

biothema

Biologie van experiment tot theorie

4 Milieu

Samengesteld door:

*DRS. J. E. VAN DER PLUIJM
DR. W. BACKHUYS
DRS. P. P. H. HALLMANN
J. G. M. MARQUENIE
W. VAN REE
DR. I. J. WESTERHOF*

Tekeningen;
J. G. M. Marquenie
I. J. Westerhof

EERSTE DRUK



B.V.W.J. Thieme&Cie - Zutphen

Voorwoord

In het kader van de Overgangswet behorende bij de Wet op het Voortgezet Onderwijs (Mammoetwet), werd in 1969 een begin gemaakt met de organisatie van applicatiecursussen voor docenten bij het mavo en lbo. Zo werd voor het vak biologie door de Raadadviseur in Algemene Dienst, Dr. J. B. Drewes, overleg gepleegd met de inspecteur drs. O. P. Mechelinck en met de Biologische Raad van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen. Hieruit is een samenwerkingsverband ontstaan tussen het Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen enerzijds en de Inspectie en de Biologische Raad anderzijds. Dit samenwerkingsverband kreeg vorm in een bijscholingscommissie ondervoorzitterschap van Prof. Dr. G. A. van Arkel. Als uitgangspunt voor de vakinhoudelijke vormgeving van de applicatiecursus biologie diende de Programmabasis van de Biologische Raad. Onder de stuwende leiding van de toenmalige secretaris van de Biologische Raad, drs. G. P. Hekstra, kreeg het programma van de applicatiecursus biologie gestalte; hij werd bijgestaan door drs. F. D. Keuchenius, drs. F. J. van Oostrum, drs. H. J. Saaltink en door de coördinatoren drs. A. H. M. ter Braak, drs. N. A. van der Cingel, drs. J. E. van der Pluijm en drs. A. K. F. Schermer. Er werden cursusleiders aangetrokken en in september 1969 startte op 19 plaatsen in Nederland een applicatiecursus biologie. De samenstelling van de groep van coördinatoren heeft daarna herhaaldelijk wijzigingen ondergaan. Zo legden in 1970 drs. N. A. van der Cingel en drs. A. K. F. Schermer hun functie als coördinator neer en werden adviseur. Van januari tot augustus 1971 is Dr. J. P. D. W. Payens als coördinator opgetreden. Van augustus 1971 tot augustus 1972 maakte drs. F. J. van Oostrum(t) deel uit van het team van coördinatoren. In 1975 legden drs. P. Houwen en J. Schraag hun functie neer. In 1977 trad drs. J. E. van der Pluym af en werd het team coördinatoren aangevuld met Dr. W. Backhuys en Dr. I. J. Westerhof. In 1981 werd de uitvoering van de applicatiecursus biologie door de NLO's overgenomen. Met de definitieve vormgeving van het cursusmateriaal werd in augustus 1971 begonnen. Het toen werkzame team van coördinatoren heeft daarbij dankbaar gebruik kunnen maken van de opzet door de werkers van het eerste uur en de voortdurende inbreng van de cursusleiders en de cursisten. Toen bleek dat de cursusteksten van de biologiecursus voor mavo en lbo docenten in hun definitieve vorm op grote schaal ook werden gebruikt in de bovenbouw van vwo, havo en mavo, werd uitgave van de teksten overwogen. De coördinatoren van de biologiecursus die de definitieve vorm tot stand hebben gebracht, hebben toen als auteursteam de door hen geschreven cursusteksten omgevormd tot wat thans BIOTHEMA heet. De auteurs zijn dank verschuldigd aan de werkers van het eerste uur en aan de vroegere coördinatoren. Zij spreken de hoop uit dat BIOTHEMA de thematische benadering van de biologie in het voortgezet onderwijs zal bevorderen en de plaats die het praktikum daarbij inneemt zal vergroten. De auteurs houden zich voor op- of aanmerkingen aanbevolen.

Brielle, najaar 1981

Inhoudsopgave

	Voorwoord	2
	Inhoud	3
	Inleiding	5
M-1	Leven als energieverbruikend verschijnsel	6
M-2	Soortenkennis als basis voor ecologisch onderzoek	8
M-3	Determineersleutels: gebruiken en zelf maken	10
M-4	Levensgemeenschappen	12
M-5	De voedselketen	18
M-6	Abiotische milieufactoren	20
M-7	Temperatuur als milieufactor	22
M-8	Warmteopname en -afgifte: temperatuurverloop in droog en nat zand	26
M-9	De warmte-uitstraling van de bodem	26
M-10	Temperatuur van bodem en water	26
M-11	Invloed van de temperatuur op de groei van wortels	28
M-12	Bodem als milieufactor	29
M-13	Het nemen van grondmonsters	57
M-14	Bepaling van ammonium, nitraat, fosfor, kalium en calcium in de bodem	58
M-15	Bepaling van de textuur van de bodem	65
M-16	De kruimelstructuur en ionenhuishouding van een bodem	67
M-17	Bepaling van het humusgehalte van een bodem	67
M-18	Het adsorptievermogen van een bodem	68
M-19	Berekening van het poriënvolume, vochtgehalte, luchtgehalte, de veldcapaciteit en de beschikbare hoeveelheid water van een bodemonster	68
M-20	De luchtdoorlatendheid van verschillende bodems	70
M-21	Bepaling van de infiltratiecapaciteit van verschillende bodems	73
M-22	Bepaling van de verticale doorlatendheid van verschillende bodems	74
M-23	Bepaling van het freatisch vlak van een gebied onder verschillende omstandigheden	75
M-24	De verspreiding van planten en het freatisch vlak	77
M-25	Bepaling van het CO ₂ -gehalte van de bodemlucht	77
M-26	Bepaling van de pH van de bodem	80
M-27	de pH-verandering van de bodem door toevoeging van mineralen	80
M-28	De buffercapaciteit van verschillende bodems	81
M-29	Het voorkomen van organismen in relatie tot de pH van de bodem	82
M-30	De invloed van de pH van de bodem op de groei van de plant	85
M-31	Opname van water en zouten door wortels	87
M-32	Microbiota	90
M-33	Mesobiota	94
M-34	Water als milieufactor	97
M-35	Waterbeheer	118
M-36	Het nemen van een watermonster	124
M-37	Bepaling van de stroomsnelheid van water	127
M-38	Bepaling van de stroomsnelheid van water op verschillende diepten	128
M-39	Bepaling van de zichtdiepte van water	130
M-40	Bepaling van het gehalte aan zwevend materiaal in water	130
M-41	De oppervlaktespanning van water	131
M-42	De warmtegeleiding van water	132
M-43	Aantonen van nitraat, ammonium en fosfaat in water	132
M-44	Bepaling van de hardheid en het gehalte aan calcium en magnesium van water	133
M-45	Bepaling van het chloride- en zoutgehalte van het water	135
M-46	Bepaling van het zoutgehalte van water: vereenvoudigd	136

M-47	Bepaling van het zuurstofgehalte van water: Winkler	137
M-48	Bepaling van het zuurstofgehalte van water: vereenvoudigd	138
M-49	De beschikbare hoeveelheid zuurstof en de zuurstofbehoefte in water	141
M-50	Bepaling van het zuurbindend vermogen van water: Z.B.V.	142
M-51	Bepaling van chemical oxygen demand: C.O.D	143
M-52	Bepaling van de biochemical oxigen demand van water: B.O.D	144
M-53	Bacteriologisch onderzoek van water	145
M-54	Het waarnemen van concentraties plankton	151
M-55	Microscopisch onderzoek van water	151
M-56	Het compensatievlak in het water	153
M-57	Fotosynthese in verschillende waters	156
M-58	Fotosynthese en vervuild water	156
M-59	Het ecosysteem als veranderend verschijnsel	157
M-60	Populatiegroei van bacteriën en schimmels	168
M-61	Populatiegroei - model	172
M-62	Populaties op het blad	173
M-63	Onderzoek van successie	174
M-64	De invloed van schimmels op bacteriën	177
M-65	Concurrentie bij planten	179
M-66	Kringlopen: gebruik en hergebruik van stoffen	179
M-67	Cellulose - afbraak door bodembacteriën en -schimmels	190
M-68	Afbraak van pectine en zetmeel	192
M-69	Afbraak van petroleum en benzine	193
M-70	Methaangisting	195
M-71	Afbraak van eiwit	201
M-72	Ammonificatie	202
M-73	Nitrificatie (oxibiose) en denitrificatie (anoxibiose)	204
M-74	De stikstofbinding	207
M-75	Zwavelbacteriën	213
M-76	Ecologie en de mens	215
M-77	Micro-organismen van het menselijk lichaam	234
M-78	De werking van ontsmettingsmiddelen	237
M-79	De werking van antibiotica	239
M-80	Verontreiniging en de kieming en groei van planten	241
M-81	Verontreiniging en de verspreiding van regenwormen	243
M-82	Invloed van schadelijke gassen	244
M-83	Schadelijke metalen	250
M-84	Vuilverbranding en milieu	253
M-85	De afbraak van schuimmiddelen in wasmiddelen	254
M-86	Laboratoriumtechniek: steriliseren	255
M-87	Laboratoriumtechniek: microbiologie	261
M-88	Laboratoriumtechniek: vergelijking voedingsmedia	273
M-89	Excursies	274
M-90	Begrippenlijst	279
	Literatuurlijst	290
	Register	293

Inleiding

Uitgaande van de min of meer vaste groeperingen van planten en dieren binnen het milieu, waarin hun levenscyclus zich afspeelt, wordt in dit thema duidelijk, dat biologie een wetenschap is van complexiteit én synthese. Daarbij zal ook gebruik gemaakt moeten worden van kennis van de fysische en chemische milieufactoren, waarop de levensgemeenschappen zich mede hebben ingesteld. Binnen de gegeven milieufactoren, komen diverse levensniveaus voor: van het ééncellige organisme via de zeer ingewikkelde structuren met arbeids- en functieverdeling van de meercelligen, naar populaties van weinige of vele organismen.

Steeds hebben de organismen afzonderlijk centraal gestaan in het onderwijs. Het is thans meer dan ooit zaak ook in het onderwijs de samenhang tussen de organismen onderling en hun milieu in te bouwen. Uiteraard voor ons Nederlandse onderwijs met in Nederland voorkomende situaties.

Gezien de centrale positie die de mens, gebonden als hij is aan de natuur, inneemt, met name in de Nederlandse ecosystemen, zal de betekenis van milieubeheer door de mens en kennis van de natuur in zijn milieu nodig zijn, om het behoud van de mens en van zijn nageslacht te waarborgen. Dit heeft maatschappelijke consequenties en bovendien schept kennis van en inzicht in milieu-biologie verantwoordelijkheden, die duidelijk op het terrein van ons onderwijs liggen.

De docent biologie zal deze kennis en dit inzicht moeten uitdragen; hij zal zich van zijn verantwoordelijkheden bewust moeten zijn en dus de kennis en de middelen moeten bezitten om zich van zijn taakte kunnen kwijten. De inhoud en de opzet van dit deel van BIOTHEMA moge hiertoe een bijdrage zijn.

Voeding en voedingswijze van de organismen zijn van primair belang voor het behoud van het individu. De wijze van zich voeden en de daarmee samenhangende voedselverwerking is het resultaat van een zeer lange evolutie en heeft in feite de functie energie ter beschikking te krijgen waardoor het individu in staat is zich in het omringende milieu te handhaven. Daartoe is meer energie nodig dan strikt genomen voor eigen gebruik noodzakelijk is. De afhankelijkheid via voedselrelaties leidt tot complexere gehelen zoals de levensgemeenschappen en de samenhang daarvan tot nog grotere eenheden als ecosystemen en biomen.

Binnen deze gemeenschappen spelen fysische en chemische factoren een grote rol. Deze factoren veroorzaken veranderingen in de levensgemeenschappen en werken als een 'natuurlijke selectie'. Veranderingen binnen de levensgemeenschappen komen eveneens tot stand door de 'activiteiten' van de deelnemende organismen. Zo zijn ecosystemen aan voortdurende veranderingen onderhevig. Populaties wijzigen zich in grootte en successie is mogelijk. Toch blijft de hoeveelheid chemische elementen binnen de ecosystemen constant. De stof dient noodzakelijk te circuleren in kringlopen. Het samenspel van alle factoren en organismen leidt tot een biologisch en dynamisch evenwicht.

De rol die de mens actief en passief speelt in ecosystemen geeft hem helaas de plaats van een destructief element. Kennis van milieu zal de mens een andere rol laten spelen: de natuurbeschermer en indien nodig die van natuurbouwer.

M-1 Leven als energieverbruikend verschijnsel

De ecologie bestudeert het *tehuis (oikos)* van de levende wezens. In dit tehuis - een dunne laag op of rond het aardoppervlak - heeft het organisme onvermijdelijk te maken met de fysisch-chemische kenmerken van het milieu: de zgn. *a-biotische* milieufactoren, alsmede met andere levensvormen: de zgn. *biotische* milieufactoren.

Beide groepen factoren worden door het organisme zowel **ondergaan** als **beïnvloed**. Ook de zo ontstane wisselwerkingen behoren tot het studieterrein van de ecologie.

Leven en energie

Ieder levend individu onderscheidt zich van het levenloze fysisch-chemische milieu rondom dat individu door een aantal kenmerken:

1. het vormt een opeenhoping van atomen.
2. de onderlinge verhouding van de elementen **in** het organisme wijkt veelal af van de onderlinge verhouding **buiten** het organisme.
3. de opgehoopte atomen zijn op verschillende niveaus *geordend* tot *organische structuren*: macro-moleculen, organellen, cellen, etc.
4. deze ordening is *functioneel*, d.w.z. in staat het verschijnsel 'leven' in stand te houden en zelfs uit te breiden: groei en reproductie.

Ieder van deze kenmerken kost energie:

1. ieder bewegelijk deeltje zal als gevolg van *warmtebeweging* in willekeurige richtingen weggestoten worden. Een hogere concentratie bewegelijke deeltjes verdwijnt dan ook spoedig door *diffusie* (zie Biothema 3). Bijeenbrengen en handhaving van zo'n hoge concentratie kost dus *osmotische energie*.
2. dit veronderstelt *selectieve opname* van deze stoffen. Deze *actieve* selectie wordt vaak voorafgegaan door *mechanische verplaatsing* van òf het individu òf het medium rond dat individu (sessiele watervormen). Zie ook punt 4.
3. het vastleggen van atomen in grotere structuren waarvan de chemische bindingen de botsingen tengevolge van warmtebeweging kunnen weerstaan, kost *chemische energie*.
4. voor veel levensprocessen in een organisme dient arbeid verricht te worden, zoals *mechanische arbeid* (spierwerking voor onder meer voortbeweging, bloedsomloop, ventilatie en darmperistaltiek) en *osmotische arbeid* (actieve verplaatsing van stoffen voor onder meer worteldruk, nierfunctie, resorptie, secretie en impulsgeleiding).

Bij homoiotherme organismen is tevens energie nodig om de lichaamstemperatuur optimaal en constant te houden.

Uit het voorgaande volgt dat iedere **bestaande** organische structuur een hoeveelheid energie vertegenwoordigt, en dat deze energie weer vrij kan komen bij ontleding van de structuur tot kleinere onderdelen. Inderdaad is dit in de levende natuur op grote schaal waar te nemen.

Alle soorten organismen breken tijdens de *dissimilatie* - celoxidatie - grotere organische structuren af tot kleinere moleculen. Vaak wordt hierbij het koolhydraat *glucose* ($C_6H_{12}O_6$) verbruikt, soms ook kortere koolstofketens, bijvoorbeeld pyrodruivenzuur ($C_3H_4O_3$).

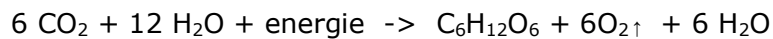
Bij aanwezigheid van voldoende zuurstof verloopt deze afbraak tot CO_2 en H_2O , en uiteraard is dan de energieopbrengst het grootst. De vrijkomende energie wordt opgeslagen in de energiedrager adenosine-tri-fosfaat (ATP) dat deze energie onder afsplitsing van fosforzuur aan endotherme cellulaire processen kan overdragen.

Meer gedetailleerd is een en ander te vinden in Biothema 3.

De relatie tussen de cellulaire energiehuishouding en de ecologie wordt pas goed duidelijk als men zich gaat afvragen waarvandaan de organismen de voor hen essentiële C₆- of C₃-ketens betrekken, en of de voorraad hiervan niet uitgeput raakt. Zoals reeds uit Biothema 2 bleek, is het zinvol de organismen op dit punt in 2 categorieën te verdelen:

1. Autotrofe organismen

Deze organismen zijn in staat CO₂ door reductie met waterstof in C-ketens vast te leggen en aldus glucose of een ander koolhydraat *nieuw* te synthetiseren. Deze koolstofassimilatie kan als volgt bruto worden weergegeven:



Hierbij is nodig:

- een *waterstofdonor*, in dit geval - en meestal - water. De losse O-atomen ontwijken als O₂. Soms komen andere stoffen, bijvoorbeeld H₂S in aanmerking.
- energie, om waterstof en elektronen uit de donor los te maken. Deze elektronen worden onder meer gebruikt om ATP te vormen. Dit ATP levert de energie tijdens de vastlegging van ieder CO₂-molecuul.

De energie wordt onttrokken aan één van de volgende *externe* energiebronnen:

- het zonlicht*: veel organismen absorberen met behulp van pigmenten spectrale gedeelten van dit witte licht. Deze lichtabsorptie met de erop volgende koolstofassimilatie noemt men *fotosynthese*. Tot deze zogenaamde *foto-autotrofe* organismen behoren de meeste hogere planten, de blauw-, rood-, bruin- en groenwieren, en enkele bacteriën, onder andere de zwavelpurperbacteriën.
- oxidaties*: de zgn. *chemo-autotrofe organismen* oxideren bepaalde in hun milieu voorkomende *anorganische* verbindingen en benutten de vrijkomende energie voor de koolstofassimilatie. Beide processen samen heten dan *chemosynthese*. Tot deze groep behoren voornamelijk bacteriën en enkele blauwwieren: bijvoorbeeld nitriet-, nitraat-, zwavel- ijzerbacteriën (zie Biothema 2). Soms is het te oxideren substraat niet anorganisch, doch organisch van oorsprong. Het betreffende organisme is in zo'n geval niet zuiver autotroof.

Van belang is dat ieder autotroof of organisme *veel meer koolhydraat vormt dan voor zijn eigen dissimilatie nodig is. Het meer geproduceerde kan, eventueel na chemische verandering, vastgelegd worden in organische structuren met een taak als:*

- *bouwstof*: eiwitten, vetten, cellulose,
- *regulerende stof*: enzym, hormoon, vitamine, kernzuur,
- *reservestof*: zetmeel, glycogeen, vetten.

Ecologisch gezien zijn juist deze vastgelegde assimilatieproducten van vitaal belang, zij vormen de bestaansgrond van de

2. heterotrofe organismen

Deze levensvormen zijn door hun onvermogen tot koolstofassimilatie genoodzaakt de voor hun metabolisme benodigde energie door het nuttigen van kant en klare, bestaande organische structuren via hun voedselpakket op te nemen. Deze structuren kunnen levend of dood, plantaardig of dierlijk zijn.

Niet elk van deze structuren laat zich dan ook even gemakkelijk bemachtigen. Met name roofdieren moeten vaak veel energie 'investeren' in het vangen van een vluchtende of zich verzettende prooi, dikwijls met negatief resultaat! Voor ieder heterotroof organisme geldt dat zijn voedsel meer energie moet **opbrengen** dan het **bemachtigen** van dat voedsel **kost**.

Deze neiging tot economie weerhoudt vele soorten van een bikkelharde concurrentie om voorhanden zijnde voedselbronnen. In de loop van de evolutie zijn de meeste soorten zich op een min of meer eigen wijze gaan voeden.

Zulke specialisaties - in overeenstemming met erfelijke kwaliteiten van soort en individu

- zijn zich bijvoorbeeld gaan richten op:

- één specifiek type voedsel of organische structuur,
- één specifieke wijze van bemachtigen van één of meer soorten voedsel,
- één specifieke plaats, waar andere soorten niet of nauwelijks kunnen concurreren (zie Biothema 2).

In het algemeen kan men dan ook stellen dat voor iedere denkbare organische structuur wel een consument bestaat, en dat vele organische structuren elk door verscheidene, soms zeer uiteenlopende, soorten gegeten kunnen worden. De soort-eigen wijze van kostwinning (= *niche*, zie M-4, pag. 12) heeft uiteraard grote consequenties voor de levenswijze van die soort! De hoogontwikkelde orgaanstelsels die veel heterotrofe soorten ontwikkeld hebben voor het opsporen, achtervolgen, bemachtigen, eten en verteren van het voedsel kunnen ook op andere terreinen gebruikt worden.

Veelal bezitten zulke soorten een hoog ontwikkeld gedrag (sociaal, sexueel, communicatie), leer- en aanpassingsvermogen.

Vragen en opdrachten:

1. Wat zijn fossiele brandstoffen? Geef voorbeelden.
2. Welk kenmerk hebben de moleculen van deze brandstoffen meestal gemeenschappelijk?
3. Wat is de oorspronkelijke bron van de energie die in deze moleculen ligt opgeslagen?
4. Tracht voor iedere fossiele brandstof na te gaan waarom zij tijdens hun ontstaan al niet veel eerder door organismen als voedsel zijn gegeten.

M-2 Soortenkennis als basis voor ecologisch onderzoek

Waar de ecologie de relatie bestudeert tussen planten en dieren en hun milieu, is het noodzakelijk te weten met welke soorten planten en dieren men te maken heeft. Het zeer grote aantal soorten planten en dieren op aarde maakt het volstrekt onmogelijk om met zekerheid alle planten en dieren te kunnen determineren en leren kennen. Zelfs voor een relatief soortenarm en klein gebied als Nederland zal men moeten volstaan met een vrij oppervlakkig overzicht van de belangrijkste planten- en diersoorten. Slechts indien men zich specialiseert in één bepaalde groep van organismen, is het mogelijk om enige honderden soorten uit die groep goed te kunnen herkennen. Voor vrijwel iedere groep van planten en dieren zijn specialisten te vinden, die het te onderzoeken materiaal kunnen determineren. Voor ecologisch onderzoek is het van belang dat men van de kennis van deze specialisten gebruik maakt. Indien men niet weet met welke soort men te maken heeft of een soort fout heeft gedetermineerd, kunnen natuurlijk volslagen verkeerde conclusies getrokken worden en zijn de resultaten van het onderzoek vrijwel waardeloos.

Sommige soorten planten en dieren zijn gemakkelijk te leren kennen en herkennen, terwijl andere soorten vaak erg op elkaar lijken (zogenaamde '*sibling species*') en zelfs voor specialisten moeilijk te onderscheiden zijn. Voor het determineren kan men gebruik maken van *flora's* (voor planten) en *fauna's* (voor dieren). Deze boeken kunnen variëren van zeer algemeen en populair ('De vogels van de wereld') tot zeer gespecialiseerd ('De zweefvliegen van Rottumeroog'). Men zal afhankelijk van het gewenste doel een keuze moeten doen.

Een wetenschappelijke boekhandel en/of een bibliotheek zal hier kunnen helpen.

Diverse Nederlandse uitgeverij hebben uitstekende determinatiewerken in hun fonds. Als niet-commerciële uitgeverij kan hier genoemd worden de Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, die in haar reeks wetenschappelijke mededelingen goede en goedkope determinatietabellen voor diverse groepen planten en dieren van Nederland uitgeeft.

Soortenkennis kan men, naast studie in de vrije natuur, ook opdoen in de vele musea, dierentuinen, herbaria en botanische tuinen die Nederland rijk is. Deze zijn te vinden in het Museum- en Tuinnummer van het Bulletin voor Docenten in de Biologie (No. 57, december 1978).

Een belangrijk hulpmiddel bij het determineren en bij de uitvoering van de opdrachten is het maken van tekeningen (zie Biothema 1, pag. 9 en 45). Een tekening moet groot en schematisch zijn, dus niet schetsen en schaduwen (zie fig. 1 en 2).

a. Planten

Benodigdheden:

- één of meer aquaria, bekeerglazen, weckflessen, en dergelijke.
- Flora van Nederland en andere determineertabellen.
- pincet, loupe, eventueel binoculair microscoop en microscoop.
- tekenpapier en tekenbenodigdheden.

Uitvoering

Per groep leerlingen zijn één of meer aquaria klaargezet, alsmede een aantal bekeerglazen, weckflessen, en dergelijke. In de aquaria bevindt zich een hoeveelheid planten, zoals die in een sloot, vaart of singel te vinden zijn. Het aquarium is tenminste één dag van te voren gevuld met deze vers verzamelde planten en wordt vervolgens met rust gelaten. Men lette er op, dat de aquaria niet te volgestopt worden en niet in de felle zon staan. Van de in de aquaria aanwezige soorten worden exemplaren apart in bekeerglazen e.d. gedaan, zodanig dat zich per bekeerglas één soort en per soort één of enkele exemplaren bevinden.

Opdrachten:

Alleen de met het blote oog zichtbare (macroscopische) planten worden in deze opdracht betrokken.

1. Bepaal het aantal verschillende soorten.
2. Maak van elke soort een grote schematische tekening.
Per één of twee leerlingen één soort, zodat alle soorten aan bod komen.
3. Vermeld bij de tekeningen de meest opvallende kenmerken, de groeiwijze (op stenen, langs de kant, drijvend), de kleur en de vergroting.
4. Probeer de verschillende soorten te ordenen op grond van de gevonden gemeenschappelijke kenmerken, zoals is aangegeven in Biothema 1, pagina 18 e.v.
5. Tracht de verschillende soorten te determineren met behulp van de aanwezige literatuur.
6. Probeer een beeld te vormen van de soortenrijkdom van de betreffende sloot en van het milieu, waarin de gedetermineerde planten voorkomen (poldersloot, vervuilde singel, hoogveensloot).
7. Op dezelfde wijze kunnen microscopische planten worden bestudeerd.

b. Dieren

Geschikte organismen zijn bijvoorbeeld insecten, waterwantsen, insectenlarven en zoetwaterslakken.

Benodigdheden en uitvoering:

Zie onder a.

Opdrachten:

8. Zie opdrachten **1** tot en met **7** onder **a**.

M-3 Determineersleutels: gebruiken en zelf maken

Bij het determineren van planten en dieren maakt men gebruik van *determineersleutels*, zoals die bijvoorbeeld te vinden zijn in de Geïllustreerde flora van Nederland van Heimans & Thijsse. Hier wordt meestal gebruik gemaakt van het zogenaamde *dichotome systeem*, dat wil zeggen dat men steeds bij het determineren een keus moet maken uit twee - een enkele maal uit drie - mogelijkheden. Men wordt daarna verwezen naar een volgende keuzemogelijkheid totdat men uiteindelijk uitkomt bij het betreffende organisme.

Hoewel dit theoretisch een eenvoudige en bruikbare methode is, blijkt het in de praktijk niet altijd eenvoudig om deze toe te passen, o.a. omdat of de kenmerken waarin organismen of groepen van organismen verschillen zeer moeilijk te omschrijven zijn of omdat bepaalde kenmerken die in de tabel genoemd worden niet aanwezig zijn. Er wordt bijvoorbeeld gevraagd naar de kenmerken van vruchten, terwijl de te determineren plant alleen maar bloemen heeft. In de praktijk komt het er dan ook vaak op neer dat men van verschillende boeken gebruik maakt en tevens de afbeeldingen in de determinatie betreft. Het gevaar is echter aanwezig, dat men via 'plaatjes kijken' de soort tracht te determineren of via het systeem van uitschakeling ('die kan het niet zijn, dus moeten we bij de andere mogelijkheid verder zoeken'). Determineren van planten en dieren is tijdrovend en vraagt veel geduld en ervaring.

a. Voorbeeld van een bestaande tabel

In Biothema 1, pag. 48 vindt men een voorbeeld van een determineersleutel voor het bepalen van enkele orden der insecten.

b. Het zelf maken van een tabel voor de meest voorkomende plantenfamilies

Indien van een aantal verzamelde planten uit een bepaald gebied snel de familie waartoe zij behoren kan worden bepaald scheelt dat veel tijd bij het determineren.

Een eenvoudige sleutel tot de plantenfamilies uit dat terrein kan ook in de klas goed gebruikt worden.

Men dient zich echter te beperken tot de meest voorkomende families, aangezien de tabel anders te uitgebreid en onhandelbaar zou worden.

Benodigheden:

- een aantal vertegenwoordigers van verschillende, veel voorkomende plantenfamilies uit een bepaald terrein.
- loupe, pincet.
- teken- en schrijfgerei.
- de lijst van veel voorkomende families uit Biothema 1, pag. 33 kan hierbij als uitgangspunt dienen.

Uitvoering:

- per groep van twee of drie leerlingen worden vier a zes planten, behorend tot verschillende families met behulp van een flora gedetermineerd.
- noteer de familie-kenmerken van de gedetermineerde planten en let daarbij vooral op die kenmerken, die de familie van andere families onderscheidt.

Opdracht:

1. Vergelijk de gevonden resultaten met die van de andere groepen leerlingen en tracht met de gehele groep samen een tabel op te stellen, zodanig dat de gevonden planten snel tot op de familie gedetermineerd kunnen worden. In Biothema 1, pag. 34 vindt men een voorbeeld van een dergelijke tabel.

c. Tabel voor zoetwatermollusken

Zoetwatermollusken zijn zeer geschikt voor het leren determineren van dieren en voor het leren maken van een tabel omdat zij in vrijwel ieder water in Nederland, vaak in grote soortenrijkdom en aantallen, voorkomen en omdat zij gemakkelijk te hanteren zijn.

Benodigheden:

- één of meer aquaria met verschillende soorten zoetwatermollusken (poelsslakken, posthoornslakken, zoetwatermossels, e.d.).
- loupe, pincet.
- boek waarin de belangrijkste soorten in Nederland voorkomende zoetwatermollusken staan afgebeeld en beschreven.
- teken- en schrijfgerei.

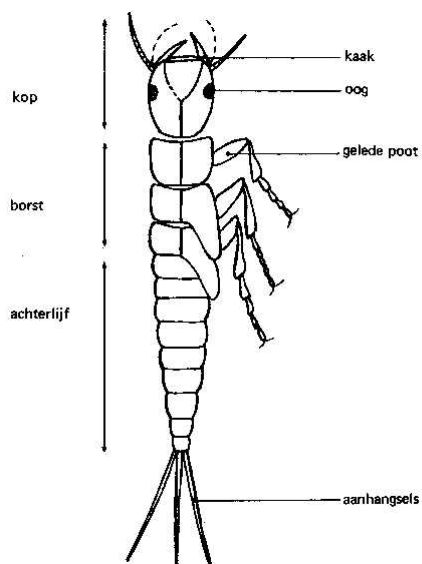
Uitvoering:

- per groep leerlingen worden een aantal zoveel mogelijk verschillende zoetwatermollusken ter determinatie gegeven.
- noteer de in de diverse boeken als belangrijk vermelde kenmerken (vorm van de schelp, één of twee schelpdelen, huisje al of niet met dekseltje, huisje al of niet in een spiraal gewonden, etc.).

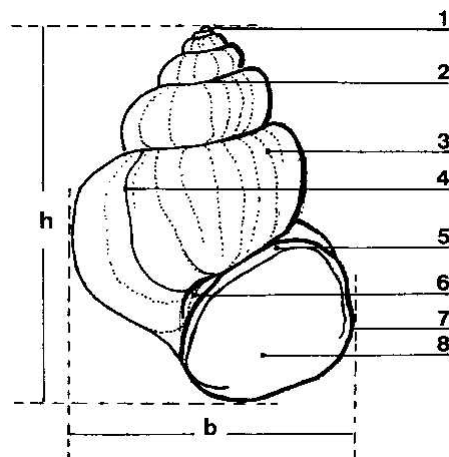
Opdracht:

2. Maak een tabel voor de onderzochte soorten. Hieronder wordt een voorbeeld gegeven van een dergelijke tabel:

1 -	Schelp in een spiraal gewonden	2
	Schelp bestaat uit twee min of meer gelijke kleppen	3
2 -	Schelp met dekseltje	moeraslak
	Schelp zonder dekseltje	poelsslak
3 -	Schelp zeer groot	schildersmossel
	Schelp zeer klein	erwtmossel



Figuur 1. Schematische tekening van een zoetwaterinsect (naar Higler, 1974).



Figuur 2. Onderdelen van een slakkenhuis. 1 = top, 2 = sutuur of naad, 3 = groeilijn, 4 = oude mondrand, 5 = callus, 6 = umbilicus of navel, 7 = mondrand, 8 = mondopening, h = totale hoogte en b = totale breedte (naar Janssen en Vogel, 1965).

M-4 Levensgemeenschappen

Er zijn vrijwel geen organismen die kunnen leven in afwezigheid van andere organismen in hun omgeving. Vrijwel overal vinden we dat bepaalde planten en dieren met elkaar in één gebied voorkomen. Deze planten en dieren leven meestal in onderlinge afhankelijkheid en vormen met elkaar een *levensgemeenschap*. Zoals bij zoveel termen

in de ecologie is ook de term levensgemeenschap niet scherp te omschrijven. Eén van de bruikbare omschrijvingen luidt: Een *levensgemeenschap of biocoenose* wordt gevormd door alle levende organismen die in een bepaald gebied (*biotoop*) leven. Men kan spreken van de levensgemeenschap van een eikenbos, een vochtig weiland, etc. Tussen de organismen die in een levensgemeenschap voorkomen bestaat een uiterst complex netwerk van relaties, waarvan de relaties met betrekking tot 'eten en gegeten worden' het meest in het oog springen. Hierbij krijgt men dus weer te maken met problemen van omvorming en overdracht van energie. Zoals reeds eerder vermeld zijn alleen autotrofe organismen (grofweg gezegd: groene planten en bepaalde bacteriën) in staat zelf energie om te vormen en vast te leggen ten eigen gebruik uit de belangrijkste energiebron die het leven op aarde ter beschikking staat: de zon (groene planten) of uit anorganische verbindingen (bacteriën). Alle andere, heterotrofe organismen zijn van deze autotrofe organismen afhankelijk (zie M-1 en M-66).

Deze autotrofe organismen produceren hun eigen voedsel, d.w.z. zijn in staat zonne-energie of chemische energie vast te leggen in een vorm van energie die voor hun eigen levensverrichtingen bruikbaar is. Deze organismen worden daarom *producenten* genoemd.

De door deze producenten vastgelegde energie kan door planteneters gebruikt worden voor hun levensverrichtingen: zij consumeren de producenten en worden daarom *consumenten* genoemd. Omdat zij direct producenten voor hun energiebehoefte gebruiken, spreekt men van *consumenten van de 1e orde*. Deze planteneters worden namelijk weer gegeten door de zogenaamde *consumenten van de 2e orde*: vleeseters. Deze leven weliswaar uitsluitend of vrijwel uitsluitend van dierlijk voedsel, doch zijn indirect volledig afhankelijk van het plantenleven. Binnen een levensgemeenschap bestaat dus een *complex geheel van relaties met betrekking tot voedsel en energie-uitwisseling*, ieder organisme heeft binnen dit complex zijn eigen plaats, heeft zijn eigen *niche*, ook weer een moeilijk te omschrijven term, die vaak verklaard wordt als het 'beroep' van het betreffende organisme, bijvoorbeeld hyena als aaseter. Binnen een biocoenose kan een bepaalde niche over het algemeen slechts door één soort organisme bezet worden, aangezien er anders *voedselconcurrentie* op zou treden. Dit laatste komt in de natuur regelmatig voor, doch eindigt dan of met een verdere *specialisatie* van de betreffende organismen met betrekking tot hun voedselkeuze, óf met het *verdwijnen* van één van de soorten. In Engeland bijvoorbeeld is uit Amerika de grijze eekhoorn ingevoerd; deze bezet in Noord Amerika ongeveer dezelfde niche als de rode eekhoorn in Europa. Deze grijze eekhoorn is dus, als ze samen voorkomen, een voedselconcurrent voor de rode eekhoorn. Aangezien de grijze 'sterker' is dan de rode, is de rode eekhoorn in Engeland vrijwel verdwenen en is de grijze daarvoor in de plaats gekomen. In dat geval is sprake van inmenging door de mens, doch ook zonder inmenging van de mens komt dit fenomeen overal in de natuur voor, doch het is voor ons slecht te herkennen zolang de twee soorten nog aanwezig zijn.

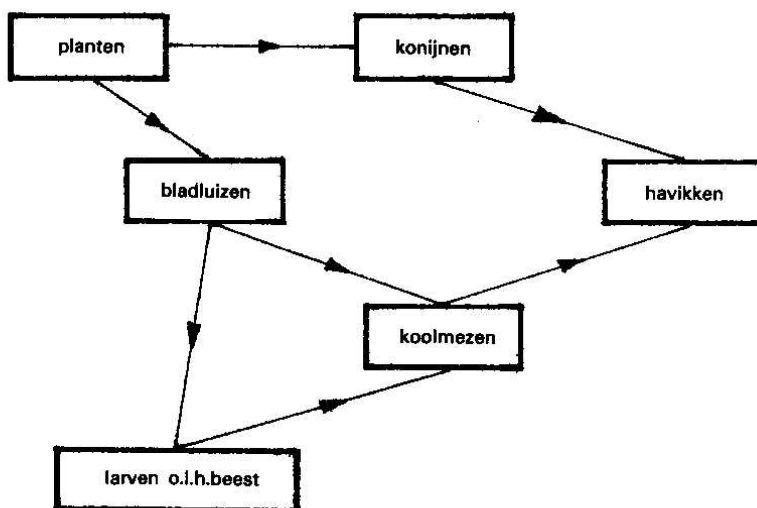
Het begrip niche is geen star statisch, doch een dynamisch begrip; niches van nauw verwante soorten kunnen soms dicht bij elkaar liggen en ook kunnen niches verschuiven. In gebieden waar één soort reiger voorkomt, heeft deze soort de hele niche 'visvangst' tot zijn beschikking. Waar twee of meer soorten reigers naast elkaar voorkomen, vist de ene soort bijvoorbeeld in dieper water dan zijn iets kleinere verwant. Insecten vangen in de lucht gebeurt door zwaluwen overdag, door vleermuizen in de schemering. Zwaluwen en vleermuizen hebben dus min of meer dezelfde

niche en toch zijn het geen directe voedselconcurrenten. Uit deze voorbeelden blijkt wel hoe complex de voedselrelaties binnen een levensgemeenschap kunnen zijn. In verschillende gebieden op aarde kan dezelfde niche door totaal verschillende dieren bezet worden, bijvoorbeeld de niche 'grote herbivoren': antilopen in Afrika, kangoeroes in Australië.

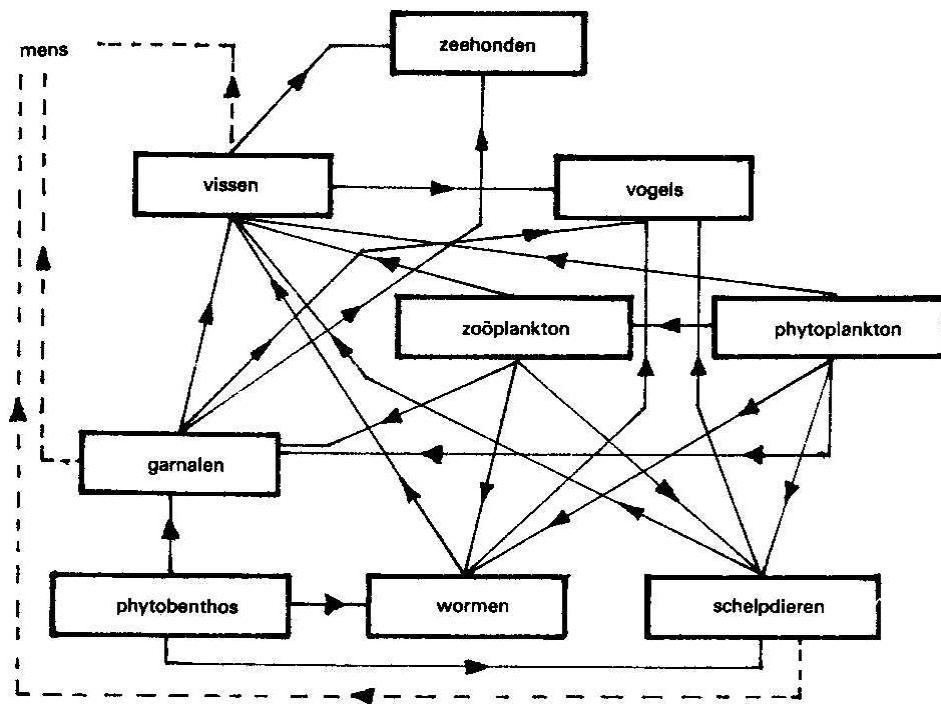
Soms is het mogelijk de voedselrelaties op één lijn te zetten: plankton wordt gegeten door kleine kreeftachtigen, kleine kreeftachtigen worden gegeten door kleine soorten vissen, kleine vissen worden gegeten door grotere vissen, deze laatste worden weer gegeten door bijvoorbeeld haaien etc. Men spreekt dan van een *voedselketen*.

In werkelijkheid is een voedselketen slechts een door de mens bedachte vereenvoudiging van de werkelijke relaties binnen een levensgemeenschap. Vrijwel altijd is er namelijk sprake van een *voedselweb*: een meestal zeer complex geheel van voedselrelaties tussen organismen (fig. 3, 4, 17, 92 en M-5). Wanneer men de aantallen organismen binnen een levensgemeenschap in ogenschouw neemt, blijkt dat de aantallen producenten, consumenten van de 1e orde, consumenten van de 2e orde etc. nogal uiteen kunnen lopen. Meestal zijn de producenten in de meerderheid: zij dienen als voedselbron voor de consumenten van de 1e orde en bij een te laag aantal producenten zal er voedselgebrek optreden. Men kan nu een *piramide van aantallen* maken. Bij de (vereenvoudigde) voedselketen steppegas - zebra - leeuw is het niet moeilijk in te zien, dat er veel meer grasplanten moeten zijn dan zebra's en dat het aantal leeuwen aanzienlijk minder zal zijn dan het aantal zebra's. In zo'n geval krijgt men een echte piramide: een brede basis van grasplanten, een kortere 'balk' zebra's en een relatief zeer korte 'balk' leeuwen (fig. 5). In de praktijk kan deze piramide van aantallen echter allerlei grillige vormen aannemen en zelfs een *omgekeerde piramide* vormen: op één koffieplant kunnen tienduizend koffiekevers voorkomen, die geparasiteerd worden door honderdduizend koffiekevermijten (figuur 5D en 6). Ook hier is dus weer sprake van een schuchtere menselijke poging tot vereenvoudiging van wat in werkelijkheid uiterst complex is. Toch blijven we spreken van de piramide van aantallen; in de praktijk kan deze soms wel bruikbaar zijn. Op vergelijkbare wijze kan men piramiden van *biomassa* of *energie* proberen vast te stellen.

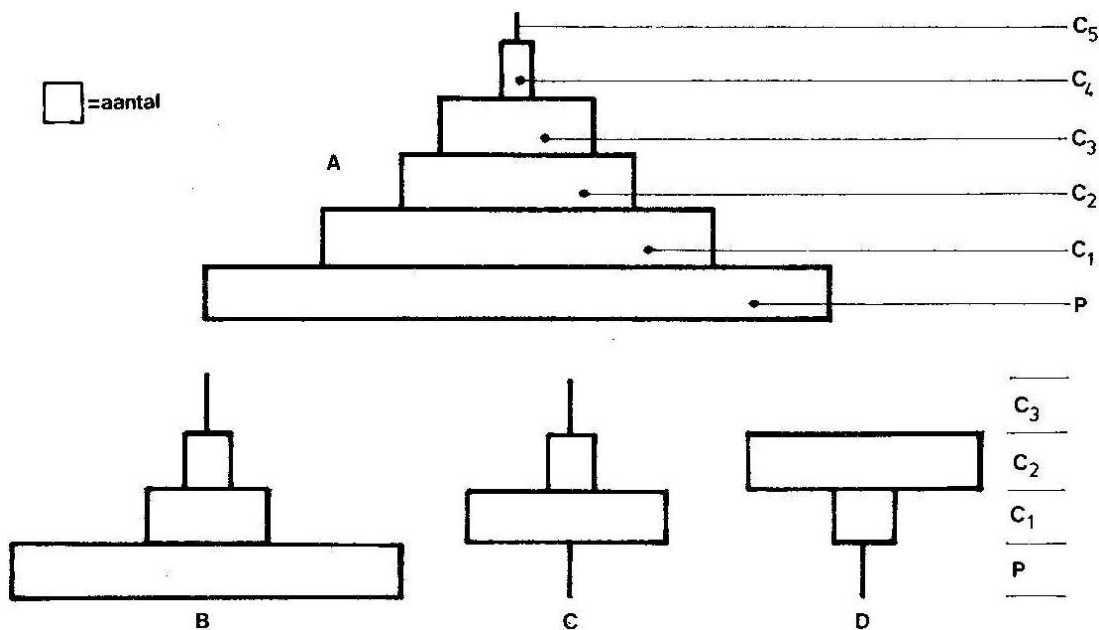
Biomassa is het gewicht aan levende stof als drooggewicht of koolstofgewicht per oppervlakte-éénheid op een bepaald moment. Piramiden van biomassa zijn dus altijd momentopnamen (fig. 6 en 91). Het zou de voorkeur verdienen de biomassa-



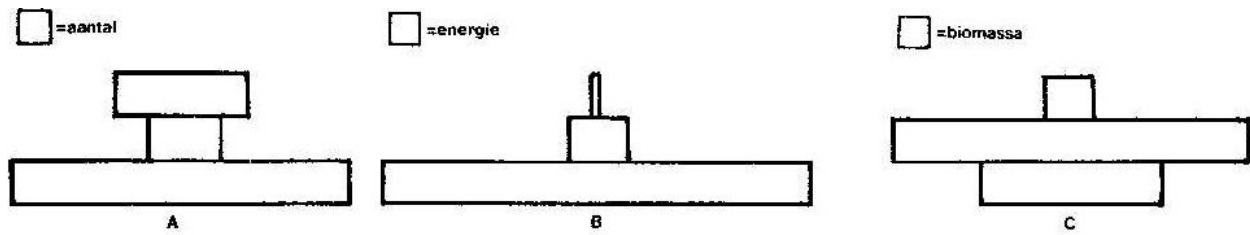
Figuur 3. Deel van een voedselweb uit onze bossen.



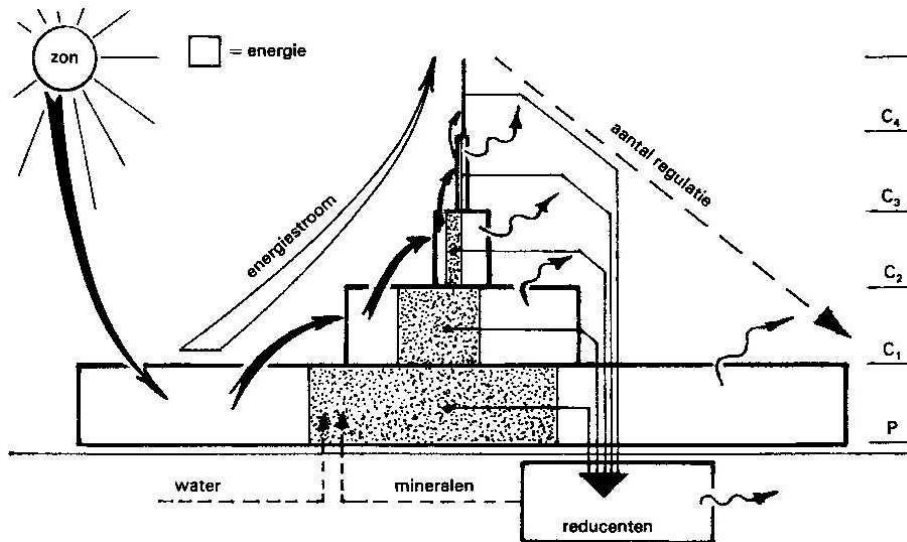
Figuur 4. Deel van een in werkelijkheid veel ingewikkelder voedselweb uit de waddenzee. Men dient zich te realiseren dat de voedselrelaties in een voedselweb variëren in afhankelijkheid van de leeftijd van de organismen en de tijd van het jaar.



Figuur 5. A. Piramiden van aantallen van een voedselketen of -web: producenten (P) en consumenten van de eerste tot en met de vijfde orde (C_1 tot en met C_5). B en C. Piramiden van aantallen van een voedselketen waarbij de producenten klein zijn maar groot in aantal (B) en waarbij de producent(en) zeer groot is (zijn), maar klein in aantal (C). D. Piramide van aantallen van een voedselketen met parasieten en hyperparasieten.



Figuur 6. Piramide van aantal (A), energie (B) en biomassa (C) van de voedselketen fytoplankton – haring – haringworm.

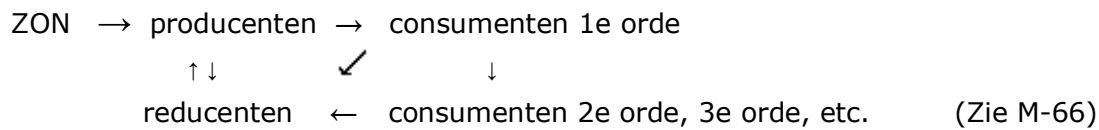


Figuur 7. Piramide van energie. De energie voor de producenten (P) is afkomstig van de zon. Links: witte deel van iedere 'balk' = percentage energie van het trophische niveau dat door het trophische niveau daarboven opgenomen wordt: er ontstaat een energiestroom. In werkelijkheid bedraagt deze beschikbare hoeveelheid energie op ieder niveau slechts 10% (**de 10%-wet**). Rechts: witte deel van iedere 'balk' = percentage energie van het trophische niveau dat door deze organismen verademd wordt en verloren gaat. Dit is meestal 40-50%. Midden: gearceerd = percentage energie dat in ieder trophische niveau vast gehouden wordt en tenslotte ten goede zal komen aan de reducenten. De reducenten zorgen ervoor dat de stoffen van ieder trophisch niveau weer terugkeren als mineralen in de producenten (kringloop van de stof, M-66). Gestreepte pijl = De aantallen organismen van ieder niveau worden geregeld door het (de) aantal(len) organismen van het (de) daarboven liggende niveau(s) (M-59, pag. 163).

piramiden op jaarbasis te berekenen; er wordt immers in één jaar meer voedsel geproduceerd dan bij een momentopname gevonden kan worden. Piramiden van energie worden meestal uitgedrukt in Joules/oppervlakte/jaar.

Wanneer planten, planteneters, vleeseters etc. afsterven bevindt zich in hun overblijfselen een hoeveelheid organisch materiaal, die nog *bruikbaar* is als energiebron, terwijl bovendien in de weefsels, beenderen, etc. *anorganische stoffen* voorkomen, die nog van belang kunnen zijn voor andere organismen. Organismen, zoals schimmels en bacteriën, breken nu deze resten af, waarbij bepaalde stoffen weer beschikbaar komen. Deze organismen, die de stoffen reduceren (= terugvoeren) noemen we *reducenten*. Zij vervullen in de natuur een uiterst belangrijke rol. Indien zij niet zouden functioneren, zou er op den duur een gebrek aan bepaalde grondstoffen kunnen ontstaan. In relatief zeldzame gevallen krijgen de reducenten geen kans: de

resten blijven dan bewaard en kunnen teruggevonden worden als *fossielen*. Soms zijn deze resten voor de mens van belang als energiebron: aardolie, aardgas, steenkool. Men krijgt op deze manier dus een *kringloop van de elementen* met als externe factor de zon:



Binnen een levensgemeenschap treft men allerlei organismen aan met specifieke eisen aan hun voedsel. Alle groene planten hebben, naast stoffen uit de bodem, zonlicht, kooldioxide en water nodig. Bij dieren is het 'menu' gevarieerder. Sommige diersoorten zijn tevreden met allerlei soorten voedsel: *omnivoren*, terwijl andere soorten slechts één soort voedsel tot zich kunnen nemen: *monofaag*. Een voorbeeld van de eerste groep is de bruine beer, een voorbeeld van de tweede groep de koalabeer, die slechts van Eucalyptusbladeren kan leven.

Planteneters duiden we aan als *herbivoren*, waarbinnen dan weer specifieke groepen kunnen worden onderscheiden, zoals bijvoorbeeld *fungivoren*: paddestoeleneters. Vleeseters duidt men aan als *carnivoren*, met als specialismen bijvoorbeeld *insectivoren*: insecteneters.

Overigens bestaan er nauwelijks absolute herbivoren en carnivoren: de meeste herbivoren eten ook wel eens dierlijk voedsel, terwijl carnivoren soms ook plantaardig voedsel eten, ja dit soms zelfs beslist nodig hebben.

Sommige organismen hebben zeer gespecialiseerde voedingseisen, zoals *parasieten*, *aaseters*, e.d. (Zie ook Biothema 2, pag. 87-99).

In een levensgemeenschap komen bepaalde soorten planten en dieren voor. Alle exemplaren van een bepaalde soort vormen samen een *populatie*. Men kan spreken van de olifantenpopulatie van Afrika, doch gebruikelijker is het om het begrip populatie te beperken tot een relatief klein gebied en spreekt dan bijvoorbeeld van de populatie koolmezen in een bepaald bos. Met betrekking tot de functionele plaats van een soort binnen een levensgemeenschap spreken we van een *niche*, terwijl de topografische plaats aangeduid wordt als biotoop. Het biotoop van een groene specht is een loofbos, terwijl de niche van deze soort kan worden aangeduid als insecteneter, speciaal op de bast van bomen. Voor biotoop wordt ook wel het woord *habitat* gebruikt. Om de zaak nog ingewikkelder te maken: ook een levensgemeenschap of biocoenose wordt soms wel aangeduid als biotoop. Men doet er goed aan de verschillende begrippen bij het doorlezen van verschillende boeken goed te onderscheiden. De verwarring in dit opzicht is groot. Vrijwel iedere auteur heeft en geeft zijn eigen definities van deze begrippen. Een of meer levensgemeenschappen kunnen aangeduid worden als een *ecosysteem*, met name wanneer de zaak uit functioneel oogpunt bekeken wordt. Een aantal ecosystemen kunnen samen een *biom* vormen, terwijl een aantal biomen samen deel uit kunnen maken van een *biogeografisch rijk*. Al deze biogeografische rijken kunnen samen aangeduid worden als de biosfeer. Om een en ander met een voorbeeld te verduidelijken: Afrika ten zuiden van de Sahara vormt een biogeografisch rijk, waarbinnen verschillende biomen onderscheiden kunnen worden: steppe, woestijn, tropisch regenwoud. Binnen het tropisch regenwoud kunnen verschillende ecosystemen worden onderscheiden, zoals laagland tropisch regenwoud langs rivieren, bergwouden, e.d.

Van kleinschaligheid naar grootschaligheid gaat de ecologie over in de *biogeografie*. Twee wetenschappen, die niet streng van elkaar zijn te onderscheiden en een grote overlapping vertonen.

Een levensgemeenschap is geen statisch geheel. Voortdurend is een dergelijk systeem aan veranderingen onderhevig, die van *biotische aard* (binnendringen van andere soorten, uitsterven van soorten) of van *abiotische aard* (uitdroging, verandering intensiteit van het zonlicht) kunnen zijn.

Op een kaal stuk land zal zich langzamerhand een bepaalde vegetatie ontwikkelen, in eerste instantie van planten, die een dergelijk milieu 'aankunnen', vaak zogenaamde *pionierplanten* (bijvoorbeeld in ons land klein hoefblad); naarmate de vegetatie dichter wordt zullen ook de milieumomstandigheden zodanig veranderen, dat andere planten zich kunnen vestigen, terwijl de oorspronkelijke pionierplanten zich niet meer kunnen handhaven. Hetzelfde geldt voor dieren. Er treedt zogenaamde *successie* op. Het eindstadium van een dergelijke successie noemen we *climax*. De climax is meestal een bosvegetatie.

In de door de mens zo drastisch gewijzigde aardbodem zijn natuurlijke climaxvegetaties zeldzaam geworden en kunnen uitsluitend nog in afgelegen gebieden worden aangetroffen, zoals aan de poolstreken en in de wouden van het Amazonegebied.

In Europa is echt natuurlijk oerbos nog slechts aan te treffen op één plek in Polen en ook daar is de invloed van de mens aanwezig (zie M-59).

Of een soort zich in een bepaalde levensgemeenschap kan handhaven, hangt af van de ecologische mogelijkheden van die soort, van zijn *tolerantie* ten opzichte van bepaalde milieufactoren. Hieronder verstaat men de grenzen van de waarden van een bepaalde milieufactor waarbinnen de soort zich kan handhaven. Men kan spreken van bijvoorbeeld de zouttolerantie, de lichttolerantie e.d. Deze tolerantie is per individu, per soort en per populatie verschillend. Zelfs een individu kan op verschillende leeftijden verschillende tolerantie vertonen (iemand, die in zijn jeugd rock-and-roll muziek knetterhard aanzette, ziet een 'disco' niet meer zitten: afname van geluidtolerantie). Normaliter spreken we van de tolerantie van een soort (fig. 24 en 160).

Plant- en diersoorten hebben altijd een beperkt verspreidingsgebied, dat weliswaar zeer groot kan zijn, maar toch beperkt. Zelfs *ubiquisten* ('overal voorkomende soorten'), zoals de mens, zijn parasieten en de rat, komen niet echt overal voor. Het verspreidingsgebied van een soort noemt men het *areaal*. Dit areaal geeft het geografisch gebied aan waarbinnen de soort voorkomt. Dat wil echter niet zeggen, dat binnen dat gebied de soort overal voorkomt en ook niet dat de soort er altijd voorkomt. Men denke slechts aan trekvogels: West-Europa maakt deel uit van het areaal van de ooievaar, doch in dennenbossen komt de ooievaar niet voor, terwijl deze soort in de winter in Europa nergens te vinden is.

Een areaal kan *aaneengesloten* zijn, d.w.z. dat de betreffende soort in het gehele gebied op daarvoor geschikte plaatsen aangetroffen kan worden, of *disjunct*, dat wil zeggen, dat de soort in twee of meer duidelijk van elkaar gescheiden gebieden voorkomt, bijvoorbeeld sommige soorten in Scandinavië en in de Alpen. Soms is het areaal beperkt tot een enkel eiland of een betrekkelijk klein geïsoleerd gebied; in het betreffende gebied is de soort dan *endemisch*: bepaalde soorten vinken op de Galapagos-eilanden, in Nederland vroeger: het zuiderzeekrabbetje in de Zuiderzee.

Invoering van soorten, al dan niet opzettelijk, in gebieden waar ze oorspronkelijk niet thuis horen (*fauna- en floravervalsing*) kan leiden tot het geheel of gedeeltelijk verdwijnen van endemische soorten: konijnen in Australië, invoer van ratten op oceanische eilanden.

Onderzoek naar het hoe en waarom van het voorkomen van bepaalde plant- en diersoorten behoort mede tot het studieterrein van de biogeografie, een uiterst boeiende tak van wetenschap, die buiten het bestek van dit boek valt.

N.B. In dit hoofdstuk wordt vaak gebruik gemaakt van zinsneden als 'over het algemeen', 'meestal', 'vrijwel altijd', e.d. Hieruit blijkt al dat deze stof zeer complex is en dat op allerlei ecologische definities en omschrijvingen talrijke uitzonderingen en verfijningen mogelijk zijn. In het kader van dit boek is het niet mogelijk deze allemaal op te noemen of te beschrijven. Dit hoofdstuk is slechts bedoeld als een beknopt, algemeen overzicht.

Vragen en opdrachten:

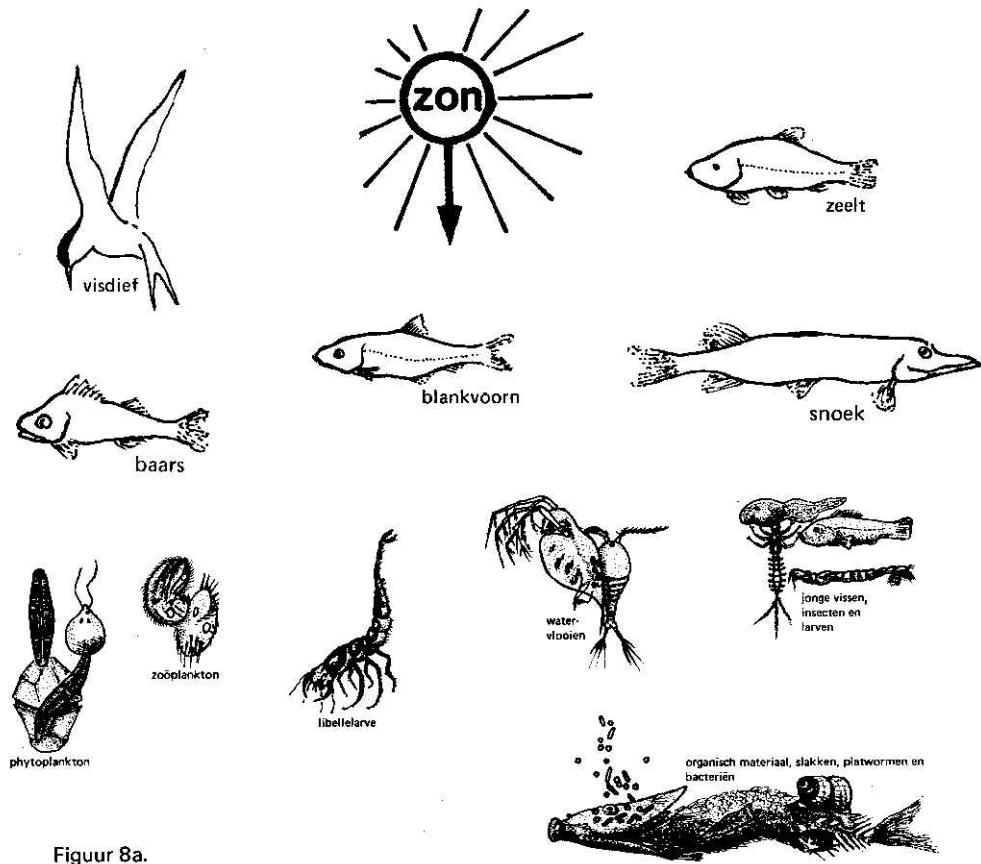
1. Inventariseer een klein gebied en ga na welke functies de gevonden soorten in dat gebied hebben. Bij gebrek aan een geschikt terrein kan men ook een goed ingericht aquarium voor dit doel gebruiken.
2. Welke organismen uit het geïnventariseerde gebied zijn producenten en waarom?
3. Welke organismen uit het geïnventariseerde gebied zijn consumenten en waarom?
4. Hoe is te bepalen of een bepaald organisme producent of consument is?
5. Stel hiertoe criteria op.
6. Maak een tabel waarin de geïnventariseerde soorten geplaatst worden onder de hoofden: producenten - primaire consumenten - secundaire consumenten. Welke zijn herbi-, carni- of omnivoren?
7. Op grond van welke kenmerken zijn de organismen in deze categorieën ondergebracht?
8. Wat produceren de producenten eigenlijk en waar halen zij de energie hiervoor vandaan?
9. Gebruiken alle consumenten hetzelfde voedsel?
10. Waar houden de geïnventariseerde soorten zich op in het gebied?
11. Welke milieufactoren kunnen hierbij een rol spelen?
12. Is er een methode te bedenken om het aantal individuen van een soort te bepalen, welke dan?
13. Heeft de bedachte methode een invloed op de grootte van de populatie?
14. Op welke wijze is de dichtheid van een soort te bepalen?
15. Van welke factoren kan deze dichtheid afhankelijk zijn?
16. Stel aan de hand van de verkregen gegevens een schema op waaruit de voedselrelaties blijken.
17. Op welke wijze worden de geproduceerde afvalstoffen verwerkt?
18. Welke organismen kan men als reducers beschouwen en waarom?
19. Wat zijn de eindproducten die de reducers vormen?

M-5 De voedselketen**Benodigheden:**

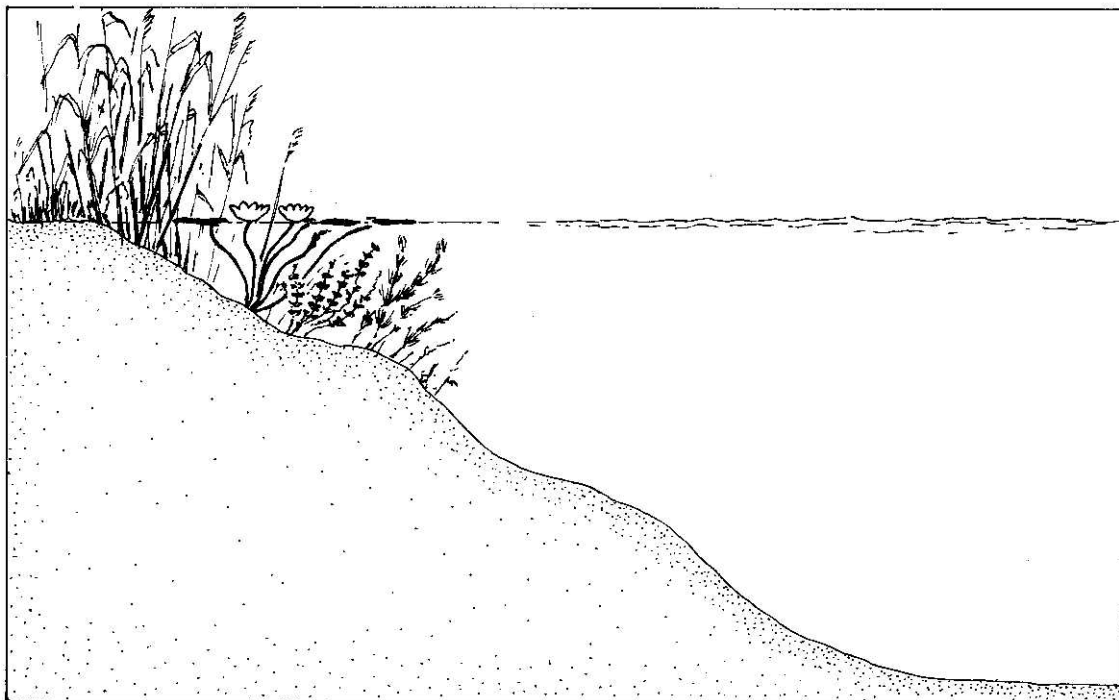
- de figuren 8a en 8b.

Vragen en opdrachten:

1. Breng de afbeeldingen uit figuur 8a zodanig in fig. 8b aan dat de onderlinge relaties tussen de organismen duidelijk worden. Men kan deze relaties met pijlen aangeven.
2. In welke volgorde maken de afgebeelde organismen deel uit van de voedselketen?
3. Maak een schatting van de aantallen afgebeelde organismen voor bijvoorbeeld 10 ha van deze biocoenose.
4. Maak nu met behulp van de geschatte gegevens een piramide van aantallen. Hiertoe stelt men de aantallen voor met behulp van rechthoeken, waarvan de oppervlakte maat is voor het aantal organismen. De producenten komen onderaan, daarop de herbivore consumenten, daarop vervolgens de primaire, secundaire, etc. carnivore consumenten.
5. Maak ook een piramide van biomassa en energie.
6. Wat verstaat men onder een voedselketen?
7. Waarom kan het aantal schakels in een voedselketen niet groot zijn?
8. Welke relatie is er tussen de producenten en de energie die we kunnen krijgen uit aardolie en steenkool?



Figuur 8a.



Figuur 8b.

9. Welke veranderingen zullen er optreden in een voedselketen, indien één van de organismen plotseling in aantal toeneemt?
Zal deze verandering blijvend kunnen zijn?
10. Niet alle organismen zijn voor het verkrijgen van energie aangewezen op de groene planten. Welke zijn dit? Hoe komen zij dan aan hun energie?
11. Bij elke schakel in de voedselketen gaat energie verloren.
In welke vorm verlaat deze energie de keten?
12. Om welke redenen is het economisch van belang in landen waar weinig voedsel beschikbaar is (overbevolking) zoveel mogelijk plantaardig voedsel te verschaffen?
13. Waartoe dient de plantengroei in het water nog meer dan als voedsel voor dieren?
14. Geef enkele voorbeelden van organismen die 'aan het eind' van een voedselketen staan.
15. Om welke redenen zijn de dieren van een bepaald voedselniveau (een schakel uit de voedselketen dus) in het algemeen groter en krachtiger dan die van het daaraan voorafgaande?
16. Welke uitzonderingen zijn er op het gestelde in vraag 15?
Hoe zou men een dergelijke voedselketen noemen?
17. Om welke redenen zijn de voedselketens van de toendra kort?
18. Op welke wijzen kan men nagaan welke weg (welke voedselketen) het door een bepaalde producentensoort gevormde organische voedsel volgt?
19. Om welke redenen kan men de hoeveelheid chlorofyl per m² beschouwen als een indicator voor de hoeveelheid voedsel die wordt vervaardigd?

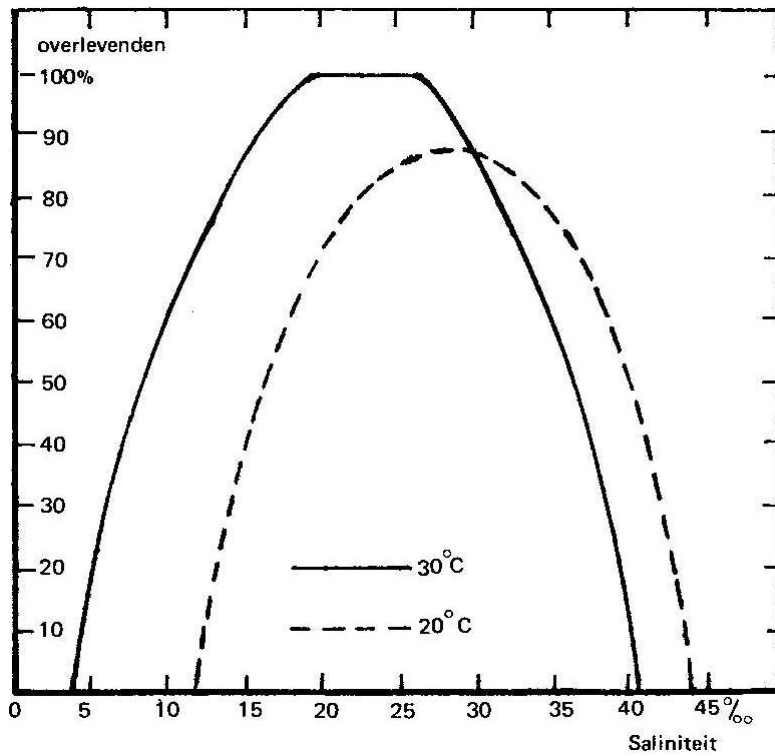
M-6 Abiotische milieufactoren

Wanneer er een directe of indirecte relatie bestaat tussen de activiteiten van een organisme en een fysische of chemische eigenschap van het milieu van dit organisme spreekt men van een *abiotische milieufactor*. Milieufactoren kunnen dus alleen gedefinieerd worden voor een bepaald organisme.

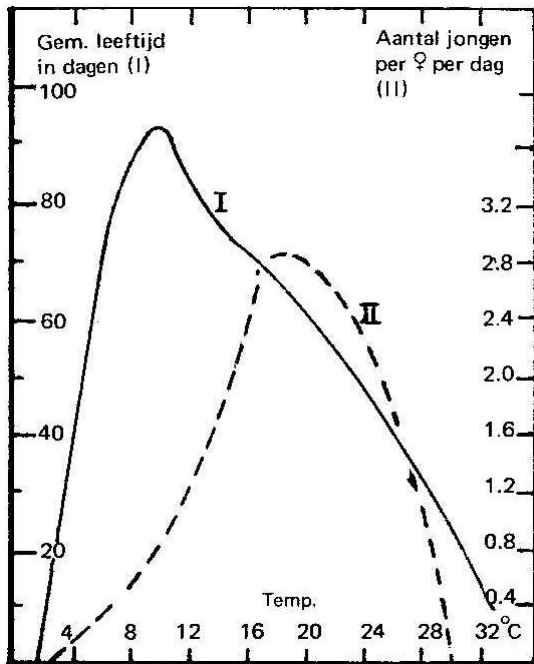
De relatie tussen de abiotische milieufactoren en een organisme is zeer complex. Eigenlijk is het alleen juist te spreken over de relatie tussen abiotische milieufactoren en een bepaald individu van een soort in plaats van de soort als geheel.

De positie van een organisme in een ecosysteem of in een biocoenose, de ecologische niche, wordt volledig bepaald door de *abiotische en biotische niche*. De abiotische niche kan men zich het best voorstellen als een multi-dimensionale ruimte met een groot aantal assen waarop de abiotische milieufactoren zijn afgezet. De (*tolerantie*-)grenzen van deze ruimte worden bepaald door de waarden waarbij het leven en het voortbestaan van de soort - of het individu - nog gewaarborgd zijn. Dat het antwoord van een organisme op een variabele milieufactor veel complexer is dan men denkt, blijkt uit figuur 9. Hier blijkt duidelijk dat de ligging van het optimum tevens afhankelijk is van de temperatuur. Bovendien blijkt dat de minima en maxima een verschillende breedte bezitten en dat dus de mate van *eury- of stenohaliniteit* mede door de temperatuur wordt bepaald. Dergelijke wisselingen van zoutgehalten en temperatuur kan men bijvoorbeeld verwachten in en bij riviermondingen in zee waar sterke eb- en vloedbewegingen zijn.

Figuur 10 laat zien dat de ligging van het optimum *criteriumafhankelijk* is. Ligt het optimum voor de gemiddelde levensduur van de watervlo *Daphnia magma* L. bij circa 11° C, het optimum voor het grootste aantal jongen van deze soort ligt bij 18°C (zie pag. 160).



Figuur 9. De tolerantie voor het zoutgehalte van de krab *Sesarma cicereum* bij 20 en 30 ° C (naar Costlow, 1960 en Ringelberg , 1976)



Figuur 10. *Daphnia magna*. Verschillende temperatuurkrommen bij verschillende criteria: I bij een gemiddelde leeftijd in dagen en II bij het aantal jongen dat een wijfje per 24 uur (naar Ringelberg, 1973 en 1976)

M-7 Temperatuur als milieufactor

Temperatuur is een maat voor de *kinetische (bewegings-)energie* van moleculen en atomen van een stof. Bij het absolute nulpunt ($-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$) is deze kinetische energie minimaal.

De deeltjes voeren dan nog slechts een zeer geringe trilling ten opzichte van elkaar uit (*nulpuntrilling*). Voert men energie toe aan een stof, dan kan de bewegingsenergie van de deeltjes gaan toenemen en zal de temperatuur gaan stijgen.

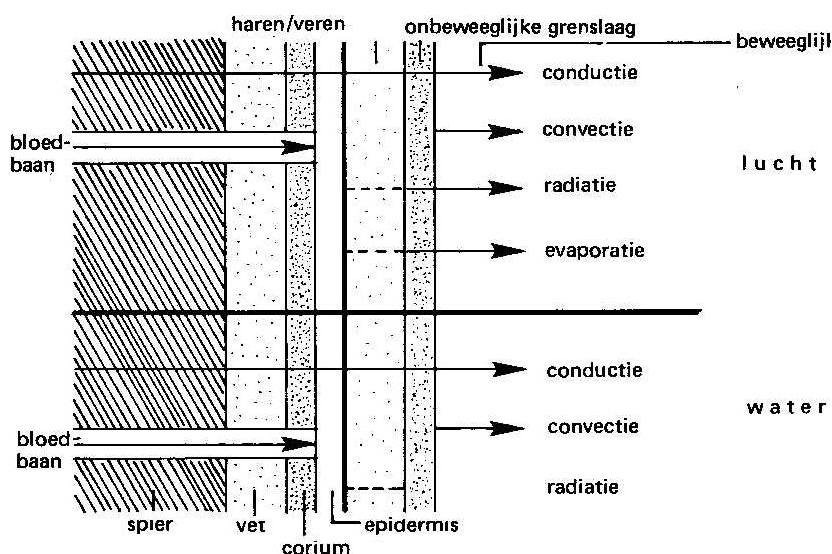
Temperatuur oefent onder andere invloed uit op:

1. *diffusiecoëfficiënten* van allerlei in oplossing verkerende stoffen; hoe hoger de temperatuur hoe sterker de thermische beweging is.
2. *osmotische concentratie*; koudbloedige waterdieren vertonen in de winter vaak een hogere zoutconcentratie in het interne milieu dan in de zomer.
3. *zuurstofgebruik*; bij koudbloedige (ectotherme) dieren is sprake van een toename in verbruik bij hoger wordende temperaturen, terwijl bij warmbloedige (endotherme) dieren daarentegen een afname van het zuurstofverbruik te zien is.
4. *de pH en de buffers* van het interne milieu; de pH van water bedraagt bij $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ 7,0, bij $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ bedraagt de pH 6,84 en bij $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ is de pH 7,36.
5. *de voortplantingscyclus*.
6. *de hartslag*; bij ectotherme dieren neemt deze in de regel per $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ stijging met een factor 2 à 3 toe, bij endotherme dieren is bij toename van de omgevingstemperatuur sprake van een zekere toename van de hartslag.
7. *de reactiesnelheid* van alle biochemische reacties en dus op de metabolische activiteit van organismen; de Q_{10} van biologische reacties bereikt ongeveer een waarde van 2, doch kan hiervan soms ook sterk afwijken.

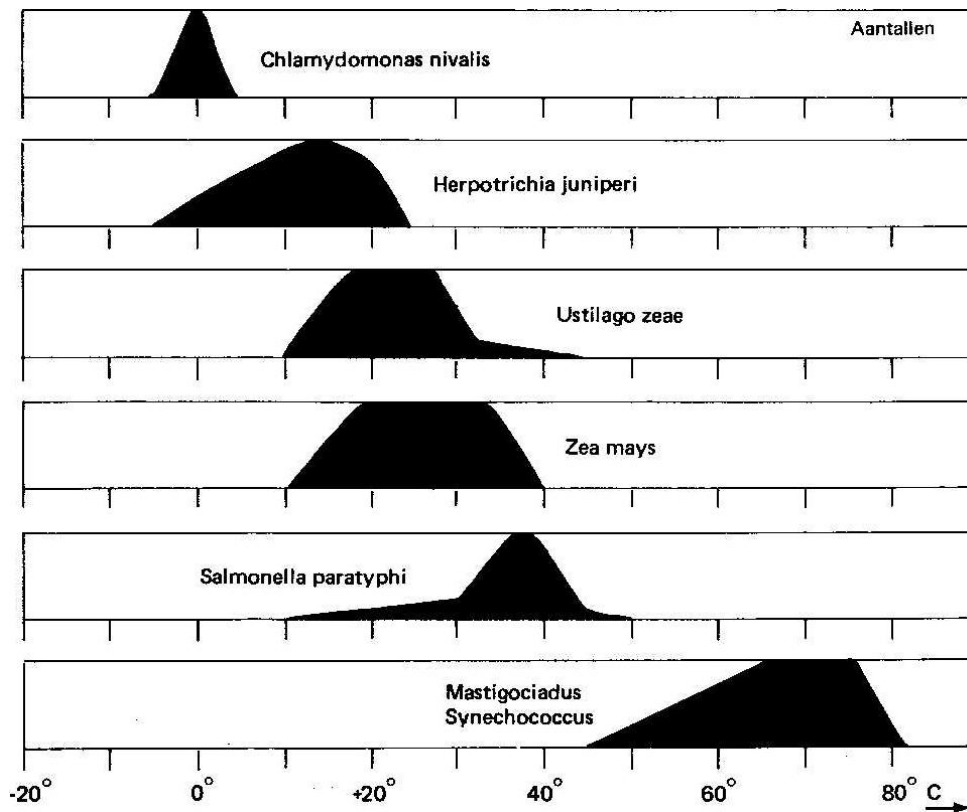
Aangezien temperatuurstijging enerzijds de reactie versnelt (Q_{10} -regel) en anderzijds vertraagt (denaturatie van het enzymeiwit) vertonen enzymen een temperatuuroptimum. Zie Biothema 2, pag. 116 e.v.

a. Warmte-uitwisseling

Warmte-uitwisseling kan langs vier wegen plaats vinden: verdamping (*evaporatie*), straling (*radiatie*), stroming (*convectie*) en geleiding (*conductie*).



Figuur 11. De warmteuitwisseling



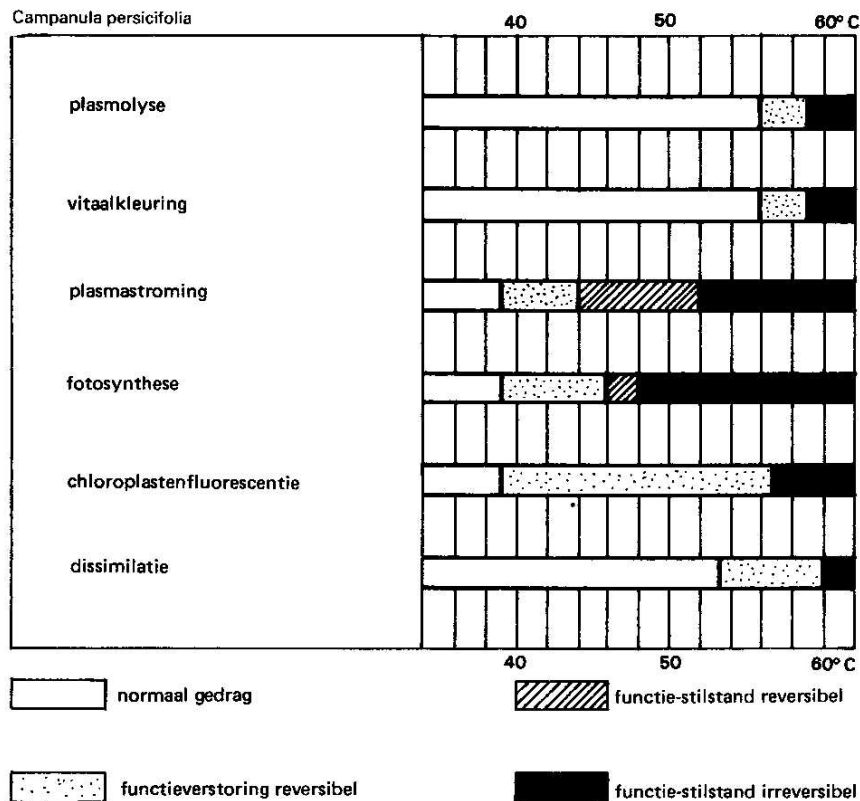
Figuur 12. Temperatuurgebieden van verschillende planten (sneeuwalg - thermofiele bacteriën en blauwalgen).

In figuur 11 is de situatie weergegeven waarin de lichaamstemperatuur hoger is dan die van het milieu en waarbij dus sprake is van een warmtestroom naar het externe milieu: lucht of water.

1. *Radiatie*: de afgifte van warmte door middel van elektromagnetische straling (midden infraroodgebied); lucht oefent op deze straling nauwelijks invloed uit.
2. *Convectie*: de afgifte van warmte door middel van een medium; de snelheid van de afgifte hangt af van de snelheid van het medium; de overdracht van warmte aan het medium vindt plaats door conductie.
3. *Conductie*: de overdracht van warmte-energie tussen twee lichamen die met elkaar in contact staan; de mate waarin de afgifte plaats vindt is afhankelijk van de grootte van het aanrakingsoppervlak, het warmtegeleidingsvermogen en de warmtecapaciteit van de lichamen en de temperatuurgradiënt.
4. *Evaporatie*: verdamping van water gaat gepaard met een aanzienlijk warmteverlies, doch tevens met waterverlies dat het risico van uitdroging met zich mee kan brengen; verdamping van 1 liter water vraagt 2430 J aan energie; verdamping is de enige vorm van warmte-afgifte waarbij geen sprake hoeft te zijn van een temperatuurgradiënt.

Samenvatting: $W_{\text{met}} = \pm W_{\text{rad}} \pm W_{\text{conv}} \pm W_{\text{cond}} \pm W_{\text{ev}}$
 (W_{met} = metabolische warmte)

Het is duidelijk dat in figuur 11 de pijlen ook omgekeerd kunnen zijn: opname van warmte. Onder bijzondere omstandigheden kan W_{ev} ook negatief zijn, nl. in geval van *condensatie*.



Figuur 13. Campanula persicifolia L.

b. Temperatuur als ecologische factor

De temperatuur speelt een belangrijke rol in de activiteit en de verspreiding van plantaardige en dierlijke organismen. Het temperatuurgebied waarbinnen dierlijk leven zich meestal afspeelt ligt tussen 0° en 40 °C.

Landbewonende spruitplanten zijn *eurytherm*, d.w.z. ze gedijen in een ruim temperatuurgebied, nl. van -5° tot ± 55 °C. Hun grootste productiviteit ligt echter in het gebied van +5° tot 40 °C. Onder de waterplanten en wel met name onder de Thallophyten komen *stenotherme* soorten voor, die binnen zeer enge maar ook extreme temperatuurgebieden floreren (fig. 12).

Als men het heeft over temperatuurgebieden, dan hanteert men hierbij vaak de begrippen *lethaalgrenzen* en *latentiegrenzen*.

Buiten de lethaalgrenzen treden *irreversibele* beschadigingen van het protoplasma op en tussen de latentiegrenzen en de lethaalgrenzen treedt dan een niet actieve levensvorm op die echter *reversibel* is.

De chemische structuur van een organisme blijkt echter ook buiten de normale grenzen van milieuomstandigheden, zoals die van temperatuur en luchtvochtigheid, te kunnen blijven bestaan. Het protoplasma is zelfs in staat om bij overschrijding van de normale grenzen van de levensomstandigheden in *stabiele vorm* over te gaan. Bij overgaan naar normale omstandigheden gaat de stabiele vorm weer over in de labiele vorm, waarbij weer stofwisseling optreedt en het organisme weer actief wordt. Beerdiertjes, aaltjes en raderdiertjes blijken zelfs in gedroogde toestand

enkele uren temperaturen van $-272\text{ }^{\circ}\text{C}$ en $+151\text{ }^{\circ}\text{C}$ zonder zuurstof te kunnen 'overleven'. Straling blijkt wel invloed te hebben op deze stabiele vormen van latent leven (pag. 261).

Korstmossen, algen, sporen van talloze Cryptogamen en schimmels, eieren van sommige Crustaceën, poppen van bepaalde insecten en sommige landslakken vertonen soms ook vormen van latent leven. Uit tal van onderzoeken is gebleken dat de latente, sluimerende, anhydrobiotische of anabiotische toestand, één van de mogelijke toestanden van levende stof is, waarbij de ons bekende fysiologische processen stilstaan. Dat de factor tijd vaak een zeer belangrijke rol speelt naast de temperatuur blijkt onder andere bij de bloemvorming die dikwijls binnen enge temperatuurgrenzen wordt geïnduceerd. Veel planten gaan pas bloeien wanneer ze gedurende een periode van enige weken onder temperaturomstandigheden van -3 ° tot $+13\text{ }^{\circ}\text{C}$ hebben verkeer. Is de periode te kort geweest of wordt deze onderbroken door een korte periode van $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$, dan blijft de bloei uit.

Uit figuur 13 blijkt duidelijk dat diverse levensprocessen in de bladcellen van *Campanula persicifolia* L. zeer verschillende gunstige temperatuurgebieden vertonen. Zie Biothema 5, pag. 41 e.v. en Biothema 6.

M-8 Warmteopname en -afgifte: temperatuurverloop in droog en nat zand

Benodigheden:

- twee kistjes van $20 \times 20 \times 20$ cm met open bovenzijde en aan een van de zijwanden voorzien van gaten op 2, 6 en 10 cm van de bovenrand
- zand, eventueel andere grondsoorten
- thermometers of thermosondes (zie fig. 14)
- warmtestralende lampen

Uitvoering:

- vul het ene kistje met droog zand en het andere met nat zand,
- steek de thermometers in de gaten in de zijwanden, eventueel eerst de thermometers, -sondes in de gaten steken en daarna de kistjes vullen met zand,
- hang op een afstand van ongeveer 10 cm boven ieder kistje met zand een warmtestralende lamp,
- lees na het inschakelen van de lampen gedurende een half uur de 6 thermometers of -sondes om de 5 minuten af,
- schakel de lampen uit en lees vervolgens gedurende een half uur de 6 thermometers of -sondes om de 5 minuten af.

Vragen en opdrachten:

1. Maak een tabel van de verkregen gegevens.
2. Zet alle gegevens grafisch uit; op de X-as de tijd, op de Y-as de temperatuur.
3. Verklaar de gevonden verschillen tussen het temperatuurverloop in de twee kistjes.
4. Welke conclusies zou men kunnen trekken ten aanzien van: korstmossen op de grond en dorre, afgevallen bladeren van planten in het open veld in droge en vochtige omgeving, in verband met de warmteopname en -afgifte?
5. Herhaal deze proef met veengrond, kleigrond, leem, tuingrond, etc.

M-9 De warmte-uitstraling van de bodem

De warmte-uitstraling van de bodem houdt ± 6.00 uur op: van ± 6.00 uur tot ± 16.00 uur is er instroming van warmte en van ± 16.00 uur begint de uitstroming van warmte weer.

Benodigheden:

- 6 thermosondes type W/thermometers (fig. 14)
- digitaal Hi Tester/AMP-, OHM-, VOLT-meter
- ijzeren staaf 500 mm, \emptyset iets groter dan \emptyset thermosonde
- hamer

Uitvoering:

- maak vrij dicht bij elkaar met behulp van hamer en ijzeren staaf vijf gaten in de bodem met diepten van resp. ± 20 , ± 50 , ± 100 , ± 200 en ± 400 mm diepte.
- plaats in ieder gat een thermosonde zodat de bodemtemperaturen op 20, 50, 100, 200 en 400 mm kunnen worden afgelezen.
- meet met de overgebleven thermosonde de temperatuur van het bodemoppervlak (scherm de thermosonde af tegen directe zonnestraling).
- verricht metingen om de twee uur.
- vul met de verkregen gegevens tabel 1 in.

diepte in mm	Grondtemperaturen op verschillende uren °C											
	1 uur	3 uur	5 uur	7 uur	9 uur	11 uur	13 uur	15 uur	17 uur	19 uur	21 uur	23 uur
0												
20												
50												
100												
200												
400												

Tabel 1

M-10 Temperatuur van bodem en water

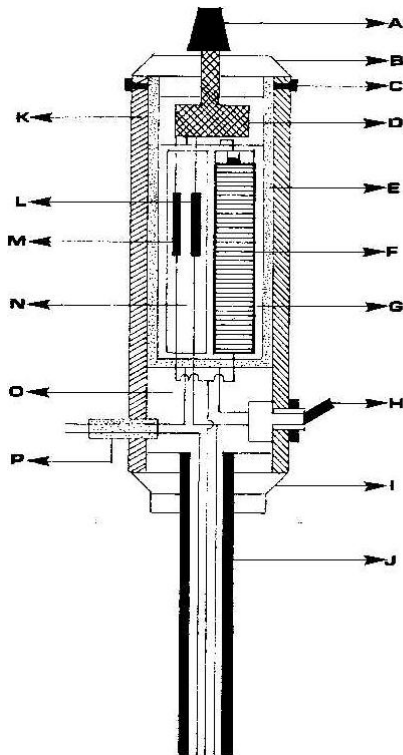
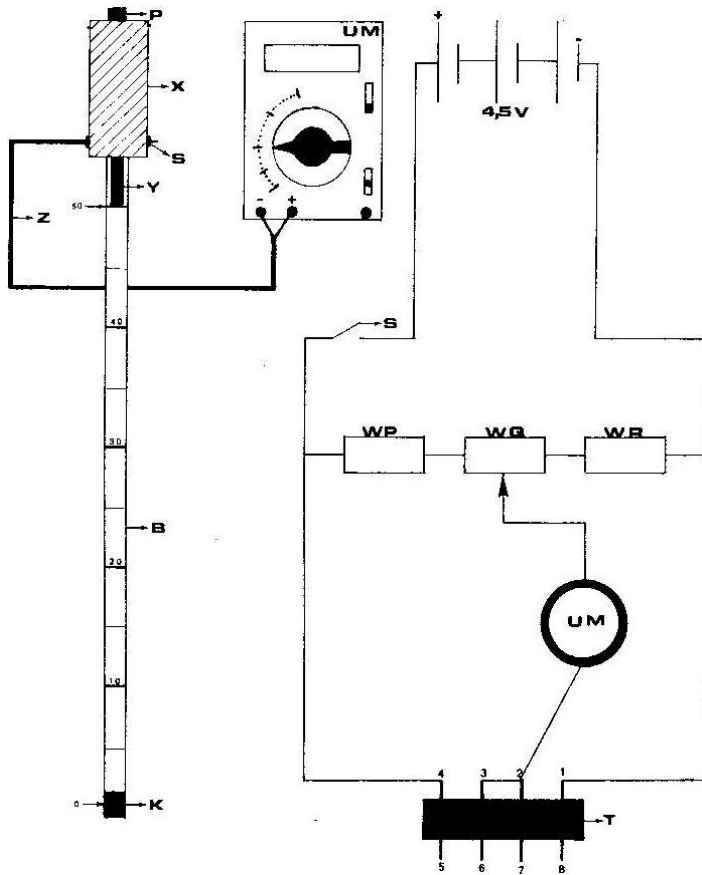
Daar het water tengevolge van zijn grote soortelijke warmte slechts langzaam afkoelt of in temperatuur stijgt, blijft de watertemperatuur steeds achter bij die van de omringende bodem en vallen de jaargetijden in het water niet samen met die van het land, ze lopen achter.

Benodigheden:

- 2 thermosondes type W of 2 thermometers {fig. 14)
- digitaal Hi Tester/AMP-, OHM-, VOLT-meter

Uitvoering:

- ijk de thermosondes/thermometers door ze in smeltend ijs te plaatsen.
- steek één thermosonde zodanig in de bodem dat hij de temperatuur op 200 mm diepte meet.



Figuur 14. Thermosonde type W.

T = IC-3911 (276-1706) van Tandy

WR = 10 k Ω = M

WQ = 10 k Ω = D

WP = 15 k Ω = L

In K bevindt zich T ingebed in siliconenvet.

Een houdertje voor 4 batterijen;

één ruimte bestemd voor de weerstanden WP (L) en WR (M).

H = schakelaar

K = PVC buis

B en I = PVC-plaat

P = snoer naar de universeel-meter (Z)

J = plexiglasbuis waarin metalen meetlint (Y)

C = schroefjes, door losdraaien de gehele unit uit de buis te lichten

- plaats de andere thermosonde zodanig in het water dat hij eveneens de temperatuur op 200 mm diepte meet
- verricht metingen om het uur gedurende een zo groot mogelijke periode.
- noteer de gevonden waarden in tabel 2.

<i>tijdstip v.d. dag</i>	<i>temperatuur op 200 mm</i>	
	<i>bodem</i>	<i>water</i>
.....uur		
.....uur		
.....uur		
.....uur		
.....uur		
.....uur		
.....uur		
.....uur		
.....uur		
.....uur		
.....uur		
.....uur		
.....uur		
.....uur		
.....uur		

Tabel 2

Vraag:

1. Zijn de gevonden waarden in overeenstemming met de bewering op pag. 27?

M-11 Invloed van de temperatuur op de groei van wortels

Benodigheden:

- petrischalen
- rondfilters
- koelkast/koelkasten
- broedstoof/broedstoven
- zaad van *Lupinus luteus* (gele lupine)
- grafiekenpapier

Uitvoering:

- voorzie alle petrischalen van een drietal rondfilters en doordrenk deze met leidingwater.
- laat in iedere petrischaal 20 zaden toegedekt met een nat rondfilter gedurende 24 uren kiemen (petrischalen voorzien van deksel), bij diverse temperaturen.
- bepaal na 24 uur de gemiddelde lengte van de wortels per petrischaal.

Opdracht:

1. Verwerk de verkregen gegevens tot een diagram, waarbij op de X-as de gemiddelde groei in mm per 24 uur, en op de Y-as de temperatuur in °C staat.

M-12 Bodem als milieufactoor

In het Nederlandse taalgebied worden de termen 'bodem' en 'grond' vaak zeer onzorgvuldig gehanteerd.

De term 'grond' heeft uitsluitend en alleen betrekking op het losse materiaal van de aardkorst. De term 'bodem' daarentegen heeft alleen betrekking op de manier waarop de afzonderlijke gronddeeltjes onderling gerangschikt zijn en als zodanig in de natuur voorkomen. De bodem is dus uit grond opgebouwd!

Het materiaal grond is vrij stabiel; de bodem is echter door allerlei activiteiten van mens, bodemfauna en -flora aan regelmatige veranderingen onderhevig.

De bodem strekt zich zowel in horizontale richting, het landschap, als in verticale richting, het bodemprofiel, uit.

I **BESTANDELEN VAN GROND**

Grond bestaat uit:

- A. vaste bestanddelen a. anorganische bestanddelen: mineralen
of vaste fase b. organische bestanddelen 1. dode humus
2. levende: bodemflora en -fauna
- B. vloeibare bestanddelen of vloeibare fase: het bodemwater
- C. gasvormige bestanddelen of gasvormige fase: de bodemlucht

A. VASTE BESTANDELEN

Bij een classificatie van de vaste gronddeeltjes kan men diverse criteria hanteren, zoals de grootte, de herkomst of de chemische samenstelling.

Bij een onderverdeling naar chemische samenstelling onderscheidt men anorganische bestanddelen en organische bestanddelen. Bij verreweg de meeste grondsoorten maken de anorganische bestanddelen meer dan 90% van de vaste bestanddelen uit. Wanneer meer dan 50% van het volumepercentage uit organische bestanddelen bestaat spreekt men van een organische grond of *veengrond*.

a. Anorganische bestanddelen

Primaire kristallijne bestanddelen, die ook als ze al sterk verweerd zijn, nog min of meer aan hun vorm en kleur te herkennen zijn. Het betreft meestal kwarts en ingewikkelde silicaten.

Oplosbare zouten, die van de primaire kristallijne bestanddelen verschillen, doordat hun vorm slechts tijdelijk gefixeerd is. Nu eens komen ze voor in opgeloste vorm dan weer in de uitgekristalliseerde vorm.

Amorfe bestanddelen, zijn bestanddelen die eigenlijk geen vaste structuur bezitten.

Ze komen meestal voor in de vorm van zeer dunne huidjes op de kristallijne bestanddelen en bestaan uit Fe-Al-hydroxiden in de gelvorm. Dit houdt in dat wisselende hoeveelheden water er chemisch door gebonden worden.

De *primaire kristallijne bestanddelen* worden onderverdeeld in de **primaire** mineralen en de **secundair** gevormde mineralen.

De *primaire mineralen*, zoals kwarts en veldspaten zijn vergruizingproducten van stollingsgesteenten. Deze primaire mineralen zijn dikwijls over grote afstanden door wind, water of ijs verplaatst en elders gedeponeerd: *sedimentatie*. In Nederland, dat een opvallend sedimentatiegebied is, bestaat $\pm 95\%$ van de primaire mineralen uit kwarts, dat een betrekkelijk grote hardheid bezit en chemisch zeer moeilijk aan te tasten is. Het is dus duidelijk dat andere grondbestanddelen door verwerking voedingsstoffen voor de planten moeten opleveren.

De grootte van de primaire deeltjes varieert sterk. Door toepassing van mechanische analyse als zeven, kunnen de verschillende fracties (deeltjes van gelijke grootte) gescheiden worden.

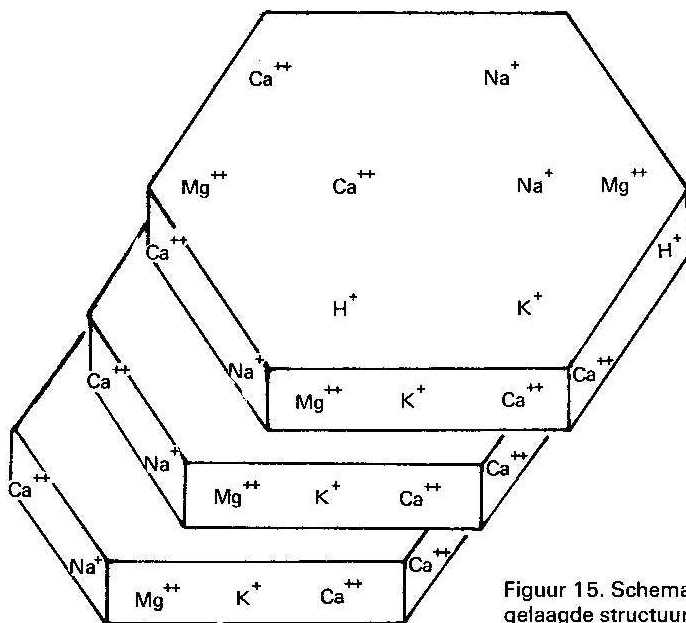
De textuur of de granulaire samenstelling van grond geeft de gewichtsprocenten van de diverse fracties van droge grond of van de minerale bestanddelen weer.

De *secundair gevormde mineralen* zijn Fe- en Al-oxiden en -hydroxiden, voor zover ze gekristalliseerd zijn, en de *kleimineralen*.

Kleimineralen zijn gelaagde, plaatvormige Al- of Mg-silicaten. Het zijn de belangrijkste mineralen in de grond omdat ze in sterke mate de fysische en chemische eigenschappen van de grond bepalen. Men onderscheidt twee typen:

- *Het 2:1-type*, dat gevormd wordt door kristallen die bestaan uit twee lagen silicaat, gekoppeld door een tussenliggende laag van Al-hydroxide.
- *Het 1:1-type*, met kristallen bestaande uit één laag silicaat, gekoppeld aan een laag Al-hydroxide.

Bij de vorming van kleimineralen is in het oorspronkelijke kristal een deel van de Al- en Si-ionen vervangen door ionen van een lagere waardigheid. Zo blijkt Al^{3+} vaak door Mg^{2+} en Si^{4+} door Al^{3+} vervangen te zijn. Deze vervanging leidt tot een tekort aan positieve lading in het kristal waardoor kleimateriaal negatief geladen wordt. Dit tekort aan positieve lading wordt gecompenseerd door adsorptie van een gelijkwaardige hoeveelheid kationen (+-ionen) zoals Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} en NH_4^+ (fig. 15).



Figuur 15. Schematische tekening van de gelaagde structuur van kleimineralen.

1. Benaming van de fracties

Over de benamingen van de verschillende fracties bestaat geen eenstemmigheid zoals uit de tabellen 3 en 4 blijkt.

Afmetingen gronddeeltjes	Benaming fractie
> 105 m m	grover deel van het zand
105 - 16 m	fijner deel van het zand
< 16 m	afslibbaar materiaal
> 2000 m	grint

Tabel 3

Naar Bedrijfslab. v. Grond- en Gewasonderzoek, Oosterbeek gehanteerd bij onderzoek v. kleigrond).

Afmetingen gronddeeltjes	Benaming fractie	Gehanteerd bij onderzoek van
2000-210 m	grof zand	Kleigronden
210-50 m	fijn zand	
50-2 m	silt of stof	
<2 m	lutum of klei	
2000-210 m	grof zand	Zand-, leem- en lössgronden
210-50 m	fijn zand	
< 50 m	leem	

Tabel 4

Naar Stichting van Bodem kartering.

2. Bepaling van de granulaire samenstelling: de textuur

In het laboratorium bepaalt men met behulp van zeef- en slibanalyse de gewichtspercentages van de verschillende fracties van een gedroogd grondmonster. De slibanalyse berust op de eigenschap, dat fijnere bestanddelen meer tijd nodig hebben om in water te bezinken dan grotere. Fijne deeltjes bezitten namelijk een relatief groot oppervlak ten opzichte van hun gewicht en ondervinden dientengevolge relatief meer wrijving wanneer ze tot bezinking worden gebracht: tabel 5.

Diameter deeltje	Aantal deeltjes/gram	Oppervlakte in cm ² /gram
1-2 mm	90	11
0,20-0,50 mm	5800	45
0,1 0-0,20 mm 0,002	46000	90
0,05 mm 0,002	5800000	454
	90000000000	11350

Tabel 5

De slibanalyse wordt uitgevoerd volgens de pipetmethode. Bij deze methode wordt van een grondmonster een bepaalde hoeveelheid in een cilinderglas met een bepaalde hoeveelheid water gebracht. Nadat de inhoud goed geschud is, wordt op vastgestelde tijdstippen op een bepaalde hoogte een pipet van 10 cc gevuld met de vloeistof en wordt het gewicht bepaald van de mee opgezogen deeltjes, die op de vastgestelde hoogte zweven en afgepipetteerd werden.

De *zeefanalyse* wordt toegepast voor de bepaling van de grovere fracties. De bij het grondonderzoek gevonden waarden worden weergegeven als % van de minerale bestanddelen, voorzover ze door de 2 mm-zeef gaan. Grover materiaal zoals grint worden evenmin als kalk en organische stof bij deze analyse betrokken.

3. Eigenschappen van de verschillende fracties

De *zandfractie* wordt wel eens het *skelet* van de grond genoemd. Wanneer deze fractie zou ontbreken, dan zou de grond veel te *dicht* worden. De waterafvoer en de bodemventilatie zouden sterk belemmerd worden en dientengevolge ook de groei van de vegetatie. Een grond met te weinig zanddeeltjes is bovendien een *slappe* grond met weinig draagkracht. Zand kan weinig water vasthouden, fijn zand we meer dan grofzand,

en mist eveneens het vermogen om voedingsstoffen vast te houden.

Daar zand bovendien meestal bestaat uit het aan voedingsstoffen arme mineraal kwarts, heeft deze fractie weinig directe betekenis voor de voeding van de planten.

De *leemfractie* en de *siltfractie* (50-2 m) hebben een vrij goed vochtvasthoudend vermogen. Voedingsstoffen worden niet vastgehouden, wel kunnen door verwerking van deze fractiedeeltjes in beperkte mate voedingsstoffen zoals kalium vrij komen.

De *klei- of lutumfractie* (< 2 m) bezit de volgende belangrijke eigenschappen:

- het vermogen om vocht vast te houden.
- het vermogen om voedingsstoffen vast te houden.
- het vermogen om voedingsstoffen na te leveren.

Kleideeltjes bezitten de zeer belangrijke eigenschap om aan de bodem 'toegevoegde' voedingsstoffen aan hun oppervlak *vast te houden*: ze spoelen dan niet direct weg.

Ook water kan door klei worden vastgehouden, waarbij de klei dan *opzwellt*. Wanneer dit opgenomen water weer wordt afgegeven, *krimpt* de klei weer. Deze eigenschap van klei is van groot belang voor een geregelde watervoorziening van de vegetatie. Bij sterke opzwellings treedt echter het nadelige effect op, dat de grond te dicht wordt, waardoor de bodemventilatie in het gedrang komt. Door verwerking van de kleideeltjes kunnen plantenvoedingsstoffen vrijkomen. Zo wordt op jonge zeeklei bij de kalibemesting met deze bron van nalevering rekening gehouden.

4. Namen van de grondsoorten

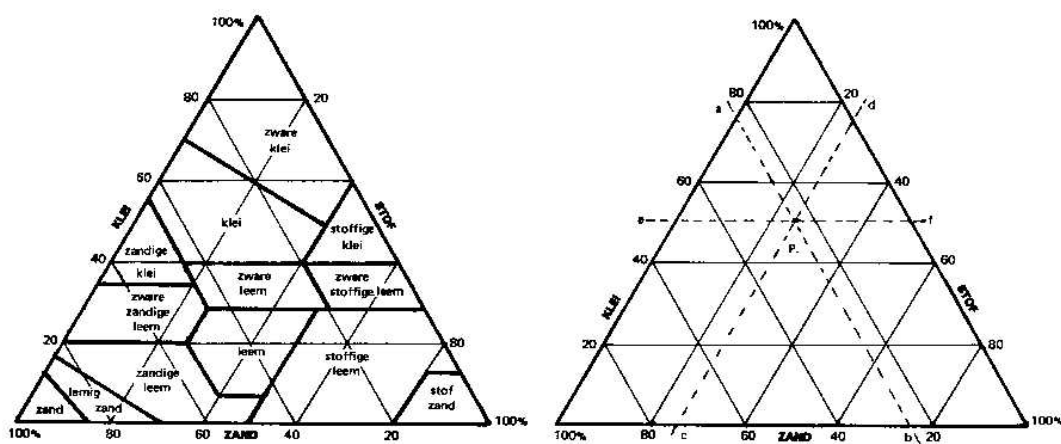
Het komt zelden of nooit voor dat een grondmonster uit deeltjes van één fractie bestaat. De meeste *grondsoorten zijn mengsels van verschillende fracties*.

Onder deze mengsels zijn er die een zo uitgesproken karakter bezitten, dat zij apart onderscheiden worden. Zo is bijvoorbeeld *löss* een door de wind afgezet sediment met een hoog gehalte aan fijne deeltjes (2-50 m), soms wel 80%.

Een veel gehanteerde indeling vindt men in tabel 6.

Naam grondsoort	% afslibbare bestanddelen (< 16 m)
zandgronden	10
zavelgronden	20-30
lichte kleigronden	30-40
middelzware kleigronden	40-50
zware kleigronden	50-60

Tabel 6



Figuur 16. Links: driehoekdiagram voor grondsoorten verdeeld in drie fracties: klei, stof en zand.

Rechts: De grondsoort bestaande uit 50% klei (lijn e-f), 25% zand (lijn a-b) en 25% stof (lijn c-d) bevindt zich in punt P en behoort dus tot de grondsoort klei.

Een nauwkeurige indeling van grondsoorten kan men krijgen door de resultaten van granulaire analyses uit te zetten in een *driehoeksdiagram* (zie fig. 16).

5. Structuur van de bodem

Onder de structuur van de bodem verstaat men de onderlinge rangschikking en samenhang van de vaste minerale en dode organische bodembestanddelen.

Rangschikking. Hierbij gaat het om de ligging van de bodemdeeltjes ten opzichte van elkaar en het aantal en de grootte van de poriën en holten tussen de bodemdeeltjes.

Samenhang. Tal van bodemorganismen zoals bacteriën en regenwormen geven slijmstoffen af, die de bodemdeeltjes onderling verbinden.

Ook humus kan een gunstige invloed hebben op de structuur van de bodem, doordat zanddeeltjes zich om humusdeeltjes afzetten: *kruimelvorming*.

In kleibodems wordt door humus de vaak te grote samenhang der deeltjes verbroken.

Aggregaten. In de bodem zijn de elementaire bodemdeeltjes vaak tot grotere eenheden verenigd, die men *structurelementen* of *aggregaten* noemt.

Kruimelstructuur. Wanneer aggregaten op hun beurt weer samengebundeld zijn tot grotere eenheden, dan spreekt men van *kruimelstructuur*. Deze rulle structuur komt praktisch alleen maar voor in bepaalde goede landbouwgronden, zoals tuinbouwgronden.

Kluitstructuur. Wanneer er een uiterst sterke binding tussen de elementaire bodemdeeltjes bestaat en daardoor de aggregaten groot en hard zijn, spreekt men van *kluitstructuur*.

Dit is soms het geval in slecht organisch bemeste kleibodems.

Korrelstructuur. Wanneer tussen de elementaire bodemdeeltjes de binding zo klein is, dat het niet tot aggregaatvorming komt dan spreekt men van *korrel- of éénkorrel of enkelkorrelstructuur*.

Dit is het geval in humusarme zandbodems en verreden kleibodems.

Plaatstructuur. Dit zijn dunne plaatvormige, veelal dichte structuren die vaak een hindernis vormen voor de afvoer van water en voor wortels.

Deze structuren krullen bij droogte vaak omhoog: *slempige klei*.

Prismastructuur. Bij deze structuur zijn de aggregaten prismavormig en komen weinig poriën voor. Deze structuur komt voor in de ondergrond van *komklei- en knipkleibodems*.

Sponsstructuur. Deze structuur vertoont geen aggregaten. In wezen is het een korrelstructuur met poriën en kleine en grote gangen van wortels en dieren.

Meestal is het een ondergrondstructuur, die heel gunstig werkt.

Aan de oppervlakte van deze bodems kan vervloeiing optreden: *slemp*.

Betonstructuur. Dit is een zeer dichte structuur, waarbij de poriën tussen de zandkorrels opgevuld zijn met kleinere bodembestanddelen.

De grootte van de aggregaten bepaalt het poriënvolume. De kwaliteit van een bodem wordt mede bepaald door de *porositeit*, d.w.z. het poriënvolume. De grootte van de poriën en de verhouding tussen grote en kleine poriën. Ook de stabiliteit van een bodem is medebepalend voor de kwaliteit. Kan een bodem een stootje verdragen dan spreekt men van een *stabiele structuur*. Is de binding tussen de bodembestanddelen slecht dan spreekt men van een *wankel-structuur*: slempige lichte zavelgrond.

De stabiliteit van een bodem structuur is vaak zeer gering in bodems met een laag humusgehalte of met een hoog percentage Na^+ -ionen, gebonden aan klei of humus. Verbetering kan hierin gebracht worden door respectievelijk toevoeging van organische mest of kalkhoudende kunstmest.

Poriën en holten in de bodem zijn uitermate belangrijk omdat de lucht gemakkelijker in de bodem kan doordringen, de kleine poriën het water vasthouden, een goede beworteling mogelijk is en via de grotere gangen en holten het overtollige water kan worden afgevoerd.

b. Organische bestanddelen

1. Dode organische stof: humus

Een zeer belangrijke functie van de bodemflora en -fauna is de afbraak van verse organische stof. De grote dieren doen veelal de eerste aanval op de naar schatting 30 biljoen kg organische stof die jaarlijks wordt gevormd. Kleinere organismen zetten de afbraak voort, die in feite neerkomt op een volledige afbraak van organische macromoleculen (o.a. koolhydraten en eiwitten) tot anorganische micromoleculen (kooldioxide, water en zouten). Deze omzetting noemt men *mineralisatie*.

De omzettingen kunnen zowel oxidotisch als anoxidotisch verlopen.

In het laatste geval is de afbraak onvollediger en ontstaan vaak organische zuren zoals boterzuur, en gassen zoals waterstof, methaan en kooldioxide.

Een deel van het organisch materiaal, zoals bijvoorbeeld lignine en harsen, kan moeilijk door de bodemfauna en -flora worden afgebroken en blijft voor langere tijd meer of minder aangetast in de bodem aanwezig. Bovendien produceren bacteriën tijdens de afbraak van het organisch materiaal nieuwe organische verbindingen uit lignine en ammoniak. *Alle afbraakproducten en alle door bacteriën nieuw gevormde organische verbindingen die moeilijk worden afgebroken, vat men samen onder het begrip stabiele humus of bestendige humus.* Het proces heet: *humificatie*.

Men onderscheidt verschillende vormen:

Ruwe humus is het product dat ontstaat wanneer de afbraak van organisch materiaal plaats vindt in *zure, stikstofarme* en tevens *droge* bodems. De zwarte heidehumus van ontginningsgronden en het slecht afgebroken bosstrooisel behoren tot dit type humus. Het plantenmateriaal is nauwelijks afgebroken. In zure milieus zijn het praktisch alleen de schimmels die actief zijn bij de afbraak.

Moder is het eindproduct van een biologische afbraak door mijten, springstaarten en miljoenpoten, nadat micro-organismen als bacteriën hun faeces weer hebben verwerkt. De op deze manier ontstane humus is vrij stabiel en bevindt zich als *trosjes* tussen de zandkorrels. Moder is een type humus dat men in de betere zandbodems aantreft.

Disperse humus is een type humus dat uit modertrosjes ontstaat en gemakkelijk vervloeit met als gevolg een met het regenwater wegzakken naar diepere lagen. Bevindt zich vaak in dunne laagjes om de zandkorrels en vult de ruimten tussen de zandkorrels op. Het gevolg is dat de bovenste bodemlagen een slechte structuur vertonen en de lagen in de ondergrond *dichtslempen: de B-horizont van een humus-podsol*. Deze humus vertoont een zeer geringe adsorptie voor voedingsstoffen (pag. 50).

Mull is een type humus dat in kleihoudende bodems met een *gunstige pH* en *veel organisch materiaal* ontstaat. Regenwormen hebben een werkzaam aandeel in het ontstaan van dit type humus en zorgen tevens voor een goede vermenging met de andere fracties van de bodem. Mull is een goede stabiele humus.

Anmoor is een zwarte en slibbevattende humus die op vochtige plaatsen in het kleigebied ontstaat, waar het net te droog is voor veenvorming. Hij is labiel en verdwijnt als het grondwaterpeil zakt of als de zodelaag in polders wordt omgezet in bouwland.

Er treedt dan vervloeiing en afzakking naar dieper gelegen zones op.

Gehalte aan organische stof

Bij een hoog lutumgehalte moet het gehalte aan organische stof hoger liggen dan bij een laag lutumgehalte om een grond *veen* of *venig* te noemen. De reden hiervoor is, dat een grond met meer lutum ook meer organische stof moet bevatten om een venige indruk te bevestigen bij minder lutum.

De Stichting voor Bodemkartering onderscheidt de volgende *organische stofklassen*: tabel 7

Tabel 7

<i>Organische stofklassen</i>	<i>zandgrond (% < 2) % organische stof</i>	<i>kleigrond (van 35% <2) % organische stof</i>
humusarm	0 - 2,5	0 - 4,0
matig humeus	2,5 - 5,0	4,0 - 7,5
zeer humeus	5,0 - 8,0	7,5 - 12,5
humusrijk	8,0 - 15,0	12,0 - 23,0
venig zand	15,0 - 22,5	
venige klei		22,0 - 37,0
zandig veen	22,5 - 35,0	
kleilig veen		37,0 - 70,0
veen	meer dan 35%	meer dan 70%

Eigenschappen van dode organische stof in de bodem

Humus heeft de volgende gunstige eigenschappen:

1. Het houdt water vast. Bij uitdroging krimpt de humus en bij vochtig worden zwelt het op. Sterke uitdroging leidt tot *verturving*, dit is een verlies aan zwelvermogen.
2. Het heeft adsorptievermogen. Voedingsstoffen kunnen aan het oppervlak van de humusdeeltjes tijdelijk worden vastgehouden en voor uitspoeling bewaard worden. Voor zandgronden is deze eigenschap uitermate belangrijk. Per gewichtseenheid worden door humus 3-4 maal zoveel ionen geadsorbeerd als door lutum. Dit vermogen is echter wel afhankelijk van het type humus.
3. Het bevordert de structuur van de bodem. Vooral de stabiele humus heeft een gunstige invloed op de structuur van de bodem. De fijne lutumdeeltjes krijgen minder kans om dicht tegen elkaar te liggen. Het bevordert dus de kruimelvorming.

Eigenschappen van verse organische stof in de bodem

Verse organische stof heeft de volgende gunstige eigenschappen:

1. Het bevordert de structuur van de bodem. Evenals humus kit ook verse organische stof de bodemdeeltjes tot grotere kruimels aaneen.
2. Het is voedsel voor de bodemflora en -fauna.
3. Het levert voedingsstoffen voor de vegetatie. Bodemflora en -fauna breken de organische moleculen af tot anorganische moleculen: mineralisatie (zie M-66).

Het C:N-quotiënt

In een goede grond is het C:N-quotiënt ± 10 . Als men in een grond materiaal brengt met een hoog C:N-quotiënt zoals strorijk materiaal met C:N-quotiënt 80, dan is het gevolg hiervan dat er een *sterke bacteriële activiteit* optreedt.

Koolstof is namelijk de energiebron voor vele bacteriën. Daar de bacteriën zelf net als goede grond ook een C:N-quotiënt 10 bezitten, houdt dit in dat de bacteriën zelf extra stikstof nodig hebben. In de concurrentiestrijd om de stikstof, die dan ontstaat tussen plant en bacteriën, moet de plant meestal het onderspit delven. Vandaar dat bemesten met organische stof met hoog C:N-quotiënt gepaard dient te gaan met extra doseringen stikstof. Bij afsterven van de bacteriën komt deze extra toegediende stikstof weer vrij. Bij gebruik van organische meststoffen met een C:N-quotiënt van ± 20 , bijvoorbeeld vlinderbloemigen, treden geen hinderlijke stikstoftekorten op.

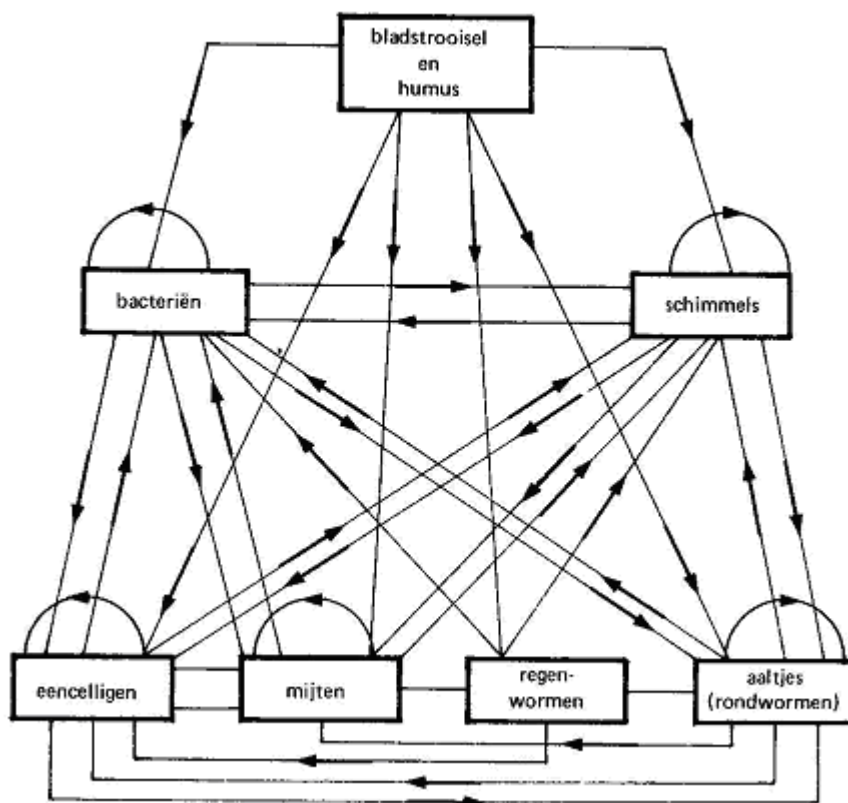
2. Levende organische bodembestanddelen

In de holten tussen de vaste bodembestanddelen leeft een groot aantal organismen: *biota*, zoals ééncellige dieren, bacteriën, virussen, bacteriophagen, gisten, schimmels, straalschimmels, aaltjes, larven, rupsen, kevers, wormen, muizen en mollen. Men schat het gewicht van alle organismen in de bouwvoor van een hectare goede bouwgrond op één tot twee ton. Tabel 8 geeft een beeld van het gewicht en de aantallen waarin enkele groepen organismen voorkomen.

Tabel 8

soort	kg/ha	aantal/ha	aantal/gram
bacteriën	40	-	80.000.000
ééncellige dieren	300	-	1.500.000
schimmels	1200	-	1.000.000
wormen	200 - 1000	500- 1.000.000	-
insecten	-	20.000.000	-

Groene planten onttrekken circa 4×10^{13} kg CO₂ per jaar aan de atmosfeer en zetten dit om in organische stoffen. De afbraak van deze organische stoffen of mineralisatie kan voor 90% op rekening worden geschreven van de organismen op en in de bovenste bodemlagen. De mens en de grote dieren zouden slechts 9% en 1% hiervan afbreken. Uit veel ecosysteemanalyses blijkt dat er twee wegen van energiestroom zijn, nl. de 'predator-voedselketen' en de 'detritus-voedselketen'. In de predator-voedselketen zijn het levende organismen die elkaar successievelijk consumeren, bijvoorbeeld: fytoplankton → Daphnia vis → mens; terwijl in de detritus-voedselketen het dood organisch materiaal is dat geconsumeerd wordt, bijvoorbeeld: dode bladeren → regenwormen (die sterven) → schimmels (die sterven) → bacteriën (zie ook fig. 7). Figuur 17 toont duidelijk aan dat de beide energieketens met elkaar verweven zijn tot een ingewikkeld voedselnet.



Figuur 17. Voedselnet of -web van bodemorganismen.

Indeling van de levende organische bestanddelen

Op grond van hun afmetingen deelt men de bodemorganismen in drie groepen in:

- a. de microbiota (afmetingen < 0,2 mm)
- b. de mesobiota (afmetingen 0,2-4 mm)
- c. de macrobiota (afmetingen > 4 mm)

a. de microbiota

Tot de in de bodem levende microbiota behoren virussen, bacteriofagen, bacteriën, fungi zoals schimmels en gisten, actinomyceten of straalschimmels en vele protozoa.

Virussen en bacteriofagen. De in de bodem voorkomende vertegenwoordigers van deze beide groepen zijn allen *obligate parasieten*. Ze vermenigvuldigen zich in levende cellen. Sommige virussen kunnen hun infectiviteit in de grond verscheidene maanden behouden. Veel plantenvirussen worden via nematoden en fungi overgebracht. Tal van virussen parasiteren op bacteriën en straalschimmels en worden *bacteriofagen* genoemd.

Bacteriofagen bezitten diverse graden van specificiteit voor gastheren; sommige kunnen slechts één bacteriesoort infecteren.

Bacteriën zijn de talrijkst voorkomende bodemorganismen (tabel 8). Velen spelen een uiterst belangrijke rol bij de kringlopen. Er komen echter ook 'schadelijke' bacteriën voor die met planten 'strijden' om voedingsstoffen of hen zelfs aantasten. Eén gram vruchtbare grond kan wel 10^9 bacteriën bevatten. Bacteriënaantallen vormen echter geen juiste indicatie voor bodemvruchtbaarheid!

De meest algemeen voorkomende bodembacteriën zijn staafvormig, minder dan 1 μ m breed en enkele μ m's lang. Velen zwemmen met behulp van flagellen vrij rond in het bodemwater. Sommige bacteriën zijn omgeven door een capsule van polysacchariden, die hen tegen vertering door predatoren zoals protozoa zou beschermen.

De aanwezigheid van grote aantallen van deze capsulevormende bacteriën zou de kruimelstructuur van de grond bevorderen door het aan elkaar kitten van minerale bestanddelen en humus. Bij ongunstige omstandigheden kunnen veel bodembacteriën overgaan tot vorming van endosporen, dit zijn dikwandige sporen binnen hun vegetatieve cellen.

Sporenvormende bacteriën van het genus *Bacillus* zijn zeer algemeen in de bodem. De meeste bodembacteriën zijn *oxibionten*; sommige kunnen echter ook tijdelijk zonder zuurstof leven, men spreekt dan van *facultatieve anoxibionten*. Veel bacteriën gebruiken zoveel zuurstof dat er in bepaalde bodems lokaal anoxibiotische situaties ontstaan.

Hoewel sommige bacteriën onder gunstige omstandigheden zich per 20 minuten delen, vergt dit proces doorgaans meer tijd onder andere door gebrek aan voedsel.

Naar aanleiding van hun voedingsgedrag verdeelt men de bacteriën in: *autotrofe bacteriën* en *heterotrofe bacteriën*.

Voor de autotrofe bacteriën fungeert CO_2 als C-bron terwijl de benodigde energie wordt verkregen uit het oxideren van anorganische of organische stoffen of van zonlicht.

De autotrofe bacteriën spelen een zeer belangrijke rol in de bodem (zie de kringlopen M-66). Heterotrofe bacteriën daarentegen vinden in organisch materiaal zowel hun C- als hun energiebron.

Zij tasten organische stoffen aan zoals suikers, cellulose, chitine, organische zuren, alcoholen ... enz. Er zijn zelfs bacteriën die organische herbiciden en pesticiden kunnen afbreken, helaas echter niet alle; vandaar de accumulatie in de bodem (zie pag. 218, e.v.).

Actinomyceten of straalschimmels lijken veel op fungi doch worden momenteel meer beschouwd als hoog ontwikkelde bacteriën. De cellen vormen lange soms vertakte draden, die heel dun zijn (Ø 1-1½ μ m). De vermeerdering vindt plaats doordat cellen van elkaar losraken. Deze op bacteriën gelijkende cellen kunnen weer tot draden uitgroeien. Ook kunnen in de cellen sporen ontstaan. Tenslotte kunnen aan het eind van de draden speciale cellen worden afgesnoerd, die alleen voor de

vermeerdering dienen. In cultures vormen de meeste straalschimmels grote veelal poederige kolonies, die vaak wit zijn doch soms andere kleuren hebben. De meeste vertegenwoordigers zijn typische bodembewoners en ontwikkelen in cultures een karakteristieke muffe aardlucht. Onder de straalschimmels komen echter ook parasieten van mens en dier voor. Velen kunnen hoge temperaturen verdragen en zo een belangrijke rol spelen bij de fermentatie van compost en mest. Vele bodembewonende actinomyceten produceren *antibiotica*, die de ontwikkeling van bacteriën en fungi remmen. *Streptomyces griseus* produceert streptomycine. De gewone schurftziekte wordt ook veroorzaakt door een *Streptomyces*. Verweg de meeste straalschimmels zijn *saprofyten*. *Protozoa* zijn veelal *predatoren* van bacteriën en fungi, soms voeden ze zich uitsluitend en alleen met bodembacteriën. Onder hen komen echter ook enkele *saprofyten* voor. In de bodem komen globaal gesproken drie groepen (klassen) voor: Rhizopoden, Flagellaten en Ciliaten. *Rhizopoden (amoeben)* zijn of naakt of zitten in huisjes. In het laatste geval zijn ze gedeeltelijk omgeven door pseudochitine waarin zandkorreltjes of diatomeeënschaaltjes of kiezelzuurplaatjes zijn verwerkt. Ze spelen een belangrijke rol bij de afbraak van organisch materiaal. *De Flagellaten* zwemmen vaak vrij rond in het bodemwater. Ook de *Ciliaten* zijn vrij rondzwemmende organismen. Tellingen hebben aangetoond dat Rhizopoden en Flagellaten veelvuldiger in de bodem voorkomen dan Ciliaten. Zo vond men in een grondmonster van een Engels korenveld: 20 Ciliaten, 1500 Rhizopoden en 32.000 Flagellaten. De meeste *Protozoa* beschikken over de mogelijkheid om onder ongunstige omstandigheden de cyste-vorm aan te nemen, waardoor ze resistenter zijn. Uit 49-jaar oude cysten werden weer actieve *Protozoa* verkregen! *Fungi* zijn in neutrale en alkalische bodems waarschijnlijk even belangrijk als bacteriën. Fungi tolereren zure milieus echter veel beter dan tal van bodembacteriën en zijn derhalve in *zure bodems* van uitermate groot belang. In een weilandbodem wordt naar schatting 0,2% van het bodemvolume ingenomen door fungi-weefsel. Bodemfungi variëren van ééncellige soorten tot paddestoelen. *Phycomyceten* zijn of *saprofytische* schimmels (*Mucor*, *Absidia*, *Mortierella*) of *plantenparasieten* (*Phytophthora infestans*) die een gedeelte van hun levenscyclus in de bodem doorbrengen. In de bovenste lagen van de bodem komen een twintigtal soorten van het genus *Endogone* voor. Sommige hiervan zijn *saprofyten*, andere zijn *obligate symbionten* van hogere planten. Als een spore van deze symbionten ontkiemt dringt de kiembuis een plantenwortel binnen. Na binnendringen ontwikkelt zich een uitgebreid mycelium buiten de wortel en in de wortel groeien hyphen tussen de cellen van de cortex en vormen zijtakken die de corticale cellen binnendringen. In de cellen vormen deze zijtakken óf blaasjes óf sterk vertakte structuren. De associatie tussen fungus en wortel is een echte *symbiose*. De groei van de fungus hangt af van de plant en de plant profiteert van de bodemzouten die via de hyphen de plant bereiken. In sommige gevallen gedraagt de fungus zich echter als parasiet. De innige associatie tussen fungus en wortel noemt men *mycorrhiza* en omdat het merendeel van de hyphen in de wortel zit, spreekt men van *endofytische mycorrhiza* (bij aardbei, klaver, grassen, ui, hennep). *Ascomyceten* komen eveneens in de bodem voor, o.a. het genus *Chaetomium*, die celluloserijk materiaal aantasten. Hun sexueel gevormde sporen zijn resistenter tegen hoge temperaturen dan hun vegetatieve hyphen en asexueel gevormde sporen. *Basidiomyceten* komen algemeen voor in de bodem, doch weinig is bekend over hun leefwijze omdat ze moeilijk zijn te isoleren. Hun bovengrondse vruchtlichamen zijn het resultaat van een voorafgaande activiteit van zeer uitgebreide mycelia in de bodem. Sommige gedragen zich als plantenparasieten (*Armillaria mellea*, honingzwam)

of vormen *ectotrofe mycorrhiza*, wortels bedekt met een dikke mantel van hyphen zoals bijvoorbeeld bij de berk. In vruchtbare bodems schijnen ectotrofe mycorrhiza weinig effect te sorteren.

Gisten behoren tot de Ascomyceten of zo men wil tot de Fungi imperfecti, een kunstmatige groep van ± 20.000 'soorten'. Ze hebben gemeen dat ze geen echte mycelia vormen en zich asexueel vermenigvuldigen door knopvorming.

Iedere bodem blijkt zijn specifieke gistflora te bezitten.

Bodemfungi kunnen dus een *saprophytische of parasitische of symbiotische leefwijze* vertonen. Het zijn met name de fungi die kans zien de stof lignine aan te tasten en als eersten vaak het afbraakproces van houtweefsel, cellulose, keratine en chitine in gang zetten. Ze kunnen ook ernstige wortelparasieten zijn, vandaar dat het vaak raadzaam is om grond van zaaipannen met stoom of fungiciden te behandelen. Ook nematoden vallen nogal eens als slachtoffer van parasitische fungi. Sommige fungi zien zelfs kans om in lussen van hyphen nematoden te strikken.

Algen komen vanwege hun fotosynthetische processen alleen maar voor in de bovenste bodemlagen en meestal aan de oppervlakte. In zandige texturen kunnen ze door afzakkend regenwater wel op 20 cm diepte voorkomen. Sommige soorten kunnen heterotroof zijn en zijn dan echte bewoners van diepere lagen, hun aantal is echter beduidend kleiner dan dat van de autotrofe soorten.

Chlorophyceae of *groenalgen* zijn de algen die het meest voorkomen in de bodem. Enkele vertegenwoordigers zijn: Chlamydomonas, Hormidium en Chlorella.

Cyanophyceae of *blauwwieren* vormen vaak hele blauwgroene tapijten op de bodem. Ze floreren het best onder vochtige tropische omstandigheden. Deze groep verdient speciale aandacht omdat veel vertegenwoordigers in staat zijn om stikstof vast te leggen (o.a. op rijstvelden).

Xanthophyceae of *geelgroene wieren* komen niet algemeen en *Rhodophyceae* of roodwieren komen zelden in de bodem voor.

Bacillariophyceae, *diatomeeën* of *kiezelwieren* zijn voor het overgrote deel zoet- en zoutwaterbewoners. Slechts enkele vertegenwoordigers komen in de bodem voor.

b. De mesobiota

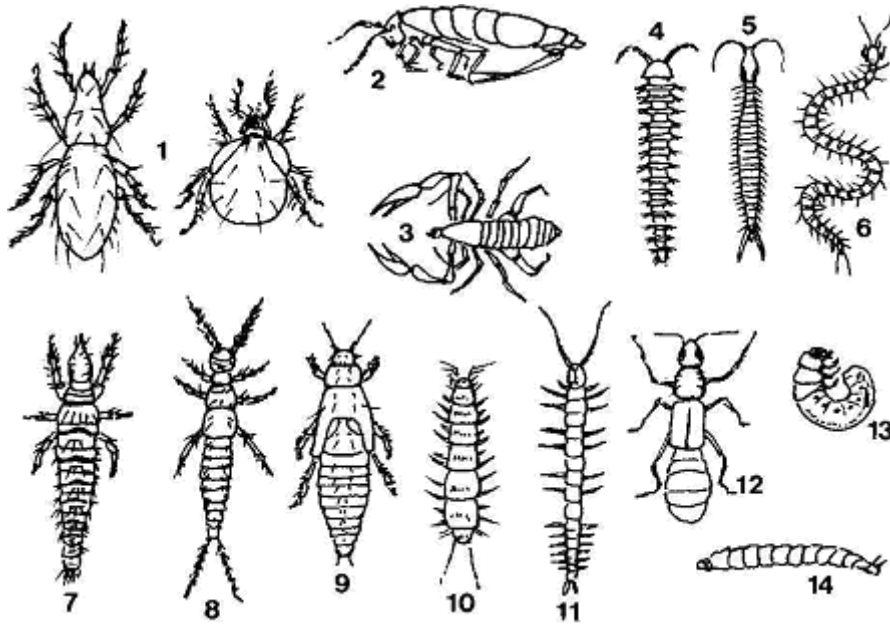
Tot de in de bodem levende mesobiota behoren nematoden, kleine oligochaeten of enchytreeën, kleine larven van insecten en de micro-arthropoden zoals de Acarina of bodemmijten en de Collembola of springstaarten.

Hoewel de meeste mesobiota zich primair met detritus en bacteriën voeden, komen onder de mijten en insecten toch ook wel predatoren voor.

Nematoden komen in de meeste bodems in enorme aantallen voor. Ze variëren van *saprotrofe* en *bacteriënconsumerende* aaltjes tot hoog *gespecialiseerde parasieten* van planten, dier en mens. Naast *ectoparasitaire* vormen komen ook endoparasitaire vormen voor in wortels, bollen en knollen. De bestrijding kan plaatsvinden door het toepassen van wisselbouw.

Sommige nematoden brengen virussen over. De vrijlevende nematoden leven van algen, rotatoriën, bacteriën, detritus, andere nematoden en kleine oligochaeten. De meeste vrijlevende nematoden kunnen niet zonder zuurstof leven; de in de darmen levende echter wel.

Enchytreeën komen zeer algemeen voor in rioolslijkbedden. In minerale bodems en bouwland komen ze veel minder talrijk voor dan in organische bodems (2.000.000/m²). Kleine enchytreeën kunnen gemakkelijk verward worden met nematoden, die echter een andere 'mond' bezitten. De grote enchytreeën komen vaak in compost- en mesthopen voor en zijn te onderscheiden van aardwormen omdat hun borstels in bundels van 2, 4 of meer zitten. Ze zijn hermafrodit en vormen cocons (slijmkapsel met bevruchte eieren). De enchytreeën voeden zich met algen, fungi, bacteriën en organische materiaal in diverse stadia van afbraak. In zure bodems, waar aardwormen zeldzaam zijn, spelen ze een belangrijke rol bij de humusvorming. De enchytreeën zelf zijn erg droogtegevoelig, dit in tegenstelling tot de cocon die droogteresistent is.



Figuur 18. Enkele geleedpotigen behorend tot het mesobiota.

1 = Acari-mijten (Eulohmannia en Pelops), 2 = Collembola-spring staarten. 3 = Chelonetida-bastaard schorpioen, 4 = Diplopoda-miljoenpoot. 5 = Chilopoda-duizendpoot, 6 = idem, 7 = Protura (Eosentomon), 8 = Diplura (Campodea), 9 = Thysanoptera-Trips, 10 = Pauropoda (Pauropus), 11 = Symphyla-dwergduizendpoot (Scutigerebella) 12 = Staphilinidae-kortschildkever, 13 = Coleoptera-keverlarve en 14 = Diptera-Bibiolarve.

Micro-arthropoden. Figuur 18 geeft een goed beeld van de vaak voorkomende arthropoden onderde mesobiota in bodem en strooisellaag.

Acarina of *mijten* hebben stekende, bijtende of zuigende monddelen en leven soms parasitair op insecten en hun larven. Verder treft men ze aan in kaas, meel, suiker, vlees, haar, zaden, bollen, planten, plantengallen, mens en in nesten van muizen, mollen, mieren en vogels.

Collembola of *springstaarten* zijn uitgerust met in de kop teruggetrokken bijtende monddelen. Het vierde segment bezit de springvork. Ze leven in de bodem en in de bladstrooisellaag van levend plantaardig materiaal.

Pauropoda of *weinigpotigen* leven onder stenen of hout en in vochtig dood loof. Ze worden zelden aangetroffen.

Symphyla komen frequenter voor dan de pauropoda. Ze komen voor op vochtige plaatsen in bossen, onder stenen of rottend hout. Hun voedsel bestaat uit plantenmateriaal en micro-organismen. In kascultures zijn ze schadelijk.

Chilopoda of *duizendpotigen* zijn voor het overgrote deel carnivoren, slechts enkele zijn herbivoor. Hoewel het bosdieren zijn, komen ze ook algemeen voor in grasland, bouwland en heidegrond.

De soorten die in heide-, heideachtige- en bosgrond worden aangetroffen verschillen wel van die in grasland en bouwland worden gevonden. Sommige duizendpotigen kunnen zich wel in de bodem ingraven (geophilomorpe soorten) andere kunnen dit niet (lithobiomorpe soorten) en komen derhalve alleen maar voor in de strooisellaag. Ze kunnen slecht tegen droogte.

Diplopoda of *miljoenpotigen* zijn evenals de duizendpotigen echte bosgrondieren. De soorten van gras- en bouwland zijn waarschijnlijk relicte bossoorten. Het zijn uitsluitend planteneters, die zich voeden met plantenmateriaal in diverse

afbraakstadia. Het kan zelfs voorkomen dat een humuslaag grotendeels bestaat uit uitwerpselen van miljoenpotigen. Hun invloed op de humusvorming is echter minder dan die van de aardwormen, omdat ze geen minerale bestanddelen mee opeten en dus geen klei-humus-complex opbouwen zoals de aardwormen dat wel doen. Miljoenpoten mixen de bodembestanddelen niet en halen ook maar heel weinig voeding uit het voedsel. Hun excrementen verschillen chemisch beschouwd maar weinig van het opgenomen voedsel. Hun verdienste moet derhalve ook niet gezocht worden in de afbraak maar veeleer in de sterke fragmentatie van het plantenmateriaal waardoor micro-organismen dit gemakkelijker kunnen bewerken.

Larven van insecten die soms een ernstige bedreiging voor gewassen betekenen zijn die van de Coleoptera, de Diptera en de Lepidoptera.

Veel larven van insecten leven in de grond en voeden zich met plantenwortels en onderaardse scheuten. Sommige larven dringen planten binnen, voeden zich daar een tijd om tenslotte weer in de bodem terug te keren om te verpoppen. Onder de insecten komen echter ook tal van soorten voor die zich in het volwassen en/of het larvestadium als predator gedragen.

c. De macrobiota

Tot de in de bodem levende macrobiota rekent men de plantenwortels, de grote arthropoden, de grote oligochaeten en de mollen en muizen.

Plantenwortels vormen zeer vaak in de bodem het grootste gedeelte van de bio-massa. Het metabolisme per gram plantenwortel is relatief laag, zodat ze minder tot de bodemademhaling bijdragen dan de 'decomposers' (zie tabel 9).

Tabel 9

	kcal/m ² /jaar	
	beukenbos	begraasde weide
Totale ademhaling planten	4.000	470
% voor rekening van de wortels	17%	30%
Ademhaling van de wortels	680	140
Decompositie	1.600	2.620
Bodem-strooisel ademhaling (wortels + decompositie)	2.280	2.760
% hiervan voor rekening van de wortels	30%	5%

Bodemademhaling in twee verschillende ecosystemen.

Een bepaald gedeelte van de wortelstelsels bij grassen blijkt op bepaalde tijden inactief te zijn.

Grote arthropoden. Veel insecten zijn slechts tijdelijke bewoners, namelijk gedurende de winterslaap en de verpoping.

Glomeris, pissebed en talrijke andere 'grote' arthropoden assimileren slechts 5-10% van het dode blad dat ze verteren. Hun faeces bevat dus nog 90-95% van het voedsel. Hun faeces wordt echter door de andere bodembewoners gemakkelijker afgebroken dan verpulverde bladeren.

Grote oligochaeten of wormen voelen zich het beste thuis in vochtige, niet te zure, goed begroeide bodems met voldoende organische bestanddelen. Gedurende droge perioden en vorstperioden bevinden de wormen zich in dieper gelegen zones. Vele tonnen aarde per hectare passeren jaarlijks het spijsverteringskanaal van wormen met als resultaat een goede vermenging van organische stof en minerale bestanddelen. Het gewicht aan wormen per hectare goed grasland kan wel 200 kg bedragen. Een dichtgetrapte en -geslechte grond wordt door wormen weer luchtig gemaakt. De wanden van de wormgangen zijn bekleed met humeuze slijmstoffen, waardoor instorten wordt voorkomen. Plantenwortels maken op hun beurt soms weer dankbaar gebruik van deze gangen om dieper in de grond te dringen. Door organische bemesting en bekalking wordt het wormenbestand groter. Wormen bevorderen door hun gangen ook de drainage en ventilatie van de bodem. Uit experimenten is gebleken dat *Allobophora caliginosa* van stikstofhoudende organische stof,

die niet door planten kan worden opgenomen, 6% voor de plant opneembaar maakt. Wanneer het wormenbestand in een bodem toeneemt, stijgt het zuurstof gebruik meer dan men op grond van de toename van het aantal wormen zou verwachten. Dit wijst in de richting dat de wormen de ontwikkeling en activiteit van de bodem-biota zouden bevorderen.

Vragen:

1. Waarom worden in grasland doorgaans meer wormen aangetroffen dan in bouwland?
2. Waardoor bevordert bekalking het wormenbestand in veel bossen?

De *mol* brengt het grootste deel van zijn leven gravend in de grond door. De lengte van de darm is veel groter dan op grond van het gebruikte voedsel verwacht zou worden. Vroeger meende men dat de mol ook plantaardig voedsel gebruikte; de plantenresten in het spijsverteringskangal (1,5 meter) aangetroffen blijken niet verteerd te worden. Het voedsel van de mol bestaat voornamelijk uit wormen, insecten (veenmollen) en hun larven (engerlingen, emelten, ritnaalden, aardrupsen). Uit de analyse van de inhoud van enige honderden mollenmagen heeft men kunnen afleiden, dat het voornaamste voedsel van de mol uit regenwormen en keverlarven bestaat. Hoe beter de grond was, waarin de mol groef, des te eenzijdiger bleek zijn menu te zijn geweest; vrijwel uitsluitend regenwormen; en hoe slechter de grond was, des te veelzijdiger was het menu: allerlei soorten insecten en duizendpoten. Zelfs resten van muizen en slakken zijn in magen aangetroffen. Het is niet mogelijk de mol het predicaat nuttig of schadelijk te verlenen. Bestrijdt hij keverlarven die aan wortels knagen, aan de andere kant woelt hij planten los.

Muizen is een verzamelnaam voor een groot aantal muisachtige knaagdieren. Binnen de groep van muisachtige knaagdieren spreekt men van muizen als de lichaamslengte van de volwassen dieren minder dan ± 15 cm is. Zijn de dieren groter dan spreekt men van ratten. Deze grens is kunstmatig! De spitsmuizen behoren niet tot de knaagdieren (Rodentia) maar tot de orde der insecteneters (Insectivora).

Enkele woelmuizen (Microtidae)

De *rosse woelmuis* eet plantaardig voedsel (gras) en soms dierlijk (insecten); graaft enkele cm's onder de grond met gebit gangen.

De *woelrat* eet wortels, bollen, knollen, graan, zaden, vruchten, schors, bladen, vliegen, libellen, wormen, kikkers, vogeleieren en jonge muizen; graaft gangen en werpt aardhopen op als de mol, echter met grotere kluiten en onregelmatiger.

De *ondergrondse woelmuis* graaft veel gangen en komt zelden bovengronds.

De *veldmuis* eet zaden, vruchten, bladen, knollen, wortels, schors; legt hamstervoorraden aan van haver, tarwe en bonen; begint in het voorjaar gangen te graven, zo talrijk soms, dat de grasmat verdort.

De *aardmuis* is niet talrijk; eet gras, kruiden, vruchten, zaden, wortels; minder schadelijk dan de veldmuis; veel ondergronds en brengt nogal eens schade aan boomwortels aan.

Enkele muizen (Muridae)

De *dwergmuis* eet plantaardig voedsel en insecten; is veel bovengronds.

De *bosmuis* eet graan, erwten, bonen, vruchten, bollen, insecten, wormen, eieren en boomzaden; richt in bossen nogal eens schade aan; graaft gangen.

Enkele spitsmuizen (Soricidae)

De *dwergspitsmuis* maakt in ons land maar 1-2% van alle spitsmuizen uit; eet spinnen en vliegen en in nood gewervelden.

De *bosspitsmuis* is zeer algemeen; leeft in muizenholen, mollengangen en in zelf-gegraven gangen; eet insecten, spinnen, wormen, slakken en jonge muizen. De *veldspitsmuis* is zeldzaam; eet insecten, spinnen, wormen, slakken en ogen en hersenen van muizen.

B. VLOEIBARE BESTANDELEN: BODEMWATER

1. Functies van het bodemwater

Het bodemwater is nodig voor:

- de C-assimilatie van de autotrofe organismen en hun assimilatieprocessen.
- het oplossen en transporteren van voedingsstoffen naar de plantenwortels.
- het transport van voedingsstoffen en assimilaten in de plant.
- de stevigheid van de planten.
- als bouwstof en fysiologisch medium voor de micro-, meso- en macrobiota.
- structuur en draagkracht van de bodem.

Een goede grond bestaat voor ongeveer 50% uit vaste bestanddelen en voor 50% uit poriën en holten, waarvan de helft gevuld zal zijn met water (zie figuur 19).

2. Vormen van bodemwater

Het water komt in de bodem voor als bodemwater, capillair water, adhesiewater en zweewater.

Bodemwater. Wordt een gat van voldoende diepte in de bodem gegraven, dan zal hierin water komen te staan, waarvan na enige tijd de stand van de waterspiegel niet meer verandert. Het oppervlak van dit water is de *bodemwaterspiegel* of *grondwaterspiegel*, ook wel het *freatisch vlak* genoemd. Het water dat zich beneden het freatisch vlak bevindt is het bodemwater of grondwater. Het bodemwater bevindt zich onder een druk die groter is dan 1 atmosfeer.

Capillair water. Boven het freatisch vlak is het water tot een zekere hoogte als capillair water opgestegen. Hoe nauwer de capillairen zijn, des te hoger is de stijghoogte van het water. Dat in zwaardere bodems deze stijghoogte vaak niet wordt bereikt is gelegen in de grote weerstand die het watertransport ondervindt (zie tabel 10).

Adhesiewater. Hieronder verstaat men het water dat zich als dunne laagjes om de vaste bodembestanddelen bevindt. Sommige auteurs onderscheiden dan nog: *funiculair*, *pendulair* en *hygroscopisch* water.

Zwelwater. Hieronder verstaat men water dat zich in de vaste bodemdeeltjes bevindt waardoor zwel- en krimpprocessen optreden in klei en humus. Sommige auteurs spreken hiervan *imbibitiewater*.

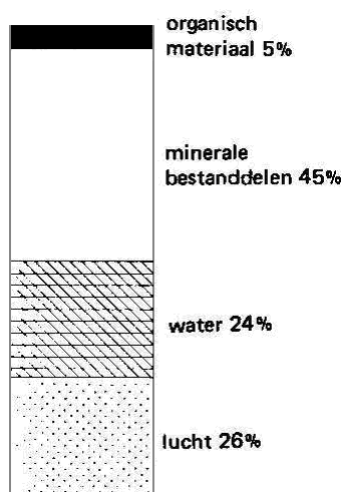


Fig.19. Samenstelling van een goede bodem.

In verband met de binding van water in de bodem hanteert men de volgende begrippen: veldcapaciteit, verwelkingspunt, beschikbaar water en de pF.

Een bodem is *verzadigd* met water als alle poriën en holten met water gevuld zijn.

De *veldcapaciteit* is het vochtgehalte van de bodem wanneer men een verzadigd bodemonmonster laat uitdruipen. Het water blijkt dan met een kracht van 10^4 P (pF = 2) aan de bodem gebonden te zijn. Plantenwortels zijn via hun zuigkracht in staat water aan de bodem te onttrekken die op veldcapaciteit is. Er zijn planten die wel een zuigkracht van $15-16 \times 10^5$ P kunnen opbrengen.

Onder *pF* verstaat men de logaritmische van de zuigkracht of de vochtspanning van de bodem, uitgedrukt in cm water.

10^5 P = 10^3 cm waterdruk; dan is de pF = 3

10^4 P = 102 cm waterdruk; dan is de pF = 2

De meeste bodems verkeren in het vroege voorjaar in de toestand dat ze op veldcapaciteit zijn.

Verwelkingspunt is het punt waarop planten verwelken, d.w.z. dat ze niet meer in staat zijn om water aan de bodem te onttrekken.

De zuigkracht van de bodem is dan $\pm 10 \times 10^5$ P en de pF bedraagt dan $\pm 4,2$.

De planten zijn dus niet in staat al het in de bodem aanwezige water hieraan te onttrekken. Het *beschikbare* water is de hoeveelheid water bij veldcapaciteit in de bodem aanwezig minus de hoeveelheid water bij het verwelkingspunt nog aanwezig. Het is dus de maximale hoeveelheid water die de plant uit de bodem kan opnemen (zie tabel 10).

3. Bodemwaterspiegel of het freatisch vlak

Beneden het freatisch vlak zijn alle poriën in de bodem geheel gevuld met water: de bodemwaterzône. Door de afwezigheid van zuurstof kunnen de plantewortels in de bodemwaterzône niet leven en zullen daardoor ook niet in deze zône doordringen. Vanwege de afwezigheid van zuurstof heerst beneden het freatisch vlak een toestand van *reductie*, zodat Fe- en Al-oxiden worden gereduceerd met als zichtbaar gevolg het ontstaan van *grijsblauwe en groene kleuren*. Bij een pH lager dan 7 blijkt het Fe^{2+} -ion gemakkelijk verplaatst te worden met de waterstroom. Als de bodemwaterspiegel weer daalt zullen als gevolg hiervan de Fe^{2+} -ionen weer geoxideerd worden tot Fe^{3+} -ionen, die zich pas bij een pH kleiner dan 3 blijken verplaatst te kunnen worden. Aangezien deze lage pH doorgaans niet wordt bereikt, ontstaan in de bodem *rode tot gele ijzervlekken*, soms zelfs ijzeroerlagen.

De zone waarin naast reductie- en oxidatievlekken voorkomen, noemt men de *gleyzone* en de verschijnselen die hieraan ten grondslag liggen zijn de *gleyverschijnselen*.

Tabel 10

grondsoort	veldcapaciteit (vol%)	verwelkingspunt (vol%)	beschikb. hoeveelh. vocht (vol %)
humusarm zand	7	2	5
esgrond	30	8	22
dalgrond	44	12	32
lichte zandgrond	34	8	26
zwarte Dollardkleigrond	44	26	18
knikkleigrond	38	23	15
komkleigrond	53	32	21
stroomgrond	31	12	19
lössgrond	37	9	28
veengrond (bolster)	72	19	53
nat, slibrijk bosveen	60	28	32

Inst. v. Bodemvruchtbaarheid, Haren.

4. pF en poriëndiameter

Hoe kleiner de diameter van de poriën des te sterker wordt het bodemwater vastgehouden (zie tabel 11).

Tabel 11

pF	zuiging cm H ₂ O	P	diameter pF
0,0	1	10 ²	3000
1,0	10	10 ³	300
2,0	100	10 ⁴	30
3,0	1000	10 ⁵	3

Inst. v. Cult. tech. en waterh.

Wortelharen kunnen de kleinste poriën niet binnendringen, hiervoor is minstens een diameter van 5-10 m , nodig. Als de diameter van de poriën groter is dan 30 m , blijkt de bodem te weinig water vast te houden. Een bodem met een groot percentage poriën met een diameter tussen 5 en 30 m zal wat de watervoorziening betreft zeer gunstig zijn.

Deze situatie zal zich voordoen in bodems waarin de afmetingen van de fracties tussen 10 en 100 m variëren.

Het water stroomt van een lagere pF naar een hogere pF. Door de zuigkracht van de wortels gaat in hun omgeving de hogere pF heersen, met als gevolg het toestromen van gebonden water naar de wortels.

5. Water in het bodemprofiel

Ten opzichte van het voorkomen van water in het bodemprofiel onderscheidt men drie zones: de bodemwaterzone, de capillaire zone en de hangwaterzone (zie fig. 20).

Grondwaterzone (zie onder 3).

Capillaire zone (zie onder 2).

Tabel 12

grondsoort	capillaire slijghoogte
grof zand	± 20 cm
matig grof zand	± 40- 60 cm
fijn zand	± 70-100 cm
zavel	± 100-200 cm
klei	vele meters

Het onderste gedeelte van de capillaire zone noemt men wel de *vol-capillaire zone* omdat praktisch alle poriën met water gevuld zijn. Boven deze zone bevindt zich dan de *open-capillaire zone* ook wel de *geaëreerde capillaire zone* genoemd, omdat naast water ook lucht in de poriën voorkomt. Uit deze zone kunnen plantenwortels heel goed water betrekken.

Hangwaterzone. In deze zone staat het water niet meer in verbinding met het bodemwater. Het water bevindt zich in de nauwere poriën en is afkomstig van afzakkend regenwater of van bodemwater na een tijdelijke hoge bodemwaterstand. Het hangwater is aan de grond gebonden met een vochtspanning van pF 2,0 (= veldcapaciteit) of hoger. Regenwater zal dus pas naar dieper gelegen zones afzakken, wanneer de vochtspanning lager dan pF 2,0 is geworden. In de hangwaterzone is een goede beworteling van de vegetatie mogelijk. Opvallend is dat in veel bodems het vochtgehalte in de hangwaterzone *een sprong* maakt (zie fig. 20).

6. Infiltratiecapaciteit (Ic)

De infiltratiecapaciteit (Ic) van een bodem heeft betrekking op de snelheid waarmee water in een bodem binnendringt. Bij bodems met een lage Ic is de kans op erosie groter dan bij bodems met een hoge Ic, omdat bij een lage Ic vrij veel regenwater snel over het bodemoppervlak zal wegvloeien.

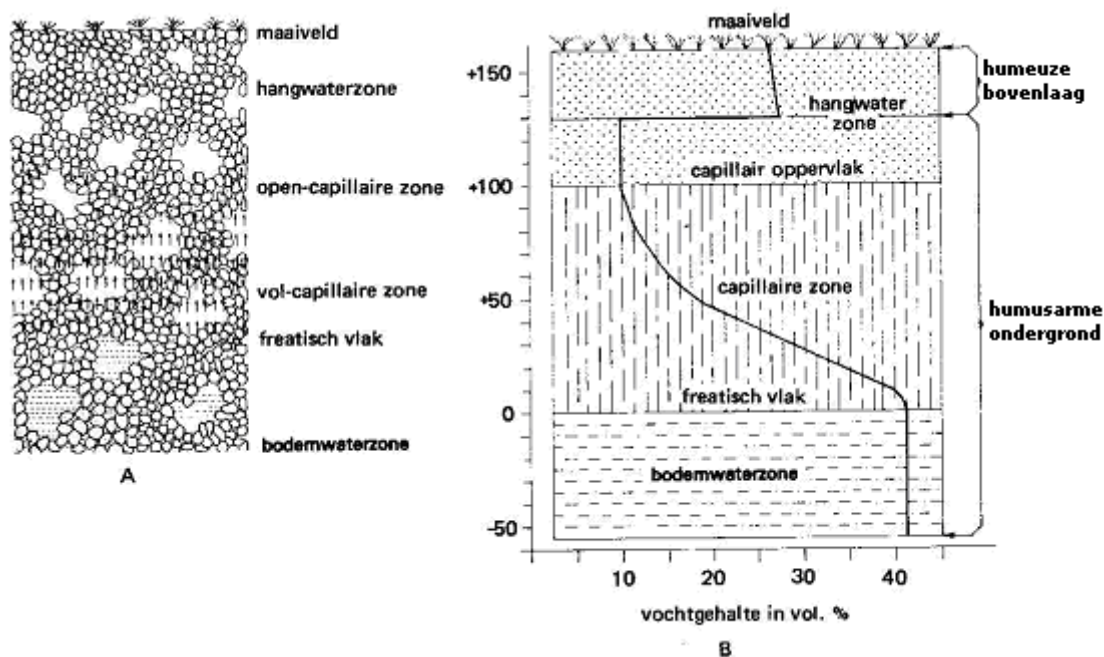


Fig. 20. Water in het bodemprofiel

De infiltratiecapaciteit van een bodem is afhankelijk van:

- het vochtgehalte van de bodem.
- de doorlatendheid van het bodemoppervlak.
- de verticale doorlatendheid van de bodem.
- de horizontale doorlatendheid van de bodem.

Vochtgehalte van de bodem. Daar de I_c sterk afhankelijk is van de vochtigheidsgraad van de bodem, is standaardisering van de I_c -metingen erg moeilijk.

Doorlatendheid van het bodemoppervlak. De doorlatendheid van het bodemoppervlak is sterk afhankelijk van de compactheid, die bijvoorbeeld erg hoog kan zijn als gevolg van het dichtrijden (cultuurgronden!).

Verticale doorlatendheid van de bodem. De bodemtextuur, hydraulische druk en zwaartekracht zijn belangrijke factoren, waardoor de snelheid van de verticale waterstroom wordt bepaald. Zoals reeds eerder is opgemerkt heeft de textuur invloed op de structuur van de bodem en vooral op de poriënafmetingen in de bodem.

De stroomsnelheid wordt mee bepaald door de 4e macht van de straal van de poriën volgens de wet van Poiseuille. Zo zal halvering van de straal de snelheid tot $\frac{1}{16}$ reduceren. De verticale doorlatendheid wordt ook belemmerd door in het bodemprofiel voorkomende lagen met een zeer dichte structuur. Wanneer het vochtgehalte van een bodem zich beneden de toestand van de veldcapaciteit bevindt, dan domineert de capillaire beweging, waarbij het water zich onafhankelijk van de zwaartekracht beweegt en wel van vochtige zones (hoge vochtspanning) naar droge zones (lage vochtspanning).

Horizontale doorlatendheid van de bodem. De snelheid van de horizontale waterstroom is geringer dan die van de verticale waterstroom, omdat de zwaartekracht hierbij geen rol speelt.

Zowel de horizontale als de verticale waterstroom zijn belangrijk omdat via deze waterstromen, na een regenval, de bodem de toestand van de veldcapaciteit bereikt, waarbij de plantewortels zowel over voldoende water als ook over voldoende zuurstof

kunnen beschikken. Bodems met een geringe doorlatendheid kunnen na regenval veel water in hun bovenste lagen bevatten zodat gemakkelijk erosie kan optreden doordat regenwater snel over het bodemoppervlak zal wegvloeien.

Opdracht:

1. Som een aantal natuurlijke en kunstmatige factoren op, waardoor de verticale en/of de horizontale waterstroom worden/wordt bevorderd.

C. GASVORMIGE BODEMBESTANDELEN: BODEMLUCHT

Gemiddeld 50% van het bodemvolume wordt ingenomen door poriën en holten, die naast water ook bodemlucht bevatten (zie fig. 19). De bodemlucht bevindt zich vooral in de holten en de poriën met een diameter groter dan 30 µm.

1. Samenstelling van de bodemlucht

De bodemlucht verschilt in zoverre van de atmosferische lucht, dat ze meestal 7-8 maal zoveel kooldioxide bevat. Doorgaans is de bodemlucht verzadigd met waterdamp, bevat iets meer stikstof en iets minder zuurstof (zie tabel 13).

Tabel 13

	<i>bodemlucht</i>	<i>atmosferische lucht</i>
<i>zuurstof</i>	20,6%	20,99%
<i>kooldioxide</i>	0,2%	0,03%
<i>stikstof en andere gassen</i>	79,2%	78,98%

Gemiddelde analyse bodem- en atmosferische lucht.

2. Bodemventilatie

Voor het bodemleven en de vegetatie is een goede uitwisseling tussen bodemlucht en atmosferische lucht van uiterst groot belang.

Deze bodemventilatie komt tot stand dank zij diffusie, schommelingen van temperatuur en luchtdruk, het afzakende regenwater, schommelingen van de bodemwaterspiegel, de wind en waterverlies door verdamping en de wateropname door planten. Op grond van nauwkeurige onderzoeken heeft men kunnen vaststellen dat diffusie de voornaamste rol speelt bij de bodemventilatie. Een goede bodemventilatie vindt echter alleen plaats, wanneer de bovengrond goed los is (belang van ploegen en harken).

De twee voornaamste voordelen van een goede bodemventilatie zijn:

- a. bevordering van de ademhaling van de plantenwortels.
- b. ontwikkeling van oxidotische bodembacteriën. In het algemeen is de werking van oxidotische bacteriën nuttig in tegenstelling met die der anoxibiotische, waaronder echter ook wel nuttige (eiwitafbreekende) voorkomen.

I. BODEMCLASSIFICATIE

De bodemclassificatie houdt zich bezig met de *naamgeving* en *indeling van bodemtypen*. Het doel van deze classificatie is én landbouwkundige mogelijkheden aan te geven én inzicht te geven in de samenhang tussen de onderscheiden eenheden.

Er bestaan ten aanzien van de bodemclassificatie twee systemen:

- a. het *morfometrische systeem*, waarbij men de bodems classificeert aan de hand van meetbare grootheden.
- b. het *genetische systeem*, waarbij de ontstaanswijze een belangrijke rol speelt. In dit systeem speelt de interpretatie dus een belangrijke rol.

Op het eind van de 19e eeuw onderkende de Russische bodemkundige Dokoesjajev het belang van bodemvormende factoren. Volgens hem was de bodem het eindresultaat van de gezamenlijke invloed van klimaat, vegetatie, bodemleven, reliëf, tijd en soort moedergesteente. Op grond hiervan ontwikkelde hij het *zonaliteitsprincipe*,

waarbij de bodems in drie grote groepen worden onderverdeeld. Sibirtzev, leerling van Dokoejajev, gaf de drie bodemtypen hun definitieve benaming, nl.:

- *zonale bodem*: een bodem waarvan de ontwikkeling en de eigenschappen in overeenkomst zijn met klimaat, vegetatie en moedergesteente.
- *intrazonale bodem*: een overgangsbodem, waarbij één der bodemvormende factoren de andere sterk overheerst.
- *azonale bodem*: een bodem die nog niet voldoende ontwikkeld is om in één van de twee bovenstaande klassen te worden ingedeeld.

1. Bodemclassificatie in de Verenigde Staten

De 7th approximation, 7e benadering, onderscheidt de volgende ordes van bodems:

- *entisol*: bodem waarin de ontwikkeling van het bodemprofiel zeer gering is.
- *vertisol*: zware kleibodem die sterk kan zwellen en krimpen.
- *inceptisol*: bodem waarin de ontwikkeling van het bodemprofiel (b.v. kleuring) net start.
- *aridisol*: bodem van de droge streken.
- *mollisol*: bodem met zwarte, met calcium verzadigde, humus.
- *spodosol*: bodem waarin transport van ijzerionen en humus heeft plaatsgevonden.
- *alfisol*: bodem waarin wel klei is getransporteerd, maar die nog niet sterk verarmd is aan kationen.
- *ultisol*: bodem waarin kleideeltjes zijn verplaatst en die sterk verarmd is aan kationen.
- *oxisol*: tropische bodem met een relatieve werking aan ijzer; sterk gekleurd door Fe_2O_3 .
- *histosol*: een veenbodem.

Bovenstaande ordes kunnen weer onderverdeeld worden.

2. Bodemclassificatie in Nederland

In Nederland onderscheidt men in navolging van H. de Bakker en J. Schelling:

- *veenbodem*: bodem met dikke lagen organische bestanddelen.
- *brikbodem*: bodem met verplaatsing en inspoeling van kleideeltjes.
- *podzolbodem*: bodem met verplaatsing van ijzer en/of humus en concentratie hiervan in de onderste zones.
- *eerdbodem*: bodem met dikke, humeuze, toplagen.
- *vaagbodem*: bodem met weinig ontwikkeling van een bodemprofiel.

De namen van de lagere classificatieniveaus zijn van de bovenstaande afgeleid onder toevoeging van topografische namen, bijvoorbeeld: duinvaagbodem, beekeerdbodem.

ATTENTIE: In de literatuur wordt ten onrechte gesproken van 'grond' in plaats van 'bodem'! Voor verdere onderverdeling raadplege men werken over bodemkunde!

III. BODEMPROFIEL

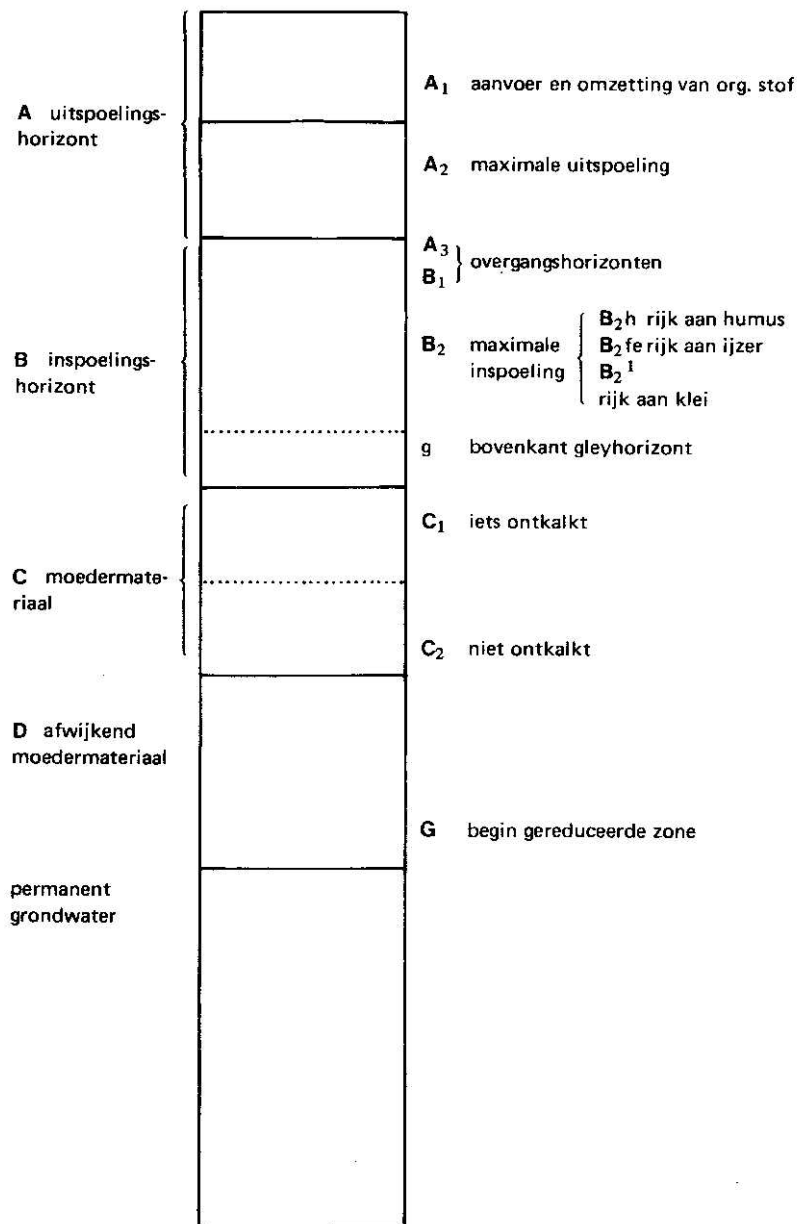
Door bodemkundigen worden diverse lagen in de bodem onderscheiden, die men horizonten noemt en die aangeduid worden met bepaalde letter- en cijfercombinaties. In figuur 21 zijn de belangrijkste horizonten weergegeven.

A-horizont

deze bestaat uit:

- a. de laag met verrijking aan organische bestanddelen
- b. de laag waaruit bepaalde stoffen (humus, ijzer, klei) zijn uitgespoeld
- c. de laag die zowel eigenschappen van a als b bezit.

- A₀-horizont: een oppervlakte horizont van vers en half afgebroken organische materiaal (= strooisellaag); behoort in feite niet tot het bodemprofiel.
- A₁-horizont: bovenste minerale horizont met een hoog organische stof-gehalte; in de meeste gevallen de horizont met de grootste biologische activiteit; meestal ook de horizont met de sterkste ontwikkeling van de wortelstelsels.



Figuur 21. De meest voorkomende horizonten in een bodemprofiel.

- A_2 -horizont: de door uitspoeling van humus en ijzer meest verarmde horizont; lichter van kleur dan de boven- en onderliggende horizonten (bijv. loodzand = grauw grijs zand).
- A_3 -horizont: overgangshorizont naar de B-horizont; nog wel enkele kenmerken van uitspoeling.
- A_p -horizont: Een A_1 horizont die geploegd is: bouwvoor.
- A_{an} -horizont: een horizont van opgebrachte grond, bijvoorbeeld met plaggenmest opgehoogde esgrond of met bagger opgehoogde grond.

B-horizont

Dit is de inspoelings- of illuviatiehorizont; het ingespeelde materiaal is humus, ijzer, aluminium, lutum of combinaties hiervan; de B-horizont kan ook een horizont zijn waarin uitsluitend verwerking van mineralen (verbruining) of structuurvorming is opgetreden zonder dat inspoeling heeft plaats gehad.

- B_1 -horizont: een overgangshorizont van de A- naar de B-horizont, gekenmerkt door inspoeling.
- B_2 -horizont: een horizont waarin de inspoeling maximaal is.
- B_{2h} -horizont: B_2 -horizont met een maximale inspoeling van humus.
- B_{2ir} -horizont: B_2 -horizont met een maximale inspoeling van ijzer ('iron'); ook wel aangeduid met B_{2fe} -horizont.
- B_{2r} -horizont: B_2 -horizont met een maximale inspoeling van lutum ('ton').
- B_3 -horizont: overgangshorizont van de B- naar de C-horizont.

C-horizont

Dit is een horizont met niet of weinig veranderd moedergesteente; het gesteente kan hier wel ontkalkt of ontzout zijn; er kan ook nog oxidatie en reductie plaats gevonden hebben.

G-horizont

Dit is een geheel gereduceerde C-horizont, die gewoonlijk grijs tot grijsblauw gekleurd is.

G-horizont

In deze horizont komen naast elkaar oxidatie- en reductie-vlekken voor; de gleyzone.

Fe^{+++} -verbindingen geven roodbruine vlekken.

Fe^{++} -verbindingen geven grijze vlekken.

D-horizont

Dit is een horizont met geheel onveranderd moedergesteente die o.a. voorkomt in profielen waar het bodemwater zo diep staat, dat dit van geen belang is voor de ontwikkeling van het bodemprofiel.

Als de hoofdhorizonten A, B en C in een profiel aanwezig zijn, dan spreekt men van een *A-B-C-profiel*. Wanneer er alleen maar sprake is van een A_1 -horizont, dan heeft men te maken met een *A-C-profiel*.

Welk profiel tenslotte zal ontstaan hangt af van een aantal bodemvormende factoren zoals:

- het moedergesteente.
- de invloed van bodembiota, vegetatie, mens en dier.
- het klimaat.
- de diepte van het freatische vlak.
- de tijd van inwerking van bovengenoemde factoren.

IV. DOMINANTE BODEMCLASSIFICATIE: EENHEDEN & ASSOCIATIES

gehanteerd door Inst, Landelijke Milieu-kartering.

VEENGRONDEN

Code	Dominante bodemclassificatie eenheden	Gegevens over het bodemmateriaal			Gemiddeld hoogste grondwaterst.	Gebiedskarakteristiek			
V1	Vlierveen gronden	veenmosveen	vrij diep gerijpt	weinig veraarde bovengrond	ondiep	gebieden met hooggelegen veen	woest		
V2	Madeveen gronden			veraarde bovengrond			in cultuur		
V3	vlier- madeveen- en koopveen gronden	veenmosveen	ten dele gerijpt	weinig of grotendeels veraarde bovengrond	ondiep	ontgonnen veenvlakten			
V4		bosveen							
V5		zeggeveen							
V6		zand binnen 120 cm							
V7	waardveen- en weideveen gronden	veenmosveen	ten dele gerijpt	„klei bovengrond”	ondiep	ontgonnen veenvlakten			
V8		bosveen							
V9		zeggeveen							
V10		zand binnen 120 cm							
V11	Aarveen gronden	-	ten dele gerijpt	opgebaggerde veraarde					
V12	Meerveen gronden	zeggeveen	ten dele gerijpt	„zand bovengrond”	ondiep	bezande veengebieden. o.a. beekdalen en ten dele verveende gebieden			
V13		zand binnen 120 cm							
V14	Vlierverveen gronden	-	vrij diep gerijpt	weinig veraarde bovengrond	ondiep en matig diep	restveen in droogmakerijen			
V15	Waardveen gronden	-		„klei bovengrond”					
V16	Meerveen gronden	-		„zand bovengrond”			ondiep en matig diep	Noordoostpolder	
V17		zeggeveen soms veenmosveen							
V18		zand binnen 120 cm							
V19	Vlietveen gronden	-	ongerijpt	onveraarde bovengrond	ondiep	boezemland, kwelgebieden in droogmakerijen			

ZANDGRONDEN en moerige gronden in zandgebieden

Enkeerdgronden, podzolgronden met "cultuurdek" en soms vaaggronden, kalkarm

Code	Dominante bodemclassificatie-eenheden	Gegevens over het bodemmateriaal	Dikte cultuurdek	Gemiddeld hoogste grondwaterst.	Gebiedskarakteristiek
EZ ₁	enkeerdgronden	lemig. fijn en grof zand	>50cm	matig diep en diep	oude bouwlanden, o.a. enken en essen
EZ ₂				ondiep	oude bouwland- en grasland-gronden in beekdalen
EZ ₃	bruine enkeerd-, looppodzol- vorstvaaggronden, soms ooivaaggronden	lemig, fijn, "rijk" zand. soms zavel	>30cm	diep	oude bouwlanden op rivierterras zand, op oude rivierklei en soms op dekzand
cY	looppodzolgronden	lemig, fijn en grof, "rijk" zand	30-50 cm	diep	oudere ontginningsgronden
cH	kamppodzol- en laarpodzolgronden	lemig, fijn en grof. "arm" zand	30-50 cm	matig diep en diep	

Podzolgronden zonder "cultuurdek", kalkarm

Code	Dominante bodemclassificatie-eenheden	Gegevens over het bodemmateriaal	Gemiddeld hoogste grondwaterst.	Gebiedskarakteristiek
Xerogronen				
Y ₁	holtpodzolgronden	grof, grindhoudend, "rijk" zand	diep	stuwwallen, rivierterrassen, Fluvioglaciaal (gedeeltelijk)
Y ₂		lemig, fijn, "rijk" zand		dekzand op en nabij stuwwallen en op rivierterrassen
Hd1	haarpodzolgronden	grof, grindhoudend, "arm" zand		Fluvioglaciaal (gedeeltelijk), stuwwallen in "arm" materiaal, uitspoelingswaaiers, soms tertiaire zanden
Hd2		leemarm en zwak lemig, fijn, "arm" zand		reliëfrijk dekzand. soms op stuwwallen of Fluvioglaciaal, deels op rivierterrassen
Hydrogronden				
Hn1	veldpodzolgronden	grof, grindhoudend, "arm" zand	ondiep, matig diep en diep	uitspoelingswaaiers, rivierterrassen
Hn2		leemarm en zwak lemig. fijn, 'arm' zand	matig diep en diep	vlak tot zwak golvend dekzand
Hn3				
Hn4				
Hn5		lemig, fijn. "arm" zand	ondiep en, matig diep	vlak dekzand
Hn6		"kleibovengrond" op zand		overgangen van zeeklei naar pleistocene zandgebieden
Wp1	moerpodzolgronden	op fijn zand, al dan niet met "zandbovengrond "	ondiep	depressies in dekzandgebieden, veenkoloniale gebieden
Wp2		op fijn zand, met "kleibovengrond"		overgangen van klei-op-veen -gebieden naar pleistocene zandgebieden

Eerdgronden met en zonder cultuurdek, kalkarm

Code	Dominante bodemclassificatie-eenheden	Gegevens over het bodemmateriaal	Gemiddeld hoogste grondwaterst.	Gebiedskarakteristiek
Hydrogronden				
pleistocene zandgebieden				
PZ1	beekeerdgronden	lemig fijn zand	ondiep en matig diep	beekdalen en andere doorlopende laagten, vlakke terreinen in dekzandgebieden, soms rivierzandgebieden
PZ2	gooreerdgronden			depressies in dekzandgebieden, vlakke gebieden met oude klei -ondergrond, soms bovineinden van beekdalen
holocene mariene zandgebieden				
pZ3	beekeerdgronden	leemarm, fijn zand	ondiep en matig diep	Strandwallen, strandwallaagten en binnen-duin -vlakten
pZ4	gooreerdgronden			
pleistocene zandgebieden				
Wz1	broekeerdgronden	fijn zand in ondergrond al dan niet met "zandbovengrond"	ondiep	beekdalen, depressies in dekzandgebieden. dalgronden
Wz2		idem met "kleibovengrond"	overgangen van jonge rivier- of zeeklei naar pleistocene zandgebieden	
holocene mariene zandgebieden				
Wz3	broekeerdgronden	fijn zand in ondergrond	ondiep	lage delen van binnen-duin-vlakten

Vaaggronden

Code	Dominante bodemclassificatie-eenheden	Gegevens over het bodemmateriaal		Gemiddeld hoogste grondwaterst.	Gebiedskarakteristiek
Xerogronen					
pleistocene zandgebieden					
Zb1	vorstvaaggronden	kalk-arm	grof soms grindhoudend, "rijk" zand	diep	rivierterras zanden, rivierduinen
Zb2			leemarm en zwak lemig. fijn, "rijk" zand		
Zb3			lemig, fijn, "rijk" zand		dekzanden, rivierterras zanden
holocene zandgebieden					
Zd1	duinvaaggronden	kalk-arm	leemarm, fijn zand	diep	landduinen, begroeid en onbegroeid
Zd2		"kalkhoudend"			kustduinen, soms hoge delen van strandwallen
Zd3					
Hydrogronden					
pleistocene zandgebieden					
Zn1	vlakvaaggronden	kalk-arm	grof "rijk" zand	ondiep en matig diep	rivierduinen, verlaten beddingen
Zn2			lemig, fijn zand		dekzanden, fluviaatiele zanden in vlakke gebieden
Zn3			lemig, fijn zand		
Zn4			met "kleibovengrond" op zand		overgangen van jonge rivierklei naar fluviaatiele zandgebieden soms van zeelei naar pleistocene zandgebieden
bedijkte, holocene manerie zandgebieden					
Zn5	vlakvaaggronden	kalk-arm	matig fijn zand	ondiep en matig diep	standwallen, binnenduinvlakten
Zn6				matig diep	
Zn7				ondiep	idem, soms afgegraven strandwallen
Zn8	vlakvaaggronden	kalk-rijk	"kleibovengrond" op zand	ondiep, matig diep en diep	vlakke zeezandgebieden, afgegraven strandwallen
Zn9					
Zn10					zeer fijn zand
Hydrogronden					
onbedijkte, holocene mariene zandgebieden					
Zn11	vlakvaaggronden		matig fijn zand	niet van toepassing	stranden, de Wadden, en zandplaten in de Zeeuwse stromen
Zn12			zeer fijn zand		
Zn13			"kleibovengrond" meestal gerijpt, op zand		kwelders

ZEEKLEIGRONDEN en moerige gronden in zeekelegebieden

Code	Dominante bodemclassificatie-eenheden	Gegevens over het bodemmateriaal		Gemiddeld hoogste grondwaterst.	Gebiedskarakteristiek		
Vaaggronden							
bedijkte zeekelegebieden							
Mo1	nesvaaggronden	kalk-rijk	zavel en klei, met ongerijpte ondergrond		ondiep	kwelgebieden in IJsselmeerpolders, zeer plaatselijk in andere polders	
Mo2		kalk-arm				lage delen van polders b. v., afgravingen en geërodeerde gebieden	
Mv1		kalk-rijk	lichte klei	ondiep		voornamelijk in Noordoostpolder	
Mv2		kalk-arm	zware klei			overgangen van zeekele- naar veengebieden	
Mn1		kalk-arm en kalk-rijk	zavel en klei		matig diep	getijdeafzettingen, onder waterafzettingen een gedeelte van de oude zeekele in droogmakerijen, kreekruggen	
Mn2		kalk-rijk	zware klei				
Mn3			zavel en klei		ondiep		
Mn4			lichte zavel		matig diep		
Mn5		zware zavel en klei					
Mn6		kalk-arm	klei		ondiep en matig diep		knipkelegebieden
Mn7			zavel en klei, tussen 40 cm en 80 cm op veen				gebroken gronden; overgangen tussen zeekele en pleistocene zandgebieden
Mn8		kalk-arm			matig diep en diep		plaatgronden
Mn9							
Mn10		kalk-rijk					
Sn	vlakvaaggronden	kalk-rijk	kleiig, uiterst fijn zand, lichte zavel A (R. IJ. P.I)		matig diep	IJsselmeerpolders	
Eerdgronden							
pM1	tochteerdgronden	-	zavel en klei, met ongerijpte ondergrond		ondiep	oude zeekele in droogmakerijen, woudgrongebieden	
pM2	leek - woudeerdgronden	kalk-rijk	zavel en klei		ondiep en matig diep		
pM3		kalk-arm					
Wo2	plaseerdgronden	-	kleiig neen en venige klei met ongerijpte ondergrond		ondiep	lage delen van oude- en jonge zeekelegebieden	
EK	tuineerdgronden	kalk-rijk	zavel en klei: met cultuurdek > 50 cm		diep	oude tuingronden; opgebaggerde, opgevaren gronden	
Vaaggronden							
onbedekte zeekelegebieden							
MO	slikvaagvaaggronden	kalk-rijk	klei- en zavelgronden; soms zandgronden met kleidek; met ongerijpte bovengrond; soms bijna gerijpte		niet van toepassing	slikken	
Mo3	nesvaaggronden		zavel en klei met ongerijpte ondergrond			kwelders, gorzen en schorren	
Mn11	poldervaaggronden		zavel en klei			bekade kwelders en gorzen	

RIVIERKLEIGRONDEN en moerige gronden in rivierkleigebieden

Code	Dominante bodemclassificatie-eenheden	Gegevens over het bodemmateriaal	Gemiddeld hoogste grondwaterst.	Gebiedskarakteristiek	
Jonge rivierkleigronden					
Vaaggronden, soms eerdgronden					
Ro	nesvaaggronden	-	zavel en klei; met ongerijpte ondergrond	ondiep	veenstroomruggen of flanken er van, brede verlaten beddingen
Rv	drechtvaaggronden	kalkarm	zware klei tussen 40 en 80 cm op veen		kom-op-veengebieden
Rn1	poldervaaggronden		zware klei		kerngebieden
Rn2			zware klei op lichte klei, zavel of zand	ondiep en matig diep	kom-op-stroomgebieden
Rd1	ooivaaggronden en poldervaaggronden	kalkarm en kalkrijk	zavel en klei	matig diep en diep	oeverwallen, soms met overslagmateriaal
Rd2		kalkrijk			
Rd3		kalkarm			
Rd4		kalkrijk			
Rd5		kalkarm	zavel en klei	niet van toepassing	afgegraven delen van uiterwaarden
Rn3	poldervaaggronden	kalkrijk			
Rn4	poldervaaggronden	kalkarm	zavel en klei tussen 40 en 80 cm op zand	ondiep	klei in sommige beekdalen
Rn5	leekeerdgronden				ondiep en matig diep
Eerdgronden					
Wo1	plaseerdgronden	-	venige tot humusrijke klei met ongerijpte ondergrond	ondiep	Horstermeerpolder; komgebied van de Vecht
Oude rivierkleigronden					
Vaaggronden, soms brikgronden					
KR1	ooivaaggronden	kalkarm	zavel op zand	diep	hoge delen van het oude rivierkleigebied
KR2	poldervaaggronden		zavel en klei op zand	ondiep en matig diep	lage delen van het oude rivierkleigebied

LEEMGRONDEN

Code	Dominante bodemclassificatie-eenheden	Gegevens over het bodemmateriaal	Gemiddeld hoogste grondwaterst.	Gebiedskarakteristiek
Ld	ooivaaggronden	zandige en siltige leem	diep	löss en coluvium op hellingen en in dalen
BL	soms bergbrikgronden			loss op plateaus
Ln	poldervaaggronden		ondiep	Brabantse leem
pL	leekeerdgronden			

ZEER OUDE GRONDEN

Code	Dominante bodemclassificatie-eenheden	Gegevens over het bodemmateriaal	Gemiddeld hoogste grondwaterst.	Gebiedskarakteristiek
K1	poldervaag- en leekeerdgronden	zavel en klei	ondiep	gebieden met tertiaire klei, potklei en keileem
K2	ooivaaggronden	zavel en klei, soms zand	-	glaconiet houdend materiaal in Zuid-Limburg, plaatselijk in Zeeuwsch- Vlaanderen
K3	krijteerdgronden	kalksteen, soms zware klei	-	krijtgebieden in Zuid- Limburg, soms met kleefarde
G	-	grindrijk materiaal	diep	Zuid- Limburg

ASSOCIATIES

Code	Omschrijving	Locatie
Associatie van twee eenheden		
Hd2/Hn2	haarpodzol- en velpodzolgronden, leemarm en zwak lemig, fijn zand	N.-Brabant, Drenthe
Hn4/Zb2	veldpodzol - en vorstvaaggronden, leemarm en zwak lemig, fijn zand	Gelderland
Hn2/Zd1	veldpodzol- en duinvaaggronden leemarm en zwak lemig, fijn zand	N.- Brabant
Hni/Wp1	veldpodzolgronden, leemarm en zwak lemig zand moerpodzolgronden met of zonder "zandbovengrond"	Z.O. - Drenthe
Hn2/Wz1	veldpodzolgronden leemarm en zwak lemig zand en broekeerdgronden, met of zonder "zandbovengrond"	Utrecht
Wp1/V18	moerpodzolgronden, met of zonder "zandbovengrond" vlierveengronden en meerveengronden	Z.O. - Drenthe
pZ3/V12	eekeerdgronden leemarm, matig fijn zand, en meerveen gronden op zeggeveen	strandwallen gebied Z. - Holland
pM1/Mn5	tochteerdgronden en kalkarme poldervaaggronden	Haarlemmermeerpolder
pM1/pM2	tochteerdgronden en kalkrijke leek-/en woudeerdgronden	W. Friesland
Wo2/pM1	plaseerdgronden en tochteerdgronden	Westland

ASSOCIATIES

Code	Omschrijving	Locatie
Overige associaties		
A1	ten dele verveende gebieden met veengronden, moerige gronden en zandgronden	Noord-Brabant, Groningen, Utrecht
A2	ten dele verveende gebieden, voornamelijk met vlierveengronden op veenmosveen en vlietveengronden	Z.O.-Drenthe, Gelderland
A3	petgaten gebieden	Utrecht, N. - Holland, N.W. - Overijssel, Friesland
A4	aangemaakte - petgaten gebieden	N.W.- Overijssel, Friesland en Groningen
A5	sterk vergraven poelgronden	Zeeland
A6	sterk vergraven zeekleigebieden	N. - Holland
A7	mengelgronden, klei- en zandgronden	gebied van de IJssel
A8	overslaggronden, klei-, zand- en soms veengronden	rivierengebied, IJsselmeerkust
A9	Drentse essen met loopodzol-, kamppodzol-, laarpodzol- en enkeerdgronden	Drenthe en Westerwolde
A10	beekdalen met in hoofdzaak zandgronden en moerige gronden	Oost-Veluwe, N. - Brabant en Limburg
A11	dal van de Overijsselse Vecht met zand- en kleigronden	Overijssel
A12	beekdalen met in hoofdzaak veengronden en moerige gronden	Friesland, Drenthe
A13	beekdalen of lage dekzandgebieden met vele kleine zand koppen	Overijssel (Twente) Gelderse Achterhoek
A14	oude Maasbeddingen met klei-, zand- en veengronden	Midden-Limburg
A15	hellingen met löss. zand en grind	Zuid-Limburg
A16	hellingen met löss, zand, kleefarde en kalksteen	Zuid-Limburg

V. VEGETATIE EN BODEMPROFIEL

De gevolgen van de vernietiging van een vegetatie heeft dikwijls catastrofale gevolgen. De oorzaak hiervan is dat de vegetatie en het bodemprofiel genetisch samenhangen. De vegetatie is aangepast aan de bodem, die op zijn beurt weer in sterke mate product is van deze vegetatie. Invloeden van de vegetatie op de bodem zijn:

- a. versnelde verwerking van minerale bestanddelen.
- b. bescherming van horizonten tegen wegspoeling.
- c. bescherming tegen directe zonnestraling.
- d. bescherming tegen slagregens.
- e. bescherming tegen uitdroging.

De vegetatie houdt dus in sterke mate de structuur van de bodem intact zodat de waterhuishouding en de voedingsstoffenvoorziening van de vegetatie geen gevaar lopen.

Twee voorbeelden van bodemdegradatie

- a. Door ontbossing neemt de transpiratie af, met als gevolg meer wegzakkend water, dat beladen met organische zuren van de strooisellaag (Ao) moeilijk oplosbare mineralen (Fe) meesleept naar lager gelegen horizonten waar ze opgehoopt worden. Er worden dan keiharde ondoordringbare lagen gevormd: het *heidepodzolprofiel*.
- b. Jonge zeeklei bodems verliezen steeds meer calciumcarbonaat, dat zo belangrijk is voor een goede structuur van de bodem. Ze worden dan ongeschikt voor akkerbouw en kunnen het best benut worden als grasland.

Vraag:

4. Waarom kunnen deze bodems wel een graslandvegetatie dragen?

M-13 Het nemen van grondmonsters

Een grondmonster moet een zo goed mogelijk gemiddelde van het gebied (perceel) zijn dat men onderzoekt

Indien in het te onderzoeken gebied grote verschillen bestaan in bodemgesteldheid en/of vegetatie, dan is het interessanter om een gedetailleerde analyse te verrichten.

Voor een goede bemonstering moet men minimaal 20 steken met een geschikte grondboor per ha nemen, die zo regelmatig mogelijk over het gebied verdeeld moeten zijn (zie fig. 22).

Indien de grensstreken van het gebied afwijkingen vertonen, kan men deze beter niet mee bemonsteren. Tevens verdient het aanbeveling om de 'gang' (fig. 22) niet groter te maken dan twintig meter.

De diepte van de bemonstering moet aangepast worden aan de bodemgesteldheid en aan de aard van de vegetatie (wortelzone) (zie tabel 14).

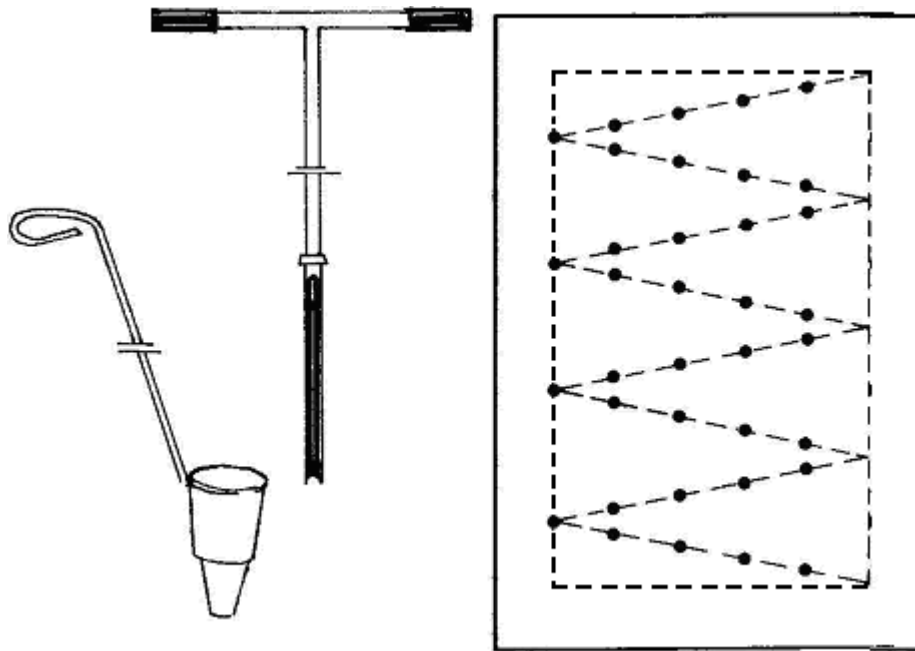
	bemonsteringsdiepte
grasland	0 - 5 cm
bouwland	0 - 20 cm
bosbouwgrond	0 - 25 cm

Tabel 14

Behandeling van het grondmonster

De diverse grondboorsteken worden in een plastic zak verzameld en in een stofvrij vertrek aan de lucht - in de winter in een matig verwarmd vertrek - langzaam gedroogd totdat het geen water meer door verdamping verliest. Dit luchtdroge grondmonster wordt nu fijn gewreven en gezeefd door een zeef met ronde openingen, 0,2 mm.

De aldus verkregen *fijnaarde* kan tijdelijk bewaard worden in glazen potten met luchtdicht sluitende deksels of stoppen.



Figuur 22. A. links een graslandboor, rechts een landbouwboor; B, schema van bemonstering, x = gang.

M-14 Bepaling van ammonium, nitraat, fosfor, kalium en calcium in de bodem

a. Het maken van een grondmonsteroplossing

In de bodem komen de meeste elementen in zulke geringe hoeveelheden voor, dat de gebruikelijke macro-analytische methoden niet voldoen.

Bij het onderzoek worden de bodemzouten door een mierzuoeroplossing uit de grondmonsters geëxtraheerd. Hiervoor wordt een natriumformiaatoplossing met pH 3,5 gebruikt.

Benodigdheden:

- voorraadfles van 1000 ml
- 34,0 g HCOONa, natriumformiaat
- 50 ml 10 N HCOOH, mierzuur (19 ml waterrij mierzuur)
- 1000 ml aqua dest
- maatcilinder van 1000 ml
- grondmonsters van 10 of 20 g
- 0,3-0,5 g nitraatvrije koolstof/grondmonster
- 2 erlenmeyers van 250 ml
- trechter
- rondfilters/vouwfilters

Vorbereiding en recept:

natriumformiaatoplossing:

- 34,0 g natriumformiaat oplossen in een weinig aqua dest. in de maatcilinder en dan toevoegen:
- 50 ml 10 N mierzuur en vervolgens
- aanvullen met aqua dest. tot 1000 ml
- en bewaren in een voorraadfles.

Uitvoering:

- 10 of 20 g van het te onderzoeken grondmonster (fijnaarde) in een erlenmeyer van 250 ml met
- 0,3-0,5 g nitraatvrije koolstof en
- 100 of 200 ml natriumformiaatoplossing (10x 'verdund')
- gedurende 15 minuten zo nu en dan eens schudden en daarna filtreren (als het filtraat niet kleurloos is, dan nog eens actieve koolstof toevoegen en opnieuw filtreren).

b. Voorbereiding en recepten

Ijkoplossingen voor de bepaling van het NH_4 -stikstof-, NO_3 -stikstof-, P- en K-gehalte bepaling van grondmonsters.

Oplossing I:

- 136 g natriumformiaat oplossen in een weinig aqua dest. en dan toevoegen
- 200 ml 10 N mierzuur (\cong 19 ml watervrij mierzuur), vervolgens aanvullen met
- aqua dest. tot 4000 ml en bewaren in een voorraadfles

Oplossing II: NH_4 -ijkoplossing:

- 0,4717 g ammoniumsulfaat oplossen in een deel van oplossing I en hiermee aanvullen tot 1000 ml. *Deze oplossing bevat 100 mg NH_4 -stikstof/l.*

Oplossing III NO_3 -ijkoplossing:

- 0,3609 g kaliumnitraat oplossen in een dele van oplossing I en hiermee aanvullen tot 1000 ml. *Deze oplossing bevat 50 mg NO_3 -stikstof/l.*

Oplossing IV P-ijkoplossing:

- 0,1917 g mono-kaliumdiwaterstoffosfaat oplossen in een deel van oplossing I en hiermee aanvullen tot 1000 ml. *Deze oplossing bevat 100 mg P_2O_5 /l.*

Oplossing V K-ijkoplossing:

- 0,0534 g kaliumchloride oplossen in een deel van oplossing I en hiermee aanvullen tot 1000 ml. *Deze oplossing bevat 100 mg K_2O /l.*

Stel voor iedere bepaling nu 5 ijkoplossingen samen uit de hierboven vermelde 5 stamoplossingen, volgens tabel 15.

	<i>in 100 ml meetkolven</i>	<i>mg/liter</i>
NH_4 -stikstof	4 ml opl. II + 96 ml opl.	4
	8 ml opl. II + 92 ml opl.	8
	12 ml opl. II + 88 ml opl.	12
	16 ml opl. II + 84 ml opl.	16
	20 ml opl. II + 80 ml opl.	20
NO_3 -stikstof	4 ml opl. III + 96 ml opl.	2
	8 ml opl. III + 92 ml opl.	4
	12 ml opl. III + 88 ml opl.	6
	16 ml opl. III + 84 ml opl.	8
	20 ml opl. III + 80 ml opl.	10
P_2O_5	10 ml opl. IV + 90 ml opl.	10
	20 ml opl. IV + 80 ml opl.	20
	30 ml opl. IV + 70 ml opl.	30
	40 ml opl. IV + 60 ml opl.	40
	50 ml opl. IV + 50 ml opl.	50
K_2O	10 ml opl. V + 90 ml opl.	10
	20 ml opl. V + 80 ml opl.	20
	30 ml opl. V + 70 ml opl.	30
	40 ml opl. V + 60 ml opl.	40
	50 ml opl. V + 50 ml opl.	50

Tabel 15

De getallen in de laatste kolom (mg/liter) komen bij een extractieverhouding 1:10 overeen met het aantal mg NH_4 -stikstof, NO_3 -stikstof, P_2O_5 en K_2O per 100 g grondmonster!

c. Bepaling van de NH_4 -stikstof

Benodigdheden:

- 3 voorraadflessen van 1000 ml
- 80 g $\text{C}_4\text{H}_4\text{Na}_2\text{O}_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, natriumtartraat (reagens A)
- 26 g NaOH, natronloog
- 1250 ml aqua dest
- maatcilindervan 1000 ml
- 12,5 g arabische gom (reagens B)
- 6 ml Nessler-reagens
- 2 buretten
- 8 reageerbuizen \varnothing 18 mm
- druppelspuitje
- 5 maatpipetten 5 ml
- 5 NH_4 -ijkoplossingen
- 1 buret met grondmonster oplossing

Vorbereiding:

- reagens A:
- 80 g natriumtartraat en
 - 26 g natriumhydroxide oplossen in
 - aqua dest. en in
 - maatcilinder aanvullen tot 1000 ml
 - in voorraadfles bewaren.
- reagens B:
- 12,5 g arabische gom aanmengen met
 - aqua dest., hieraan toevoegen
 - 6 ml Nessler reagens en aanvullen met
 - aqua dest. tot 250 ml
 - er treedt een troebeling op; de oplossing enige dagen laten staan en daarna het heldere supernatant afschenken
 - in voorraadfles bewaren.
- reagens C:
- 8 volumedelen aqua dest. mengen met
 - 4 volumedelen reagens A en
 - 1 volumedeel reagens B
 - in voorraadfles bewaren

Uitvoering:

- vul een buret met reagens C.
- buretteer 2 ml grondmonsteroplossing in 3 reageerbuizen (\varnothing 18 mm) en
- pipetteer 2 ml van de vijf ijkoplossingen in 5 reageerbuizen (\varnothing 18 mm) en
- buretteer nu in alle reageerbuizen 6 ml van reagens C.
- goed mengen en dan
- 4 druppels Nessler reagens toevoegen.
- goed mengen.
- na 2 minuten de intensiteit van de geelbruine kleur van de grondmonsteroplossingen vergelijken met die van de ijkoplossingen.
- noteer het NH_4 -stikstofgehalte.

d. Bepaling van de NO_3 -stikstof

Benodigdheden:

- 1 g $\text{C}_{23}\text{H}_{26}\text{N}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, brucin
- 25 ml CHCl_3 , chloroform
- 10 ml gec. H_2SO_4 p.a. (63,5%), gec. zwavelzuur
- 2 erlenmeyers 50 ml
- druppelspuitje
- 8 reageerbuizen \varnothing 12 mm
- 1 buret met grondmonsteroplossing
- 5 maatpipetten 1 ml

- 1 volumepipet 1 ml
- 5 NO₃-ijkoplossingen

Uitvoering:

- 4% brucin oplossing: - 1 g brucin oplossen in
- 25 ml chloroform.
- buretteer 0,5 ml grondmonsteroplossing in 3 reageerbuisen (Ø 12 mm) en
- pipetteer 0,5 ml van de vijf ijkoplossingen in 5 reageerbuisen (Ø 12 mm).
- voeg nu aan elke reageerbuis 3 druppels brucin 4% en 1 ml gec. zwavelzuur toe.
- na het toevoegen van het zwavelzuur, door voorzichtig schudden, goed mengen.
- na ± 5 minuten de intensiteit van de gele kleur van de grondmonsteroplossingen vergelijken met die van de ijkoplossingen.
- noteer het NO₃-stikstofgehalte.

e. Bepaling van fosfor

Benodigdheden:

- 3 voorraadflessen van 1000 ml
- 200 ml aqua dest.
- buret met grondmonsteroplossing
- maatcilinder van 1000 ml
- 2,5 g NH₄V0₃, ammonium-meta-vanadaat (reagens A)
- 1020 ml gec. HNO₃ 96%, salpeterzuur 96%
- 50 g (NH₄)₆MO₇O₂₄·4H₂O, ammoniummolybdaat (reagens B)
- 5 P-ijkoplossingen
- 8 reageerbuisen Ø 18 mm

Vorbereiding:

- reagens A: 2,5 g ammonium-meta-vanadaat oplossen in ± 500 ml kokende aqua dest. en na afkoeling
- 20 ml gec. salpeterzuur toevoegen en met
 - aqua dest. aanvullen tot 1000 ml
 - in voorraadfles bewaren.
- reagens B: - 50 g ammoniummolybdaat oplossen in ± 800 ml aqua dest. 50° C en na afkoeling aanvullen met
- aqua dest. tot 1000 ml
 - in voorraadfles bewaren,
- reagens C: 1 volumedeel reagens A en
- 1 volumedeel reagens B en
 - 1 volumedeel gec. Salpeterzuur
 - goed mengen
 - in voorraadfles bewaren.

Uitvoering:

- buretteer 5 ml grondmonsteroplossing in 3 reageerbuisen (Ø 18 mm) en
- pipetteer 5 ml van de vijf ijkoplossingen in 5 reageerbuisen (Ø 18 mm) en voeg
- 2 ml reagens C aan alle reageerbuisen toe.
- na ruim 10 minuten de intensiteit van de kleur van de grondmonsteroplossingen vergelijken met die van de ijkoplossingen.
- noteer het P-gehalte.

d. Bepaling van kalium

Benodigheden:

- voorraadfles 250 ml
- 5 g $\text{CO}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, kobaltnitrat
- 30 g NaNO_2 , natriumnitriet
- 2,5 ml CH_3COOH 90-100%, ijsazijn
- 100 ml aqua dest.
- luchtpomp
- buret met grondmonsteroplossing
- 5 volumepipetten 1 ml
- druppelspuitje
- 8 reageerbuizen \varnothing 12 mm
- reageerbuizenrekje
- 10 ml $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$, propanol-(2), iso-propanol, iso-propylalcohol
- 5 K-ijkoplossingen

Vorbereiding:

- kobaltreagens: 5 g kobaltnitrat en
- 30 g natriumnitriet oplossen in
 - 80 ml aqua dest. en daarna
 - 2,5 ml ijsazijn langzaam toevoegen en met
 - aqua dest. aanvullen tot 100 ml
- het reagens nu in de voorraadfles \pm 24 uur doorluchten, waarna het voor gebruik gereed is (het reagens is, indien koel en donker bewaard, verscheidene maanden houdbaar).

Uitvoering:

- buretteer 1 ml grondmonsteroplossing in 3 reageerbuizen (\varnothing 12 mm) en
- pipetteer 1 ml van de vijf ijkoplossingen in 5 reageerbuizen (\varnothing 12 mm) en voeg
- 2 druppels kobaltreagens en
- 20 druppels propanol-(2) aan alle buizen toe (de druppels van het kobaltreagens mogen de reageerbuiswand niet voortijdig aanraken; indien dit wel het geval is, dan de proef overdoen!!).
- plaats de 8 buizen nu in een rekje en
- schud ze gemeenschappelijk gedurende enkele seconden.
- de mate van troebeling van de grondmonsteroplossing vergelijken met die van de ijkoplossingen (de bruine kleur is geen aanwijzing voor het K-gehalte!!).
- De vergelijking kan het beste plaatsvinden voor een helder venster, er treedt dan een spiegelbeeldeffect op. De helderheid van het spiegelbeeld, dat met toenemende K-concentratie afneemt, is een handig hulpmiddel bij de 'meting'.
- noteer het K-gehalte.

g. Calcium in de bodem

Calcium komt in de bodem voor

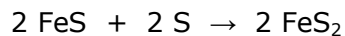
- als Ca^{2+} -ionen in het bodemwater,
- als Ca^{2+} -ionen geadsorbeerd aan het klei- of humusadsorbtiecomplex,
- als vrije koolzure kalk (CaCO_3 , $\text{CaCO}_3\text{MgCO}_3$),
- in tal van mineralen, zonder van directe betekenis voor bodemflora en fauna (o.a. $\text{CaAlSi}_2\text{O}_8$, $\text{NaCaAl}_2\text{Si}_6\text{O}_{16} \cdot \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$).

De vrije koolzure kalk komt o.a. voor in jonge rivierklei-, zeelei- en duinbodems en ontbreekt in zandbodems van pleistocene oorsprong.

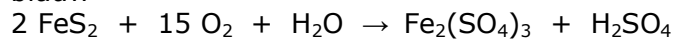
Voor de structuur van kleibodems is het van groot belang, dat het klei- en humusadsorbtiecomplex met voldoende Ca^{2+} -ionen is bezet.

Bij een gehalte aan CaCO₃ groter dan 1,5% is het adsorptiecomplex verzadigd, voornamelijk met Ca²⁺-ionen. Bij een gehalte van 1,5-0,5% aan CaCO₃ begint het adsorptiecomplex Ca²⁺-ionen af te stoten. Het complex wordt dan meer of minder onverzadigd, het gaat dan namelijk H⁺-ionen bevatten. De pH neemt af en de structuur van met name kleibodems wordt ongunstig voor de vegetatie en het bodemleven. Zo is na inundatie met zeewater het kleiadsorptiecomplex sterk bezet met Na⁺-ionen, hetgeen een slechte structuur van de kleibodem tot gevolg heeft. Herstel van de bodemstructuur kan bereikt worden door bemesting met gips (CaSO₄).

In ons regenrijk klimaat vindt in de bodem een voortdurende uitspoeling van calcium plaats. Oudere bodems zijn dan ook vaak kalkarmer dan jonge bodems. In jonge zeeleibodems komen veel sulfiden voor die geoxideerd kunnen worden, met als resultaat dat er zwavelzuur ontstaat, dat echter direct weer geneutraliseerd wordt door calciumcarbonaat van bijvoorbeeld schelpen:

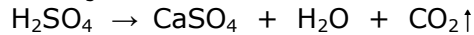


blauw



pyriet

CaCO₃ +



Het CaSO₄ dat bij deze reacties in de bodem ontstaat, is zeer belangrijk voor de goede structuur van de zeeleibodem. De Na⁺- en Mg²⁺-ionen uit het adsorptiecomplex worden verdreven en vervangen door Ca²⁺-ionen, met als gevolg een 'rullere' bodemstructuur door grotere aggregaten. Men noemt dit proces de *chemische rijping* van de jonge zeeleibodem. Wanneer echter weinig calciumcarbonaat in de bodem aanwezig is, zal het proces anders verlopen met als gevolg dat de bodem erg *zuur* wordt (pH 2-3, *katteklei*). De Na⁺- en Mg²⁺-ionen worden in het adsorptiecomplex vervangen door H⁺-ionen met als gevolg een redelijke structuur.

Wanneer er te weinig pyriet (FeS₂) in de bodem is, dan zal er ook te weinig CaSO₄ ontstaan. Er zullen dan geen Na⁺- en Mg²⁺-ionen uit het adsorptiecomplex verdreven worden, met als gevolg dat er geen redelijke bodemstructuur ontstaat (*knip-, knik- of pikklei*).

Rivierklei is minder zout dan zeeleibodem en bevat dus ook minder Na⁺- en Mg²⁺-ionen aan het adsorptiecomplex. Ook bevat het minder pyriet doch doorgaans een goed percentage calciumcarbonaat.

Door de basische reactie heeft bemesting met kalkmeststoffen op alle bodems een *pH-verhogende werking*. Door de pH-verhogende werking van calcium wordt bodemleven gunstig beïnvloed. Actinomyceten en tal van bacteriën waaronder onder meer de nitrificerende bacteriën worden geactiveerd in hun mineraliserende werking: *het nitraatgehalte neemt toe*.

Calciumbemesting voorkomt tevens de uitspoeling van fosfaten omdat calcium-fosfaat onoplosbaar is. Bemesting met kalkmeststoffen heeft daarom een tweeledig doel, de pH- en de bodemstructuurverbetering.

De planten gebruiken calcium vaak ter neutralisatie van zuren en als bouwstof van celwandbestanddelen.

1. Grove bepaling van het calciumgehalte van de bodem Tabel 16

na HCl behandeling van het monster	kalkgehalte %	beoordeling van de bodem
geen opbruisen	<0,5%	kalkarm tot kalkvrij
zwak niet aanhoudend opbruisen	0,5-2%	gering kalkgehalte
duidelijk niet aanhoudend opbruisen	3-4%	matig kalkgehalte
sterk aanhoudend opbruisen	≥5%	groot kalkgehalte

Men moet bij deze bepaling wel bedenken dat HCl in zandgrond de CaCO₃ sneller bereikt dan in kleigrond.

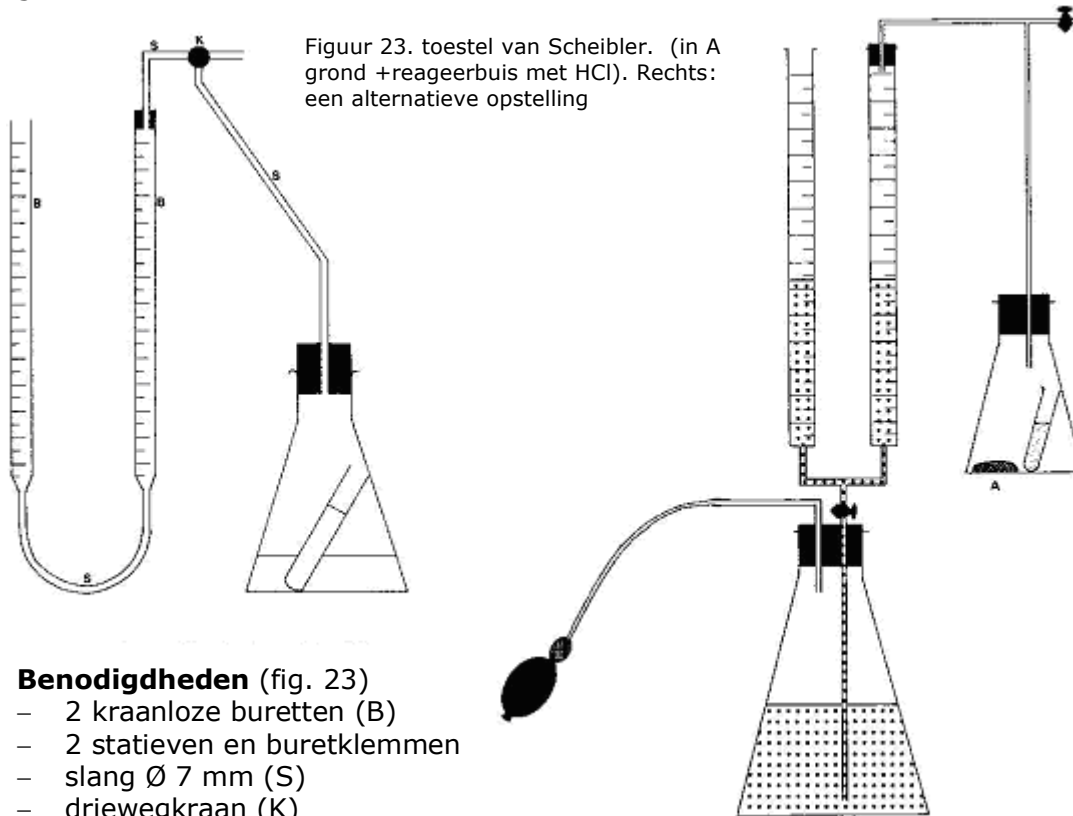
2. Bepaling van het calciumgehalte volgens de methode van Scheibler

Om het gehalte aan calciumcarbonaat nauwkeuriger te bepalen gebruikt men vaak het toestel van Scheibler of een variant daarvan.

Op een bepaalde hoeveelheid grondmonster laat men HCl inwerken. Het eventueel aanwezige CaCO_3 vertoont dan de volgende reactie:



Uit de CO_2 -hoeveelheid is dan via een eenvoudige berekening het CaCO_3 -gehalte van het grondmonster te berekenen.

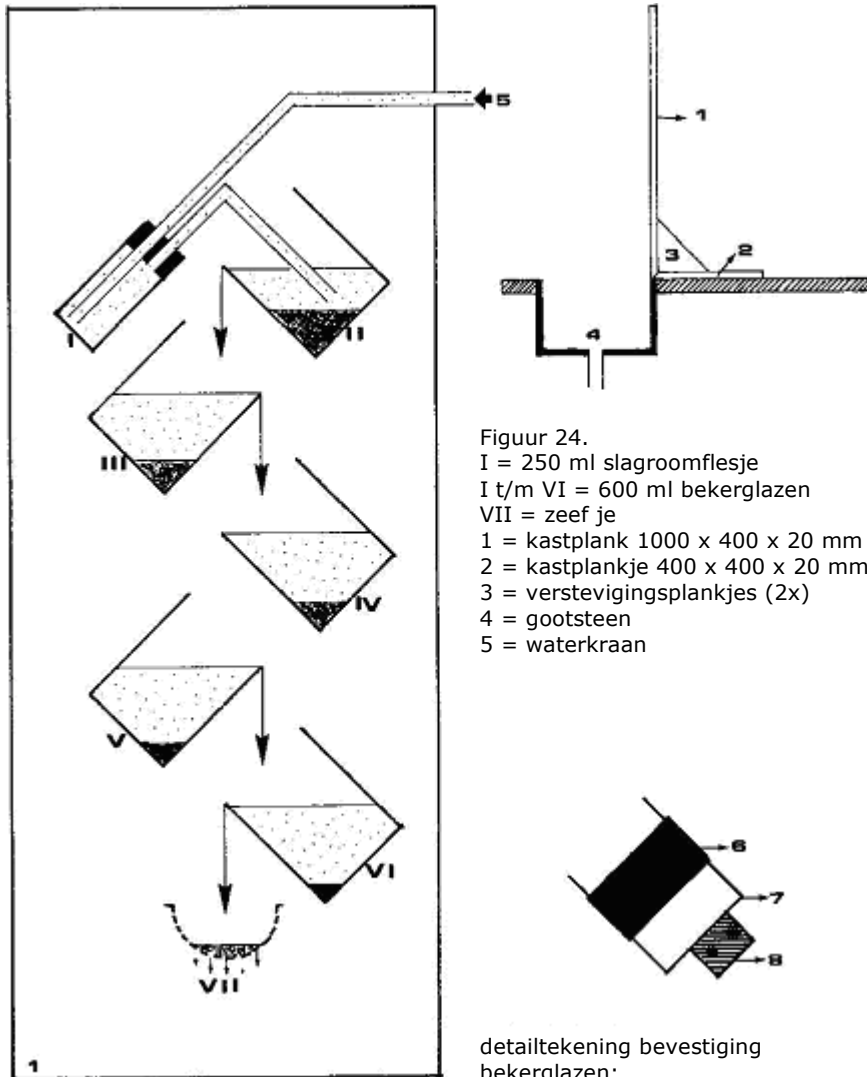


Benodigheden (fig. 23)

- 2 kraanloze buretten (B)
- 2 statieven en buretklemmen
- slang \varnothing 7 mm (S)
- driewegkraan (K)

Uitvoering:

- maak de proefopstelling uit fig. 23.
- vul de buretten met water dat verzadigd is met koolstofdioxide.
- doe \pm 5 gram van het te onderzoeken gedroogde grondmonster in de erlenmeyer.
- vul het reageerbuisje met zoutzuur.
- plaats de doorboorde rubberstop stevig op de erlenmeyer (kraan K open!)
- wacht enkele minuten en sluit daarna kraan K.
- pak de rubberstop van de erlenmeyer beet en houd de erlenmeyer scheef, zodat het zoutzuur bij het grondmonster vloeit.
- schud om de minuut krachtig.
- houd op met schudden als geen gasontwikkeling meer optreedt.
- meet/bereken (afhankelijk van het gebruikte toestel) het koolstof dioxidevolume bij 10N.cm^{-2} .
- bereken het gewicht aan calciumcarbonaat in het onderzochte grondmonster (1 ml CO_2 komt overeen met 0,0043 gram CaCO_3).
- bereken het calciumcarbonaat-gehalte van het grondmonster.



Figuur 24.
 I = 250 ml slagroomflesje
 I t/m VI = 600 ml beerglazen
 VII = zeef je
 1 = kastplank 1000 x 400 x 20 mm
 2 = kastplankje 400 x 400 x 20 mm
 3 = verstevigingsplankjes (2x)
 4 = gootsteen
 5 = waterkraan

detailtekening bevestiging
 beerglazen:
 6 = PVC-ring
 7 = beerglas
 8 = blokje hout

M-15 Bepaling van de textuur van de bodem

Benodigheden:

- 1 kastplank; 1000 x 400 x 20
- 1 kastplankje; 400 x 400 x 20
- 6 blokjes hout; 50 x 50 x 50
- 12 houtschroeven voor bevestiging v.d. blokjes
- 1 slagroomflesje 250 ml

Alle maten in mm, tenzij anders vermeld

- 1 dubbeldoorboorde rubberstop
- plexiglasbuis; Ø 9/13
- 5 bekers van 600 ml inhoud; hoogte 120, Ø ±90
- 5 PVC-ringen; hoogte 50, Ø uitw. 100, Ø inw. 90
- 1 PVC-ring; hoogte 60, Ø uitw. 60, Ø inw. 57
- rubberslang
- 5 trechters
- rondfilters Whatman no. 1
- fijnmazige zeef; Ø 100
- droogstoof
- grondboor
- microscoop
- 12 bevestigingsschroeven/boutjes voor de PVC-ringen
- contragewicht

Vorbereiding:

- construeer het granulair-analyse apparaat zoals in figuur 24 is aangegeven.
- neem een bodemonster met behulp van de grondboor.
- droog het monster gedurende 6 dagen aan de lucht.
- droog het monster daarna gedurende 24 uur in een droogstoof bij 105 °C.
- weeg het monster en noteer het gewicht in de tabel 17.

Uitvoering:

- plaats het apparaat op de rand van de wasbak/gootsteen (+ contragewicht).
- deponeer het grondmonster in bekersglas II.
- vul bekersglas II voorzichtig met leidingwater,
- draai vervolgens de waterkraan zodanig open dat er een gelijkmatige stroom door het apparaat ontstaat.
- controleer of in bekersglas VI kleideeltjes (lutum) bezinken.
- laat het water zo lang door het apparaat stromen totdat er geen zichtbare veranderingen meer optreden.
- filtreer daarna de sedimenten II t/m VII en droog deze bij 105° C gedurende 24 uur in de droogstoof.
- weeg de 6 fracties en noteer de gevonden waarden in tabel 17.
- meet met behulp van een microscoop de grootte van de deeltjes in de 6 fracties en vermeld deze eveneens in de tabel. Bekijk eveneens de vorm van de deeltjes.
- bepaal tenslotte op grond van de gevonden waarden de naam van de grondsoort door tabel 6 te raadplegen.

Tabel 17

<i>no. bekersglas/ zeef</i>	<i>afm. van de gronddeeltje</i>	<i>gewicht v. d. fractie</i>	<i>benaming v.d. fractie</i>	<i>naam v.d. grondsoort v.h. monster</i>
I (begin)		mg		
I (eind)	mμ	mg		
II	mμ	mg		
III	mμ	mg		
IV	mμ	mg		
V	mμ	mg		

M-16 De kruimelstructuur en ionenhuishouding van een bodem

Benodigdheden:

- 4 g fijngemalen gedroogde klei
- 30 ml kalkwater
- 15 ml verdunde NH_3 -oplossing
- 15 ml verdunde NaOH
- 15 ml leidingwater
- 5 reageerbuisen

Uitvoering:

- vul reageerbuis A met 1 gram klei en 15 ml kalkwater.
- vul reageerbuis B met 1 gram klei en 15 ml leidingwater.
- vul reageerbuis C met 1 gram klei en 15 ml NaOH.
- vul reageerbuis D met 1 gram klei en 15 ml verdunde ammoniakoplossing.
- vul reageerbuis E met 15 ml kalkwater.
- schud de reageerbuisen A t/m E gelijktijdig even sterk en even lang.
- zet de reageerbuisen in een rekje naast elkaar.

Opdracht en vragen:

- Let op de snelheid waarmee de kleibestanddelen 'neerslaan'.
- In welke reageerbuis worden de grootste aggregaten gevormd en verklaar waardoor.
- Wat is de functie van buis E?

M-17 Bepaling van het humusgehalte van een bodem

Benodigdheden:

- 3 grondmonsters (kleigrond, zandgrond, potgrond)
- 3 reageerbuisen
- 3 trechters met filtreerpapier
- 100 ml 2% NH_4OH of 100 ml 0,5% NaOH

Uitvoering:

- vul de reageerbuisen met de grondmonsters tot een hoogte van ongeveer 1,5 cm en voeg hieraan toe 7,5 ml 2% NH_4OH of 7,5 ml 0,5% NaOH.
- schud enkele minuten zeer krachtig en filtreer de inhoud van de reageerbuisen.
- stel de aard van de eventueel in de grondmonsters aanwezige humusstoffen vast aan de hand van tabel 18.

Tabel 18

<i>kleur van het filtraat</i>	<i>aard van de humusstoffen</i>
licht (kleurloos)	basische (verzadigde) humusstoffen
donkerbruin	zure (onverzadigde) humusstoffen
geel	mengsel van basische en zure humusstoffen

M-18 Het adsorptievermogen van een bodem

Benodigheden:

- 0,1 g NH_4Cl oplossen in aqua dest. en aanvullen tot 1000 ml
- 4 erlenmeyers van 250 ml inhoud
- 4 reageerbuizen
- 20 g gedroogd zand
- 20 g gedroogde fijngemalen klei
- 20 g gedroogde potgrond
- Nessler reagens

Voorbereiding:

Nessler reagens: kwikjodide is gemakkelijk oplosbaar in kaliumjodide ten gevolge van de vorming van de complexe zouten KHgJ_3 en K_2HgJ_4 ; deze oplossing met kaliumhydroxide gemengd, is het reagens van Nessler op ammoniak. Dit geeft nog in zeer verdunde oplossingen van deze stof een bruine troebeling, door de vorming van de verbinding $\text{OHg}_2\text{NH}_2\text{J}$ (wel dient opgemerkt te worden dat vele organische stikstofverbindingen analoge neerslagen met dit reagens geven).

Uitvoering:

- vul erlenmeyer A met 20 g zand en 150 ml NH_4Cl -oplossing.
- vul erlenmeyer B met 20 g klei en 150 ml NH_4Cl -oplossing.
- vul erlenmeyer C met 20 g potgrond en 150 ml NH_4Cl -oplossing.
- vul erlenmeyer D met 1 50 ml NH_4Cl -oplossing.
- schud de erlenmeyers A t/m D vier dagen lang dagelijks vier maal.
- laat daarna de vier erlenmeyers twee dagen rustig staan.
- decanteer vervolgens de vloeistoffen.
- vul vier reageerbuizen (A t/m D) voor driekwart met de gedecanteerde vloeistoffen en voeg aan iedere buis 6 druppels Nessler reagens toe.
- schud de buizen goed en plaats ze in een rekje.
- noteer de volgorde waarin de bruine troebeling afneemt.

N.B. Indien één of meer van de gedecanteerde vloeistoffen niet kleurloos is, moeten alle vloeistoffen na het decanteren met een weinig actieve kool worden geschud. Na grondig schudden filtreren en de reageerbuizen A t/m D voor driekwart vullen... enz. (gelijke hoeveelheden actieve kool toepassen!!).

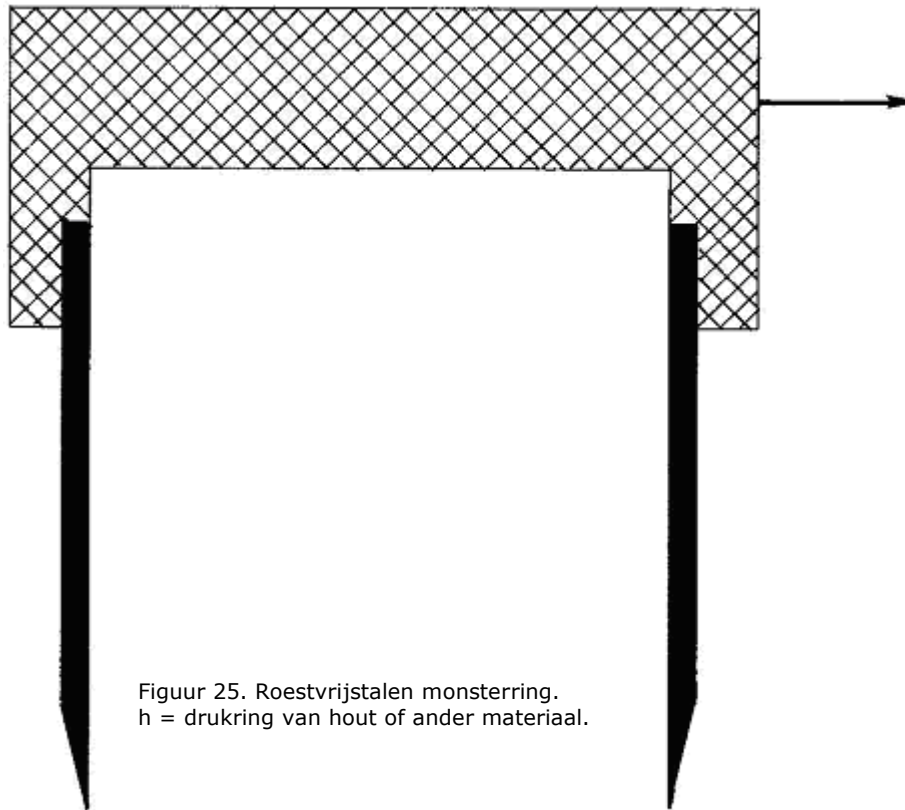
Opdracht:

1. Geef een verklaring voor de verschillen in bruine troebeling.

M-19 Berekening van het poriënvolume, het vochtgehalte, het luchtgehalte, de veldcapaciteit en de beschikbare hoeveelheid water van een bodemmonster

Benodigheden:

- 6 monsterringen; \varnothing 6 cm; hoogte 5 cm (zie fig. 25)
- drukring(en) (zie fig. 25)
- hamer (hout of rubber)
- droogstoof
- schop
- mes
- maatcilinder van 500 ml
- balans met gewichtendoos



Figuur 25. Roestvrijstalen monsterring.
h = drukring van hout of ander materiaal.

Opdracht:

1. Verricht alle bepalingen in duplo voor drie verschillende bodemtypen.

Uitvoering:

- verwijder van een te bemonsteren bodem de bovenste laag van 2 cm dikte.
- druk of sla, gebruikmakend van de drukring en de hamer, de monsterringen de grond in.
- graaf de monsterringen met behulp van de schop voorzichtig uit.
- snij de monsters met behulp van het mes aan boven- en onderkant vlak af.
- sluit eventueel beide kanten met dekseltjes af, als de verdere verwerking enige tijd op zich laat wachten.
- bereken de inhoud van de monsterring (a gram).
- weeg de monsterring + het bodemmonster (b gram).
- weeg het uit de monsterring verwijderde bodemmonster (c gram).
- weeg de ring (d gram = (b-c) gram).
- verdeel het bodemmonster zo fijn mogelijk en laat het 6 dagen aan de lucht drogen en weeg het (e gram).
- droog het monster vervolgens gedurende 24 uur in een droogstoof bij 105° C en bepaal opnieuw het gewicht (f gram).
- bereken het oorspronkelijke vochtgehalte van het bodemmonster op basis van de stoofdrome grond in gewichtsprocenten:

$$\frac{c-f}{f} \times 100\% = \dots \%$$

- bereken het oorspronkelijk vochtgehalte van het bodemmonster in volumeprocenten op basis van het oorspronkelijk volume van dit monster

$$\frac{c-f}{a} \times 100\% = \dots \%$$
- vul de maatcilinder van 500 ml met 250 ml water en deponeer hierin de stoofdroge grond en meet het volume van de grond van het bodemmonster (g ml). Bepaal het poriënvolume in procenten van het oorspronkelijke bodemmonstervolume:

$$\frac{a-g}{a} \times 100\% = \dots \%$$
- bepaal het bodemluchtvolume in procenten van het oorspronkelijke bodemmonstervolume:

$$\frac{a-g + (c-f)}{a} \times 100\% = \dots \%$$
- bepaal de soortelijke massa van de stoofdroge grond:

$$\frac{f \text{ gram}}{g \text{ ml}} = \dots \text{ gram/ml}$$
- neem nieuwe bodemmonsters en plaats de monsterringen in een bak met water, zodanig dat de waterspiegel in de bak 1 cm onder de bovenkant van het bodemmonster blijft en wacht tot het bovenzak van het monster begint te 'glimmen'.
- plaats vervolgens de ringen op een trechter en wacht het moment af dat er geen water meer uitdruipt (in sommige gevallen moet het bodemmonster ondersteunt worden met nylongaas).
- bepaal nu de veldcapaciteit van het bodemmonster in volumeprocenten van het bodemmonster.
- bepaal de beschikbare hoeveelheid water in het bodemmonster en druk deze uit in volumeprocenten van het oorspronkelijke monster.

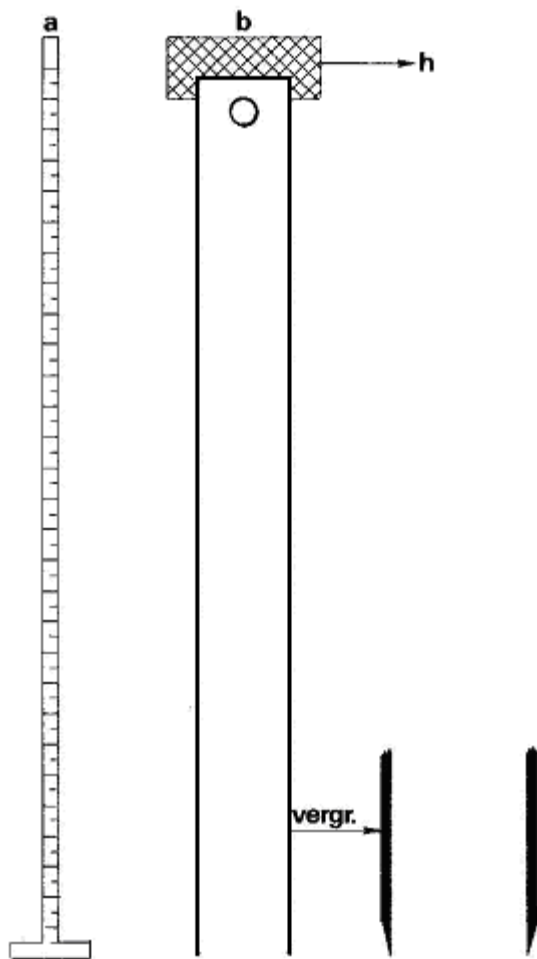
M-20 De luchtdoorlatendheid van verschillende bodems

Benodigheden:

- 3 roestvrij stalen pijpen; Ø uitw. 3 cm; hoogte 25 cm (zie fig. 26)
- drukring (fig. 26-h)
- hamer (hout/rubber)
- peilstokje (fig. 26-a)
- 3 enkeldoorboorde rubberstoppen, passend in de roestvrij stalen pijpen
- driewegkraan
- 2 plexiglasbuisjes; Ø 0,7 cm
- gasmeetspuit van 100 ml
- fijn nylongaas
- rubberslang; Ø 0,7 cm
- schop
- klemkraan
- plexiglasbuis; Ø 3 cm; lengte 25 cm
- gewicht van 250 gram
- schroevendraaier

Uitvoering:

- sla met behulp van de drukring (fig. 26-h) en de hamer de monsterpijp zover de bodem in, dat zich 10 cm van het bodemprofiel in de pijp bevindt. Hierbij gebruik makend van het peilstokje (fig. 26-a).



Figuur 26. Monsterpijp en maatlat

- steek de schroevendraaier door de beide gaten bovenin de monsterpijpen en draai de pijp rond om hem vervolgens uit de bodem te trekken (eventueel uitgraven).
- in sommige gevallen zal het nodig zijn de bodemmonsters met nylongaas te ondersteunen.

Experiment 1:

- gebruik voor dit experiment proefopstelling I van figuur 27.
- zet de driewegkraan (K) in stand 'gasmetspuit-buitenlucht' en trek de zuiger van de spuit omhoog tot de bovenste ijkstreep.
- plaats het 250 gram gewicht boven op de zuiger en laat de zuiger los nadat de driewegkraan in stand 'gasmetspuit-monsterpijp' is gezet.
- meet de tijd die nodig is om de '100 ml' lucht van de gasspuit door het bodemprofielmonster te drukken.
- meet ook de tijd die nodig is om de '100 ml' lucht uit de gasmetspuit te drukken zonder bodemprofielmonster in de monsterpijp.
- bereken nu voor diverse bodemprofielmonsters de ventilatiesnelheid V in $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (m/sec).

Opdracht:

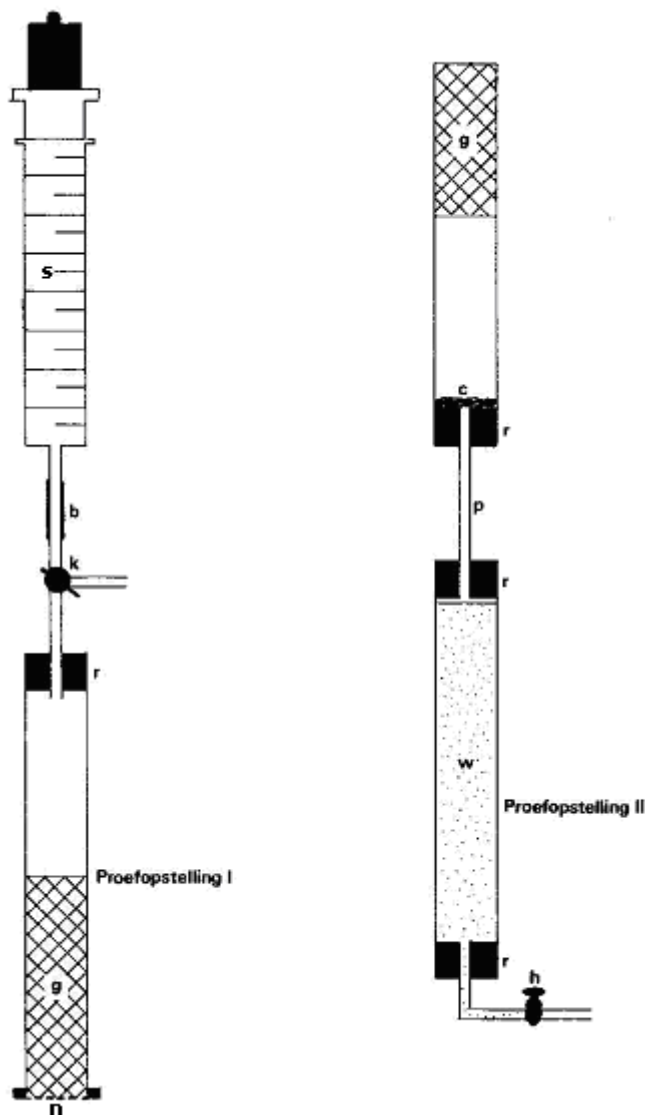
1. Vergelijk de berekende waarden en trek hieruit voorzichtige conclusies.

Experiment 2

- maak nu gebruik van proefopstelling II van figuur 27.
- vul de plexiglasbuis met water tot de '100 ml ijkstreep' en plaats hierop de roestvrij stalen monsterpijp met het bodemprofielmonster.
- meet de tijd die nodig is voor het leeglopen van de plexiglasbuis wanneer de monsterpijp het bodemprofielmonster bevat.
- meet vervolgens de tijd die nodig is voor het leeglopen van de plexiglasbuis wanneer de monsterpijp leeg is.
- bereken nu voor diverse bodemprofielmonsters de ventilatiesnelheid V in $\text{m} \times \text{s}^{-1}$.

Opdrachten:

2. Vergelijk de in dit experiment berekende waarden en trek hieruit voorzichtige conclusies.
3. Vergelijk de in de experimenten 1 en 2 gevonden waarden en trek hieruit voorzichtige conclusies.



Figuur 27. Methode ter bepaling van de luchtdoorlatendheid van een bodem

M-21 Bepaling van de infiltratiecapaciteit van verschillende bodemmonsters

Benodigheden:

- metalen of PVC-buis; Ø 188,2/200 mm; hoogte ± 30 cm; onderkant schuin afgeslepen (fig. 26)
- 5000 ml fles
- dubbeldoorboorde rubberstop
- 2 plexiglasbuisjes; Ø 9/13 mm
- ronde PVC-schijf; Ø 200 mm; met gat Ø - Ø hals 5000 ml fles

Uitvoering:

- calibreer de 5000 ml fles zo nauwkeurig mogelijk en vul deze met water.
- plaats de dubbeldoorboorde rubberstop op de fles.
- monteer de twee plexiglasbuisjes zoals op fig. 28 is aangegeven.
- plaats de infiltratiebuis op de bodem en druk de schuin afgeslepen onderkant 5 cm de bodem in.
- plaats de 5000 ml fles met behulp van de PVC-schijf omgekeerd op de infiltratiebuis.
- lees met vaste tijdsintervallen het aantal ml geïnfiltrerd water af.
- maak een cumulatieve curve van het infiltratieproces gedurende een bepaalde tijd.
- bereken de infiltratiecapaciteit van een aantal droge en natte bodems, hierbij gebruikmakend van onderstaande formule:

$$I_c (\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}) = \frac{\Delta A}{B \times \Delta t}$$

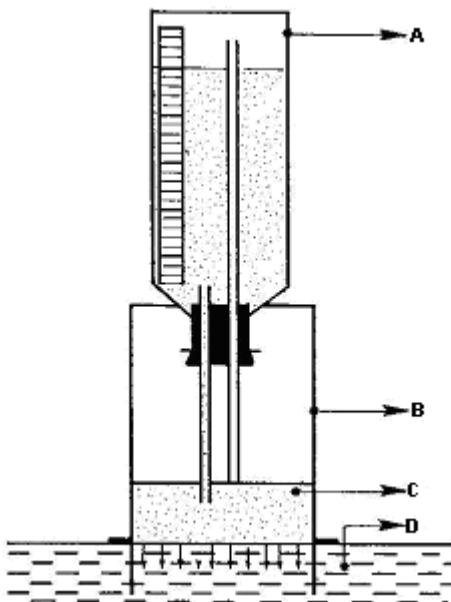
ΔA = ml infiltratiewater.

B = oppervlak doorsnede infiltratiebuis in cm^2 .

Δt = tijdsduur van de infiltratie.

Opdracht en vragen:

1. Verricht alle bepalingen in duplo voor drie verschillende bodemtypen,
2. Bevestigt dit experiment de wet van Poiseuille?



Figuur 28. Bepaling van I_c .
A = gecallibreerde 5000 ml fles
B = infiltratiebuis
C = infiltrerend water
D = bodem

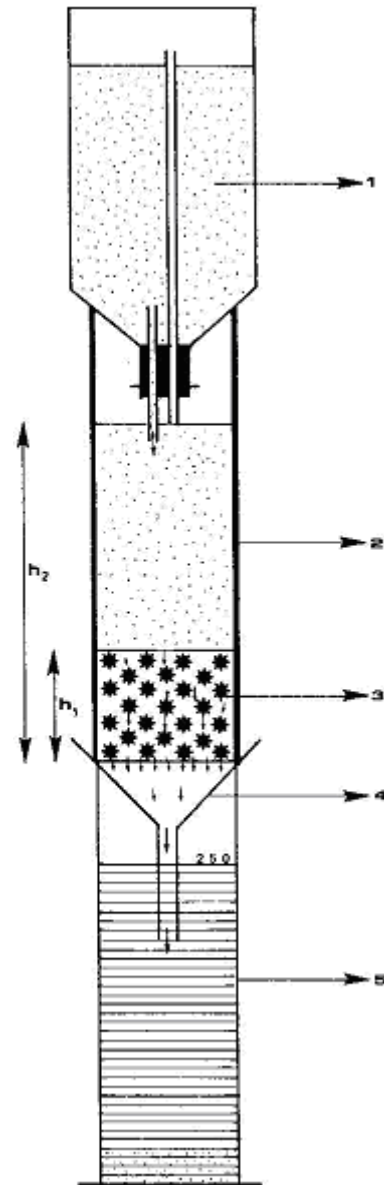
M-22 Bepaling van de verticale doorlatendheid van verschillende bodems

Benodigheden:

- metalen of PVC-monsterpijp; \varnothing 60 en hoogte 200 mm; onderkant schuin afgeslepen
- statief met klemmen
- fijnmazig nylongaas
- elastiekjes
- schop
- mes
- houten hamer en drukring (fig. 26)
- 500 ml fles
- dubbeldoorboorde rubberstop
- twee plexiglasbuisjes; \varnothing 13/9 mm
- trechter
- 250 ml maatcilinder
- chronometer

Uitvoering:

- verwijder van een te onderzoeken bodem de bovenste laag van 2 cm dikte.
- druk of sla, gebruikmakend van drukring en hamer, de monsterpijp 5 cm de bodem in.
- graaf de monsterpijp zorgvuldig uit.
- snij de onderkant van het bodemmonster vlak af.
- ondersteun het bodemmonster aan de onderkant, daarbij gebruikmakend van nylongaas en elastiekjes,
- plaats de monsterpijp nu in een bak met water, zodanig dat de waterspiegel in de bak 1 cm onder het bovenvlak van het bodemmonster zit.
- haal de monsterpijp uit de bak zodra het bodemmonster met water verzadigd is (bodemmonster 'glimt' dan vaak aan de bovenkant).
- maak vervolgens de proefopstelling van fig. 29.



Figuur 29. Bepaling van verticale doorlatendheid van een bodem.

- 1 = 500 ml fles met water
- 2 = monsterpijp
- 3 = bodemmonster
- 4 = trechter
- 5 = 250 ml maatcilinder

- bepaal nu niet behulp van onderstaande formule de verticale doorlatendheid:

$$D_v \text{ (mlxcm}^{-2}\text{)} = \frac{\Delta A \times h_1}{B \times \Delta t \times h_2}$$

ΔA = ml doorgestroomd water gedurende Δt .

B = oppervlak van de doorsnede van het bodemmonster in cm^2 ,

h_1 = hoogte van het bodemmonster.

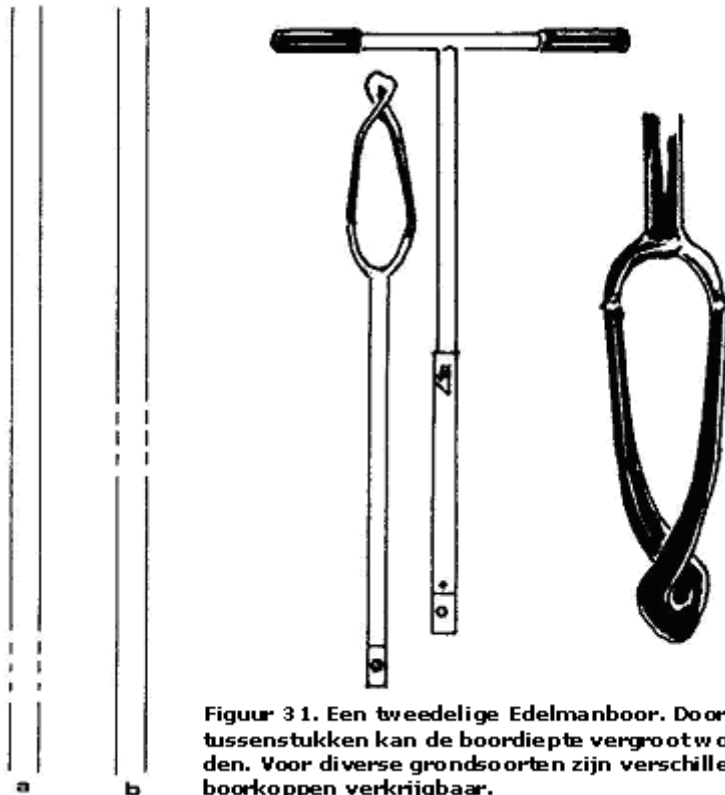
h_2 = hoogte van de waterzuil in en boven het bodemmonster.

M-23 Bepaling van het freatisch vlak van een gebied onder verschillende omstandigheden

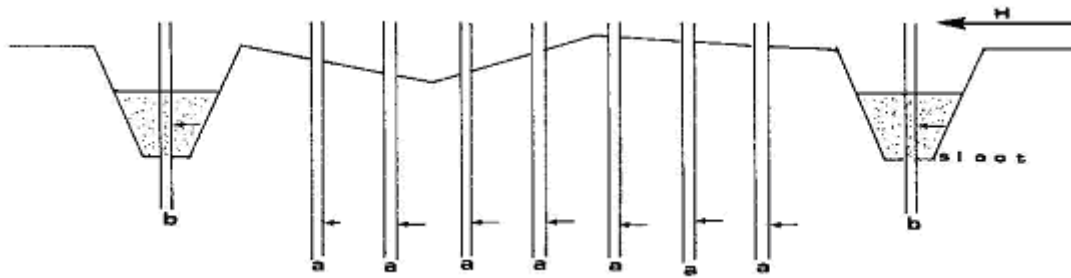
Benodigheden:

- 10 waterstandsbuizen: PVC-buizen; $\text{\O} 50/46,4$; te kiezen na een proefboring! type: (fig. 30a).
- 2 waterstandsbuizen: PVC-buizen; $\text{\O} 50/46,4$; lengte: aanpassen aan de situatie ter plekke; type: (fig. 30b)
- 12 afdekkapjes: speciedeksels; $\text{\O} 50$; hoogte 20
- grondboor (tweedelige Edelmanboor); (fig. 31)
- waterpas en lat hydrosonde (fig. 33)
- regenmeter

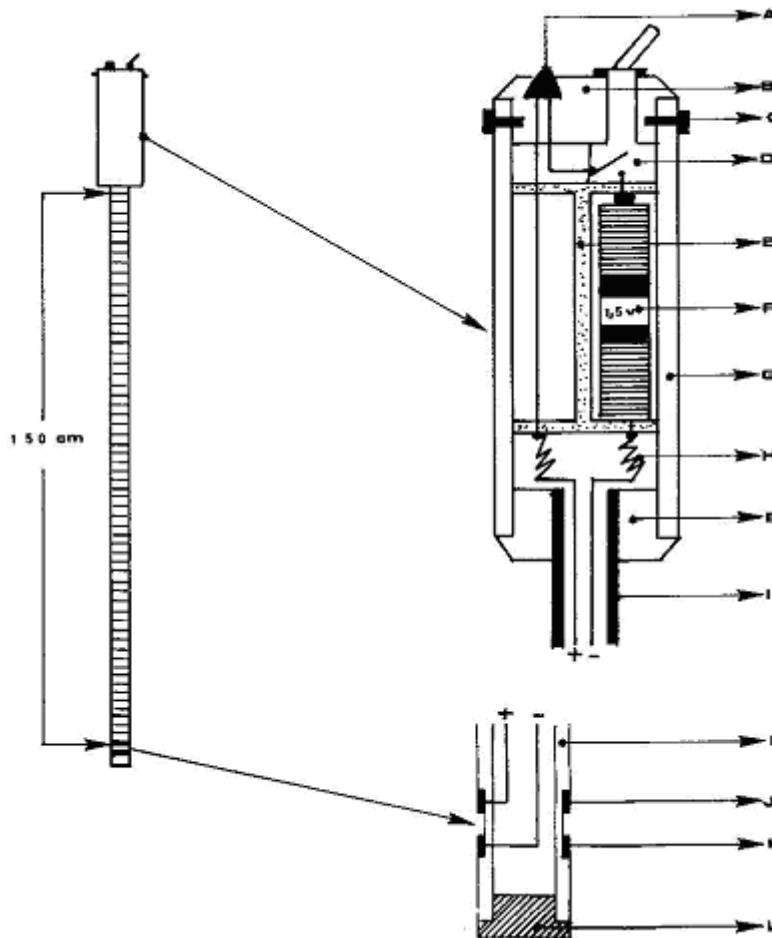
Figuur 30. Waterstandsbuizen. Perforaties op verschillende hoogten.



Figuur 31. Een tweedelige Edelmanboor. Door tussenstukken kan de boordiepte vergroot worden. Voor diverse grondsoorten zijn verschillende boorkoppen verkrijgbaar.



Figuur 32. Plaatsing waterstandsbuizen in een gebied



Figuur 33. Hydrosonde

A = L.E.D., type TLR-107, B = afsluitdekseltjes (onderste verlijmd), C = schroefjes voor het vastzetten van het bovenste afsluitdekseltje, D = schakelaar, E = batterijhouder, F = 1,5 V-batterij, G = PVC-buis; \varnothing 40/33,6; lengte 150, H = soepel electr. snoer; lengte 200, I = pexiglasbuis; \varnothing 13/9; lengte 1600, J = anode (+pool); koperen ring, K = kathode (-pool); koperen ring, L = pexiglas-afsluitdekseltje.

(in de 150 cm lange pexiglasbuis van de hydrosonde zit een metalen meetlint met een breedte van 6 mm, afkomstig van een Nooitgedagt rolmaat, waarvan het nulpunt correspondeert met de onderkant van ring J).

Uitvoering:

- zoek een geschikt natuurgebiedje uit; bij voorkeur omgeven door sloten; bodemwaterspiegel liefst niet te laag.
- stel door een proefboring de diepte van de bodemwaterspiegel vast
- maak vervolgens langs een rechte lijn 10 boorgaten op onderling gelijke afstand.
- plaats de 10 waterstandsbuizen in de 10 boorgaten, zodanig dat de perforatie zich in ieder geval onder het freatisch vlak bevindt.
- plaats de 2 waterstandsbuizen in de sloten: zie fig. 32.
- zorg ervoor dat de bovenkant van alle buizen in één horizontaal vlak liggen; maak hierbij gebruik van lat en waterpas.
- bepaal nu met behulp van de hydrosonde zeer regelmatig de diepte van de bodemwaterspiegel.
- noteer tevens de hoeveelheden neerslag per etmaal.

Opdracht:

1. Probeer een beeld te vormen over het verloop van het freatisch vlak gedurende de seizoenen en tracht tevens de invloed na te gaan van de regenval op dit vlak.

M-24 De verspreiding van planten en het freatisch vlak

De verspreiding van planten is afhankelijk van tal van abiotische factoren zoals o.a. de hoogte van de bodemwaterspiegel.

Benodigheden:

- een geaccidenteerd gebied waarin *Ranunculus bulbosis* L., *Ranunculus acris* L. en *Ranunculus repens* L. veelvuldig voorkomen
- grondboor
- hydrosonde type W (fig. 33)

Uitvoering:

- zoek een geaccidenteerd terrein, bijvoorbeeld met ruggen en voren, waar de knol-, de scherpe en de kruipende boterbloem veelvuldig voorkomen.
- tracht de zones te ontdekken waarin deze planten vrijwel afzonderlijk voorkomen onder andere door te letten op de ongelijke bloeiperioden!
- bepaal in deze drie zones door middel van boorgaten de hoogte van de bodemwaterspiegel.

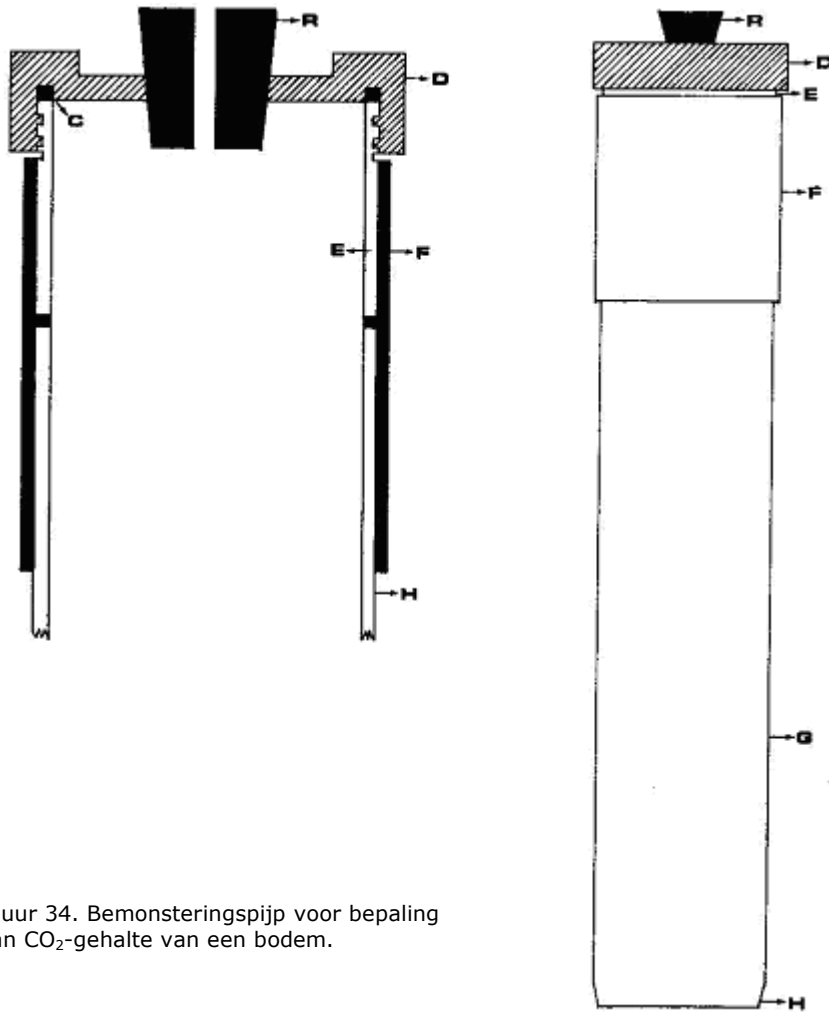
Vraag:

1. Bestaat er ook een correlatie tussen het voorkomen van de drie boterbloemsoorten en de hoogte van de grondwaterspiegel? Welke?

M-25 Bepaling van het CO₂-gehalte van de bodemlucht

Benodigheden:

- ± 30 cm PVC-buis, Ø uitw. 7,5 cm, Ø inw. 6,7 cm
- PVC-eindstuk (= stukje pijp met schroefdraad en deksel met schroefdraad en afsluitring) voor PVC-buis met Ø uitw. 7,5 cm
- PVC-sok voor de verbinding van PVC-buis en PVC-eindstuk
- enkeldoorboorde rubberstop
- driewegkraan

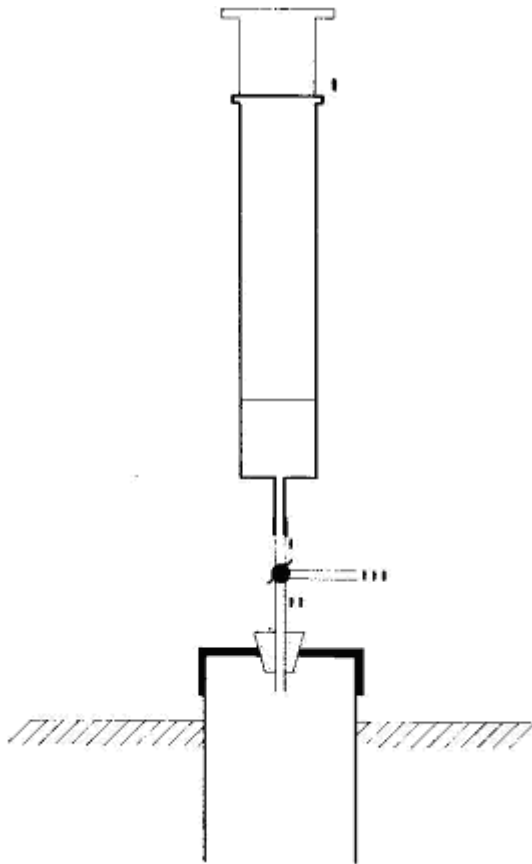


Figuur 34. Bemonsteringspijp voor bepaling van CO₂-gehalte van een bodem.

- gasmeetspuit van 100 ml
- 7 cm rubberslang, Ø uitw. ± 0,7 cm
- 1000 ml Ca(OH)₂ 0,001 N
- 10 ml fenolftaleïne-oplossing 1 %-ethanol
- buret
- trechtertje
- 2 bekersglazen 100 ml

Uitvoering:

- construeer de bemonsteringspijp als aangegeven in figuur 34.
- maak in de bodem een gat met Ø 5-6 cm, tot de gewenste diepte.
- druk hierin voorzichtig de bemonsteringspijp tot de gewenste diepte.
- monteer de rubberstop met driewegkraan en gasmeetspuit als aangegeven in figuur 35.
- plaats de driewegkraan in stand I → II.
- zuig nu lucht op uit de bemonsteringspijp.
- plaats de driewegkraan in stand I → III.
- pers de lucht uit de gasmeetspuit.
- herhaal deze laatste 4 handelingen een dertig maal.



Figuur 35. proefopstelling ter bepaling van CO₂-gehalte van een bodem

- plaats de driewegkraan weer in stand I → II, met de zuiger in de laagste stand.
- laat de opstelling zo enkele uren staan.
- zuig daarna 100 ml bodemlucht in de gasmeetspuit.
- trek de gasmeetspuit los van de rubberslang en sluit deze bliksemsnel af met de wijsvinger.
- druk de zuiger van de gasmeetspuit tot stand 75 ml en laat door even oplichten van de wijsvinger 25 ml bodemlucht ontsnappen.
- herhaal deze handelingen enkele malen om handigheid te verkrijgen.
- breng nu de met de wijsvinger afgesloten opening van de spuit zo ver mogelijk in een bekeerglas gevuld met de Ca(OH)₂-oplossing waaraan 3-4 druppels fenolftaleïne-oplossing zijn toegevoegd en zuig hiervan enkele ml op.
- sluit onder het vloeistofoppervlak de opening weer af met de wijsvinger en beweeg de spuit in horizontale stand heen en weer met als resultaat dat de oplossing ontkleurt.
- zuig opnieuw een kleine hoeveelheid Ca(OH)₂ op en herhaal de handelingen totdat er geen ontkleuring meer optreedt. De laatste keren zuinig zijn met opzuigen!
- meet in een gedeeltelijk gevulde buret de opgezogen hoeveelheid Ca(OH)₂ door deze via een trechter hierin te spuiten: eindstand - beginstand = opgezogen hoeveelheid.
- bepaal nu de gemiddelde hoeveelheid van drie waarnemingen.
- bereken nu het CO₂-gehalte van de bodemlucht als gegeven is, dat 50 ml Ca(OH)₂ 0,0005 M ± 0,56 ml CO₂ kan binden.

Opdracht:

1. Bepaal het CO₂-gehalte van diverse bodemtypen en tracht verklaringen te geven voor de gevonden verschillen.

M-26 Bepaling van de pH van de bodem

In het laboratorium wordt de pH doorgaans gemeten met behulp van een elektrische pH-meter. De pH wordt of in water (pH-H₂O) of/en in 1 M KCl (pH-KCl) bepaald. De pH-H₂O is het meest significant voor de plantengroei, doch is sterk afhankelijk van de tijd van het jaar (seizoenschommelingen). De pH-KCl is in mindere mate afhankelijk van de tijd van het jaar en is daardoor landbouwkundig het beste te hanteren. De pH-KCl heeft een lagere waarde dan pH-H₂O. Het verschil is afhankelijk van de grootte van de pH.

Benodigdheden:

- pH-meter of pH-papier
- goed gemengd grondmonster
- aqua dest.
- 500 ml 1 M KCl (74,5 g kaliumchloride aangevuld met aqua dest. tot 1 liter)
- 4 erlenmeyers
- schudmachine

Uitvoering:

- weeg vier maal 20 gram grondmonster af en doe dit in vier erlenmeyers.
- voeg aan twee monsters elk 50 ml aqua dest. en de andere twee monsters elk 50 ml 1 M KCl toe.
- schud de erlenmeyers flink en bepaal na een uur in de bovenstaande heldere vloeistof de pH.
- bepaal indien mogelijk na 24 uur de pH nogmaals.

Opdracht:

- a. Verricht deze bepalingen bij diverse bodemtypen (diverse vegetaties) en trek zo mogelijk conclusies!

M-27 De pH-verandering van de bodem door toevoeging van mineralen

Benodigdheden:

- 100 g gedroogde fijngemalen klei
- 100 g gedroogde potgrond
- 100 g gedroogd zand
- 300 ml 1N KCl
- 12 erlenmeyers van 100 ml inhoud
- pH-meter (eventueel pH-papier)

Uitvoering:

- vul 2 erlenmeyers elk met 20 g klei en 50 ml aqua dest.
- vul 2 erlenmeyers elk met 20g klei en 50 ml 1N KCl.
- vul 2 erlenmeyers elk met 20 g potgrond en 50 ml aqua dest.
- vul 2 erlenmeyers elk met 20 g potgrond en 50 ml 1N KCl.
- vul 2 erlenmeyers elk met 20 g zand en 50 ml aqua dest.
- vul 2 erlenmeyers elk met 20 g zand en 50 ml 1N KCl.
- schud de erlenmeyers goed en evenlang en meet de pH-waarden.
- herhaal de pH-meting na twee uren.

Opdracht:

1. Verklaar de waargenomen veranderingen en de verschillen.

M-28 De buffercapaciteit van verschillende bodems

Benodigdheden:

- 80 g gedroogde klei
- 80 g gedroogde potgrond
- 80 g gedroogd zand
- 500 ml aqua dest.
- 100 ml 0,1 N HCl
- buret, statief en klem
- 10 erlenmeyers van 250 ml inhoud
- waterstraaipomp
- Buchnertrechter en filtreerpapier
- afzuigkolf
- trechter en filtreerpapier
- pH-meter (eventueel pH-papier)

Uitvoering:

- vul 2 erlenmeyers elk met 40 g gedroogde klei en 100 ml aqua dest.
- schud de inhoud zo lang tot de pH niet meer verandert.
- voeg aan de inhoud van de ene erlenmeyer met tussenpozen van 2 minuten steeds 0,5 ml 0,1 N HCl toe en noteer in een tabel de gemeten pH-waarden.
- voeg in totaal twintig maal 0,5 ml HCl toe.

Opdracht:

1. Maak een grafiek van het verloop van de pH.

Uitvoering:

- neem nu de andere erlenmeyer met klei en aqua dest.
- filtreer de inhoud met behulp van de Buchnertrechter (alternatieve methode: laat de klei bezinken en centrifugeer het supernatant gedurende 5 minuten bij 6000 omw./min.).
- voeg aan het filtraat (gecentrifugeerde supernatant) met tussenpozen van 2 minuten steeds 0,5 ml 0,1 N HCl toe en noteer in een tabel de gemeten pH-waarden.
- voeg in totaal twintig maal 0,5 ml HCl toe.

Opdracht:

2. Maak een grafiek van het verloop van de pH.

Uitvoering:

- doe hetzelfde nu voor potgrond, zand en aqua dest.

Opdracht:

3. Maak zowel voor de potgrond-, zand- en aqua dest.-proeven elk twee grafieken (totaal 6), en verklaar de verloop-verschillen van de 8 grafieken.

M-29 Het voorkomen van organismen in relatie tot de pH van de bodem

Benodigdheden:

- grondorgel (zie figuur 36)
- 20 regenwormen/wormen
- 4 verschillende grondmonsters
- vermiculite
- 4 bakjes of grote petrischalen
- 4 bufferoplossingen:
 - bufferoplossing I - pH 2,8 (15 ml 0,2M K_2HPO_4 + 85 ml citroenzuur 0,1 M)
 - bufferoplossing II - pH 4,4 (45 ml 0,2M K_2HPO_4 + 55 ml citroenzuur 0,1 M)
 - bufferoplossing III - pH 6,0 (65 ml 0,2M K_2HPO_4 + 35 ml citroenzuur 0,1 M)
 - bufferoplossing IV - pH 7,6 (95 ml 0,2M K_2HPO_4 + 5 ml citroenzuur 0,1 M)

Uitvoering 1:

- plaats in ruimte W het klosje K (figuur 36).
- vul de ruimte I t/m IV van het grondorgel met de vier verschillende grondmonsters, hierbij gebruik makend van het binnendeksel A.
- verwijder klosje K en binnendeksel A en vervang dit laatste door binnendeksel B.
- deponeer de wormen één voor één in ruimte A; de volgende worm pas als de voorgaande hieruit verdwenen is. Dit proces is te versnellen door een sterke lichtbron boven ruimte W te plaatsen.
- verwijder binnendeksel B en vervang dit door het buitendeksel C.
- wacht \pm 60 minuten.
- verwijder het buitendeksel en plaats klosje K in ruimte W,
- verwijder de grondmonsters I t/m IV, hierbij gebruik makend van binnendeksel A, en doe deze in de vier gereedstaande bakjes of petrischalen.
- tel het aantal wormen per grondmonster.

Opdracht:

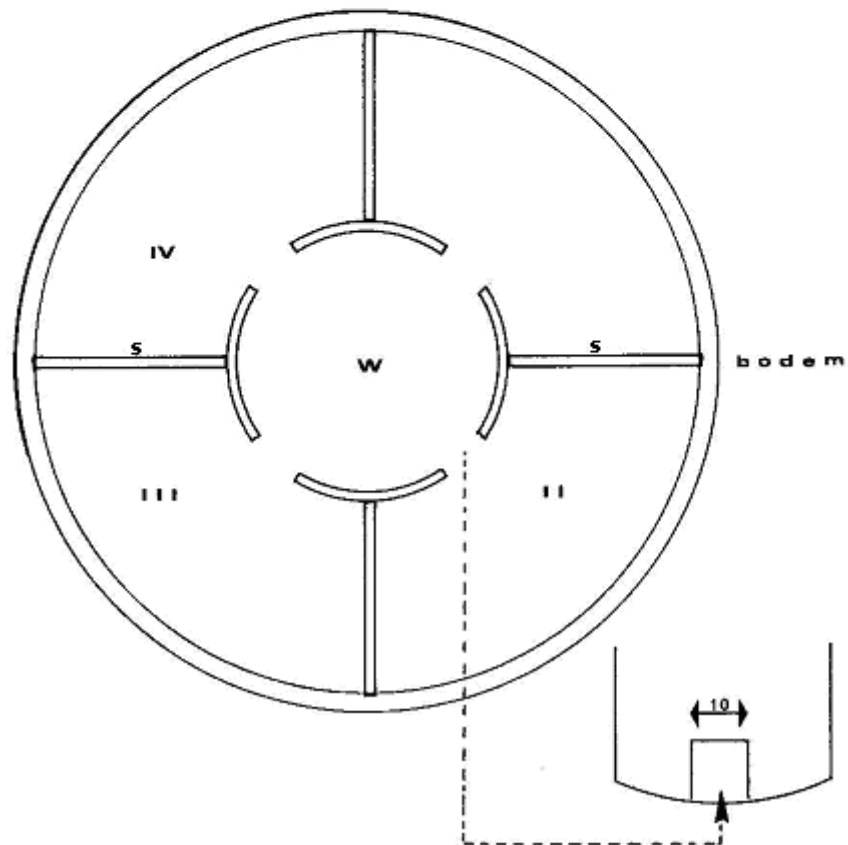
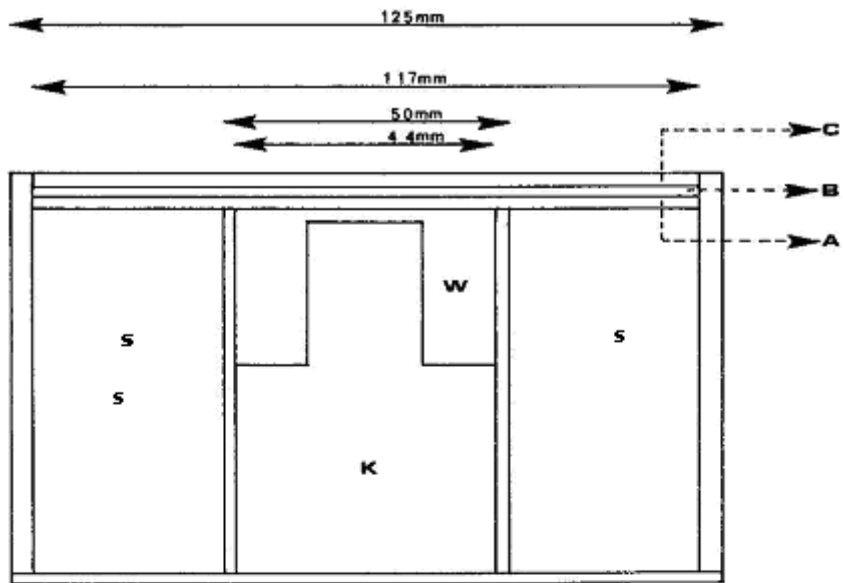
1. Herhaal bovenstaande proef enkele malen met dezelfde grondmonsters en trek daarna voorlopige en voorzichtige conclusies.

Uitvoering 2:

- was de vermiculite grondig met leidingwater en daarna met aqua dest.
- knijp de vermiculite zo droog mogelijk en verdeel het over de 4 bufferoplossingen (I t/m IV).
- vul de vier afdelingen elk met één van de vier vermiculite-porties.
- handel vervolgens zoals onder uitvoering 1 is aangegeven.
- tel het aantal wormen van elk der vier vermiculite-porties.

Opdracht:

2. Herhaal bovenstaand experiment enkele malen of verzamel de gegevens van de medepracticanten en trek conclusies.
3. Wat is het voordeel van experiment 2 in vergelijking met experiment 1?



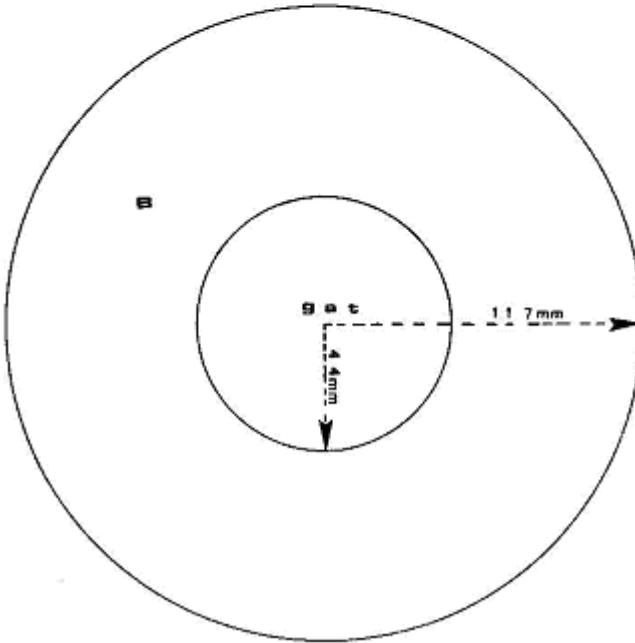
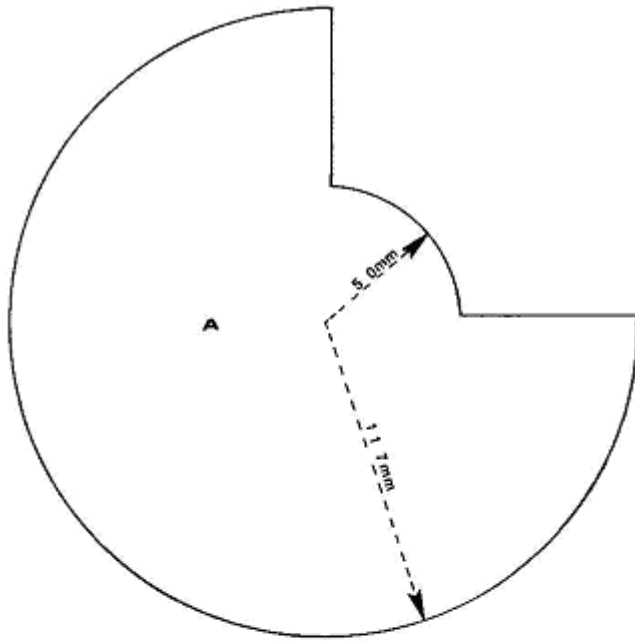
Figuur 36. Grondorgel.

Benodigde materialen:

Pvc-buis Ø uitw. 12,5 cm
wanddikte 0,4 cm

Pvc-buis Ø uitw. 5,0 cm
wanddikte 0,3 cm

Pvc-plaat dikte 0,2 cm



M-30 De invloed van de pH van de bodem op de groei van de plant

De pH heeft invloed op de lengtegroei bij planten. Bij veel weefsels wordt de celstrekking door afgifte van H^+ -ionen door het cytoplasma geïnduceerd. De celwand wordt week en kan dan aan de turgordruk toegeven. In een intacte plant maken de fytohormonen indol-3-azijnzuur en gibberellinezuur de H^+ -ionen uit het cytoplasma vrij (zie Biothema 6, pag. 73 e.v.).

Benodigdheden:

- zaai haver (*Avena sativa*)/zaaitarwe (*Triticum vulgare*)
- 7 petrischalen Ø 100 mm
- pH-meter/ pH-universeel indicatorpapier/pH-universeel indicatorstaafjes
- 4 maatpipetten 50 ml en buretten
- 7 flesjes 100 ml
- 3 flessen, resp. 150, 200 en 500 ml
- microscoop
- oculairmicrometer
- plexiglas; dikte 5 mm
- plexiglas; dikte 4 mm
- scheermesjes
- prepareernaalden
- objectglaasjes
- 2 petrischalen, 20 x 150 mm, broedstoof
- celstof (papier zakdoekjes)
- 150 ml 0,01 M HCl
- 500 ml 0,015 M KH_2PO_4
- 200 ml 0,015 M Na_2HPO_4

Vorbereiding:

- maak 7 bufferoplossingen met pH 2,1; 3,6; 4,7; 5,0; 6,0; 7,0 en 8,0; volgen tabel 19.

Tabel 19

<i>Bufferoplossingen</i>			
pH	ml 0,01 M HCl	ml 0,015 M KH_2PO_4	ml 0,015 M Na_2HPO_4
2,1	95,00	5,0	-
3,6	5,00	95,00	-
4,7	-	100,00	-
5,0	-	99,05	0,95
6,0	-	87,90	12,10
7,0	-	38,80	61,20
8,0	-	30,10	69,90

- voorzie de 2 grote petrischalen van drijfnatte celstoflaag.
- ontdoe de haver van het kaf en zaai deze regelmatig uit op de celstof.
- plaats de petrischalen met deksel in een volslagen donkere ruimte bij $\pm 25^\circ$ (broedstoof).
- na 3-4 dagen 80 zaden uitzoeken met coleoptielen van 20-25 mm.

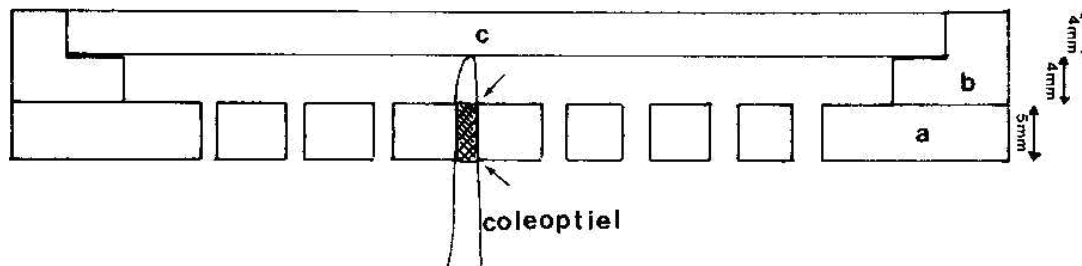
Uitvoering:

- snijd de coleoptielen aan de basis af.
- snijd nu, gebruikmakend van het sjabloon (figuur 37) de coleoptielen op 4 en 9 mm van de top door.
- deponeer nu in de 7 petrischalen waarin de diverse bufferoplossingen zitten de coleoptielcilindertjes van 5 mm (10 coleoptielcilindertjes/petrischaal).

- meet 18 uur na het inzetten de coleoptielcilindertjes weer, gebruikmakend van microscoop en oculairmicrometer.
- vermeld de gevonden lengtes in tabel 20 en maak een grafische voorstelling: X-as = pH, Y-as = percentage groeitoename.

Tabel 20

	<i>Lengte coleoptielen na 18 uur in bufferoplossing</i>						
	2,1	3,6	4,7	5,0	6,0	7,0	8,0
gem.							
% groei toename							



Figuur 37. Sjabloon voor het snijden van coleoptielen.
 a = plexiglasplaatje; dikte 5 mm, waarin boorgaten met diameter van: 1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6 en 1,8 mm, b = 2 op elkaar gelijkde plexiglasstrips, c = plexiglasplaatje; dikte 4 mm. Een coleoptiel wordt in een passend gat gestoken, waarna de 5 mm stukjes worden gesneden (bij de pijltjes).

M-31 Opname van water en zouten door wortels

1. Wateropname

Het grootste gedeelte van de wateropname van een plant vindt plaats door de wortels, zelfs vaak ook bij ondergedoken waterplanten.

De variatie in wortelstelsel is tussen de diverse plantensoorten groot (o.i.v. het genotype), doch ook binnen de soorten komen grote variaties voor (o.i.v. milieufactoren: grondsoort, hoeveelheid beschikbaar water, ionenconcentraties, concurrentie, enz.).

De zone met de grootste wateropname bevindt zich dicht achter de worteltop (1-2 cm) en is vaak uitgerust met wortelharen (vergroting van het uitwisselingsoppervlak).

Zie Biothema 2, pag. 12 e.v.

2. Zoutopname

Uit watercultureproeven is duidelijk gebleken dat de opname van ionen sneller of minder snel verloopt dan die van water.

Dat bij de opname van ionen minstens één metabolisch proces betrokken is blijkt duidelijk uit het feit dat:

- een stijging van 10° C (10 → 20 °C) de opnamesnelheid van ionen vertwee- of verdrievoudigt; dit wijst duidelijk in de richting van enzymactiviteit, immers bedraagt de Q_{10} voor diffusie van ionen slechts 1,3.
- boven de 35°C de ionenopnamesnelheid weer afneemt.
- de absorptie tegen een concentratiegradiënt in verloopt, hetgeen in strijd is met de diffusiewetten en dus energie vereist.
- de opname van ionen gevoelig is voor het zuurstofgehalte, hetgeen duidelijk in de richting wijst van een oxidotisch proces dat hierbij betrokken is.
- enzymremmers, zoals cyaniden en koolmonoxide, de ionenopname negatief beïnvloeden.
- de ionenopname sterk afhankelijk is van de aanwezigheid van suikers.

Men neemt aan dat de energie die vrijkomt bij de metabolische processen in de wortel o.a. wordt gebruikt voor het produceren van 'carriers' en de totstandkoming van het 'carrier-ion-complex'. Zie Biothema 2, pag. 12 e.v.

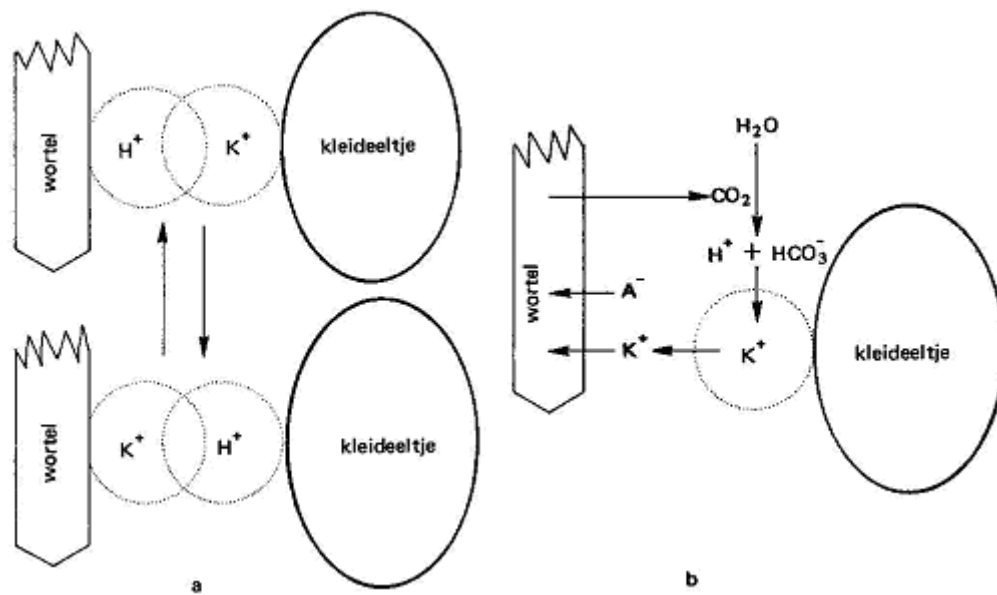
3. Ecologische aspecten

Aangezien zuurstof een belangrijke rol speelt bij de opname van zouten zal een hoge bodemwaterspiegel en/of een laag zuurstofgehalte een belemmering zijn voor veel planten.

Kalkmijdende planten zoals Zachte Witbol, *Holcus mollis* L. en Liggend Walstro, *Galium saxatile* L., schijnen een grote behoefte te hebben aan veel K^+ - en PO_4^{3-} - ionen en nu blijkt calcium de opname van deze ionen te belemmeren (antagonisme).

Kalkminnende planten zoals Kalkbedstro, *Asperula cynanchica* L. en *Scabiosa columbaria* L., Duifkruid, worden verondersteld alleen te kunnen groeien op bodems met een hoge pH, die vaak $CaCO_3$ bevatten; deze planten kunnen echter ook wel op zure bodems groeien.

Zo blijkt de aanwezigheid van Al belemmerend te werken op de ontwikkeling van wortels.



Figuur 38. a. Schema van de uitwisselingshypothese via contact uitwisseling, b. Idem via de CO_2 -uitwisseling.

4. Opname van zouten in relatie tot de temperatuur en het zuurstofgehalte

Benodigheden:

- 300 wortelpunten van gerst; lengte 10 mm
- 1 Büchnertrechter
- rondfilters
- 1 bekersglas van 500 ml inhoud
- 3 erlenmeyers van 500 ml inhoud
- 3 dubbeldoorboorde rubberstoppen
- plexiglasbuis; \varnothing 9/13 mm
- waterstraalpompe en luchtpompe
- ijsblokjes
- stikstofcilinder
- vacuümpompe
- 3 pipetten van 50 ml inhoud
- 3 flesjes met goed sluitende stoppen van 100-200 ml inhoud
- 25 ml 1M azijnzuur
- 1 erlenmeyer van 50 ml inhoud
- 0,5% eosine-oplossing (water)
- 1 buret
- 500 ml 50 M AgNO_3
- 500 ml 200 M KBr

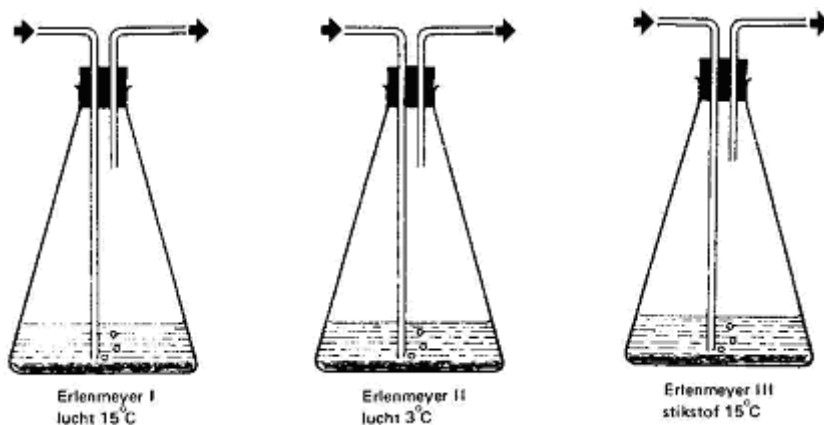
Uitvoering (fig. 39):

- pipetteer in elk van de drie erlenmeyers 100 ml 200 M KBr.
- de erlenmeyers I en II worden met behulp van de luchtpomp of waterstraalpompeer doorlucht,
- erlenmeyer II wordt door smeltend ijs op $\pm 3^\circ\text{C}$ gehouden.
- de KBr oplossing in erlenmeyer III wordt met behulp van de vacuümpomp aan het koken gebracht ('ontzuurstoft').
- vervolgens onder doorleiding van stikstof de druk in erlenmeyer III tot 1 atmosfeer terug brengen.
- de erlenmeyers I en III op kamertemperatuur brengen ($\pm 15\text{-}20^\circ\text{C}$).
- snij 300 worteltopjes (10 mm) van gersteplantjes en doe deze direct in een bekeerglas met water.
- spoel de wortelpunten in stromend leidingwater grondig schoon.
- deponeer vervolgens de worteltoppen in de Büchnertrichter en tel op vochtig filtreerpapier drie porties van 100 wortelpunten uit.
- voeg aan ieder van de drie erlenmeyers een portie wortelpunten toe.
- pipetteer na drie uren uit elk der erlenmeyers 50 ml KBr in de drie goed afsluitbare flesjes.
- voeg aan de inhoud van deze flesjes 5 ml 1M azijnzuur en twee druppels 0,5% eosine-oplossing toe.
- titreer onder voortdurend krachtig schudden (stop gebruiken!) met de AgNO_3 -oplossing.
- titreer tot het optreden van een heirode kleur (= eindpunt).
- vul aan de hand van de gevonden waarden tabel 21 in, waarin de opname van bromide in de erlenmeyer I op 100 is gesteld.

No. erlenmeyer / Omstandigheden	No. experiment 1 leerling							
	1	2	3	4	5	6	7	8
I /lucht 15°C	100	100	100	100	100	100	100	100
II /lucht 3°C								
III /stikstof 15°C								

Tabel 21**Vraag:**

1. Wat kan men uit de verkregen gegevens concluderen?



Figuur 39. Opname van zouten door wortels in relatie tot de temperatuur.

a. Levende micro-organismen in bodems

Benodigdheden:

- bodemmonsters
- erlenmeyers, gaas, kalkwater, rubber stoppen, garen, zeef

Uitvoering:

- zeef de monsters.
- verhit een deel van het monster gedurende circa 20 minuten en laat afkoelen.
- breng in twee erlenmeyers een laagje van circa 2 cm kalkwater.
- knip twee vierkantjes zeer fijn gaas van circa 12x12 cm.
- doe in het ene stukje gaas wat uitgegloeide monster, maak er een zakje van en bindt het met garen dicht; laat er een lang stuk garen aanzitten.
- doe in het andere stukje gaas de niet-uitgegloeide monster, maak een zakje zoals hiervoor beschreven.
- hang in elke erlenmeyer een zakje, zodanig dat het enkele cm boven het kalkwater hangt. Het losse eindje garen door de opening naar buiten en met een rubber stop afsluiten. Het zakje hangt nu vast.
- erlenmeyers merken met: 'wel' en 'niet' (uitgegloeid).

Vragen:

1. Welk van de twee proefopstellingen is de controleproef?
2. Met welk doel is de controleproef ingezet?
3. Wat gebeurt er met het kalkwater in de erlenmeyers? Verklaar.
4. Waarom is de grond gezeefd?
5. Kan men uit de resultaten concluderen dat er micro-organismen in het monster zaten en waarom?
6. Welke rol spelen deze organismen in de grond?
7. Hoe zou na te gaan zijn welke invloed de grondsamenstelling heeft op de aanwezigheid van micro-organismen?

b. De kwantitatieve bepaling van de biologische activiteit

Micro-organismen zijn onontbeerlijk voor de vruchtbaarheid van de bodem. In dit experiment worden kwantitatieve bepalingen verricht over de totale biologische activiteit in diverse grondmonsters, door de CO₂-productie te meten.

Benodigdheden:

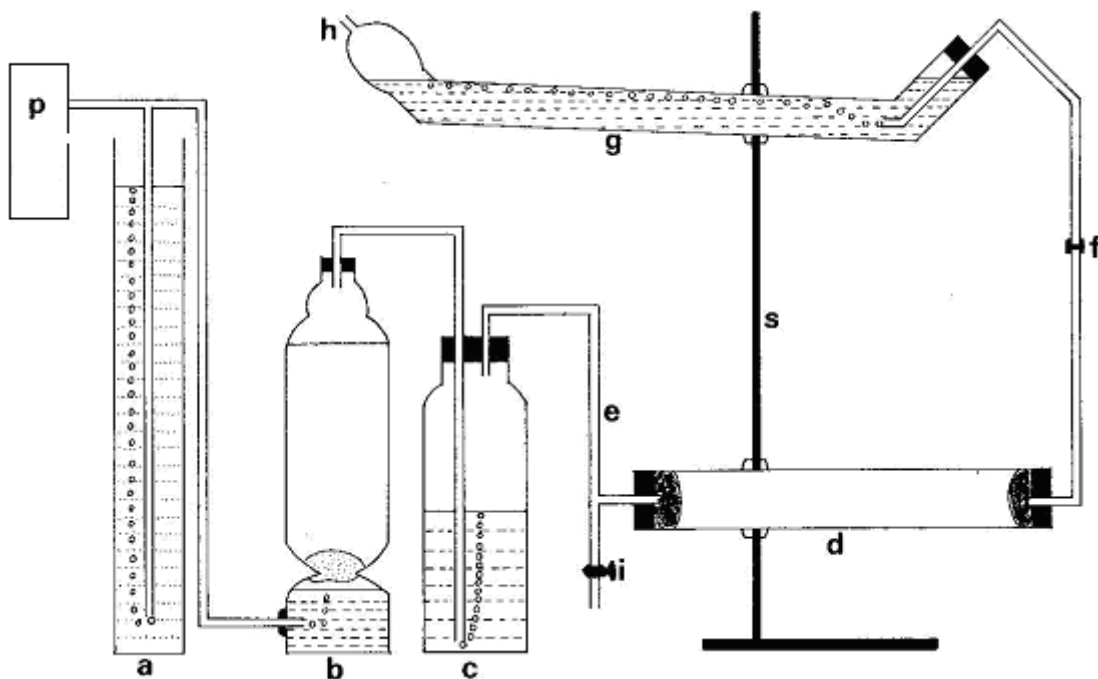
- luchtpomp (P)
- 2 plexiglasbuizen, Ø 38, lengte 500 (fig. 40, a en d)
- 2 enkel doorboorde rubberstoppen
- rubberstop (bodem van a in fig. 40)
- plexiglasbuis Ø 6,6, lengte 1000
- rubberslang Ø 7, lengte 1000
- T-vormig slangverbindingstuk
- gaswasfles, 250 ml
- droogtoren vlg. Fresenius, met tubus zonder kraan, hoogte 315, Ø 45
- Pettenkorfer buis (fig. 40, g)
- buret zonder kraan
- statief met klemmen
- slangklem (fig. 40, f)
- tweewegkraan (fig. 35, i)
- statief met klemmen
- KOH-oplossing 80%
- fenolftaleïne-oplossing 1%

- barietwater: 1,17 g $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$ + 1,0 g BaCl_2 + 1000 ml aqua dest.
- 0,01 N HCl
- kraanburet met statief en buretklem
- grote erlenmeyer
- bekeerglas
- synthetisch wasmiddel
- glaswol

alle maten in mm, tenzij anders vermeld

Uitvoering:

- maak met behulp van bovenstaande benodigdheden de proefopstelling in figuur 40.
- vul buis a met water. Deze zorgt voor een constante druk!
- vul het onderste deel van de droogtoeren met 80% KOH-oplossing.
- vul de gaswasfles (c) met CO_2 -vrij water; inlaatbuisje onder afsluiten en het onderste gedeelte perforeren.
- via kraan: kan meegevoerd water afvloeien.
- buis d wordt gevuld met een grondmonster in losse ligging; eventueel gemengd met glaswol.
- in buis d tegen de rubberstoppen een dotje glaswol.
- de Pettenkorfer buis ietsje hellend monteren en vullen met barietwater.
- de doorstroomsnelheid van de lucht moet ± 50 ml/minuut zijn.
- bepaal de doorstroomsnelheid als volgt:
 - verbind een volkomen vetvrije kraanloze buret met h van de Pettenkorfer buis,
 - doe een beetje vloeibaar synthetisch wasmiddel in de buret,
 - zet de luchtpomp in werking en meet de tijd die een zeepbel nodig heeft over een bepaalde afstand (= aantal ml) en reken dit om per minuut.
- het is ook mogelijk om via het toestel van Scheibler (pag. 64) de doorstroomsnelheid te meten.



Figuur 40. Bepaling van de biologische activiteit in een bodem.

- bepaal nu de CO₂-productie van diverse grond monsters; de hoeveelheid geproduceerde CO₂ kan bepaald worden door het niet gebruikte barietwater terug te titreren met 0,01 N HCl, daarbij een druppel fenolftaleïne-oplossing toegevoegd: 1 ml 0,01 N HCl komt overeen met 2,2 mg CO₂.
- bereken voor de diverse grondmonsters de CO₂-productie in mg/kg grond/24 uur.
- vermeld de gevonden waarden in tabel 22.

<i>Omschrijving van het onderzochte grondmonster</i>	<i>°C temperatuur</i>	<i>mg CO₂/kg x 24 uur</i>

Tabel 22

c. Bacteriologisch onderzoek van de bodem: Zie ook M-82 en 83.

Deze experimenten dienen ons een indruk te geven omtrent het aantal micro-organismen in de bodem die ten dele vernietigd zijn door vergiftiging van de grond door afvalproducten van onze moderne maatschappij.

Als monsters gebruikte men: grond langs een straat in de stad, grond langs een drukke (4-baans) autoweg (op een afstand van 1 m, 10 m en 20 m van de zijkant van die weg) en bosgrond, alsmede grond meegebracht van de excursie.

Vorbereiding en benodigheden: Zie ook M-86 en 87.

- 7 grondmonsters
- 7 in papier verpakte en drooggesteriliseerde kleine mortieren met stamper
- enkele kolven gesteriliseerd water
- 7 gesteriliseerde maatkolfjes inhoud 100 ml
- 42 gesteriliseerde reageerbuizen of cultuurbuizen afgesloten met wattenprop of kap (deze buizen dienen om de verdunningen in te bereiden)
- enige rekken voor deze reageerbuizen
- 49 (minimaal) gesteriliseerde maatpipetten, inhoud 1 ml
- enige metalen mandjes of rekken waarop deze pipetten neergelegd kunnen worden
- 7 gesteriliseerde maatpipetten, inhoud 10 ml
- enige bunsenbranders voor het flamberen der pipetten, enz.
- 35 steriele petrischalen
- 515 ml bouillonagar (103 tabletten of 14,42 gram poeder oplossen in 515 ml gedestilleerd water, steriliseren in autoclaaf 15 min. bij 120° C met 1 atm. stoomdruk): Oxoid Nutriënt Agar CM 3 of CM 4, Bacto Nutriënt Agar 1,5% B 69, Standard-Kiemzahlagar Merck Nr. 1 621.

De samenstelling is niet volledig gelijk:

Tabel 23

	CM 3 of CM 4 g/l	B 69 g/l	Nr. 1621 g/l
vleesextract	1,0	3,0	3,0
gistextract	2,0	-	-
pepton van vlees	5,0	5,0	van caseïne 5,0
natriumchloride	5,0	8,0	5,0
agar	15,0	15,0	12,0
pH	7,4	7,3	7,2

Uitvoering:

- neem 10 gram van het bodemmonster en wrijf dit in een met ethanol 70% gereinigd mortier met steriel water tot een suspensie.
- deze suspensie zonder verlies overbrengen in een steriele maatkolf.
- tot de maatstreep aanvullen met steriel water.
- suspensie goed schudden.
- maak hiervan verdunningen 100x, 1000x, 10.000x, 100.000x en 1.000.000x.
- breng van iedere verdunning ½ ml in steriele petrischalen en giet er daarna 15 ml bouillonagar (CM 3 of CM 4) bij. (N.B. Niet te heet!)
- meng de inhoud door de gesloten schaal voorzichtig over de tafel rond te schuiven.
- bij kamertemperatuur kweken.

Opdrachten:

1. Na 7 dagen telt men het aantal kolonies op iedere plaat. Zijn er meer dan ongeveer 100 kolonies opgekomen, dan is de plaat niet goed bruikbaar om nauwkeurige resultaten te geven. Maak gebruik van M 53b, pag. 146.
2. Tracht bacteriën, schimmels en actinomyceten van elkaar te onderscheiden.
3. Zet de waarnemingen voort tot geen nieuwe kolonies meer opkomen of tot de kolonies elkaar overgroeien.
4. Geef een verslag van de plaatcontroles. Bepaal het aantal micro-organismen in de onderzochte grond, betrokken op 1 gram droge grond.
5. Doe dit zo mogelijk afzonderlijk voor bacteriën, schimmels en actinomyceten.

d. Bacteriologisch onderzoek van de lucht

Overall zijn sporen van micro-organismen in de lucht aanwezig, die als een fijne regen langzaam neerdalen. Vangt men deze sporen op een geschikte voedingsbodem dan kan iedere spore uitgroeien tot een kolonie.

Vorbereiding en benodigdheden: Zie M-86 en 87.

- 4 steriele plastic petrischalen
- 60 ml bouillonagar, Oxoid CM 18 of CM 17 Lab. Lemco Agar namelijk 12 tabletten CM 18 of 1,38 gram poeder CM 17 oplossen in 60 ml gedestilleerd water, steriliseren in autoclaaf, 15 min. bij 120° C met 1 atm. stoomdruk.
Gelijkwaardig van samenstelling zijn: Oxoid Lab Lemco Agar CM 17 of CM 18, Bacto Nutriënt Agar BI, Nähragar Merck Nr. 5450:

Tabel 24

	5CM 17 of CM 18 g/l	B1 g/l	Nr. 5450 g/l
vleesextract	3,0	3,0	3,0
pepton (van vlees)	5,0	5,0	5,0
agar	15,0	15,0	12,0
pH	7,4	6,8	7,0

Uitvoering:

- voorzie iedere petrischaal van 15 ml bouillonagar.
- laat een petrischaal open staan in het leslokaal, een plaat in een gesloten kast, een plaat in de buitenlucht.
- laat deze drie petrischalen gedurende 25 minuten open staan en sluit deze daarna weer met de deksels.
- plaats de vier petrischalen in de broedstof bij 37° C.

Vragen:

1. Op welke plaat zijn na enkele dagen bebroeden de meeste kolonies opgekomen en waarom?
2. Op welke plaat zijn de minste kolonies opgekomen en waarom?
3. Waarvoor diende de vierde plaat?

M-33 Mesobiota**a. dierlijke organismen op en in de bodem**

- a. op de bodem

Benodigdheden:

- los, organisch materiaal van een oppervlakte van 25 x 25 cm grondoppervlak, tezamen met enkele cm van de onderliggende bodem.
- plastic zakken met labels.
- ether, prepareerbak, flesjes met ethanol 70%, pincet, microscoop en loep.

Vorbereiding:

- verzamel materiaal van verschillende plaatsen: tuin, park, bos, weiland, etc.
- doe ieder monster apart in een plastic zak en vul het label in.

Uitvoering:

- doe in iedere plastic zak met materiaal enkele druppels ether, sluit de zak en wacht 5 minuten.
- schud beetje bij beetje het materiaal in de prepareerbak en onderzoek dit op aanwezige organismen.
- verwijder de organismen met een pincet en doe deze in het flesje met ethanol.
- onderzoek met microscoop en loep de gevonden organismen.
- een deel van het materiaal overgieten met lauw water.
- onderzoek met een microscoop monsters van dit water.

- b. in de bodem

Benodigdheden:

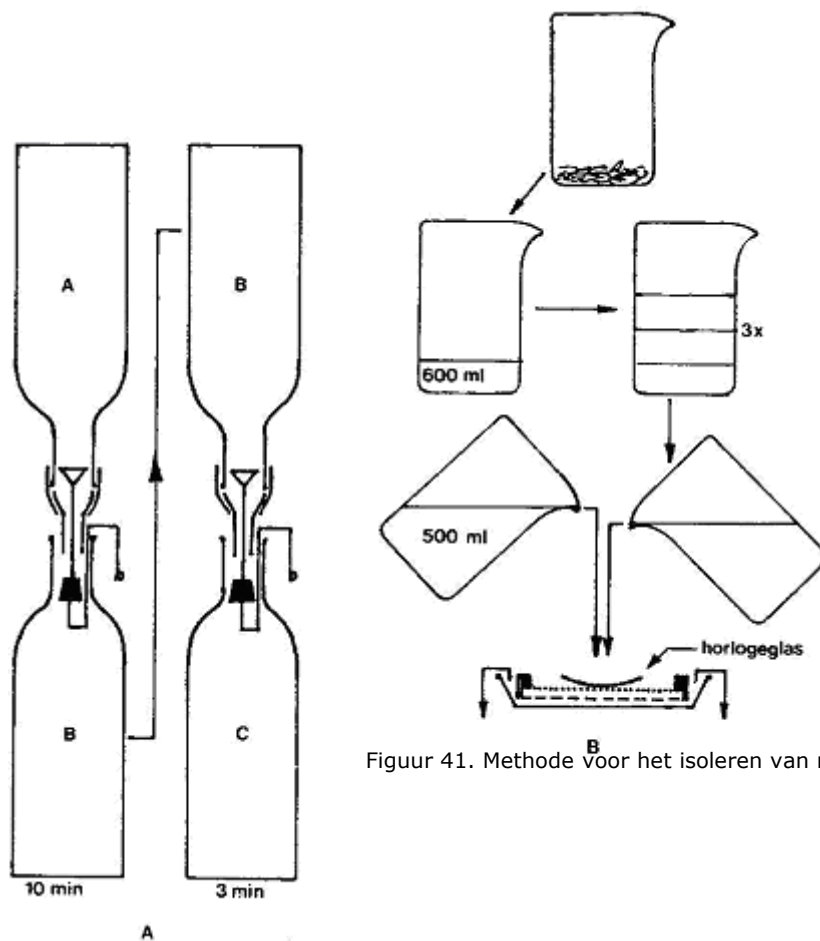
- van dezelfde plaats waar het materiaal verzameld werd voor a. grond uitsteken tot een diepte van 10 cm.
- Berlesetrichter

Vorbereiding:

- zie onder a.

Uitvoering:

- breng delen van het materiaal, of indien mogelijk het gehele monster in de Berlesetrichter. Door de hitte van een daarboven hangende brandende lamp zullen kleine organismen naar beneden kruipen en in de ethanol vallen.
- onderzoek de gevangen organismen met behulp van loep en microscoop.



Figuur 41. Methode voor het isoleren van nematoden.

Vragen en opdrachten:

1. Tracht te inventariseren welke soorten in de monsters voorkomen.
2. Is er verschil in soortensamenstelling tussen de monsters die op verschillende plaatsen zijn genomen?
3. Is er verschil in populatiegrootte per type monster? Is dit te verklaren?
4. Zijn de aangetroffen organismen producenten, consumenten of reducenten?
5. Is er enig verband tussen de aantallen organismen per soort per grondmonster?

b. Nematoden

De klasse der Nematoden of Ronde wormen is één der klasse van het phylum Aschelminthes. De Nematoden zijn vrijlevend of parasitair.

In de groep der parasitaire nematoden of aaltjes is tot nu toe door landbouwinstituten het meeste onderzoek verricht naar aanleiding van het overdragen en/of veroorzaken van vele plantenziekten. Zij voeden zich met algen, bacteriën en protozoën en ook zijn er enige rovers die zich te goed doen aan hun soortgenoten. Per vierkante meter - tot een diepte van 30 cm - kan hun aantal variëren van ongeveer 150.000 in nauwelijks begroeide heide-zand tot 20.000.000 in zeer humusrijke weide-grond. In een hectare weide tot op 15 cm diepte werden 50 kg nematoden, 379 kg protozoën, 15 kg enchytreeën, 4000 kg regenwormen, 11 kg mijten, springstaarten, half-insecten en franjestaarten en tenslotte nog 797 kg andere ongewervelden, gevonden. Van alle meercellige dieren in de bodem bestaat 80-90 % uit aaltjes.

Hun directe functie in het mineralisatieproces is niet groot. Aangezien zij zich voeden met levende substantie behoren zij niet tot de belangrijkste categorie van bodemorganismen zoals de bacteriën en schimmels tegenover enchytreeën en regenwormen die direct betrokken zijn bij het afbraakproces van organische stoffen. Ongeveer een derde der terrestrische nematoden is bacteriofaag. Zij zullen dan ook wel een functie hebben in het behoud van het natuurlijk evenwicht in de bodem. Door gebrek aan onderzoek weet men nog niet in hoeverre hun invloed ten voordele of ten nadele werkt op de kringloop van de organische materie. Aaltjes bevinden zich in het bodemvocht in de bestaande poriën tussen de grond-deeltjes. Daarom blijken vaak grondsoort en grondstructuur bepalend voor de levensmogelijkheden van een aaltjessoort. Zij kunnen perioden met gebrek aan water overbruggen door middel van anabiose.

Benodigdheden:

- grof gazen huishoudezeef voor het verwijderen van takjes en bladeren uit het monster
- grote trechter
- 3 melkflessen met een inhoud van 1 liter
- 2 kleine plastic trechters of afgesneden halsstuk van plastic flesjes. Ze moeten passen om de mond van een melkfles en voorzien zijn van een afsluitende kurk aan een omgebogen staafje (zie fig. 41)
- 2 stukken fietsbinnenband als rubber manchets om trechter en mond van de melkfles
- 40 mesh zeef Ø 15,5 cm, hoogte 3 cm, het gaas heeft openingen van ongeveer 0,385 mm. Het doorzakken van het gaas kan men voorkomen door de bodem aan de onderzijde te verstevigen met twee strips
- koperen ring voor het monteren van het nematode filter Ø 15 cm en passend in voornoemde zeef, of tweede 40 mesh zeef Ø 16 cm passend buiten om voornoemde zeef
- ondiepe vlakke schaal waarin zeef Ø 16 cm past
- koperen kruisstukje lengte minimaal 16 cm, hoogte ± 1 cm
- horlogeglas Ø 9 cm
- nematodefilter van katoen met nylon Ø 190 mm (fabrikaat Brocades Verbandstoffen, P.O. Box 26, 6500 AA Nijmegen).

Uitvoering: (fig. 41)

- los een grondmonster van maximaal 500 ml op in leidingwater tot het volume van een liter. Meng het materiaal grondig.
- zeef het grove materiaal af met de huishoudezeef terwijl men met een grote trechter de suspensie opvangt in de eerste melkfles (A).
- sluit deze volledig gevulde fles (A) met een trechtertje met stop af door middel van een rubber manchets. Vul de tweede melkfles (B) volledig met leidingwater.
- keer fles A om en plaats hem in de mond van fles B. Open het stopje van fles A en laat beide vloeistoffen gedurende 10 min. zich met elkaar mengen (fig. 41).
- verwijder fles A en sluit daarna fles B af met een trechtertje met stop en een rubber manchets.
- zet fles B gedurende 3 min. omgekeerd op de volledig met leidingwater gevulde derde fles C. De zanddeeltjes zullen zich gedurende deze tijd op de bodem van fles C verzamelen.
- plaats de '400 mesh' zeef in de platte schaal vrij van de bodem door middel van het kruisstukje of een paar staafjes.
- leg op de zeef een nematodenfilter. Dit vel wordt op zijn plaats gehouden door een grote koperen ring of een tweede '400 mesh' zeef. Om dit filterpapier gedurende het uitschenken niet te beschadigen zet men hier op het horlogeglas.

- schenk de volledige inhoud van fles A en B via het horlogeglas op het filter. De vloeistof (het supernatans) stroomt over de rand van de platte schaal weg.
- laat deze opstelling van het filter minstens 12 uur onaangeroerd staan, dan kruipen de levende nematoden door het filter naar de platte schaal.

B.

- heeft men een klein grondmonster van bijvoorbeeld 50 ml dan lost men dit op in 600 ml leidingwater.
- roert grondig gedurende 15 sec.
- laat 10 sec. bezinken en decanteer de suspensie in een grote beker.
- herhaal deze procedure tweemaal.
- schenk deze drievoudige hoeveelheid suspensie via het horlogeglas op het nematodefilter in de '400 mesh' zeef (opgesteld zoals vermeld is in uitvoering A).
- spoel het filter na met ongeveer een halve liter leidingwater en laat de opstelling gedurende één nacht onberoerd.

N.B. Voor het zich verzamelen van de nematoden uit het uitgezeefde grondmonster moet de opstelling ongeveer één nacht in het water blijven staan. Het suspenderen en uitspoelen van een grondmonster moet dus minstens één dag voor het moment van onderzoek gebeuren. De verzamelde nematoden kan men wel 1 à 2 dagen in de koelkast bij 5° C bewaren.

Wil men de organismen fixeren dan gaat dit het beste in hete oplossingen. Zo verwarmt men 4% formaline die 0,1% propionzuur bevat in een waterbad tot 90° C of 4% formaline met 1 % azijnzuur bij 80° C.

Het beste kan men echter de dieren levend onderzoeken. Dan zijn de dieren het beste doorzichtig en hebben de organen hun specifieke kleur. Trouwens door het fixeren krimpen de dieren en zijn de afmetingen veelal niet meer normaal.

Opdracht:

1. Tel het aantal nematoden van enige verschillende grondmonsters.

M-34 Water als milieufactor

Water is een unieke milieufactor dat aan de basis staat van het leven zoals we dat op aarde kennen. Het water bepaalt niet alleen de vorm van leven op een bepaalde plaats op aarde maar is bovendien het medium waarin veel organismen zich bevinden. Tevens heeft het water een grote geologische invloed en is een belangrijke kracht bij de vorming van landschappen (erosie, sedimentatie).

I. VOORKOMEN

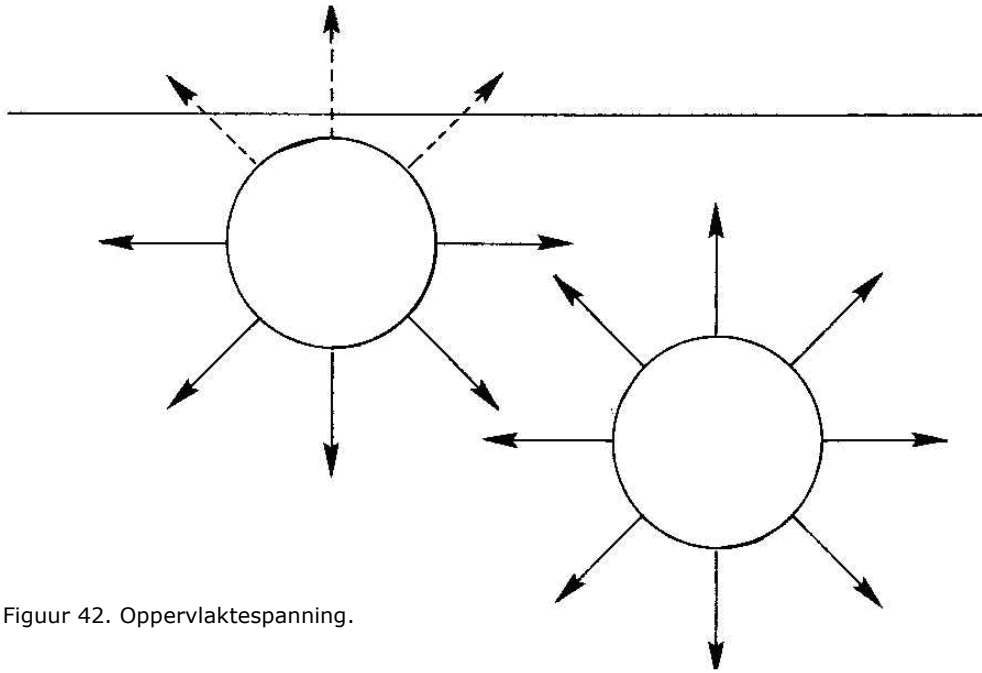
De procentuele verdeling van het water op, onder en boven het aardoppervlak is weergegeven in tabel 25

atmosfeer	0,0008 %
oceanen	83,51 %
zoet water (meren en rivieren)	0,016 %
ijjs	1,007 %
lithosfeer	15,45 %
grondwater	0,016 %

Tabel 25

II. NEERSLAG

In de atmosfeer bevindt zich 12.400 km³ water. Een gemiddelde neerslag van 1010 mm/jaar houdt in dat er per jaar 520.000 km³ regenwater valt en dat het atmosferisch 41,9 maal per jaar wordt omgezet.



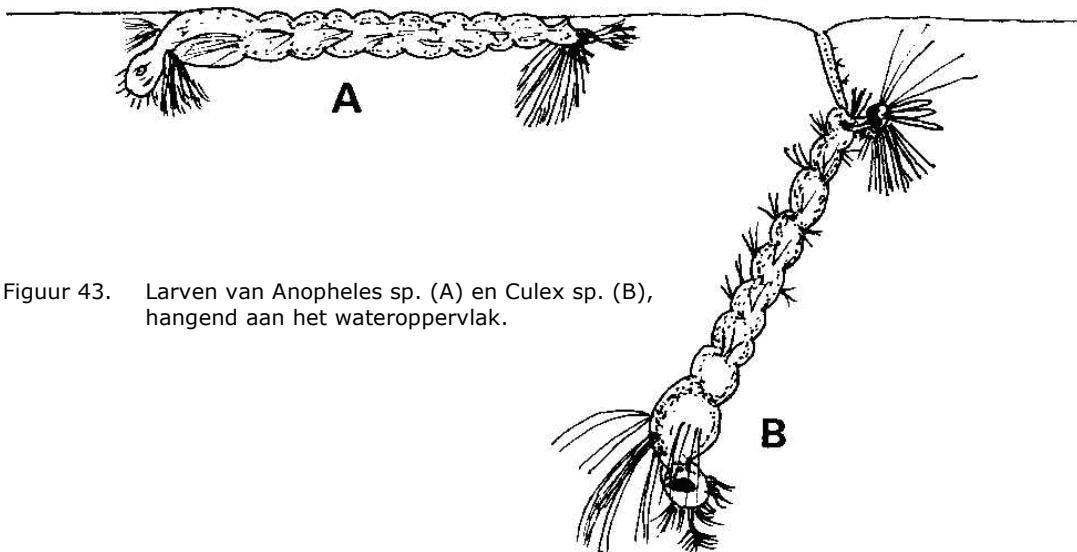
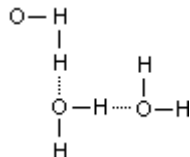
Figuur 42. Oppervlaktespanning.

III. EIGENSCHAPPEN VAN WATER

Water bestaat uit moleculen H_2O , waarbij sprake is van een polaire atoombinding, een tussenvorm van ionbinding en atoombinding. Het resultaat is een V-vormig molecuul met een overschot aan negatieve lading in het midden en overschotten aan positieve lading aan de uiteinden: dipool.

Bij stoffen met een dipool trekt de positieve kant van een molecuul de negatieve kant van een ander molecuul aan. Deze grote elektrostatische aantrekking tussen de moleculen is oorzaak van een hoog smeltpunt en kookpunt van water.

De dipool-dipool-attractie is bij water oorzaak van het optreden van 'waterstof-bruggen', bindingen tussen zuurstofatoom van het ene molecuul met een waterstofatoom van het andere molecuul:



Figuur 43. Larven van *Anopheles* sp. (A) en *Culex* sp. (B), hangend aan het wateroppervlak.

Dat suikers, lagere carbonzuren en lagere alcoholen een *goede oplosbaarheid* in water vertonen, vindt z'n oorzaak in de mogelijkheid tot vorming van waterstof-bruggen met water door genoemde stoffen.

Grote watermassa's hebben enorme klimatologische invloed, allereerst omdat zij door verdamping de *luchtvochtigheid* en *neerslag* in de omgeving kunnen bepalen.

Water heeft bovendien een zeer *hoge soortelijke warmte*. Hoe hoger de soortelijke warmte, hoe minder snel een stof warm wordt bij een bepaalde warmtetoevoer.

De zonnewarmte doet daarom water veel langzamer warm worden dan de gesteenten. Overdag zal het water dus kouder zijn dan het land. Na zonsondergang echter gebeurt het tegenovergestelde; de gesteenten koelen snel af en het water langzaam.

Wanneer water verdampt, dan worden de bindingen tussen de watermoleculen geheel verbroken. De verdampingswarmte is voor water bijzonder hoog, namelijk $46,4 \times 10^3$ J/mol bij 0 °C en $40,3 \times 10^3$ J/mol bij 100° C. Het verschil komt overeen met de warmte die nodig is om 1 mol. water van 0° tot 100° C te verwarmen. Het verdampen van water heeft dus een sterk afkoelend effect door onttrekking van de verdampingswarmte aan de omgeving. Dit wordt door tal van organismen gebruikt om warmte kwijt te raken. In een bos is het derhalve altijd extra koel door de verdamping van water via de bladeren.

De bodem van een diep meer heeft vaak een temperatuur van $\pm 4^\circ$ C omdat water bij $3,98^\circ$ C *zijn grootste dichtheid* bezit.

Water onderscheidt zich van de meeste andere stoffen doordat de grootste soortelijke massa gevonden wordt in de vloeibare fase en niet in de vaste. Men spreekt van de *anomalie van water*.

Variaties in de dichtheid van water tengevolge van temperatuurschommelingen zijn oorzaak van verticale waterverplaatsingen en de daaruit weer resulterende temperatuurverdeling, die op haar beurt weer van invloed kan zijn op de verspreiding van waterorganismen (fig. 44).

De soortelijke massa van water is ook afhankelijk van het zoutgehalte. Zuiver water van 4 °C heeft per definitie een soortelijke massa gelijk aan 1. Zeewater heeft bij een zoutgehalte van 35‰, een soortelijke massa van 1,02822. Het is dus zwaarder en zal daarom in een estuarium een zoute waterlaag op de bodem vormen waarover het zoetere rivierwater naar zee schuift.

De viscositeit van water neemt bij het stijgen van de temperatuur vrij snel af; koud water is dus visceuzer dan warm water (tabel 26). De viscositeit van water heeft dus grote invloed op de snelheid waarmee kleine voorwerpen zinken. Vandaar dat de viscositeit van het water ook van invloed is op het voorkomen en de verspreiding van talloze in het water zwevende organismen en op de bezinkingssnelheid van slib en zand.

Tabel 26

temperatuur water ° C	viscositeit
0	100,0
1	95,3
4	86,3
10	73,3
15	63,6
20	56,2
25	49,9
30	44,9
40	36,7

Viscositeit bij 0° C op 100 gesteld.

Het grensvlak water-lucht heeft bijzondere eigenschappen, die men bijvoorbeeld aan de stijging van water in capillaire buizen en aan de bolvorm van waterdruppels duidelijk kan waarnemen. Het grensvlak water-lucht is zetel van een *oppervlaktespanning*

die 0,073 N per m bij kamertemperatuur bedraagt. Dit houdt in dat er een arbeid van 0,073 J nodig is om het oppervlak met 1 m² te vergroten. De oppervlaktespanning is de oorzaak dat vloeistofdruppels bij een bepaald volume een zo klein mogelijk oppervlak willen vormen; in de vrije ruimte is dit de bolvorm.

Het oppervlaktespanningsverschijnsel vindt zijn oorzaak in het feit dat alle moleculen elkaar aantrekken (London-Van der Waals krachten). In het grensvlak water-lucht worden de moleculen minder volledig door andere moleculen omringd dan in het midden van een waterdruppel. Wanneer men nu een molecuul uit het midden van een waterdruppel naar de grenslaag wil brengen dan moet de attractie tot een deel van de omringende moleculen overwonnen worden en dit kost arbeid. Het grensvlak water-lucht is zetel van een extra potentiële energie, die tracht een minimum te bereiken, zodat, indien mogelijk, verkleining van het oppervlak zal optreden (fig. 42).

Dankzij het verschijnsel van de oppervlaktespanning kunnen tal van lichte dieren zich op het water voortbewegen of aan het wateroppervlak blijven hangen of daarlangs kruipen (fig. 43).

Het gedrag van watermoleculen tegenover vaste oppervlakten is biologisch gezien uitermate belangrijk. Is de cohesie op een grensvlak groter dan de adhesie dan is het hydrofoob, is de adhesie daartegen groter dan de cohesie dan is het grensvlak hydrofyl. Hydrofobie van het lichaamsoppervlak of bepaalde gedeelten ervan, is voor alle waterdieren belangrijk die aan het wateroppervlak luchtzuurstof moeten opnemen (zie Biothema 3).

IV. WARMTEHUISHOUDING

De *warmtehuishouding* van een watermassa wordt bepaald door opname, verdeling en afgifte van warmte. De warmteopname vindt plaats door absorptie van stralingsenergie in de bovenste waterlagen, waarbij de stralen met grote golflengte de belangrijkste rol spelen (zie tabel 27).

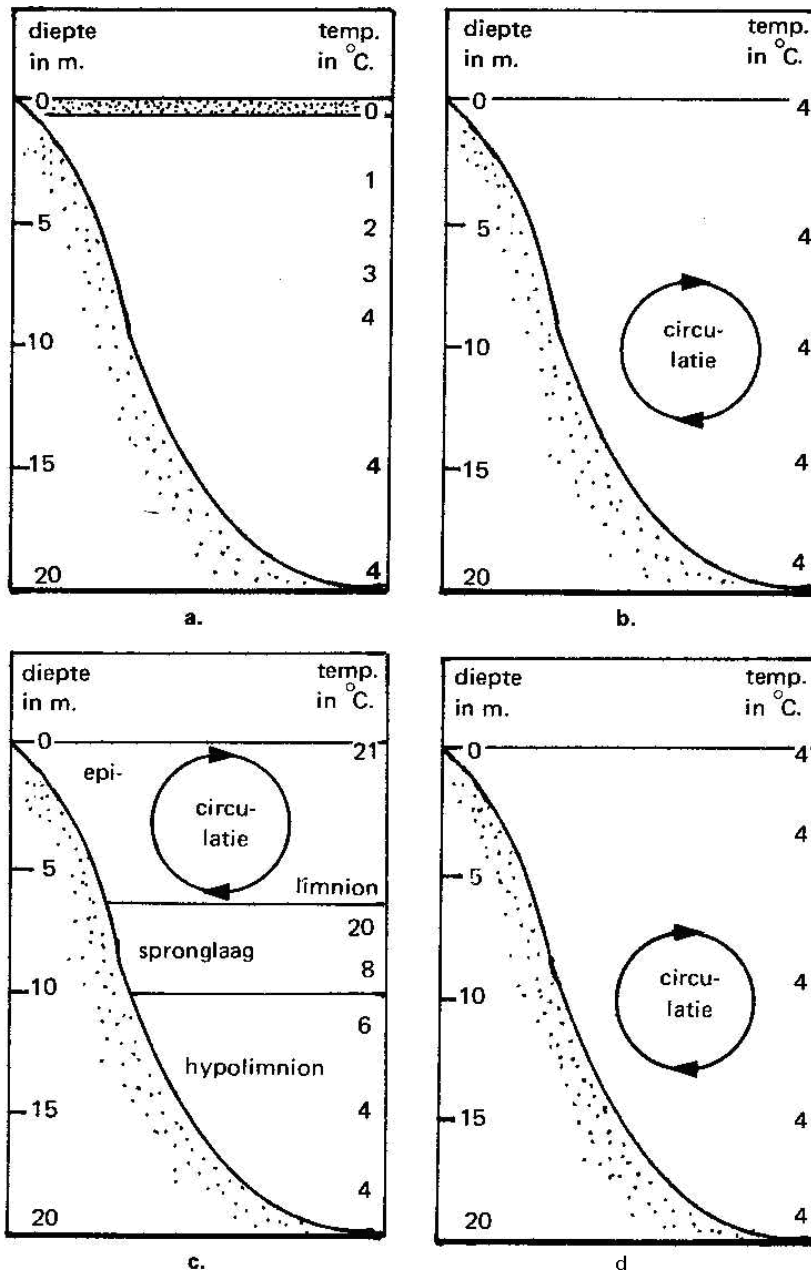
<i>kleur</i>	<i>golflengte nm</i>	<i>extinctie*- coëfficiënt</i>	<i>geabsorbeerd licht in %/m</i>
—	365	0,036	3,6
violet	408	0,010	0,9
blauw	473	0,005	0,46
groen	504	0,010	0,9
geel	565	0,043	4,2
oranje	613	0,25	22,2
rood	720	1,05	65,0
—	800	1,87	84,6

* extinctie = absorptie + verstrooiing

Tabel 27

De radiatie die op het wateroppervlak valt is samengesteld uit hemellicht (veel blauw) en directe zonnestrallen (veel rood en infrarood). Een gedeelte van de radiatie dringt door in het water en de rest wordt gereflecteerd. De mate van instraling is afhankelijk van de aard van het wateroppervlak (vlak, golfslag) en van de zenithafstand van de zon die nl. van invloed is op de spectrale samenstelling van het licht en op de invalshoek van de stralen.

Water vertoont een grote *absorptie* voor het langgolvlige rode deel van het spectrum, terwijl het kortgolvlige blauwe deel van het spectrum tamelijk goed doorgelaten wordt. De absorptie van de golflengten 600-400 nm wordt veroorzaakt door in het water aanwezige kleurstoffen; humuszuren absorberen kortgolvlige stralen. Een groot gedeelte van in het water doorgedrongen radiatie wordt omgezet in *warmte*. De verdeling van warmte in de diepere waterlagen vindt plaats door *stroming* (moleculen verplaatsen zich en nemen de inwendige energie mee) en *niet* door geleiding (moleculen aan hun plaats gebonden, ze geven de moleculaire energie slechts door).



Figuur 44. Jaarlijks circulatie in een holo- en dimictisch meer.
 a = gelaagdheid in de winter met ijsvloer, winterstagnatie,
 b = voorjaarscirculatie, c = zomerstagnatie en d = herfstcirculatie.

Door nachtelijke uitstraling koelt de bovenste waterlaag sterk af, de soortelijke massa neemt toe met als gevolg dat er verticale convectiestromen ontstaan. De verticale convectiestromen en de stroming door de wind veroorzaakt, zijn er de oorzaak van dat er in diepe meren *geen exponentiële temperatuurprofilering* ontstaat. 's Zomers ontstaat er in diepe meren van de gematigde luchtstreken echter wel een duidelijke *temperatuurstratificatie*, waarbij een enkele meters dikke bovenlaag, het *epilimnion* met een vrijwel gelijke temperatuur, rust op een bodemlaag met een eveneens constante maar lagere temperatuur, *hypolimnion*, als gevolg van dichtheidsverschillen en geringe invloed van de wind.

Tussen beide lagen zit dan een *spronglaag* of *metalimnion*, waarin de temperatuur verticaal zeer sterk daalt ($18^{\circ} \rightarrow 6^{\circ}$). Deze sterke temperatuurgradiënt van de spronglaag noemt men *temperatuursprong* of *thermoline*.

De bovengrens van het hypolimnion valt doorgaans ongeveer samen met de diepte tot waar het licht doordringt en waaronder geen fotosynthese kan plaats vinden.

Door gebrek aan watercirculatie daalt het zuurstofgehalte in het hypolimnion vaak tot nul zodat er alleen nog maar anoxibionten in kunnen leven: *zomerstagnatie*. In herfst en winter koelt het epilimnion af en vermengt zich met het hypolimnion dat daardoor zuurstofrijker wordt. Zodra het epilimnion onder de 4°C daalt - ook na bevroering van de bovenste laag - houdt de circulatie op: *winterstagnatie*.

Vraag:

1. Waarom zijn de effecten van de winterstagnatie doorgaans minder ernstig dan die van de zomerstagnatie?

Wanneer tweemaal per jaar een periode van volledige circulatie optreedt, spreekt men van een *dimictisch meer*. Is er alleen sprake van een zomerstagnatie en niet van een winterstagnatie in een meer, dan spreekt men van een *monomictisch meer*.

Men onderscheidt bij meren de volgende circulatie typen:

- a. koud *monomictische* meren (polaire en subpolaire meren).
- b. *dimictische* meren (meren van de gematigde luchtstreken).
- c. warm *monomictische* meren (subtropische meren).
- d. *oligomictische* meren (tropenmeren).
- e. warm *polymictische* meren (tropenmeren bij sterke nachtelijke afkoeling).
- f. koud *polymictische* meren (meren van de tropische hooggebergten).

De termen *holomictisch* en *meromictisch* hebben respectievelijk betrekking op meren met een volledige circulatie tot de bodem en een circulatie die niet tot de bodem reikt.

V. IN WATER OPGELOSTE STOFFEN

De oplosbaarheid van gassen in water is onder meer afhankelijk van de temperatuur en de atmosferische druk: tabel 28

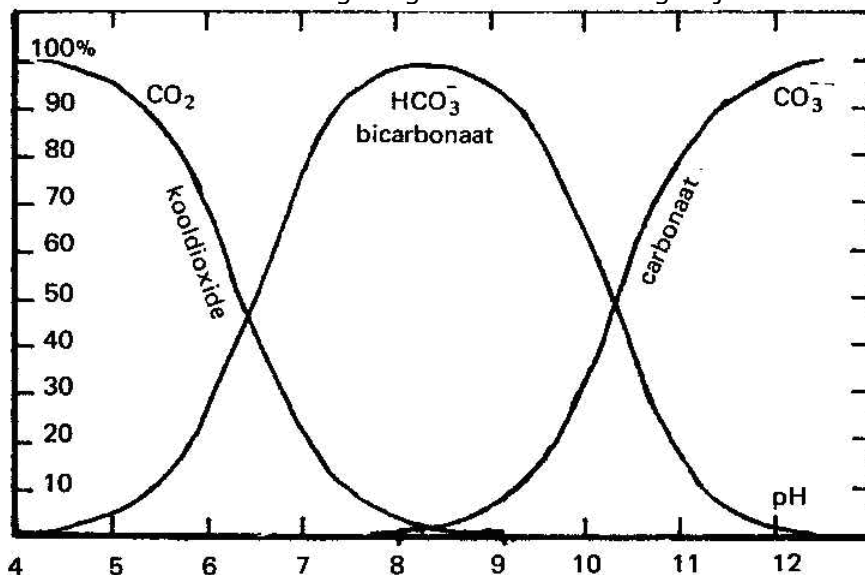
gassen	mg/liter water bij 101.325 Nm^{-2}			
	0°C	10°C	20°C	30°C
O ₂	69,5	53,7	43,3	35,9
N ₂	28,8	22,6	18,6	15,9
CO ₂	3350	2320	1690	1260

Tabel 28

A. Zuurstof

Uit tabel 28 blijkt duidelijk dat zuurstof slechts in geringe mate oplosbaar is in water. Zo bevat 1000 ml water bij 0°C ongeveer 50 ml zuurstof, terwijl 1000 ml lucht ongeveer 200 ml zuurstof bevat. Hoog ontwikkelde diervormen zoals de warmbloedige dieren met een snelle stofwisseling en dus ook een grote zuurstofbehoefte, hebben zich dan ook laat op het land kunnen ontwikkelen. De opgeloste hoeveelheid zuurstof in water is afhankelijk van de partiële atmosferische druk, de productie van zuurstof tengevolge van fotosynthese in het water, het verbruik van zuurstof in het water, de temperatuur, de beweging van het water tengevolge van golfslag en stroming, alsmede van het wegzakken van zwaarder water door afkoeling. Ten *onrechte* wordt vaak aan moleculaire *diffusie* veel betekenis toegekend. Het zou

echter jaren duren voordat onderverzadigd water met een rimpelloos wateroppervlak van een stabiele waterkolom, geheel met zuurstof verzadigd zou zijn. Opvallend is dat met het stijgen van de watertemperatuur het zuurstofgehalte van het water afneemt terwijl in verreweg de meeste gevallen de zuurstofbehoefte bij dieren dan juist gaat stijgen. Het fysiologisch zuurstofgebrek in warm water kan gedeeltelijk gecompenseerd worden door waterbewegingen die er voor zorgen dat er een maximaal aanbod is voor een bepaald dier (zie Biothema 3, pag. 43, e.v.). In stilstaand water kunnen deze waterbewegingen ook door de dieren zelf worden veroorzaakt en vergroot. Stromend water met snelle waterbewegingen en geringe diepte zal doorgaans een gunstige zuurstofbalans bezitten. Door *toevoer van organische stoffen zal de zuurstofbalans echter verslechteren*; in stilstaand water langduriger dan in stromend water. Door fotosynthese kunnen grote hoeveelheden zuurstof gevormd worden. In een eutroof (voedselrijk) meer wordt gemiddeld per jaar $6 \text{ g O}_2/\text{m}^2$ geproduceerd, waarvan niet meer dan 5% via diffusie naar de atmosfeer, voor het water verloren gaat. In fytoplanktonrijk water kan de zuurstofproductie wel oplopen tot $30 \text{ g/m}^2.\text{dag}$. De zuurstofproductie is ook van groot belang voor de *zelfreiniging* van het water. In een holomictisch meer is het zuurstofgehalte in grote trekken overal gelijk. Wanneer echter sprake is van een thermische gelaagdheid van het water, dan is het zuurstofgehalte in de diverse lagen zeer verschillend. Zo kan midden in de zomer, wanneer het water van het epilimnion en het hypolimnion niet meer met elkaar in contact komen, door bacteriële stofwisseling in het hypolimnion een *toestand van anoxibiose* ontstaan (fig. 44c). Het komt ook nogal eens voor dat in het metalimnion of in het grensvlak epilimnion-metalimnion zich grote aantallen fotosynthetiserende bacteriën en algen bevinden, die bij voldoende licht een maximale zuurstofproductie vertonen. Daar het zuurstofgehalte van het water het resultaat is van productie en consumptie van zuurstof, ligt het voor de hand dat 's nachts het zuurstofgehalte lager zal zijn dan overdag. Teneinde echter een goed en volledig beeld te krijgen van de toestand waarin het water verkeert, zal men gegevens moeten hebben over de maximale en minimale zuurstofconcentraties, en zal men veel zuurstof meting en gedurende een lange tijd moeten verrichten.



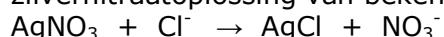
Figuur 45. Het carbonaat-waterstofcarbonaat evenwicht in afhankelijkheid van de pH (naar Baas Becking, 1934).

door de bepaling van de soortelijke massa. Deze is immers afhankelijk van zoutgehalte en temperatuur (zie tabel 30).

zoutgehalte in ‰	soortelijke massa kg/l (4° C)
0	1,0000
1	1,00085
2	1,00169
3	1,00251
10	1,00818
35 (zeewater)	1,02822

Tabel 30

De bepaling van het chloride-ion gehalte geschiedt door titratie met een zilvernitraatoplossing van bekende concentratie.

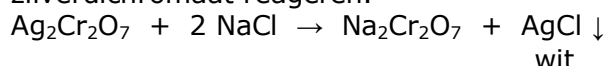


Als indicator wordt gebruik gemaakt van een kaliumchromaatoplossing, waarvan zoveel moet worden toegevoegd, dat de waarde van het oplosbaarheidproduct juist wordt overschreden: dan geldt $\text{Ag}^+ = \text{Cl}^-$.

Als alle chloorionen gebonden zijn reageert het zilverion met het gele kaliumchromaat en wordt het roodbruine zilverchromaat (Ag_2CrO_4) gevormd.

Men kan ook met behulp van 'Quantab Chloride Titrators' de saliniteit bepalen.

Dit zijn dunne plastic staafjes voorzien van een capillair kolommetje, dat geïmpregneerd is met zilverchromaat. Wanneer de staafjes in water worden geplaatst zal dit door de capillaire werking opstijgen en zullen eventueel aanwezige chloorionen met het zilverdichromaat reageren.



Het staafje verkleurt van bruin naar wit. Bovenin het staafje bevindt zich een geelbruin vochtgevoelig stripje dat donkerblauw verkleurt. De lengte van het gedeelte van het capillaire kolommetje dat dan wit is geworden is een maat voor de chloride concentratie. In tabel 31 zijn ten aanzien van de saliniteit enkele *watertypen* onderscheiden.

<i>watertype</i>	<i>chloride gehalte</i>	<i>zoutgehalte</i>
zoet	< 100 -mg/liter	voor het gehalte aan zout (NaCl) vermenigvuldigen met 1,65
zoet brak		
brak zoet	100-500 mg/liter	voor het gehalte aan alle zouten vermenigvuldigen met 1,80
brak	500-1.000 mg/liter	
brakmarien	1.000-5.000 mg/liter	
marien brak	5.000-10.000 mg/liter	
marien (zout)	10.000-17.000 mg/liter	
	> 17.000 mg/liter	

Tabel 31

VIII. WATER EN LICHT

Het licht dat het wateroppervlak treft, wordt gedeeltelijk door dat oppervlak gereflecteerd en gedeeltelijk in het water selectief verstrooid en geabsorbeerd. De reflectie is afhankelijk van de zonnestand (formule Fresnel) en is dus afhankelijk van het jaargetijde en het tijdstip van de dag.

Een gedeelte van het licht blijft dus in een waterlaag achter: *extinctie* en een gedeelte gaat er door heen: *transmissie*. De grootte van de verstrooiing is afhankelijk van in het water gesuspendeerde deeltjes. Omdat de verstrooiing in het golflengtegebied van 390-640 nm omgekeerd evenredig is met de vierde macht van de golflengte, worden kortgolvlige stralen het sterkst verstrooid. Dit verklaart waarom helder water

in een dikke laag blauw lijkt. Een gedeelte van het verstrooide licht verlaat het water weer en wordt dus altijd met het gereflecteerde licht samen gemeten. Een gedeelte van het verstrooide licht wordt door foto-autotrofe organismen energetisch vastgelegd.

De kleur van het water wordt onder meer beïnvloed door selectieve transmissie, troebelheid veroorzakende stoffen en gereflecteerd licht van de omgeving.

Zo veroorzaken plankton en andere zwevende organische stoffen een geel-groene kleur van het water. Blauw wordt wel de *woestijnkleur* van water genoemd omdat dit wijst op weinig productie en dus op oligotroof water.

Wanneer de troebelheid van het water niet veroorzaakt wordt door fijne klei- of zanddeeltjes, dan is de helderheidsgraad een goede aanwijzing voor de productiviteit van dat water.

De *lichtintensiteit* neemt in water snel af. Zo is de lichtintensiteit op een diepte van één meter al met 65% afgenomen en bedraagt deze op een diepte van ongeveer veertig meter, in zeer onproductief water, bijvoorbeeld een kratermeer, soms nog 5%. Hoewel fotosynthese ook nog plaats kan vinden onder de 5%-grens, het *compensatievlak*, wordt de 5%-grenslaag toch wel aangemerkt als de laagste grens van de fotosynthetische zone.

Daar het gele licht (600-580 nm) en het rode licht (780-620 nm) minder diep doordringen dan groen licht (560-550 nm) en blauw licht (480-420 nm), heeft dit consequenties voor de *verspreiding* van fotosynthetische organismen omdat ze rood en blauw licht benutten. Het groene licht kan echter benut worden door rood- en blauwwieren doordat ze in het bezit zijn van *accessorische pigmenten*. Door bovenvermelde oorzaken komt dan een *sublittorale wierzonering* tot stand. De helderheid van *water of zichtdiepte* kan men bepalen met behulp van een Secchi-schijf (fig. 60), door deze langzaam te laten zakken en de zichtdiepte af te lezen op het meetlint. Zodra de schijf niet meer wordt waargenomen heffen verstrooiing en reflexie elkaar op. Men kan de lichtintensiteit op verschillende diepten ook bepalen door bijvoorbeeld gebruik te maken van een cadmiumsulfide fotocel gevoelig voor geelgroen of van een silicium fototransistor of van een silicium- of selenium zonnecel dan wel van een infrarood detector.

IX. WATER EN ORGANISMEN

Op grond van flora en fauna onderscheidt men bij een meer de volgende zone-indeling:

1. de open waterzone of pelagiaal
 - epipelagiaal
 - bathypelagiaal
2. de bodemzone of benthaal
 - diepwaterzone of profundaal
 - de oeverzone of litoraal

De grens tussen litoraal en profundaal is het *compensatievlak* waarbeneden geen sprake meer is van een positieve fotosynthesebalans.

Evenzo wordt de openwaterzone op grond van de aanwezigheid van het *compensatievlak* onderverdeeld in *epipelagiaal* en *bathypelagiaal*.

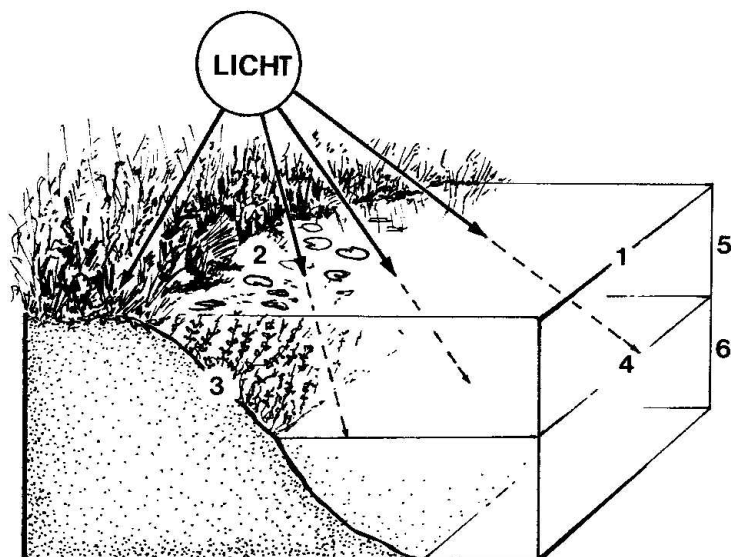
De zone boven het compensatievlak wordt in zijn geheel aangeduid met de *trophogene* zone en die beneden het compensatievlak met de *tropholytische* zone (fig. 46).

X. INDELING VAN WATER OP GROND VAN VOEDSELRIJKDOM

Op grond van de voedselrijkdom deelt men het zoete water wel als volgt in:

1. *eutrofe* wateren = voedselrijke wateren
2. *oligotrofe* wateren = voedselarme wateren

De grens tussen beide typen zou dan moeten liggen bij 25 mg CaO/l + 1 mg N₂/l + 0,5 mg P₂O₅/l.



Figuur 46. Blokdiagram van een sloot of meer met de diverse zones.
 1 = pelagiaal, 2 = litoraal, 3 = benthaal, 4 = compensatievlak,
 5 = trophogene zone en 6 tropholytische zone.

Verder onderscheidt men dan nog wel *dystrofe wateren* die veel humuszuren bevatten en die gezien de oorsprong van deze stoffen, doorgaans hoogvenen, vaak oligotroof zullen zijn.

In feite is de indeling oligotroof-eutroof gebaseerd op de mate van opbouw van organische stof. Noch de momentopname van de aanwezige zouten, noch die van de biomassa, noch het voorkomen van soorten of soortencombinaties blijken goede graadmeters te zijn voor de onderscheiding oligotroof-eutroof, omdat ze statisch van aard zijn en niet de beste criteria zijn voor het verloop van de primaire productie in de tijd.

Met behulp van de bepaling van het *zuurbindend vermogen* (ZBV) van water kan men natuurlijk wel enige indruk krijgen omtrent de anorganische voedselrijkdom van het water (M-50, pag. 142).

XI. VERVUILINGSGRAAD VAN HET WATER

Op grond van de situatie van de vervuiling van het binnenwater onderscheidt men onderstaande waterkwaliteiten in tabel 32:

a. polysaproob	zeer sterk vervuild	> 20 mg org. stof/l
b. α - mesasaproob	sterk vervuild	12-20 mg org. stof/l
c. β - mesasaproob	matig vervuild	5-12 mg org. stof/l
d. oligosaproob	zwak vervuild	2-5 mg org. stof/l
e. xenosaproob of kathasaproob	niet vervuild	< 2 mg org. stof/l

Tabel 32

Aangezien deze indeling onder meer gebaseerd is op de vervuiling met organische stof en haar afbraak, ligt het voor de hand de concentratie aan organische stof te bepalen teneinde een uitspraak te kunnen doen over de waterkwaliteit.

In dit verband kan men de *B.O.D.-bepaling* (*Biochemical Oxygen Demand*) verrichten, waarbij van een watermonster het zuurstofverbruik gedurende drie (B.O.D.₃) of vijf (B.O.D.₅) dagen bij een temperatuur van 20° C en in het donker wordt gemeten. Het zuurstofverbruik vertoont een correlatie met de hoeveelheid organische stof in het watermonster omdat het zuurstofverbruik van de bacteriën bij het mineralisatieproces afhankelijk is van de af te breken organische materie. Het bezwaar van deze methode is echter dat het een momentopname is (zie M-52, pag. 144).

Met de *C.O.D.-bepaling* (*Chemical Oxygen Demand*) meet men de hoeveelheid zuurstof die chemisch gebonden kan worden door een watermonster, zonder dat hiervoor biologische activiteiten noodzakelijk zijn. Bij deze bepaling wordt + 68% van de totale hoeveelheid organisch materiaal geoxideerd (zie M-51, pag. 143).

XII. BIOLOGISCHE WATERBEOORDELING

Tal van organismen komen slechts onder zeer bepaalde milieuomstandigheden voor en kunnen derhalve dienst doen als *indicator-organismen* of *bioindicatoren* voor bijvoorbeeld de bepaling van de vervuilingsgraad van het water. De moeilijkheid die zich hierbij echter voordoet is, dat het determineren tot op de soort vaak zeer lastig is voor niet-specialisten en dat bovendien nog niet altijd de indicatorische waarde van alle soorten vast staat.

A. Trofie-bepaling

Verreweg de eenvoudigste methode is de *quotiëntmethode*, die het mogelijk maakt om de structuur van de levensgemeenschap te kwantificeren. Het principe van deze methode is, dat bepaalde taxonomische algengroepen hun optimum binnen bepaalde grenzen van voedselrijkdom hebben, wat dan blijkt uit hun soortenaantallen. Men onderscheidt onderstaande trofie-indicerende groepen, tabel 33:

aanduiding	groep	indicatief voor
M	Cyanophyceae	eutroof water
E	Euglenophyceae	eutroof water
C	Centrische Diatomeeën	eutroof water
Ch	Chlorococcales	eutroof water
D	Desmidiales	oligotroof water

Tabel 33

Gebruikmakend van onderstaande formule en tabel 34 kan men nu de voedselrijkdom van het water vaststellen. Voor M, Ch, C, E en D het aantal soorten van de groep invullen.

$$Q = \frac{M + Ch + C + E}{D}$$

Q-waarde	milieu-toestand
<0,3	oligotroof
0,3-3	mesotroof
3-7	matig eutroof
>7	eutroof

Tabel 34

Deze methode is niet geschikt voor open water met veel plantengroei omdat de Desmidiales daarin te sterk vertegenwoordigd kunnen voorkomen vanwege hun voorliefde voor plantaardig substraat.

B. Saprobie-bepaling

Verreweg de eenvoudigste manier om de vervuilingsgraad van het water vast te stellen is gebruik te maken van de methode van Dresscher en van der Marl, waarbij het mogelijk is om zonder kennis van soorten maar met determinatie tot op taxonomische groepen de *saprobiegraad* vast te stellen. Men maakt hierbij gebruik van saprobie-indicerende groepen, vermeld in tabel 35.

aanduiding	groep	indicatief voor
D	Conjugatae	oligosaproob water
D	Chrysophyceae	oligosaproob water
D	Peridineae	oligosaproob water
C	Chlorococcales	β - mesosaproob
C	Diatomeae	β - mesosaproob
B	Euglenophyceae	α mesosaproob water
A	Ciliata	polysaproob water

Tabel 35

Men kan nu met behulp van onderstaande formule de *saprobie-quotiënt* bepalen en de daarbij behorende vervuilingsgraad opzoeken in tabel 36. Voor A, B, C en D de aantallen van de respectievelijk groepen invullen.

$$S = \frac{C + 3D - B - 3A}{A + B + C + D}$$

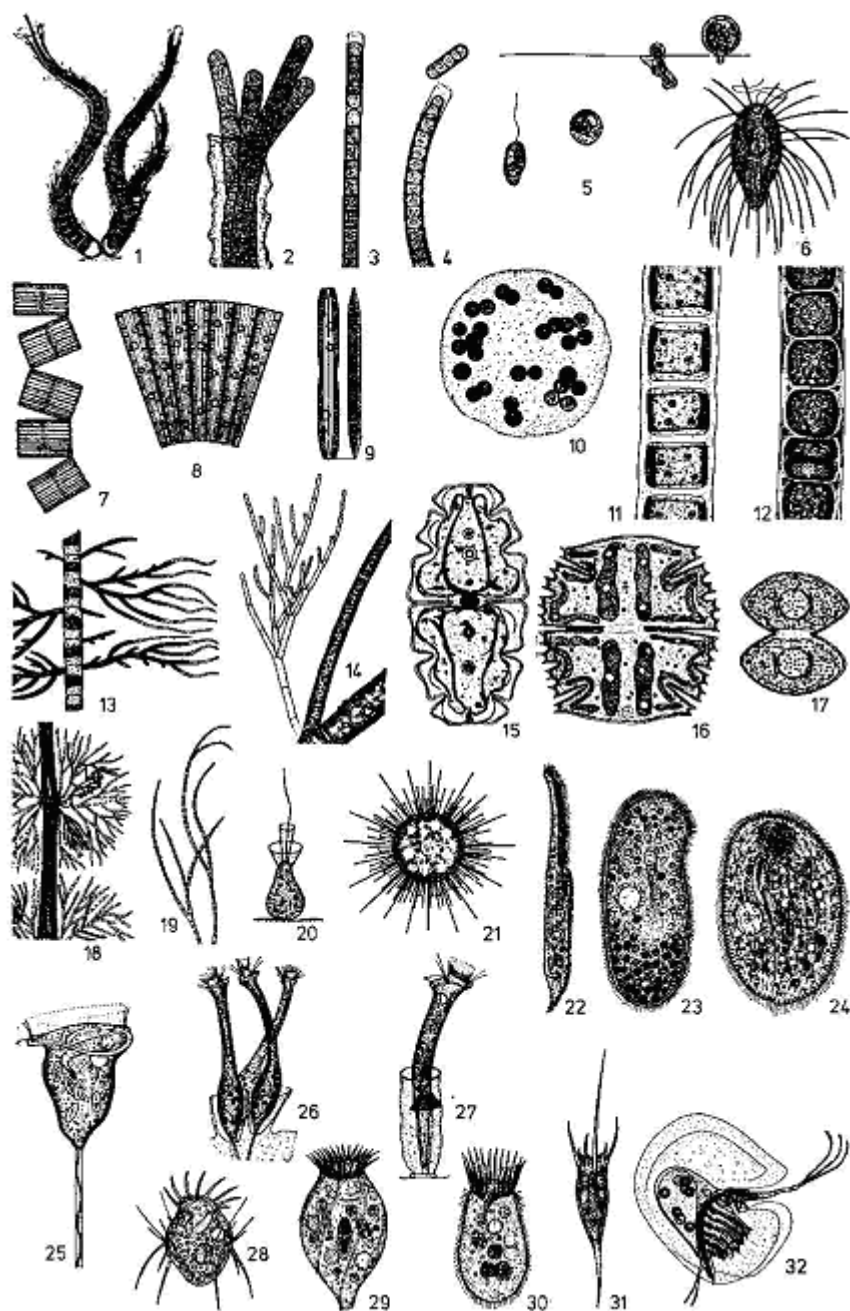
Tabel 36

Mate van verontreiniging	Fasen van de saprobie	Saprobie-quotiënt
zwaar	polysaproob	-3 tot -2
	poly-a-mesosaproob	-2 tot -1,5
sterk	α - mesosaproob-polysaproob	-1,5 tot -1
	α - mesosaproob	-1 tot -0,5
matig	α - β - mesosaproob	-0,5 tot 0
	β - α - mesosaproob	0 tot + 0,5
licht	β - mesosaproob	+0,5 tot + 1
	β - meso - oligosaproob	+ 1 tot + 1,5
zeer licht	oligo - β - mesosaproob	+ 1,5 tot +2
	oligosaproob	+ 2 tot +3

Wanneer één van de vier groepen (A, B, C, D) sterk overheerst, dan kan men de saprobiegraad direct vaststellen. Overheerst één soort daarentegen zodat alle andere soorten geheel uit de soortencombinatie verdrongen zijn, dan kan men de saprobiegraad niet via deze methode vaststellen.

Men onderscheidt vier waterkwaliteitsklassen en vindt zeer bruikbare afbeeldingen van indicator-organismen in fig. 47, 48, 49 en 50.

Figuur 47. bioindicatoren oligosaprobe zone



BIOINDICATOREN OLIGOSAPROBE ZONE

Cyanophyta

Haplosiphon fontinalis

1. Calothrix parietina (a)
2. Microcoleus subtorulosus (a)
3. Phormidium papyraceum
4. Phormidium papyraceum

Chrysophyceae

5. Chromulina rosanoffi (a)
6. Mallomonas caudata (b)

Diatomeae

- Cyclotella bodanica (b)
Cyclotella comensis
7. Tabellaria flocculosa (a)
 8. Meridion circulare
Synedra acus angustissima (b)

- Pinnularia nobilis
Pinnularia subcapitata
Cymbeila cesati
9. Nitzschia linearis (a)
Surirella spiralis

Xanthophyceae

Vaucheria debaryana

Chlorophyta

30. Sphaerocystis schroeteri (b)
32. Ulothrix zonata (c)
33. Microspora amoena (c)
34. Draparnaldia glomerata
35. Bulbochaete mirabilis
36. Cladophora glomerata (a)
Rhizoceonium hieroglyphicum (a)

Conjugathophyceae

- Closterium lunula
Closterium diana
15. Euastrum oblongum (a)
16. Micrasterias truncata (a)
17. Staurastrum punctulatum (a)
Spirogyra fluviatilis (a)

Rhodophyta

18. Batrachospermum vagum (c)
19. Lemanea fluviatilis (c)

Zoomastigia

20. Diplosiga socialis (b)

Heliozoa

21. Acanthocystis turfacea (a)

Ciliata

- Prorodon niveus
22. Dileptus anser (a)
 23. Nassula gracilis (a)
 24. Frontonia acuminata (a)
 25. Vorticella similis (a)
 26. Ophridium versatile (a)
 27. Thuricolaria folliculata (a)
 28. Halteria cirrifera (b)
 29. Strombilidium gyrans (a)
 31. Strobilinopsis gyrans (a)

Rotatoria

32. Kellicottia longispina (b)

Phyllozoa

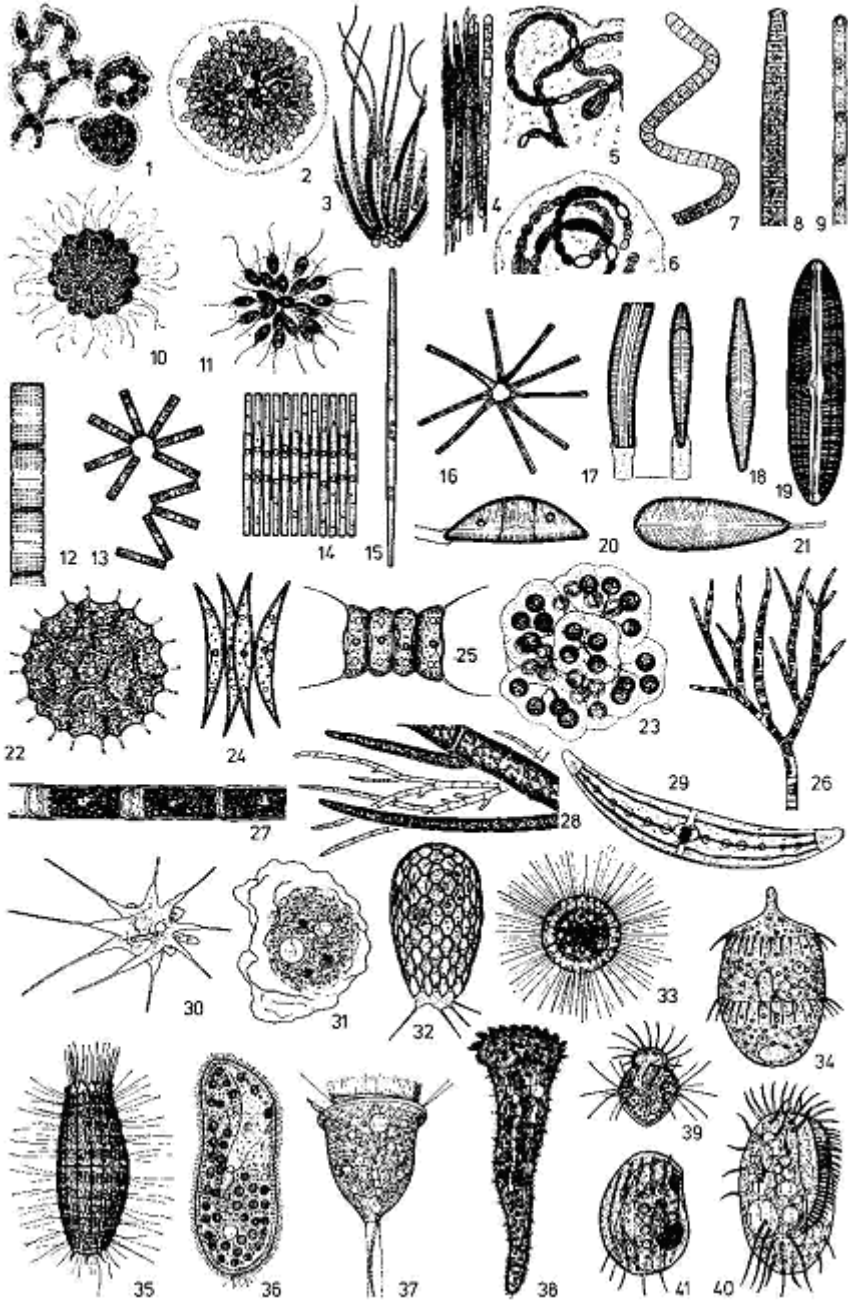
33. Holopedium gibberum (b)

a = kenmerkend voor stilstaand water

b = plankton

c = kenmerkend voor stromend water

Figur 48. Bioindicatorer β -mesosaprobe zone



Cyanophyta

1. *Microcystis flos-aquae*
2. *Gomphosphaeria naegeliana*
Gloeotrichia natans
3. *Gloeotrichia echinulata*
4. *Aphanizomenon flos-aquae*
5. *Nostoc carneum*
Nostoc linckia
6. *Anabaena flos-aquae*
Anabaena spiroides
7. *Spirulina platensis*
8. *Oscillatoria rubescens*
Oscillatoria agardhii
9. *Oscillatoria redeckei*

Chrysophyceae

10. *Synura uvella*
11. *Uroglena volvox*

Diatomeae

12. *Melosira granulata*
Melosira varians
Melosira italica
13. *Tabellaria fenestrata*
Diatoma vulgare
Diatoma elongatum
14. *Fragilaria crotonensis*
Fragilaria construens
15. *Synedra ulna*
Synedra acus
16. *Asterionella formosa*
17. *Rhoicosphenia curvata*
Stauroneis phoenicenteron
18. *Navicula rhychocephala*
19. *Pinnularia viridis*
Pinnularia major
20. *Cymbella ventricosa*
21. *Gomphonema olivaceum*
Epithemia turgida
Nitzschia acicularis
Nitzschia stagnorum
Cymatopleura solea
Cymatopleura elliptica
Surirella biseriata
Surirella ovata
Surirella tenera

Xanthophyceae

- Vaucheria sessilis*

Chlorophyta

22. *Pediastrum boryanum*
23. *Dictyosphaerium pulchellum*
Selenastrum bibraianum
Ankistrodesmus acicularis
24. *Scenedesmus acuminatus*
25. *Scenedesmus quadricauda*
26. *Chaetophora elegans*
Microthamnion kützingianum
27. *Oedogonium capillare*
28. *Cladophora crispata*

Conjugatophyceae

29. *Closterium moniliferum*
Closterium ehrenbergii
Closterium parvulum
Spirogyra crassa

Rhodophyta

- Audouinella chalybea*

Rhizopoda

- Chaos diffluens*
30. *Astramoeba radiosa*
 31. *Thecamoeba verrucosa*
 32. *Euglypha alveolata*

Heliozoa

33. *Actinosphaerium eichhorni*

Ciliata

34. *Didinium nasutum*
35. *Coleps hirtus*
36. *Paramecium bursaria*
37. *Vorticella campanula*
38. *Stentor polymorphus*
39. *Halteria grandinella*
40. *Euplotes charon*
41. *Aspidisca costata*

Rotatoria

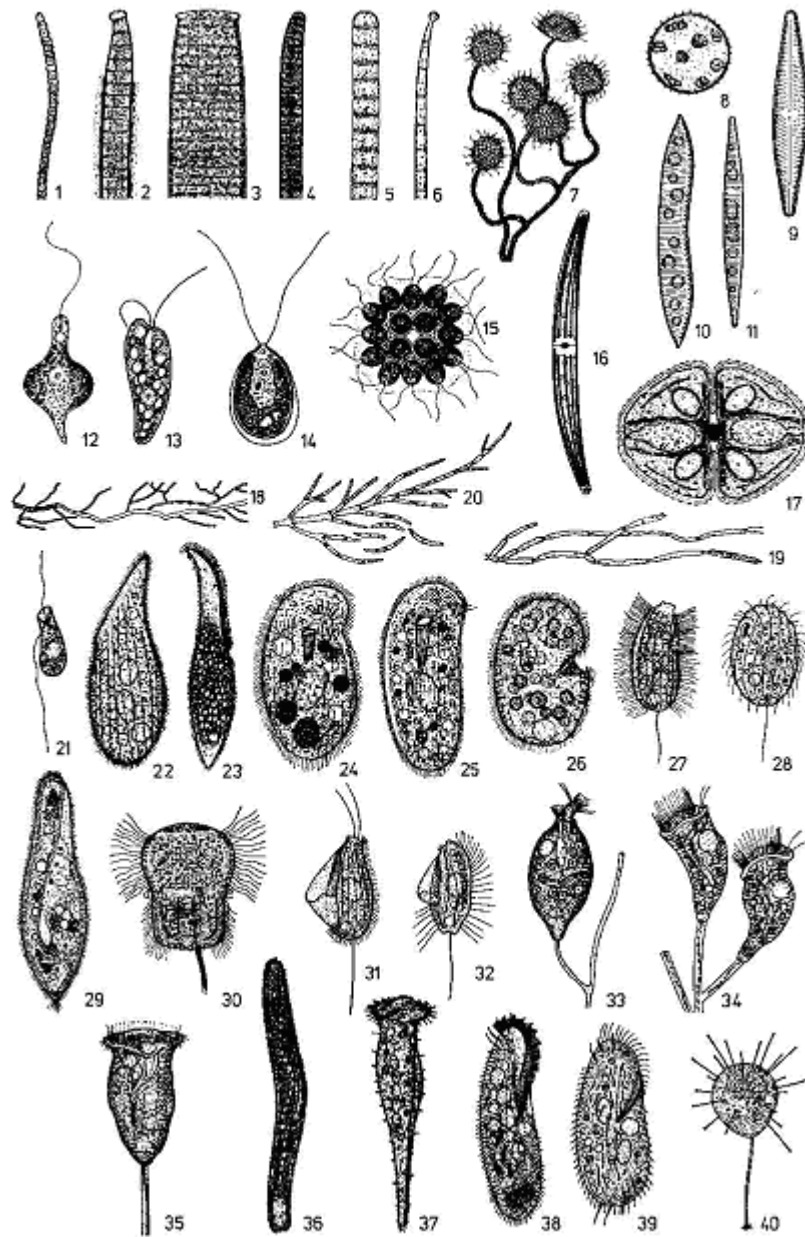
- Brachionus urceolaris*
Lecane lunaris

Annelida

- Stylaria lacustris*

Figuur 49. Bioindicatoren α mesosaprobe zone

Figuur 49. Bioindicatoren α-mesosaprobe zône.



BIOINDICATOREN α - MESOSAPROBE ZONE

Cyanophyta

1. Phormidium foveolarum
Phormidium autumnale
2. Phormidium uncinatum
3. Oscillatoria princeps
4. Oscillatoria brevis
Oscillatoria chalybea
5. Oscillatoria tenuis (a)
Oscillatoria formosa (a)
6. Oscillatoria splendida

Chrysophyceae

7. Anthophysis vegetans (a)

Diatomeae

- Cyclotella meneghiniana
8. Stephanodiscus hantzschii (a)
9. Navicula cryptocephala (a)
Navicula viridula
10. Hantzschia amphioxys (a)
11. Nitzschia palea (a, c)

Euglenophyta

12. Astasia klebsi (a)

Chlorophyta

13. Chilomonas paramecium (a)
14. Chlamydomonas ehrenbergi (a)
Spondylomorom quarternarium
15. Gonium pectorale (a)

Conjugatophyceae

- Closterium leibleinii (a)
16. Closterium acerosum (a)
17. Cosmarium botrytis

Mycophyta

18. Mucor racemosus (c)
19. Leptomitium lacteus (c)
20. Fusarium aquaeductum

Zoomastigia

21. Bodo saltans (a)

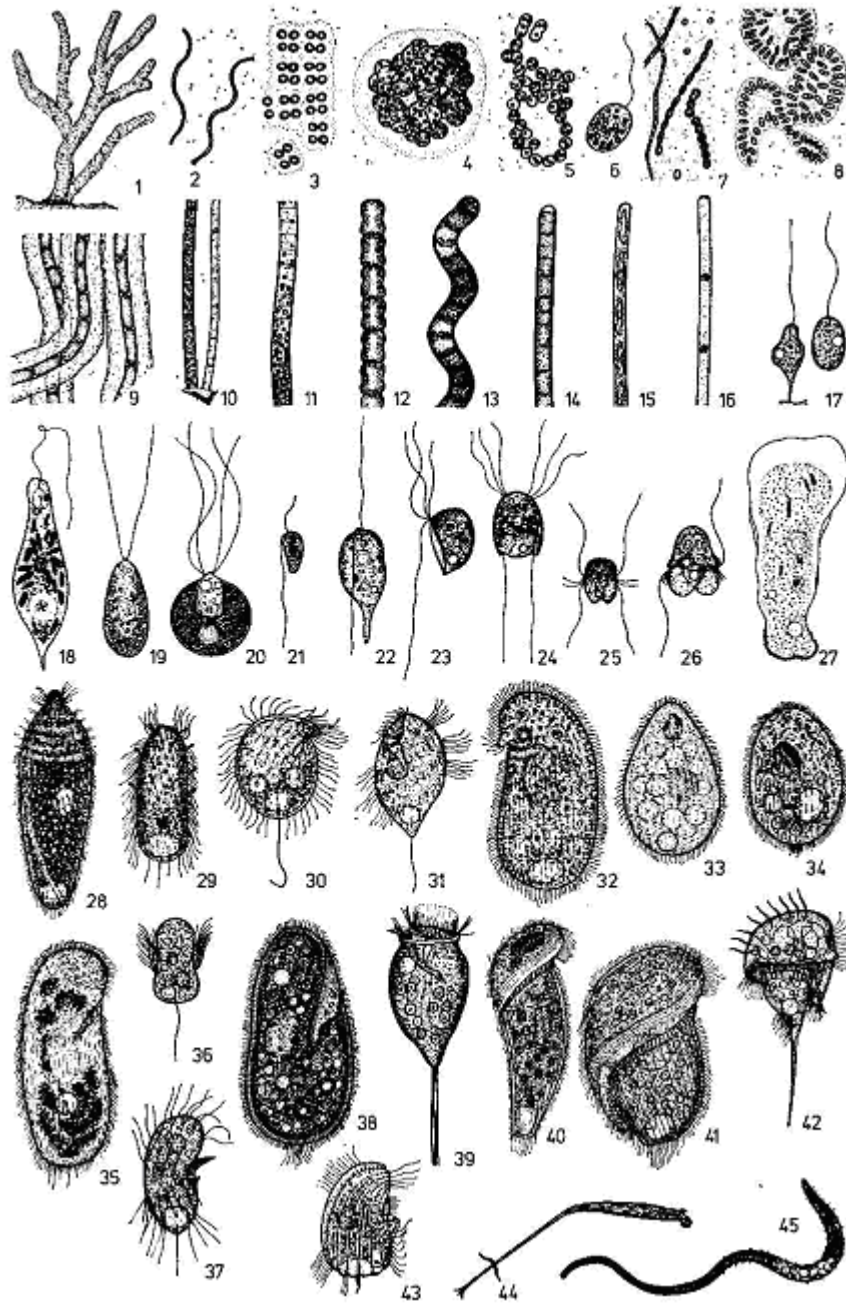
Ciliata

- Urotricha farcta
- Prorodon teres
22. Amphileptus claparedei (a, c)
23. Lionotus fasciola (c)
24. Chilodonella uncinata (a, c)
25. Chilodonella cucullulus (a, c)
26. Colpoda cucullus (a, c)
27. Uronema marinum (a, c)
28. Platynema sociale (c)
29. Paramecium caudatum (a, c)
30. Urocentrum turbo
31. Cyclidium lanuginosum (c)
32. Cyclidium citrullus
33. Opercularia coarctata (c)
34. Carchesium polypinum (c)
35. Vorticelia convallaria (c)
36. Spirostomum ambiguum (a)
37. Stentor coeruleus (a, c)
38. Urostylella weissei (a)
39. Oxytricha fallax
Aspidisca lynceus

Suctoria

40. Podophrya fixa

a = kenmerkend voor stilstaand water
b = kenmerkend voor stromend water



BIOINDICATOREN POLYSAPROBE ZONE

Schizomycetes

1. Zoogloea ramigera (d)
2. Spirillum undulans (d)
Sarcina paludosa
Streptococcus margaritaceus
Peloploca undulata
Peloploca taeniata
3. Thiopedia rosea (e)
4. Thiocystis violace
5. Lamprocystis rosea-persicina (e)

Thiospirium agilis
6. Chromatium okenii (e)
7. Chlorobium limicola (e)
8. Pelodictyon aggregatum (e)
9. Chlorochromatium aggregatum (e)

10. Thiothrix nivea fe)
11. Beggiatoa alba (e)
Thioploca schmidlei
Achromatium oxaliferum
Thiovolum majus

Cyanophyta

12. Anabaena constricta (e)
13. Spirulina jenneri (e)
14. Oscillatoria chlorina (e)
15. Oscillatoria lauterbornii (e)
16. Oscillatoria putrida (e)

Chrysophyceae

17. Oikomonas mutabilis (d)

Euglenophyta

18. Euglena viridis (e)

Chlorophyta

19. Polytoma uvella
20. Carteria multifilis

Zoomastigia

- Mastigamoeba trichophora
21. Bodo putrinus (d)
 22. Cercomonas longicauda (d)
 23. Tetramitus pyriformis
Trigonomonas compressa
 24. Hexamita inflata (d)
 25. Trepomonas rotans
 26. Trepomonas agilis

Rhizopoda

27. Vahlkampfia limax
Pelomyxa palustris (e)

Ciliata

28. Lacrymaria elegans (e)
29. Enchelys vermicularis (d)
30. Hexotricha caudata (d)
31. Trimyema compressum (d)
32. Plagiopyla nasuta (e)
33. Tetrahymena pyriformis (c)
34. Glaucoma scintillans (c)
35. Colpidium colpoda (c) (d)
36. Urozona bütschlii (d)
37. Dexiotrichides centralis (d)
Cohnilembus pusillus
38. Paramecium putrinum (c)
39. Vorticella microstoma (c)
40. Metopus es (e)
41. Metopus contortus (e)
42. Caenomorpha medusula (e)
Pelodinium reniforme
43. Epalxella striata (e)
Saprodinium dentatum
Discomorpha pectinata

Rotatoria

44. Rotaria neptunia (c) (e)

Annelida

- Tubifex tubifex (e)

c = kenmerkend voor stromend water

d = kenmerkend voor vers afvalwater

e = kenmerkend voor vuil slib

M-35 Waterbeheer

De kwaliteit van het water speelt een zeer belangrijke rol. Een goed waterbeheer is dan ook een eerste vereiste omdat de mens voor de ontwikkeling van de industrie, voor de intensivering en uitbreiding van de voedselproductie en voor de verhoging van zijn levensstandaard een steeds groter wordende behoefte aan zuiver water heeft.

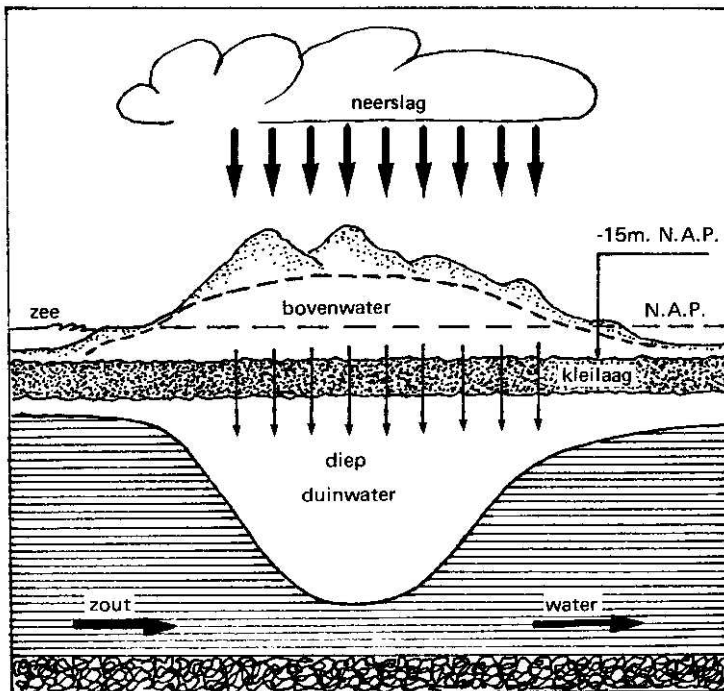
Op veel plaatsen wordt '*watermijnbouw*' toegepast. Als men bijvoorbeeld meer water uit de duinen weghaalt dan er door regenval weer in terugkeert, dan neemt de zoetwatervoorraad in de duinen af. Aangezien de zoetwatervoorraad in de duinen ligt ingebed in zout water, zal het zoute water hier bij watermijnbouw opdringen (fig. 51). Het alternatief voor het gebruik van grondwater is o.a. het gebruik van oppervlaktewater van rivieren en meren. Men kan bijvoorbeeld voorgezuiverd oppervlaktewater naar een duingebied pompen. Het water zakt daar dan weg en ondergaat daarbij een verdere zuivering.

Dat water een kostbaar goed is en dat hiermee niet roekeloos mag worden omgesprongen is o.a. door de Raad van Europa uitgesproken in het 'Europees Handvest voor het water'.

a. Europees Handvest voor het water (Raad van Europa, mei 1968)

- I. Zonder water is geen leven mogelijk. Het is een kostbaar goed. Water is onontbeerlijk voor alle menselijke activiteiten.
- II. De zoetwatervoorraden zijn niet onuitputtelijk. Zij moeten zorgvuldig worden beheerd en waar mogelijk worden vergroot.

Figuur 51. De waterhuishouding in de duinen.



- III. Waterverontreiniging is een bedreiging voor de mens en voor alle leven.
- IV. De kwaliteit van het water moet geschikt blijven voor alle gebruik. Zij moet in het bijzonder voldoen aan de eisen van de volksgezondheid.
- V. Het water dat na gebruik in het natuurlijke milieu terugvloeit, moet zó zijn, dat verder gebruik ten algemene nutte niet onmogelijk wordt.
- VI. Het in stand houden van een aangepast plantendek, bij voorkeur bos, is van wezenlijk belang voor het behoud van de natuurlijke watervoorraden.
- VII. Inventarisatie van de watervoorraden is noodzakelijk.
- VIII. De overheid dient voor een doelmatig beheer van de watervoorraden een plan op te stellen.
- IX. Het behoud van water vereist meer wetenschappelijk onderzoek, de opleiding van onderzoekers en een goede voorlichting.
- X. Iedereen moet ervan doordrongen worden dat het water ons aller erfgoed is: een spaarzaam en verantwoord gebruik ervan is ieders plicht.
- XI. Bij het beheer van watervoorraden moet men rekening houden met natuurlijke stroomgebieden, veeleer dan met politieke of administratieve grenzen.
- XII. Water kent geen grenzen: als gemeenschappelijk goed vereist het nauwe internationale samenwerking.

Veel zaken, zoals de drinkwatervoorziening, de volksgezondheid, de visserij, de landbouw, de industrie en de recreatie vragen een goede waterkwaliteit.

De waterkwaliteit wordt op vele manieren bedreigd, onder meer door:

- a. lozing van zware metalen.
- b. lozing van zuurstofbindende stoffen.
- c. bacteriologische verontreiniging.
- d. nortonwater (dikwijls een hoog zoutgehalte).
- e. thermische verontreiniging (lozing van koelwater).
- f. chemische bestrijdingsmiddelen (landbouw).

Door de Wet Verontreiniging Oppervlaktewater kwam er een eind aan de periode van '*passief waterzuiveringsbeheer*' en wordt thans in geheel Nederland een actief waterkwaliteitsbeheer gevoerd met als gevolg dat tal van waterzuiveringsinstallaties werden gebouwd.

In het verleden werd vrijwel alle industrie- en huishoudafvalwater ongezuiverd op het oppervlaktewater geloosd. Zolang voldoende zuurstof in het oppervlaktewater aanwezig is, geeft dit meestal geen problemen. Het *natuurlijke zelfreinigende vermogen* van het oppervlaktewater ziet dan kans om met behulp van oxibiontische (aërobe) bacteriën voor de afbraak van de verontreinigende organische stoffen te zorgen. Wordt echter het zelfreinigende vermogen van het oppervlaktewater overschreden, dan ontstaat overbelasting die gekenmerkt wordt door vies, stinkend water en vissterfte.

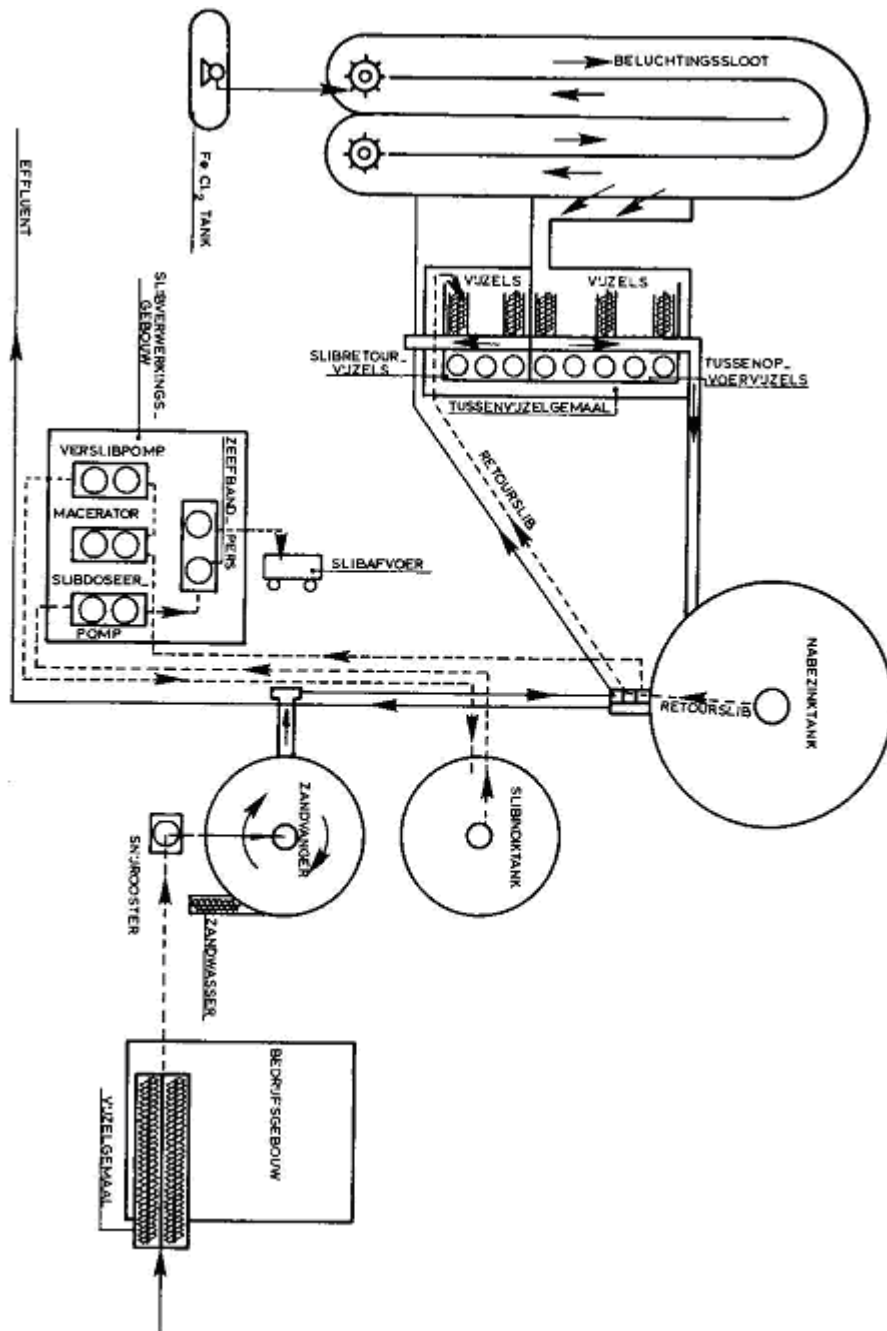
De oxibiontische bacteriën zijn vervangen door anoxibiontische (anaërobe) bacteriën. Afvalwaterzuiveringsinstallaties kunnen deze laatste situatie voorkomen, doordat door kunstmatig inbrengen van zuurstof de verontreinigende organische stoffen door enorme hoeveelheden oxibiontische bacteriën zullen worden afgebroken.

Er bestaan verschillende typen van deze installaties die alle in principe dezelfde werking bezitten. De werking bestaat uit *twee trappen*: de eerste trap is een *mechanische reiniging*, de tweede een *biologische*, waarin door het beluchtingsysteem een versneld mineralisatieproces plaats vindt. Omdat het effluent van de waterzuiveringsinstallaties rijk is aan anorganische zouten heeft men diverse installaties met een *derde trap* uitgebreid teneinde anorganische zouten te kunnen verwijderen.

In figuur 52 is een waterzuiveringsinstallatie afgebeeld van het type '*Carrousel*'. Deze installatie is voorzien van een derde trap.

b. Werking van de waterzuiveringsinstallatie (fig. 52)

Vijzelgemaal. Door twee vijzels, elk met een capaciteit van 900 m³ per uur, wordt



Figuur 52. Riolwaterzuiveringsinstallatie.

het rioolwater via een snijrooster, die grof vuil verkleint, in de zandvanginstallatie gebracht.

Zandvanger. In de zandvanger blijven zand en andere zware deeltjes achter, waardoor verstopping elders in de installatie wordt voorkomen. Door een ruimer wordt het zand verwijderd naar een goot aan de zijkant van waaruit een zandvijzel het materiaal in een container deponeert.

Beluchtingcircuit. Na het passeren van de zandvanger komt het rioolwater in het beluchtingcircuit met een inhoud van 10.000 m³, waarin het ca. 3 dagen verblijft. Door twee beluchters wordt de benodigde hoeveelheid zuurstof ingebracht, waardoor de bacterierijke slibmassa van ca. 4 gram per liter het water reinigt. Door dosering van ijzer-chloride wordt het fosfaat voor ± 90% verwijderd.

Nabezinktank. Het gereinigde slib-watermengsel komt nu in de nabezinktank met een inhoud van 3350 m³. In de trechtervormige tank bezinkt het slib. Het overblijvende, voor 90% gezuiverde, water wordt geloosd. Het bezonken slib wordt grotendeels teruggevoerd naar het beluchtingcircuit en een klein surplus-gedeelte naar de indiktank.

Indiktank. Daar de hoeveelheid slib snel toeneemt, moet regelmatig een deel daarvan worden afgevoerd naar de indiktank. Hier dikt het slib in van ± 0,4% tot ± 4% droge stof.

Zeefbandpers. Het ingedikte slib, waarin zich nog veel gebonden water bevindt, wordt daarna met een chemisch ontwateringsmiddel gemengd en in de zeefband-pers mechanisch ontwaterd tot het een droge-stofgehalte van 15-20% bezit.

Bestemming van het slib. Het steekvaste slib kan worden gedumpt of als bemestingsmateriaal in de landbouw worden gebruikt. Het slib kan uiteraard ook direct in vloeibare vorm vanuit de indiktank als bemestingsmateriaal in de landbouw worden toegepast.

De beschreven zuiveringsinstallatie heeft een capaciteit van 40.000 inwonerequivalenten.

In figuur 53 is een waterzuiveringsinstallatie afgebeeld van het type 'oxidatiebedden'.

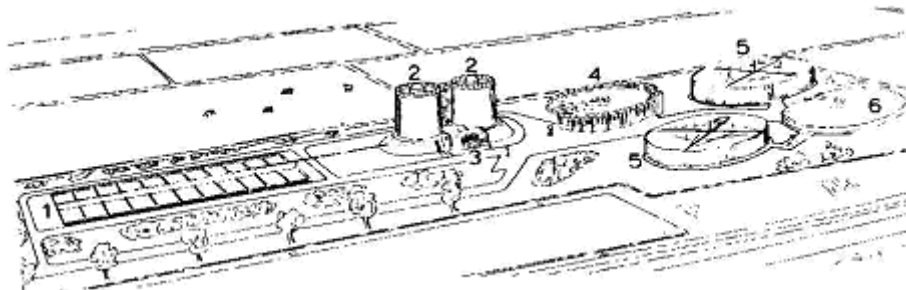
Deze installatie heeft een capaciteit van 30.000 i.e. en is voorzien van methaangistingstanks; met als gevolg dat de hoeveelheid slib sterk is afgenomen.

Via een rioleringsstelsel wordt het rioolwater naar een centraal rioolgemaal gevoerd. Vervolgens wordt het door drie pompen, met een totale capaciteit van 1000 m³ per uur, naar de voorbezinktank gepompt.

Voorbezinktank. In deze tank, met een inhoud van 1200 m³, bezinkt het slib dat zich in het rioolwater bevindt. Door een slijkruimer wordt dit slib naar het midden van de trechtervormige tank gebracht. De bezonken slibmassa wordt voor verdere behandeling naar de slijkgistingstank gepompt.

Oxidatiebedden. Vanuit de voorbezinktank wordt het rioolwater via draaisproeiers over de oxidatiebedden verdeeld. De oxidatiebedden zijn gevuld met ruim 3000 m³

Figuur 53. Rioolwaterzuiveringsinstallatie
1 = slijkdroogbedden, 4 = voorbezinktank,
2 = slijkgistingstanks, 5 = oxidatiebedden,
3 = bedrijfsgebouw, 6 = nabezinktank.



lavastenen, die omgeven zijn met een slijmerige humuslaag waarin zich onvoorstelbare hoeveelheden bacteriën bevinden. Door deze bacteriën wordt het langstromende water gezuiverd door oxidatie.

Nabezinktank. Omdat uit de oxidatiebedden met het water humusdeeltjes worden meegevoerd, passeert het water deze tank. In deze tank, ook met een inhoud van 1200 m³, waarin het water ongeveer een uur verblijft, bezinkt het humusslijk. Ook dit humusslijk wordt naar de slijkgistingstank gepompt. Het aldus gezuiverde water wordt tenslotte geloosd.

Slijkgistingstanks. Het bezonken slijk uit de beide bezinktanks is een slijmerige stinkende massa, en ondergaat in twee gistingstanks, elk met een inhoud van 900 m³ een gistingsproces. Na een verblijf van tenminste 4 weken, bij een temperatuur van $\pm 30^{\circ}$ C, is het slijk uitgegist en is het restant een reukloze zwarte massa geworden. Bij het gistingsproces komt methaangas vrij, dat voor verwarming van de gistingstanks en de gebouwen wordt gebruikt. Tevens wordt het methaangas gebruikt voor het 'roeren' van de gistende massa door er methaangas doorheen te jagen.

Droogbedden. De vloeibare, nu reukloze, zwarte massa uit de gistingstanks, heeft nog maar een droge-stofgehalte van $\pm 4\%$. Op droogbedden, met drainage, wordt het slijk tot een steekvaste massa die kan worden afgevoerd.

c. Anaërobe waterzuivering

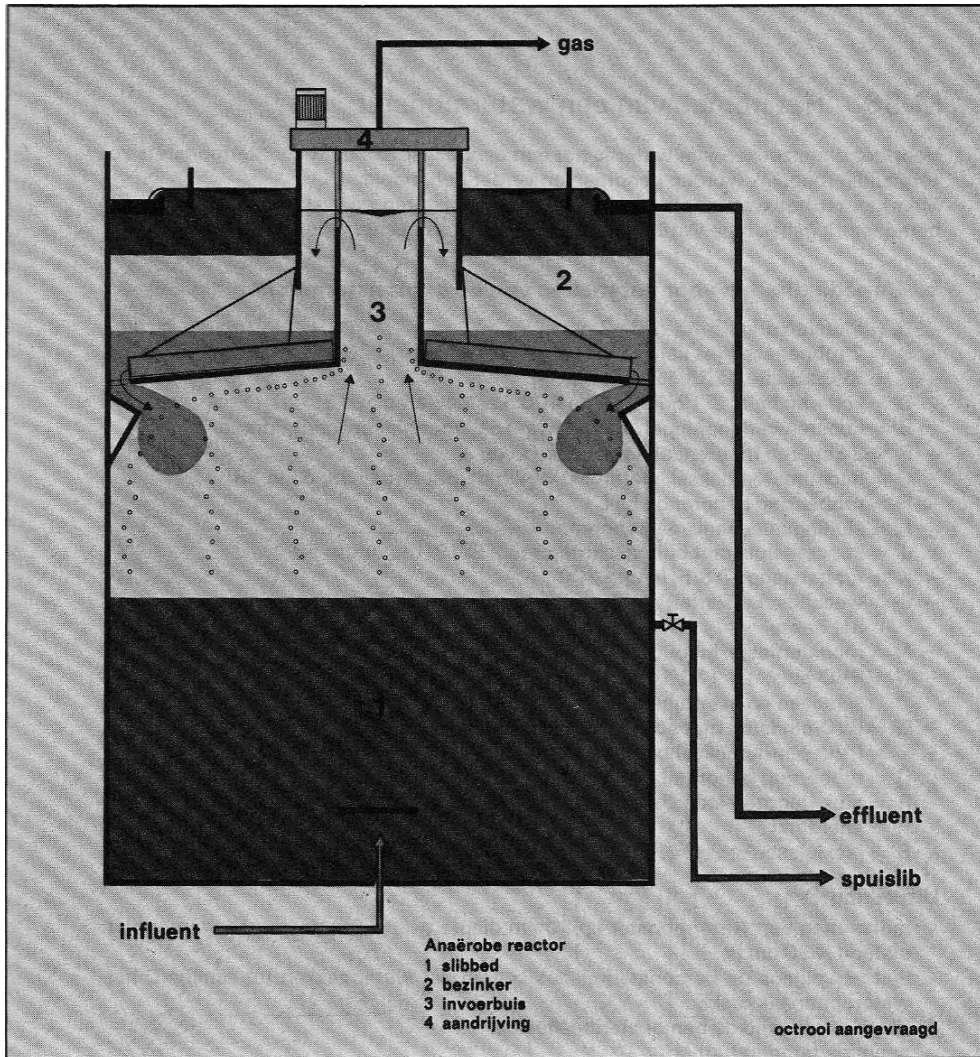
Naast aërobe en fysisch-chemische zuiveringsmethoden heeft men ook een *anaërobe* methode van afvalwaterzuivering ontworpen. Speciaal voor wat meer geconcentreerde afvalwaters uit de voedingsmiddelenindustrie zoals van slachterijen, brouwerijen, aardappelzetmeel-, de aardappelverwerkende-, de suiker- en de zuivelindustrie, biedt deze methode een aantal specifieke voordelen. Ook afvalwaters van destructiebedrijven en van de petrochemische industrie zijn erg geschikt voor anaërobe zuivering.

Anaërobe zuivering vindt plaats door anaërobe gisting of methaangisting. Het is een proces, waarbij de in het afvalwater aanwezige verontreiniging, **zonder** gebruikmaking van zuurstof, wordt omgezet in voornamelijk methaan en koolstofdioxide en een geringe hoeveelheid nieuw bacteriemateriaal (fig. 55).

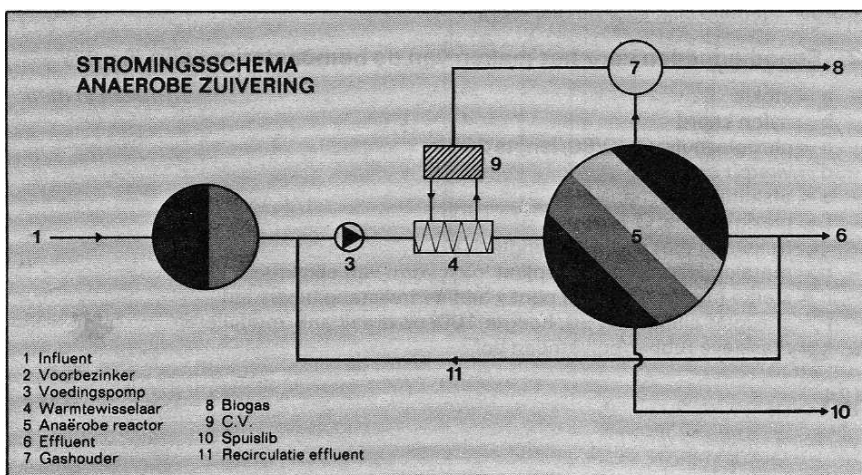
In het in fig. 54 afgebeelde systeem wordt het voorbezonden afvalwater onder in de gesloten reactor geleid en tijdens het naar boven stromen door het aanwezige bacterieslib gezuiverd. Het hierbij geproduceerde gas zorgt voor een voldoende menging. Het proces verloopt optimaal bij $\pm 35^{\circ}$ C.

Het biogas kan bij een te lage afvalwatertemperatuur goed voor opwarming worden gebruikt. Het bovenste gedeelte van de reactor bestaat uit een driefasenscheider: gas-water-slib. Deze is voorzien van een ruimer welke het bezonken slib naar de reactorruimte terug voert. Vooral de bezinkingsruimte is van essentieel belang voor een goed functioneren van het proces. Voordelen van de hierboven beschreven installatie zijn: laag energieverbruik, zeer geringe slibproductie, hoge toepasbare volumebelastingen, compacte installatie en lage bedrijfsvoering kosten.

Het geproduceerde slib is reeds volledig gestabiliseerd en goed ontwaterbaar, terwijl het tevens enkele maanden tot een jaar ongevoed kan worden bewaard zonder dat het aan activiteit inboet. Vooral voor campagne-bedrijven is dit een belangrijk voordeel.



Figuur 54 } Anaërobe waterzuiveringsinstallatie
 Figuur 55 }



M-36 Het nemen van een watermonster

Voor het onderzoeken van water is het een eerste vereiste dat de watermonsters zo zorgvuldig mogelijk worden genomen en verder behandeld.

Men kan nu het water op twee manieren bemonsteren en wel met behulp van de bemonsteringsfles type W (fig. 56) of de bemonsteringspijp type W (fig. 57).

1. Benodigdheden voor het maken van de bemonsteringsfles (fig. 56)

- A = metalen ring; Ø 40, dikte 3 (alle maten in mm)
- B = 2 rubber schijfjes van rubberstoppen te maken; Ø 20/11, dikte 5
- C = Pvc schijfje; Ø 35/12, dikte 2
- D = koperen buis; Ø 12/10, lengte 400; vastsolderen aan E
- E = koperen verloopnippel 'Wisa-Kiwa-15 1/2 met binnenschroefdraad
- F = 2 koperen moeren; dikte 6; passend op J
- G = hechthouten deksel, watervast verlijmd; grootste Ø 99, dikte 38
- H = rubber ring behorende bij L
- L = sluitingsmechanisme behorende bij L
- J = koperen buis met buitenschroefdraad; Ø 19/11, lengte 50
- K = rubberslang; Ø 8/5, lengte 200
- L = weckfles 'La Parfait' 1500 ml; hoogte 200, met sluitingsmechanisme voor het deksel
- M = monsterflesje; inhoud 100 ml/150 ml
- N = Pvc-buis; Ø 110/105,6, lengte 120; dit warm maken en om L en O schuiven en eventueel lijmen
- O = Pvc-eindstuk met schroefdraad; Ø 110, lengte 50
- P = Pvc-schroefdeksel behorend bij O
- Q = rubberring behorend bij O en P
- R = stuk gegoten lood; het gewicht moet zodanig zijn dat de bemonsteringsfles snel zinkt
- S = plexiglasbuis; Ø 6/4, lengte 95; in deksel vastlijmen

Uitvoering:

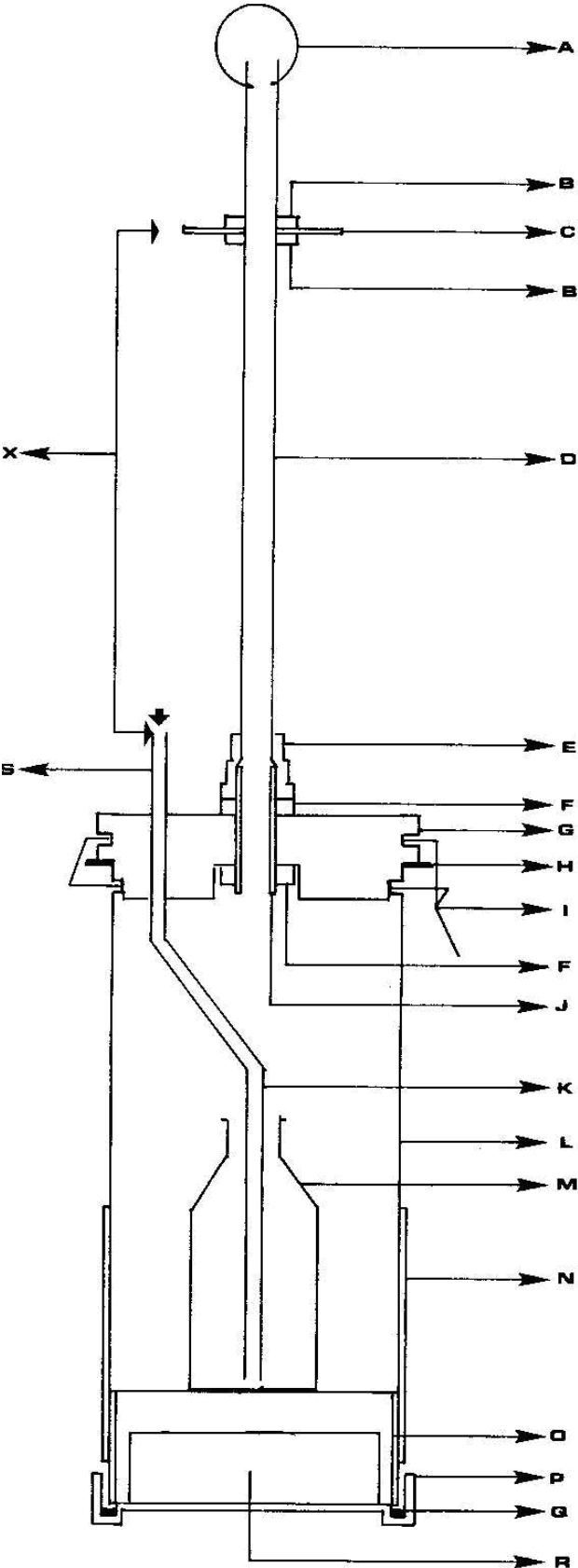
- Indien men een watermonster op 30 cm diepte wil nemen dan ervoor zorgen dat de afstand x 30 cm is.
- Laat vervolgens de bemonsteringsfles snel in het water zakken tot schijfje C het wateroppervlak raakt.
- Haal na enige tijd de bemonsteringsfles op.
- Neem de temperatuur op.
- Haal het monsterflesje eruit en behandel het monster zoals dat bij de diverse experimenten staat vermeld.

N.B. De koperen ontluchtingspijp (D) + verloopnippel (E) kunnen afgeschroefd worden (gemakkelijk voor het vervoer).

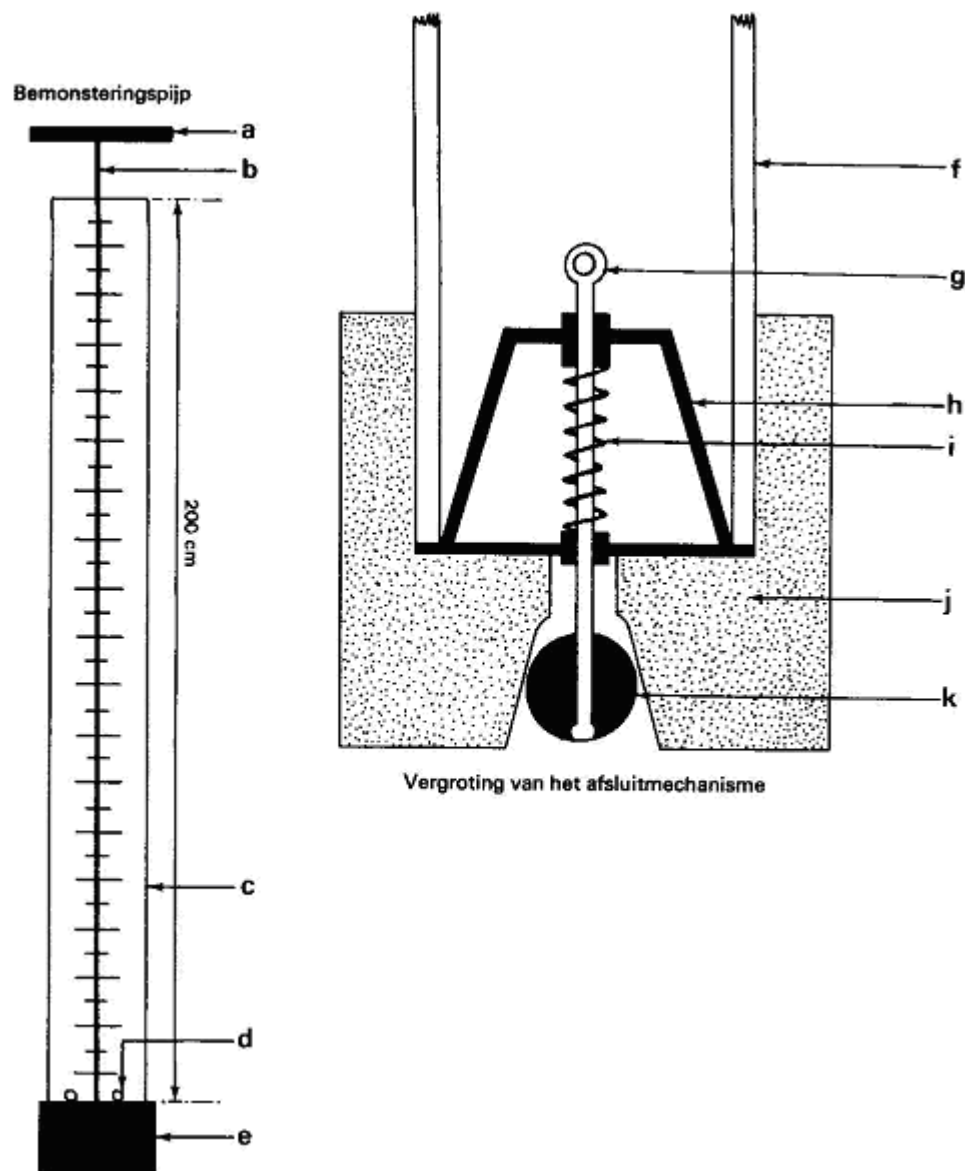
2. Benodigdheden voor het maken van de bemonsteringspijp (fig. 57)

- a = stokje (maten in mm)
- b = nylon koord
- c = plexiglasbuis; Ø 70/60, lengte 2050
- d = vlierpit bolletjes
- e = afsluitingsmechanisme
- f = plexiglasbuis; Ø 70/60
- g = trekstang met oog; Ø 7, lengte 100
- h = metalen vierpoot en voetplaat in de vorm van een kruis
- i = sterke metalen veer, bij punt x aan de trekstang bevestigd
- j = plexiglas cilinder; Ø 90, hoogte 100; op draaibank 'modelleren'
- k = massieve rubber/polyetheen bol

Figuur 56. Bemonsteringspijp type W.



Figuur 57. Bemonsteringspijp type W.



Uitvoering:

- indien men een groot watermonster op een bepaalde diepte wil nemen, dan de 'kogel' (k) omhoogtrekken.
- buis op de gewenste diepte in het water steken en de kogel wat laten zakken.
- de vlierpit balletjes 'verraden' als de buis 'vol' is.
- indien men een waterzuil wenst te bemonsteren zal de inlaatopening van het afsluitmechanisme zo groot mogelijk moeten zijn; in feite de diameter van 60 mm moeten bezitten!

M-37 Bepaling van de stroomsnelheid van water

Benodigheden: (maten in mm)

- Pvc-buis; \varnothing 103,6/110; hoogte 300
- Pvc-schijf; \varnothing 100 met gat voor rubberstop
- diverse doorboorde rubberstoppen voor
- plexiglasbuisjes met verschillende \varnothing
- 1000 ml maatcilinder
- chronometer
- plexiglasbuis; \varnothing 9/13 voor het afvoerpijpje

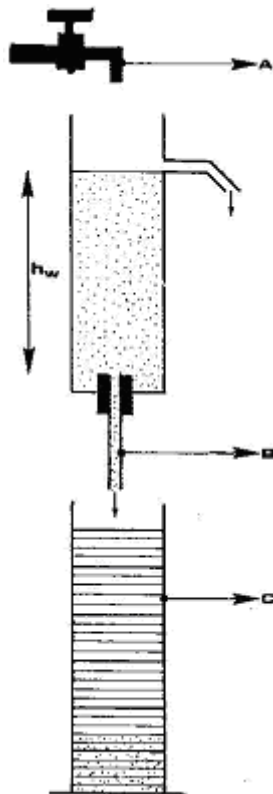
Uitvoering:

- lijm het Pvc-schijfje onderaan de buis.
- monteer het afvoerpijpje.
- maak vervolgens de proefopstelling van fig. 58.
- bepaal nu de stroomsnelheden in het buisje x van diverse $\varnothing\varnothing$, bij een constante hydraulische druk van h cmw, door de tijd te meten die nodig is voor het vullen van de 1000 ml maatcilinder.
- draai de waterkraan zover open dat de hydraulische druk van h cmw constant blijft.
- plaats vervolgens de maatcilinder onder buisje B en druk gelijktijdig de chronometer in.
- stop de chronometer zodra er 1000 ml in de maatcilinder zit.
- gebruik onderstaande formule voor de stroomsnelheidsbepaling:

$$S \text{ (ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}) = \frac{1000 \text{ ml}}{O - \Delta t}$$

O = inwendige doorsnede oppervlak buisje x

Δt = tijdsduur nodig voor het vullen van de 1000 ml maatcilinder



Figuur 58. Proefopstelling.

A = Waterkraan

B = buisjes van verschillende \varnothing

C = 1000 ml maatcilinder

hw = constante hydraulische druk

M-38 Bepaling van de stroomsnelheid van water op verschillende diepten

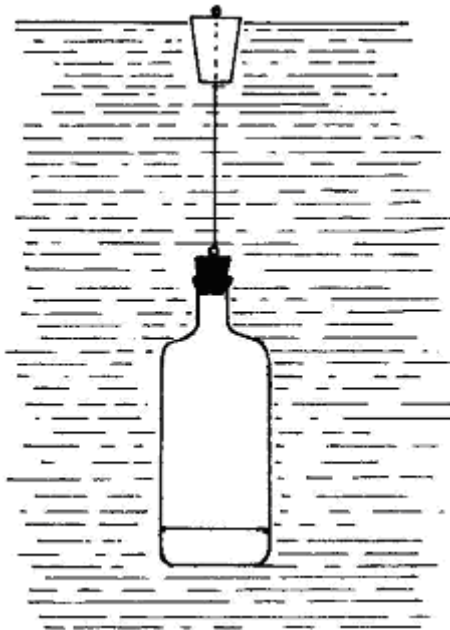
Men kan de stroomsnelheid schatten uit de snelheid van takjes, enz. die op het wateroppervlak drijven. Door de invloed van wind kunnen echter grote afwijkingen ontstaan. De snelheid van het toestelletje is die van de waterlaag waarin zich het flesje bevindt, daar de weerstand van de kurk tegen wind of stroom te verwaarlozen is.

Benodigdheden:

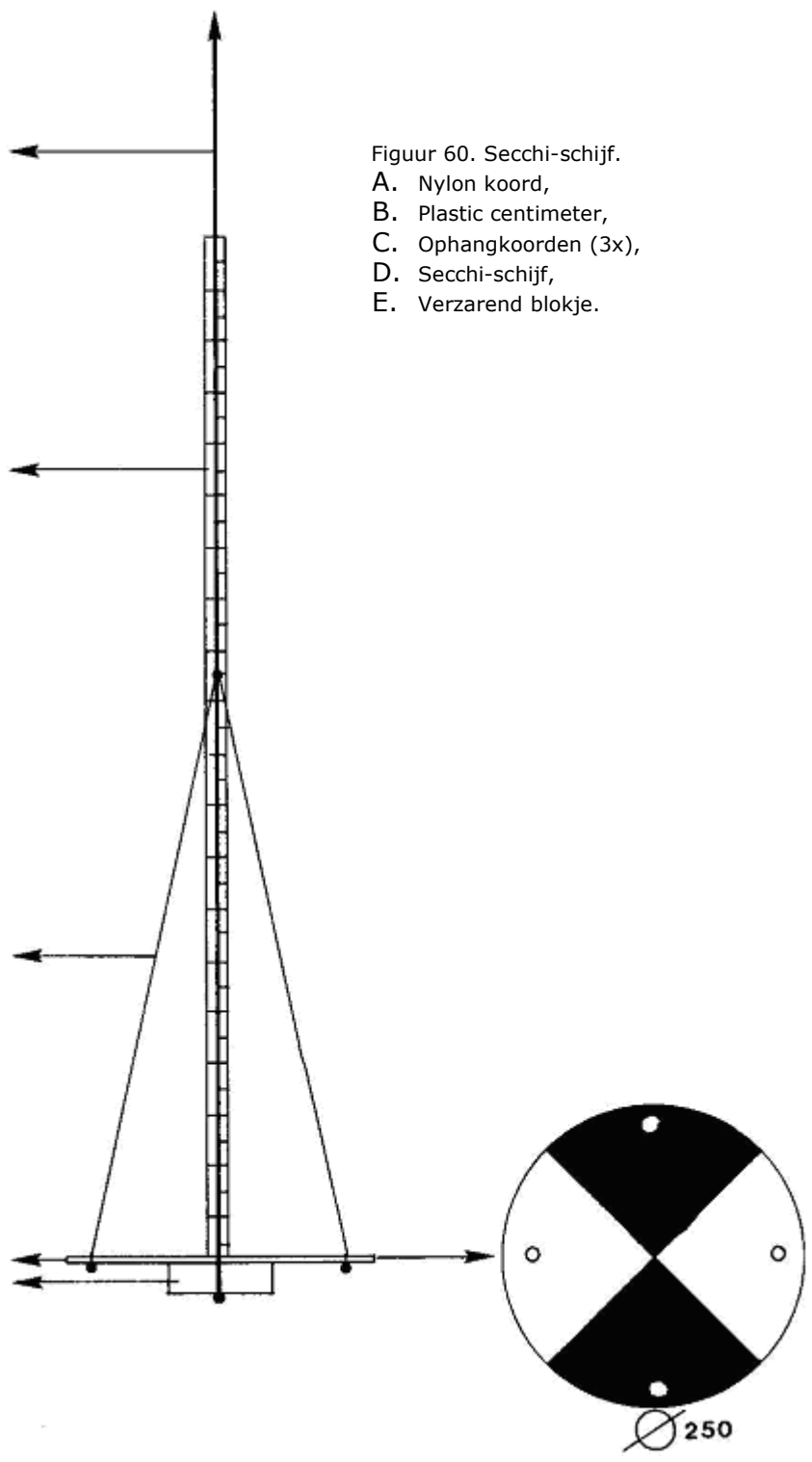
- flesje van 50 of 100 ml
- rubberstopje
- schroefoogje
- nylondraad
- kurk
- chronometer
- meetlint

Uitvoering:

- vul het flesje gedeeltelijk met water.
- sluit het flesje af met een rubberstopje waarin een schroefoogje is bevestigd.
- bevestig de kurk en het flesje door een nylondraad met elkaar.
- in het flesje moet zoveel water zitten, dat de kurk net even boven het wateroppervlak uitsteekt of tegen het wateroppervlak kleeft.
- meet de tijd die de kurk nodig heeft voor een bepaalde afstand en bepaal uit de gevonden waarden de snelheid in m/uur.



Figuur 59. Een zwevende fles ter bepaling van de stroomsnelheid



Figuur 60. Secchi-schijf.

- A. Nylon koord,
- B. Plastic centimeter,
- C. Ophangkoorden (3x),
- D. Secchi-schijf,
- E. Verzarend blokje.

M-39 Bepaling van de zichtdiepte van het water

Men kan een indruk krijgen van de totale hoeveelheid gesuspendeerd materiaal in oppervlaktewater door middel van de Secchi-schijf.

De zichtdiepte die men hiermee meet komt globaal gerekend overeen met het compensatievlak van groene waterplanten (zie ook M-56).

Benodigdheden:

- Secchi-schijf met toebehoren
- verrekijker, voor het geval men vanaf hoge wallen of vanaf bruggen metingen verricht

Uitvoering:

- laat de schijf zakken totdat men deze niet meer ziet.
- noteer deze zichtdiepte.
- laat de schijf verder zakken.
- haal de schijf weer langzaam omhoog totdat men deze weer ziet.
- noteer ook deze zichtdiepte.
- herhaal deze metingen enkele malen, liefst ook door verschillende personen.
- bereken tenslotte de gemiddelde waarde.

M-40 Bepaling van het gehalte aan zwevend materiaal in water

Benodigdheden:

In het veld:

- bemonsteringspijp type W (zie M-36, pag. 124)
- voorraadflessen 2500 ml

In de practicumzaal:

- maatcilinder 1000 ml (hoog model)
- Buchnertrechter
- rondfilters
- afzuigkolf
- waterstraalpomp
- droogstoof
- balans

Uitvoering:

In het veld:

- neem met behulp van de bemonsteringspijp een waterzuilmonster van 50 cm vanaf het wateroppervlak.
- doe dit watermonster in een voorraadfles.

In de practicumzaal:

- droog een rondfilter gedurende 1 uur bij 105° C in een droogstoof.
- weeg de rondfilter.
- noteer het gewicht.
- bepaal met behulp van de maatcilinder het volume van het watermonster.
- noteer dit volume.
- filtreer met behulp van Buchnertrechter, afzuigkolf en waterstraalpomp het watermonster.

- het eventueel in de voorraadfles en maatcilinder achtergebleven materiaal kan nu met behulp van aqua dest. in de Buchnertrechter worden gespoeld.
- breng het rondfilter over in de broedstoof van 105° C.
- bepaal na 1 uur het gewicht van het rondfilter.
- het verschil tussen de twee gewichtsbepalingen geeft aan het gewicht van het zwevend materiaal/volume van het watermonster.

M-41 De oppervlaktespanning van water

Tal van chemicaliën hebben invloed op de oppervlaktespanning van water. De grootte van druppels is afhankelijk van de oppervlaktespanning.

Benodigheden:

- 1 statief met buretklem
- 50 ml buret met schuine of rechte kraan
- aqua dest.
- zeepoplossing
- zoutoplossing

Uitvoering:

- vul de buret met aqua dest. en zet de kraan in een zodanige stand dat de buret met grote druppels leegloopt.
- gedurende het gehele experiment de stand van de kraan niet veranderen.
- vul de buret nu met 45 ml aqua dest.
- begin bij niveau 40 ml met het tellen van de druppels.
- stop met het tellen bij niveau 35 ml.
- noteer het aantal druppels in onderstaande tabel.
- bereken de druppelgrootte en noteer deze eveneens in onderstaande tabel.
- spoel de buret vervolgens voorzichtig met de zeepoplossing (voorkom schuimvorming).
- vul de buret met 45 ml zeepoplossing.
- tel het aantal druppels dat bij het leeglopen van het 40 ml-niveau naar het 35 ml-niveau ontstaat.
- noteer ook dit aantal in onderstaande tabel.
- bereken eveneens de druppelgrootte en noteer deze ook in onderstaande tabel.
- doe hetzelfde met de zoutoplossing en een zelf gekozen oplossing.
- noteer deze gegevens in tabel 37.

<i>oplossing</i>	<i>aantal druppels/5 ml</i>	<i>druppelgrootte in ml</i>
aqua dest.		
zeepoplossing		
zoutoplossing		
.....oplossing		

Tabel 37

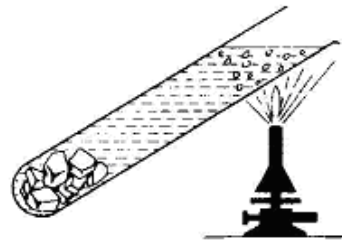
Opdracht:

1. Trek zo mogelijk conclusies uit de verkregen resultaten.

M-42 De warmtegeleiding van water

Benodigdheden:

- 1 Bunsenbrander/Téclubrander
- 1 reageerbuis
- loden kogeltjes



figuur 61

Uitvoering:

- vries enkele loden kogeltjes in kleine blokjes ijs in
- deponeer deze blokjes op de bodem van de reageerbuis.
- giet de buis vervolgens voor driekwart vol met koud water.
- breng nu het water boven in de reageerbuis voorzichtig aan de kook.

Vraag:

1. Welke conclusie kan getrokken worden uit de waarnemingen?

M-43 Aantonen van nitraat, ammonium en fosfaat in water

a. Nitraat in watermonsters (zie M-36)

1. Benodigdheden:

- balans
- volumepipetten 2 ml en 5 ml
- reageerbuizen
- H_2SO_4 95-97%
- brucin ($C_{23}H_{26}N_2O_4$)

1. Uitvoering:

- meng 2 ml watermonster voorzichtig met 5 ml H_2SO_4 .
- laat het afkoelen.
- voeg 50 mg brucin toe en schud dit.
- indien het watermonster nitraat bevat treedt roodkleuring op (de intensiteit van de roodkleuring hangt af van het nitraatgehalte).

2. Benodigdheden:

- balans
- maatcilinder 100 ml
- volumepipetten 1 ml en 3 ml
- reageerbuizen
- diphenylamine ($C_6H_5-NH-C_6H_5$) 10 mg
- verzadigde KCl-oplossing
- gec. H_2SO_4
- voorraadfles 200 ml

2. Uitvoering:

- voeg aan 100 ml gec. H_2SO_4 10 mg diphenylamine en 1 ml verz. KCl-oplossing toe (Oplossing A).
- pipetteer ± 1 ml watermonster in een reageerbuis.
- voeg nu langzaam ± 3 ml van oplossing A toe.
- indien het watermonster nitraat bevat, dan vormt zich tussen het watermonster en oplossing A een blauwe ring.

b. Ammonium in watermonsters

Benodigdheden:

- balans
- maatcilinder 100 ml
- erlenmeyers 250 ml
- maatpipetten 10 ml
- Nessler reagens
- seignettezout (kaliumnatriumtartraat)

Uitvoering:

- doe 100 ml watermonster in een erlenmeyer.
- voeg 0,5 g seignettezout + 4 ml Nessler reagens toe.
- indien ammoniumzouten aanwezig zijn, dan treedt een duidelijke geel/bruin-kleuring op (0,02 mg NH₃/l reeds aantoonbaar!).

c. Fosfaat in watermonsters

Benodigdheden:

- volumepipetten 10 ml
- reageerbuizen
- vanadaat-molybdaat-reagens (Merck)

Uitvoering:

- pipetteer 10 ml watermonster in reageerbuis.
- voeg 2 ml vanadaat-molybdaat-reagens toe.
- geelkleuring wijst op de aanwezigheid van fosfaat.
zwak geel → 0,1 mg/l
sterk geel → 5,0 mg/l

M-44 Bepaling van de hardheid en het gehalte aan calcium en magnesium van water

Benodigdheden:

- watermonsters (zie M-36)
- buret + statief
- 4 erlenmeyers 300 ml
- maatkolf 1000 ml
- 5 maatcilinders 100 ml (hoog model)
- 4 volumepipetten 2 ml
- 1 bekeerglas 300 ml
- brander, driepoot en gaasje
- 3 trechttertjes
- rondfilters
- aqua dest.
- ammonia/ammoniumchloride-buffer (5,2 g NH₄Cl/100 ml 6 M ammonia)
- EDTA-oplossing (3,72 g Na₂-EDTA/1000 ml aqua dest);
in pyrexglazen of dikwandige polyetheen flessen bewaren
- 0,1 M NaOH (4 g NaOH/1000ml aquadest).
- calconmengsel (200 mg calconpoeder + 100 g NaCl)
- erichroom zwart T mengsel (400 mg eriochroom zwart T + 100 g NaCl)
- ± 10 g KCN (uiterst zorgvuldig mee omgaan!!!) **GIFTIG!**

a. Bepaling van de totale hardheid van leidingwater

Uitvoering:

- Doe 100 ml leidingwater in een erlenmeyer 300 ml.
- hieraan 2 ml ammonia/ammoniumchloride-buffer toevoegen.
- mespunt eriochroom zwart T-mengsel toevoegen.
- verwarmen tot 70° C; rode kleur ontstaat.
Indien geen rode kleur ontstaat dan nog een beetje KCN toevoegen omdat er hoogst waarschijnlijk veel Cu²⁺-ionen aanwezig zijn!
- druppelsgewijs titreren met EDTA-oplossing (al zwenkend).
- bij einde titratie wordt de oplossing blauw.
- als na 20 seconden de kleur onveranderd is, dan de titratie stoppen, anders nog zeer voorzichtig doorgaan.
- noteer het voor de titratie benodigde aantal ml EDTA-oplossing.

b. Bepaling van de permanente hardheid van leidingwater

Uitvoering:

- doe 100 ml leidingwater in een beerglas van 300 ml.
- ± 10 minuten zacht laten koken.
- afkoelen tot kamertemperatuur.
- giet het monster via een filter in een maatcilinder 100 ml.
- monster aanvullen met aqua dest. tot 100 ml.
- overbrengen in een erlenmeyer 300 ml en titreren.
- het watermonster verder behandelen als onder bepaling a vermeld staat.
- noteer het voor de titratie benodigde aantal ml EDTA-oplossing (zie f).

c. Bepaling van de tijdelijke hardheid van leidingwater

Uitvoering:

- de tijdelijke hardheid van het watermonster wordt bepaald uit de gegevens verkregen bij de bepalingen a en b. Uit het verschil van beide bepalingen kan men nl. de tijdelijke hardheid afleiden.

d. Bepaling van het Ca- en Mg-gehalte van oppervlaktewater

Uitvoering:

- het watermonster filtreren.
- 100 ml filtraat overbrengen in erlenmeyer 300 ml.
- het monster verder behandelen als aangegeven is onder bepaling a.
- noteer het voor de titratie benodigde aantal ml EDTA-oplossing (zie f).

e. Bepaling van het Ca-gehalte van het oppervlaktewater

Uitvoering:

- het watermonster filtreren.
- 100 ml filtraat overbrengen in erlenmeyer 300 ml.
- 15 ml 0,1 M NaOH toevoegen.
- mespunt calconmengsel toevoegen.
- druppelsgewijs titreren met EDTA-oplossing (al zwenkend).
- bij einde van de titratie wordt de oplossing blauw.
- als na 60 seconden wachten de kleur niet veranderd is, is het eindpunt bereikt; anders nog voorzichtig even doorgaan.
- noteer het aantal voor de titratie benodigde ml EDTA-oplossing (zie f).

f. Berekening van de hardheid

Voor titratie van 100 ml watermonster geldt:
y ml 0,01 M EDTA-oplossing heeft gebonden: 0,01 y mmol Ca²⁺, dat overeenkomt met
0,01 x 56 x y mg CaO/100 ml watermonster en met 0,1 x 56 x y mg CaO/l
watermonster.

De *hardheid* van het monster bedraagt dan:

$$\frac{5,6 \cdot y}{10} \text{ °DH}$$

M-45 Bepaling van het chloride- en zoutgehalte van het water

Benodigdheden:

- watermonsters (zie M-36)
- buret, statief
- trechter
- rondfilters
- maatcilinder 100 ml
- erlenmeyer 300 ml
- maatpipet 10 ml
- pH-meter/pH-papier
- 0,01 M AgNO₃ (1,7 g AgNO₃/l)
- kaliumchromaatoplossing (5 g K₂CrO₄/100 ml)
- 4 M HNO₃

Uitvoering:

- filtreer het watermonster.
- kook 100 ml filtraat in een erlenmeyer 300 ml.
- meet de pH.
- als de pH groter is dan 6, dan enkele druppels 4 M salpeterzuur toevoegen.
- watermonsters 5 minuten koken.
- watermonster onder kraan afkoelen.
- 6 ml kaliumchromaatoplossing toevoegen.
- vervolgens steeds 3 druppels zilvernitraatoplossing en weer zwenken.
- dit herhalen tot de citroengele kleur oranje/rose wordt.
- als binnen 2 minuten de oplossing weer helder geel wordt opnieuw 3 druppels zilvernitraatoplossing toevoegen tot er geen gele kleur meer optreedt.
- noteer het aantal benodigde ml AgNO₃.

Bepaling van het *chloride-gehalte*:

1 ml 0,01 M AgNO₃ komt overeen met 3,5 mg Cl/l.

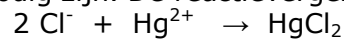
Het *zoutgehalte* is gelijk aan 1,65 x het bepaalde Cl⁻-gehalte.

Immers Na = 23 en Cl = 35,5 dus is NaCl = $\frac{58,5}{35,5} = 1,65 \times \text{Cl}^-$.

Vermenigvuldiging met 1,8 geeft het *totale zoutgehalte*.

M-46 Bepaling van het zoutgehalte van water (alternatieve titratiemethode)

De titratie van chloride-ionen met zilvernitraat is wel nauwkeurig maar het eindpunt geeft altijd moeilijkheden wanneer ze uitgevoerd wordt door mensen met weinig ervaring. Het eindpunt van een dergelijke titratie met mercuri(II)nitraat is door de toevoeging van difenylcarbazon en het ontstaan van een licht violette kleur duidelijker. Teneinde de titer van de zilvernitraatoplossing door het licht zo min mogelijk te veranderen is hiervoor een bruine voorraadfles noodzakelijk en gebruikte men een bruin glazen buret. Deze maatregelen zijn voor de kwik(II)nitraatoplossing niet nodig. Aangezien de titratieresten veelal via de gootsteen verwijderd worden geeft deze titratie minder milieubelastende zware metaalionen. Zilvernitraat is namelijk éénwaardig en mercurinitraat is tweewaardig, zodat er door dezelfde titratie minder kwikionen dan zilverionen nodig zijn. De reactievergelijking luidt:



De overmaat Hg^{2+} -ionen vormen met difenylcarbazon een violet gekleurd complex.

Benodigheden:

- 0,03 N mercuri(II)nitraat bevat 5139,3 mg $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ per liter
- 1% difenylcarbazon in 95% ethanol. Deze indicator is in bruine fles beperkt houdbaar (ongeveer 1 maand in de koelkast)
- 0,02 N natriumchloride bevat 1168,8 mg NaCl per liter
- buret, erlenmeyers, volumepipetten, exsiccator

Vorbereiding:

De natriumchlorideoplossing wordt gebruikt voor de titerstelling van de kwik(II)-nitraatoplossing. Of men gebruikt hiervoor een nauwkeurig afgewogen hoeveelheid keukenzout (1753,2 mg) opgelost in gedestilleerd water en aangevuld tot 1 liter. Het zeer zuivere NaCl moet voor het afwegen minstens één à twee uur gedroogd worden bij 120 °C of gedurende een nacht in een oven. Daarna laat men de stof gedurende een uur afkoelen in een exsiccator.

Aan 25 ml zoutoplossing voegt men twee druppels indicator toe en titreert tot het eindpunt; verbruik a ml.

Tevens titreert men 25 ml gedestilleerd water met twee druppels indicator; verbruik b ml.

De titer van de kwik(II)nitraatoplossing is: $\frac{25 \times 0,02}{(a - b)}$ of

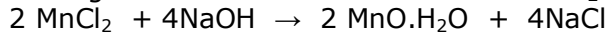
$$25 \times \frac{\text{afgewogen hoeveelheid NaCl}}{1000} = (a - b) \times \text{titer}$$

Uitvoering:

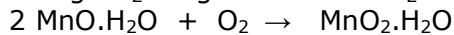
- pipetteer 25 ml van het te onderzoeken monster oppervlaktewater in een erlenmeyer.
- voeg enkele druppels difenylcarbazon indicator toe. Wanneer reeds bij aanvang de oplossing rose is gekleurd doordat de zuurgraad van het monster te basisch is, voegt men enkele druppels 1 N HNO_3 toe.
- titreer het kwik(II)nitraat tot het eindpunt: verbruik c ml. Teneinde de kleur beter te herkennen titreert men boven een witte oppervlak terwijl men voor de kleurvergelijking twee standaardoplossingen gebruikt. Namelijk een bekersglasje met gedestilleerd water waaraan enkele druppels indicator zijn toegevoegd en een hoeveelheid monster zoals hij eruit ziet na het eindpunt (men gebruikte bijvoorbeeld hiervoor de eerste oriënterende titratie).
- berekening chloridegehalte: $c \times \text{titer} \times 40 \times 35,5 = \dots \text{ mg Cl}^-/\text{liter}$.

M-47 Bepaling van het zuurstofgehalte van water (Winkler)

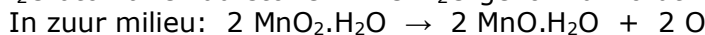
Deze methode berust op het doen oxideren van tweewaardig mangaan ($\text{MnO}\cdot\text{H}_2\text{O}$) tot vierwaardig mangaan ($\text{MnO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$) door de in het water opgeloste zuurstof. Het $\text{MnO}\cdot\text{H}_2\text{O}$ wordt verkregen door aan het watermonster MnCl_2 en NaOH toe te voegen.



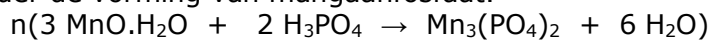
De aanwezige O_2 reageert met $\text{Mn}\cdot\text{H}_2\text{O}$ tot $\text{MnO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$.



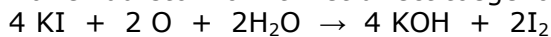
Met behulp van geconcentreerd H_3PO_4 (overmaat) ontstaat een zuur milieu waarin uit $\text{MnO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$ atomaire zuurstof en $\text{MnO}\cdot\text{H}_2\text{O}$ gevormd wordt.



Het nog aanwezige (niet geoxideerde) en teruggevormde $\text{MnO}\cdot\text{H}_2\text{O}$ reageert met H_3PO_4 onder de vorming van mangaanfosfaat.

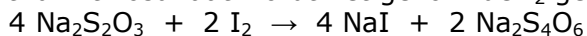


De atomaire zuurstof vormt met direct toegevoegd KI en H_2O zowel KOH als I_2 .



Omdat nitriet (NO_2^-) jodium uit KI kan vrijmaken, wordt voor het toevoegen van KI het nitriet gebonden door toevoegen van natriumazide (zeer giftig!!!).

Met natrium-thiosulfaat wordt het gevormde I_2 getitreerd.



Uit bovenstaande reactievergelijkingen blijkt dat 1 O_2 correspondeert met 2 O , met 2 I_2 en daardoor met 4 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

Benodigheden:

In het veld:

- bemonsteringsfles type W (zie M-36)
- thermometer of thermosonde type W (zie fig. 14)
- monsterflesjes 250 ml van helder glas en met schuin afgeslepen stop
- 30% MnCl_2 (800 g $\text{MnCl}_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}/\text{l}$)
- 30% NaOH (480g NaOH/l)
- plastic injectiespuitjes 2,0 ml/2,5 ml

In de practicumzaal:

- buret en statief
- trechter
- gecalibreerde injectiespuitjes 5 ml
- maatcilinder 100 ml (hoog model)
- erlenmeyer 300 ml
- magnetische roerder met toebehoren
- spuitfles met aqua dest
- 75% H_3PO_4 (s.m. $\pm 1,6$)
- NaN_3
- 30% KI (150 g KI/l); alkalisch maken met 100 ml 30% NaOH/l 30% KI
- 2% amyllum solube (zetmeel);
hieraan 0,5 formaline 40%/100 ml zetmeeloplossing toevoegen (tegen bederf!)
- 0,01 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (uitgaan van een in de handel gebrachte titrisol)

Uitvoering:

In het veld:

- vul het monsterflesje 250 ml, gebruik maken van de bemonsteringsfles type W.
- meet in de bemonsteringsfles de temperatuur en noteer deze.
- voeg met een injectiespuitje 1,5 ml MnCl_2 toe (naald bijna geheel in het monster).
- voeg met een injectiespuitje 1,5 ml NaOH toe (naald bijna geheel in het monster).
- sluit het monsterflesje af met de schuin afgeslepen stop (pas op voor luchtbellen).
- flesje goed schudden (het monster is nu 'geconserveerd!').
- monster zo snel mogelijk verder behandelen.

In de practicumzaal:

- monsterflesje openen.
- 4,5 ml 75% H_3PO_4 met injectiespuitje in het flesje spuiten.
- roer zeer voorzichtig.

- voeg een mespuntje NaN_3 toe.
- roer voorzichtig.
- voeg 1,5 ml 30% KI toe; de kleur van het monster is nu geel tot bruin.
- roer voorzichtig.
- het neerslag moet nu volledig verdwenen zijn; indien niet dan nog iets H_3PO_4 toevoegen.
- de maatcilinder 100 ml driemaal spoelen met het behandelde monster,
- meet nu met de maatcilinder 80 ml monster af en doe dit in de erlenmeyer 300 ml.
- de maatcilinder driemaal naspoelen met aqua dest. en het 'spoelwater' aan de inhoud van de erlenmeyer toevoegen.
- hierna direct titreren met 0,01 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.
- zodra de kleur flauw geel is geworden dan 2 ml (\pm 5 druppels) 2% zetmeeloplossing toevoegen.
- verder titreren totdat de blauwe kleur net verdwenen is.
- noteer het aantal ml $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dat voor titratie nodig was.

Berekening van het zuurstofgehalte:

Bij een monstergrootte van 80 ml komt elke gebruikte ml thio overeen met 1 mg O_2 /l in het monster. Vergelijk de gevonden waarden met die in de tabel op pag. 38.

N.B. Let op dat er geen lucht in de titratievloeistof wordt geschud, daardoor wordt er wat KI door de lucht tot I_2 geoxideerd.

M-48 Bepaling van het zuurstofgehalte van water (vereenvoudigde methode)

Het Fe^{2+} -ion van ijzer(II)sulfaat wordt in basisch milieu gemakkelijk geoxideerd door zuurstof door elektronenafgifte tot Fe^{3+} .

De reactie is: $4 \text{FeSO}_4 + 8 \text{NaOH} + \text{O}_2 \rightarrow 8 \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{Fe}_2\text{O}_3 + 4 \text{H}_2\text{O}$.

Dit proces kan men toepassen voor een volumetrische bepaling van het zuurstofgehalte van water zolang het monster geen onbekende oxiderende of reducerende stoffen bevat (zoals bij afvalwater van industriële oorsprong).

Als indicator voor het bepalen van het eindpunt van deze oxidimetrische titratie voegt men enkele druppels toe van een verdunde kleurstofoplossing waarvan de kleur verandert door oxidatie of reductie. Dergelijke kleurstoffen noemt men redox-indicatoren:

phenosafranine is in geoxideerde toestand rood en in gereduceerde toestand kleurloos, methyleenblauw is in geoxideerde toestand blauw en in gereduceerde toestand kleurloos.

° C	Cl ⁻ - ionen in mg/l										
	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
0,0	14,62	14,60	14,59	14,57	14,55	14,54	14,52	14,50	14,48	14,47	14,45
0,5	14,43	14,41	14,40	14,38	14,36	14,35	14,33	14,31	14,29	14,28	14,26
1,0	14,23	14,21	14,20	14,18	14,17	14,15	14,13	14,12	14,10	14,09	14,07
1,5	14,04	14,02	14,01	13,99	13,98	13,96	13,94	13,93	13,91	13,90	13,88
2,0	13,84	13,82	13,81	13,79	13,78	13,76	13,74	13,73	13,71	13,70	13,68
2,5	13,66	13,65	13,63	13,62	13,60	13,59	13,57	13,56	13,54	13,53	13,51
3,0	13,48	13,47	13,45	13,44	13,42	13,41	13,39	13,38	13,36	13,35	13,33
3,5	13,31	13,30	13,28	13,27	13,25	13,24	13,22	13,21	13,19	13,18	13,16
4,0	13,13	13,12	13,10	13,09	13,07	13,06	13,05	13,03	13,02	13,00	12,99
4,5	12,97	12,96	12,94	12,93	12,91	12,90	12,89	12,87	12,86	12,84	12,83
5,0	12,80	12,79	12,77	12,76	12,74	12,73	12,72	12,70	12,69	12,67	12,66
5,5	12,64	12,63	12,61	12,60	12,58	12,57	12,56	12,54	12,53	12,51	12,50
6,0	12,48	12,47	12,45	12,44	12,42	12,41	12,40	12,38	12,37	12,35	12,34
6,5	12,33	12,32	12,30	12,29	12,27	12,26	12,25	12,23	12,22	12,20	12,19
7,0	12,17	12,16	12,14	12,13	12,12	12,11	12,09	12,08	12,07	12,05	12,04
7,5	12,02	12,00	11,99	11,98	11,97	11,96	11,94	11,93	11,92	11,90	11,89
8,0	11,87	11,86	11,84	11,83	11,82	11,81	11,79	11,78	11,77	11,75	11,74
8,5	11,73	11,72	11,71	11,69	11,68	11,67	11,66	11,65	11,63	11,62	11,61
9,0	11,59	11,58	11,57	11,55	11,54	11,53	11,52	11,51	11,49	11,49	11,47
9,5	11,46	11,45	11,44	11,42	11,41	11,40	11,39	11,38	11,36	11,35	11,34
10,0	11,33	11,32	11,31	11,29	11,28	11,27	11,26	11,25	11,23	11,22	11,21
10,5	11,21	11,20	11,19	11,17	11,16	11,15	11,14	11,13	11,11	11,10	11,09
11,0	11,08	11,07	11,06	11,04	11,03	11,02	11,01	11,00	10,98	10,97	10,96
11,5	10,96	10,95	10,94	10,93	10,92	10,91	10,89	10,88	10,87	10,86	10,85
12,0	10,83	10,82	10,81	10,80	10,79	10,78	10,76	10,75	10,74	10,73	10,72
12,5	10,72	10,71	10,70	10,69	10,68	10,67	10,65	10,64	10,63	10,62	10,61
13,0	10,60	10,59	10,58	10,57	10,56	10,55	10,53	10,52	10,51	10,50	10,49
13,5	10,49	10,48	10,47	10,46	10,45	10,44	10,42	10,41	10,40	10,39	10,38
14,0	10,37	10,36	10,35	10,34	10,33	10,32	10,31	10,30	10,29	10,28	10,27
14,5	10,26	10,25	10,24	10,23	10,22	10,21	10,20	10,19	10,18	10,17	10,16
15,0	10,15	10,14	10,13	10,12	10,11	10,10	10,09	10,08	10,07	10,06	10,05
15,5	10,05	10,04	10,03	10,02	10,01	10,00	9,99	9,98	9,97	9,96	9,95
16,0	9,95	9,94	9,93	9,92	9,91	9,90	9,89	9,88	9,87	9,86	9,85
16,5	9,85	9,84	9,83	9,82	9,81	9,80	9,79	9,78	9,77	9,76	9,75
17,0	9,74	9,73	9,72	9,71	9,70	9,69	9,68	9,67	9,66	9,65	9,64
17,5	9,64	9,63	9,62	9,61	9,60	9,60	9,59	9,58	9,57	9,56	9,55
18,0	9,54	9,53	9,52	9,51	9,50	9,50	9,49	9,48	9,47	9,46	9,45
18,5	9,45	9,44	9,43	9,42	9,41	9,41	9,40	9,38	9,38	9,37	9,36
19,0	9,35	9,34	9,33	9,32	9,31	9,31	9,30	9,29	9,28	9,27	9,26
19,5	9,26	9,25	9,24	9,23	9,22	9,22	9,21	9,20	9,19	9,18	9,17
20,0	9,17	9,16	9,15	9,14	9,13	9,13	9,12	9,11	9,10	9,09	9,08
20,5	9,08	9,07	9,06	9,05	9,04	9,04	9,03	9,02	9,01	9,00	8,99
21,0	8,99	8,98	8,97	8,97	8,96	8,95	8,94	8,93	8,93	8,92	8,91
21,5	8,91	8,90	8,89	8,89	8,88	8,87	8,86	8,85	8,85	8,84	8,83
22,0	8,83	8,82	8,81	8,81	8,80	8,79	8,78	8,77	8,77	8,76	8,75
22,5	8,76	8,75	8,74	8,74	8,73	8,72	8,71	8,70	8,70	8,69	8,68
23,0	8,68	8,67	8,66	8,66	8,65	8,64	8,63	8,63	8,62	8,61	8,60
23,5	8,61	8,60	8,59	8,59	8,58	8,57	8,56	8,55	8,55	8,54	8,53
24,0	8,53	8,52	8,51	8,51	8,50	8,49	8,48	8,47	8,47	8,46	8,45
24,5	8,46	8,45	8,44	8,44	8,43	8,42	8,41	8,40	8,40	8,39	8,38
25,0	8,38	8,37	8,36	8,36	8,35	8,34	8,33	8,32	8,32	8,31	8,30

Benodigheden:

- goed afsluitbare monsterflesjes van 200 ml inhoud
- brede reageerbuisen lengte 200 mm, Ø 30 mm, inhoud ongeveer 100 ml
- plastic canulen met rubber schijf
- volumepipetten van 50 ml of plastic injectiespuiten van 50 ml inhoud gecalibreerd
- plastic injectiespuit van 10 ml inhoud, gecalibreerd of buret met verlengde buretkraan
- Pasteurse pipet voor de indicator
- olijfolie of paraffine-olie (dun vloeibare paraffine)
- Fehling B oplossing
- 1% phenosafranine (C.I. Nr. 50200), $C_{18}H_{15}ClN_4$ in water
- ijzer(II)sulfaatoplossing
- leidingwater verzadigd met zuurstof.

Recepten:

1. Fehling B oplossing bevat per liter 346 gram kalium-natriumtartraat $C_4H_4KNa_4 \cdot 4 H_2O$, Seignette-zout en 100 gram natriumhydroxide NaOH.
2. IJzer(II)sulfaatoplossing bevat 2,78 gram $FeSO_4 \cdot 7 H_2O$ pro analyse aangevuld tot 1 liter met 1% H_2SO_4 . Deze vloeistof is niet houdbaar omdat ze door de zuurstof uit de lucht spoedig wordt geoxideerd. De titratievloeistof moet daarom slechts korte tijd voor een serie bepalingen vers bereid worden. Dit dient te geschieden zonder veel klotsen en mengen met zuurstof uit de lucht. Vervolgens sluit men de fles of kolf luchtdicht af. Ook bij het vullen van de buret dient men het mengen met lucht zoveel mogelijk te voorkomen.

Voorbereiding:

- om de monsterflesjes goed afsluitbaar te maken waarbij geen luchtbel achterblijft dient men de ingeslepen glazen stop aan één zijde ten dele schuin weg te slijpen.
- de plastic canule moet passen op de Record-aansluiting van de 10 ml injectiespuit wanneer hiermede wordt getitreerd.
- de rubberschijf aan de canule werkt als zuiger of roerder in de reageerbuis gedurende het titreren. Door zachtjes op en neer bewegen mengen de reagerende vloeistoffen zich goed. De rubber zuiger moet hiertoe vrij bewegelijk zijn in de buis. Dit bepaalt de afmetingen. Verder behoeft deze schijf een passend gaatje waarin de canule wordt vastgeklemd.
- de reageerbuisen kan men met betrekking tot het volume van 50 ml monster calibreren door middel van het aanbrengen van een merkstreep of ingeëtste ringsnede. Voor een juist volume dienen dan wel de canulen met de rubberschijf in de vloeistof aanwezig te zijn.
- de kraan van de buret moet men verlengen met een slangetje eindigend in een spits toelopen glasbuisje of uitvloeibuisje zodat de titreervloeistof in het monster onder het vloeistofoppervlak gebracht kan worden. Of men gebruikt een buret zonder kraan die afgesloten is met een slangetje waarin als afsluiter een glaspereel of glaskogel aanwezig is. Het uitvloeibuisje aan het slangetje kan dan zolang gemaakt worden dat de titreervloeistof in het te titreren monster uitvloeit.
- voor de blanco-titratie maakt men water verzadigd met zuurstof door een half gevulde kolf met leidingwater langdurig sterk te schudden.

Uitvoering:

- breng enige druppels olijfolie of paraffine in de brede reageerbuis, of in een erlenmeyer.
- breng met een pipet of injectiespuit 50 ml van het te titreren monster voorzichtig onder de olielaag. De punt van de pipet steekt daarbij door de olielaag tot op de bodem van de schuingehouden erlenmeyer of buis. Door het op het wateroppervlak drijvende olielaagje zal de zuurstof van de lucht het monster gedurende het titreren niet meer kunnen beïnvloeden.

- sluit de overige vloeistof van het monster in het monsterflesje ook van de lucht af door middel van enkele druppels olie.
- breng met een kleine injectiespuit 5 ml Fehling B-oplossing onder de olielaag in de buis.
- voeg twee a drie druppels 1% phenosafranine toe.
De druppels zullen door het olielaagje vallen en het monster rose kleuren.
- lees de stand van de buret of de inhoud van de 10 ml injectiespuit met ijzer(II)-sulfaatoplossing af voor aanvang van de titratie.
- titreer nu met vers bereide ijzer(II)sulfaatoplossing tot de rode kleur van de redox-indicator is verdwenen. De uitvloeipunt van de buret moet daarbij tot onder het vloeistofoppervlak komen, of de injectiespuit moet aangesloten worden op de canule. Meng de vloeistoffen gedurende de titratie door de rubberschijf voorzichtig op en neer te bewegen.
- stop de titratie na het verdwijnen van de kleur, ook al komt de kleur even later weer terug.
- lees de stand van de buret of van de injectiespuit af. Het verschil V tussen de aanvangsstand en de eindstand is het aantal gebruikte ml ijzer(II)sulfaat, dat equivalent is met het aantal opgeloste ml zuurstof per liter.
- de titratie moet van hetzelfde monster minstens in duplo geschieden om betrouwbare uitkomsten te verkrijgen.
- de gevonden waarden V moeten nog wel gecorrigeerd worden ten opzichte van een blanco-titratie van leidingwater verzadigd met zuurstof.
Deze blancobepaling geschiedt op geheel gelijke wijze en met dezelfde chemicaliën. Tevens bepaalt men de temperatuur van dit water.
- De correctiefactor R is gelijk aan de breuk:
zuurstofgehalte van water verzadigd met zuurstof volgens tabel 34 .
de experimentele waarde (met FeSO₄) van water verzadigd met zuurstof

De berekening geschiedt volgens de formule:

$$R \times V = \text{aantal mg O}_2 \text{ per liter}$$

Opdracht:

1. Bepaal van enige verschillende watermonsters het juiste zuurstofgehalte door middel van voornoemde titratie en met behulp van tabel 34, van zuurstofverzadiging in water.

N.B. De gevonden waarden voor het zuurstofgehalte van verschillende monsters hebben bij deze methode minder absolute waarden dan met de methode volgens Winkler aangezien afwijkende oxidaties gemakkelijk kunnen optreden. Deze methode is vooral bruikbaar voor een eenvoudige globale vergelijking van verschillende monsters.

M-49 De beschikbare hoeveelheid zuurstof en de zuurstofbehoefte in water

Door bacteriologische processen wordt zuurstof aan het water onttrokken. Over de verhouding tussen beschikbare zuurstof en de zuurstofbehoefte krijgt men een indruk met de *methyleenblauwproef*. Wanneer de beschikbare zuurstof is verbruikt door biochemische omzettingen, gaat methyleenblauw over in de leuko-vorm en treedt ontkleuring op.

Deze methode is niet geschikt voor industrieel afvalwater of sterk gekleurd of 'vergiftigd' water. Door dit experiment krijgt men een idee van de neiging tot rotten van het onderzochte watermonster.

Benodigdheden:

- stopflesjes van 50 ml (helder glas)
- pH-meter/pH-papier
- broedstoof
- 25 ml verdund zwavelzuur
- 25 ml verdunde natronloog
- 25 ml methyleenblauwoplossing (500 mg/l)
- druppelspuitjes
- 1 maatpipet 1 ml

Uitvoering:

- neem diverse watermonsters: alle in duplo !
- meet de pH en zorg ervoor dat deze tussen 6,0 en 8,0 ligt.
- gebruik hiervoor de verdunde natronloog/zwavelzuur.
- vul de stopflesjes zo voorzichtig mogelijk.
- voeg nu 0,3 ml methyleenblauwoplossing per monster toe.
- sluit het flesje zonder belvorming af.
- plaats het flesje dan zo snel mogelijk in de broedstoof bij 27° C.
- noteer het tijdstip van het inzetten in tabel 39.
- controleer zo frequent mogelijk of er ook ontkleuring is opgetreden.
- noteer ook het tijdstip van ontkleuring in tabel 39.

<i>monster</i>		<i>ingezet op</i>		<i>ontkleurd op</i>		<i>aantal uren nodig voor ontcleuring</i>
<i>no.</i>	<i>herkomst</i>	<i>datum</i>	<i>uur</i>	<i>datum</i>	<i>uur</i>	
1						
2						
3						
4						
5						

Tabel 39**M-50 Bepaling van het zuurbindend vermogen van water: Z.B.V.**

De meeste waterorganismen hebben een vrij nauwe pH tolerantie. Deze ligt meestal tussen 5 en 9. Te grote schommelingen van de pH in het milieu zouden funest kunnen zijn voor deze organismen. Is er voldoende kalk in het water aanwezig dan is het water gebufferd door calciumwaterstofcarbonaat.

De mate waarin deze 'bicarbonaat-buffering' aanwezig is, bepaalt de stabiliteit van de pH in het milieu. Bij gering bicarbonaat-gehalte is de pH doorgaans laag en kan soms vrij sterk variëren. Een hoog bicarbonaatgehalte veroorzaakt meestal een vrij hoge en constante pH; het is dan goed gebufferd.

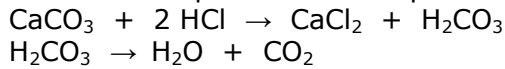
In ons land zijn de meeste wateren neutraal tot zwak basisch en daarbij rijk aan plantennutriënten, zogenaamd eutroof water.

Zure wateren zijn voornamelijk in de (hoog)veengebieden en op arme zandgronden in het binnenland aan te treffen; ze zijn arm aan plantennutriënten; oligotroof.

Bij verontreiniging zijn in het water vaak andere zuurbindende stoffen aanwezig, zoals ammonium, ijzer, wasmiddelen en organische verontreinigingen.

De hoogte van het ZBV-getal is bruikbaar *als indicator van verontreiniging*. Omtrent de aard van de verontreiniging kunnen vanzelfsprekend geen conclusies worden getrokken.

De mate van calciumwaterstof-buffering wordt bepaald door titratie met 0,1 N HCl. Het eindpunt van de titratie is bereikt als de (oranje)gele kleur van de indicator methyloranje omslaat naar rose-rood (pH 4,4). De resultaten van de bepaling worden opgegeven in milli equivalenten HCl per liter (m.e./l).



Het gevormde CO_2 reageert in het water met CaCO_3 tot $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Als alle CaCO_3 is verbruikt, is het eindpunt van de titratie bereikt.

Benodigdheden:

- watermonster (zie M-36)
- erlenmeyer 150 ml
- pH-meter/pH-staafjes
- 0,1% methyloranje
- buret, statief
- maatcilinder 100 ml

Uitvoering:

- bepaal de pH.
- spoel de erlenmeyer driemaal goed om met het te onderzoeken water.
- doe 100 ml van het watermonster in de erlenmeyer.
- voeg 5 druppels methyloranje toe.
- titreer met 0,1 N HCl tot de (oranje)gele kleur omslaat naar rose-rood.
- het aantal ml gebruikte 0,1 N HCl is het aantal m.e./l (= ZBV-getal).
- bepaal met tabel 40 de kwaliteit van het water.

WAARDERINGSSCHAAL

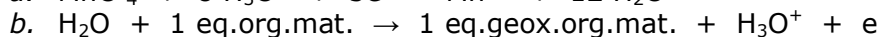
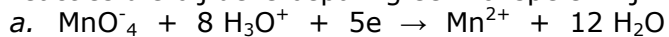
Tabel 40

ZBV-getal	buffering	trofie	pH
0,0 - 0,3	zeer gering	sterk oligotroof	minder dan 6,5; variabel
0,3 - 1,0	niet groot	matig oligotroof	6.5 - 7.0
1,0 - 2,5	goed	eutroof	7,0 - 8,0
2,5 en hoger	verontreinigd	over eutroof	7,5 en hoger

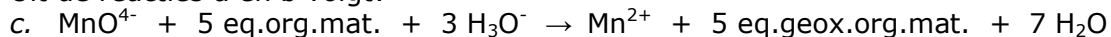
N.B. De grens van 2,5 m.e./l geldt voor Nederland; in het buitenland kunnen andere grenswaarden gelden.

M-51 Bepaling van Chemical Oxygen Demand van water: C.O.D.

Bepaling van de C.O.D. beoogt na te gaan hoeveel mg zuurstof nodig is voor het oxideren van het organisch materiaal dat zich in 1 liter water bevindt. De chemische reacties die bij deze bepaling een rol spelen zijn:

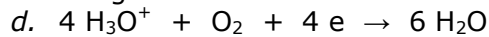


Uit de reacties a en b volgt:



143

Verder geldt:



Uit de reacties a en d volgt dan:



$$\text{dus } 1 \text{ ml } 0,002 \text{ M (0,001N)KMnO}_4 \triangleq 5/4 \times 0,002 \times 32 \text{ mg O}_2 = 0,080 \text{ mg O}_2$$

Dit houdt in, dat bij het titreren van 80 ml watermonster

1 ml 0,001 N KmnO₄ overeenkomt met 1 mg zuurstof per liter bemonsterd water.

Benodigdheden:

- watermonsters (zie M-36)
- maatcilinders 100 ml
- maatcilinders 10 ml
- erlenmeyer 250 ml
- zwavelzuur 4N
- kaliumpermanganaat 0,001 N (uitgaan van titrisol)
- buret 50 ml

Uitvoering:

- vul de buret met de KMnO₄-oplossing.
- lees de schaal af.
- meet met maatcilinder 80 ml watermonster af en giet dit over in de erlenmeyer.
- spoel de maatcilinder met aqua dest. na en doe dit spoelwater ook in de erlenmeyer.
- voeg 2 ml zwavelzuur 4 N toe aan de inhoud van de erlenmeyer.
- kook de inhoud van de erlenmeyer gedurende ± 60 seconden en laat afkoelen.
- voeg nu langzaam, onder voortdurend schudden, kaliumpermanganaat toe.
- stop de titratie totdat de vloeistof gedurende 30 seconden lichtrood blijft.
- lees de schaal af.
- bereken de verbruikte hoeveelheid kaliumpermanganaat en bepaal de C.O.D.-waarde.

N.B.

C.O.D. tot 2 mg O₂/l is goed, natuurlijk water.

C.O.D. van 2-5 mg O₂/l is verdacht water.

C.O.D. van 5-20 mg O₂/l is verontreinigd water.

C.O.D. van meer dan 20 mg O₂/l is sterk verontreinigd water (moet gezuiverd worden).

M-52 Bepaling van de Biochemical Oxygen Demand van water: B.O.D.

Voor het vaststellen van de mate van verontreiniging van oppervlakte- en afvalwater wordt vrij frequent de B.O.D.-bepaling toegepast. Hieronder verstaat men de hoeveelheid zuurstof per liter watermonster die micro-organismen nodig hebben voor afbraak van de daarin aanwezige organische stof, onder oxidotische omstandigheden, als geen zuurstof wordt toegevoerd.

B.O.D. $\frac{20}{5}$ betekent dat de bepaling 5 dagen duurt en plaats vond bij 20 °C;

vaak wordt echter kortweg B.O.D.₅ geschreven.

De ervaring heeft geleerd dat de B.O.D. $\frac{20}{20}$ -waarde ongeveer 1 ½ maal zo groot is als de B.O.D. $\frac{20}{5}$ -waarde.

Deze methode is uiteraard ongeschikt voor oppervlaktewater met een geringe slibbelasting.

Benodigdheden:

- dezelfde als bij de bepaling van het zuurstofgehalte volgens Winkler (zie M-47).

Uitvoering:

- bepaal het zuurstofgehalte volgens M-47 van een vers watermonster (bepaling I).
- bepaal het zuurstofgehalte volgens M-47 van een met zuurstof verzadigd monster (bepaling II).
- bepaal na 5 dagen het zuurstofgehalte volgens M-47 van een watermonster dat voor het inzetten van de proef verzadigd was met zuurstof en gedurende die vijf dagen bij 20 °C in het donker heeft gestaan; flesje tenminste driemaal per dag goed zwenken (bepaling III).

N.B. Bepaling I geeft een indicatie over de verhouding producenten/consumenten.

De B.O.D. $\frac{20}{24}$ is te berekenen uit de verschillen der zuurstofgehaltenes van de bepalingen II en III en deze waarde te vermenigvuldigen met de factor 1½.

M-53 Bacteriologisch onderzoek van water

a. Enkele soorten

Hierbij kweekt men een aantal bacteriekolonies die aan de kleur en de vorm van de kolonie zijn te herkennen.

Benodigdheden: Zie M-86 en 87

- steriele petrischaal
- steriele maatpipet van 1 ml inhoud
- 15 ml steriele voedingsbodem: Mac Conkey Agar
- broedstoof op 37° C
- monster sloopwater, eventueel bij vervuiling verdunnen, zie pag. 147

Recepten:

Voor Mac Conkey Agar kan men gebruiken: Oxoid CM 7 of CM 8, Bacta Mac Conkey Agar B 75, Mac Conkey-Agar Merck Nr. 5465. De samenstelling verschilt weinig:

	CM 7 of CM 8 g/l	B 75 g/l	Nr. 5465 g/l
pepton	20,0	17,0	17,0 (uit caseïne)
proteose-pepton		3,0	3,0 (uit vlees)
lactose	10,0	10,0	10,0
galzouten	5,0	1,5	1,5
natriumchloride	5,0	5,0	5,0
neutraalrood	0,075	0,03	0,03
kristalviolet		0,001	0,001
agar	12,0	13,5	13,5
pH	7,4	7,1	7.1 ± 0,1
Totaal	52 g per 1000 ml	50 g per 1000 ml	50 g per 1000 ml

Tabel 41

Vorbereiding:

- neem 3 tabletten CM 8 of 0,78 gram poeder CM 7 in 15 ml gedestilleerd water, laat dit minstens 15 min. weken.
- verwarm het mengsel zodat alles oplost, maar voorkom het koken van de vloeistof aangezien dan de voedingsbodem moeilijker of niet meer stijf wordt.
- steriliseer de oplossing in de autoclaaf gedurende 15 min. bij 120° C 1 atm. stoomoverdruk.

Uitvoering:

- breng met een pipet 0,5 ml sloopwater in een steriele petrischaal.
- voeg vervolgens 15 ml steriele Mac Conkey Agar (CM 7 of CM 8) toe.
- meng de inhoud door de gesloten schaal voorzichtig over de tafel rond te schuiven.
- Na 24 uur bebroeden bij 37° C kan men de volgende kolonies vinden, tabel 42:

organismen	kleur	kenmerken
Escherichio coli	rood	troebel, groot, niet slijmerig
Aerobacter aerogenes	rose	slijmerig
Enterococcus	rood	ondoorzichtig klein,
Stafylococcus	bleek rose	rond ondoorschijnend
Pseudomonas aeruginosa	groen-bruin	fluorescerend
Enterobacter, Klebsiella	rose	slijmerig, groot
Salmonellen, Shigellen	kleurloos	transparant

Tabel 42**b. Het aantal bacteriën in het water. Methode van het kiemgetal**

Het aantal bacteriën per liter monster is te berekenen na tellen van het aantal kolonies die na enkele dagen gegroeid zijn op platen van een bepaalde verdunning.

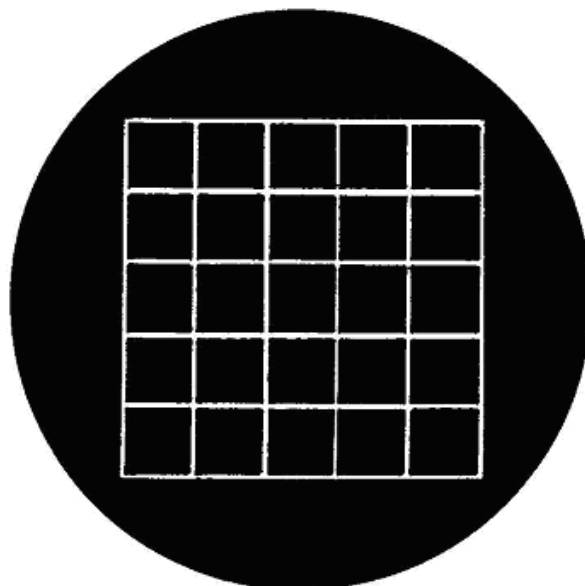
1. Het tellen van bacteriën

- plaats de petrischaal met bacteriënkolonies op de van coördinaten voorziene zwarte schijf (figuur 62).
- tel het aantal kolonies in ieder hokje en vul dit aantal in in tabel 43.
- sommeer het aantal kolonies per regel en bereken het totaal.
- vermenigvuldig met de aangegeven getallen.

Toelichting;

- iedere kolonie wordt geacht te zijn ontstaan uit 1 bacterie: het kiemgetal. Vermenigvuldig met 2, omdat slechts de helft van het oppervlak van de petrischaal - bij-gebruik van petrischalen met een doorsnede van 9 cm - door de coördinaten gedekt wordt.
- vermenigvuldig met 1000, omdat van 1 ml mengsel wordt uitgegaan.
- vermenigvuldig met 10^n , omdat n malen verdund is.

Figuur 62. Werkblad ter bepaling van het aantal bacteriën per liter monster.



code	:	_____					aantal
monster	:	_____					per
verduunning	:	_____					regel

							_____ +

tabel 43

$2 \times 1000 \times 10^n \times \underline{\hspace{2cm}} = \dots\dots\dots \text{bact/l}$

2. Het verdunnen

Teneinde het aantal organismen op de voedingsbodem te beperken zodat de kolonies niet te dicht bij elkaar ontstaan moet men onder aseptische omstandigheden een aantal verdunningen van de monsters maken.

Benodigheden:

- steriele reageerbuisen of cultuurbuisen met wattenprop of kap
- steriele maatpipetten van 1 ml en 10 ml inhoud
- kolven met steriel water

Vorbereiding:

- gebruik monsters van bijvoorbeeld leidingwater, toiletwater, zwembadwater, water uit een plas die als schoon bekend staat en water uit een plas die als verontreinigd bekend staat, slotwater, rivierwater, gekookt water of aqua dest.
- maak van ieder monster verdunningen van 10 x, 100 x, 1000 x en 10.000 x (zie Biothema 1, pag. 37).

N.B. De reageerbuis en de pipet moeten iedere keer steriel zijn. Een matige sterilisatie is te bereiken door ze met ethanol 70% te spoelen. Naspoelen met steriel aqua dest. Beter is voortdurend een nieuwe steriele pipet te gebruiken.

3. Het kweken van de bacteriën

Benodigheden:

- monster slotwater, toiletwater, zwembadwater, enz.
- steriele reageerbuisen
- steriele petrischalen
- steriele maatpipetten van 1 ml en 10 ml
- 5 steriele petrischalen
- 75 ml voedingsbodem: Oxoid Nutriënt Agar CM 3 of CM 4, Bacto Nutriënt Agar 1,5% B 69, Standard-Keimzahlagar Merck Nr. 1621.

Recepten:

De samenstelling is niet volledig gelijk:

Tabel 44

	CM 3 of CM 4 g/l	B 69 g/l	Nr. 1621 g/l
vleesextract	1,0	3,0	3,0
gistextract	2,0	-	-
pepton (van vlees)	5,0	5,0	5,0 (van caseïne)
natriumchloride	5,0	8,0	5,0
agar	15,0	15,0	12,0
pH	7,4	7,3	7,2

Vorbereiding:

- 15 tabletten CM 3 of 2,1 gram CM 4 oplossen in 75 ml aqua dest.
- steriliseren in autoclaaf: 15 min. bij 120 °C en 1 atm. overdruk.

Uitvoering:

- maak verdunningen van 10x, 100x, 1000x en 10.000x. Gebruik ook onverdunde monsters.
- schrijf op de onderkant van een lege steriele petrischaal:
Naam: Monster: Verdunning:

N.B. Denk er aan de petrischaal niet te openen.

Eén petrischaal per 2 leerlingen; per groep van 2 leerlingen wordt een plaat gemaakt van één verdunning of van onverdund monster.

- zuig 1 ml van het mengsel of van het onverdunde monster op.
- til het deksel van de petrischaal voorzichtig op en doe het verdunde mengsel op de bodem. Breng er 15 ml bouillonagar van 55 °C bij. De schaal horizontaal laten staan.
- de inhoud mengen door de schaal voorzichtig over de tafel te schuiven.
- laten afkoelen, zodat de voedingsbodem stijf wordt.
- in de broedstovf plaatsen bij 37 °C. Indien nodig na 2 dagen in de koelkast plaatsen.

Vragen en opdrachten:

1. Na 1 week de kolonies tellen en het aantal bacteriën per liter berekenen.
2. Vergelijk de gevonden aantallen bacteriën per liter monster, zoals die bij de verschillende verdunningen gevonden werden.
3. Waardoor zouden eventuele verschillen veroorzaakt kunnen zijn?
4. In de praktijk blijken de schalen met een aantal kolonies van minstens 30, maar niet meer dan 100, na omrekening de betrouwbaarste resultaten op te leveren. Waarom?

c. Bacteriële reinheid van water

Escherichia coli is een normale bacterie die onder andere in de dikke darm van de mens voorkomt. Indien uitwerpselen van mens of dier in het drinkwater terechtkomen is dat op zichzelf niet zo erg. Maar met de faecaliën kunnen behalve de normale darmbacteriën ook ziekteverwekkende bacteriën in het water terecht komen, als zij afkomstig zijn van een patiënt met een ernstige infectieziekte. Zonder deze ziekteverwekkende bacteriën zelf te willen ontdekken, gaat men van zwembadwater na of er coli-bacteriën in aanwezig zijn. Als zij aanwezig zijn betekent dit een soort alarm, omdat dan ook ziekteverwekkers in het zwembadwater kunnen zitten.

De coli-bacteriën vergisten allerlei nog bruikbare stoffen. Lactose wordt vergist onder vorming van ethanol, melkzuur en kooldioxide. Dit laatste komt als gas vrij. Er wordt nu op 2 manieren nagegaan of zich coli-bacteriën in het monster bevonden hebben:

- a. door de *kleurverandering* van het paarse broomkresol purpur na te gaan.
Het medium heeft een pH van 7,4. Tot pH 6,8 blijft deze paarse kleur, maar bij pH 5,2 slaat de kleur om naar geel.
Indien dat gebeurd is aangetoond dat er zuur gevormd is.
- b. het gevormde kooldioxide ontsnapt uit de vloeistof en wordt gedeeltelijk door een klein omgekeerd buisje opgevangen. Als zich een gasbel vormt in dit buisje kan men ervan uitgaan dat coli-bacteriën aanwezig zijn.

Benodigheden:

Zie M-86 en 87

- watermonsters
- 42 steriele reageerbuizen of cultuurbuizen met wattenprop of kap
- 42 Durhambuisjes
- 420 ml voedingsmedium volgens Mac Conkey: Oxoid CM 5a of CM 6a (Mac Conkey Broth Purple), Bacto Mac Conkey Broth B 20, Mac Conkey-Bouillon Merck Nr. 5396:

	CM 5a of CM 6a	B 20	Nr. 5396
pepton (van vlees)	20,0	20,0	20,0 (van caseïne)
lactose	10,0	10,0	10,0
galzouten	5,0	-	-
ossegal (gedroogd)	-	5,0	5,0
natriumchloride	5,0	-	-
broomkresol purpur	0,07	0,01	0,01
pH	7,4	7,3	7,1

Tabel 45

Vorbereiding:

- 10 ml voedingsmedium wordt verkregen door 1 tablet voedingsmedium volgens Mac Conkey (Code nr. CM 5a) pp te lossen in 10 ml aqua dest. of 16,8 gram CM 6a op te lossen in 420 ml aqua dest., vervolgens het Durhambuisje inbrengen en daarna steriliseren; 15 min. 120° C, 1 atm. overdruk.
- *het inbrengen van een Durhambuisje:* Een Durhambuisje is een aan één kant dichtgesmolten glazen buisje met een lengte van ± 3 cm en een diameter van ± 0,5 cm. De buisjes moeten met de open kant naar beneden in een met vloeistof gevulde reageerbuis gebracht worden. Tijdens het sterilisatieproces in de hogedrukpan zal de lucht uit de buisjes verdreven worden. Als er bij de lactose-vergisting gas gevormd wordt, dan zal zich in de Durhambuisjes een gasbel ontwikkelen.

Uitvoering:

- neem reageerbuizen met 10 ml steriel voedingsmedium volgens Mac Conkey (Code nr. CM 6a), voorzien van Durhambuisjes.
- codeer deze reageerbuizen.
- breng van het watermonster, verdund of onverdund, met een steriele maatpipet 1 ml bij het voedingsmedium onder aseptische omstandigheden.
- na het toevoegen van de onverdunde en verdunde monsters de buizen voorzichtig schudden, opdat ook de bacteriën in de Durhambuisjes terecht komen.
- plaats de buizen in een rekje of in een bekersglas in de stoof bij 37 °C.
- na 2 dagen in de koelkast zetten.

Vragen en opdracht:

1. Na 1 week kleuromslag en hoeveelheid gas in mm bepalen en de resultaten invullen in de tabel 46.
De hoeveelheid gevormd gas meet men door met millimeterpapier de lengte van de gasbel in mm nauwkeurig te meten. De grootte van de gasbel is een maat voor de faecale verontreiniging.
2. Welk gas zou er gevormd kunnen zijn?
3. Hoe zou men dat kunnen aantonen?

<i>monster</i>	<i>verduunning</i>	<i>mm gas</i>	<i>kleuromslag</i>
leidingwater	onverdund		
	onverdund		
toiletwater	onverdund		
	10 x		
	100x		
	1000x		
	10000x		
schone plas	onverdund		
	10 x		
	100x		
	1000x		
	10000x		
verontreinigde plas	onverdund		
	10 x		
	100x		
	1000x		
	10000x		
slootwater	onverdund		
	10 x		
	100x		
	1000x		
	10000x		
rivierwater	onverdund		
	10 x		
	100x		
	1000x		
	10000x		
gekookt water	onverdund		
	10 x		
	100x		
	1000x		
	10000x		
	onverdund		
	10 x		
	100x		
	1000x		
	10000x		
	onverdund		
	10 x		
	100x		
	1000x		
	10000x		
	onverdund		
	10 x		
	100x		
	1000x		
	10000x		

Tabel 46

M-54 Het waarnemen van concentraties plankton

In veel gevallen is het plezierig om een concentratie aan plankton te kunnen waarnemen. Door het plaatsen van een 'plankton-concentrator' in een micro-projector is dit mogelijk.

Benodigdheden (fig. 63):

- plaatje perspex voor de onderdelen A, B, C en F.
- chloroform voor de verlijming van de onderdelen A, B, C.
- nylongaas; maaswijdten 65 μ en 105 μ voor onderdeel I.
- stukje rubber (fietsband) voor onderdeel J.
- 2 boutjes \varnothing 6 mm; 2 dopjes, 2 ringetjes en 2 boutjes voor onderdeel G.
- bovenstuk van spuitflacon en vulling ballpoint voor onderdeel H.

Uitvoering:

- maak het apparaatje volgens figuur 63.
- het te onderzoeken watermonster wordt via trechter H in het apparaatje gebracht; het water vloeit via het nylongaas weer weg,
- na verwijdering van de onderdelen H, F, I en J kan het apparaatje in de projector worden geplaatst.

M-55 Microscopisch onderzoek van water

Benodigdheden:

- watermonsters
- centrifuge, bekerglazen
- pipet, microscoop, dekglasjes, objectglasjes, vaseline
- methylcellulose 4%
- 40%formaline

a. Centrifugemethode

Uitvoering:

- centrifugeer een aantal watermonsters.
- pipetteer af en onderzoek onder de microscoop in een oplossing van methylcellulose.

Opdracht:

1. Teken de organismen en breng ze zo mogelijk op naam.

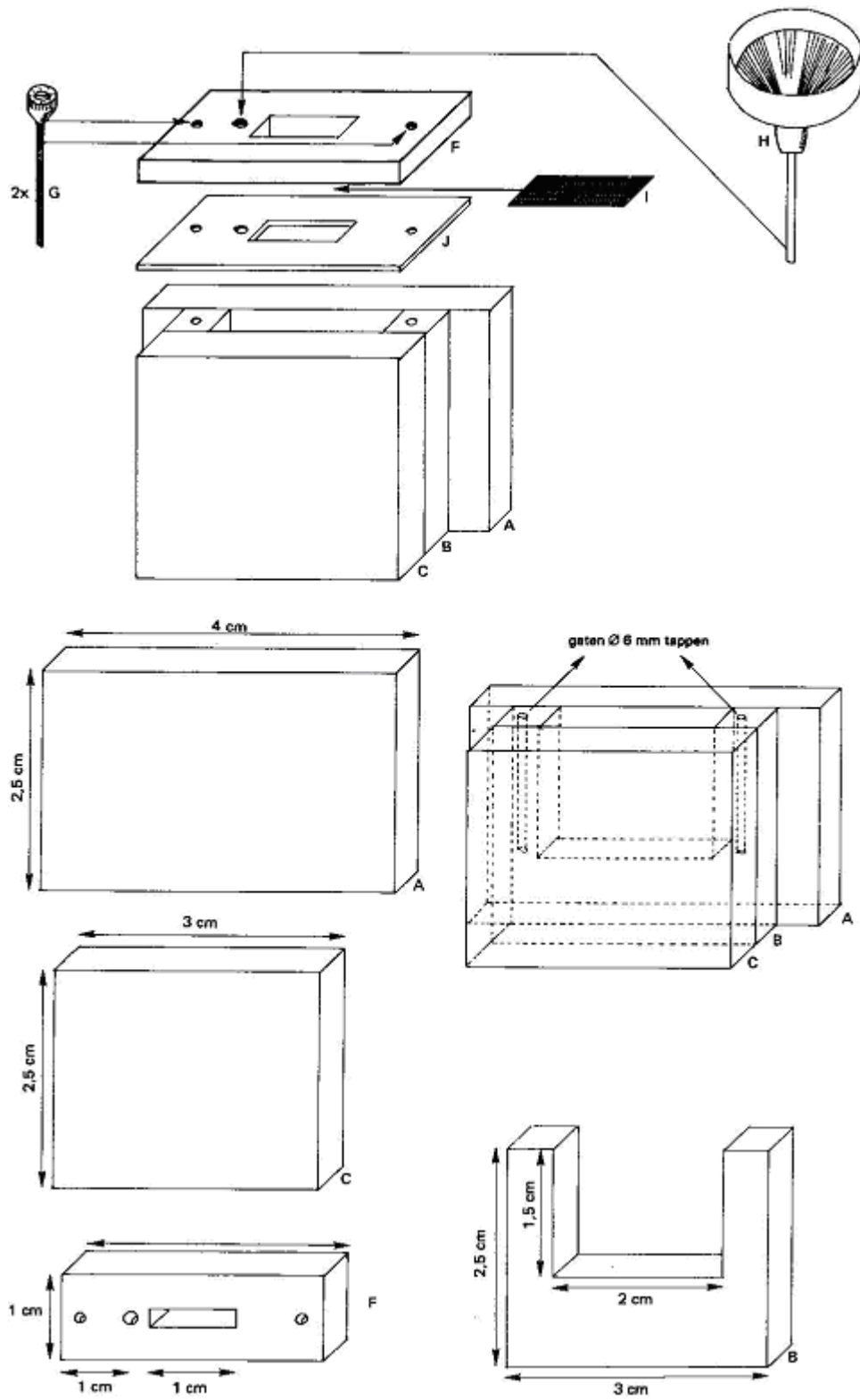
b. Objectglasmethode

Uitvoering:

- een aantal objectglasjes worden aan één zijde met vaseline ingesmeerd.
- deze glasjes worden opgehangen in een sloot, vennetje, meer of bijvoorbeeld in een goed ingericht aquarium.
- na enige weken de met vaseline besmeerde glasjes verwijderen.
- op de begroeide zijde een groot dekglas leggen en microscopisch bestuderen.

Opdracht:

2. Teken de organismen en breng ze zo mogelijk op naam.



Figuur 63. plankton concentrator

c. Dekglasmethode

Amoeben, thecamoeben, kraagflagellaten, Chrysophyta en vele andere organismen die zich aan het wateroppervlak hechten gaan veelal verloren bij een onderzoek van een planktonmonster. Op de volgende wijze zijn deze organismen te vangen.

Uitvoering:

- klem een vetvrij dekglas tussen de poten van een pincet en leg het dekglas heel voorzichtig op het wateroppervlak. Er mogen geen luchtbellens onder het dekglas zijn.
- neem na enige tijd met de pincet heel voorzichtig het dekglasje van het wateroppervlak af. Laat het niet zinken!
- leg het dekglasje in dezelfde stand op een objectglas en bestudeer microscopisch. Voorkom luchtbellens!

Vragen en opdracht:

1. Waarom zinkt het dekglas niet?
2. Teken de organismen en breng ze zo mogelijk op naam.

d. Conserveren van organismen

Uitvoering:

- voeg aan het watermonster zoveel formaline 40% toe, dat het monster circa 4% formaline bevat.
- laat enkele dagen bezinken en giet voorzichtig af.
- in het restant bevinden zich geconserveerde organismen.

e. Zie M-53, pag. 145.

M-56 Het compensatievlak in het water zie ook M-39

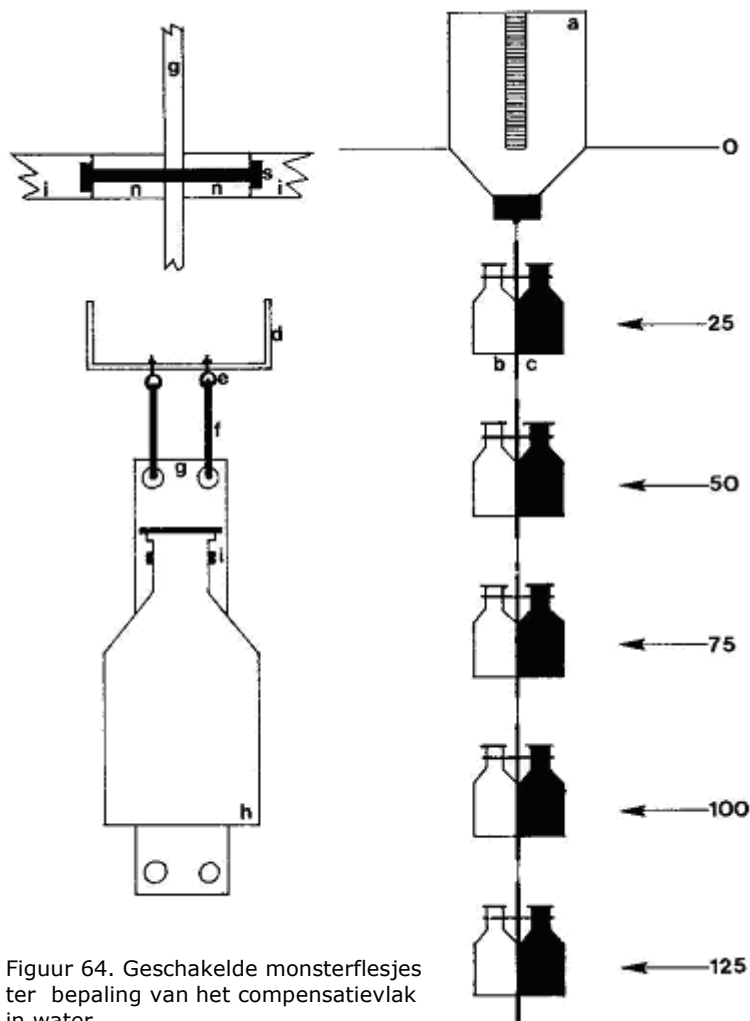
In diepe vijvers en plassen is vaak sprake van een stratificatie. Men kan namelijk een autotrofe en een heterotrofe laag onderscheiden, die gescheiden worden door het zogenaamde compensatievlak (zie M-34, pag. 106).

Benodigdheden (fig. 64):

- polyetheen voorraadfles (a) met luchtdicht sluitend schroefdeksel (d), inh. ± 7000 ml
- aluminium plaatstaaf 40 x 3, lengte ± 1000 mm (g)
- simplex haken (met draaiwartel) (f)
- gereedschapklemmen, die nauw om de halzen van de monsterflesjes passen (i)
- 2 schroefogen met 4 moeren (e)
- koperen bouten, $\varnothing 4$, lengte ± 40 mm, met moeren (s)
- Winklerflesjes van blank glas, 100 ml/stopflesjes met NS-stop, 250 ml (b en c)
- Pvc-/plexiglas-/aluminium blokjes, 16 x 30 x 10 mm (n)
- benodigdheden onder M-47 vermeld

Uitvoering:

- maak met behulp van bovenstaande benodigdheden de apparatuur weergegeven in figuur 64.
- het aantal te gebruiken schakels is afhankelijk van de diepte van het water dat men bemonsteren gaat.



Figuur 64. Geschakelde monsterflesjes ter bepaling van het compensatievlak in water.

- breng op de polyethleen-drijver een schaalverdeling aan, zodanig dat de afstand 'nul van de schaalverdeling' tot het 'midden van het eerste stel flesjes' 25 cm bedraagt.
- als men vanaf bijvoorbeeld een brug het experiment neemt, dan kan de drijver achterwege blijven.
- in sommige gevallen kan het aanbeveling verdienen om aan de onderste schakel een gewicht te bevestigen (stromend water).
- de keuze tussen 100 ml flesjes en 250 ml flesjes is afhankelijk van de vraag of men iedere bepaling in enkelvoud of in drievoud wil verrichten.
- het halve aantal flesjes wordt zwart geverfd; de halzen met watervaste tape omgeven, daar de zwarte verf door het in de klem zetten beschadigd zou worden.
- neem met behulp van de monsterfles type W op iedere waarnemingsdiepte (25, 50, 75 ... enz.) drie monsters; twee in de 'blanke' flesjes en één in het zwarte flesje.
- bepaal direct het zuurstofgehalte van één der blanke flesjes.
- plaats één zwarte en één blanke fles in de desbetreffende klemmen van de schakel.
- laat de schakelketen vervolgens voorzichtig in het water zakken.
- bepaal na 24 uur het zuurstofgehalte van alle flesjes.
- plaats de gevonden waarden in tabel 47 op blz. 155.

In de donkere flessen zal O₂-daling optreden als gevolg van respiratie van producenten en consumenten. De verandering in de blanke flessen is het gevolg van de productie en de consumptie van O₂.

Opdracht:

1. Tracht na te gaan op welke diepte het compensatievlak ligt, waarin de O₂-productie gelijk is aan het O₂-verbruik. Houd wel rekening met verschillen in temperatuur!!

Tabel 47

<i>Bemonsterings- diepte (cm)</i>	<i>Aantal mg O₂/liter</i>		
	<i>Aanvang</i>	<i>24 uur na de aanvang</i>	
		<i>Licht</i>	<i>Donker</i>
-----	----- ----- ----- gem:-----	----- ----- ----- gem:-----	----- ----- ----- gem:-----
-----	----- ----- ----- gem:-----	----- ----- ----- gem:-----	----- ----- ----- gem:-----
-----	----- ----- ----- gem:-----	----- ----- ----- gem:-----	----- ----- ----- gem:-----
-----	----- ----- ----- gem:-----	----- ----- ----- gem:-----	----- ----- ----- gem:-----
-----	----- ----- ----- gem:-----	----- ----- ----- gem:-----	----- ----- ----- gem:-----
-----	----- ----- ----- gem:-----	----- ----- ----- gem:-----	----- ----- ----- gem:-----
-----	----- ----- ----- gem:-----	----- ----- ----- gem:-----	----- ----- ----- gem:-----
-----	----- ----- ----- gem:-----	----- ----- ----- gem:-----	----- ----- ----- gem:-----

M-57 Fotosynthese in verschillende waters

Het licht wordt in het water gedeeltelijk selectief verstrooid. Een gedeelte van het licht blijft dus in een waterlaag achter (extinctie), de grootte hiervan is afhankelijk van in het water gesuspendeerde deeltjes (zie pag. 106).

Benodigdheden:

- spruiten van waterpest (*Elodea canadensis*) van 6-8 cm
- diverse watermonsters
- balans
- lichtbron (200 W lamp/projector)
- stopwatch
- cuvetten 100 mm x 100 mm x 20 mm (11660)
- glasstaafjes
- nylondraad
- Na₂CO₃- of K₂CO₃-oplossing 1 % (300 ml)

Uitvoering:

- breng een waterpestspruit in een cuvet met de 1%-carbonaat oplossing.
- gebruik als warmtefilter een cuvet met aqua dest.
- maak de proefopstelling: lamp - cuvet met aqua dest. - cuvet met spruit.
- zodra er sprake is van een regelmatige belletjesproductie kan met de waarnemingen worden begonnen.
- tel gedurende 5 minuten het aantal belletjes en bereken het aantal per minuut.
- vervang vervolgens het aqua dest. in de warmtefiltercuvet door een bepaald watermonster.
- tel na een aanpassingsperiode het aantal belletjes gedurende 5 minuten en bereken het aantal per minuut.
- herhaal deze proef voor diverse watermonsters en denk daarbij steeds aan de aanpassingsperiode van 15 minuten.
- noteer de gevonden waarden in de tabel 48.

Tabel 48

<i>seconden</i>	<i>aqua dest.</i>	<i>aantal belletjes in de diverse monsters</i>											<i>aqua dest.</i>
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>	
0 - 60													
60 - 120													
120 - 180													
180 - 240													
240 - 300													
belletjes per minuut													

M-58 Fotosynthese en vervuild water

De fotosynthese-intensiteit bij ondergedoken waterplanten is o.a. afhankelijk van de vervuilinggraad van het water.

Benodigdheden:

- Zie M-57.

Uitvoering:

- neem een vers afgesneden waterpestspruit.
- vul een cuvet met de natrium- of kaliumcarbonaat-oplossing.
- vul een cuvet met leidingwater en gebruik deze als warmtefilter tussen de lamp en de cuvet met de waterpestspruit.
- bevestig het glasstaafje met behulp van nylondraad aan de spruit, zodanig dat als de spruit in de cuvet wordt overgebracht, het sneevlak van de spruit zich boven bevindt.
- breng de spruit over in de cuvet met de carbonaat-1%-oplossing.
- maak de opstelling: lamp - cuvet met leidingwater - cuvet met spruit; houd de afstanden tijdens de experimenten steeds gelijk!
- zodra er sprake is van een regelmatig opstijgen van belletjes (30-60/min), kan het eigenlijke experiment beginnen (indien er geen regelmatige productie van belletjes is of de belletjes zijn te klein, dan een nieuw sneevlak maken).
- tel gedurende 5 minuten het aantal belletjes en bereken het aantal belletjes per minuut.
- noteer de temperatuur van het water waarin de spruit zich bevindt.
- vervang de carbonaatoplossing door één der vervuilde watermonsters van dezelfde temperatuur.
- tel na een aanpassingsperiode van ± 15 minuten gedurende 5 minuten het aantal belletjes en bereken het aantal per minuut.
- herhaal dit experiment met diverse vervuilde watermonsters en bereken steeds het aantal belletjes per minuut.
- bepaal tenslotte weer na een aanpassingsperiode van 15 minuten de belletjes-productie in de 1 %-carbonaat-oplossing van dezelfde temperatuur.
- noteer de gevonden waarden in tabel 49.
- trek zo mogelijk conclusies.

Tabel 49

seconden	Na ₂ CO ₃	aantal belletjes in diverse monsters											
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	Na ₂ CO ₃
0 - 60													
60 - 120													
120 - 180													
180 - 240													
240 - 300													
belletjes per minuut													

M-59 Het ecosysteem als veranderend verschijnsel**I. INVLOEDEN VANUIT HET ECOSYSTEEM OP DE POPULATIE**

Twee onlosmakelijk met het verschijnsel leven verbonden kenmerken zijn sterven en *reproductie* (= voortplanting), individuen bestaan dankzij het (gemiddelde) tijdsverschil tussen geboorte en sterven.

Populaties bestaan doordat dit tijdsverschil gemiddeld lang genoeg is om reproductie van de individuen te laten plaats vinden. Reproductie kan seksueel en asexueel plaats vinden.

Door reproductie kan in een populatie een aantal nieuwe individuen verschijnen. Dit aantal noemt men de *nataliteit* of het geboortecijfer. Het aantal individuen dat in een tijdsbestek door sterfte uit de populatie verdwijnt noemt men de *mortaliteit* of het sterftcijfer. Nataliteit en mortaliteit zijn elk het eindresultaat van gecompliceerde processen waarin vele factoren een rol spelen, hetgeen hierna toegelicht wordt:

A. De nataliteit

De nataliteit hangt onder meer af van:

a. De reproductiecapaciteit

Dat is het fysiek maximaal mogelijke aantal nakomelingen dat door een of twee ouders in een zekere tijd onder de meest gunstige omstandigheden kan worden voortgebracht.

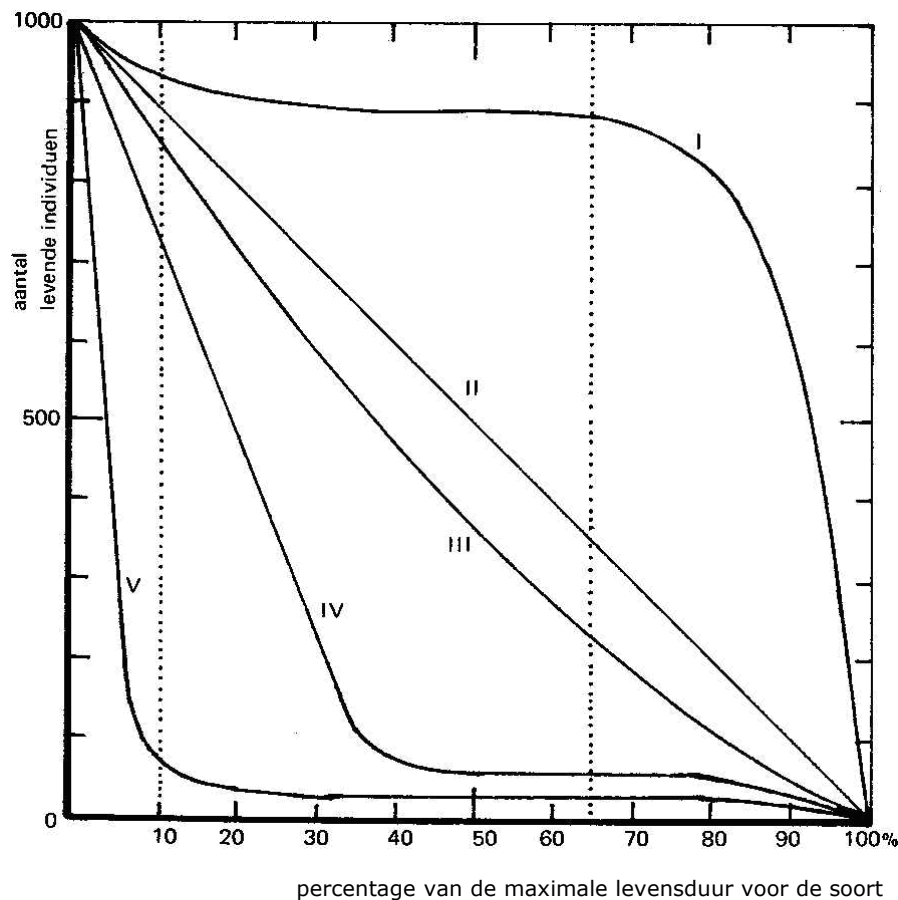
Deze capaciteit is een verworvenheid uit de evolutie en dan ook van soort tot soort verschillend.

b. Fysisch-chemische milieufactoren

Deze beïnvloeden zowel de vitaliteit van de ouders en zo bijvoorbeeld de gametenproductie en het paringsgedrag, als de levenskansen van zygoten, eieren, larven en poppen. Het is overigens een kwestie van afspraak of sterfte onder deze prenatale stadia gerekend wordt als verminderde nataliteit of verhoogde mortaliteit!

Een merkwaardige verlaging van de nataliteit is bij het konijn (*Oryctolagus cuniculus* L.) waargenomen. Komt een drachtig wijfje in slechte omstandigheden te verkeren, dan stopt de ontwikkeling van de embryo's en kan zelfs afbraak hiervan plaatsvinden. Het wijfje resorbeert via de placenta de vrijgekomen stoffen en gebruikt deze in haar eigen stofwisseling.

Figuur 65. Verdeling van de mortaliteit over de leeftijdsgroepen van vier soorten dierlijke organismen. I = *Homo sapiens*, de mens, II = *Hydra spec*, zoetwaterpoliep, III = *Larus argentatus*, zilvermeeuw, IV = *Erithacus rubecula*, roodborst en V heeft betrekking op lagere soorten als weekdieren, insecten en vissen. Het gebied tussen de stippellijnen geeft globaal de geslachtsrijpe periode aan.



Vaak zijn de toleranties van jonge stadia ten aanzien van a-biotische factoren zeer afwijkend van die van adulte individuen.

Broedzorg vermindert de afhankelijkheid van zowel biotische als a-biotische milieu-invloeden. Enkele vormen hiervan zijn:

- het leggen van eieren op een *geschikte plaats*: gastheerplanten bij vlinders. Bijvoorbeeld Kleine vos op brandnetel, Oranjetip op pinksterbloem, warme kustwateren bij zeeorganismen en rottend materiaal bij reptielen.
- *levendbarendheid*, bij sommige vissen, reptielen zoals kleine hagedis en bij zoogdieren.
- *nestbouw en bebroeden* van eieren bij vogels.
- vele andere vormen van sociaal gedrag ter begeleiding, voeding en bescherming van jongen door een of meer individuen, bijvoorbeeld de muilbroeder, vroedmeesterpad en de bijenstaat. Paring en drachttijd liggen meestal zo, dat de jongen vóór ongunstige droge, hete of koude perioden voldoende zelfstandigheid hebben kunnen ontwikkelen.

c. Samenstelling van de populatie

Bij veel soorten zijn de individuen slechts een gedeelte van hun bestaan *geslachtsrijp*, d.w.z. in staat gameten te produceren en aan het reproductieproces deel te nemen.

Bij veel soorten is ook de *sterfte niet evenredig* over alle leeftijdsgroepen of jaarklassen gespreid. Een *jaarklasse* zijn alle in een kalenderjaar of in het voortplantingsseizoen hiervan geboren nakomelingen (zie fig. 65).

Kennis van deze beide karakteristieken samen is van groot wetenschappelijk en economisch belang, bijvoorbeeld bij het beheer van natuureservaten, wildparken en vispopulaties en bij de bestrijding van insecten- en andere plagen. Het is zo mogelijk te achterhalen waarom een op zich grote populatie zich toch onvoldoende uitbreidt, wat de herstel mogelijkheden van een bijna uitgeroeide soort zijn en welke leeftijdsgroepen van een ongewenste soort men het best kan wegvangen teneinde de reproductie zoveel mogelijk te hinderen,

d. Sex-ratio of geslachtsverhouding

In de meeste populaties zullen meer ♂ dan ♀ gameten gevormd worden. Het aantal bevruchtbare eicellen zal als eerste en beperkende factor kunnen worden voor de nataliteit van een populatie, ook al zijn er evenveel mannetjes als wijfjes.

e. Generatieduur

Soms verdwijnt een oudergeneratie tijdens of kort na de reproductie, bijvoorbeeld bij de a-seksuele vermeerdering door celdeling, bij de seksuele vermeerdering van eenjarige planten, of bij de paling, waarvan de ouders na de eiafzetting in de Sargassozee sterven. Vaak blijft de oudergeneratie na de reproductie bestaan en kan zich opnieuw vermeerderen. Een populatie kan dan verschillende aan de nataliteit bijdragende leeftijdsgroepen bevatten.

De tijd die een pasgeboren generatie nodig heeft om zelf geslachtsrijp te worden, noemt men de *generatieduur*. Deze bedraagt voor de mens ca. 15 jaar (louter biologisch; in de praktijk meestal langer), voor het konijn ca. 6 weken, voor een bacterie vaak slechts 30 minuten! Een korte generatieduur is, zoals uit het volgende voorbeeld zal blijken, uiterst effectief voor een snelle populatiegroei; de binnen een seizoen geboren nakomelingen kunnen in datzelfde seizoen al aan de nataliteit gaan bijdragen.

Eén paartje aardmuis (*Microtus agrestis* L.) kan, uitgaande van een drachttijd van 20 dagen, een maximum van 8 jongen per worp, en een vrijwel onmiddellijke nieuwe bevruchting na elke worp, in de voortplantingsperiode van februari tot en met september zelf 88 jongen voortbrengen. Echter tevens in aanmerking genomen de generatieduur van slechts 30 dagen, bedraagt het maximale, van ditzelfde paartje afstammende aantal jongen in dezelfde periode ruim 16.000.000! Een korte generatieduur biedt nog een ander voordeel. Het betekent per tijdseenheid meer bevruchtingen, d.w.z. meer nieuwe combinaties van erfelijke eigenschappen.

Binnen de populatie is zo een, bij een bepaalde milieuverandering gunstige allelen-combinatie, sneller beschikbaar! Dat een soort via dit mechanisme milieuveranderingen 'op de voet' kan volgen, bleek bij de insectenbestrijding met DDT. In de meeste landen waren de doelpopulaties na 3-5 jaar *resistent* en het gif onbruikbaar. De werkelijke slachtoffers bleken de roofvogels te zijn. Door hun generatieduur van wel 4 jaar, waren de roofvogelpopulaties de slachtingen door het DDT na 20 jaar nog niet te boven!

B. De mortaliteit

De mortaliteit hangt onder meer af van:

a. Fysisch-chemische factoren en tolerantie

Een individu kan slechts leven wanneer elke voor de soort relevante fysisch-chemische bestaansvoorwaarde (zie pag. 20) zich tussen twee voor dat individu toelaatbare uitersten bevindt: het *minimum* (vereiste) en het *maximum* (toelaatbare). Deze uitersten noemt men de *tolerantiegrenzen*. Tussen beide tolerantiegrenzen ligt veelal een optimum. Dit is een waarde of een traject van waarden van de betreffende factor, waarbij het individu optimaal functioneert. Organismen met een grote tolerantie - de grenzen liggen ver uiteen - voor bijvoorbeeld het zoutgehalte en de temperatuur van de omgeving, noemt men respectievelijk *euryhalien* en *eurytherm*.

Stenohalien resp. *stenotherm* noemt men organismen die voor deze factoren weinig tolerant zijn. De optima *kunnen*, maar hoeven niet exact midden tussen de verdraagbare onder- en bovengrens van de tolerantie voor een zekere factor te liggen, zie fig. 66.

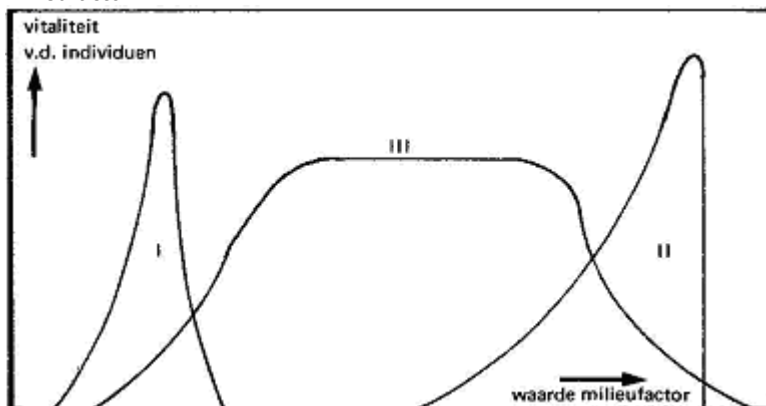
Toleranties worden bepaald door fysiologische processen *in* het individu, zij zijn dus geen onveranderlijke grootheden. Zo blijkt uit waarnemingen dat:

- toleranties hangen van de *leeftijd* van het individu. De temperatuurschommelingen die een bevrucht maar onbebreed vogelei kan verdragen zijn dodelijk voor de pas eruit geboren jongen, maar vaak niet meer voor volwassen exemplaren.
- de tolerantie met het *seizoen* kan fluctueren. Bij de koolmees (*Parus major* L.) nam men waar dat dezelfde volwassen exemplaren die in de winter temperaturen tot ca. -30° C verdroegen, in de zomer afkoeling tot slechts enkele graden onder nul konden weerstaan.

De ligging van tolerantiegrenzen en optima kan in het laboratorium proefondervindelijk worden bepaald, bijvoorbeeld de lichtbehoefte van de watervlo (zie Bio- thema5,

Figuur 66. Kleine en grote toleranties voor éénzelfde milieufactor.

Soort I en II hebben een kleine doch verschillende tolerantie, soort III heeft een grote tolerantie voor deze milieufactor.



pag. 36), of de zuurstof behoefte van kiemende erwten (zie Biothema 6, pag. 86). In het *veld* bieden vooral sessiele soorten, zoals planten mogelijkheden voor studie. Eén plantensoort kan door het groeien in een *zone* zijn voorkeursgebied uit een *gradiënt* soms fraai demonstreren. Een gradiënt is de geleidelijke overgang van een factor van het ene uiterste (milieupool) naar het andere, bijvoorbeeld nat-droog en kalkarm-kalkrijk. Een complicatie is vaak wel dat in een landschap vele gradiënten, variërend van enkele meters tot tientallen kilometers breed, in allerlei richtingen door elkaar kunnen lopen, of door menselijk ingrijpen zijn verstoord. Wanneer één factor een waarde bereikt die één van de beide tolerantiegrenzen voor die factor overschrijdt, sterft het individu. Aangezien iedere populatie blootstaat aan een heel complex voortdurend veranderende fysisch-chemische milieufactoren is het duidelijk dat hierdoor soms alleen sterfte wordt veroorzaakt onder enkele slecht aangepaste individuen, maar dat evengoed uitroeiing van de gehele populatie mogelijk is. Deze sterfte noemt men, ter onderscheiding van hierna te bespreken doodsoorzaken, *a-biotische aantalregulatie*. Zij is *dichtheidsonafhankelijk*. Met het toenemen van de populatiedichtheid - het aantal exemplaren per oppervlakte- of volume-éénheid - gaan nieuwe doodsoorzaken in toenemende mate een rol spelen. Deze zijn van *biotische* oorsprong en leiden tot *dichtheidsafhankelijke aantalregulatie*. In dit verband hangt de mortaliteit ook af van:

b. Schaarste en concurrentie

Concurrentie kan zijn *specifiek* (tussen soortgenoten) bij schaarste aan voedsel, nestgelegenheid, territoria, partners etc., of *interspecifiek* (tussen individuen van verschillende soort) bij schaarste aan voedsel, nestgelegenheid, slaapplekken. Het chronisch onvervuld blijven van primaire levensbehoeften als voedsel, rust en ruimte kan leiden tot *stressverschijnselen*. Naast een verminderde nataliteit kunnen soms ook jongen door hun eigen soortgenoten of zelfs ouders gedood worden, waarna zelfs *kannibalisme* kan optreden. Sommige soorten als lemming, Siberische notenkraaker, pestvogel en grote trap schijnen op schaarste en stress te reageren met *migratie*. *Emigratie* vanuit een overbevolkt gebied veroorzaakt *immigratie* elders. Massale immigratie in een korte periode noemt men een *invasie*. Emigratie is meestal slechts een uitlaatklep voor overbevolking aan de randen van het verspreidingsgebied. Immers, in de centralere gedeelten van zo'n gebied zijn de ter ontlasting van de overbevolking te overbruggen afstanden meestal onoverkomelijk groot.

c. Parasitisme

Schaarste(n) en stress verminderen na enige tijd de lichamelijke conditie van steeds meer individuen uit de populatie. Parasitaire symbionten zijn altijd aanwezig, maar kunnen nu gemakkelijker door de verzwakte lichaamsafweer heen dringen. Bovendien kunnen normaal onschuldige commensalen in parasieten veranderen; de onmisbare darmbacterie *Escherichia coli* kan bijvoorbeeld bij zijn eigen gastheer urineweginfecties teweeg brengen. Parasitaire macro-organismen kunnen op hun beurt parasitaire micro-organismen aanvoeren, zo is de kleepluis een beruchte *vector* voor de vlektyfus (zie M-76, pag. 224). Onverwerkte en opgehoopte uitwerpselen, uit- en afscheidingsproducten en kadavers helpen niet alleen mee de afweer der individuen te ondermijnen, maar worden broedplaatsen van bacteriën, schimmels, wormen etc., en trekken door hun geur vele mogelijke vectororganismen aan. Wat dit laatste betreft, is de huisvlieg (*Musca domestica* L.) een overduidelijk voorbeeld. Zelf geen directe menselijke parasiet zijnde, is dit insect vector naar de mens van tenminste 30 *ziekten* en *parasitaire wormen* waaronder cholera, tyfus, dysenterie, difterie, lepra, meningitis, builenpest, roodvonk, pokken en kinderverlamming. In een besmet individu breidt de ziekteverwekker zich meestal explosief uit en kan zich door de grote dichtheid snel in de gastheerpopulatie verspreiden, met een *epidemie* en massale sterfte als mogelijk gevolg.

d. Predatie

Een soort die talrijker wordt ontmoet vaker roofvijanden of *predatoren*. Bij sterke aantaltoename kan zo'n soort, behalve voor zijn traditionele vijanden, ook voor geheel nieuwe predatoren aantrekkelijk worden. Zij kunnen bovendien sneller ervaring en behendigheid opdoen en de soort effectiever bejagen dan voorheen. Soms profiteren predatoren van door parasieten verricht voorbereidend werk. Buizerden, die zelden of nooit een gezond konijn kunnen vangen, hebben een gemakkelijke prooi aan een konijn waarvan ogen, oren en neus door het myxomatosevirus zijn uitgeschakeld!

C. Populatiegroei in een *soortenarm* en in een *soortenrijk* milieu.

Iedere populatie ontstaat door de reproductie van een of enkele individuen. Zonder externe beïnvloeding hebben de meeste populaties de neiging zich zgn. exponentieel te vergroten. Op elk willekeurig tijdstip t is de populatiegrootte dan te berekenen met de vergelijking:

$$N_t = N_0 \cdot e^{rt}$$

waarin: N_t = het aantal individuen op tijdstip t
 N_0 = het aantal individuen waarmee de populatie begon
 $e = 2,71828$
 r = het aantal nakomelingen per ouderindividu onder de heersende omstandigheden (vergelijk dit met de reproductiecapaciteit op pag. 158).

Kan, in een *soortenarm* milieu, de groeiende populatie als enige over de aanwezige hulpbronnen beschikken, dan zijn in korte tijd enorme populatiedichtheden mogelijk. Aantalsregulatie is vooral *a-biotisch*, want juist in een soortenarm milieu kunnen fysisch-chemische factoren, doordat de matigende, stabiliserende invloed van organismen ontbreekt, extreme schommelingen vertonen (zie pag. 222).

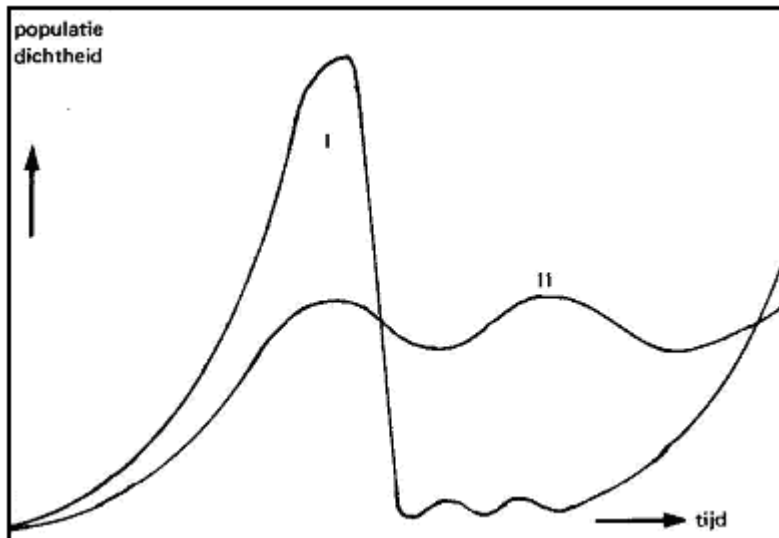
Enige *biotische regulatie* is er ook, vooral door optredend *voedselgebrek*, of door *epidemieën*. Het is nu niet verwonderlijk dat een populatie onder soortenarme omstandigheden *drastisch* en *plotseling* uitgedund zal kunnen worden. Immers, vlak bij een tolerantiegrens betekent een minimale verandering juist **wel** of juist **niet** leven. Figuur 67 laat zien, hoe zo'n populatie, na een exponentiële groei (J-curve) in korte tijd ineenstort.

In een *soortenrijke* omgeving is, omdat de hulpbronnen met andere soorten gedeeld moeten worden, meestal de nataliteit lager en de mortaliteit hoger vanwege de grotere concurrentie en predatie. Een sterke aantaltoename wordt door deze biotische, dichtheidsafhankelijke regulatie snel tot staan gebracht. *Alle* populaties in zo'n soortenrijk milieu zijn vrij klein maar wel van jaar tot jaar nagenoeg even groot. Bij dit *natuurlijk evenwicht* is elke populatie aangepast aan het *draagvermogen* of *carrying capacity* van het totale ecosysteem.

De zgn. netto-reproductiefactor (NRF), d.i. het quotiënt $\frac{\text{nataliteit}}{\text{mortaliteit}}$ bedraagt voor elke soort ongeveer 1.

Figuur 67 toont hoe de dichtheid van één populatie temidden van vele andere soorten, na een aanvankelijke stijging afvlakt - de S-curve - en daarna rond een bepaalde waarde blijft schommelen.

Vaak worden, zowel in een soortenarm als soortenrijk systeem, afwijkende verlopen van de populatiedichtheid waargenomen, bijvoorbeeld als één soort zeer afhankelijk is van een andere soort. Stel dat predator P , zich slechts met één prooi-soort p kan voeden. Is P_1 de enige vijand van p , dan wordt door de activiteit van P_1 de populatie p kleiner en populatie P_1 , groter, totdat door voedselgebrek populatie P_1 , kleiner wordt. Hierdoor kan soort p zich opnieuw uitbreiden enz. Beide populatiedichtheden fluctueren, met enige tijdsverschil, met elkaar mee (zie fig. 68). Een ander beeld ontstaat wanneer p naast P_1 nog andere predatoren P_2, P_3 etc. kent



Figuur 67. Aantalregulatie.
 I - abiotische aantalregulatie in een soortenarme omgeving: J-curve,
 II = biotische aantalregulatie in een soortenrijke omgeving: S-curve.

Het aandeel van P_1 in de aantalafname van p is dan geringer en de fluctuaties kunnen dan minder sterk zijn.

Weer anders kan het verloop worden wanneer p over schuilplaatsen beschikt waar P_1 niet kan komen, of wanneer P_1 zelf ook bejaagd wordt door een predator P_x die met P_1 meefluctueert.

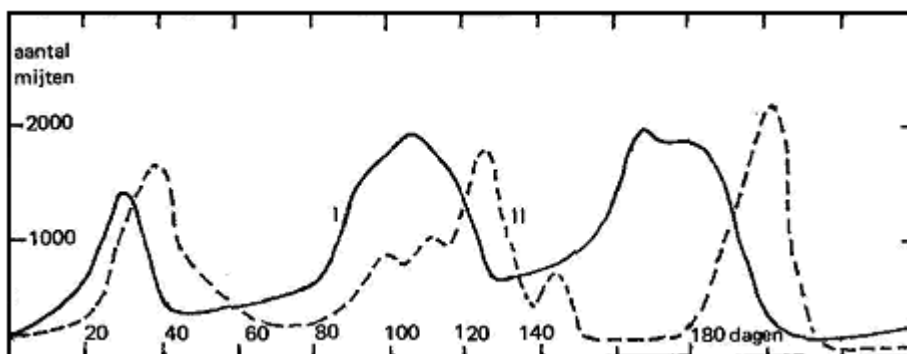
Ook parasitaire relaties laten vaak gecompliceerde aantalschommelingen zien.

D. Het bepalen van de populatiedichtheid

Kennis omtrent de omvang van populaties kan om vele redenen (wetenschap, economie, ziektebestrijding, jacht, natuurbeheer) gewenst zijn.

Enkele methoden om deze kennis op te doen:

- a. **Integrale telling** van alle individuen of broedparen. Slechts nauwkeurig indien de individuen hun aanwezigheid duidelijk kenbaar maken en indien deze individuen



Figuur 68. Fluctuaties in de grootte van de populaties van de mijt *Eotetranychus sexmaculatus* (curve I) en de predator hiervan, de mijt *Typhlodromus occidentalis* (curve II). (naar Huffaker, 1958).

zoveel mogelijk *gelijktijdig* geteld worden. Goed bruikbaar bij bijvoorbeeld planten, maar ook bij vele vogelsoorten die in of voor de broedtijd een opvallend gedrag, zoals zang en balts vertonen en dan bovendien sterk aan een territorium gebonden zijn. Soms, bijvoorbeeld bij zeehondentellingen in het Waddengebied, kan gebruik worden gemaakt van luchtfoto's (zie Biothema 5, pag. 129 e.v.).

a. Monstername. Sommige soorten leven in een gebied van bekende oppervlakte of inhoud, waarin de individuen bovendien gelijkmatig zijn verdeeld, zoals bacteriën in een bouilloncultuur.

In zo'n geval kan men de populatiegrootte eenvoudig berekenen door telling van het aantal individuen in een monster van geringe, doch bekende omvang. Soms moet terwille van de nauwkeurigheid zelfs dit monster nog verdund worden (zie M-53b).

Is weinig over de populatie bekend, dan vangt men een monster van bekende grootte, bijvoorbeeld p-individuen. Deze worden *gemarkt* met bijvoorbeeld ringen, plastic of metalen plaatjes, afgeknipte nagels of veren, verf, radio-actieve isotopen etc., en in de populatie losgelaten. Na enige tijd vangt men uit dezelfde populatie een tweede monster van bijvoorbeeld q-individuen. Hiervan blijken er p^1 gemerkt te zijn. De populatiegrootte X kan dan vastgesteld worden volgens: $p : X = p^1 : q$.

Noch het vangen, noch het merken, noch het loslaten van het eerste monster p mogen de levenskansen, het gedrag of de gelijkmatige verspreiding van de p-individuen in de populatie verhinderen.

Andere telmethoden kunnen zijn gebaseerd op de doorlaatbaarheid van licht- of UV-stralen door suspensie van bijvoorbeeld eencelligen, reflectie van radarstralen of op kenmerkende eigenaardigheden van één soort als uitwerpselen, braakballen, graaf- of klimsporen etc.

II. INVLOEDEN VANUIT ORGANISMEN OP HET MILIEU. SUCCESSIE

Ieder organisme verkeert in *wisselwerking* met zijn omgeving. Het is hiervan enerzijds *afhankelijk* (zie M-6, 12 en 34), maar anderzijds in staat dit milieu te *veranderen*.

De veranderingen die een organisme aan zijn milieu toebrengt kunnen actief en passief ontstaan:

A. Activiteit van organisme wijzigt de fysisch-chemische milieufactoren

Wortels van planten scheiden *wortelzuren* af waardoor bepaalde anorganische ionen uit gesteente of bodemdeeltjes vrijkomen. Dit kan weer gevolgen hebben voor de *zuurgraad* van die bodem. Door loslaten van celmateriaal wordt elke begroeide bodem verrijkt met organische moleculen of structuren.

Dode plantaardige en/of dierlijke resten en uitwerpselen komen als **strooisel op** de bodem en na enige tijd als **humus erin**. Deze humus bindt water, ionen en andere stoffen en heeft zo een bufferende, stabiliserende invloed op de bodem.

Deze bufferwerking blijft bovendien langdurig bestaan omdat humus aan de bodemdeeltjes vastkleeft en nauwelijks uitspoelt (zie pag. 34 e.v.).

Dieren kunnen gangen graven en verbeteren hiermee de aan- en afvoer van gassen en water in en uit de bodem.

De gezamenlijke stofwisseling van miljarden bodemorganismen produceert zoveel warmte dat de strooisel/humuslaag meestal enkele graden warmer is dan de omgeving erboven en eronder.

Andere voorbeelden zijn het bedekken van eilanden met *guano* door zeevogels, in Nederland het eutrofiëren van oligotrofe vennen door de uitwerpselen van kokmeeuwenkolonies, en, op wereldschaal, de bijdrage aan een verhoogde luchtvochtigheid en neerslagvorming door de verdamping uit planten.

B. Passiviteit van organisme wijzigt de fysische milieufactoren

Vlak bij een voorwerp - dood of levend, groot of klein - worden de heersende fysische factoren gewijzigd.

Stromingen van bijvoorbeeld water en lucht veranderen van snelheid en richting.

Licht en andere straling worden geheel of gedeeltelijk geabsorbeerd of gereflecteerd.

Bij dit laatste kan de teruggekaatste straling van frequentie, en dus van golflengte, zijn veranderd.

Zo wordt een gedeelte van het door de aarde opgevangen zonlicht teruggekaatst als langgolvlige, onzichtbare, infrarood-warmte-straling. Als de uitstraling plaatsvindt na afloop van de instraling, kunnen warmteperioden verlengd en temperatuurschommelingen verminderd worden. Dit doet zich voor op zomeravonden bij overdag bestraalde muren en rotsen.

Een hogere luchttemperatuur heeft gevolgen voor de relatieve luchtvochtigheid.

Het hele complex rond een voorwerp zich wijzigende en gewijzigde factoren noemt men het *microklimaat*.

Zowel de actieve als de passieve beïnvloeding worden versterkt wanneer er *grote aantallen* organismen in het spel zijn.

Dit *massa-effect*, reeds merkbaar achter elke heg of bosje, leidt ook tot de onvoorstelbare gelijkmatigheid van het tropisch regenwoud. In deze gigantische levende broeikas is wind vrijwel afwezig, wordt zonlicht door elk blad gefilterd, worden moessonregens door de plantenmassa voor lange tijd vastgehouden en zijn zowel temperatuur als luchtvochtigheid hoog en vrijwel constant. Men vermoedt dat zelfs het macro-klimaat van de aarde door deze bossen gereguleerd wordt.

C. Successie

Door extreme fysische of chemische krachten van geologische of menselijke oorsprong zullen overal op aarde telkens gebieden ontstaan waar de oorspronkelijk aanwezige soorten vernietigd of verdreven worden. Bosbranden, droogleggingen, overstromingen, ontbossingen, vulkaanuitbarstingen, aardverschuivingen, ploegen etc. creëren vaak uiterst soortenarme gebieden.

A-biotische factoren bereiken in zo'n gebied, bijvoorbeeld een woestijn, voor levende wezens onaangename uitersten: dag- en nachttemperaturen kunnen per etmaal wel 90° C uiteen liggen, de bodem is onbeschermd tegen zowel uitdroging als harde neerslag, de wind wordt niet gebroken en zal, door het meegenomen zand, een sterk eroderende werking hebben. Vaak ook is de chemische samenstelling uiterst eenzijdig. Een dergelijk milieu vertoont een sterke *dynamiek*, d.w.z. veranderingen kunnen er vaak, snel en onvoorspelbaar optreden en de uitersten liggen ver uiteen. De schaarse organismen die zich hier in zo'n *hoogdynamisch* milieu zouden kunnen vestigen (en handhaven!) zijn meestal autotrofe eencelligen en - wat later - planten. Al deze soorten stellen weinig eisen, hebben brede toleranties, en zijn in staat op eigen houtje, zonder een rijke biocoenose, te bestaan. We noemen ze *pioniers*. Zo'n *pioniergezelschap* bevat meestal weinig soorten, dikwijls met grote aantallen individuen.

Na de vestiging van pioniers treden de hierboven onder II.A en II.B genoemde mechanismen in werking: het microklimaat wordt gematigder, de chemische en fysische samenstelling van het milieu wordt gevarieerder, m.a.w. de *dynamiek* neemt af.

Er kunnen zich soorten met hogere eisen vestigen. Hoewel de oorspronkelijke pioniers na enige tijd door hun eigen activiteit zullen verdwijnen, neemt toch de soortenrijkdom toe.

Hierdoor ontstaat opnieuw meer beschutting, en er komen ruimere mogelijkheden voor bijvoorbeeld voeding en symbiose. Er kunnen ook steeds meer diersoorten verschijnen.

De verschuiving naar grotere soortenrijkdom en meer stabiliteit noemt men successie.

Het is inderdaad het 'opvolgen' van voorgangers door telkens nieuwe soorten, en telkens nieuwe biocoenosen. Successie leidt vanaf de pionierfase tot een *climaxfase*.

Hierin neemt de soortenrijkdom niet meer toe.

De successie is dan ten einde; alle, in het betreffende milieu beschikbare soorten hebben er ooit een rol in gespeeld of spelen die nog.

Enkele veranderingen tijdens successie:

Tabel 50	<i>pionierstadium</i>	<i>climaxstadium</i>
variatie in de tijd, dynamiek	groot	gering
variatie in materie en ruimte	klein	groot
soortenrijkdom	klein	groot
populatiegrootte	veranderlijk (J-curven)	klein en stabiel (S-curven)
toleranties	groot	smal
leeftijd soorten	veel éénjarigen	meerjarige soorten
primaire productie	laag	hoog
aantal niches	klein	groot

Gegeven een bepaalde combinatie van fysisch-chemische omstandigheden als *uitgangssituatie*, is bijna met wetmatigheid voorspelbaar *welke* planten- en diersoorten *waar* en *wanneer* zullen verschijnen, m.a.w. welke biocoenosen elkaar tijdens de successie zullen gaan opvolgen. Plantensoorten die een bepaald successiestadium typeren noemt men *kensoorten*, soorten die de verschillen tussen groepen plantengemeenschappen aangeven noemt men *differentiërende soorten*. Voor de uiteenlopende uitgangspunten zijn er verschillende pioniers: op stenige ondergronden zijn dat vaak korstmossen, op zure slecht afwaterende gronden vaak mossen.

De meeste *terrestrische* successies starten op losse, opgeworpen bodem, bijvoorbeeld een akker, en verlopen in ons gematigd klimaat via een *grasland* naar een *loofbos* met boom-, struik-, kruid- en moslaag, als *climax*.

Ondanks deze grote lijn kunnen er toch verschillen optreden:

Op een kalkarme, zure zandgrond verschijnen als pionier bijvoorbeeld spurrie en gele margriet, als graslandplant onder andere St. Janskruid, brem en rolklaver, en vervolgens het eiken-berkenbos met onder andere zomereik, berk, lijsterbes en kamperfoelie. Op voedselrijke, kalkrijke bodems verschijnen als pioniers bijvoorbeeld ruige klapproos, akkerklokje, korenbloem, als graslandplant onder andere margriet, agrimonie en cichorei, en daarna het *eiken-haagbeukenbos* met bijvoorbeeld zomereik, haag-beuk, hazelaar, bosanemoon, speenkruid etc.

Aquatische successie in een plas dieper dan 1 meter begint meestal met het optreden van fytoplankton, (draad-)wieren en soms kroos, gevolgd door ondergedoken waterplanten, al of niet wortelend in de bodem, als fonteinkruidsoorten, waterolier, hoornblad, waterpest etc.

Tijdens deze fasen bezinkt veel dood materiaal en vormt een laag *sapropelium*, slib dat rijk is aan rottende organische materialen, op de bodem. Hierdoor kan de plas ondieper worden en kunnen *drijfbladplanten* zoals waterlelie, watergentiaan, gele plomp etc. gaan optreden. Planten van dit type wortelen in de bodem en zenden bladeren en bloemen naar het wateroppervlak. Hun stengels bevatten wijde kanalen en maken zuurstoftransport naar de wortels mogelijk.

Door voortgaande sapropeliumafzetting kan de plas één tot enkele dm diep worden en hiermee geschikt voor een ander type plant. Dit type omvat soorten die weliswaar onder water wortelen maar een hoog boven het water uitrijzende *oevervegetatie* kunnen vormen. Riet, lisdodden, waterweegbree, kattenstaart, mattenbies etc. behoren tot deze groep.

Langs de randen van de plas kan zich nu *veenmos* (*Sphagnum spec.*) vestigen, dat door opname van pH-bufferende, minerale zouten en door de afscheiding van H^+ -ionen het water doet verzuren. Hierdoor - en ook door zuurstofgebrek - wordt de mineralisatie van organische resten stopgezet en begint een *verveningsproces*. In de dikkere, geconserveerde veenlagen kunnen zich eerst kleinere (gagel) en later grotere (wilg, zwarte els) struiken in stand houden. Deze aquatische successie komt

meestal neer op *verlanding* en eindigt meestal in een *elzenbroekbos* met onder andere zwarte els, zachte berk, vuilboom.

In grotere plassen zijn de verlandingsstadia als zones te onderscheiden, de oudste stadia liggen het dichtst bij de oorspronkelijke oever. Alle randzones vertonen de neiging zich naar het midden van de plas te verplaatsen, waardoor de plas op den duur zelfs kan verdwijnen.

De zone met ondergedoken waterplanten, drijfblad- en oeverplanten wordt aangeduid als *litorale zone*, de zone met uitsluitend fytoplankton etc. heet *limnetisch*. Is de plas diep genoeg dan kan zich op meer dan 3 m diep onder de limnetische zone de *profundale zone* bevinden. De afnemende lichtsterkte beperkt hierin de aantallen soorten.

De breedte van de zones hangt af van plaatselijke omstandigheden als steilheid van de oevers, stroming, golfslag etc. (pag. 106 en 107).

Successie van *plantengezelschappen* heeft - zoals reeds opgemerkt - gevolgen voor de dierlijke component van de levensgemeenschappen. Het dichtgroeien van een heide met vliegdennen en -berken veroorzaakt het verdwijnen van bijvoorbeeld vogelsoorten als wulp, tapuit en duinpieper, en de komst van soorten als fitis, geel-gors en Vlaamse gaai. Op open water waar eerst aalscholvers en futen naar vis doken zijn na enkele jaren soorten als waterhoen, blauwe reiger en rietzanger aan te treffen.

Soms verloopt successie op afwijkende wijze, of tot enkele vroege stadia.

Dit kan gebeuren door bijvoorbeeld:

- a. **extreme milieufactoren**, in woestijnen, arctische gebieden (geen of uiterst lage bomen als kruipwilg) en het hooggebergte. In Nederland op de zeereep en in zandverstuivingen. Hier maakt de combinatie wind, zand, zon en eventueel zout elke terreinwinst van de vegetatie ongedaan.
- b. **hoogveenvorming**. Bevindt een plas met Sphagnum (veenmos) zich in een bodem welke arm is aan Ca^{++} en andere bufferende ionen, en is deze plas bovendien van het mineraalrijke grondwater gescheiden door een ondoorlatende leem- of kleilaag, dan is een sterke verzuring en een snelle veenvorming mogelijk. Omdat dit veen *boven* en los van het grondwater gevormd wordt, noemt men het hoogveen. Doordat veenmos 30x (!) zijn gewicht aan water kan vasthouden (zie Biothema 6, pag. 51) is zelfs in matig natte klimaten een enorme groei mogelijk. Het veenmos groeit als een dikke, zure brei de plas uit en gaat in uitgestrekte gebieden van de buitenlucht afsluiten en hierin de zuurgraad dicteren. In de Peel moeten op deze wijze zelfs bestaande bossen tot afsterven gebracht zijn.
- c. **menselijk beheer**. Spitten, ploegen, baggeren, grazen, maaien, kappen en afbranden zetten allen de successie terug of verhinderen de voortgang ervan. Op *niet te grote schaal* toegepast kunnen deze ingrepen de *ruimtelijke variatie* en dus de *soortenrijkdom* doen toenemen. Landgoederen, kastelen, oude cultuurlandschappen, etc. bezitten zo vaak uiterst fijne en gevarieerde *gradiëntenstelsels*. Soorten uit diverse successiestadia zijn hier tegelijk en op korte afstand van elkaar aan te treffen. Voor sommige soorten is menselijk ingrijpen zelfs een buitenkansje! Stikstofminnende planten (grote brandnetel en reuzenberenklauw), akkeronkruiden (bolderik, klapproos en korenbloem), planten van stenige milieus (muurleeuwenbek, tong- en steenbreekvaren) zouden in Nederland zonder de mens nauwelijks groeikansen hebben. Met enige bedachtzaamheid hoeft zelfs de directe woonomgeving van de mens geen saaie soortenarme steenmassa te zijn: boerenzwaluw, gierzwaluw, ooievaar, kerkuil, vleermuizen zijn maar enkele van de vele diersoorten die bereid zijn zich vlak bij mensen te vestigen. Mits zij levenskansen krijgen.

De Nederlandse *heidevelden* zijn voorbeelden van een *subclimax*. Zij bestaan dankzij menselijk beheer (schapen weiden, branden etc.). Blijft dit beheer korte tijd uit dan wordt met de opslag van grove den, zomereik en berk onmiddellijk het climaxstadium voorbereid. Dit geldt ook voor onze weiden.

Soms ontstaat als climax wel een soortenarm bos, zoals het 'naakte beukenbos' (Fagetum nudum). Hierin komen onder meer door lichtgebrek, slechts enkele soorten kruiden en mossen voor.

Vragen:

1. Met welk doel wordt een akker door landbouwers vóór de inzaai of aanplant van een nieuw gewas gespit, geploegd en geëgd?
2. Biedt deze bewerking voor alle soorten gewas voordelen?
3. Welke nadelen kleven - ecologisch bezien - aan de huidige landbouwmethoden in bijvoorbeeld West-Europa en Noord-Amerika?
4. Hoe tracht men in bovengenoemde gebieden de opgeroepen nadelen tegen te gaan?
5. Waarom konden Nederlandse boeren van vóór 1955 met veel minder bestrijdingsmiddelen toe dan de huidige landbouwers?
6. In o.a. Brazilië worden koffiestruiken en rubberbomen tegelijk op eenzelfde perceel verbouwd. Zo'n gecombineerde teelt - onder bomen, genaamd *agro-forestry* - biedt klaarblijkelijk voordelen. Welke?

M-60 Populatiegroei van bacteriën en gistschimmel

Wanneer de numerieke verhoudingen tussen planten en dieren in een bepaald biotoop min of meer constant zijn spreekt men van *biologisch evenwicht*. Voor iedere soort afzonderlijk betekent dit dat er per tijdseenheid ongeveer evenveel nieuwe individuen ontstaan als er door sterven verloren gaan. Kleine of grote afwijkingen kunnen tot het naar één zijde doorslaan van deze balans leiden waardoor er of overbevolking of uitsterven gaat optreden. Wanneer een dergelijke afwijking snel optreedt is er sprake van een *plaag* of *epidemie* of *natuurramp*. Veelal heeft de mens dan ingegrepen in het biologisch evenwicht (zie M-59 en 76).

Ook de microbiologie kent zijn *biotopen*. De huid van de mens en zijn spijsverteringskanaal zijn er voorbeelden van. Bij het onderzoek van microbiologische biotopen gebruikt men vaak de methode voor de bepaling van het *kiemgetal* zoals is toegepast in M-53b. Hierbij bepaalt men echter aan de hand van het aantal gevormde kolonies slechts het aantal levende micro-organismen. De hoeveelheid afstervende bacteriën komt pas tot uiting bij tellingen door middel van een microscopische telkamer. Dit wordt ook duidelijk bij de bestudering van de groei van deze organismen.

Bacteriën vermeerderen zich door deling volgens een geometrische progressie: $20 \rightarrow 2^1 \rightarrow 2^2 \rightarrow 2^3 \dots 2^n$. Bevat een zeker volume van een groeiende cultuur N_0 cellen dan is het aantal cellen N na n delingen dus gelijk aan: $N = N_0 \times 2^n$.

Neemt men hiervan de logaritme dan is: $\log N = \log N_0 + n \log 2$.

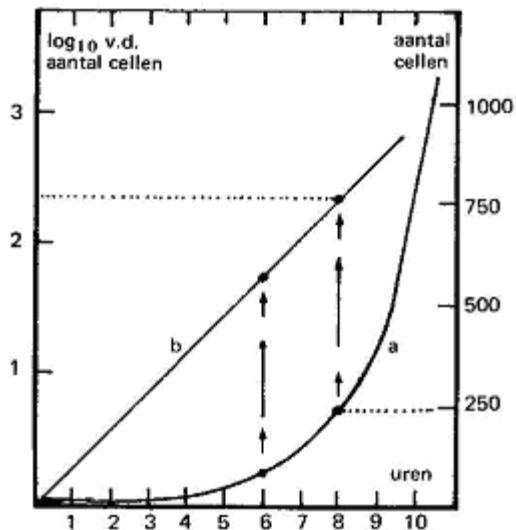
Hieruit volgt voor het aantal celdelingen: $n = \frac{\log N - \log N_0}{\log 2}$

Voor de delingssnelheid V geldt: $V = \frac{n}{t} = \frac{\log N - \log N_0}{\log 2(t-t_0)}$

Hieruit is de *tijdsduur* van één generatie te berekenen: $g = \frac{t}{n} = \frac{1}{V}$

Deze periode ligt onder normale omstandigheden veelal in de grootte-orde van een half uur.

Brengt men de *exponentiële* groei van bacteriën in beeld met arithmetische maatstaven dan geeft dit bij grote aantallen een onduidelijk beeld. Gebruikt men echter een zogenaamde half-logarithmische voorstelling door langs de Y-as logaritmen der aantallen cellen te plaatsen dan verkrijgt men een rechte lijn: de *logarithmische groei*. De hoek van deze rechte met de X-as levert dan de delingssnelheid V (figuur 69).



Figuur 69. Exponentiële groei van een populatie eencelligen. De arithmetische curve (a) kan met behulp van logaritme omgezet worden in een rechte curve (b). De hoek tussen deze rechte lijn en de X-as levert dan de delingssnelheid.

Wanneer bacteriën op een voedingsbodem geënt dan gaat de groei door totdat één der milieufactoren het minimum bereikt en daardoor de groei remt. Wanneer er zoals op een vaste voedingsbodem geen nieuwe voedingsstoffen worden aangevoerd of geen afbraakproducten worden afgevoerd dan ontstaat een *statische cultuur*. Een dergelijk 'gesloten systeem' van eencelligen is met betrekking tot zijn wetmatigheden vergelijkbaar met een veelcelig organisme met een genetisch begrensde groei.

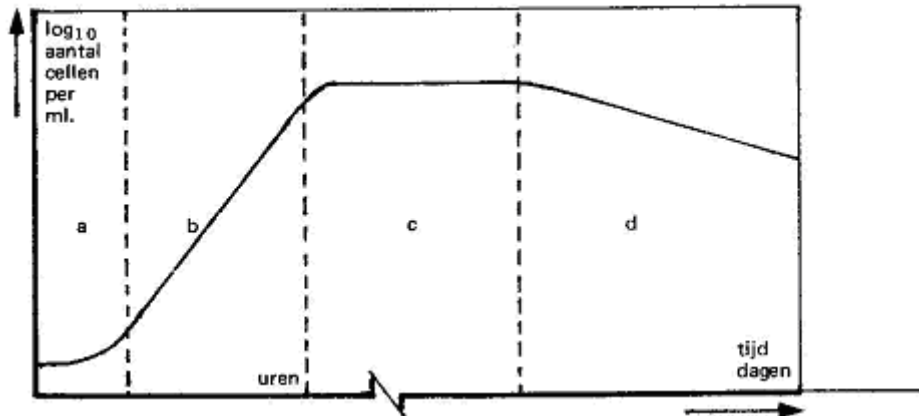
Wanneer van een statische cultuur de logaritmen der kiemgetallen tegen de tijd in een diagram worden uitgezet dan ontstaat een S-vormige curve. Hierin zijn de volgende groeifasen te herkennen: aanlooffase, exponentiële of logaritmische fase, stationaire en afstervingsfase (fig. 70 en 67).

De **aanlooffase, latente periode** bestaat uit het tijdsverloop tussen het moment van enten en het bereiken van de maximale delingssnelheid. De duur hiervan is afhankelijk van verschillende factoren zoals de ouderdom van het entmateriaal, de voorafgaande wijze van kweken, de meer of mindere geschiktheid van de voedingsbodem.

Is het te enten materiaal afkomstig uit een stationaire fase dan zullen de cellen hun RNA-, ribosomen- en enzymsystemen eerst moeten instellen op de nieuwe milieuomstandigheden. Verschilt de samenstelling van de voedingsbodem van de voorgaande kweek veel met die van de nieuwe voedingsbodem dan zullen gedurende deze adaptatie nieuwe enzymsystemen ontstaan, die geïnduceerd worden door het nieuwe substraat. Duidelijk toont figuur 71 *diauxie* (groei in twee fasen), waarbij de voedingsvloeistof voor *E. coli* twee verschillende koolstofbronnen bevatte.

De **exponentiële- of groeifase** is gekarakteriseerd door een constante maximale delingssnelheid. Bij vele bacteriesoorten zijn gedurende deze fase de afmetingen van de cellen constant en blijft het eiwitgehalte der cellen gelijk; er ontstaan zogenaamde standaardcellen.

In vele gevallen veranderen in een statische cultuur echter gedurende deze periode de milieuomstandigheden voortdurend. De substraatconcentratie neemt af. Het aantal cellen neemt toe- De stofwisselingsproducten hopen zich op, zodat de exponentiële groei niet geheel constant kan blijven.



Figuur 70. De groei van een bacteriepopulatie.
a = aanloophase, b = exponentiële (logaritmische) fase, c = stationaire fase en d = afstervingsfase.

Het onderzoek van de invloed van milieufactoren zoals pH, redoxpotentiaal, temperatuur zowel als de verwerkbaarheid van bepaalde substraten geeft slechts vergelijkbare waarden indien deze metingen verricht worden *gedurende* deze logaritmische fase. De **stationaire fase** begint wanneer de cellen zich niet meer delen. De groei is afhankelijk van de substraatconcentratie zodat bij afname hiervan reeds voor het moment van volledig verbruik de delingssnelheid afneemt. De overgang van de voorgaande fase naar de stationaire fase geschiedt dus geleidelijk. Behalve dat het substraat als beperkende factor gaat optreden kan dit ook ontstaan door een hoge populatiedichtheid, een lage partiële zuurstofspanning of door het ophopen van giftige stofwisselingsproducten.

In deze stationaire fase worden de laatste reservestoffen gebruikt en kunnen nog nieuwe enzymen worden gemaakt. Zolang er voor de noodzakelijke stofwisseling nog energie gemaakt kan worden door dissimilatie van reservestoffen of eiwitten blijven de bacteriecellen in deze toestand nog lange tijd levenskrachtig. Slechts zeer zwakke cellen sterven snel. Deze periode duurt onder normale omstandigheden ongeveer vier uren.

De **afstervingsfase** en de oorzaken van het afsterven der bacteriën in normale voedingsmedia zijn nog weinig onderzocht. Wanneer er een opeenhoping van zuren optreedt zoals bij *Escherichia* en *Lactobacillus* is de oorzaak duidelijk. Het aantal levende cellen neemt dan exponentieel af, echter niet in gelijke mate als de toename gedurende de groei.

Onder bepaalde omstandigheden kunnen de cellen zich ook oplossen onder invloed van enzymen die daartoe in de cel aanwezig zijn (autolyse).

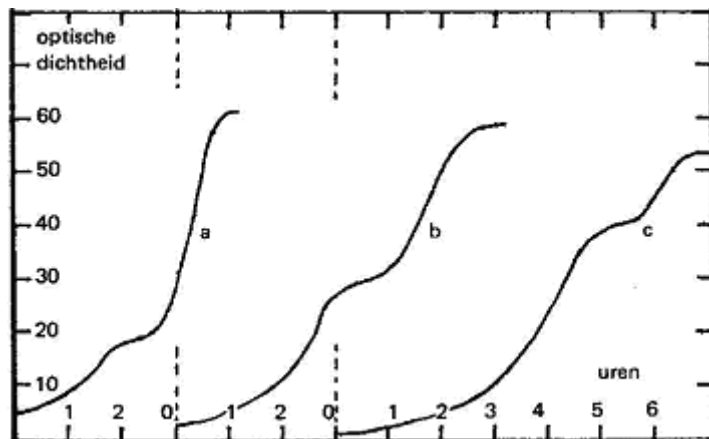
De metingen van de populatiegroei van bacteriën zijn ingewikkeld. Daarom is het verstandiger voor een dergelijk experiment een wat groter organisme te gebruiken, bijvoorbeeld gistschimmels.

Bij de gistcel geschiedt de asexuele vermeerdering door knopvorming. Aan één gistcel kunnen enkele nieuwe cellen tegelijkertijd ontstaan die veelal niet dadelijk van elkaar losgaan. Bij de tellingen moet echter iedere knop als apart individu worden geteld.

Benodigheden:

Zie M-86 en 87.

- verse bakkersgist
- erlenmeyer met 100 ml steriel water



Figuur 71. Populatiegroei van *Escherichia coli*: diauxie of groei in twee fasen. Eerst wordt de glucose verbruikt. Het daarbij behorende enzymstelsel onderdrukt de synthese van het enzymstelsel dat voor de verwerking van sorbitol nodig is. Dit systeem ontstaat pas als alle glucose verbruikt is. a = glucose/sorbitol: 1 : 3, b = glucose/sorbitol: 2 : 2 en c = glucose/sorbitol: 3 : 1. (naar Monod, 1958).

- 8 steriele cultuurbuizen afgesloten met een waterprop of cultuurbuisdop
- 90 ml steriele bouillonoplossing
- steriele maatpipet inhoud 10 ml
- steriele Pasteurse pipetten
- formol of 35% formaldehyde (HCHO)
- glaspotlood of merkstift
- 2 reageerbuisrekjes
- objectglazen, dekglasjes, enige reageerbuizen, maatpipet 1 ml en 10 ml

Vorbereiding:

a. Bouillonoplossing

- meng 2,5 gram gistextractpoeder, 2 gram kaliumdihydrogeenfosfaat (KH_2PO_4), 5 gram pepton en 40 gram glucose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) en vul dit aan met gedestilleerd water tot 1 liter.
- controleer de zuurgraad van de oplossing en breng hem op pH 5,5-6,5.
- steriliseer deze hoeveelheid bouillon in twee slechts voor de helft gevulde kolven door ze op drie achtereenvolgende dagen gedurende 30 min. te verhitten bij 100 °C door ze in een autoclaaf of hogere drukpan te plaatsen zonder overdruk van stoom.
- bewaar de kolven na afkoelen gedurende die drie dagen bij kamertemperatuur.
- na dit sterilisatieproces door middel van stomen kunnen de kolven in een koelkast bewaard worden.

b. Gistcultuur

- neem 10 gram verse bakkergist, die men kopen kan bij een 'warme' bakker en breng deze hoeveelheid in 100 ml steriel water, laat dit enige tijd weken.
- meng de massa grondig zodat er een uniform mengsel ontstaat.

Uitvoering:

- merk de cultuurbuizen met de nummers 1 tot en met 8.
- vul de cultuurbuizen door middel van de steriele maatpipet met 10 ml bouillonoplossing.
- meng de gistcultuur tot een uniform mengsel alvorens met een steriele Pasteurse pipet 10 druppels over te brengen in iedere cultuurbuis. Neem hierbij voor iedere buis een nieuwe pipet en meng de cultuur iedere keer opnieuw goed.

Deze handelingen dienen zoveel mogelijk voor iedere buis gelijk te zijn. Zo is de kans het grootst dat de hoeveelheid gistcellen bij aanvang in alle cultuurbuizen gelijk is.

- breng in buis 1 met een Pasteurse pipet 20 druppels formol. Meng goed zodat alle gistcellen doodgaan en geconserveerd worden. Ze kunnen na afloop van het experiment geteld worden.
- plaats het reageerbuisrekje met de overige cultuurbuizen bij 23-26° C ('warme' kamertemperatuur).
- conserveer vervolgens iedere dag ongeveer op hetzelfde tijdstip een cultuurbuis met 20 druppels formol. Na een week zullen alle buizen geconserveerd zijn.
- meng voor het tellen iedere buis grondig en neem steeds met een nieuwe pipet enkele druppels van het uniforme mengsel af.
- maak een preparaat van 2 druppels (0,1 ml) waarbij het dekglas gesteund wordt door enkele stukjes dekglas.
- tel met de microscoop bij dezelfde vergroting in 5 verschillende beeldvelden het aantal gistcellen en bereken daarvan het gemiddelde.
- is het aantal gistcellen in een beeldveld te groot maak dan een verdunning van de geconserveerde cultuurbuis volgens Biothema 1, pag. 37.
- bepaal zo het gemiddeld aantal gistcellen per 0,1 ml bouillonoplossing.

Vragen en opgaven:

1. Maak van de berekende aantallen gistcellen een grafiek op halflogaritmisch grafiekpapier.
2. Vertoont de curve een exponentiële groei of is reeds een S-vormige groeicurve ontstaan?

M-61 Populatiegroei-model

1. Aan de hand van een willekeurig gekozen voorbeeld kan de populatiegroei worden toegelicht. Er wordt uitgegaan van een eiland, waarop in de lente van 1967 een denkbeeldige populatie voorkomt van 10 huismussen: 5 paren. Men neemt aan dat:
 - a. ieder paar huismussen iedere lente (broedseizoen) 10 nakomelingen krijgt; te weten 5 ♀♀ en 5 ♂♂.
 - b. ieder jaar de ouders (broedparen) sterven, voordat het nieuwe broedseizoen aanvangt.
 - c. ieder jaar alle nakomelingen in leven blijven tot na het volgende broedseizoen.
 - d. Gedurende de periode van onderzoek geen andere mussen het eiland bereiken of verlaten.

Vragen en opdrachten:

1. Hoe groot is aan het begin van het broedseizoen in de jaren 1969, 1970 en 1971 de populatie?
 2. Zet de verkregen gegevens grafisch uit. Op de X-as de jaren en op de Y-as het aantal dieren.
 3. Hoe zal de grafiek er uit gaan zien wanneer men ook voor de volgende 10 jaren de aantallen invult?
 4. Zal iedere populatie een dergelijke groei vertonen? Antwoord motiveren.
 5. Welke vorm heeft de getekende lijn in de grafiek? Hoe zal deze lijn er onder niet-gefingerde omstandigheden uitzien bij de huismussen?
2. In werkelijkheid zal het verloop van de populatiegroei afhankelijk zijn van een groot aantal factoren. Om hiervan een indruk te krijgen dient men de voorwaarden als volgt te veranderen:

- a. ieder jaar blijft van de broedparen 0,4 leven om ook een tweede jaar te broeden. Vervolgens sterven ze. De vermelde punten onder **1a**, **1c** en **1d** blijven onveranderd.
- b. De punten onder **1a**, **1b** en **1d** blijven onveranderd, ieder jaar sterft 0,4 van de nakomelingen en wel een gelijk aantal mannetjes en wijfjes voor de aanvang van het nieuwe broedseizoen.
- c. De punten onder **1a**, **1b** en **1c** blijven onveranderd, ieder jaar immigreren 50 mussen en wel een gelijk aantal mannetjes en wijfjes op het eiland voor de aanvang van het broedseizoen, terwijl er geen emigreren.

Vragen en opdrachten:

6. Bepaal de populatiegrootte van de jaren 1969, 1970 en 1971 met de gegevens van **2a** en verwerk deze in een diagram.
7. Vergelijk het verkregen diagram met het diagram verkregen uit **1**.
8. Bepaal de populatiegrootte van de jaren 1969, 1970 en 1971 met de gegevens van **2b** en verwerk deze in een diagram.
9. Vergelijk het verkregen diagram met het diagram verkregen uit **1**.
10. Bepaal de populatiegrootte van de jaren 1969, 1970 en 1971 met de gegevens van **2c** en verwerk deze in een diagram.
11. Hoe zal de populatiegroei-kromme van een populatie eruit zien bij onbelemmerde groei?
12. Wat zal er met deze populatie gebeuren wanneer het voedsel op is?
13. Geef voorbeelden van soorten organismen, waarbij dit kan optreden?
14. Hoe zal de populatiegroei-kromme van een populatie eruit zien, wanneer er regulerende factoren gaan optreden?
15. Zal populatiegroei zoals bedoeld in **14** bij hoger of bij lager ontwikkelde diersoorten voorkomen? Waarom?

M-62 Populaties op het blad

Aan de hand van het glimmen der bladeren krijgt men gemakkelijk de indruk dat bladeren van bomen volledig schoon zijn en hierop geen organismen aanwezig zijn. Het tegendeel is waar.

Recept:

- lactofenol-katoenblauw: 0,02 g katoenblauw of anilineblauw WS (C.I. Nr. 42755, $C_{32}H_{25}N_3Na_2O_9S_3$).
Deze kleurstof kan men het beste in een bruine druppelfles bewaren. Katoen-blauw of anilineblauw wordt opgelost in 100 ml lactofenol. Lactofenol wordt verkregen door 10 g fenolkristallen (C_6H_5OH), 10 ml geconcentreerde melkzuur (90% $C_3H_6O_3$), 20 ml watervrije glycerine ($C_3H_8O_3$, S.G. 1,26) en 20 ml ethanol (C_2H_5OH 95 gew.% = 96 vol.%) te mengen.

Benodigdheden:

- lactofenol-katoenblauw
- vers geplukte bladeren van verschillende boom- of struiksoorten (geen 'harige' bladeren) waarvan de standplaats nauwkeurig bekend is, ook de plek aan de boom waar de bladeren geplukt zijn ten aanzien van de zonnestand en de meest heersende windrichting
- doorzichtig plastic plakband of sellotape
- microscoop en enige schone objectglazen

Uitvoering:

- neem een stuk plakband van ongeveer 15 cm lengte. Plak hiervan de middelste 7 à 8 cm vast op de bovenkant van een vers blad. Strijk het met de nagel voorzichtig over dit stuk volledig vast (zo min mogelijk luchtbellens). De beide uiteinden blijven los.
- trek het stuk plakband voorzichtig los van het blad zonder hierbij de epidermis mee te nemen.
- leg het plakband met de losgetrokken zijde naar beneden op een objectglas en sla de uiteinden om dit objectglas heen, trek het band vlak en plak de uiteinden aan de onderkant van het objectglas vast.
- breng nu een druppel kleurstof (lactofenol-katoenblauw) onder het plakband. Hiermede is het preparaat voor onderzoek klaar.
- verricht dezelfde handelwijze voor de onderkant van het blad.

Vragen en opdrachten:

1. Onderzoek enkele verschillende bladeren op deze wijze en tracht de gevonden resultaten met elkaar te vergelijken.
2. Is er nog een verband te vinden tussen de luchtvervuiling en de gevonden epiphytenflora?
3. Welke invloed heeft de meest heersende windrichting, het vochtgehalte en de zonnestraling op deze epiphyten?

M-63 Onderzoek van successie**a. Microsuccessie**

1. Op voedselrijke substraten kan soms een opeenvolging van schimmelsoorten worden waargenomen. Dit is niet een successie van biocoenosen, maar van telkens afzonderlijke soorten, een zgn. *microsuccessie*. Door de werking van één soort komen producten vrij waar een volgende soort van kan leven.

Benodigdheden:

- wijdmondse flessen met stop
- watten
- roggebrood, dierlijke uitwerpselen (bijv. van paard of konijn)

Uitvoering:

- breng van elk van de bovengenoemde voedingsbodems een laag op de bodem van een fles, één voedingsbodem per fles.
 - bevochtig de watten, breng deze in de fles (niet in contact met de voedingsbodem) en sluit de fles met de stop.
 - plaats de fles(sen) op een gelijkmatig warme, niet te lichte plaats en bestudeer het verschijnen en verdwijnen van diverse schimmelsoorten. Zelfs na enkel maanden kunnen nog steeds nieuwe soorten tevoorschijn komen. Op brood kunnen zich ontwikkelen: het geslacht *Mucor* (brood- of knopschimmel, lichtgrijs met zwarte sporangiën), *Penicillium* (penseelschimmel, blauwgroen), *Rhizopus* (zwart tot roodbruin) en *Eurotium* (groen). Op de uitwerpselen kunnen o.m. worden waargenomen: *Mucor*, *Pilobolus*, *Coprinus* en *Ascobolus*.
2. Een microsuccessie van bodemorganismen tijdens de afbraak van cellofaan kan onder de microscoop gevolgd worden.

Benodigheden:

- object- en dekglasjes
- ongecoate cellofaan. Bruikbaar is inmaakfolie van Opekta, bedoeld om over inmaakpotten te spannen. Verkrijgbaar in zaken voor huishoudelijke artikelen
- lactofenol (kleurstof vlgs. Amman)
recept: 20 g zuivere, kristallijne fenol mengen met 20 g melkzuur, 10 g glycerol en 20 ml aqua dest. Bewaren in donkere fles.
- enkele bloempotten met humusrijke tuin- of bosgrond. Deze grond zo kort mogelijk vóór het inzetten verzamelen en normaal vochtig houden!

Vorbereiding:

- kook het cellofaan 5-10 minuten in water en spoel het af met gedestilleerd water.
- knip uit het cellofaan stroken welke 2-3 cm langer zijn dan een objectglasje, en ongeveer half zo breed. De stroken niet met vingers aanraken.
- leg een strook cellofaan in de lengterichting over het objectglas, sla de einden om de korte zijden van het glas heen en zet de strook vast (aan elk uiteinde) met paperclips of stukjes sellotape. Het aantal aldus te bespannen objectglasjes hangt af van de duur van de proef, 5-10 stuks is meestal voldoende.
- druk met een onbespannen objectglas een aantal verticale sleuven in de tuingrond, ongeveer 5 cm uiteen, en plaats in elke sleuf één bespannen objectglas. Een gedeelte kan boven de grond uitsteken en eventueel gemerkt worden.
- de grond in de pot(ten) normaal vochtig houden gedurende de looptijd van de proef.

Uitvoering:

- haal regelmatig, één- of tweemaal per week een objectglasje uit de grond, maak de onbespannen zijde schoon en ontdoe de bespannen zijde voorzichtig van overtollige aarde.
- op de bespannen zijde kan men enkele plaatsen fixeren en kleuren met een druppel lactofenol, en deze voorzien van een dekglasje.
- bestudeer het preparaat onder de microscoop en noteer telkens welke soorten of typen organismen (bacteriën, schimmels, aaltjes, geleedpotigen, etc.) verschijnen, verdwijnen of het talrijkst zijn.

3. Successie van micro-organismen in water kan gevolgd worden en eventueel kwalitatief en kwantitatief onderzocht worden.

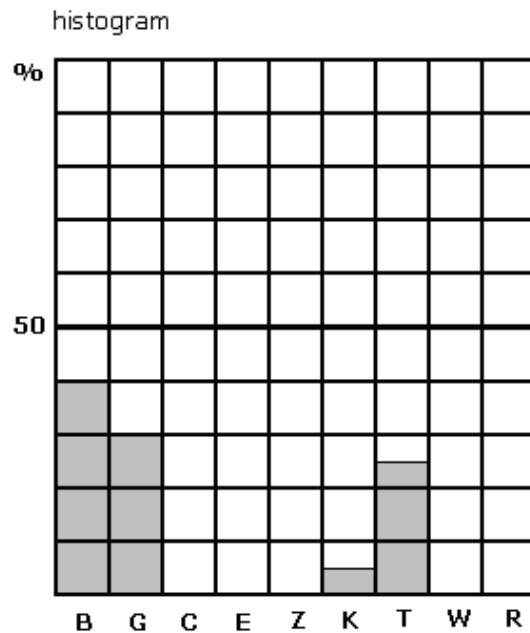
Benodigheden:

- 4 plastic aquariumbakken van 12 x 20 x 15 cm
- houten raam bespannen met nylon vliegengaas
- oppervlaktewater uit een sloot, plas, ven of wiel
- bodem uit een sloot, plas, ven of wiel
- voedingsoplossing: aqua dest. , waarin opgelost per liter 1 g KNO_3 , 0,5 g K_2HPO_4 , 0,5 g CaSO_4 , 0,5 g MgSO_4 en 0,05 g FeCl_3
- aqua dest.
- microscoop, object- en dekglazen, centrifuge, bekersglazen, pipet
- methylcellulose 4%

Vorbereiding:

- bak 1 voor de helft vullen met het oppervlaktewater.
- bak 2 voorzien van de bodem uit sloot, plas, ven of wiel en voorzichtig aanvullen tot de helft met aqua dest.
- bak 3 voor de helft vullen met de voedingsoplossing.
- bak 4 voor de helft vullen met aqua dest.
- plaats de bakken op een veilige plaats en dek ze af met het houten raam om te voorkomen dat er grof vuil in valt. Vermijd direct zonlicht.

micro-organismen	telling:	
B cyanophyta	16	40%
G chlorophyta	12	30%
C euglenophyta		
E chrysophyta		
Z zweephaaralgen		
K kiezelalgen	2	5%
T trilhaardiertjes	10	25%
W wortelpotigen		
R raderdiertjes		
	40	100%



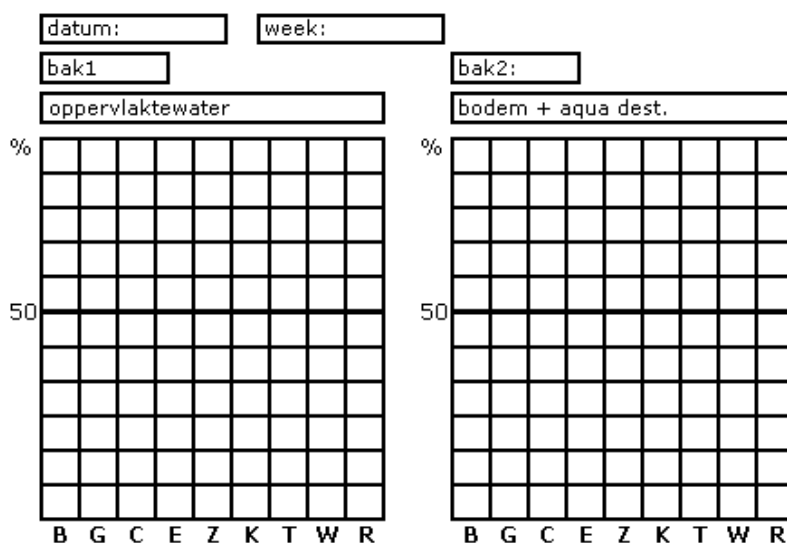
Figuur 72. Histogram van micro-organismen in water

Uitvoering:

- onderzoek het watermonster uit bak 1 op het voorkomen van micro-organismen door het te centrifugeren, te decanteren en het centrifugaal in een bekersglas te doen.
- zoek een monster van het centrifugaal regelmatig door en noteer het voorkomen van een organisme in de tabellen van fig.73.
- doe hetzelfde met het water uit de bakken 2, 3 en 4 na verloop van een, twee, drie, etc. tot en met zeven weken.
- de gevonden aantallen worden verzameld, opgeteld en tot een percentage omgerekend en in een histogram verwerkt (fig. 72).

4. Successie verloopt in het veld te langzaam om de veranderingen in enkele uren te kunnen opmerken. Wel kan de bestaande situatie aanwijzingen geven.

- bij *zoneringen* in de vegetatie kan men onderzoeken of deze het resultaat zijn van successie. Bij aquatische successie en verlanding is dit vaak het geval (zie pag. 275 en 276).



Figuur 73. Histogrammen voor successie van micro-organismen in verschillende watermonsters

- onderzoek met behulp van de flora de *soortenrijkdom* aan planten van verschillende biotopen, zoals een grasland, los gestorte bodem (akker, berm, etc.), een jong loofbos (tot ca. 10 m hoog) en een oud loofbos.
- onderzoek tevens de *levensduur* van de in deze biotopen waargenomen plantensoorten, d.w.z. in welk biotoop groeien vooral vaste planten, en in welk biotoop vooral eenjarigen en tweejarigen?

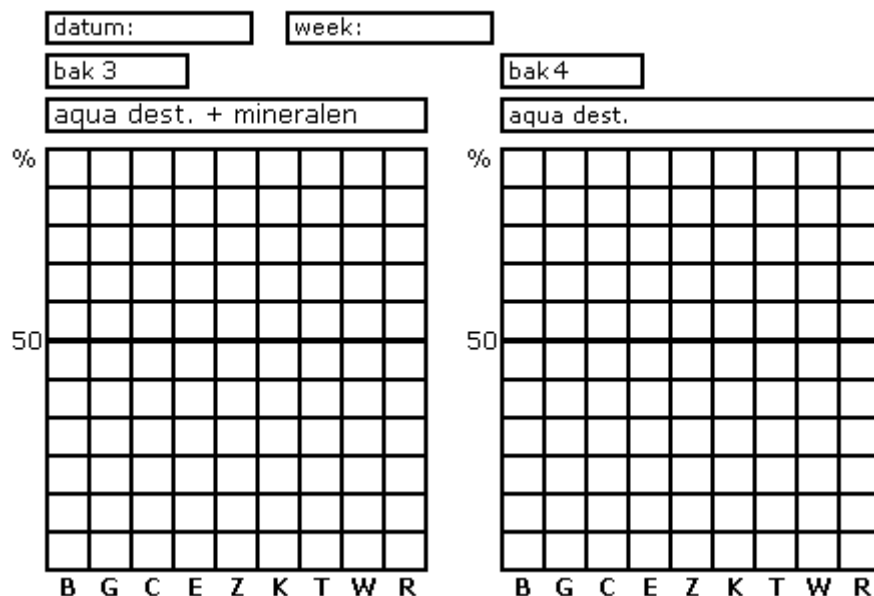
M-64 De invloed van schimmels op bacteriën

In M-79 is de invloed van antibiotica aangetoond. Dit experiment beoogt de directe werking te tonen van de bekende schimmel *Penicillium notatum* - tegenwoordig omgedoopt tot *P. chrysogenum* - op bacteriën uit het natuurlijke milieu. Tevens biedt deze proef de mogelijkheid de concurrentie tussen verschillende groepen micro-organismen te demonstreren.

Benodigheden:

Zie M-86 en 87.

- entmateriaal van *Penicillium chrysogenum*
- entmateriaal van *Staphylococcus aureus*
- 60 ml Sabouraud dextrose agar
- 4 steriele petrischalen
- entnaaldhouder met entspatel
- haaks omgebogen glasstaaf in grote petrischaal met spiritus
- 3 steriele maatpipetten, inhoud 1 ml
- tuinaarde
- laboratoriumthermometer tot 100° C
- steriel water
- steriele erlenmeyer, inhoud 100 ml
- reageerbuisrek
- spiritus of gedenatureerde ethanol
- bunsenbrander
- autoclaaf of hogedrukpan
- broedstoof op 25 °C



Vorbereiding

Voedingsbodem:

- voeg 4,0 gram Sabouraud Dextrose Agar-poeder CM 41 toe, terwijl men roert, aan 60 ml gedestilleerd of gedeïoniseerd water van 60° C (niet andersom bij elkaar voegen!).
- laat de agarpoeder zwellen en meng de massa tot volledig oplossen, desnoods door middel van voorzichtig verwarmen.
- 15 minuten steriliseren in een autoclaaf bij 121 ° C en 1 atm. stoomdruk.
- meng de voedingsbodem goed vóór het gieten van de platen, maar voorkom bij het mengen de vorming van luchtbelletten.
- wanneer er tabletten CM 42 aanwezig zijn gebruikt men 12 tabletten in 60 ml water die men gedurende 15 minuten laat zwellen en vervolgens afwerkt volgens bovengenoemde wijze.

N.B. Aangezien deze voedingsbodem een vrij lage pH (5,2) heeft loopt de mogelijkheid tot gelvorming van de agar terug bij hernieuwd opsmelten van de voedingsbodem. Daarom moet men de benodigde platen direct gieten na het steriliseren en afkoelen tot 50-60° C.

Reincultuur Penicillium:

- neem met een entspatel enkele sporen van het gekleurde deel van het mycelium van het geleverde of reeds vervaardigde entmateriaal.
- strijk dit zig-zagsgewijze uit op één plaat.
- bebroed deze plaat enkele dagen bij 25° C. Er behoren nu losse koloniën op de plaat te ontstaan. Eén dezer koloniën gebruikt men als entmateriaal voor de proef.

Reincultuur Staphylococcus aureus:

- hiervoor gebruikt men de reeds vervaardigde culturen van M-79 of gaat men te werk met het verstrekte entmateriaal zoals dit beschreven is in M-79.

Uitvoering:

- meng wat tuinaarde met veel steriel water in een erlenmeyer.
- verwarm het mengsel enige tijd tot maximaal 40° C (controleren met thermometer) om de bacteriën uit de gronddeeltjes te verdrijven.
- merk drie platen met de Sabouraud-voedingsbodem met de nummers 1 t/m 3.
- laat de aarde bezinken en breng van de heldere vloeistof 5 druppels over op de eerste plaat door middel van een steriele maatpipet.
- strijk deze ent met de omgebogen steriele glasstaaf regelmatig uit over de voedingsbodem.
- gebruik dezelfde maatpipet om een honderdvoudige verdunning in steriel water te maken van hetzelfde entmateriaal.
- breng met een andere steriele pipet 5 druppels van de verdunning over op de tweede plaat.
- strijk ook deze ent met de omgebogen steriele glasstaaf regelmatig uit over de voedingsbodem.
- breng met een nieuwe steriele pipet 5 druppels van de Staphylococcus aureus reincultuur op de derde plaat
- spreidt deze ent met de omgebogen steriele glasstaaf regelmatig uit over de voedingsbodem.
- laat het uitgespreide entmateriaal op de voedingsbodem volledig opdrogen.
- ent de drie schalen in het midden met een 'zichtbare' hoeveelheid sporen van de Penicillium reincultuur.
- bebroed de schalen enige dagen bij 25° C. Wordt de groei te massaal breng dan de schalen over in de koelkast totdat men de resultaten kan aflezen.

Vragen en opdrachten:

1. Maak tekeningen van de desbetreffende kolonies en hun remmingszones.
2. Welke conclusies kan men hierbij trekken?
3. Is de gevonden remming bij *Staph. aureus* vergelijkbaar met de resultaten van M-79 en wat kan men zeggen omtrent de sterkte van de schimmelstam?
4. Maak een microscopisch preparaat van sporenhouders van een *Penicillium*-kolonie en teken ze. Het aantal sporen in iedere rij bedraagt 8. Klopt dit met de waargenomen beelden?

M-65 Concurrentie bij planten

Bij planten speelt de intraspecifieke concurrentie een grote rol. Immers onder de grond is een enorme concurrentie om water en mineralen en boven de grond om licht en ruimte.

Benodigdheden:

- 5 potten of bloembakken
- zaden van herderstasje of andere soorten: zonnebloem-, mosterdzaad
- potaarde

Uitvoering:

- merk de potten: A, B, C, D en E.
- zaai in pot A 1, in pot B 5, in pot C 50, in D 100 en in pot E 500 zaden.
- volg het verloop van de groei van deze planten, noteer de bloeitijd en verzamel de zaden van deze planten.

Vragen en opdrachten:

- Maak een diagram met op de Y-as het aantal geproduceerde zaden per plant en op de X-as de potten A tot en met E, respectievelijk het aantal zaden per pot.
- Is de zaadproductie per plant afhankelijk van de zaaidichtheid?

M-66 Kringlopen: gebruik en hergebruik van stoffen

Zoals in het voorgaande reeds werd besproken, zijn autotrofe organismen in staat met behulp van een zonne-energie (foto-autotroof) of chemische energie (chemo-autotroof) hun eigen voedsel te synthetiseren. Naast energie hebben zij hiervoor water en kooldioxide en andere anorganische verbindingen of elementen, zoals onder andere fosfaat en nitraat, nodig voor bijvoorbeeld de synthese van eiwitten.

Van al deze elementen en verbindingen is op aarde een weliswaar zeer grote maar toch **beperkte** hoeveelheid voorradig. Indien de door autotrofe organismen gevormde verbindingen niet zouden worden afgebroken door *reducenten*, direct na hun dood of indirect via primaire en secundaire consumenten, zou er gebrek aan grondstoffen kunnen ontstaan.

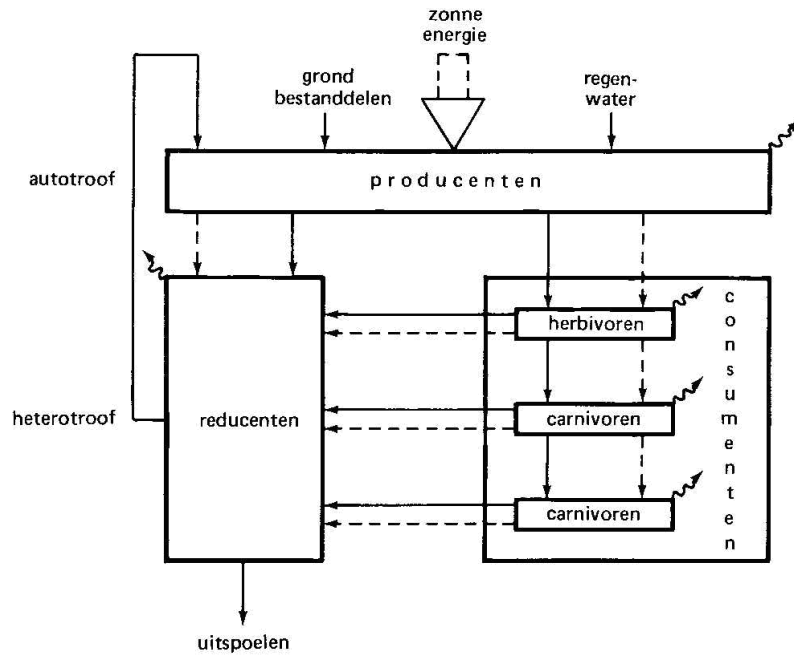
In relatief zeldzame gevallen vindt deze afbraak niet plaats: *fossilisatie*.

De mens maakt van deze gefossiliseerde energiebronnen ('fossiel zonlicht') gebruik in de vorm van onder andere steenkool en aardolie.

Onder normale omstandigheden zullen echter de door organismen gebruikte elementen en verbindingen door reductie weer ter beschikking komen van latere generaties.

Bedoelde elementen en verbindingen komen dus in een *kringloop* terecht.

Deze kringlopen zijn vaak zeer complex; ook niet-biologische fenomenen spelen hierbij een rol (onweer, regen).



figuur 74. Kringloop.

De kringloop geeft het verloop van de stof weer alsmede het verdwijnen van de energie (fig. 74). De weg die stof en energie volgen van producent eventueel via consument tot reductent noemt men een *voedselketen* (fig. 3, 4, 17 en 92).

Een bepaalde cyclus van de stof heeft op het land vaak een ander patroon dan in het water. Via de atmosfeer of via bepaalde organismen zoals vogels staat de cyclus van een bepaalde stof in het water in verbinding met dezelfde cyclus op het land.

Op het niveau van de biosfeer kent men deze cycli slechts in hoofdzaken.

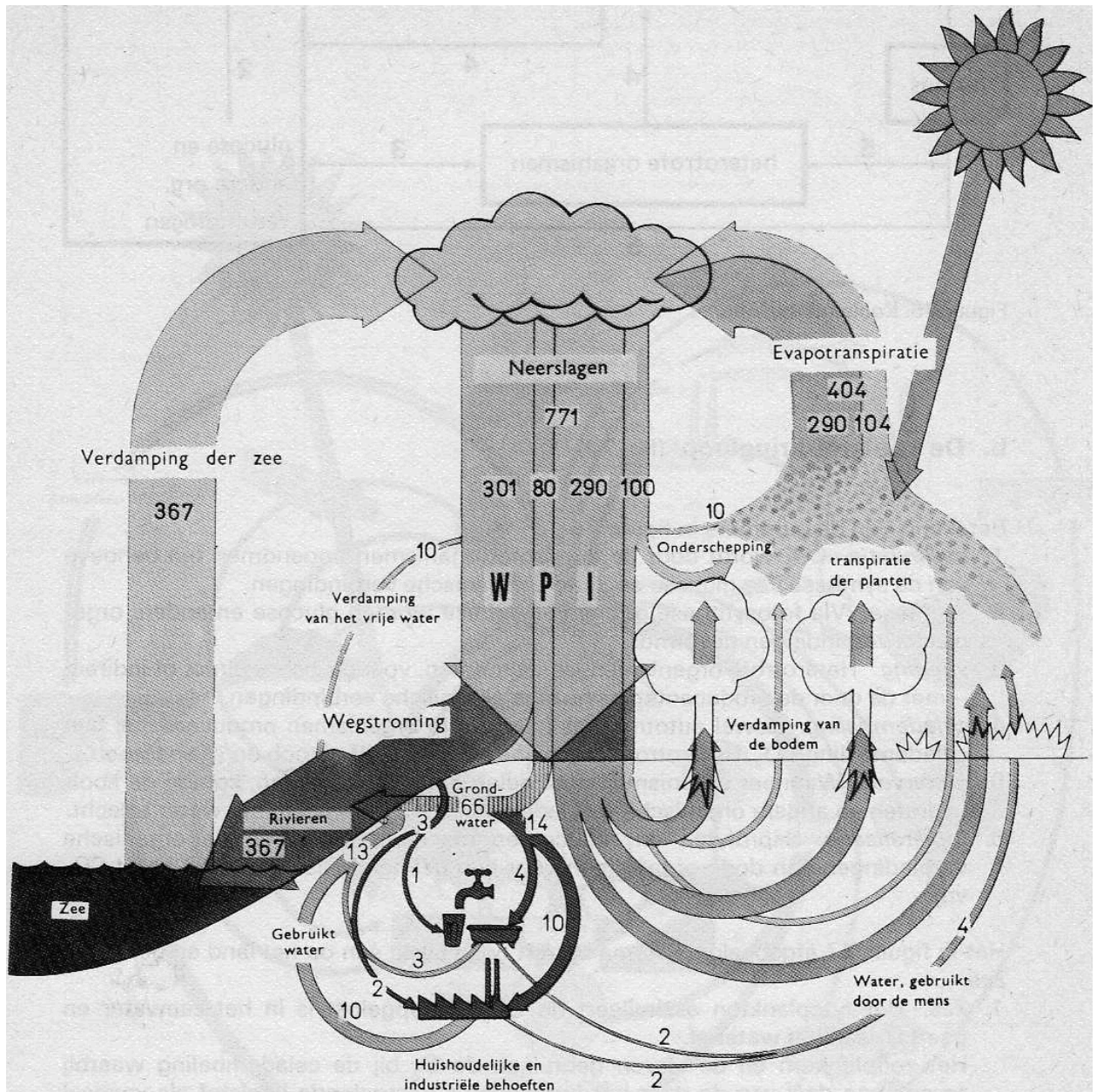
Hun *gedetailleerde* fasen zijn nog niet altijd bekend, daar zij verlopen in, nog weinig bekende, ecosystemen, waar zij *secundaire cycli* vormen. Dikwijls verbinden deze secundaire cycli verschillende ecosystemen onderling en maken op die wijze het reusachtige ecosysteem, de biosfeer, samenhangend.

In de volgende paragrafen worden enkele voorbeelden van dergelijke kringlopen gegeven. Wellicht ten overvloede zij hierbij opgemerkt, dat de gegeven schema's vaak sterk vereenvoudigd zijn en dat in werkelijkheid de processen meestal nog complexer verlopen, terwijl in een aantal gevallen het juiste verloop van de kringloop nog niet precies bekend is.

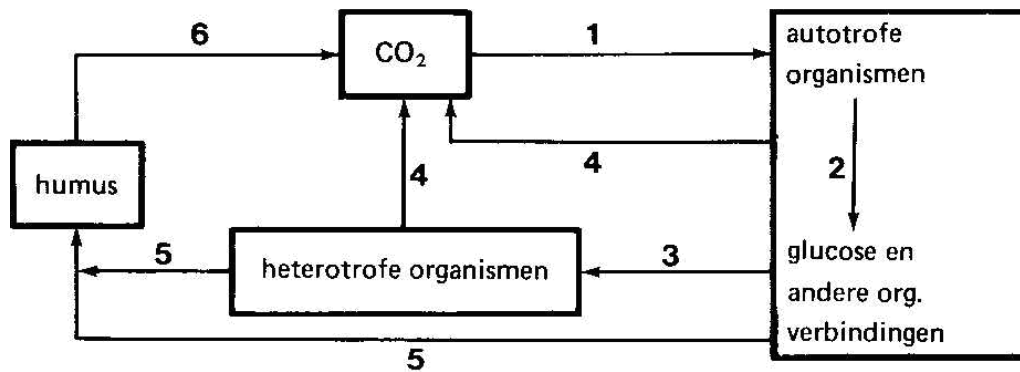
a. Kringloop van het water (fig. 75)

Water is voor het leven een zeer belangrijke verbinding. Dank zij deze zeer veel voorkomende en algemeen bekende, maar in chemisch en fysisch opzicht zo merkwaardige verbinding, is het leven op aarde mogelijk. Zonder water is leven in aardse vorm ondenkbaar (zie M-34).

In figuur 75 komt het kringloopkarakter duidelijk tot uiting. Hierbij is duidelijk dat deze kringloop niet uitsluitend biologisch van aard is: water stroomt via rivieren naar zee, verdampt onder invloed van onder andere zonnewarmte, vormt wolken waaruit regen valt, etc. Daarnaast is er een biologisch gedeelte: water wordt door planten opgenomen, vanuit de bladeren verdampt water, etc.



Figuur 75. Watercyclus. (Clodius en Keller 1951). Afkomstig uit: Ecosystemen en biosfeer. Doc. 23 Brussel. W = Wegstroming, I = Infiltratie, P = Percolatie. (Hoeveelheden water uitgedrukt in mm).



Figuur 76. Koolstofkringloop.

b. De koolstof-kringloop (fig. 76)

Betekenis van de nummers in figuur 76:

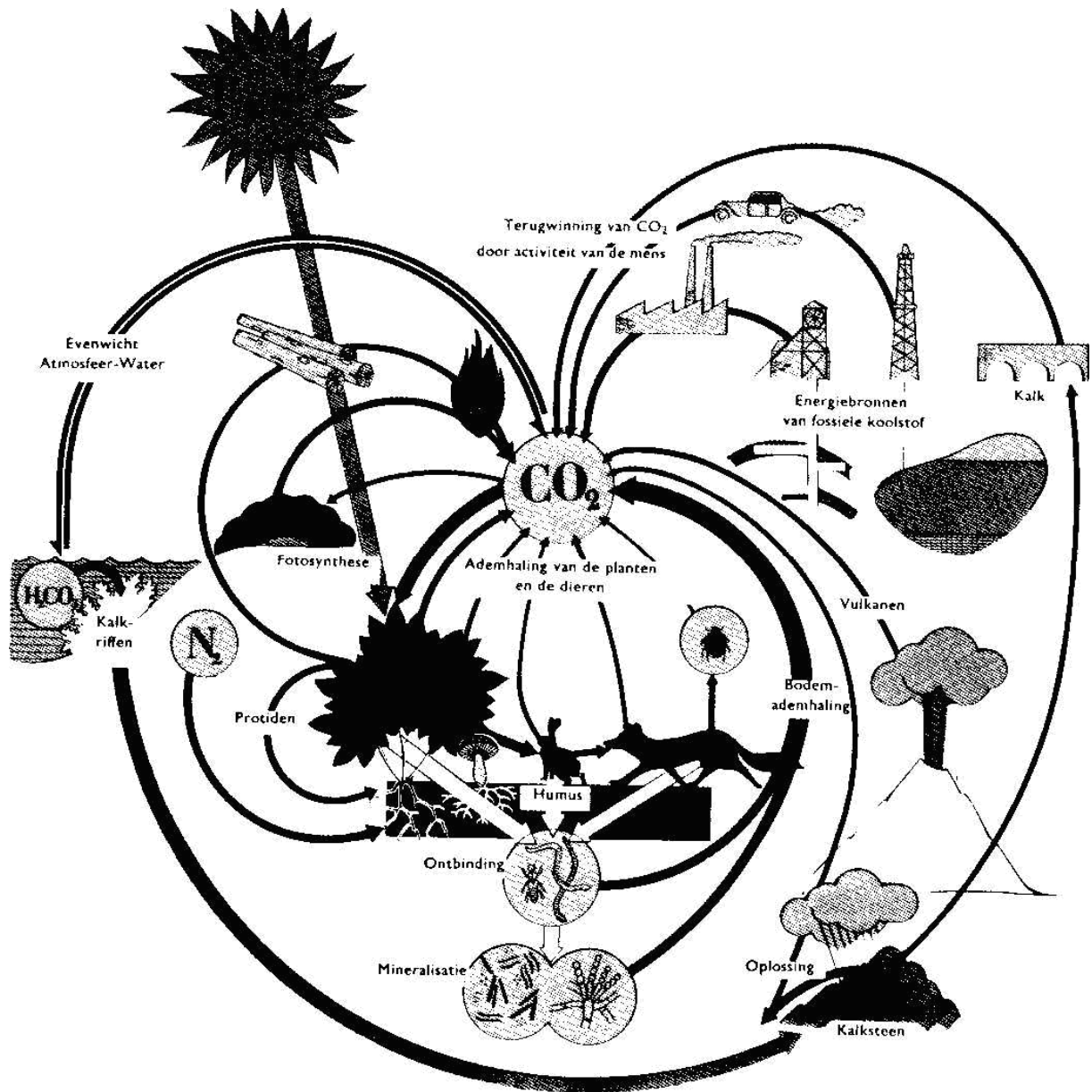
1. *assimilatie*. CO₂ wordt door de autotrofe organismen opgenomen ten behoeve van de synthese van glucose en andere organische verbindingen.
2. *synthese*. Via fotosynthese of chemosynthese worden glucose en andere organische verbindingen gevormd.
3. *voeding*. Heterotrofe organismen, consumenten, voeden zich - direct of indirect - met de door de producenten gevormde organische verbindingen.
4. *celademhaling*. Zowel autotrofe als heterotrofe organismen produceren bij hun celademhaling CO₂. Heterotrofe organismen kunnen dit aëroob en/of anaëroob.
5. *afsterven*. Wanneer organismen - of delen ervan - doodgaan, komen de koolhydraten en andere organische verbindingen in de bodem of in het water terecht.
6. *mineralisatie*. Saprophyten en reducenten maken gebruik van de organische verbindingen van dode organismen voor hun celmetabolisme. Hierbij komt CO₂ vrij.

Het in figuur 77 afgebeelde schema betreft twee cycli: één op het land en één in de zee.

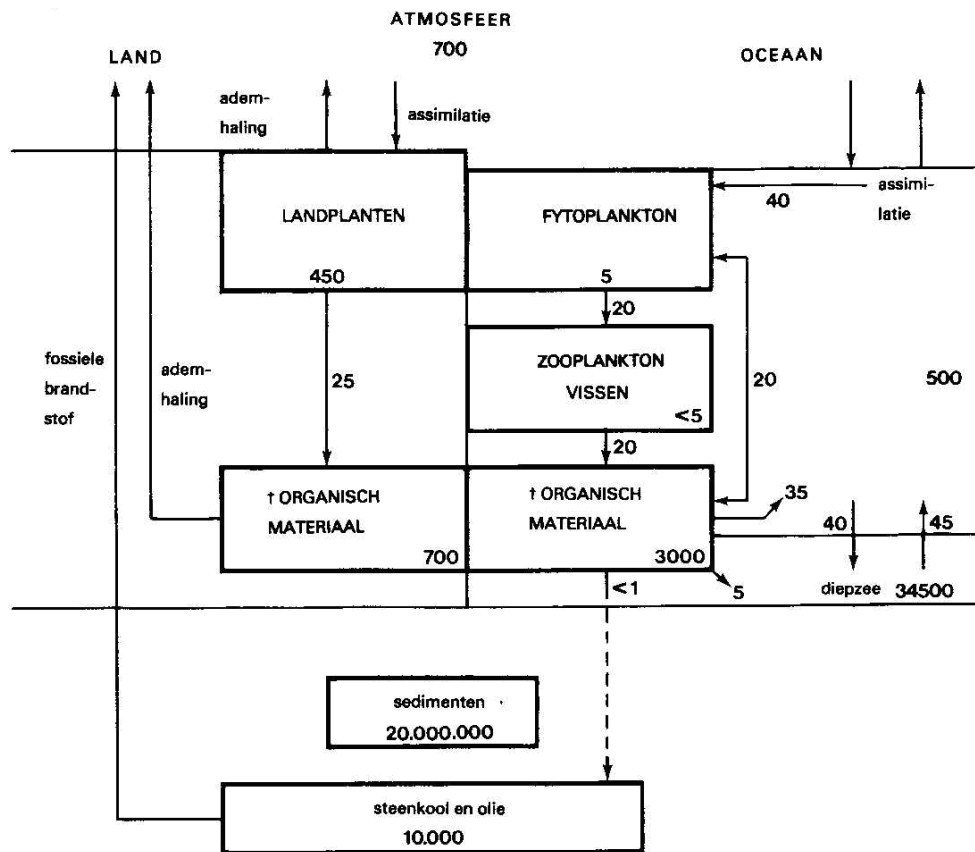
1. *Zee*. Het fytoplankton assimileert de CO₂ die opgelost is in het zeewater en geeft O₂ aan het water af.
Het zoöplankton en de vissen gebruiken de O₂ bij de celademhaling waarbij tevens een deel van de door het fytoplankton vastgelegde koolstof als voedsel wordt verbruikt. Deze kringloop voltrekt zich in het water. Via diffusie is er uitwisseling met de atmosfeer.
2. *Land*. Ook op het land vindt een dergelijke kringloop van koolstof plaats, waarbij echter de gevormde CO₂ (bij de celademhaling) direct in de atmosfeer diffundeert. De CO₂ wordt door de planten vastgelegd (assimilatie-fotosynthese) en door de dieren en planten weer vrijgemaakt (celademhaling).

Bij een verbruik van 5×10^{12} kg fossiele brandstof per jaar neemt de hoeveelheid CO₂ in de atmosfeer toe met 0,7% per jaar. Dit komt overeen met een toename van 2 delen per miljoen (2 ppm) van de bestaande 320 ppm per jaar.

Men heeft echter kunnen vaststellen dat er per jaar een toename is van 0,7 ppm. Hieruit volgt dat 2/3 van de vrijgekomen CO₂ uit fossiele brandstof uit de atmosfeer wordt verwijderd door diffusie in de oceanen of door assimilatie door planten (fig. 78).



Figuur 77. Kringloop van de koolstof. (Duvigneaud)



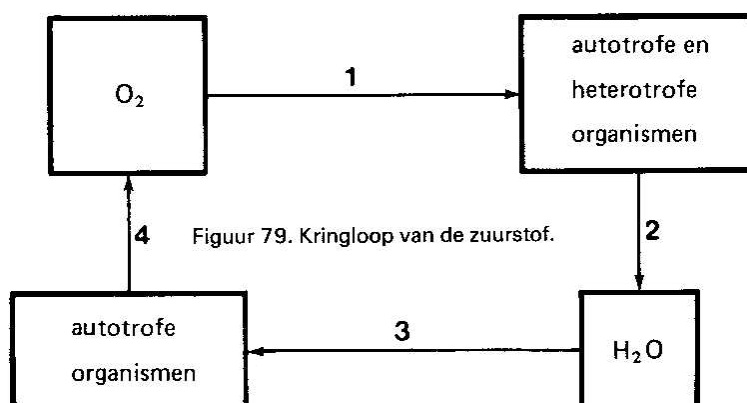
Figuur 78. Hoeveelheden 10^{12} kg C. (Bolin 1970).

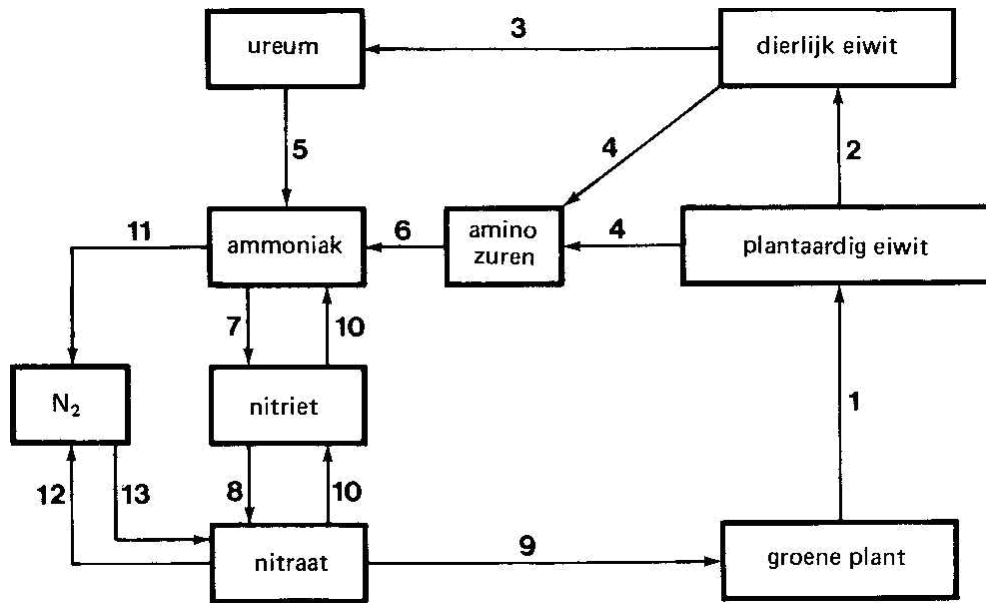
c. De zuurstof-kringloop

De betekenis van de nummers in figuur 79:

1. 'inademen'. Zowel aëroob levende heterotrofe als autotrofe organismen gebruiken voor hun celademhaling zuurstof als waterstofacceptor. De hiervoor benodigde zuurstof wordt - via diffusie - opgenomen.

Figuur 79. Kringloop van de zuurstof.





Figuur 80. De kringloop van de stikstof.

- *celademhaling*. De aëroob levende organismen hebben zuurstof als waterstofacceptor gebruikt en produceren water.
- *opname*. Door osmotische processen wordt water opgenomen; ook door autotrofe organismen die geen wortelstelsel bezitten.
- *fotosynthese*. Het opgenomen water wordt gesplitst (fotolyse van water). De hierbij vrijkomende zuurstof wordt aan de atmosfeer of het omringende water afgegeven. Ook bij chemo-autotrofe organismen vindt dit plaats.

d. Stikstof-kringloop (fig. 81)

1. De kringloop

De betekenis van de nummers in figuur 80:

1. *eiwitsynthese*. Synthese van eiwit in de plantencellen met behulp van de stikstof uit het opgenomen nitraat.
2. *voeding*. Herbivoren zetten het plantaardig eiwit om in dierlijk eiwit. Ook de carnivoren betrekken uiteindelijk hun stikstof via de producenten.
3. *uitscheiding*. Afvalproducten van dieren bevatten ureum, dat gevormd is als afbraakproduct van aminozuren.
4. *rotting*. Wanneer organismen - of delen ervan - doodgaan komen er eiwitten in de bodem. Door aërobe en anaërobe bacteriën worden deze eiwitten tot aminozuren afgebroken.
5. *ammonificatie*. Ureumbacteriën zetten de ureum in de bodem om tot NH_4^+ en CO_2 .
6. *ammonificatie*. Schimmels en ammoniumbacteriën zetten de in de bodem aanwezige aminozuren om in NH_4^+ , hierbij komen CO_2 en H_2O vrij.
7. *nitrificatie*. Nitrietbacteriën oxideren NH_4^+ tot NO_2^- . De hierbij vrijkomende energie wordt gebruikt voor chemosynthese. Deze bacteriën zijn dus aëroob- chemo-autotroof (Nitrosomonas).
8. *nitrificatie*. Nitraatbacteriën oxideren NO_2^- tot NO_3^- . De hierbij vrijkomende energie wordt gebruikt voor chemosynthese. Deze bacteriën zijn dus aëroob- chemo-autotroof (Nitrobacter).

9. *opname*. Via de wortelharen worden door de plant nitraten opgenomen. Dit is een actief proces dat ook plaatsvindt bij planten die geen wortelstelsel hebben.
10. *nitraat-ammonificatie*. Denitrificerende anaërobe bacteriën gebruiken het nitraat en nitriet als H-acceptor in plaats van zuurstof. Hierbij wordt respectievelijk nitriet en ammoniak gevormd.
11. *denitrificatie*. Andere denitrificerende bacteriën vormen vrije stikstof uit het in de bodem aanwezige ammoniak.
12. *denitrificatie*. Vrije stikstof kan ook worden gevormd uit nitraat wanneer dit als waterstofacceptor wordt gebruikt. Dit levert ongeveer 50 kg vrijgekomen stikstof per hectare per jaar (*Pseudomonas*).
13. *stikstofbinding*. Bepaalde anaëroob en aëroob levende heterotrofe bacteriën zijn in staat vrije stikstof te binden en er eiwitten uit te vormen.
 - a. vrijlevend in de bodem;
 - aëroob (*Azotobacter*)
 - anaëroob (*Clostridium*)
 Op deze wijze wordt per jaar ongeveer 25 kg stikstof per hectare gebonden. De gevormde eiwitten komen weer als nitraten ter beschikking van de planten.
 - b. in symbiose levend:
 - Op deze wijze wordt per jaar ongeveer 150 tot 400 kg stikstof per hectare gebonden.
 - wortelknolletjesbacteriën (*Rhizobium*). Deze bacteriën leven in symbiose met Leguminosae (Vlinderbloemigen). Deze symbiose is specifiek. De plant levert mineralen en koolhydraten alsmede groeistoffen aan de bacterie; de bacterie levert aminozuren die door de plant worden opgenomen.
 - stikstof bacteriën die in symbiose - op de bladeren - leven met tropische bomen.
 - Actinomyceten, vormen - in onze streken - met de wortels van de elms stikstofhoudende knolletjes.
 - foto-autotrofe blauwwieren (*Cyanophyceae*).
 - elektrochemische en fotochemische binding in de atmosfeer.
 'Lekken' in de stikstof-kringloop.
 - a. Nitraten lossen op en zakken diep in de bodem weg. De nitrificatie verloopt echter geleidelijk, zodat de kans op uitspoeling gering is.
 - b. Verdamping van ammoniak.
 - c. Afbraak bij de denitrificatie.
 - d. Ophoping in sedimenten op de oceaانبodem. Hiertegenover staat de afgifte van stikstofverbindingen via vulkanische gassen (fig. 81).

Hoeveelheden stikstof in de biosfeer

De hoeveelheid stikstof in de atmosfeer en de hoeveelheid die door de industrie wordt vastgelegd is met zekerheid bekend. De andere vermelde hoeveelheden zijn schattingen (fig. 82).

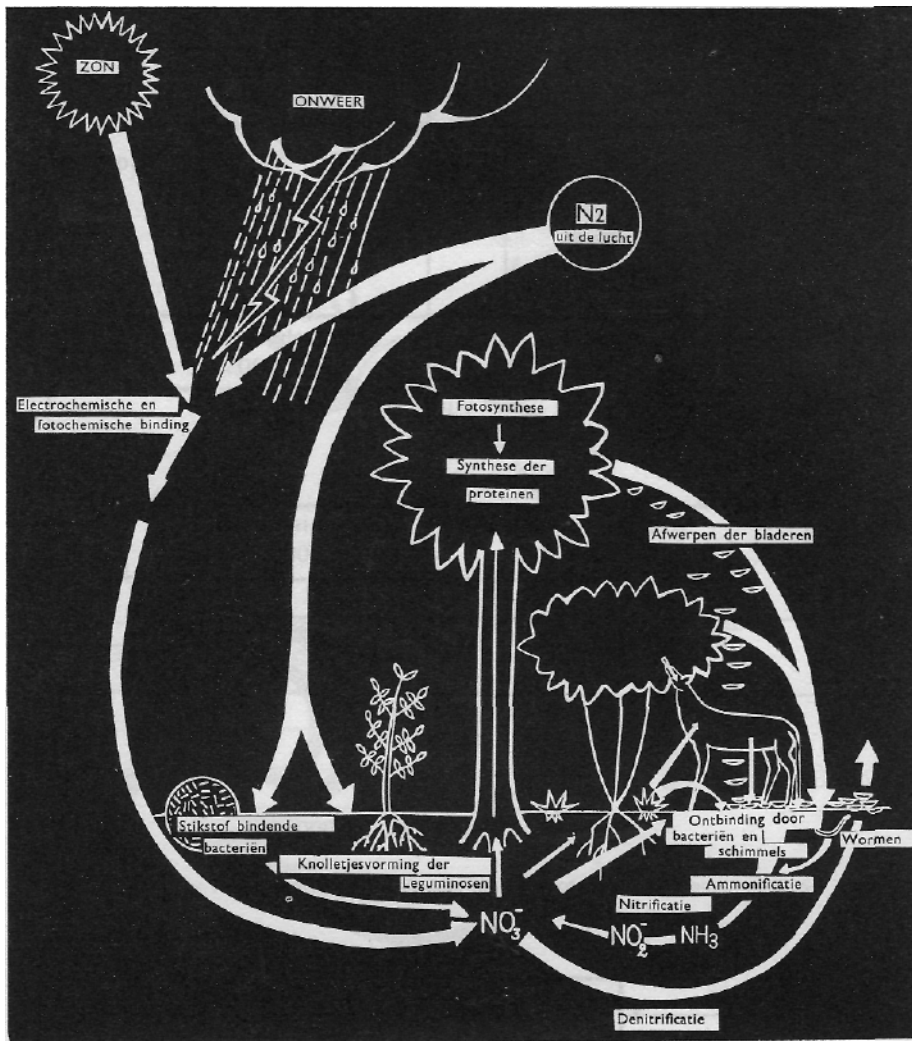
De vermelde hoeveelheden zijn uitgedrukt in 10^9 kg.

Door het wijd verbreide gebruik van industrieel vastgelegde stikstof overtreft de hoeveelheid stikstof die ter beschikking staat van de landplanten verre de hoeveelheid stikstof die door de denitrificerende bacteriën wordt vrijgemaakt.

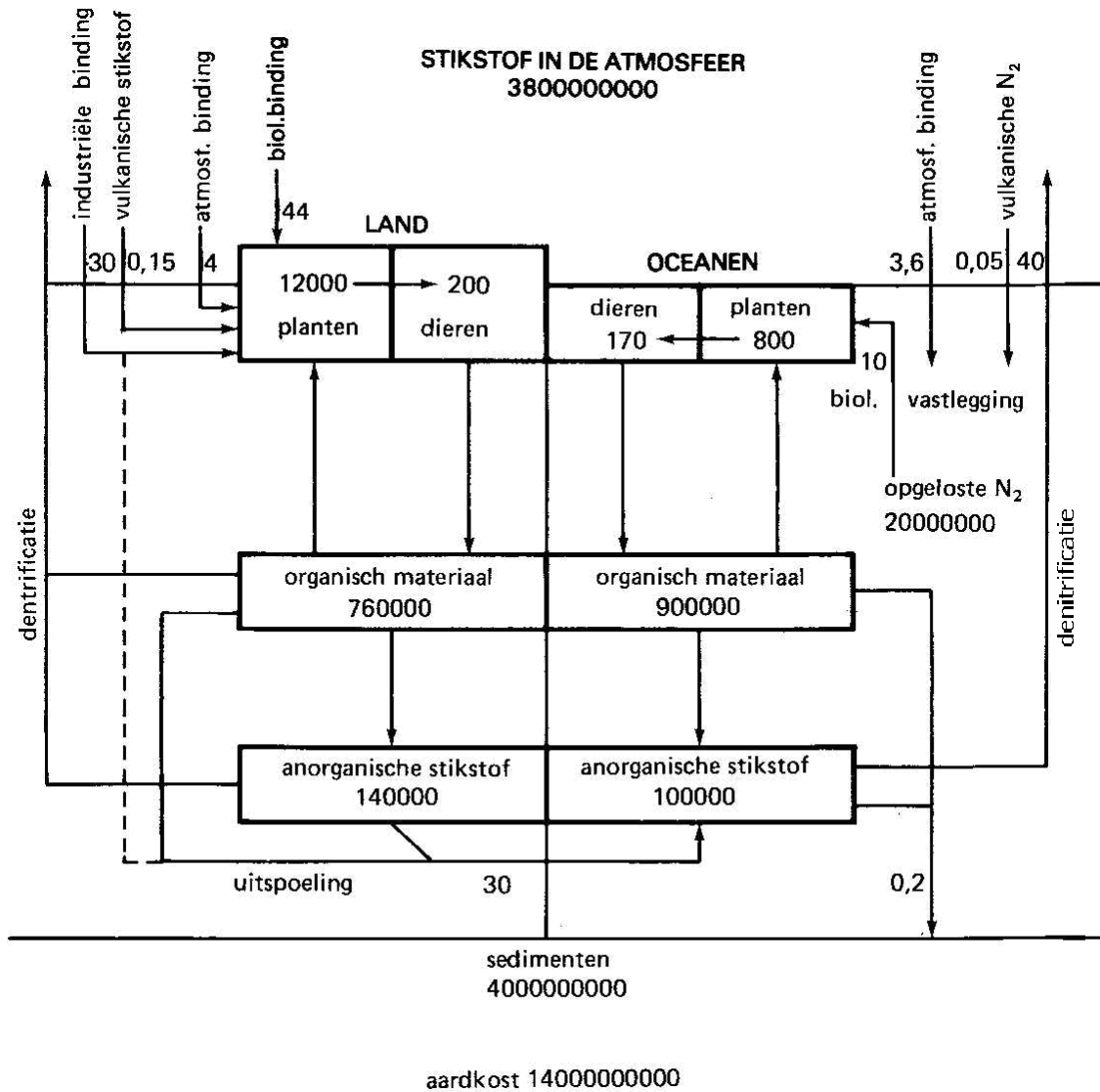
e. De fosfor-kringloop (fig. 84)

De betekenis van de nummers in figuur 83:

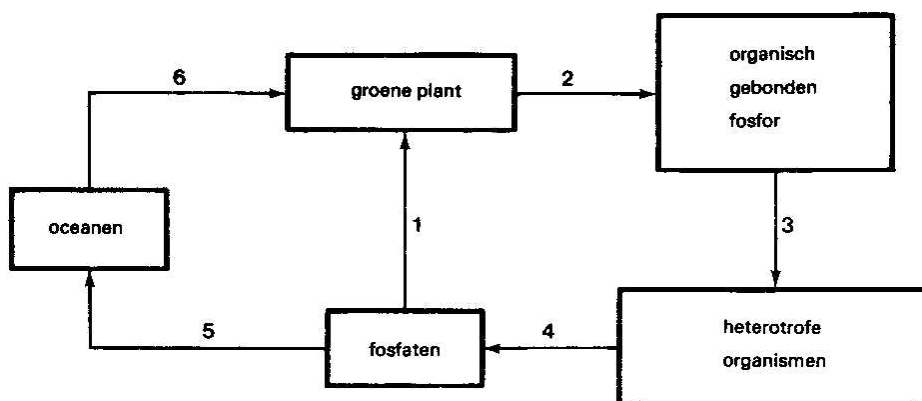
1. *opname*. Via de wortels van de planten wordt fosfaat actief opgenomen. Ook planten die geen wortelstelsel hebben kunnen dit.
2. synthese. Een groot aantal organische verbindingen bevat fosfor, bijvoorbeeld ATP en DNA.



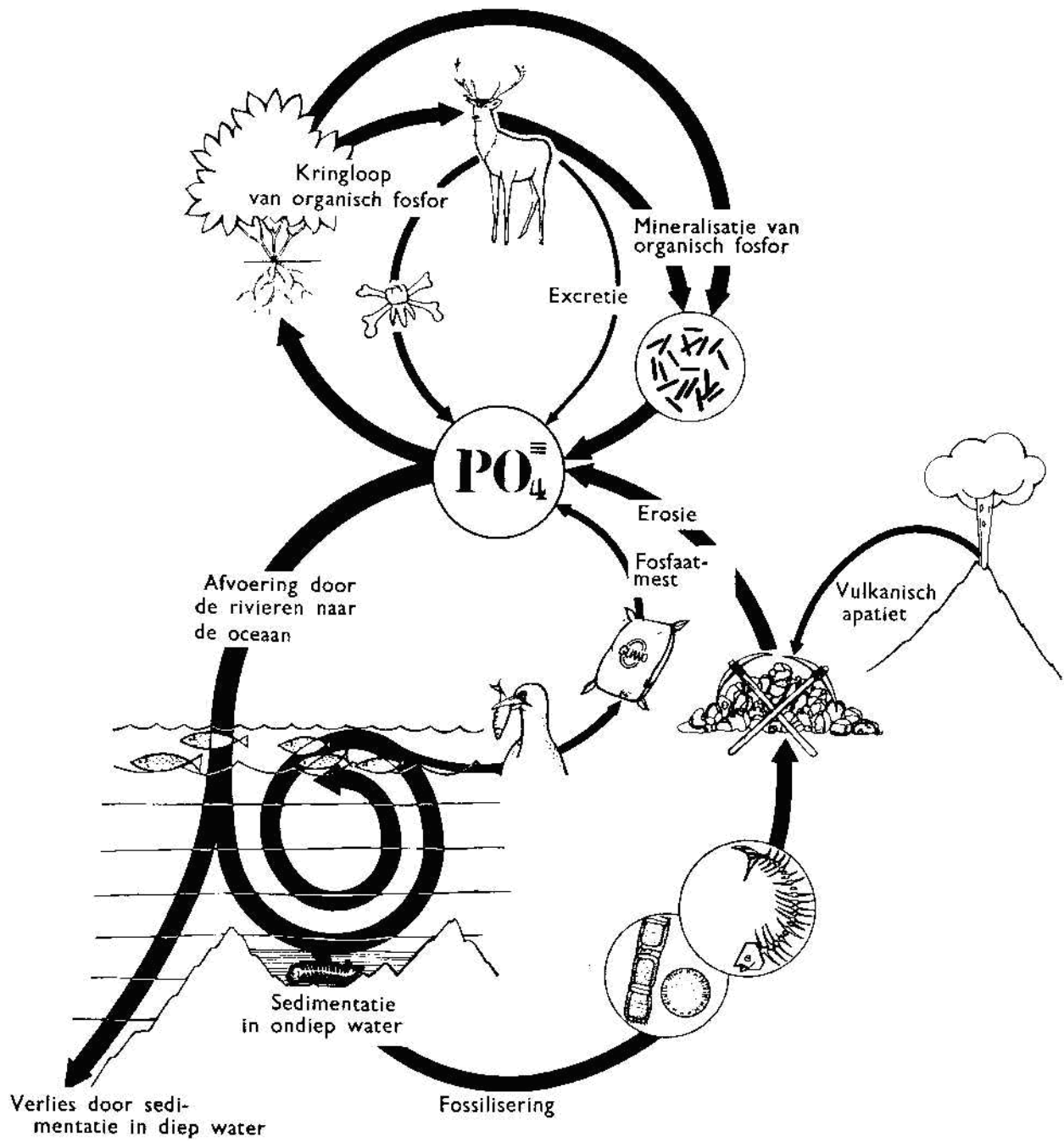
Figuur 81. Stikstofkringloop.



Figuur 82. de hoeveelheden stikstof in de kringloop.

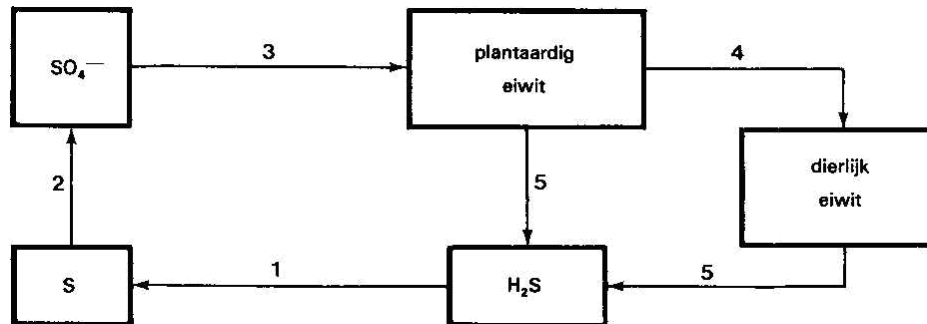


Figuur 83. De kringloop van fosfor.



Figuur 84. De kringloop van fosfor.

3. *voeding*. De heterotrofe organismen betrekken een deel van hun benodigde fosfor uit de organisch gebonden fosfor die zij met hun voedsel tot zich nemen.
4. *mineralisatie*. De organische fosforverbindingen van gestorven organismen, of van de uitscheidingsproducten van levende organismen worden door de reducenten tot fosfaten gemineraliseerd.
5. *uitspoeling*. Veel fosfaat gaat verloren door uitspoeling. In de oceanen wordt het opgenomen in de daar aanwezige voedselketens.
6. *voeding*. Gedeeltelijk keert de fosfor terug naar het land via de zeevogels (guano) en de visvangst.



Figuur 85. De kringloop van zwavel.

f. De zwavel-kringloop

De betekenis van de nummers in figuur 85:

1. *oxidatie*. Zwavelwaterstof wordt geoxideerd tot S door
 - kleurloze (chemo-autotrofe) zwavelbacteriën
 - foto-autotrofe zwavelbacteriën
2. *oxidatie*. Zwavel wordt geoxideerd tot sulfaat door
 - kleurloze (chemo-autotrofe) zwavelbacteriën
 - foto-autotrofe purperbacteriën
 - groene zwavelbacteriën
3. *opname*. Via de wortelharen wordt sulfaat opgenomen. Dit is een actief proces. Ook bij planten die geen wortelstelsel hebben vindt dit proces plaats.
4. *voeding*. Herbivoren zetten het plantaardig eiwit om in dierlijk eiwit.
5. *mineralisatie*. Micro-organismen gebruiken de zwavel uit de eiwitten als waterstofacceptor en vormen H_2S . Men noemt dit rotting.

M-67 Cellulose-afbraak door bodembacteriën en bodemschimmels

In de goed doorluchte grond zijn aërobe organismen behorend tot de Fungi, Myxobacterales en Eubacteriae die cellulose kunnen afbreken. Cellulose kan niet in de cellen worden opgenomen. De voornoemde organismen hebben extracellulaire vertering (zie Biothema 2, pag. 87).

De Fungi zijn gespecialiseerd in het afbreken van hout, namelijk cellulose die geïmpregneerd is met lignine. De lagere schimmels (Ascomycetes) zoals de Fusarium- en Chaetomiumsoorten beginnen het afbraakproces terwijl de hogere schimmels (Basidiomycetes) dit proces vervolgen en afmaken. Zo blijft er van het rottende hout niets anders over dan anorganische stoffen die zodoende weer in de kringloop kunnen terugkeren (zie M-12).

De bacteriesoorten kunnen ook cellulose aantasten. Zij gebruiken cellulose in omstandigheden dat er geen andere koolstofbron aanwezig is.

De ook in de bodem aanwezige anaërobe bacteriën, die pectine en zetmeel afbreken zullen besproken worden in M-68.

Deze organismen zorgen door middel van hun dissimilatieprocessen voor het sluiten van de koolstofkringloop. Tevens hebben zij een belangrijk aandeel in de humificatie. Toch is in de bodem de vorming van humus een uitgebreider proces dan de trapsgewijze afbraak van meer of minder ingewikkeld gestructureerde koolstofverbindingen.

De humusvorming geschiedt niet alleen door bacteriën en schimmels, ook protozoën en lagere en hogere wormen hebben hierin hun aandeel (zie M-12). Met de humificatie van plantenresten hangt samen een vermeerdering van het stikstofgehalte van de bodem.

Terwijl de verhouding koolstof versus stikstof in plantaardige resten ongeveer 40:1 bedraagt is deze verhouding in humus 10:1. Een groot deel van de stikstof wordt vastgelegd in organische verbindingen die voor opname door planten niet meer geschikt zijn.

De humus in de bodem bevindt zich in een bewegelijk evenwicht doordat er aan de ene kant een toevoer bestaat van organische resten en aan de andere kant deze materialen verdwijnen door volledige oxidatie. Het gehalte aan humus van een bodem is dus afhankelijk van de milieufactoren waaronder het gevormd kan worden.

Benodigdheden:

- 2 petrischalen, behoeven niet steriel te zijn
- gereinigd zeer fijn rivierzand
- tuinaarde of humushoudende potaarde
- 4 strippen filtreerpapier 8 x 2 cm of gedroogde slabladeren
- aquarium of platte bak afgesloten door een glasplaat

Uitvoering:

- vul de ene petrischaal met tuinaarde en de andere petrischaal met uitgespoeld zand. De deksels van de petrischalen worden niet gebruikt.
- bevochtig de beide grondsoorten maar laat de overmaat water wegvloeien.
- breng twee strippen filtreerpapier of een gedroogd slablad op iedere grondsoort. De strippen moeten goed op de aarde aansluiten en daardoor vochtig worden.
- vul het aquarium of de platte bak met een laagje leidingwater van ongeveer 0,5 cm hoogte.
- plaats in deze waterlaag de deksels van de petrischalen als consoles. Teneinde het drijven van deze deksels te voorkomen is het noodzakelijk ze van enkele kleine doorboringen te voorzien.
- zet de beide petrischalen met grond open op deze consoles zodat ze boven het wateroppervlak blijven zonder daarop te gaan drijven.
- plaats het aquarium of de platte bak met de proefschalen op een warme plaats in de kamer. Sluit het aquarium of de platte bak af met een glasplaat teneinde overmatige verdamping te voorkomen.
- laat het experiment gedurende enkele weken staan. Controleer regelmatig of er nog voldoende water in het aquarium of de platte bak aanwezig is om een gunstig vochtig milieu te verkrijgen voor de ontwikkeling van bodemorganismen.

Opdrachten:

1. Controleer gedurende een paar weken de mate van afbraak van het organisch materiaal.
2. Tracht de plaats en de ontwikkeling van micro-organismen aan te tekenen door hun kolonies 'in kaart te brengen'.

M-68 Afbraak van pectine en zetmeel

In de bodem zijn een groot aantal pectine omzettende organismen aanwezig. De sporenvormende *Bacillus macerans* en *Bacillus polymyxa* behoren tot de actiefste soorten. Verder kunnen vele schimmels zowel hogere als lagere soorten pectine afbreken.

Van technische betekenis is de pectineafbraak bij het rotten van hennep en vlas. Hierdoor worden de cellulosevezels uit het weefselverband van de plant vrijgemaakt. Het aërobe dauwrotten is merendeels het werk van schimmels. Het anaërobe rotten in water geschiedt door bacteriën, waarbij de pectinase leverende *Clostridium pectinovorum* en *C. felsineum* (bij rotten in warm water) het belangrijkste zijn. Zij vormen bij dit proces boterzuur, azijnzuur, kooldioxide en waterstof. Genoemde anaërobe Clostridia breken eveneens het zetmeel af. Het zetmeel vervloeit snel tot vergistbare sacchariden.

In dit experiment gebruikt men verse aardappelen, want een gezonde aardappel is inwendig steriel. Door de aardappel te beschadigen infecteert men het weefsel met de micro-organismen die op de schil aanwezig zijn. Door de dissimilatie van het weefsel zal op de plaats van de infectie de zuurstof verdwijnen. Indien men het toetreden van verse zuurstof verhindert zal daar dus een anaëroob milieu ontstaan. Onder de micro-organismen die zich daar gaan ontwikkelen zal *Clostridium pectinovorum* een voorname plaats innemen aangezien ze aërotolerant zijn.

Benodigheden:

- aardappelen, vers en niet geschild
- keukenmes
- tuingrond
- weckglas inhoud 2 liter met deksel, rubberring en klem of brede maatcilinder, laag model inhoud 2 liter afgesloten met een kurk of groot bekglas afgesloten met aluminiumfolie
- Lugolse oplossing van IKI en kleurstoffen voor Gram-kleuring

Uitvoering:

- steek verschillende malen met het mes in de aardappelen.
- smeer wat tuingrond in de beschadigingen, zodat de verwondingen goed besmet zijn.
- zet de aardappelen onder water in het volledig gevulde weckglas.
- sluit dit glas goed af tegen het ontstaan van onaangename geuren.
- laat het glas bij kamertemperatuur staan. Na ongeveer een week zal de gisting zo intensief zijn dat de aardappelen door het gevormde gas zullen gaan drijven.

Vragen en opdrachten:

1. Neem het opstijgen van belletjes waar, in deze cultuur. Welke gassen kunnen dit zijn?
2. Verwijder de afsluiting en neem de geur van boterzuur waar.
3. Maak een preparaat van het zacht geworden weefsel uit een beschadiging in het midden van een aardappel. Kleur het preparaat met een druppel IKI.
4. Het zetmeel van de aardappel zal aangetast zijn of verdwenen. De reservestof granulose in de cellen van *Clostridium* kleurt blauw. Gebruik sterk verdunde oplossingen en dunne uitstrijken.
5. Vergelijk met een preparaat van niet aangetast zetmeel.
6. Maak een Gram-kleuring voor de herkenning van de aanwezige bacteriën.

M-69 De afbraak van petroleum en benzine

Benzine en petroleum zijn beiden mengsels van alkanen; benzine bevat C_6H_{14} tot en met $C_{10}H_{22}$, petroleum bevat $C_{10}H_{22}$ tot en met $C_{19}H_{40}$. Een groot aantal soorten micro-organismen is in staat deze olieproducten biologisch te oxideren. Zij behoren tot de Mycobacterien, Actinomyceten (namelijk Nocardia), knotsvormige bacteriën (namelijk het geslacht Corynebacterium) en Gramnegatieve Pseudomonaden.

Over het algemeen oxideren deze organismen de alkanen met behulp van zuurstof tot een alkanol. Deze verbinding wordt gereduceerd tot een alkanal die daarna weer geoxideerd wordt tot een alkaancarbonsuur. Er wordt een methaancarbonsuur afgesplitst die in de dissimilatie verder wordt afgebroken. Zo maken ze de keten steeds korter door de bewerking van een eindstandige groep van het molecuul en de afsplitsing van een carbonsuur.

A. Petroleum en benzine

Benodigheden: Zie M-86 en 87.

- anorganische voedingsbodem
- zes steriele plastic petrischalen voor eenmalig gebruik Ø 9 cm
- een gemengd grondmonster van bodemmateriaal van verschillende herkomst
- schoon theezeefje
- steriele schijven filtreerpapier Ø 9 cm
- pincet
- wasbenzine
- petroleum
- broedstoof van 20-22° C

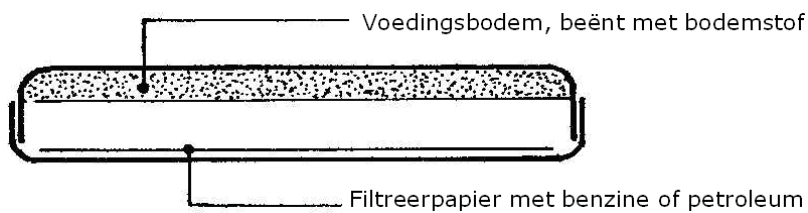
Vorbereiding:

1. De anorganische voedingsbodem bereidt men op de volgende wijze:
 - laat 2 gram agar (Agar No. 3, L 13) in 50 ml gedestilleerd water ongeveer 15 min. weken.
 - los op in 50 ml gedestilleerd water: 50 mg $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 50 mg KH_2PO_4 en 50 mg NH_4Cl .
 - meng beide oplossingen en verwarm het voorzichtig tot alles is opgelost.
 - steriliseer de voedingsbodem in een hogedruk pan of autoclaaf gedurende 15 min. bij 120° C (1 atm. stoomdruk) in een kolf afgesloten met een wattenprop die tegen condenswater is beschermd door een kapje van bijvoorbeeld aluminiumfolie of een passend bekerglaasje.
 - laat de voedingsbodem afkoelen tot ongeveer 50° C en giet daarna de zes platen (volume van de voedingsbodem is 10 à 15 ml).
 - laat de voedingsbodem afkoelen en stijf worden.
2. Steriliseer de in de deksel van de petrischalen passende schijven filtreerpapier op de volgende wijze:
 - plaats enige schijven filtreerpapier in een glazen petrischaal.
 - pak deze petrischaal in papier, bijvoorbeeld filtreerpapier of krantenpapier.
 - steriliseer de inhoud met stoom door de schaal gedurende 30 min. bij 120 °C te verhitten in een hogedruk pan of autoclaaf.

Uitvoering:

- beënt de voedingsbodem van drie petrischalen door de platen met behulp van een zeefje te bestuiven met een beetje bodemmateriaal van een gemengd grondmonster. Laat een ander gedurende deze handeling de deksel horizontaal van de petrischaal verwijderen (niet omgekeerd neerleggen etc.).
- laat de overige drie platen steriel.
- breng met een geflambeerde pincet een steriele schijf filtreerpapier aan in de deksel van twee geënte en twee steriele schalen.

- druppel enige wasbenzine of petroleum op het filtreerpapier en sluit de schalen, nummer de schalen met een viltstift op de deksel volgens onderstaande reeks:
 1. bodem geënt, in de deksel petroleum
 2. bodem geënt, in de deksel wasbenzine
 3. bodem geënt, deksel leeg
 4. bodem niet geënt, in de deksel petroleum
 5. bodem niet geënt, in de deksel wasbenzine
 6. bodem niet geënt, deksel leeg
- bebroed de schalen in omgekeerde stand bij kamertemperatuur of in een broedstoof bij 20-22° C (fig. 86).
- voeg iedere dag enkele druppels petroleum of wasbenzine toe aan de deksels aangezien deze stoffen vrij snel verdampen.



Figuur 86. De stand van een te bebroeden petrischaal.

Vragen en opdrachten:

1. Controleer de platen na één week, na twee weken en zoveel langer tot er op enkele platen kleine doorschijnende kolonies zichtbaar worden.
Goed kijken met via de bodem weerkaatsend opvallend licht.
2. Tel en beschrijf de kolonies.
3. Maak een verslag waarin onder anderen weergegeven is waarom de bovengenoemde zes varianten ingezet zijn.
4. Wat is hier de blanco proef en waartoe dient hij?
5. Heterotrofe organismen leven van organische verbindingen die door autotrofe organismen zijn opgebouwd. Welke autotrofe organismen zijn dat in dit geval?

B. Grondmonsters

Alkanen afbrekende organismen komen niet overal in de bodem voor. Indien men de aanwezigheid wil onderzoeken kan men de volgende opstelling maken.

Benodigdheden:

Zie M-86 en 87.

- enige reageerbuisen of beter gezien hun inhoud:
'suikerbuisen' Ø 30 mm, lengte 200 mm
- enige grondmonsters van verschillende herkomst zoals zandgrond, bosgrond, potgrond, 'bermgrond' en dergelijke
- petroleum
- wasbenzine
- aluminiumfolie

Vorbereiding:

Steriliseer van ieder grondmonster een deel op de volgende wijze:

- vul een buis voor de helft met grond en sluit hem af met een wattenprop.
Hierover heen komt een kapje van aluminium folie. Merk de buizen.

- plaats de buizen in een hogedruk pan of autoclaaf en steriliseer de inhoud met stoom gedurende 1 uur bij 120 °C.
- laat de buizen afkoelen tot kamertemperatuur.

Uitvoering:

- vul de buizen voor de helft met een grondmonster en noteer op de buis de herkomst van het monster.
- sluit de buizen slechts af met een ruimvallend kapje van aluminium folie.
- verwijder de wattenproppen van de buizen met gesteriliseerde grondmonsters maar sluit ze wel af met hun aluminium kapje.
- druppel in alle buizen een kleine en gelijke hoeveelheid petroleum of wasbenzine.
- Er mag op de bodem geen duidelijk restant achterblijven; de stof moet grotendeels door de bodem worden geabsorbeerd. Ook kan men in de opstelling van het experiment het aantal druppels per buis variëren.
- plaats alle afgesloten buizen bij een geschikte temperatuur in de broedstoof (bijvoorbeeld 20 à 22° C).

Vragen en opdrachten:

1. Open de buizen éénmaal per dag en noteer of de benzine- of petroleumvlucht nog aanwezig is of niet. Sluit de buizen daarna weer af.
2. Maak een tabel waarin de resultaten vastgelegd worden.
3. Welke culturen vormen in dit experiment de blanco?
4. Wat valt hieruit tevens te concluderen?

M-70 Methaangisting

De biologische vorming van methaan (CH₄) is een belangrijk geochemisch proces, dat plaatsvindt in alle anoxibiotische milieus zoals moerassen, meersedimenten, spijsverteringskanaal van dieren waarin organische stof wordt afgebroken.

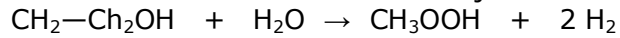
Methaan ontstaat door de metabolische activiteit van een kleine groep hooggespecialiseerde bacteriën, die de terminale leden van de voedselketen zijn in deze milieus; ze zetten fermentatieproducten door andere anoxibionten gevormd zoals mierenzuur, azijnzuur, methanol, waterstof en kooldioxide om tot methaan. Aangezien methaan slecht oplosbaar is in water, ontsnapt het aan zijn anoxibiotisch milieu en hoopt zich elders op (gasbelvorming) of wordt onder oxibiotische omstandigheden geoxideerd door een groep van obligate methylotrophe bacteriën. Bij de methaangisting kan men drie deelprocessen onderscheiden, die trapsgewijs verlopen:

1. *Hydrolyse*. Grote onoplosbare organische moleculen zoals polysachariden, eiwitten en vetten, worden door exo-enzymen omgezet tot oplosbare moleculen zoals monosachariden, aminozuren, glycerol en vetzuren.
2. *Zuurvorming*. Deze oplosbare organische stoffen worden vervolgens door een groep facultatief en obligaat anoxibiotische bacteriën in hun cellen opgenomen en met behulp van intra-cellulaire enzymen omgezet in eenvoudige verbindingen zoals lagere vetzuren, alcoholen en aldehyden. De geproduceerde eindproducten variëren sterk. In gistingstanks van zuiveringsinstallaties verloopt ± 75% van de afbraak over azijnzuur.
Bij de afbraak van organische stikstofverbindingen wordt ammonium als eindproduct vrijgemaakt, dat van groot belang is voor het handhaven van een optimale pH. Hoge ammonium-concentraties (1500-3000 ppm) hebben echter een remmende invloed op het gistingsproces.
3. *Methaangisting*. Bij de methaangisting worden de in de voorgaande trap gevormde producten door een groep strikt anoxibiotische bacteriën, de methaanvormers, omgezet in methaan en kooldioxide.
Deze bacteriën zijn substraatspecifiek, d.w.z. dat een bepaalde methaanbacterie slechts een zeer beperkt aantal stoffen als voedingsbron kan gebruiken.

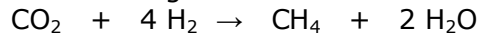
Voorbeelden:

Methanobacterium omelianskii, die uit ethanol het methaangas vormt, blijkt een mengcultuur te zijn van twee stammen - S en H - die op elkaar zijn aangewezen.

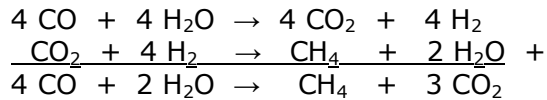
De S-stam oxideert ethanol tot azijnzuur en waterstof:



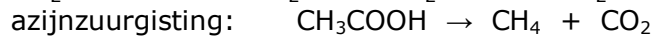
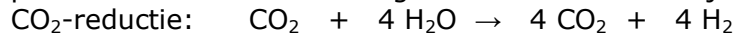
De H-stam gebruikt kooldioxide als H-acceptor:



Methanobacterium thermoautotrophicum is een thermofiele soort, die bij 65° C methaan vormt in een atmosfeer van kooldioxide en waterstof.



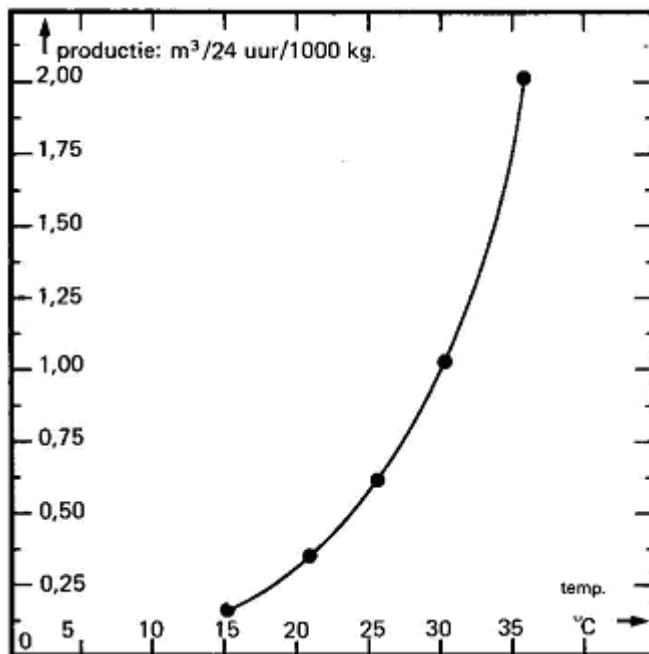
Methanobacterium barkerii is zelfs in staat om koolmonoxide om te zetten in methaan: Men kan bovenstaande bacteriën omschrijven als anoxibiotische waterstof oxiderende bacteriën die behoren tot de groep van chemolithotrofe bacteriën. De twee belangrijkste producten waaruit methaan gevormd kan worden zijn kooldioxide en azijnzuur:



Factoren die invloed hebben op het verloop van de methaangasgisting zijn:

1. Het gistingsproces verloopt optimaal tussen een pH van 6,7 en 7,4.
2. De meest gunstige hoeveelheid droge stof zal 70-90 gram/liter moeten bedragen.

Figuur 87. Productie van methaan in afhankelijkheid van de temperatuur.



1. Bij een C/N-verhouding van 30 blijkt de gisting optimaal te verlopen.
2. Er blijken twee temperatuur-optima te bestaan, nl. $\pm 35^{\circ}\text{C}$ en $52,5^{\circ}\text{C}$. Vanzelfsprekend geeft men de voorkeur aan eerstgenoemde temperatuur (fig. 87).
3. De methaangisting kan geremd worden door:
 - a. sulfiden: reeds bij concentraties vanaf 50-100 mg/liter.
 - b. synthetische detergentia: reeds bij 50-100 mg/liter.
 - c. hoge concentraties anorganische ionen
 - d. Na-ion: remming vanaf 3500 ppm.
 - e. K-ion: remming vanaf 2500 ppm.
 - f. Ca-ion: remming vanaf 2500 ppm.
 - g. Mg-ion: remming vanaf 1000 ppm.
 - h. NH_4 -ion: remming vanaf 1500 ppm.
4. ionen van zware metalen, zoals Pb, Zn, Cu, Ni en Cr; slechts enkele mg/liter werken sterk remmend.
5. Menging is gewenst omdat anders een voor het gas ondoordringbare drijfslaag ontstaat en verder bevordert het de aan- en afvoer van stoffen naar en uit de directe omgeving van de cellen.

Methanogenese vindt ook plaats in de pens van de herkauwers. De ruminantia zijn een groep herbivore zoogdieren: koeien, schapen, geiten, kamelen en giraffen, die evenals alle andere zoogdieren zelf geen cellulose kunnen verteren. Ze hebben een *ectosymbiose* met micro-organismen ontwikkeld, die hen in staat stelt op een dieet te leven dat cellulose als belangrijkste C-bron heeft. *Methanobacterium ruminantium* ziet nu kans om uit kooldioxide en waterstof, dat door andere organismen zoals bepaalde coccen is gevormd, methaan te vormen. Zo wordt in de pens van een koe per dag 900 liter gas gevormd van de volgende samenstelling: 65% CO_2 , 27% CH_4 , 7% N_2 , 0,18% H_2 en sporen H_2S .

Benodigheden voor het construeren van de methaangistingsinstallatie:

- a = plexiglasbuis \varnothing 9/13 (fig. 88, 89)
- b = Pvc-eindstuk met schroef deksel \varnothing 153,6/160 (Alle maten in mm)
- c = Pvc-dubbelemof \varnothing 160; h = 168
- d = te vergisten materiaal
- e = PVC-buis \varnothing 153,6/160; e-C: h = 500; e-A: h = 400
- f = 'stamper': plexiglasstaaf \varnothing 6; h = 800 + doorboorde Pvc-schijf \varnothing 120
- g = warm water
- h = Pvc-afsluitkap \varnothing 160
- i = Pvc-afsluitkap \varnothing 250; h en i met Pvc-lijm aan elkaar lijmen
- j = verwarmingselement (+ 100 W) + thermostaat
- k = buis- en/of slangkranen
- l = Pvc-buis \varnothing 25,6/32; h = 50 + PVC-afsluitkap \varnothing 32
- m = 'tegen gewichten' voor gastank
- n = nylonbouten voor geleiding van gastank (e-c): 2x3 stuks
- o = Pvc-buis \varnothing 193,8/200
- p = water
- q = plexiglasbuis \varnothing 4/6
- r = Pvc-eindstuk met schroefdeksel \varnothing 68,6/75
- s = geperforeerde plexiglasbuis \varnothing 4/6
- t = loogoplossing (binding CO_2)
- u = Pvc-speciedeksel \varnothing 75
- v = Pvc-dubbelemof \varnothing 75; h = 92
- w = plastic gordijnrail met schaalverdeling + wijzer (nylon boutje)
- x = Pvc-afsluitkap \varnothing 160
- y = 2 Pvc-afsluitkappen \varnothing 200 met Pvc-lijm aan elkaar gelijmd
- z = Pvc-buis \varnothing 242,4/250; h = 500

Opmerking: toestel C kan ook bij biothema 3 worden gebruikt voor het bepalen van vitale capaciteit en normaal ademvolume (T-20)!

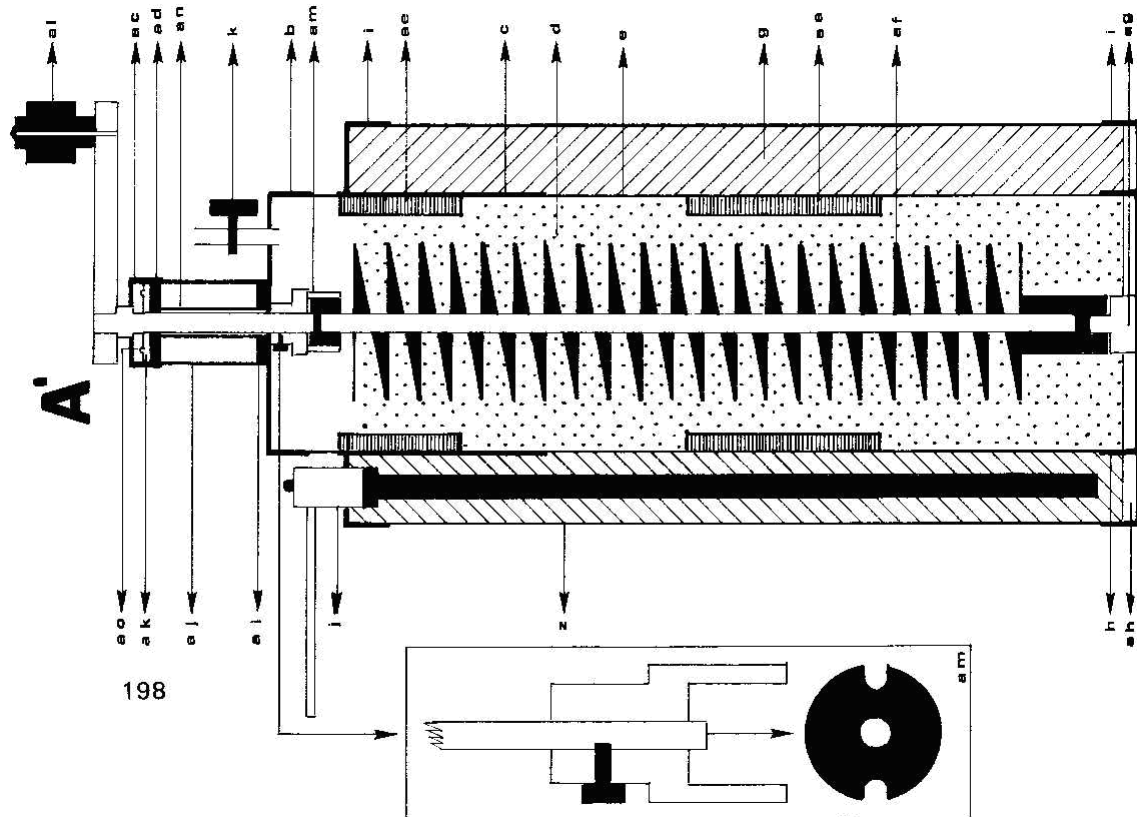
Figuur 89D is een detailtekening voor het aanbrengen van de geleidingsbouten in C-o; in de gastank C-e worden alleen de bouten n (3 stuks) aangebracht (w niet!).

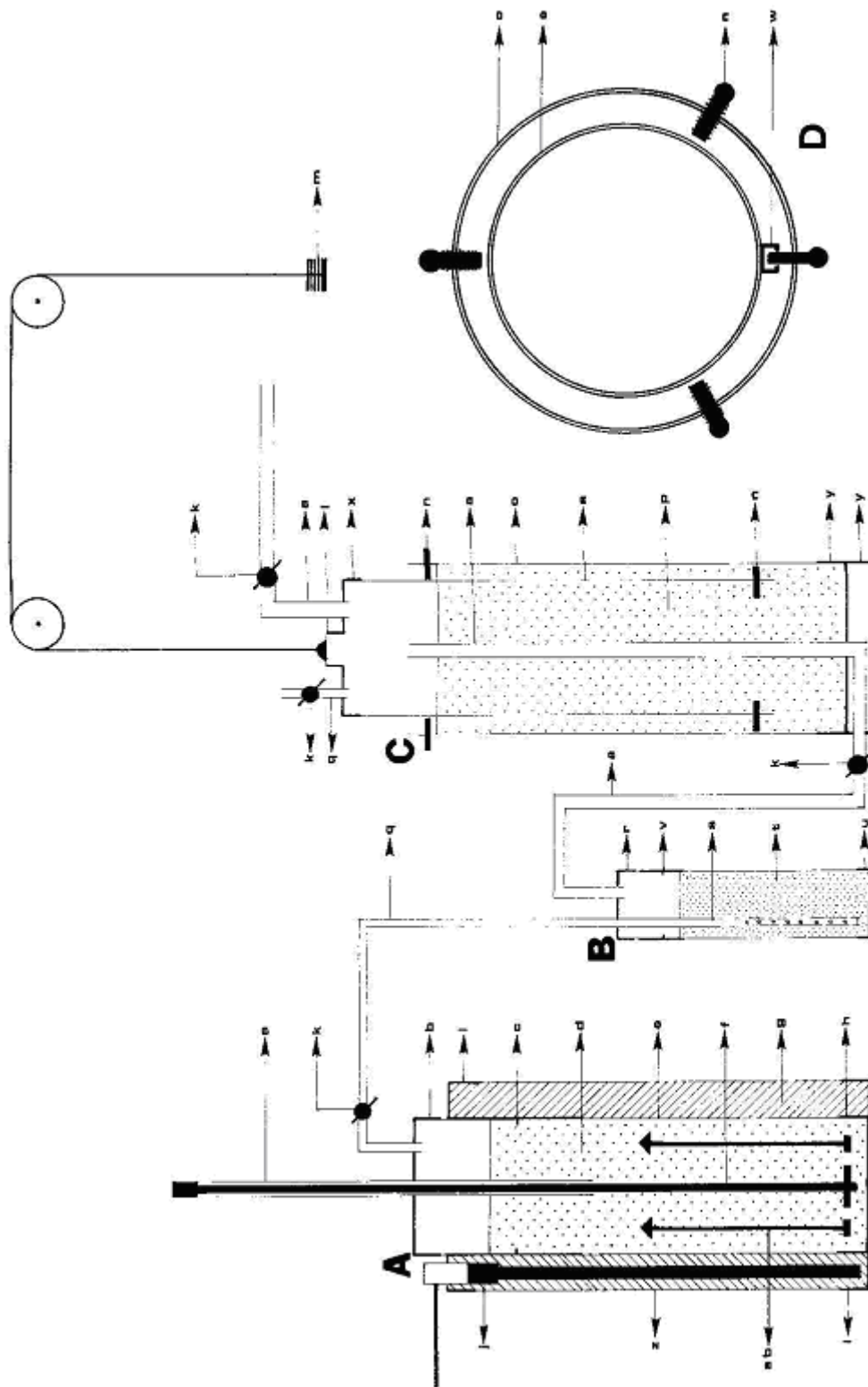
Tijdens het gistingsproces ontstaat boven op de gistende massa vaak een koek, die met behulp van de stamper (f + ab) kapot gemaakt kan worden zodat het onder de koek gevormde gas kan ontsnappen.

Een betere, maar veel moeilijker te construeren, gistingstank is A' (fig. 88). Als bij deze het schroefdekseltje ac wordt losgedraaid kan de schroefworm (af) worden gedraaid, waardoor de gistende massa gaat circuleren en de koekvorming wordt verminderd. Na het aandraaien van het schroefdekseltje (ac) sluit de neopreenschijf (ak) de tank luchtdicht af.

- ab = plexiglasstaaf \varnothing 6 (Alle maten in mm)
- ac = schroefdekseltje van eindstuk
- ad = Pvc-schijfje \varnothing 43,6; dikte \pm 4; vastgelijmd in aj
- ae = Pvc-ribbels (voorkomen tijdens het draaien van de schroefworm het meedraaien van de koek)
- af = schroefworm (as = koper; blad = rvs)
- ag = rvs-voetstukje waarop de schroefworm af draait
- ah = Pvc-ringen; dikte \pm 4
- ai = Pvc-schijf; in aj verlijmd en bevestigd op b
- aj = dubbele mof \varnothing 50/56,4; h = 64 en eindstuk met schroefdeksel \varnothing 43,6/50; h = 31
- ak = neopreenschijfje \varnothing 43
- al = draaikrukje
- am = koppelmecanisme; pennen + einde as van het bovenste gedeelte passen in de gaten van het bovenste gedeelte van af; zie detailtekening
- an = koperbuis \varnothing ietsje groter dan \varnothing as
- ao = Pvc-schijfje \varnothing 43,6; dikte \pm 4; vastgelijmd aan de as

Figuur 88. Gistingstank.





Figuur 89. Methaangistingsinstalatie

Receptuur voor methaangisting

In tabel 51 zijn een aantal recepten verzameld, waarvan de koolstof/stikstof-verhouding ± 30 bedraagt.

Recept	Voor een gistingstank van ± 12 liter	
	Samenstelling droge stof C/N-verhouding ± 30	Hoeveelheid water
I	1,0 kg vis 0,6 kg stro	8,4 liter
II	1,0 kg sojabonen 0,6 kg vis	8,4 liter
III	1,2 kg rioolslijk 0,5 kg koeienmest 0,4 kg stro	7,9 liter
IV	2,5 kg paardenmest 0,2 kg stro	7,3 liter
V	1,2 kg menselijke faeces 0,5 kg stro	8,3 liter
VI	1,2 kg rioolslijk 0,5 kg stro	8,3 liter
VII	0,3 kg menselijke faeces 1,2 kg koeienmest 0,2 kg gras/bladeren 0,4 kg stro	7,9 liter
VIII	1,3 kg menselijke faeces en urine 0,5 kg stro/zaagsel	8,2 liter
IX	0,8 kg menselijke faeces 0,5 kg gras 0,5 kg stro/zaagsel	8,2 liter
X	0,5 kg menselijke faeces 0,5 kg gras 0,3 kg bladeren 0,5 kg stro	8,2 liter
XI	0,5 kg menselijke faeces 1,2 kg koeienmest/kippenmest 0,4 kg stro	7,9 liter
XII	0,5 kg menselijke faeces 1,2 kg schapenmest/varkensmest 0,4 kg stro	7,9 liter

Tabel 51

Uitvoering:

- maak een proefopstelling zoals in fig. 89 is weergegeven.
- controleer alles grondig op lekkage.
- stel een mengsel samen volgens één van bovenvermelde recepten.
- bepaal de pH van dit mengsel.
- vul de gistingstank A voor ruim 3/4.
- verwarm het mengsel tot 30° C.
- sluit de kranen van tank C zodra het mengsel deze temperatuur heeft bereikt en noteer dit tijdstip.
- roer de inhoud van tank A regelmatig teneinde koekvorming te voorkomen.
- bepaal na verloop van enige tijd de productie aan gas en reken deze om in 1/24 uur.
- bepaal de pH.

Deze proef biedt de mogelijkheid om na te gaan of de op pag. 196 e.v. genoemde factoren (1 t/m 6) inderdaad invloed hebben op het verloop van het gistingsproces. Opm.: op huisje q van tank C kan een manometer aangesloten worden en door een juiste gewichtskeuze van m kan een druk van 1 atm. in de tank worden bereikt!

M-71 Afbraak van eiwit

Over het algemeen is het niet gemakkelijk om de afbraak van eiwitten door bacteriën experimenteel aan te tonen.

Eiwitten of proteïnen zijn hoogmoleculaire polypeptiden, die uit velerlei soorten aminozuren zijn opgebouwd. De 'rotting' van deze stoffen is in de praktijk gemakkelijk waar te nemen door verslijming en geurvorming (afkomstig van het gevormde ammoniak, indol en zwavelwaterstofgas). Proteolytische exo-enzymen hydrolyseren enige peptide-bindingen van het eiwitmolecuul. De oplosbare brokstukken bestaande uit polypeptiden en oligopeptiden worden door de bacteriecellen opgenomen en dan door de intracellulaire peptidases verder afgebroken tot de verschillende soorten aminozuren. Deze aminozuren kan de cel weer gebruiken bij zijn eiwitsynthese of ze worden gedecarboxileerd, gedecarboxileerd of getransamineerd waarbij de resterende koolstofketens afgebroken worden bij dissimilatie.

Voor het aantonen van de aanwezigheid van eiwitsplitsende enzymen leent zich het beste de stof gelatine. In water opgeloste gelatine is een colloïde systeem dat bij kamertemperatuur stabiel is en een gel vormt. Het eiwit is de gedispergeerde fase. Het medium stolt bij ongeveer 22 °C zodat men de beënte platen bij kamertemperatuur of maximaal 30 °C moet bebroeden. Indien proteolytische enzymen aanwezig zijn vormt zich een heldere zone om de entlijn. Om deze vervloeide zone na bebroeden duidelijker zichtbaar te maken giet men een sublimaatoplossing op de voedingsbodem. De gelatine slaat neer tot een melkachtige troebeling.

Benodigheden:

Zie M-86 en 87.

- 12,8% bouillongelatine
- 2,5% agaroplossing
- 1 5% sublimaatoplossing in 20 % HCl
- enkele steriele plastic petrischalen voor eenmalig gebruik
- hoge drukpan of autoclaaf
- entnaalden met oogje
- enige petrischalen met verschillende bacteriekoloniën afkomstig van voorgaande experimenten

Vorbereiding:

1. De voedingsbodem bereidt men als volgt:

- 100 ml bouillongelatine bevat 12,8 gram Nutriënt Gelatin (CM 135a). Laat het poeder 15 min. weken in het gedestilleerde water. Verhit daarna de oplossing even tot kooktemperatuur zodat het poeder geheel oplost.
 - 900 ml 2,5% agaroplossing bevat 22,5 gram agarpoeder (Agar Technical L13). Week het poeder gedurende 15 min. in gedestilleerd water. Verhit daarna de oplossing tot kooktemperatuur zodat alles oplost.
 - meng 900 ml agaroplossing met 100 ml bouillongelatine en steriliseer het mengsel gedurende 15 min. bij 120 °C.
 - giet enkele petrischalen met de afgekoelde maar nog vloeibare voedingsbodem. Laat de bodems volledig opstijven.
2. De sublimaatoplossing bevat 15 gram mercuri(II)chloride $HgCl_2$ en 20 ml geconcentreerd zoutzuur HCl in 100 ml gedestilleerd water. Of men lost de voornoemde hoeveelheid sublimaat op in 100 ml 6 N HCl.

Uitvoering:

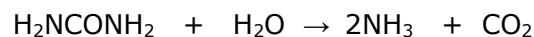
- beënt de platen met straalsgewijs verlopende entlijnen van verschillende bacteriënsoorten afkomstig van M-67 en 68. Houdt hierbij het centrum van de plaat vrij. Begin het zwak golvend uitstrijken van het oogje entmateriaal bij de rand van de plaat en eindig vóór het midden.
- nummer iedere entlijn op de onderzijde van de schaal. Noteer in de aantekeningen dit nummer en het uiterlijk van de kolonie waarvan afgeënt werd.
- laat de platen bij kamertemperatuur staan of bebroed ze bij 20 °C. Voorkom uitdrogen van de platen door ze te plaatsen in een afgesloten, iets vochtige ruimte bijvoorbeeld in een lege aquariumbak afgesloten door een glasplaat.
- controleer de platen na één en na twee weken. Indien de bacteriën eiwitverterende enzymen bezitten is er om de kolonies een heldere en vloeibare zone zichtbaar.
- giet op de voedingsbodem aan het einde van het experiment een kleine hoeveelheid sublimaatoplossing. Wacht enkele minuten. Het sublimaat zal de gelatine neerslaan tot een melkachtige troebeling in de voedingsbodem.
- noteer in tabel 52 de al of niet aanwezigheid van proteolytische enzymen.

Groep	Beschrijving van de kolonie	Eiwitverterende enzymen	
		aanwezig	afwezig

Tabel 52

M-72 Ammonificatie

Met dit experiment kan men aantonen dat er *ammoniak* gevormd wordt uit ureum door ammoniakbacteriën in de bodem. Ureum is een afbraakproduct van eiwitten. De vorming van ammoniak en kooldioxide uit ureum is een hydrolytische desamineing:



De bacteriën die ureum als stikstofbron gebruiken vormen voor deze afbraakreactie het enzym urease. Bij de meeste bacteriesoorten wordt de vorming van urease teruggekoppeld door NH_4^+ -ionen. Hierdoor wordt bereikt dat er in de cel niet meer ammoniak gevormd wordt dan er nodig is voor de eiwitsynthese. Zo wordt er dus geen ammoniak afgescheiden in de voedingsbodem waardoor er een deel van de stikstof verloren zou kunnen gaan.

Bij de specifiek ureum afbrekende bacteriën zoals *Bacillus pasteurii*, *Sporosarcina ureae*. *Proteus vulgaris* is het enzym urease voortdurend aanwezig. De vorming van het enzym behoeft niet te worden geïnduceerd door de aanwezigheid van ureum. Evenmin wordt de productie van dit enzym onderdrukt door ammoniak. De voornoemde bacteriën breken alle aanwezige ureum (zoals in veestallen en urinoirs) af tot ammoniak waardoor hoge pH-waarden ontstaan (pH 9-10). Deze bacteriën zijn aangepast aan een dergelijk basisch milieu.

In de volgende experimenten is Seignettezout toegevoegd aan het voedingsmedium als koolstofbron voor de bacteriën. Het basische natriumcarbonaat dient om in het milieu een gunstige pH te verkrijgen voor de groei van de bacteriën.

Benodigheden:

- vier brede reageerbuizen of suikerbuizen Ø 30 mm, lengte 200 mm afgesloten door een stevige wattenprop
- voedingsmedium bestaande uit ureum, Seignettezout en natriumcarbonaat
- tuinaarde
- zand
- pH-indicatorstaafjes Neutralit en Alkalit
- kleurstof oplossingen voor Gramkleuring

Voorbereiding:

- bereid het voedingsmedium door de volgende stoffen op te lossen in 1 liter leidingwater:
 - 18 gram ureum H_2NCONH_2
 - 1 gram kaliumnatriumtartraat (Seignettezout) $\text{C}_4\text{H}_4\text{KNaO}_6 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$
 - 1 gram natriumcarbonaat $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$

Uitvoering:

- merk vier buizen met de letters A, B, C en D.
- breng in ieder van de drie buizen (A, B en C) 75 ml voedingsmedium met ureum.
- voeg aan buis A 10 gram tuinaarde toe. Meng het materiaal goed en sluit de buis af met een stevige wattenprop.
- voeg aan buis B 10 gram schoon zand toe. Meng het materiaal en sluit de buis af met een stevige wattenprop.
- aan buis C wordt niets toegevoegd. Sluit hem wel af met een wattenprop.
- breng in buis D 75 ml voedingsmedium zonder ureum en sluit de buis met een wattenprop.
- plaats de vier buizen in een verwarmde ruimte of zet ze in de broedstoof bij 20-22 °C.

Vragen en opdrachten:

1. Controleer de vier buizen na één week bebroeden.
2. Welke buis ruikt naar ammoniak?
3. Hoe kan men de gevormde ammonia aantonen?
4. Welke buis is de controleproef en verklaar dit.
5. Controleer de zuurgraad in alle buizen door middel van pH-indicatorstaafjes. Hoe zijn de verschillen in zuurgraad te verklaren.
6. Maak van buis A een microscopisch preparaat waarin veel ammoniakbacteriën aanwezig zullen zijn. Kleur de aanwezige bacteriën door middel van een Gramkleuring.

De aanwezigheid van NH_4^+ -ionen bij de afbraak van ureum is ook aan te tonen met Nessler's reagens. Zelfs is door middel van dit reagens vergelijkenderwijs de aanwezige hoeveelheid te bepalen. Hiertoe maakt men een verdunningsreeks van ammoniumsulfaat en vergelijkt de bruinkleuring van het monster met een gelijke hoeveelheid van een bekende verdunning van het ammoniumsulfaat.

Benodigheden:

- Nessler's reagens
- 1% ammoniumsulfaat
- 3 volumepipetten van 2 ml
- 1 volumepipet van 1 ml
- 1 maatpipet van 10 ml
- reageerbuizen

Vorbereitung:

1. Standaardoplossing van ammoniumsulfaat
 - weeg 10 gram $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ nauwkeurig af.
 - los deze hoeveelheid stof op in gedestilleerd water en vul het aan tot 1 liter.
2. Nessler's reagens
 - los 50 gram kaliumjodide KI in 50 ml gedestilleerd water op. Het mengsel mag niet verwarmd worden om het oplossen te bevorderen. De oplossing is namelijk bij kamertemperatuur bijna verzadigd.
 - los 69 gram mercuri(II)chlorid HgCl_2 op in één liter gedestilleerd water. Deze oplossing is verzadigd.
 - voeg aan de voornoemde kaliumjodide-oplossing zoveel verzadigde sublimaat-oplossing toe dat er zich een neerslag begint te vormen (ongeveer 350 ml).
 - vul het mengsel aan met gedestilleerd water tot 1 liter.
 - laat het neerslag bezinken en decanteer de nu voor gebruik gereed zijnde heldere oplossing.

Uitvoering:

- maak een verdunningsreeks van 10 ml; 1%, 0,1%, 0,01%, 0,001% en 0,0001% van de standaardoplossing van ammoniumsulfaat.
- pipetteer in de eerste reageerbuis 2 ml van het te onderzoeken monster, in de tweede reageerbuis 2 ml van de met de aanwezige hoeveelheid NH_4^+ overeenkomende verdunning van ammoniumsulfaat en in de derde reageerbuis 2 ml van een hogere of lagere verdunning van de ammoniumsulfaat-standaard.
- voeg aan ieder der drie reageerbuizen 2 ml Nessler's reagens toe en meng.
- vergelijk de bruine kleuring in lengte-doorzicht van de drie buizen tegen een witte ondergrond en schat het aanwezige percentage.
- uit dit percentage is de aanwezige hoeveelheid ammoniak in de cultuur te berekenen.

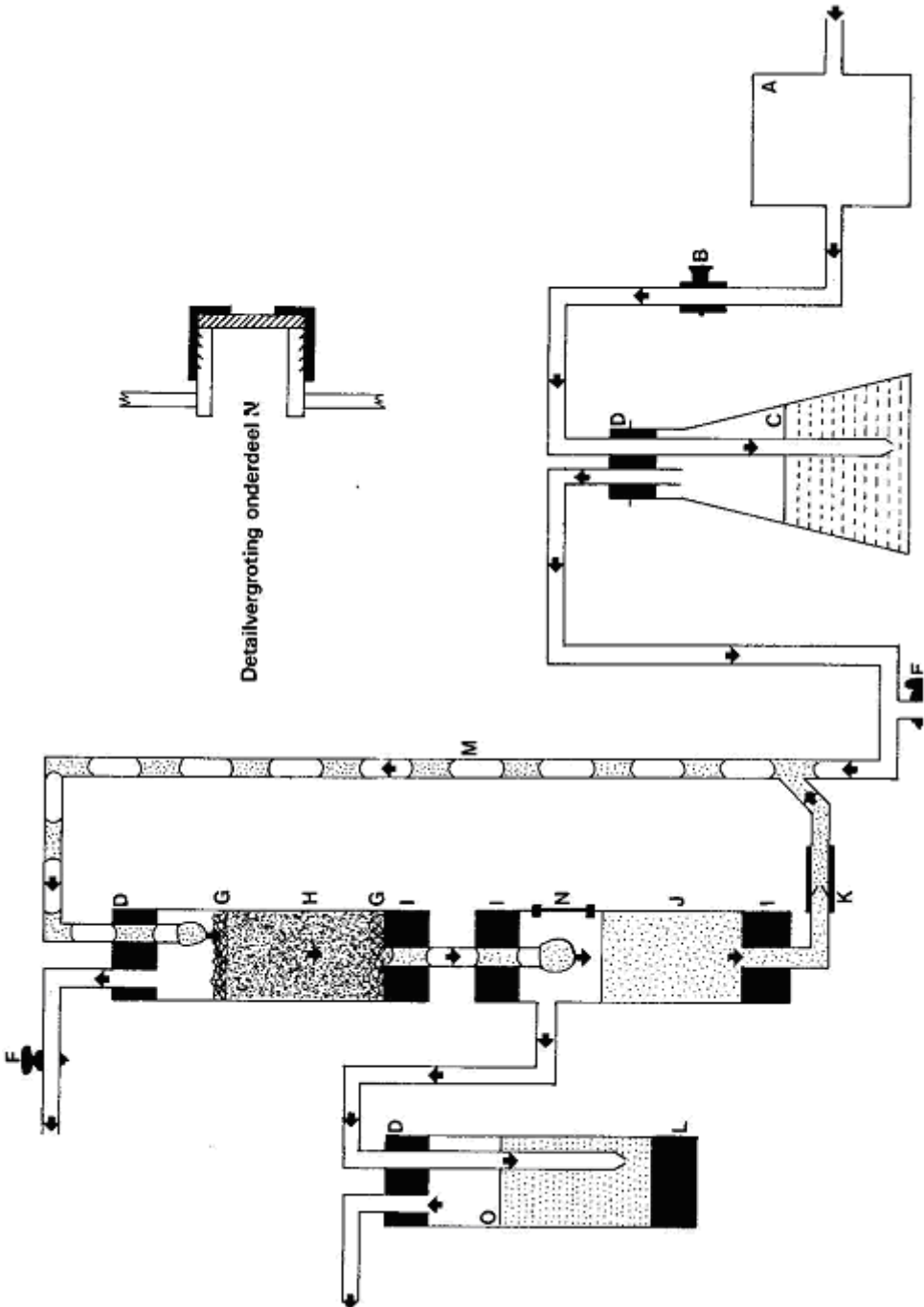
M-73 Nitrificatie (oxibiose) en denitrificatie (anoxibiose)

In de proefopstelling van dit experiment, mits zorgvuldig uitgevoerd en goed afgesteld, kunnen beide processen plaats vinden (fig. 90).

Benodigheden en voorbereiding:

- erlenmeyer 300 ml (C)
- aquariumluchtpomp (A)
- 1 plexiglasbuis \varnothing 30 mm; lengte 250 mm (H)
- 1 plexiglasbuis \varnothing 30 mm; lengte 200 mm (J)
- 1 plexiglasbuis \varnothing 30 mm; lengte 200 mm (O)
- 3 dubbeldoorboorde rubberstoppen (D)
- 3 enkeldoorboorde rubberstoppen (I)
- 1 rubberstop (L)
- glaswol (G)
- 1 driewegkraan (E)
- 1 tweewegkraan (F)
- 1 burettenklem met regelschroef (B)
- plexiglasbuis \varnothing 7 mm
- glasbuis \varnothing 7 mm
- rubberslang \varnothing 7 mm.
- aluminium schroefdop met gat en rubber-inleg \varnothing 2 mm (N)
- plastic injectiespuitjes + naalden
- 25% KOH-oplossing (C)

Figuur 90. Proefopstelling ter bepaling van de nitrificatie en denitrificatie.



- ± 20 g gedroogde grond (H)
- methylrood (pH 4,2-6,3)
- Fehling A en B
- oplossing P: 50 ml leidingwater + 500 mg glucose
- oplossing Q: 0,2% (NH₄)₂SO₄-oplossing
- oplossing R: 50 ml leidingwater + 0,1 g KNO₃ + 0,05 g K₂PO₄ + 0,5 g Na-citraat/Na-malaat/Na-tartraat
- reagens op nitraat:
0,1 g diphenylamine, (C₆H₅)₂NH, + 10 ml gec. H₂SO₄; bij aanwezigheid van nitraat ontstaat op het grensvlak een blauwe ring.
- reagens op nitriet:
oplossing A: 0,8 g sulfanilzuur, C₆H₇NO₃S, + 100 ml 5 N azijnzuur
oplossing B: 0,5 g naftyl-(1)-amine, C₁₀H₉N, oplossen in 20 ml kokend water; bezinksel door filtreren verwijderen; daarna met 5 N azijnzuur aanvullen tot 1000 ml
bij aanwezigheid van nitriet treedt na toevoeging van enige druppels van opl. A en B roodkleuring op.
- reagens op ammoniak: Nessler reagens: reuk!
- barietwater: 1,17 g Ba(OH)₂·8 H₂O + 1 g BaCl₂ + 1000 ml aqua dest. (O)

Uitvoering:

- maak met behulp van bovenvermelde materialen de proefopstelling van figuur 90.
- vul buis H met ± 20 g gedroogde grond, ingesloten tussen glaswol.
- vul buis J met 50 ml van oplossing P (glucose).
- sluit kraan E.
- open kraan F (ANAËROBE TOESTAND).
- sluit kraan B bijna.
- zet de aquariumluchtpomp in werking.
- draai kraan B in die stand, waarbij een regelmatige 'vloeistoflift' in M ontstaat en waarbij op de bovenste laag glaswol net een laagje van oplossing P blijft staan.
- neem na verloop van enkele uren met behulp van de injectiespuit, via het inlegrubbertje van N, een monstertje van oplossing P.
- bepaal van dit monstertje de pH.
- bepaal van dit monster of er nog glucose aanwezig is (Fehling A en B).

Opdracht:

1. Verklaar de waargenomen veranderingen!

A. Denitrificatie: hierbij kraan F open

- vul buis H met ± 20 g gedroogde grond.
- vul buis J met 50 ml aqua dest. en zet de 'vloeistoflift' in werking.
- open na enige tijd kraan E en onderzoek het uitstromende water op nitriet en ammoniak.
- ververs de aqua dest. en spoel de grond hier weer mee door.
- herhaal dit verversen en spoelen, totdat geen nitriet en ammoniak aangetoond kunnen worden in het spoelwater.
- vul buis J nu met de oplossing R en spoel hier de grond mee door.
- laat de oplossing via kraan E weglopen.
- vul buis J nu met 50 ml van oplossing R.
- en stel nu de vloeistoflift weer in werking.
- na verloop van enkele uren met behulp van een injectiespuit een monster nemen.
- test dit monster op de aanwezigheid van nitriet en ammoniak.
- tracht na te gaan hoeveel tijd nodig is om alle nitraat om te zetten.

Opdracht:

2. Verklaar de waargenomen veranderingen.

B. Nitrificatie: hierbij kraan F gesloten (AËROBE TOESTAND)

- voer dezelfde handelingen uit als onder 'denitrificatie' beschreven, doch gebruik nu oplossing Q in plaats van oplossing R.
- neem na verloop van enkele uren met behulp van de injectiespuit, via het inlegrubbertje van N een monstertje van oplossing Q.
- test dit monstertje op de aanwezigheid van nitriet en nitraat.
- tracht na te gaan hoeveel tijd nodig is om alle NH_4 om te zetten.

Opdracht:

3. Verklaar de waargenomen veranderingen.

Opmerking: De meest ideale temperatuur voor bovenstaande processen is 25-30 °C. Bij deze proefopstelling is het mogelijk om de bij aërobe processen (kraan F gesloten!) geproduceerde hoeveelheid CO_2 te bepalen. Dit kan door het niet gebruikte barietwater terug te titreren met 0,01 N HCl (gebruik hierbij 1 druppel fenolftaleïne-oplossing). 1 ml 0,01 N HCl komt overeen met 2,2 mg CO_2 .

M-74 De stikstofbinding

B. VRIJLEVENDE BACTERIËN

De binding van moleculaire stikstof uit de atmosfeer geschiedt voor het grootste deel door middel van de symbiotische bacteriën der leguminosen (100-200 kg stikstof per ha per jaar). De vrijlevende stikstofbindende micro-organismen voegen daar nog ongeveer 5 kg stikstof/ha/jaar aan toe. Via neerslag uit de atmosfeer (afhankelijk van de luchtvervuiling) komt er nog 3-30 kg stikstof/ha/jaar in de bodem. Vroeger dacht men dat de stikstofbinding door vrijlevende bacteriën slechts gebeurde door de vertegenwoordigers van de geslachten Azotobacter en Clostridium. Tegenwoordig weet men dat er nog vele andere bacteriënsoorten toe in staat zijn zoals de cyanobacteriën (of blauwwieren) in de bevoeide rijstvelden, fototrofe bacteriën, methaanvormende bacteriën en anderen.

Azobacter-soorten kunnen zeer productief zijn in hun stikstofbinding; tot ongeveer 20 mg stikstof per gram gedissimileerde suiker. Ze zijn aëroob en Gramnegatief. De bacteriën zijn vrij groot 3,5-1,5 mm, liggen veelal paarsgewijs en hebben een sterk ontwikkeld slijmkapsel. De kolonies zijn heldere opaliserende druppeltjes die later bruin verkleuren. De stikstofbinding heeft als eerste tussenproduct ammoniak. Het proces geschiedt door middel van een molybdeen en ijzer bevattend enzym (sporenelementen). Het proces is zeer gevoelig voor de aanwezigheid van zuurstof. Het kan daardoor slechts in de cellen plaats vinden, waar het beschermd is tegen te hoge partiële zuurstofspanningen. Het enzym-systeem reduceert niet alleen moleculaire stikstof maar ook acetyleen of ethyn, aziden, distikstofoxide en andere. Het gevormde ammoniak komt in de stofwisseling der aminozuren.

a. Isolatie van azotobacter-soorten

Deze selectieve cultuurmethode berust op het feit dat in dit kleimilieu met een zeer ruime C/N-verhouding de bruikbare stikstofverbindingen snel verbruikt zijn.

Het daarna zeer stikstofarme milieu werkt zo selectief dat slechts de stikstofbindende micro-organismen er zich nog goed in kunnen ontwikkelen.

Benodigdheden:

Zie M-86 en 87.

- gedroogde blauwe zeeklei
- manniet $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_6$
- calciumcarbonaat CaCO_3 poeder
- 10%-oplossing dikaliumhydrogeenfosfaat $\text{K}_2\text{HPO}_4 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$

- 10%-oplossing magnesiumsulfaat $MgSO_4 \cdot 7 H_2O$
- monster van te onderzoeken grond
- maatpipet van 5 ml inhoud
- porseleinen uitdampschaaltje of kroes \varnothing ongeveer 100 mm
- spatel of mes met een groot vlak lemmer
- horlogeglas \varnothing ongeveer 5 cm of kleine plastic petrischaal \varnothing 5 cm
- grote steriele plastic petrischaal \varnothing 10 cm
- filtreerpapier \varnothing 9 cm passend in bodem van petrischaal
- steriel water
- broedstoof van 28 °C

Uitvoering:

- meng 100 gram gedroogde en verpulverde klei in een schoon porseleinen schaalje met 2 gram manniet en 2 gram calciumcarbonaat tot een uniforme massa.
- bevochtig deze massa met 2,5 ml oplossing van 10% dikaliumhydrogeenfosfaat en 2,5 ml oplossing van 10% magnesiumsulfaat en meng het materiaal volledig.
- bevochtig en beënt de kleimassa met de gedecanteerde vloeistof van een grondmonster dat men op de aanwezigheid van Azotobacter wil onderzoeken. Meng de massa goed, voeg desnoods nog wat water toe zodat de gladde massa een stevige pasta wordt.
- breng de massa over in een horlogeglas of bodem van een kleine petrischaal tot een laag van ongeveer 5 mm hoogte. Strijk de massa glad met behulp van een schone spatel of mes.
- plaats het horlogeglas of het schaalje in een grote petrischaal waarvan de bodem bedekt is met door steriel water bevochtigd filtreerpapier. Zo behoudt men een vochtige atmosfeer in de gesloten petrischaal gedurende het bebroeden. Sluit de grote petrischaal zodanig dat de kleipasta niet tegen de deksel aan komt.
- plaats de cultuur in een broedstoof bij 28° C.
- controleer dagelijks het vochtgehalte in de grote petrischaal en vul hem zo nodig bij.
- na enkele dagen zullen op de kleimassa waterheldere slijmplekjes ontstaan, die later bruin verkleuren. Dit zijn de kolonies van Azotobacter.

Opdracht:

1. Vervaardig van één der kolonies een strijkpreparaat voor microscopisch onderzoek. Maak hiertoe een slijmkapsel van de bacteriën zichtbaar door vermengen van een 'oogje' materiaal van een kolonie met twee oogjes verdunde steriele Oost-Indische inkt of 5% nigrosine op de rechterkant van een vetvrij objectglas. Plaats een dekglasje met een scherpe hoekstand naar rechts tegen de vermengde druppel materiaal zodat deze zich capillair kan uitbreiden. Schuif het dekglas daarna rustig naar links en trek het weg zodat de druppel in één keer in één richting wordt uitgespreid. Niet meer terugschuiven naar rechts: dat beschadigt het preparaat. Laat het uitstrijkje even drogen; flamberen en afkoelen. Onderzoek het preparaat microscopisch, eventueel met olie-immersie objectief.

b. Rein kweken van azotobacter-soorten

Benodigdheden:

Zie M-86 en 87

- selectieve voedingsbodem die per liter leidingwater de volgende stoffen bevat:
 - 3,0 gram calciumcarbonaat $CaCO_3$
 - 500 mg magnesiumsulfaat $MgSO_4 \cdot 7 H_2O$
 - 250 mg kaliumdihydrogeen-fosfaat KH_2PO_4
 - 75 mg dikaliumhydrogeenfosfaat $K_2HPO_4 \cdot 3 H_2O$

40 mg ferro(II)sulfaat $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$
20 mg natriummolybdaat $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$
20 gram manniet $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_6$
15 gram agar

- plastic petrischalen \varnothing 9 cm (voor eenmalig gebruik)
- entnaald en gedenatureerde ethanol
- broedstoof op 28 °C
- Nessler's reagens
- difenylamine reagens en/of brucine reagens
- sulfanilzuur reagens

Vorbereiding:

- weeg de bovengenoemde chemicaliën af. Aangezien het moeilijk is de kleine hoeveelheden ten behoeve van 1 liter voedingsbodem nauwkeurig af te wegen verdient het aanbeveling de anorganische stoffen af te wegen en op te lossen voor 10 liter oplossing. Men gebruikt daarna slechts een klein deel van deze oplossing bijvoorbeeld 0,5 liter.
- voeg hieraan toe de vereiste hoeveelheid manniet en los op.
- stel de zuurgraad van de oplossing door middel van enige druppels 1 N NaOH op pH 7,2 met behulp van een indicatorstaafje Neutralit.
- filtreer het gevormde neerslag af.
- voeg de benodigde hoeveelheid agar toe en laat dit enige tijd weken.
- Verwarm daarna het mengsel tot volledig oplossen.
- steriliseer de voedingsbodem discontinu bij 100 °C met stoom.

Uitvoering:

- ent een kolonie Azotobacter op deze voedingsbodem.
- bebroed de petrischalen in omgekeerde stand (voedingsbodem boven) bij 28 °C.

Opdracht:

2. Controleer na volledig uitgroeien van de kolonies een kleine opgeloste hoeveelheid van deze voedingsbodem op de aanwezigheid van:
 - a. ammoniumionen door middel van het Nessler's reagens.
 - b. nitraten door middel van het difenylamine reagens.
 - c. nitrietionen door middel van het sulfanilzuur reagens.

B. SYMBIONTISCH LEVENDE BACTERIËN

Het bekendste voorbeeld van de binding van stikstof door symbiontische bacteriën zijn de Rhizobium-soorten waardoor de wortelknolletjes ontstaan bij de leguminosen. Het verband tussen plant en Rhizobium is een echte symbiose: *mutualisme*. De plant levert voedingsstoffen en verschaft de symbionten optimale milieuomstandigheden.

Geen van beiden, de plant noch de bacteriën kunnen zelfstandig de stikstof binden.

De stikstofbinding geschiedt slechts in de bacteroïden.

Er zijn echter ook andere hogere planten die wortelknolletjes bezitten. De symbionten die zich hier in bevinden behoren tot het geslacht *Streptomyces* (Actinomyceten).

Symbiontische streptomyceten komen voor bij pionierplanten op stikstofarme standplaatsen zoals de els (*Alnus*), duindoorn (*Hippophaë*), gagel (*Myrica*), olijfwilg (*Elaeagnus*) en wegedoorn (*Rhamnus*). Ze veroorzaken in het bovenste deel van het wortelstelsel koraalvormige of trosvormige verdikkingen die men *rhizothamnium* noemt. Fysiologisch zijn deze organen vergelijkbaar met de wortelknolletjes van de leguminosen. Ook enkele gymnospermen zijn in staat stikstof uit de lucht te binden. Ze bezitten hiertoe wortelknolletjes. Zo heeft *Podocarpus* een symbiotische phycomycete die intracellulair leeft in de schorscellen van de wortels.

De staafvormige bacteriën van het geslacht *Rhizobium* zijn vrij in de bodem levende, obliagaat aërobe, saprophyten.

De infectie van de gastheerplant geschiedt uitsluitend via de jonge wortelharen. Onder invloed van de groeistoffen die afkomstig zijn van *Rhizobium* ontstaat een weefselwoekering van tetraploïde cellen die tot de vorming van wortelknolletjes leidt en waarbij het omgevende diploïde weefsel zich differentieert tot de cortex en het vaatbundelsysteem van het knolletje. De roze kleur van het met bacteriën gevulde weefsel is ontstaan door de aanwezigheid van leghaemoglobine (leguminosen-haemo-globine). Alleen bacteriën in de knolletjes met deze rode kleurstof die verwant is aan het haemoglobine, zijn in staat om de moleculaire stikstof vast te leggen. De vorming van de rode kleurstof is een typisch voorbeeld van symbiose. De prosthetische groep, het protohaem wordt geleverd door de bacteroïden, de bijbehorende eiwitten worden gesynthetiseerd door de plant. Ook hier verloopt het proces van de binding van vrije stikstof door middel van een molybdeen en ijzer bevattend enzym. Bij het maken van microscopische preparaten van de wortelknolletjes is er op doorsnede reeds het een en ander waar te nemen omtrent hun activiteit; een roze kleur van het inwendige weefsel duidt op grote activiteit, bij een bruine kleur is de activiteit zeer gering en bij een groene kleur zijn de knolletjes inactief. Voor microscopisch onderzoek maakt men een uitstrijkpreparaat van het centrale weefsel dat na fixeren nog gekleurd wordt. Ook kan men de knolletjesbacteriën isoleren en in reïncultuur kweken op een kunstmatige voedingsbodem voor latere infectieproeven.

Benodigheden:

Zie M-86 en 87

- verse wortelknolletjes van een legumineus bijvoorbeeld van verse klaverplantjes en van een els of duindoorn of olijfwilg
- vetvrije objectglazen (bewaren in brandspiritus of 70% ethanol)
- starmesjes
- entnaald
- methanol
- methyleenblauwoplossing, basische fuchsine oplossing of gentiaanviolet oplossing
- 0,1% sublimaat oplossing (mercuri(II)chloride HgCl_2)
- ethanol
- 1 % natrium-hypochloriet-oplossing ($\text{NaClO} \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$)
- plastic petrischalen voor eenmalig gebruik \varnothing 9 cm
- drosophila-kweekbuizen
- voedingsbodem van 250 ml grondextract, 2,5 gram manniet, 250 mg K_2HPO_4 en 4,5 gram agar of
voedingsbodem van 10 gram manniet, 100 mg gistextract, 1 gram K_2HPO_4 , 200 mg $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$, 3 gram CaCO_3 , 15 gram agar, 2,5 ml 1% congorood per liter gedestilleerd water
- zaden van klaver; dezelfde soort als de verse plantjes.

Vorbereiding en recepten:

1. Ontvetten van objectglazen
 - bereid een mengsel van kaliumdichromaat en zwavelzuur.
63 gram kaliumdichromaat $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (technisch) oplossen in 35 ml gedestilleerd water; daarna in kleine hoeveelheden en zeer voorzichtig in 960 ml geconcentreerd zwavelzuur 96% H_2SO_4 oplossen. Aangezien er gedurende het mengen een sterke warmteontwikkeling optreedt verdient het aanbeveling de mengbeker ondertussen af te koelen in een bak met stromend water.
 - het te ontvetten glaswerk moet minstens 72 uur (3 dagen) in dit mengsel verblijven. Eenvoudiger is het ontvetten in een zeepoplossing van Deconex of een ander synthetisch wasmiddel zoals Teepol.
 - daarna het glaswerk goed afspoelen met gedestilleerd water.
 - het glaswerk bewaren in brandspiritus of 70% gedenatureerde ethanol.

2. *Bereiding van kleurstoffen*

Löffler's methyleenblauw

- meng 1 ml 1% kaliumhydroxide (KOH) in water met 30 ml van een verzadigde oplossing van methyleenblauw in 95% ethanol (C₂H₅OH). De verzadigde methyleenblauwoplossing bevat 1,48 gram C₁₆H₁₈CIN₃S.x H₂O per 100 ml 95% ethanol.
- voeg aan het eerstgenoemde mengsel nog 100 ml gedestilleerd (steriel) water toe.
- filtreer voor gebruik het neerslag af.

Kristalviolet of gentaanviolet

- los 2 gram kristalviolet (hexamethylpararosanilinchloride, C₂₅H₃₀CIN₃) op in 20 ml 95% ethanol.
- voeg daarna toe 80 ml 1 % ammoniumoxalaat (NH₄)₂C₂O₄. H₂O) en meng goed.
- laat de kleurstofoplossing vervolgens 2 dagen (48 uren) rijpen en filtreer dan voor gebruik het gevormde neerslag af. Deze oplossing is enige maanden houdbaar.

3. *Zoutoplossingen*

Aangezien het afwegen van geringe hoeveelheden chemicaliën voor een liter sterk verdunde zoutoplossing moeilijkheden kan veroorzaken verdient het aanbeveling de hoeveelheden af te wegen voor 10 liter. Maak hiervan een meer geconcentreerde oplossing die men dan voor een klein deel kan gebruiken om sterk te verdunnen.

Stikstofvrij

- weeg af 350 mg calciumsulfaat CaSO₄.2 H₂O, 350 mg calciumhydrogeenfosfaat (mono-calciumwaterstoffosfaat, CaHPO₄.2 H₂O), 350 mg ferri(III)fosfaat FePO₄, 350 mg magnesiumsulfaat MgSO₄.7 H₂O en 13,6 gram kaliumchloride KCl.
- los deze chemicaliën op in 1 liter gedestilleerd water.
- neem hiervan 100 ml en vul dit met gedestilleerd water aan tot 1 liter.
- steriliseer deze zoutoplossing 15 min. bij 115° C (¾ atm.).

Met stikstof(nitraat)

- neem 100 ml van voornoemde geconcentreerde zoutoplossing en voeg daar aan toe 500 mg natriumnitraat NaNO₃.
- vul dit mengsel aan met gedestilleerd water tot 1 liter.
- steriliseer deze zoutoplossing 15 min. bij 115° C (atm.).

4. *Bereiding van de voedingsbodem*

Grondextract

- kook 1 kg tuingrond in 2 liter leidingwater gedurende 2 uren.
- laat de massa bezinken en decanteer de vloeistof.
- filtreer deze vloeistof daarna om zwevende delen te verwijderen.
- vul het filtraat met leidingwater aan tot 800 ml.

Voedingsbodem

- neem 250 ml grondextract, voeg hieraan toe 2,5 gram manniet (C₆H₁₄O₆), 250 mg di-kaliumhydrogeenfosfaat K₂HPO₄ en 4,5 gram agar. Laat de agar minstens 15 min. zwellen.
- verwarm het mengsel tot volledig oplossen (voorkom hierbij langdurig koken).
- steriliseer de oplossing gedurende 30 min. bij 120 °C.
- giet daarna de tot ongeveer 50 °C afgekoelde voedingsbodem uit in enige petrischalen.
- laat de petrischalen na verharding van de voedingsbodem in omgekeerde stand volledig afkoelen.

a. **Isoleren van Rhizobium**

Uitvoering:

Het *nauwkeurig steriel* uitvoeren van de volgende handelingen is in het bijzonder

noodzakelijk voor het maken van een reïncultuur. Wil men slechts een microscopisch preparaat maken dan is het steriel werken minder belangrijk.

- spoel het wortelstelsel van een vers uitgegraven klaverplantje zo lang in matig stromend water dat het schoon en vrij is van bodemdeeltjes.
- snijd er enkele stevige roze wortelknolletjes af met een scherp steriel (geflambeerd) scalpel of Starmesje, opvangen op een steriel filtreerpapiertje.
- breng de wortelknolletjes met een geflambeerde pincet over in een steriel drosophila-kweekbuisje half gevuld met 1% natriumhypochloriet-oplossing. Laat de wortelknolletjes hierin 3 min. liggen voor de sterilisatie van het oppervlak.
- breng de wortelknolletjes met een geflambeerde pincet over in een drosophila kweekbuisje half vol met steriel water. Sluit de buis met de wattenprop en schud de inhoud flink (zonder de wattenprop te bevochtigen).
- schenk het water af en vul de buis opnieuw met steriel water. Afsluiten en schudden.
- herhaal deze wasprocedure voor een derde maal
- probeer na het afschenken van het derde spoelwater de wortelknolletjes fijn te drukken met een met ethanol geflambeerde glasstaaf (laten afkoelen voor gebruik). Pas op voor breken van de bodem van het buisje of breken van de glasstaaf. Er komt een melkachtige vloeistof uit de wortelknolletjes.
- neem met een geflambeerd entoogje een hoeveelheid van deze vloeistof op en strijk dit zo uit op de voedingsbodem in een petrischaal dat er in de laatste sector geïsoleerde kolonies kunnen ontstaan.
- bebroed de beënte schalen in omgekeerde stand in een broedstoof van 26 °C.

b. Uitstrijkpreparaat van Rhizobium of Streptomyces

- neem een entoogje vloeistof van het uit het wortelknolletje geperste sap en breng dit over op de rechterzijde van een vetvrij objectglas.
- strijk het materiaal in één keer uit met een dekglasje of geslepen objectglas (zie Biothema 3, pag. 88) en laat het aan de lucht drogen. Het drogen kan men bevorderen door het preparaat hoog boven een bunsenbrander iets te verwarmen. Hierbij mag het preparaat nooit meer dan handwarm worden.
- fixeer het preparaat door het objectglas met de uitstrijk naar boven gericht snel een paar malen door het blauwe deel van de vlam van een bunsenbrander te halen. Hierbij mag het preparaat nooit zo heet worden dat het glas niet meer is aan te vatten. Bij een dergelijke temperatuur worden de bacteriën gedood, kleven zij goed aan het glas en vervormen de cellen nog niet. Is het objectglas te heet geworden dan is het beter om een nieuw preparaat te maken.
- druppel op het preparaat een methyleenblauw- of kristalviolet-oplossing en laat deze kleuring gedurende 2 min. inwerken.
- spoel de kleurstof af door de straal van het leidingwater op de achterzijde van het preparaat te richten.
- dep het preparaat voorzichtig droog op filtreerpapier.

Opdracht:

- 3.** Breng een druppel immersie-olie op de gekleurde uitstrijk en zoek in het preparaat met de grootste vergroting naar bacteriën.

c. Enten van klaver met Rhizobium

Uitvoering:

- neem met een geflambeerd entoogje een geïsoleerde Rhizobium-kolonie op en breng dit materiaal over in een (afgesloten) reageerbuis half gevuld met steriel water. Plaats de wattenprop terug op de buis en schud de buis zodat er een bacteriesuspensie van Rhizobium ontstaat.
- breng een hoeveelheid klaverzaden tot ongeveer 1 cm hoogte in een steriele reageerbuis en giet hier op zoveel 1% natriumhypochloriet-oplossing dat de zaden

- goed bedekt zijn, een druppel Teepal toevoegen; buis met wattenprop afsluiten. Laat voor een grondige oppervlakte-sterilisatie de zaden bij zwak omzwenken hier gedurende 3 min. in verblijven.
- was de zaden daarna in de reageerbuis grondig met steriel water. Vervang dit steriele water drie maal door decanteren.
- breng met een steriele spatel of steriele wijde Pasteurse pipet ongeveer de helft van de zaden over in de Rhizobium-suspensie. De rest wordt weer steriel afgesloten en gebruikt voor de blanco's.
- merk zes met inhoud gesteriliseerde reageerbuizen met de nummers 1 tot en met 6. De inhoud bestaat voor eenderde uit vermiculite en de buizen zijn afgesloten met een wattenprop.
- neem met een steriele wijde Pasteurse pipet enige klaverzaden uit de Rhizobium-suspensie op en breng ze over in buis 1 op de vermiculite. Herhaal dit voor buis 2. In beide buizen dienen evenveel zaden te worden overgebracht.
- gebruik voor buis 3 tot en met 6 niet beënte klaverzaden en breng ze op dezelfde wijze over echter met een nieuwe steriele Pasteurse pipet.
- bevochtig de vermiculite bodem in buis 1 tot en met 4 met enkele ml steriele stikstofvrije zoutoplossing. Breng in iedere buis evenveel ml zoutoplossing zonder dat de bodem daarbij te nat of oververzadigd wordt en toch alle vocht wordt geabsorbeerd. Er mag onder in de buizen geen vrije vloeistof aanwezig zijn.
- bevochtig op dezelfde wijze buis 5 en 6 met de steriele zoutoplossing met nitraat.
- sluit alle buizen met hun wattenprop af en plaats ze in het licht (geen direct zonlicht).

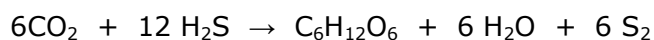
Opdrachten:

4. Maak een tabel, zet daarin alle gegevens van de zes buizen en noteer de waargenomen wijzigingen bij iedere controle.
5. Controleer wekelijks de buizen en voeg indien nodig nog wat zoutoplossing toe. Indien de kiemplanten gaan groeien kunnen de wattenproppen na 2 weken worden verwijderd.
6. Verwijder voorzichtig zo nu en dan een jong plantje. Teken de habitus, de aanwezigheid, de kleur en het aantal van de wortelknolletjes.

M-75 Zwavelbacteriën

a. Kweken van zwavelbacteriën

De aanwezigheid van zwavelbacteriën in een modderige sloot wordt meestal slechts opgemerkt aan de hand van de geur van zwavelwaterstofgas. Dit experiment dient om ze in een eenvoudig anaëroob milieu te kweken. Het toevoegen van extra organisch materiaal doet rotting ontstaan waarbij waterstofsulfide gevormd wordt. De purper-zwavelbacteriën verwerken deze stoffen volgens onderstaand reactieschema:



Ze zijn foto litho-autotroof door het bezit van bacteriochlorofyl en carotenoïden. De bacteriën van het geslacht *Chromatium* bezitten bacteriochlorofyl dat qua bouw overeenkomt met chlorofyl a. Het absorptiespectrum van dit pigment is echter meer verschoven naar het rode en infrarode gebied. Het heeft een absorptiemaximum tussen 800 en 900 nm. Hierdoor kunnen deze bacteriën voorkomen in water waaruit het voor groene wieren en blauwe wieren (cyanobacteriën) bruikbare spectrumdeel is gefiltreerd door een dichte drijvende laag eendekroos (*Lemna*) (zie pag. 106).

Benodigdheden:

- maatcilinder inhoud 500 ml
- modder uit een met kroos bedekte sloot
- stukmergpijp
- olijfolie (gesteriliseerd)

Uitvoering:

- vul de maatcilinder voor tweederde met modder die verder aangevuld wordt met slootwater.
- breng onder in de modder het stuk mergpijp.
- dek het vloeistofoppervlak af met een laagje olijfolie.
- zet de maatcilinder voor enkele weken op een warme plaats (ongeveer 30 °C) voor het venster in het directe zonlicht.

Opdrachten:

1. Controleer deze cultuur wekelijks op de aanwezigheid van rode of gele vlekjes tegen de glaswand.
2. Maak een microscopisch preparaat van een roodgekleurde bacteriënkolonie. De purperbacterie *Chromatium okenii* is groot; lengte 20 µm, breedte 5 µm en is gramnegatief. In de cel zijn zwaveldruppeltjes zichtbaar.

b. Reincultuur van zwavelbacteriën

Indien men *Chromatium okenii* in reincultuur wil kweken kan men hiertoe de volgende voedingsbodem bereiden.

Vorbereiding:

Zie M-86 en 87

- bereid de volgende twee oplossingen A en B

<i>oplossing A:</i>	<i>oplossing B:</i>
10 gram NaCl	12,76 gram Na ₂ CO ₃
2 gram NH ₄ Cl	6 gram Na ₂ S ₂ O ₃
1 gram KH ₂ PO ₄	0,2 gram EDTA
1 gram MgCl ₂	0,1 gram Na ₂ S-9H ₂ O
0,2 gram CaCl ₂	500 ml gedestilleerd water
- 1 ml oplossing van sporenelementen
- 9 ml geconcentreerd HCl
- daarna aanvullen met gedestilleerd water tot 500 ml
- De oplossing van sporenelementen bestaat uit de volgende ingrediënten:
 - 440mg ZnSO₄.7 H₂O
 - 240mg CaSO₄.7 H₂O
 - 13,5mg CuCl₂.2 H₂O
 - 16,5 mg MnSO₄.H₂O
 - 880 mg Na₂B₄O₇.10 H₂O
 - 110 ml Versenol-IJzer-oplossing
 - 890 ml gedestilleerd water
- De Versenol-IJzer-oplossing wordt op de volgende manier gemaakt: los 50 gram EDTA (Versenol) op in 500 ml gedestilleerd water, voeg 24,9 gram FeSO₄.7 H₂O toe. Verdun de oplossing tot 1 liter met gedestilleerd water. Blaas gedurende één nacht lucht door deze oplossing; de pH moet dan 9,7 zijn.
- steriliseer oplossing A en B apart in een autoclaaf en koel ze daarna af.
- voeg 1 ml geconcentreerd HCl toe aan oplossing A.
- giet vervolgens steriel oplossing B zeer langzaam bij oplossing A. De pH moet daarna liggen tussen 7,5 en 8,0.

Uitvoering:

- ent 10 ml van de bovengenoemde speciale voedingsoplossing in een cultuurbuis met een rode kolonie.
- sluit de voedingsvloeistof direct af met een laagje steriele olijfolie.
- plaats de geënte buizen in een reageerbuizenrek bij 30 °C in het directe zonlicht.

M-76 Ecologie en de mens

Het sterkste punt dat de primitieve mensachtige van ca. 1.000.000 jaar geleden bij zijn evolutie uit het dierenrijk moet hebben meegekregen, was dat hij geen specialist was. Hij kon niet — zij het erg goed - slechts één ding en verder niets, maar kon juist een aantal dingen tamelijk goed. Hij bezat reeds kenmerken als de opponeerbare duim, naar voren gerichte ogen, een omnivoor gebit en liep al grotendeels rechtop.

Andere kenmerken waren in ontwikkeling: intelligentie, zelfbewustzijn, communicatie (taal), samenwerken in groepsverband, vervaardiging en gebruik van werktuigen.

Dit alles verschafte deze oermens een zekere veelzijdigheid en onafhankelijkheid: zijn voortbestaan hing niet meer af van één niche in één ecosysteem, maar hij kon rondscharrelend in, en uitwijkend naar diverse ecologische habitats zoals bos, bomen, water, moeras en kust altijd wel voldoende voedsel verzamelen. Ongunstige seizoenen en natuurrampen konden beter overleefd worden.

Toch bleef het verlangen naar nog grotere onafhankelijkheid en telkens opnieuw zag de mens aanleiding om in de natuur in te grijpen:

1. Het optreden als verzamelaar in vele niches en habitats bracht hem in contact met soorten. De conflicten bleven niet uit. Richtte de vervolging zich eerst op soorten die de mens persoonlijk bedreigden - grote roofdieren, buffels, insecten, parasieten, slangen -, of als prooi - veelal vissen en herbivoren — dienden, later werden ook dieren die hem bij jacht of visvangst beconcurrerden zoals otters, bevers, watervogels, wolven, beren en andere grote roofdieren het slachtoffer.
2. De wens zich onafhankelijker te maken van het toevalselement in zijn voedselverwerving leidde tot *verkorting* van zijn toeleverende *voedselketens*: zo ontstonden *landbouw* en *veeteelt*, met minder gevaar, hogere opbrengsten en een grotere verscheidenheid aan producten.
In de rol van landbouwer en veeteler kon de mens opnieuw de hem omringende natuur niet ongemoeid laten. De natuurlijke vegetatie werd geroid, wilde herbivoren, knaagdieren, vogels en insecten bedreigden immers zijn gewassen, grotere herbivoren als bizens, wisenten en herten zijn weiden, en grotere carnivoren als beren, leeuwen, roofvogels zijn vee.

Vele van de bovenbeschreven menselijke ingrepen stopten bij het bereiken van een zekere *evenwichtssituatie*. Nadat de mens zich zijn levensruimte met voldoende opbrengst en veiligheid had bevochten, vereisten bewerking en handhaving hiervan zoveel tijd en energie, dat verdere bejaging van de nu schaars of veraf voorkomende schadelijke diersoorten niet meer lonend was.

Al vroeg deed de mens ecologische ontdekkingen en leerde hiervan te profiteren:

- in grote delen van Azië en Zuid-Amerika zaaiden landbouwers al twee tot drieduizend jaar geleden bonen vlak naast graankorrels. Het graan groeide beter en de oogst was groter. Men weet thans waarom.
- hekken, met doorndragende heesters en door toepassing van bepaalde snoeitechnieken extra dicht gemaakt, beschermden zowel vee als gewas tegen barre weersinvloeden en parasieten. De hekken wemelden immers van insectenetende (vogel-)soorten. Soortenrijkdom en stabiliteit gaan inderdaad altijd samen, weet de moderne ecooloog.

- hakhoutbosjes, aangelegd in de schaduw van grotere bomen, leverden rechtere takken, die bovendien sneller groeiden, dan soortgelijke bosjes in de volle zon.
- gewenste en geschikt wilde soorten werden door *domesticatie* onder menselijke controle gebracht. Uit deze *culturele selectie* door de mens ontstonden na een aantal generaties rassen met een voor een bepaald gewenst doel gunstige genencombinatie. Zo ontstonden onze huidige cultuurgewassen, huisdieren en vee, bijvoorbeeld het schaap (—11.000 jaar), rund en paard (beide —6.000 jaar), geit, varken en ook de hond (—8.000 jaar). Zie Biothema 6, pag. 195. Later zou blijken dat door overselectie en inteelt de vitaliteit en ziekteresistentie van cultuurrassen afneemt en de afhankelijkheid dus weer groter wordt.

Het gematigde en tamelijk milieuvriendelijke optreden van de mens bleef zelfs in landen waar de industrialisatie flink toenam, voortduren tot in de eerste helft van de twintigste eeuw. Na de Tweede Wereldoorlog is het menselijk ingrijpen in een stroomversnelling geraakt en door toename van zowel de omvang als de complexiteit ervan heeft dit ingrijpen het karakter van een conflict gekregen. Steeds duidelijker blijkt thans hoe het conflict mens-biosfeer enerzijds tot ontregeling, verstoring en aantasting van het leven op aarde leidt, en anderzijds gezondheid, welzijn en welvaart van de mensen vermindert of dreigt te verminderen.

76-I poogt de voornaamste menselijke conflicthandelingen op een rij te plaatsen, met hun gevolgen voor de biosfeer, 76-II toont de afhankelijkheid van de mens van het culturele milieu, 76-III toont waardoor de mens tot zijn biosfeervijandig gedrag is kunnen komen, 76-IV geeft een aantal redenen waarom de mens zijn gedrag beter zou kunnen wijzigen.

II. DE GEVAARLIJKSTE MENSELIJKE ACTIVITEITEN

A. Gebruik van fossiele brandstoffen

Bij de wereldwijde verbranding van benzine, olie, steenkool en aardgas komen onder meer in de biosfeer vrij:

CO₂: hiervan is de concentratie in de atmosfeer gedurende de laatste 20 jaar met 10-20% gestegen. Het staat vast dat CO₂ de door de aarde teruggekaatste zonnestralen tegenhoudt. Hiervan zou onder meer een 'broeikas-effect' met smeltend poolijs en dus een stijgend zeeniveau het gevolg kunnen zijn. De meeste van onze huidige steden en landbouwgebieden zouden als eerste onderlopen.

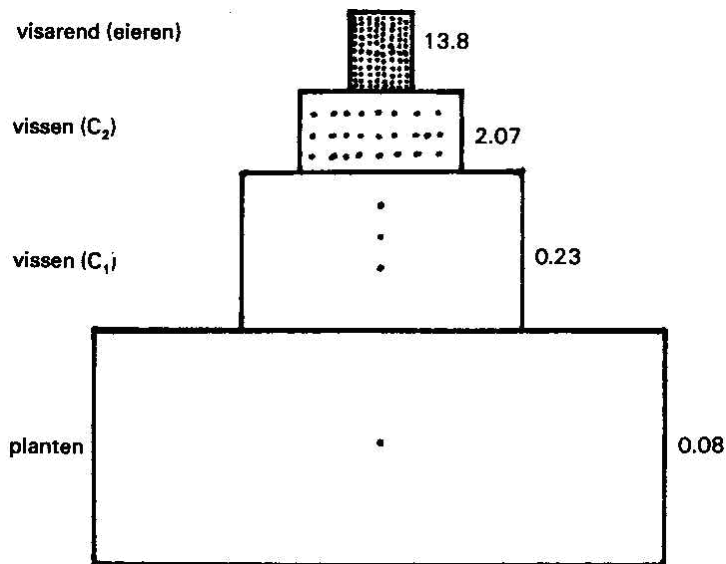
lood: als anti-klop middel aan benzine toegevoegd slaat dit metaal na de verbranding rondom autowegen neer. De giftigheid van lood is onder meer aangetoond door bloedafwijkingen. Vermoedens bestaan omtrent storingen in hersen- en zintuigfuncties.

zwaveldioxide (SO₂): Uit veel soorten steenkool en aardolie. Veroorzaakt onder meer ademhalingsstoornissen en tast gebouwen aan. De SO₂-uitworp in West-Europa blijkt via de wind in Scandinavië terecht te komen, en heeft als zwavelzuurhoudende neerslag de levensgemeenschappen in sommige meren volledig gedood (zie pag. 245, fig. 96).

stikstofoxiden (NO en NO₂): deze gassen zijn onderdeel van fotochemische 'smog' boven steden en bevorderen infecties, storingen en kanker aan de ademhalingsorganen.

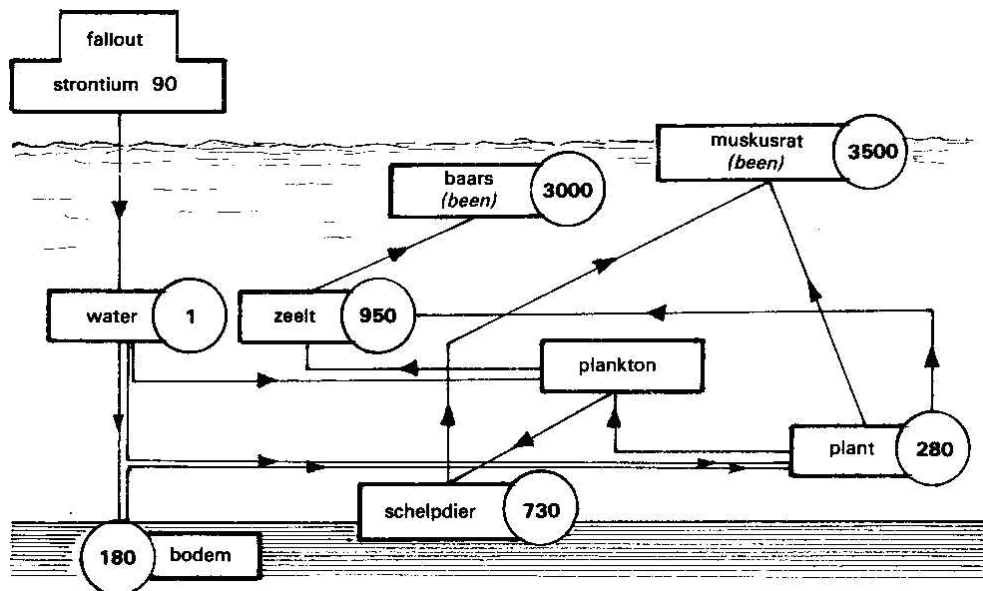
B. Het lozen van afval

Zowel vanuit huishoudens als industrie wordt afval in de biosfeer gebracht. Juist door lozing in beweeglijke elementen als water en lucht verwachtte men zowel een snelle afvoer als een veilige verdunning. De eerste verwachting kwam uit: vrijwel geen plek op aarde is thans niet verontreinigd! De tweede verwachting kwam niet uit: na aanvankelijke verdunning worden veel chemicaliën door organismen opgenomen en onvermijdelijk geconcentreerd in de hogere trappen van voedselketens (zie I-D).



Figuur 91. Piramide van biomassa van een voedselketen uit de biocoenose van de kust van Long Island. Rechts: de hoeveelheden DDT in ppm in de weefsels van deze organismen. Zwarte stip = 1 ppm DDT. De hoeveelheid DDT is in de eieren van de visarend 172 maal zo groot als in de planten. Uitgaande van plankton in dit voedselweb (0,04 ppm DDT) is de hoeveelheid ppm DDT in deze eieren 345 x, in sterns 160 x, in zaagbekken 570 x, in reigers 89 x, in aalscholvers 660x en in zilvermeeuwen 1887 x zo groot. Er is enig verlies van DDT per tropisch niveau door excretie: bij de geep 1 ppm, bij zandspiering 2 ppm en bij de visarend geen verlies. (gewijzigd naar Woodwell 1967 en Sutton en Harmon 1973).

Figuur 92. Accumulatie van radioactief strontium in een biocoenose van zoetwater. Hoeveelheden gegeven in ppm. (gewijzigd naar Ophel, 1963).



Bovendien is gebleken dat zogenaamde 'toelaatbare' of 'veilige doses' in feite vaak niet bestaan!

De *meeste zoete oppervlaktewateren* zijn thans overbemest of dreigen dit te worden. Vaak gaat dit gepaard met explosieve algengroei, gevolgd door rotting en afsterven van de meeste hogere levensvormen door zuurstof gebrek. Zulk water bevat o.m. methaanbacteriën (stank) en boterzuurbacteriën (botulisme), en is voor iedere vorm van gebruik zoals drinkwater, landbouw, recreatie en koeling ongeschikt. Sterk vervuילend zijn in dit opzicht *fosfaten* (o.a. uit wasmiddelen) en *nitraten* (o.a. uit uitgespoelde kunstmest).

Van de meeste *oceanen* zijn juist de voor visvangst zo geschikte randzeeën het ernstigst verontreinigd: rivieren brengen vuil mee (Rijn) en er wordt afval in gedumpt met opzet of per ongeluk. De betekenis van de oceanvervuiling begint thans door te dringen: men ontdekte onlangs dat 1 ppm (= part per million) DDT in zeewater de fotosynthese-activiteit van mariene algen met 75% verminderde! Dit terwijl naar schatting 50% van alle fotosynthese op aarde zich in de zee afspeelt! Het buitengewoon zuivere bodemwater, waaruit vooral in dichtbevolkte gebieden drinkwater gewonnen wordt, wordt bedreigd door zgn. *diepwellozingen* van chemisch en nucleair afval.

C. Radioactiviteit

Het leven op aarde ondergaat een zwakke natuurlijke radioactieve straling (uit de kosmos en uit bodemgesteenten) en schijnt zich hieraan aangepast te hebben. Het ongeveer 40-jarige gebruik van radioactief materiaal heeft geleerd dat:

- radioactieve isotopen snel in de biosfeer verspreid kunnen worden, ook hierbij een veilige dosis eigenlijk niet bestaat,
- de schade niet alleen de bestraalde, maar ook latere generaties treft, doordat schade via gameten wordt doorgegeven.

Energieopwekking m.b.v. kerncentrales blijkt onbetrouwbaarder dan gedacht, of een veilige opslag van het geproduceerde radioactieve afval ooit mogelijk zal zijn is twijfelachtig. Gezien de lange tijd waarin vele isotopen blijven stralen (tien- tot honderd-duizenden jaren!), lijkt thans geen enkele plaats op aarde stabiel genoeg om zulke stoffen **zo** lang buiten de biosfeer te houden!

De beveiliging van kerncentrales, hun brandstof en hun afval tegen aanslagen zal zo preventief moeten zijn, dat **iedere** burger als een potentiële terrorist behandeld zal moeten worden. Of zo'n 'plutoniumstaat' nog menselijk geluk en vrijheid toelaat?

(Robert Jungk, 1978)

Kerncentrales dienen **gekoeld** te worden. Dit kan o.m. met zoet oppervlaktewater, dat hierna **warm** teruggelooosd wordt. Het is duidelijk dat zulke a-biotische ingrepen bestaande aquatische levensgemeenschappen totaal kunnen ontwrichten. Vestiging van ongewenste soorten (methaanbacteriën) of pathogene soorten (boterzuurbacteriën, tropische parasieten) wordt dan waarschijnlijk. De naam thermische verontreiniging is dan ook terecht!

D. Gebruik van persistente middelen

Dat het gebruik van *biociden* (leven dodende stoffen) nodig kan zijn, valt nauwelijks te betwijfelen. Voedsel, hout, verpakkingsmateriaal, kleding, planten, dieren en uiteraard ook de mens zelf, kunnen door talloze organismen onbruikbaar of ziek gemaakt worden. De FAO schat dat van de wereld voedselopbrengst jaarlijks 20-50% door schimmels, insecten, knaagdieren etc. verloren gaat! De schade die allerlei samenlevingen door chronische ziekten (malaria) en epidemieën (griep, cholera) lijden, is eenvoudig niet te becijferen!

Dit alles kan echter het gebruik van persistente biociden niet rechtvaardigen. Deze stoffen zijn nl. **niet** (of langzaam) **afbreekbaar** en zetten derhalve hun werking na de toepassing voort op **andere** plaatsen, tegen **onbedoelde soorten**, gedurende **vele jaren** en **buiten** iedere controle! Hierbij komt dat vele van deze stoffen na opname



Het natuurmonument 'Brede water' op Voorne. Het rijkste duingebied van West-Europa en voortdurend bedreigd door vele plannenmakers. (Naar een dia van J. Marquenie).

Vochtig duinberkenbos in het natuurmonument 'Brede water' op Voorne. (Naar een dia van J. Marquenie).



een lichaam nauwelijks verlaten. Ieder opgenomen molecuul moet dus opgeteld worden bij alle reeds eerder opgenomen, opgehoopte doses! Dit verschijnsel staat los van het eerder gesignaleerde ophopingeffect in voedselketens. Het lichaam van Zuidpoolpinguïns bevat DDT en PCB's van een ander continent (fig. 91 en 92). Persistent en giftig is ook een grote groep (zware) *metalen* zoals bijv. arseen (As), lood (Pb), cadmium (Cd), kwik (Hg), seleen (Se), evenals *cyanide* (CN⁻) en *aromatische cyclische koolwaterstoffen*. Deze stoffen werden na gebruik in industriële processen (verfbereiding, fotografie, drukken, metaalbewerking etc.) geloosd of (soms clandestien) gestort. Persistente gifstoffen zijn duidelijk strijdig met het *kringloopkarakter* van de biosfeer en vereisen een zelfde zorgvuldige behandeling als radioactieve stoffen!

E. Ontbossing

Nadat in voorbije eeuwen de meeste subtropische gebieden ontbost zijn, wordt thans in vrijwel alle *tropische* gebieden het *tropisch regenwoud* snel aangetast t.b.v. brandstof- en bouwmaterialvoorziening. Hoewel hout een *organische* en *vernieuwbare* hulpbron is, en het gebruik van hout hierom toe te juichen valt, is het huidige tempo van de houtwinning om verschillende redenen zorgwekkend:

- een tropisch regenwoud is het climaxstadium van een successie die enkele miljoenen jaren geduurd heeft. Zo'n woud heeft derhalve een grote stabiliteit. Het is zelfs zo stabiel, dat het zichzelf in stand houdt, ondanks de onvruchtbare bodem waarop het zich bevindt, en het huidige, eigenlijk ongunstige klimaat. Dit betekent dat het zich niet uitbreidt en na ontbossing niet meer terugkomt. De overgebleven tropische oerwouden zijn onvervangbaar!
- het gigantische verlies aan vegetatie heeft - naar thans duidelijk wordt - rampzalige gevolgen voor de waterhuishouding in uitgestrekte tropische gebieden. De 'sponswerking' van het bos stopt en het grondwaterpeil daalt met alle gevolgen voor de drinkwatervoorziening, landbouw, veeteelt, riviervisvangst en -scheepvaart. De nu blootgekomen bosbodem valt snel ten prooi aan de felle zon en aan moessonregens en verdwijnt: *of* als stofstorm *of* als modderstroom, onderweg naar zee overstromingen en aardverschuivingen veroorzakend. De kaalgeërodeerde rotsbodem blijft achter, 'green jungle' is vervangen door 'red desert'.
- geografen en meteorologen verwachten *klimatologische* veranderingen op wereldschaal. Met name het Amazonegebied, dat Brazilië graag zou willen ontginnen, heeft vermoedelijk een belangrijke positie.

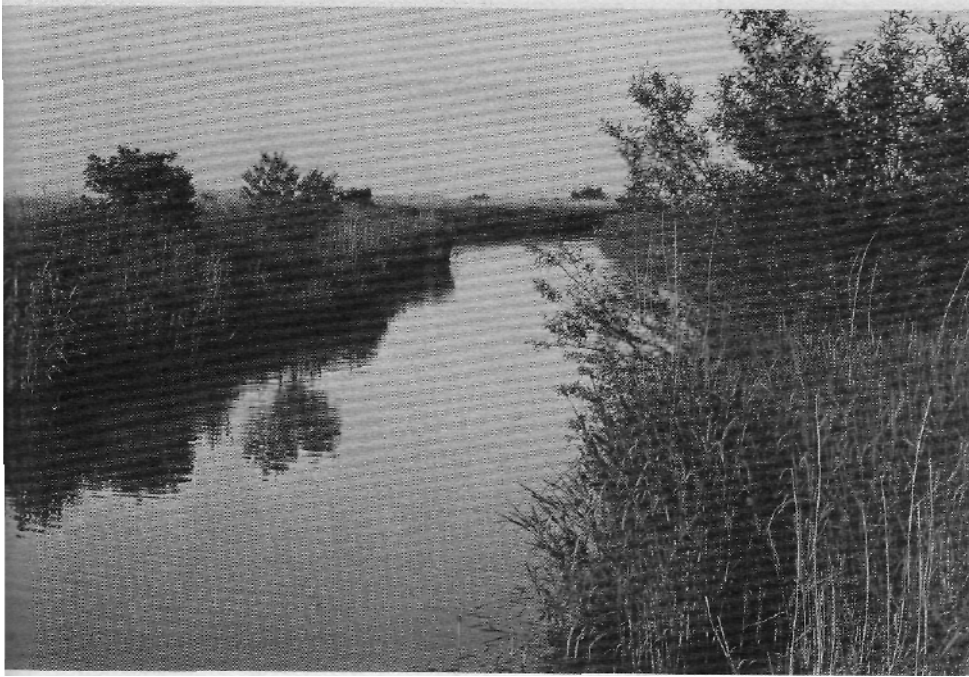
F. Aantasting van biotopen en populaties

De ecologie heeft aangetoond dat iedere soort afhankelijk is van andere soorten, en dat ingrijpen in één populatie voor andere populaties gevolgen heeft. Meestal is onbekend welke gevolgen, waar, hoe en wanneer. In ieder geval betekenen vele populatieaantastingen een verschuiving naar *instabiliteit* van de *gehele biosfeer*. In het geval van *uitroeijing* van een soort is de schade *onherstelbaar*!

Naast *traditionele* oorzaken van verdwijning (plezierjacht, handel in exotische soorten, verzamelhoede etc.) worden de meeste soorten tegenwoordig bedreigd door *biotoopvernietiging*. Dit kan gebeuren door *ruimtelijke ingrepen* (ontbossing, ontginning, ontwatering, drooglegging, verzilting, ontbladering, verkaveling, stedenbouw en wegeaanleg), door gebruik van *kunstmest* of door *gifstoffen*. Deze laatste zijn immers a-biotische veranderingen.

De constatering dat sedert 1600 112 zoogdiersoorten (= ca. 3% van de toen levende soorten) en 94 vogelsoorten (= ruim 1% van de toen levende soorten) uitgestorven zijn, geeft niet de ernst van de situatie weer. Er blijkt niet de *versnelling* uit die er is: vele honderden soorten dreigen binnenkort *voorgoed* van deze planeet te verdwijnen.

De orang-oetan (Java), de tijger (Azië), de gorilla (Afrika), de poema (Amerika) en de blauwe vinvis (het grootste dier dat ooit op aarde leefde) zijn slechts enkele van de talloze soorten waarvan de wereldpopulatie tot enkele tientallen (of soms minder) exemplaren geslonken is.



Onze rivieren behoren omzoomd te zijn met gorzen doorsneden met kreken.
Kreek in de Beningergors aan het Haringvliet. (Naar een dia van J. Marquenie).

Eiken-berkenbos van de diluviale gronden. Hoge Veluwe (Maar een dia van J. Marquenie).



De Nederlandse flora omvatte 1350 soorten hogere planten. Hiervan verdwenen er na 1900 48; 700 andere zijn in gevaar.

Tragisch is dat vaak niet zozeer de oudere exemplaren, maar kiemplanten, jongen en/of het voortplantingsproces de kwetsbare schakels blijken te zijn. Veel soorten stellen voor de voortplanting hogere eisen aan hun habitat dan buiten het voortplantingsseizoen.

Bij de slechtvalk vermindert DDT de vruchtbaarheid van oude vogels, maar ook de eischaalsterkte. Broedende vogels drukken zelf hun jongen dood!

II. DE MENS ALS AFHANKELIJKE VAN ZIJN CULTUURLIJKE MILIEU

A. Het cultureel-biotische milieu

Veel wilde soorten planten en dieren verdwenen, tengevolge van bovengenoemde vervolgingsdrift, uit de omgeving van de mens. Wat in die menselijke omgeving overbleef waren soorten die:

- **in** of **op** het menselijk lichaam een habitat hebben en dus als *symbiont* voorkomen, bijvoorbeeld darm- en huidbacterieflora.
- nog niet schadelijk bevonden waren of zelfs gewenst werden bijvoorbeeld ooievaar, boerenzwaluw.
- grote aantallen nakomelingen produceren en/of een korte generatieduur hebben, bijvoorbeeld vlooiën, luizen, sprinkhanen, - ratten en muizen.
- te klein waren om gezien (en dus vervolgd) te worden, bijvoorbeeld micro-organismen, sporen en eieren van kleinere macro-organismen.
- in de cultureel-biotische omgeving rond de mens (woning, stad, kleding, voedsel, afval) een optimaal milieu aangetroffen, of in deze omgeving telkens opnieuw door geschikte *vectoren* (overbrengers) werden aangevoerd. Soms fungeren huisdieren, vee en planten als vector: honden, schapen en rundvee kunnen de mens in contact brengen met diverse soorten *lintwormen*. Recent is de toename van *rabiës* (hondsdolheid): katten en honden bleken dit virus op te pikken bij wilde soorten en bij de mens te brengen. In 1930 stierven in W.-Europa ca. 160 mensen aan de virusziekte *psittacosis* (papegaaizenziekte), welke via papegaaien en parkieten uit Brazilië geïmporteerd bleek te zijn.

Door *soortenarmoede* te creëren omgaf de mens zich - zoals wij thans weten - met een ecologisch instabiel milieu. Vele van de bij de groepen 1 t/m 5 genoemde soorten profiteerden van de afwezigheid van steeds meer natuurlijke vijanden en vertoonden soms explosieve populatievergrotingen: plagen en epidemieën. Tabel 53 bevat de belangrijkste organismen uit de groepen 1 t/m 5 waarmee de mens directe ecologische relaties heeft of kan hebben. Op groep 1 wordt iets dieper ingegaan.

(ad 1) Altijd aanwezige symbionten van de mens

Meestal is sprake van *mutualisme* of *commensalisme*:

- de bacterie *Escherichia coli* uit de dikke darm kan vitamine K maken, dat na resorptie de lever in staat stelt het stollingseiwit fibrinogeen te produceren en aan het bloed af te geven.
- op of in onze huid en sommige slijmvliezen (luchtwegen, mond, vagina) blijken bacteriën een barrière tegen lichaamsvreemde micro-organismen te vormen (zie pag. 234).
- de bacterieflora op ons gebit heeft in wezen een *reinigende functie*. Dat zij *tandbederf* (plakvorming, zuurvorming en ontkalking van de tanden) veroorzaakt schijnt voort te vloeien uit de enorme consumptie van *saccharose* (riet/bietsuiker) in vele landen.

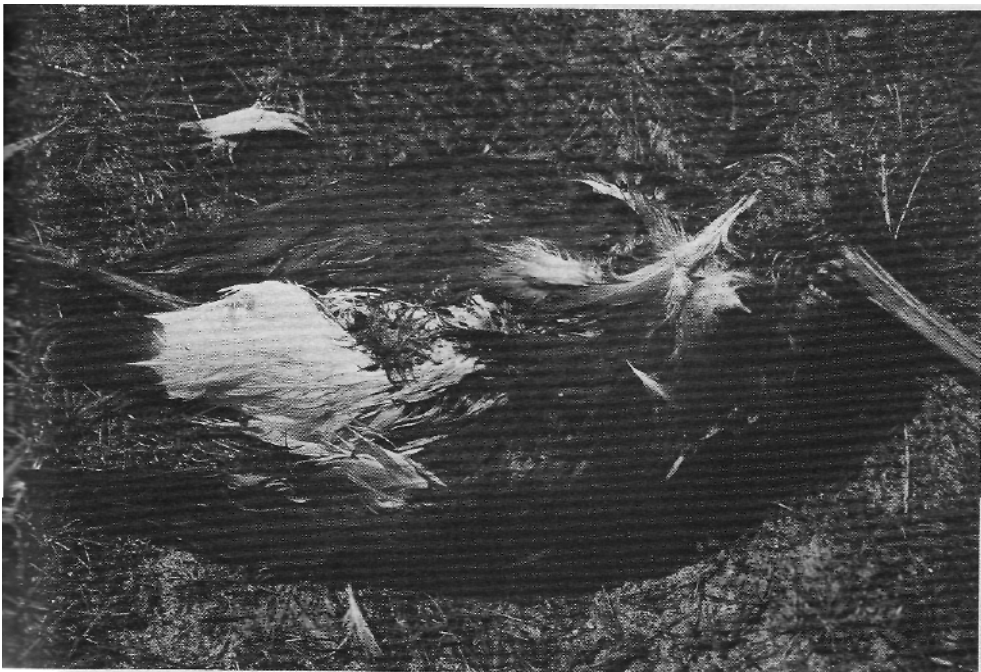
ad 2 t/m 5 Facultatief aanwezige symbionten

Deze soorten kunnen de mens aangrijpen bij verzwakte lichamelijke afweer (ondervoeding, oververmoeidheid, afkoeling etc.) of bij slechte hygiëne. Soms kunnen dan *commensalen parasitair* worden, bijvoorbeeld *Escherichia coli*.



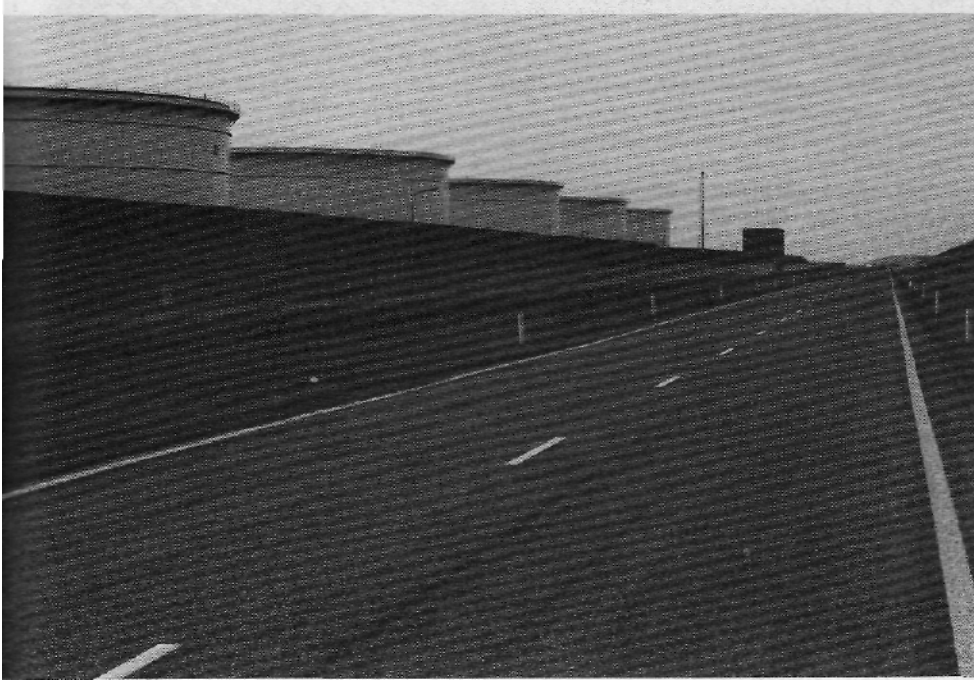
Staatsnatuureservaat 'Rammekenshoek' op Walcheren. Luchtverontreiniging van het industriegebied 'Het Sloe', eens een prachtig natuurterrein. (Naar een dia van J. Marquenie).

Scholekster, een stookolieslachtoffer. Jaarlijks gaat er op zee 10 miljoen ton olie verloren, waardoor gehele populaties - niet alleen van vogels - dreigen te verdwijnen. (Naar een dia van J. Marquenie).



Tabel 53

Groep	Geslacht/soort	Activiteit/effect
Virussen		griep, mazelen, rode hond, verkoudheid, pokken, bof, mond- en klauwzeer, hondsdoelheid, gordelroos, waterpokken, geelzucht, kinderverlamming, psittacosis (papegaaizenziekte)
Bacteriën (coccen)	Neisseria meningitidis Neisseria gonorrhoeae Pneumococcus sp. Streptococcus sp. Staphylococcus aureus Staphylococcus sp.	meningitis (nekkrimp) gonorrhoe longontsteking roodvonk steenpuisten impetigo (huidziekte)
(bacteriae)	Bacillus anthracis Clostridium tetani Clostridium sp. Corynebacterium diphtheriae Escherichia coli Mycobacterium leprae Mycobacterium tuberculosis Pasteurella pestis Salmonella paratyphi Salmonella typhi Shigella sp. (o.a. S. shigae)	miltvuur tetanus (stijfkramp) gangreen difterie urine­weginfecties lepra tuberculose pest paratyfus tyfus dysenterie
(spirillen)	Leptospira icterohaemorrhagiae Spirochaeta (=Treponema) pallida Vibrio cholerae	ziekte van Weil syphilis cholera
Schimmels	Achorion sp. Microsporium audouini Oidium (= Candida) albicans Trichophyton interdigitale	favus (klets­kop) ringworm (huidziekte) spruw voetschimmel
Protozoa (rhizopoda) (flagellatae) (sporozoa)	Amoeba sp. Trypanosoma sp. Plasmodium sp.	amoebendysenterie Afrikaanse slaapziekte soorten malaria
Wormen (nematoda)	Ascaris sp. (spoelworm) Oxyuris sp. (aarsmade) Trichine sp.	darmparasiet darmparasiet darmparasiet
(cestoda)	Taenia solium (gewapende lintworm) Taenia saginata (ongewapende lintworm) Taenia echinococcus (hondenlintworm)	darmparasiet darmparasiet blaasworm in organen
Geleedpotigen (spinachtigen)	Ixodes ricinus L. (teek) Sarcoptes scabiei L. (schurftmijt)	bloedzuigend bloedzuigend; eet huid; schurft (scabiës)



Olieterminal op de plaats waar eens het wereldberoemde natuurmonument 'De Beer' was. Natuurmonumenten zijn helaas nog steeds de goedkoopste grond voor industrieën. Goedkoop kan wel eens duurkoop blijken te zijn. (Naar een dia van J. Marquenie).

Krachtcentrale op de Maasvlakte, die behalve de lucht verontreinigt ook nog voorzien is van kilometerslange rijen hoogspanningskabels. De energiebehoefte van een moderne maatschappij groeit exponentieel en is door de grootschaligheid waarmee alles uitgevoerd wordt, een bedreiging voor het milieu. (Naar een dia van J. Marquenie).



Tabel 53, vervolg

Groep	Geslacht/soort	Activiteit/effect
(insecten)	Cimex lectularius L (bedwants)= (wandluis)	Bloedzuigend
	Pediculus capitis Leach (hoofdluis)	bloedzuigend
	Pediculus vestimenti Leach (kleerluis)	bloedzuigend; vector vlektyfus
	Phthirus pubis L. (schaamluis)	bloedzuigend
	Pulex irritans L. (mensenvlo)	bloedzuigend
	Xenopsylla cheopis (rattenvlo)	bloedzuigend; vector pest
	Culex pipiens L. (steekmug)	bloedzuigend
	Anopheles maculipennis Mg. (malariamug)	bloedzuigend; vector malaria
	Theobaldia annulata Schr. (steekmug)	bloedzuigend
	Stomoxys calcitrans L (steekvlieg)	bloedzuigend
	Glossina morsitans (tsé-tsé-vlieg)	Afrikaanse slaapziekte

Veel groter is het aantal soorten dat de mens *indirect* kan beïnvloeden.

Een greep hieruit;

Land- en bosbouw kunnen schade ondervinden van o.m. TMV-virus, aardappelmoehheid, boomkanker, wortelrot, aaltjes, bladluizen, konijnen.

Vee en huisdieren van o.m. varkenspest, mond- en klauwzeer, schurft en darmparasieten.

Kleding en andere dierlijke en plantaardige vezelproducten kunnen aangetast worden door kleermot, mijten en de tapijtkever.

Voedsel kan gegeten resp. verontreinigd worden door bacteriën, gisten, schimmels, kakkerlak, meeltor, ratten en muizen.

Houten constructies kunnen verzwakt worden door schimmels, houtworm, termieten, boktor (m.n. Hylotrupes soorten).

Wegen kunnen ondergraven worden door muizen en konijnen, *oevers* en *waterkeringen* door de muskusrat (*Ondatra zibethicus* L).

B. Het cultureel a-biotische en sociale milieu

Zoals in A is uiteengezet, gaat er vanuit de mens een aanzienlijk pakket invloeden uit op de aardse biosfeer. Het zal duidelijk zijn dat de mens - zijnde een onderdeel van die biosfeer - hierdoor zijn eigen bestaansmogelijkheden aantast. De CO₂-toename in de atmosfeer, de vervuiling van de oceanen, de verspreiding van radioactieve en persistente gifstoffen en de woestijnvorming zijn hiervan voorbeelden, ook al is thans nog niet altijd duidelijk waartoe deze invloeden zullen leiden. Verder is duidelijk dat in de wederzijdse relatie mens-biosfeer biotische en a-biotische invloeden vaak nauwelijks te scheiden zijn. De onder A toegelichte invloeden kunnen hier verder onbesproken blijven.

Enkele invloeden verdienen speciale aandacht omdat zij de mens in zijn lichamelijk, psychisch en/of sociaal functioneren belemmeren, en omdat de mens door zijn specifieke cultureel levenswijze aan deze invloeden intensiever of langduriger is blootgesteld.

Veel wijst erop dat zulke belemmeringen niet alleen kunnen voortvloeien uit een **gebrek** aan welvaart, maar ook uit een **overmaat** aan welvaart.

1. Voeding en levenswijze

Ondervoeding kan voorkomen als gevolg van armoede, schaarste of sociale oorzaken (verwaarlozing, slanke-lijn mode). Behalve dat de *calorische inhoud* onvoldoende is, is meestal ook de *samenstelling* van het voedsel onvolledig. Zo ontstaan een verminderde *afweer*, *verminderde prestaties* en *deficiëntie* (= gebreksziekten). Bijv. hypo- en avitaminosen als beri-beri (vit. B₁), scheurbuik (vit. C), rachitis (vit. D), bloedarmoede (Fe⁺⁺), kwashiorkor en hongeroedeem (proteïnen).

Overvoeding is, blijkens waarnemingen in Rijke Landen, evenmin onschuldig. Het kan leiden tot hart- en vaatziekten, zwaarlijvigheid, kortademigheid, leverkwalen, tandbederf en (vermoedelijk) suikerziekte. Speciaal gevoelig hiervoor zijn mensen die door beroep of levenswijze te weinig aan spierarbeid of lichaamsbeweging doen. Veel voedsel in Westerse landen is *geraffineerd*, d.w.z. fabrieksmatig van vezelstructuren, vitaminen en sporenelementen ontdaan, terwijl er kunstmatige smaak-, geur-, kleur-, vul-, emulgeer- en stabiliseermiddelen aan kunnen zijn toegevoegd. Hieruit kunnen weer aparte storingen voortvloeien, bijv. obstipatie, allergieën, vitaminegebrek etc. Het veel als verpakkingsmiddel gebruikte plastic polyethyleen zou volgens bepaalde onderzoeken kankerverwekkende groepen aan zijn inhoud afgeven.

Ecologisch gezien eindigen veel voedselketens in de mens, hij is hierin dus consument van de hoogste orde. Het is dus duidelijk dat via deze ketens vele, door de organismen van lagere orde opgenomen chemicaliën, in het dieet van de mens terechtkomen, en dus, geconcentreerd, in de stofwisseling van mensen.

2. Chemische invloeden uit het menselijk milieu

Het industrialisatieproces heeft met zich meegebracht de winning, productie, bewerking, opslag, transport, toepassing en lozing van tienduizenden chemicaliën, die nooit eerder of slechts uiterst verdund, in de biosfeer voorkwamen. Deze chemicaliën, zgn. *xenobiotica*, zijn thans dermate wijdverbreid in lucht, water, bodem van het menselijk leefmilieu, alsmede in voedsel, kleding en werktuigen aanwezig, dat voldoende ervaringen zijn opgedaan om enkele conclusies te rechtvaardigen:

- vrijwel alle *xenobiotica* veroorzaken schade aan organismen, inclusief de mens. Immers, hoe hoog of hoe laag de dosis waarbij schade optreedt ook is, in de bestaande situatie gaat de toepassing en verspreiding zo lang door tot die schade waarneembaar is en een stof verdacht wordt
- of het hanteren van 'toelaatbare doses', ADI's (*acceptable daily intake*) etc. geoorloofd is, is twijfelachtig. Vele chemicaliën hebben immers een hoge persistentie, accumuleren in het menselijk lichaam of dringen uit bronnen hetzelfde individu binnen. De burger verliest zo iedere kijk op de *werkelijke* dosis waaraan hij is blootgesteld (fig. 91 en 92).
- chemicaliën kunnen zowel op fysisch als chemisch niveau in iedere stap van metabolische reactieketens ingrijpen, resulterend in een onoverzienbare scala van storingen in zowel het lichamenlijk als geestelijk functioneren van de mens.
- de kennis van de *normale* biochemie van de mens is soms te gebrekkig om het effect van een xenobioticum snel te kunnen beoordelen. Soms is *biotransformatie* geconstateerd: een op zich weinig giftige stof wordt *in* het lichaam omgezet in een veel giftiger verbinding, bijv. nitriet → nitrosamine en parathion → paraoxon. Proefdierexperimenten, zoals vaak gebruikt door fabrikanten van geneesmiddelen, bestrijdingsmiddelen en cosmetica, geven vaak onvolledige informatie m.b.t. giftigheid voor de mens. Vaak is bijv. de kankerverwekkende invloed van een stof sterk soortspecifiek. Het *Softenon-drama* (1961) kon plaatsvinden doordat de mens voor de bewuste stof thalidomide 400-700x gevoeliger bleek dan de als proefdier gebruikte hamster!
- het leggen van een oorzakelijk verband tussen storing en xenobioticum, mede door de hiervoor genoemde conclusies, is soms buitengewoon moeilijk. Soms treden *snel* na de opname van de stof duidelijke effecten op (dood, pijn, kramp, braken, diarree, afwijkende urine etc.). In zo'n geval is de stof makkelijk als gif herkenbaar. Dit is niet het geval bij *mutagene* stoffen (ieder gen kan muteren, effecten totaal verschillend en pas na lange tijd zichtbaar), *carcinogene* stoffen (een kankergezwell kan pas na tientallen jaren opgemerkt worden) en *teratogene* (vruchtbeschadigende) stoffen (effect afhankelijk van stadium van de zwangerschap, leidt soms tot een miskraam).

Het is in dit verband ondoenlijk alle schadelijke effecten met hun veroorzakende chemicaliën weer te geven. Men raadplege hiervoor werken op het gebied van de milieuhygiëne en -toxicologie. Een kleine greep echter ter illustratie:

- SO₂, N-oxiden: ademhalingsstoornissen (zie M-82);
- gechloreerde koolwaterstoffen (DDT, PCB's): beïnvloedt werking zenuwstelsel, carcinogeen;
- kwik (als dimethylkwik): verlaagt hersengewicht; vermindert geestelijke functies, bloed afwijkingen;
- cadmium: kalkverlies uit botten, verhoging bloeddruk, nierbeschadiging.
- lood: bloedafwijkingen, foetale beschadiging hersenfuncties.

3. Fysische invloeden uit het menselijk milieu

Hier zijn onderscheidbaar:

- *radioactiviteit*. Zie hiervoor ook I-C. Radioactiviteit is bewezen mutageen, carcinogeen en teratogeen te zijn. De bronnen van radioactieve straling, isotopen, bestaan soms kort, maar kunnen afhankelijk van de soort, een zeer grote persistentie hebben (fig. 92).
- *relatieve luchtvochtigheid*. De meeste centraal verwarmde ruimten bezitten een te lage relatieve luchtvochtigheid. Hierdoor drogen slijmvliezen van oog en luchtwegen uit en ontstaat een verhoogde kans op irritaties, verkoudheden en allergische reacties.
- *geluidhinder*. Hiervan zijn fysiologische zowel als psychosomatische gevolgen waargenomen. Vanaf akoestische prikkels van 60 dB (decibel) kunnen hoofdpijn, slapeloosheid, gebrek aan eetlust en onlustgevoelens optreden. Vanaf 70-90 dB zijn veranderingen in de bloeddruk, hart- en ademfrequentie aangetoond, vermindering van het gehoor en zelfs tijdelijke of blijvende doofheid.

4. Stress

Geestelijke inspanning en belasting schijnen, althans voor kortere perioden, de mens te activeren en zijn vindingrijkheid en zelfvertrouwen te bevorderen. Treedt zo'n belasting te vaak of te langdurig op, dan vermindert het 'zich welbevinden' en kunnen op den duur lichamelijke klachten ontstaan als maagzweren, hoge bloeddruk, slapeloosheid, concentratieverlies etc. Onze welvarende levenswijze lijkt zulke chronische stresssituaties te bevorderen. Oorzaken kunnen zijn van persoonlijke aard (hebzucht, status, onverdraagzaamheid), van sociale aard (haast, verplichtingen), of van fysisch/chemische aard (geluidshinder).

De *ecologie van de mens* is, blijkens deze en voorgaande paragrafen, duidelijk identiek met de *gezondheidsleer* van de mens.

C. Het ontstaan van de huidige ecologische crisis

1. Oude gewoonten

Ook de primitieve mens greep in de natuur in. Hij deed dit op kleine schaal en gebruikte natuurlijke materialen. Hij was van de natuur afhankelijk en leerde door schade, schande en waarneming welke handelingen hem voordeel brachten en welke nadeel.

Het bleek hem bijvoorbeeld dat water korte tijd na een verontreiniging 'vanzelf' weer schoon werd, en zo voor vele functies geschikt bleef. Hieruit ontstonden tradities inzake de vestiging van nederzettingen en huizen, wateraanvoer, riolering, hygiëne etc. Toen in de 20e eeuw dit 'zelfreinigend vermogen' door wijziging in aard en hoeveelheid van het afval tekort ging schieten, bleek hoe hardnekkig zulke - op zich primitieve - maatschappelijke gewoonten eigenlijk zijn! Soortgelijke ontwikkelingen deden zich vaker voor: populaties verkleinen, rooibouw plegen, ontbossen etc., leverden aanvankelijk **geen**, na overschrijding van bepaalde grenzen **wel** problemen op. De mensheid is dus in zekere zin door de natuur zelf verleid tot natuurvijandig gedrag!

2. Bevolkingstoename en politiek

De aarde wordt anno 1980 bewoond door ca. 4,3 miljard (4.300.000.000) mensen. Binnen deze menselijke populatie leidt een gecompliceerd krachtenspel ertoe dat slechts weinigen leven onder ecologisch optimale omstandigheden (hoe slecht te omschrijven deze omstandigheden overigens ook mogen zijn), en dat ook de rest van de biosfeer een snelle aftakeling ondergaat. Enkele krachten met hun ecologische consequenties:

- a. Ongelijkheid bij de benutting van grondstoffen en opbrengsten. Eeuwenlange uitbuiting tijdens het koloniale tijdperk leidde tot het ontstaan van Rijke en Arme landen. Deze verdeling wordt thans in stand gehouden door talloze machtsmiddelen vanuit 'Rijke' multinationale ondernemingen en de machteloosheid en verdeeldheid van de Arme landen.

De Rijke landen samen consumeren - hoewel zij slechts 15% van de wereldbevolking omvatten - elk jaar 80% van de wereldopbrengst aan grondstoffen. Consequenties:

- de huidige aantasting van alle aardse ecosystemen, komt voor het leeuwendeel voort uit de activiteit van de genoemde 15%!
- door activiteit van diezelfde 15% worden de aardse voorraden aan *onvernieuwbare* hulpbronnen (ertsen, fossiele brandstoffen) in snel tempo uitgeput, terwijl door milieuaantasting de vernieuwbare hulpbronnen (bossen, dierpopulaties etc.) geen of te weinig kans krijgen zichzelf aan te vullen. Dit laat voor de toekomst van de Arme landen weinig keuzemogelijkheden over!
- de rijke 'Westerse' levenswijze is op zich ecologisch onvriendelijk. Er treedt *urbanisatie* op: de steden groeien, het platteland ontvolkt. Productie, woningbouw, verkeer, vermaak, verspilling etc. zijn gekenmerkt door *grootschaligheid*. Dit geldt ook voor de landbouw en veeteelt. Beide zijn, ecologisch gezien, toch al instabiele situaties (weinig soorten), en kunnen hier slechts fabrieksmatig, met verbruik van veel chemicaliën en energie plaatsvinden (bio-industrie).

Stadsbewoners zullen gauw vervreemden van een ecologisch verantwoorde levenswijze en beschouwen hun 'verworvenheden' als een vanzelfsprekend stuk vooruitgang, waarmee niet zuinig hoeft te worden omgesprongen. Een Amerikaan verbruikt jaarlijks dan ook 40x meer energie dan een Indiër!

- ook armoede tast de biosfeer aan. Veel ontwikkelingslanden hebben een doorlopend voedseltekort. Geschikte of geschikt geachte bodems worden hierdoor uitgeput, overbeweid of van hun vegetatie ontdaan voor de winning van brandstof. *Erosie* en *verwoestijning* is veelal het gevolg (zie I-E), Het Sahelgebied is van zo'n spiraal een voorbeeld.

Stroperij op bijv. eieren, huiden, veren, hoorns en slag tanden zal meestal juist de om andere redenen zeldzame soorten treffen, maar is vaak de enige bron van inkomsten. De afname van landbouwareaal brengt ook in de meeste ontwikkelingslanden een urbanisatieproces op gang, waardoor de meeste ex-boeren in de nog grotere armoede van een krottenwijk belanden en zijn agrarische vakkennis ongebruikt blijft.

- b. Eveneens ongelijk verdeeld is de *populatiegroei*. Het aantal jaren waarin de bevolking zich verdubbelt bedraagt voor bijv. Midden-Amerika 21, Noord-Afrika 23, tropisch Zuid-Amerika en Zuidwest-Azië 24, voor Japan en de VS daarentegen resp. 58 en 70 en voor West-Europa zelfs 139! Momenteel is de situatie zo, dat iedere poging tot verlichting van de benarde positie van de Arme landen door hun bevolkingsgroei tenietgedaan en achterhaald wordt.

De voedselproductie in ontwikkelingslanden steeg gedurende 1961-1975 met 50% dankzij eigen inspanning en buitenlandse hulp, de consumptie *per hoofd* bleef vrijwel ongewijzigd. Tot het jaar 2000 worden sterk oplopende voedseltekorten voorzien, terwijl het *wel* geproduceerde voedsel uit slechts enkele landen met een overschot zal komen.

- c. De *bewapeningswedloop*. Oostblok-, Westblok- en ontwikkelingslanden besteden jaarlijks vele tientallen procenten van hun nationale begrotingen aan op-

bouw en instandhouding van legers. Bij elkaar in 1980: meer dan 1100 miljard gulden. Het is duidelijk dat reservering van zulke gigantische sommen veel regeringen dwingt tot:

- *bezuinigingen* op zaken als onderwijs, voedselproductie en bescherming van natuurlijke hulpbronnen.
- *vergroting* van inkomsten door natuurlijke hulpbronnen (oerwouden, delfstoffen, landbouw- en visserijproducten etc.) in hoog tempo en tegen lage prijs te verhandelen aan (veelal) Westerse maatschappijen!

3. Wat wordt geproduceerd en waarom?

De keuze: *wat* wordt er geproduceerd, *hoeveel*, op *welke wijze*, *waar* en *hoe lang* wordt gemaakt door een groep met als streven: winst op korte termijn. Vaak kan deze groep zich bedienen van krachtige reclame, teneinde niet of nauwelijks bestaande behoeften te creëren. Veel goederen zijn te goedkoop omdat milieuschade door productie, gebruik of afval van dit artikel buiten de berekening van de kostprijs bleef.

Prestige, status, concurrentie, sciencefiction en twee Wereldoorlogen speelden bij het ontstaan van de huidige consumptiemaatschappij in de rijke landen een voorname rol. Pas na enkele recente tegenslagen als de oliecrisis (1973, overigens om politieke redenen ontstaan) en het Concordeproject, begon het duidelijk te worden dat een meer realistische aanpak van de huidige en toekomstige wereldproblemen onvermijdelijk is. Zo kan men thans waarnemen dat veel leidinggevende instituten (bijv. de TH te Eindhoven) hun aandacht richten op energiebesparing, zonnecellen en speciale, zuinige kacheltjes voor de Ontwikkelingslanden!

4. Langzame aantasting; oncontroleerbaarheid

Op onze planeet zijn vele duizenden chemicaliën in omloop en dit assortiment wordt jaarlijks met honderden uitgebreid. Schade die chemicaliën aan de biosfeer toebrengen ontstaat vaak zeer *geleidelijk* en is bovendien veelal *moeilijk te meten*, zelfs met verfijnde meettechnieken. Dit leidt ertoe dat:

- autoriteiten en burgerij niet of pas na lange tijd gealarmeerd raken. Zaken die *duidelijk* en *snel* gevaar opleveren (wapens, auto's) worden ook snel aan banden gelegd, zaken die *sluipend* gevaar opleveren worden jaren ongemoeid gelaten.
- de opbouw van een waterdicht juridisch bewijs tegen een bepaalde stof niet of pas na vele jaren medisch en statistisch onderzoek mogelijk is. *Asbest* werd er reeds in de veertiger jaren van verdacht een vorm van longkanker te veroorzaken. Toch duurde het tot 1977 eer in Nederland een zgn. asbestbesluit van kracht werd. Het bewijs dat *freon-gas* uit spuitbussen de afgelopen 25 jaar het ozon (dat de aarde beschermt tegen schadelijke UV-straling) uit de atmosfeer afbrak, is wel met 99% zekerheid, maar nog altijd niet met 100% zekerheid te leveren!
- er een *cocktaileffect* optreedt: welke stof nu precies een bepaald effect teweegbrengt, is vaak niet te ontwarren. Soms treedt ook *synergisme* op: twee of meer vrij onschuldige stoffen vormen in het milieu een gevaarlijke verbinding of versterken eikaars effect. Synergisme draagt bij aan de oncontroleerbaarheid van de chemische vervuiling, wanneer het slechts onder bepaalde omstandigheden plaatsvindt (smogvorming o.i.v. UV-straling bij zonneshijn).
- Als bijvoorbeeld fabrikant 1 PQR in zijn tandpasta doet en fabrikant 2 XYZ in zijn benzine, mag men hopen dat neveneffecten van beide stoffen apart onderzocht zijn. Wat PQR en XYZ **samen** eventueel uitspoken kan - bij de huidige gang van zaken - slechts blijken als er slachtoffers zouden zijn.

Ook de uitroeiing van planten en dieren, veranderingen in het klimaat (zie pag. 220) etc. gebeuren vaak op onopvallende wijze, iedere generatie mensen groeit in een iets armere en kalere biosfeer op en weet niet beter.

5. Bestuurlijke en juridische achterstand

Binnen de snel groeiende biologie is de ecologie een van de jongste subwetenschappen. Veel huidige biologische inzichten waren in 1945, toen de industriële en technologische stroomversnelling begon en de consumptiemaatschappij ontstond, nog onbekend, laat staan in het maatschappelijk denken geïntegreerd. Voor heel wat tegenwoordige bestuurders is de biologie de hobby van enkele wereldvreemde vlindervangers, en heeft het woord 'ecologie' helemaal geen betekenis! Voor zulke bestuurders is een ecologisch verantwoorde aanpak *geen vanzelfsprekend uitgangspunt*, maar een toevallige uitkomst van democratisch stemmentellen! Dat wij ons nageslacht met een steeds ziekere wereld opzadelen is klaarblijkelijk prima, als dat maar democratisch gebeurt! Dat bij zo'n werkwijze ecologische inzichten het nogal eens verliezen van andere belangen, moge uit het voorgaande voldoende blijken. Te weinig wordt nog beseft dat grote problemen als hongersnoden, gezondheid, grondstoffenschaarste, agressie, armoede etc. in wezen *ecologische conflicten* zijn, die nogal eens door mensen zelf worden opgeroepen of versterkt. Soms blijkt hoe de huidige overheid gebonden is door lang geleden genomen beslissingen: inning van accijnzen op bijv. benzine, rookwaren. Soms claimen bedrijven schadevergoeding na uitvaardiging van milieubeschermdende wetten, soms speelt de werkgelegenheid een rol.

Juridische problemen waren al gesignaleerd (zie C-4), maar worden nog gecompliceerder als biosfeerkwesties zich niet aan *landsgrenzen* houden. En dat doen zij meestal niet! Iedereen kent uit de pers het eindeloze en machteloze geharrewar over de *Rijnvervuiling*, olierampen, visserijzones, etc., Italië alleen al presteert het om *ieder jaar 200 tot 300 miljoen (!)* zangvogeltjes te doden. Doortrekkers uit andere landen, wel te verstaan. Vele tientallen vogelsoorten uit Noord-Europa en Azië zijn van onze *Waddenzee* afhankelijk. Men heeft vastgesteld dat geen ander gebied op het Noordelijk halfrond in het trekseizoen voldoende voedsel kan produceren voor de miljoenen exemplaren doortrekkende en pleisterende vogels. De meeste natuurbeschermingsorganisaties (Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten, Vereniging tot Behoud van de Waddenzee, Wereld natuur fonds, etc.) zijn ontstaan door *particulier* initiatief. Het bestaan hiervan, evenals het ontstaan van kritische, alerte consumentenorganisaties, is in bovenstaand verband toe te juichen. Een stap vooruit lijkt eveneens de invoering van MER's: een wettelijk verplichte milieueffectrapportage *voorafgaand* aan grote activiteiten, o.a. in Amerika en Nederland.

6. Religie

De meeste Westerse godsdiensten hebben de mens niet of nauwelijks geleerd de natuur te beschouwen als een te eerbiedigen uiting van de Schepper. Het dienen van God kan blijkbaar zonder gewetensbezwaar gecombineerd worden met het verwoesten van de schepping. Het hierboven genoemde Italië is in dit verband een sinister voorbeeld.

III. WAAROM ZOU DE MENS DE BIOSFEER BESCHERMEN?

Enkele argumenten om de natuurlijke rijkdommen goed te beheren:

A. Economie

Al onze materiële levensbehoeften komen, direct of indirect, met of zonder menselijke bewerking, uit de natuur. Dit kapitaal 'in natura' is onmisbaar, niet alleen voor de huidige mensheid, maar voorlopig zeker ook voor vele na ons komende generaties. Zuinigheid op *onvervangbare* hulpbronnen (uit de levenloze natuur) is dus een vanzelfsprekende zaak. Bij *zich vernieuwende* hulpbronnen (uit de levende natuur) dient men slechts de *rente* te oogsten en het kapitaal zo groot mogelijk te laten! Er zijn thans vele voorbeelden bekend die laten zien hoe verarming van de biosfeer steeds weer tot instabiliteit, d.w.z. natuurgeweld leidt in de vorm van plagen, ziekten,

misoogsten, woestijnvorming etc. Het is de vraag of een aanhoudende strijd tegen deze natuurkrachten onze huidige economie juist niet zeer oneconomisch en inefficiënt aan het maken is, en of zo'n strijd ooit gewonnen kan worden! De vaak gehoorde bewering dat vroegere aardbewoners ook geen rekening met hun nageslacht hielden, is op zich waarschijnlijk wel juist, maar kan voor ons geen argument zijn om hetzelfde te doen. De grotere kennis waarover *wij* (kunnen) beschikken, heeft ons verantwoordelijk gemaakt.

B. De biosfeer als bron van vernieuwing

De meeste zaken die de mens in zijn historie gebruikte, raakten op, verouderden of werden op andere wijze onbruikbaar. Zo was de mens doorlopend op zoek naar vervangingsmiddelen en vond die ook. Duizenden jaren lang zoeken in de natuur heeft echter - naar men berekend heeft - nog maar van *enkele procenten* van het thans bekende aantal levende soorten kennis omtrent hun bruikbaarheid opgeleverd! Het staat dan ook vast dat in de levende natuur nog talloze hulpbronnen en mogelijkheden en ideeën op ontdekking en toepassing wachten. Te denken valt o.m. aan:

- nieuwe soorten voor landbouw, veeteelt en visvangst (eventueel zeebouw).
- waardevolle erfelijke eigenschappen (bijv. m.b.t. opbrengst, resistenties, klimaatbestendigheid etc.) welke in bestaande cultuurrassen ingekruist kunnen worden.
- nieuwe geneesmiddelen. Door aanpassing van bacteriën worden thans veel antibiotica geleidelijk onwerkzamer. Vervangende bacterieremmers of -doders lijken opnieuw uit de levende natuur te moeten komen: het huidslim van amfibieën is in dit opzicht veelbelovend.
- productie- en winningsmethoden, gebruikmakend van enzymsystemen van wilde soorten. Bekend is de winning van jood uit zeewater via zeewieren. Onlangs bleek dat manteldieren het schaarse element vanadium selectief uit zeewater opnemen en dit tot zeer hoge concentraties in hun cellen opslaan (vanadium wordt gebruikt bij de harding van staal).

Nieuw is ook een zeer voordelige productie van het geneesmiddel *insuline* door bacteriën nadat hierbij bepaalde genen waren 'ingebouwd'.

C. De biosfeer als werkterrein voor onderwijs en wetenschap

Het optimaal beheren en herstellen van onze planeet vereist meer inzicht in het ecologische krachtenspel dat het leven op aarde mogelijk maakt. Dit inzicht zal opgedaan moeten worden in de natuur *zelf*. Er dienen hierom op zoveel mogelijk plaatsen op aarde ongerepte, ongestoorde en zich herstellende situaties voor te komen.

D. Toerisme

Van oudsher trekken juist gebieden met een rijke natuur en een afwisselend landschap de meeste bezoekers. Zeker nu veel steden steeds meer op elkaar gaan lijken, valt hierin geen verandering te verwachten. Veel 'jonge' toeristenlanden (safari-reisdoelen etc.) beginnen in het toerisme een aantrekkelijke en groeiende bron van inkomsten te zien. Er zijn aanwijzingen dat verschillende van deze landen niet van plan zijn hun ecosystemen door dit toerisme te laten overbelasten, zoals dat in het Middellandse zeegebied gebeurde.

E. De kwaliteit van het bestaan

Van oudsher is de mens door de natuur aangesproken en geïmponeerd. Hij vond er zowel zijn angsten als zijn voorbeelden en aanmoedigingen, ieder volk ter wereld vertelt verhalen waarin dieren heldhaftige rollen spelen en houdt feesten waarop het lengen van de dagen of het begin van de lente gevierd wordt.

Arenden, valken, kraanvogels, leeuwen, olifanten en vele andere soorten zijn op munten, bankbiljetten, postzegels, vlaggen, wapenschilden, militaire emblemen etc. overal ter wereld aan te treffen. Vele culturen zijn voortgekomen uit de inspiratie die

ambachtslieden, architecten, schrijvers, schilders, componisten etc. in de levende natuur opdeden.

In onze maatschappij komen velen erachter dat materiële rijkdom *alleen* niet gelukkig maakt en krijgt de natuur een nieuwe functie: een plaats bij uitstek geschikt om uit te puffen, op te frissen en beslommeringen te doen relativiseren. Velen ondervinden hoe het zelf opzoeken, horen, zien, ruiken, voelen en bestuderen van levensvormen in hun natuurlijke omgeving een veel indringender sensatie is dan de meeste vormen van oppervlakkig 'man-made' vermaak.

Juist de westerse mens is door zijn opleidingsniveau als geen ander in staat om, zonder angst of bijgeloof, van de natuur te *genieten*. Dat hij dit inderdaad gaat doen blijkt uit de sterk groeiende belangstelling voor boeken, films en vakantiedoelen in deze sfeer.

Merkwaardig is hierbij dat men er gemakkelijk in berust dat de natuur in de eigen, directe woonomgeving verloedert en hieruit teruggedrongen wordt naar enkele reservaten. Uiteraard zijn natuurreservaten belangrijk, maar veelal veraf gelegen en vaak niet vrij toegankelijk. Hierdoor trekken zij slechts enkele elitaire groepen (automobilisten, leden/donateurs). De grote massa, kinderen, wandelaars, bejaarden, personen met minder tijd of minder geld, blijven zo van regelmatig contact met de natuur verstoken.

Hierbij komt dat veel natuurreservaten juist door hun *reservaatfunctie* niet bedoeld en niet geschikt zijn om grote massa's mensen te ontvangen. Gemeenten zouden door een ecologisch juiste aanpak van woonwijken, wegbermen, groenstroken en parken groots en democratisch werk kunnen doen bij het terugbrengen van de levende natuur bij de mensen.

F. De aarde als ruimtevoertuig

Uit de informatie die met ruimteonderzoek tot nu toe verzameld is, blijkt steeds weer hoe vijandig en levenloos de ons omringende kosmos is. Extreme temperaturen, droogte, stormen, giftige zuren en krachtige straling blijken het aan de oppervlakte van zelfs 'dichtbij' gelegen planeten als Venus, Mars en maan te winnen van het toch zeker niet geringe aanpassingsvermogen van levensvormen. Steeds unieker blijkt de aarde met haar waterrijke, gematigde en stabiele oppervlaktelaag en haar atmosfeer die dodelijke kosmische invloeden (straling, afkoeling) grotendeels tegenhoudt.

Bemande ruimtevaart bleek slechts mogelijk door - ten koste van gigantische hoeveelheden geld en mankracht - een klein stukje biosfeer na te bootsen en de bemanning hierin zorgvuldig te verpakken. De meeneembare voorraden water, zuurstof en voedsel waren beperkt en bepalend voor de duur en de doelmatigheid van de reis. Voor de uitvoering van langere ruimtevaarten zoekt men thans naarstig naar systemen waarbij bovengenoemde primaire levensbehoeften *aan boord* van het voertuig *geproduceerd* kunnen worden. Vrijwel zeker zat zo'n systeem een *kringloopsysteem* moeten zijn. Het wordt duidelijk dat wat men graag zou willen bouwen een soort miniatuur-aarde lijkt te gaan worden. Onze planeet bezit het gewenste systeem in de vorm van de *biosfeer*, waaraan immers de wederzijds afhankelijke verschijnselen *fotosynthese* en *reductie/mineralisatie* een kringloopkarakter geven! Ieder organisme, autotroof of heterotroof, consument of reductent, helpt enerzijds dit systeem functioneren en wordt anderzijds door hetzelfde systeem in leven gehouden en beschermd.

Ieder levend wezen is tegelijk zowel boordinstrument als passagier. Aldus bezien is de uitputting, overbelasting en verwoesting van de biosfeer door de mens een dwaas en tegennatuurlijk proces van zelfvernietiging, dat, tragischerwijze, voor velen nog steeds vermomd gaat als 'de vooruitgang'.

Het inslaan van deze weg door onze voorouders is verklaarbaar en excuseerbaar, een in argeloosheid gepleegde jeugdzonde. Voor *ons* echter liggen de zaken anders, wij weten beter en zijn hierdoor verantwoordelijk. Toch doorgaan met knoeien aan de biosfeer begint - nu de rampzaligheid hiervan niet meer te ontkennen valt - meer en meer te lijken op moedwillige sabotage aan boord van ons ruimtevoertuig: de aarde,

Conclusie

Biosfeervernietiging wordt door niemand op aarde als *doel* nagestreefd. Het is een *nevenverschijnsel*, van een levenswijze waarvan veel mensen menen dat die correct en zelfs ideaal is. Deze levenswijze is immers het resultaat van in democratisch, juridisch, economisch, sociaal en technisch opzicht juiste beslissingen. Toch maakt deze zelfde levenswijze krachten los die onvermijdelijk alle hogere levensvormen op aarde aan marteling en uitroeiing blootstelt of zal gaan blootstellen. Inclusief de mens.

Er vanuit gaande dat dit niet gewenst wordt, ligt de conclusie voor de hand: onze 'ideale' levenswijze is niet compleet, zij is primitief, kortzichtig en dient vervangen te worden. Dit zal gebeuren wanneer voldoende mensen, zowel burgers als machthebbers, het 'waarom' van de zaak inzien en vrijwillig en vanzelfsprekend iedere handeling en haar gevolgen op hun ecologische 'inpasbaarheid' controleren. Het zal ook gebeuren wanneer wij op de huidige manier doorgaan...

Wat science-fiction schrijvers ook suggereren, alternatieven voor onze planeet bestaan niet of zijn (voorlopig) onbereikbaar. De aarde is geen wegwerpartikel, zij is enig en onvervangbaar!

Optimistische denkers menen dat de biosfeercrisis slechts kort kan duren, maar desondanks een belangrijke betekenis heeft: een onmisbare prikkel om de mensheid een volgende stap in zijn evolutie te laten zetten. Te hopen valt dat zij gelijk krijgen.

M-77 Micro-organismen van het menselijk lichaam

Huid-biocoenose

De bacteriële flora van de huid bestaat grotendeels uit *commensale* micro-organismen. Men vindt ze in de bovenste lagen van de hoornlaag en in en rond de haarfollikels. In de talgklieren zijn vooral anaërobe bacteriën aanwezig zoals *Corynebacterium acnes*. In de uitvoergangen van de zweetklieren komen weinig of geen bacteriën voor. Wel zijn bacteriën verantwoordelijk voor de lucht van het zweet, dat oorspronkelijk reukloos is. Zij veroorzaken namelijk aan het daarmee bevochtigde huidoppervlak chemische omzettingen.

In de hoeveelheid bacteriën per cm² huidoppervlak bestaan vrij sterke lokale en individuele variaties. Bij het zweten neemt het aantal sterk toe doordat er bacteriën uit de oppervlakkige lagen van de hoornlaag worden uitgespoeld en de zwetende huid een betere voedingsbodem vormt dan een droge huid.

Over het algemeen maakt men een onderscheid tussen de normale bewoners van de huid en de toevallige passanten. Er zijn verschillende factoren die de samenstelling van de huidflora beïnvloeden zoals ras, klimaat, leeftijd en hygiënische omstandigheden. Bij volwassenen bestaat de normale huidflora voornamelijk uit stafylokokken en difteroïden. Van de difteroïden worden gevonden de anaërobe *Corynebacterium acnes* en *C. minutissimum* (verwekker van erythrasmus). Bij kinderen en ook bij bejaarden, zij het in mindere mate, is de huidflora gevarieerder.

Ook *pathogene* bacteriën komen op de huid voor, namelijk de *Staphylococcus aureus*. Niet of nauwelijks komen pathogene streptococci als passanten op de huid voor; vooral bij kinderen en bejaarden. Van de streptococci vindt men *Diplococcus pneumoniae* en *Streptococcus viridans*; beiden voorkomende in de mond, neus en keelholte.

Streptococcus pyogenes komt in het gematigde klimaat op een gezonde huid slechts als passant voor, maar in de tropen is hij veel belangrijker door het doen ontstaan van etterige huidontstekingen (pyodermieën) (zie pag. 224).

Andere micro-organismen komen bij kinderen vaak als passanten op de huid voor. Hun oorsprong is voornamelijk het darmkanaal, de grond en vuilnis. Normaliter krijgen deze organismen weinig kans omdat zij uitdroging zeer slecht verdragen.

Meestal worden deze pathogenen in toom gehouden door de reeds aanwezige flora. In het algemeen kan men stellen dat naast het *intact* zijn van de huid ook de afschilfering een voorname rol speelt bij de bescherming tegen het binnendringen van micro-organismen in het lichaam. Verder is belangrijk dat de huid *droog* is; vele bacteriën en streptococci kunnen zeer slecht tegen uitdrogen. Ook de *pH* van het huidoppervlak is van betekenis. Waarschijnlijk zijn het de oppervlakte-lipiden die als vrije vetzuren een remmend effect hebben op de micro-organismen. Zo is overmatig wassen van de huid dan ook niet goed. Bij niet wassen ziet men het aantal bacteriën niet of nauwelijks toenemen mede door het niet verwijderen van de vrije vetzuren. Wassen met gewone zeep of met germicide zeep verwijdert de tijdelijke bewoners (de *transiente* flora) en een deel van de normale bewoners van de huid (de *residente* flora). De oorspronkelijke situatie herstelt zich echter reeds in enkele uren. Tenslotte is voor de lokale weerstand het principe van de bacteriële interferentie van belang. Dit betekent dat de aanwezigheid van bepaalde micro-organismen op een bepaalde plaats andere micro-organismen verhindert daar te koloniseren. Tevens kunnen de commensale micro-organismen stoffen maken die pathogene bacteriën *remmen* in hun ontwikkeling. Zo heeft de commensale flora een taak bij de verdediging van de huid.

Benodigheden:

Zie M-86 en 87.

- 7 steriele glazen petrischalen of plastic petrischalen voor eenmalig gebruik
- 100 ml bouillonagar
- desinfecterende zeep bijvoorbeeld Unicura G 11
- een vers pakje verbandwatten of een stuk gesteriliseerde watten
- steriel bakje
- krantenpapier of ongekleurd pakpapier
- 100 ml steriel water
- entnaald met entoogje, pincet, glaspotlood
- spiritus of gedenatureerde ethanol 70%
- hoge drukpan of autoclaaf, broedstoof van 37 °C

Vorbereiding:

a. Steriele watten

Een stuk gesteriliseerde watten is te maken door een stuk ontvette verbandwatten te plaatsen in een grote glazen petrischaal Ø 15 cm, hoogte 25 mm of in een glazen doosje bestaande uit een kleine kristalliseerschaal Ø 80 cm, hoogte 45 mm, afgesloten door een deksel van een glazen petrischaal Ø 10 cm. Daarna verpakt men het geheel in ongekleurd papier of krantenpapier. Vervolgens steriliseert men deze verpakte doos met stoom in een hoge drukpan gedurende 30 min. bij 121 °C (= 1 atm. overdruk). Pas vlak voor het gebruik moet het pakje geopend worden.

b. Steriel bakje

Een steriel bakje kan men bijvoorbeeld maken van een porseleinen uitdampschaal Ø 80 mm, hoogte 30 mm die afgesloten is met een enigszins passende deksel van een glazen petrischaal Ø 100 mm. Ook nu verpakt men deze materialen in elkaar gezet in krantenpapier. Door stoomsterilisatie zoals vermeld is onder a is dit bakje te reinigen. Het pakje dient pas vlak voor gebruik geopend te worden.

c. Voedingsbodem

Voor het gieten van 7 bouillonagarplaten is ongeveer 100 ml vloeibare voedingsbodem nodig. Deze hoeveelheid bereidt men door bijvoorbeeld 20 tabletten CM 4 of 2,8 gram CM 3 gedurende 15 min. te laten weken in 100 ml gedestilleerd water. Daarna steriliseert men het kolfje met deze inhoud afgesloten door een wattenprop, die tegen het condenswater afgedekt is met een stukje aluminium folie, gedurende 15 min. in een autoclaaf bij 121 °C (= 1 atm. overdruk).

Uitvoering:

a. Symbionten op de huid

- strijk met de top van een ongewassen vinger zigzagsgewijze over het oppervlak van de eerste bouillonagarplaat. Merk deze plaat.
- was de handen vervolgens goed met water en gewone zeep. Schudt het water zo goed mogelijk van de handen af (niet afdrogen met een handdoek!)
- strijk met dezelfde top van de nog vochtige gewassen vinger zigzagsgewijze over het oppervlak van de tweede bouillonagar plaat. Merk daarna de plaat.
- was de handen nu goed met water en desinfecterende zeep. Herhaal dit desnoods nog een keer om de zeep goed in te laten werken. Schudt het water van de handen af.
- strijk nu de vingertop zigzagsgewijze af op de derde bouillonagarplaat. Merk de plaat.
- bebroed de drie platen in omgekeerde stand (bodem naar boven) gedurende enkele dagen in de broedstof bij 37 °C.
- controleer ze dagelijks. Indien de micro-organismen zich na enige tijd volledig ontwikkeld hebben, plaats dan de schalen in de koelkast tot de volgende les.

b. Symbionten op het gebit: mondflora

- pak met een geflambeerde pincet een flink stuk steriele watten en strijk hiermede langs het mondslijmvlies en de tanden; vooral ook langs de achterkant van de tanden en kiezen.
N.B. Het deel van de wat, waarmee langs de tand wordt gestreken, mag niet met de vingers in aanraking komen.
- strijk deze wat met de besmette zijde zigzagsgewijze af op een bouillonagarplaat. Merk de plaat.
- bebroed de plaat in omgekeerde stand gedurende enkele dagen bij 37 °C en controleer hem dagelijks.

c. Symbionten in de luchtwegen

- zet een bouillonagarplaat op tafel en neem het deksel er af.
- houd het hoofd op ongeveer 20 cm boven de plaat en hoest een paar maal flink over de geopende plaat heen.
- sluit de plaat en merk hem.
- doe hetzelfde met een tweede plaat, maar houdt nu goed de hand voor de mond.
- sluit de plaat en merk deze tweede plaat.
- bebroed de beide platen in omgekeerde stand gedurende enkele dagen bij 37 °C en controleer ze dagelijks.

d. Toiletdoek

- spoel een stukje van een gebruikte handdoek uit, bijvoorbeeld afkomstig van het toilet, in een kleine hoeveelheid steriel water in een steriel bakje.
- neem een bouillonagarplaat en zet op de bodem met een merkstift een kruis.
- strijk in ieder segment zigzagsgewijze en beginnend bij de rand een entogge af van het uitgespoelde water of van het bevochtigde oppervlak van de handdoek.
- sluit de plaat en merk de segmenten.
- bebroed de plaat omgekeerd gedurende enkele dagen bij 37 °C en controleer hem dagelijks.

Vragen en opdrachten:

- 1.** Maak tekeningen van de verschillende platen en vermeldt hierbij de kleur en/of kwaliteit van de te onderscheiden kolonies.
- 2.** Tracht een verklaring te geven van de verschillende gevonden resultaten.
- 3.** Geven deze resultaten ook aanwijzingen voor hygiënische gedragsregels in de maatschappij?

M-78 De werking van ontsmettingsmiddelen

In dit experiment wordt het verband onderzocht tussen de inwerkingstijd en het resultaat van de behandeling van bacteriën met ontsmettingsmiddelen.

Benodigheden:

Zie M-86 en 87.

- entmateriaal van *Escherichia coli*
- 20 ml voedingsbouillon bijvoorbeeld CM 67 of CM 68
- 4 droog gesteriliseerde cultuurbuizen afgesloten met een wattenprop of met een aluminium cultuurbuisdop, reageerbuisrekje
- 3 steriele petrischalen Ø 9 cm bijvoorbeeld plastic petrischalen voor eenmalig gebruik
- 50 ml voedingsagar bijvoorbeeld CM 3 of CM 4
- viltstift voor het merken van de schalen
- 2% hibitane (verkrijgbaar bij een apotheek)
- 3 erlenmeyers inhoud 50 ml met 10 ml steriel gedestilleerd water en afgesloten met een wattenprop
- 3 steriele maatpipetten inhoud 1 ml
- entnaald met entoogje
- spiritus of gedenatureerde ethanol 70%
- hoge drukpan of autoclaaf, broedstoof van 37° C

Vorbereiding:

a. Voedingsbouillon

Voor het bereiden van 20 ml voedingsbouillon gebruikt men 2 tabletten CM 68, die opgelost worden in 20 ml gedestilleerd water of 0,5 gram CM 67 in 20 ml water. Daarna verdeelt men de vloeistof over 4 cultuurbuizen en steriliseert ze in een hoge drukpan gedurende 15 min. bij 121 °C (= 1 atm. overdruk).

b. Voedingsagar

Voor het bereiden van 50 ml voedingsagar laat men 10 tabletten CM 4 gedurende 15 min. zwellen in 50 ml gedestilleerd water of 1,4 gram CM 3 in 50 ml water. Daarna steriliseert men het kolfje met opgeloste agar in een hoge drukpan gedurende 15 min. bij 121 °C (= 1 atm. overdruk). Na afkoelen tot 50-60 °C kan men de platen gieten.

c. Reincultuur *Escherichia coli*

1. Bestaat het verstrekte entmateriaal uit een cultuurbuis met schuine voedingsbodem, waarop in zigzaglijn deze bacterie is afgeënt en uitgegroeid, dan maakt men een vloeibare reincultuur door met een entspatel wat materiaal van een kolonie af te krabben en dit steriel over te brengen in de voedingsbouillon. Deze eerste geënte buis plaatst men nu 48 uren bij 37 °C.

Daarna ent men dit materiaal van de eerste buis opnieuw in bouillon en bebroedt het bij 37 °C totdat een duidelijk troebele cultuur ontstaat.

Ten behoeve van het practicum kan hiervan afgeënt worden in de derde en vierde buis met bouillon die men ook minstens 48 uren bij 37 °C moet laten uitgroeien.

Uit bovenstaande handelingen blijkt dat men voor het maken van reinculturen voor het practicum minstens één week van tevoren moet beginnen met de behandeling van het verstrekte entmateriaal.

2. Bestaat het verstrekte materiaal uit een gevriesdroogde ent dan bevindt die zich onder in een dichtgesmolten hardglazen buisje.

De kiemkracht van deze bacteriën is niet noemenswaardig geschaad door de vrijwel volledige droge constitutie, waarbij zij min of meer vergelijkbaar zijn met bacteriesporen. Ze blijven gedurende lange tijd levenskrachtig. Voor de behandeling zie pag. 266.

Verder gaat men te werk volgens de methode genoemd onder **1**.

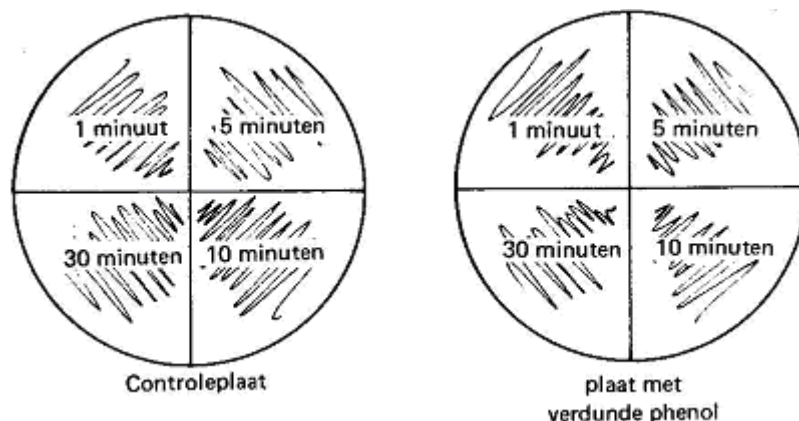
Uitvoering:

- neem drie platen voedingsagar, zet op de bodem een kruis zodat de platen in vier segmenten verdeeld zijn.
- schrijf in de segmenten respectievelijk: 1 (minuut), 5 (minuten), 10 (minuten) en 30 (minuten) (zie figuur 93). Zet op de eerste plaat: 'blanco', op de tweede plaat: '0,2% hibitane' en op de derde plaat: '0,02% hibitane'.
- neem de drie erlenmeyers met 10 ml steriel water. Schrijf op de eerste erlenmeyer: 'blanco', op de tweede: '0,2% hibitane' en op de derde: '0,02% hibitane',
- ent alle erlenmeyers met drie entoogjes Escherichia coli uit een troebele reïncultuur op voedingsbouillon of
- neem met een steriele maatpipet wat vloeistof uit deze reïncultuur en breng hiervan drie druppels in iedere erlenmeyer.
- voeg met een steriele maatpipet toe aan de erlenmeyer gemerkt '0,2% hibitane' 1 ml van de hibitane-oplossing. *Het moment van toevoegen is het tijdstip 0.* Schud deze erlenmeyer goed, zodat de hibitane goed door de vloeistof gemengd wordt.
- neem met een nieuwe steriele maatpipet hiervan 1 ml vloeistof af en voeg die toe aan de erlenmeyer gemerkt '0,02 hibitane'. *Het moment van toevoegen is ook voor de kolf het tijdstip 0.* Schud de erlenmeyer goed zodat de vloeistof zich geheel vermengd.
- neem na 60 seconden uit de '0,2% hibitane' erlenmeyer met een geflambeerd entoogje wat materiaal van de bacteriënsuspensie en strijk dit aanvangende van de rand zigzagsgewijze uit in segment 1 van de tweede plaat.
- doe dit ook na 60 sec. voor de '0,02% hibitane' erlenmeyer in segment '1' van de derde plaat. De 'blanco' erlenmeyer wordt zo afgestreken op het segment '1' van de 'blanco' of eerste plaat.
- herhaal deze handelingen na 5 minuten en gebruik dan segment '5'.
- herhaal de handelwijze na 10 minuten en gebruik dan segment '10'.
- herhaal dit na 30 minuten en gebruik dan segment '30'.
- plaats de gesloten schalen omgekeerd (met de voedingsbodem naar boven) gedurende een paar dagen in een broedstovf bij 37° C.
- controleer dagelijks de bacteriegroei en zet de schalen, indien de kolonies ver genoeg ontwikkeld zijn, in de koelkast tot de volgende les.

Vragen en opdrachten:

1. Maak tekeningen van de ligging van de kolonies op de drie platen.
2. Vergelijk de uitkomsten van het experiment met de verwachting.
3. Zijn er aanwijzingen in de platen dat de steriliteit gedurende het experiment onvoldoende in acht is genomen?

Figuur 93. Petrischalen met aangeduide verdeling in ruimte en tijd.



M-79 De werking van antibiotica

Met behulp van ontsmettingsmiddelen kan men bacteriën doden zoals blijkt uit de resultaten van M-78. Deze middelen zijn veelal ook giftig voor mens en dier zodat ze niet bruikbaar zijn voor het bestrijden van ziekten die door pathogene bacteriën veroorzaakt worden.

De ontdekking van door schimmels gevormde stoffen die de groei van bacteriën remmen zoals penicilline van *Penicillium notatum* maakten de genezing mogelijk van veel infectieziekten. Niet alle pathogene bacteriën waren echter gevoelig voor penicilline, zodat men al spoedig op zoek ging naar aanverwante producten. Zo vond men bij andere vertegenwoordigers der *Aspergillales* en bij *Actinomyceten* en zelfs bij enige bacteriën nog vele andere *antibiotica*¹⁾. Vele antibiotica of hun producenten zijn aanvankelijk uit de bodem geïsoleerd. Bodemorganismen, die een antibioticum afscheiden, hebben door de antagonistische werking hiervan ook in hun natuurlijk milieu een selectievoordeel ten opzichte van andere micro-organismen. Aangezien niet iedere bacteriesoort of -stam even gevoelig is voor alle antibiotica dient men in de praktijk zijn gevoeligheid te testen ten opzichte van verschillende stoffen. Hiertoe maakt men gebruik van een zogenaamde *multodisk* of van losse schijfjes geïmpregneerd met een bepaald antibioticum.

Bij de onderstaande experimenten zijn dit 5 units penicilline en 25 µg streptomycine (fig. 94).

De multodisk is een 6- of 8-armige schijf waarbij ieder uiteinde van een armpje een ander antibioticum bevat. Ze zijn na het impregneren met de antibioticaoplossingen bij lage temperatuur in vacuüm gedroogd en luchtdicht verpakt tezamen met Silica-gel-droger. Door de droge omgeving wordt de kwaliteit van deze voor vocht gevoelige stoffen in stand gehouden. De gesloten verpakking dient men te bewaren bij 4° C.

Na verwijderen uit de koelkast moet het pakket minstens 30 min. bij kamertemperatuur geconditioneerd worden om inwendige condensvorming te voorkomen.

Bij onderzoek met de multodisk van onbekende bacteriën kan men het resultaat vergelijken met remmingszones van standaardculturen van internationaal gebruikte controleorganismen (*Staphylococcus aureus* N.C.T.C. 6571, *Escherichia coli* N.C.T.C. 10418 en *Pseudomonas aeruginosa* N.C.T.C. 10662). Voor het gedrag van een onbekend organisme ten opzichte van de toegepaste antibiotica zijn de volgende kwalificaties gebruikelijk:

- | | |
|-----------------|---|
| Gevoelig | - wanneer de remmingszone niet meer dan 3 mm verschilt van de zone van het controleorganisme. |
| Resistent | - wanneer de straal van de remmingszone gemeten vanaf de rand van het schijfje niet meer bedraagt dan 2 mm. |
| Matig resistent | - indien de straal van de onbegroeide zone valt binnen bovengenoemde grenzen. |

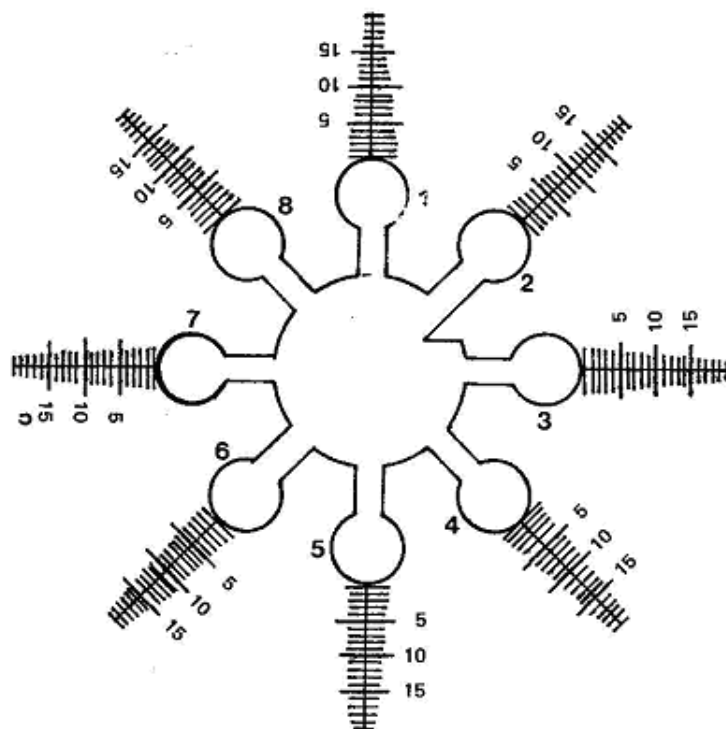
De metingen geschieden door middel van figuur (en tabel) 94. Men legt voor de aflezing de figuur onder de petrischaal overeenkomstig de vorm van de multodisk.

De voedingsbodem bij deze experimenten dient aan speciale eisen te voldoen, zoals het ontstaan van kolonievrije, heldere, scherpe zones met alle antibiotica. Tevens moet de agar de diffusie bevorderen van stoffen met een hoge moleculaire massa. Verder is de voedingsbodem gebufferd zodat pH-veranderingen de diffusie niet kunnen storen.

Zo wordt er van CM 261 vermeld dat het geen remmende eigenschappen heeft ten opzichte van de antibiotica kanamycine, neomycine, polymyxin B en streptomycine.

¹⁾ Antibioticum: stof van biologische herkomst die reeds bij zeer geringe concentratie de groei van micro-organismen remt. Men onderscheidt:

- stoffen met een remmende werking: bacteriostatica, fungistatica.
- stoffen met een dodelijke werking: bactericiden, fungiciden.



Herkomst _____
 Datum _____
 Controle-
 organisme _____

Tabel 54

Schijf no.	Symbool van het antibioticum	Diameter remmingszone In mm.
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

Aflezingen voor de relatieve werkzaamheid

Figuur 94. De Multodisk- zone schijf ter bepaling van de relatieve werkzaamheid van antibiotica op bepaalde bacteriën.

Benodigdheden:

Zie M-86 en 87.

- entmateriaal van *Escherichia coli*
- entmateriaal van *Staphylococcus aureus*
- 40 ml voedingsbouillon
- 8 droog gesteriliseerde cultuurbuizen afgesloten met een wattenprop of met een aluminium cultuurbuisdop, reageerbuisrekje
- 4 steriele glazen petrischalen Ø 9 cm of plastic petrischalen voor eenmalig gebruik
- 70 ml 'diagnostic sensitivity test agar' CM 261
- viltstift voor het merken van de schalen
- 2 multodisks
- 2 schijfjes Penicilline (P, 5 eenheden)
- 2 schijfjes Streptomycine (S, 25 microgram)
- haaks omgebogen glasstaaf in grote petrischaal Ø 20 cm gevuld met spiritus of gedenatureerde ethanol 70%
- entnaald met entoogje
- 2 steriele maatpipetten inhoud 1 ml
- pincet
- spiritus of gedenatureerde ethanol 70%
- hoge drukpan of autoclaaf, broedstof 37° C

Vorbereiding:

a. *Reinculturen Escherichia coli en Staphylococcus aureus* (zie M-78, pag. 237)
 Deze methode moet men ook toepassen voor de cultuur van *Staphylococcus aureus*.

b. Voedingsbodem

De benodigde hoeveelheid D.S.T. agar maakt men door 2,8 gram CM 261 gedurende 15 min. te laten zwellen in 70 ml gedestilleerd of gedeïoniseerd water van 60 °C. Hierbij dient men het poeder toe te voegen aan het warme water en niet andersom. Daarna de massa goed mengen en gedurende 15 min. in een autoclaaf steriliseren bij 121 °C en 1 atm. stoomdruk. Meng de voedingsbodem goed voor het gieten van de platen. Voorkom hierbij echter de vorming van veel luchtbelletjes of schuim.

Uitvoering:

- giet vier platen met 15 ml D.S.T. agar; twee voor *E. coli* en twee voor *S. aureus*. Merk de platen na het stijf worden van de voedingsbodem.
- breng met een steriele pipet in iedere schaal 5 druppels van de betreffende reïncultuur. Laat deze druppels op verschillende plaatsen vallen.
- spreid deze ent regelmatig uit over de gehele voedingsbodem door middel van een haaks omgebogen glasstaaf. Deze glasstaaf is vooraf wel geflambeerd, maar daarna moet men hem even laten afkoelen alvorens de ent er mee uit te spreiden.
- laat de entvloeistof op de voedingsbodem opdrogen (natuurlijk met gesloten petrischaal).
- breng in één schaal van iedere bacteriesoort een multodisk. Pak de multodisk met een geflambeerde pincet in de middenschijf en plaats hem in het centrum van de beënte petrischaal. De multodisk moet vlak aansluiten op de voedingsbodem. Lukt dit niet, strijk hem dan plat en duw hem voorzichtig aan met een geflambeerde pincet.
- leg in de andere schalen zowel een schijfje Penicilline als een schijfje Streptomycine. Pak hiertoe de schijfjes aan met een geflambeerde pincet. In een 9 cm schaal moeten de schijfjes ongeveer 2 cm van de rand en 5 cm uit elkaar liggen.
- zet de platen in een omgekeerde stand (voedingsbodem naar boven) gedurende 12-24 uur in de broedstoom bij 37° C. Daarna kunnen de platen in de koelkast bewaard worden om ze later af te lezen.

Vragen en opdrachten:

1. Maak tekeningen van de remmingszones in alle platen.
2. Meet de remmingszones van de multodisk met behulp van figuur 94.
3. Meet de zones bij losse antibiotica-schijfjes.
4. Komen de resultaten van de schijfjes overeen met de multodisk? Wat kunnen de oorzaken zijn van grote afwijkingen?
5. Zijn er conclusies te trekken omtrent de werking der antibiotica en de gevoeligheid der beide bacteriënstammen?

M-80 Verontreiniging en de kieming en groei van planten

Veel in de alledaagse omgeving van de mens (huishouden, verkeer) voorkomende stoffen, blijken, ook als ze niet als biocide bedoeld zijn, toch de activiteit van levensvormen te beïnvloeden.

a. De invloed van verontreinigende stoffen op kiemplanten

Benodigdheden:

- kiemplantjes van tuinkers, maïs, bruine boon, erwt of tomaat
- kleine bloempotten, plastic bekertjes of plastic bloembakken
- potgrond
- lucifers (wel en niet afgebrand), viltstiften, balpennen etc.

Uitvoering:

- plant 3 tot 5 kiemplanten van één soort apart in de potten of in groepjes in een bloembak. In dit laatste geval met voldoende tussenruimte.
- steek vlak naast elk plantje een niet afgebrande lucifer met de kop naar beneden enkele cm diep in de grond en laat deze 7 dagen staan.
- herhaal deze eerste handelingen met afgebrande lucifers, potloden, viltstiften, balpenstiften, etc.
- zet in ieder geval enkele kiemplantjes van dezelfde soort als blanco proef in, dus zonder iets in de potgrond te steken.
- verzorg de kiemplanten alle op gelijke wijze gedurende 7 dagen en noteer de resultaten.

N.B. Met een kleine wijziging kan men dit experiment gebruiken om de gevoeligheid van verschillende plantensoorten voor een zelfde verontreiniging te onderzoeken.

b. De invloed van gassen op kiemplanten**Benodigheden:**

- kiemplantjes van tuinkers, maïs, bruine boon, erwt of tomaat
- kleine bloempotten of plastic bekertjes
- plastic boterhamzakjes
- potgrond
- sigaren, sigaretten, benzine, ammonia, cilinder met kooldioxide

Uitvoering:

- plant enkele kiemplantjes van dezelfde soort apart in een bloempot.
- maak de potgrond voldoende vochtig en plaats de potjes bij elkaar in een plastic zak.
- blaas de zak op zodat deze bol staat en sluit de zak goed af.
- herhaal bovenstaande proef, maar breng in de zak sigarettenrook, sigarenrook, benzinedamp, ammoniakgas, kooldioxide, uitlaatgas, etc.
- plaats de zakken met de kiemplanten op een niet te donker plaats, houd de zakken gesloten en vergelijk na enkele dagen het resultaat.

N.B. Met een kleine wijziging kan men dit experiment gebruiken om de gevoeligheid van verschillende plantensoorten voor een zelfde gas te onderzoeken.

c. De invloed van huishoudelijke vloeistoffen op kiemende zaden**Benodigheden:**

- zaden van tuinkers
- petrischalen
- filtreerpapier, liefst rond, passend in de petrischalen
- verschillende huishoudelijke vloeistoffen zoals thee, frisdranken, afwassop, benzine, petroleum, water met zout, ammonia, water met verschillende soorten zeep etc.

Uitvoering:

- leg in enkele petrischalen enkele lagen filtreerpapier en bevochtig dit in één schaal met aqua dest., in een tweede schaal met leidingwater en in de andere schalen met telkens één van bovengenoemde vloeistoffen. Gebruik van elk van de vloeistoffen per schaal evenveel.
- strooi op het papier in iedere schaal 3 tot 5 tuinkerszaden.
- sluit en merk de schalen en plaats ze niet te donker.
- noteer enkele dagen na de eerste kiemingen de resultaten, bij voorkeur in een tabel.

d. De invloed van insecticiden op kiemende zaden

Benodigdheden:

- zaden van tuinkers
- 11 petrischalen
- filtreerpapier, liefst rond, passend in de petrischalen
- een Vaponastrip
- 10 objectglazen

Uitvoering:

- leg in de petrischalen enkele lagen filtreerpapier en bevochtig dit goed met leidingwater.
- strooi op het papier in elke schaal enkele tuinkerszaden, in elke schaal evenveel.
- stans met een perforator of een kurkboor uit de Vaponastrip een groot aantal schijfjes.
- nummer de schalen 1 t/m 11 en leg in de schalen 2 t/m 11 één objectglas naast de zaden.
- in schaal 1 wordt geen, in schaal 2 één Vaponaschijfje, in schaal 3 twee schijfjes, in schaal 4 drie schijfjes gebracht, en worden ook de andere schalen van de juiste aantallen schijfjes voorzien.
De schijfjes worden op de objectglazen gelegd om contact met water te voorkomen.
- sluit de schalen en plaats ze niet te donker.
- noteer enkele dagen na de eerste kiemingen de resultaten in een tabel.

M-81 Verontreiniging en de verspreiding van regenwormen

Benodigdheden:

- een bak van hout of kunststof, lang ca. 50 cm, breed ca. 15 cm, hoog ca. 20 cm.
Bruikbaar is een plastic of eterniet plantenbak. Verdeel deze bak door tussenschotten die gemakkelijk verwijderd kunnen worden, in zes compartimenten
- 12 regenwormen
- grond van diverse plaatsen (zie uitvoering)

Uitvoering:

- vul het linker compartiment met grond die vlak langs een drukbereden wegdek verzameld is.
- vul de andere compartimenten achtereenvolgens met grond die op telkens regelmatige afstanden (bijv. 50 cm) verder van dat wegdek af is verzameld.
Noteer op de zijkant van de bak waar welke grond zit.
- maak de grond in elk compartiment gelijkmatig vochtig en leg dan op elk compartiment 2 regenwormen.
- verwijder de tussenschotten als de wormen onder de grond zijn gekropen.
- houdt de grond gedurende enkele dagen gelijkmatig vochtig.
- na enkele dagen plaatst men de schotten terug en onderzoekt men waar de wormen zich bevinden. Dit kan gebeuren door de bak een paar maal op een harde ondergrond te laten trillen (de wormen kruipen dan snel boven de grond uit), of door ieder compartiment uit te graven.

Vragen:

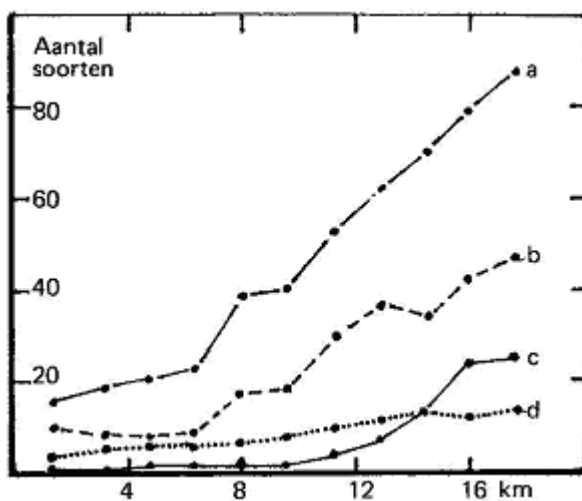
- 1.** Is uit deze proef af te leiden of de vormen een voorkeur voor, dan wel een afkeer van bepaalde compartimenten hebben?

2. Welke storende invloeden kunnen bij deze proef optreden? (Denk aan vegetatie).
 3. Welke invloeden hebben regenwormen op de bodem?
 4. Van welke aard zou de vervuiling langs de autoweg kunnen zijn?
- N.B.** Ook andere bodemvervuilende bronnen kunnen met dit experiment onderzocht worden.

M-82 Invloed van schadelijke gassen

Zie ook M-32, d.

Met name in industriegebieden komen jaarlijks enorme hoeveelheden schadelijke gassen (CO, SO₂, SO₃) in de atmosfeer terecht. De oorzaak dat veel soorten organismen rondom industriekernen verdwijnen, is gelegen in het feit dat de tolerantiegrenzen van veel soorten erg laag zijn. Zo blijkt uit figuur 95 duidelijk dat er bij korstmossen een relatie bestaat tussen het aantal soorten en de afstand tot een industriekern.



Figuur 95. De soortenrijkdom aan korstmossen in diverse biotopen op verschillende afstanden van een industriekern. a = totale rijkdom, b = aantal soorten op muren, c = aantal soorten op bomen, d = aantal soorten in weiden.

CO - koolstofmonoxide

Via technische processen (o.a. onvolledige verbranding) komt $\pm 6 \times 10^8$ ton jaar⁻¹ CO in de atmosfeer terecht en slechts $\pm 1 \times 10^8$ ton jaar⁻¹ CO is afkomstig van bacteriën en algen van het oppervlaktewater.

Gebleken is dat een concentratie van 10 ppm CO vergiftigingsverschijnselen kan veroorzaken, vooral wanneer deze gedurende een lange periode heerst.

CO gaat een 250 maal zo sterke binding aan met haemoglobine als met zuurstof.

Bovendien remt het veel haem-bevattende enzymen en heeft zodoende invloed op tal van levensprocessen.

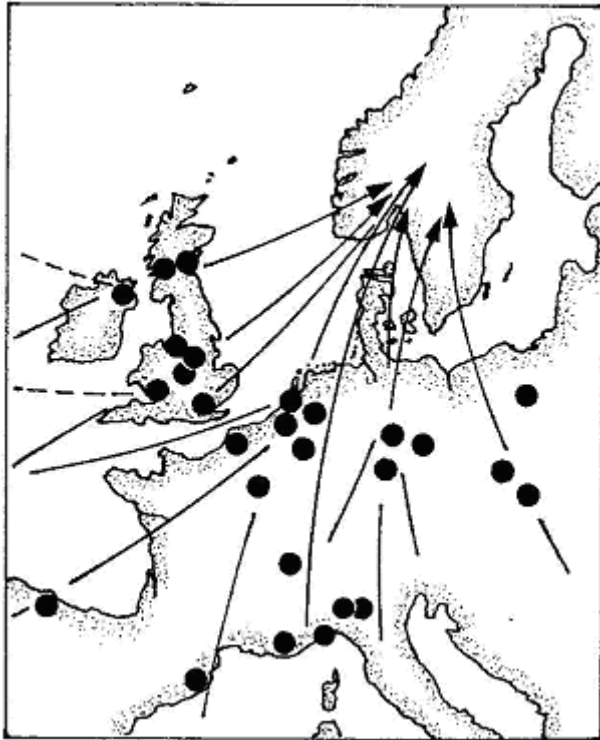
CO kan door tal van methaanvormende en sulfaatreducerende bacteriën omgezet worden tot CO₂:



SO₂ - zwaveldioxide

Via industrie, verbranding van fossiele brandstoffen en vulkanen komen grote hoeveelheden SO₂ in de atmosfeer terecht. Zowel SO₂ als SO₃ zijn erg schadelijk. SO₃ vormt met H₂O zwavelzuur dat via mist, sneeuw en regen de bodem en het oppervlaktewater bereikt en hierin de zuurgraad beïnvloedt.

SO₂ is zeer reactief en wordt wel als bactericide of fungicide gebruikt, omdat het verbindingen aangaat met een aantal reactieve metabolieten. Zwavelzuur irriteert de ademhalingswegen en -organen, die dan extra slijm gaan afscheiden waardoor het luchttransport en de zuurstofdiffusie ernstig worden belemmerd (bronchiale astma). SO₂ wordt in de atmosfeer geoxideerd tot SO₃.



Figuur 96. De opeenhoping van SO₃ in het zuidelijke deel van Noorwegen en Zweden tengevolge van zuidelijke winden gedurende twaalf dagen in 1974. Zwarte stippen zijn industrie centra.

SO₃ - zwaveltrioxide

In Zuid-Noorwegen en Zweden treedt nogal eens vissterfte op als gevolg van accumulatie van zwavelzuur in meren en rivieren. Oorzaken van deze accumulatie zijn, de 'aanvoer' uit de industrie centra van West-Europa en de rotsachtige bodem in Noorwegen waardoor van terechtkomen in de bodem weinig sprake is. Veel naaldbomen in Zweden ondervinden eveneens veel schade van het aangevoerde SO₃.

a. SO₂-concentraties voor de behandeling van biologisch materiaal ('methode Martel')

Benodigdheden:

- exsiccator Ø 300 mm met exsiccatorplaat van porselein
- 2 petrischalen Ø 80 mm
- NaHSO₃-oplossing 0,01 % en 1,0%
- aqua dest.
- siliconenvet
- broedstoof
- biologisch materiaal

Uitvoering: (fig. 97)

- plaats de beide petrischalen op de bodem van de exsiccator.
- vul de ene petrischaal met de NaHSO₃-oplossing.
- vul de andere petrischaal met aqua dest.
- breng de porseleinen exsiccatorplaat aan.
- plaats een petrischaal met te behandelen materiaal op deze plaat.
- plaats het deksel met zorgvuldig ingevette rand op de exsiccator.
- plaats het geheel in de broedstoof bij bijv. 20 °C.

Men kan het SO₂-gehalte van de exsiccatorlucht variëren door verschillende NaHSO₃⁻ concentraties te gebruiken.

Met behulp van onderstaande formule kan het SO₂-gehalte bepaald worden:

$$\log C_1 = 1,28 \cdot \log C_2 + 0,019(t-20) + 1$$

C₁ = SO₂-conc. v.d. lucht in mg/l

C₂ = SO₂-geh. v.h. met de lucht in evenwicht zijnde aqua dest. in g/l

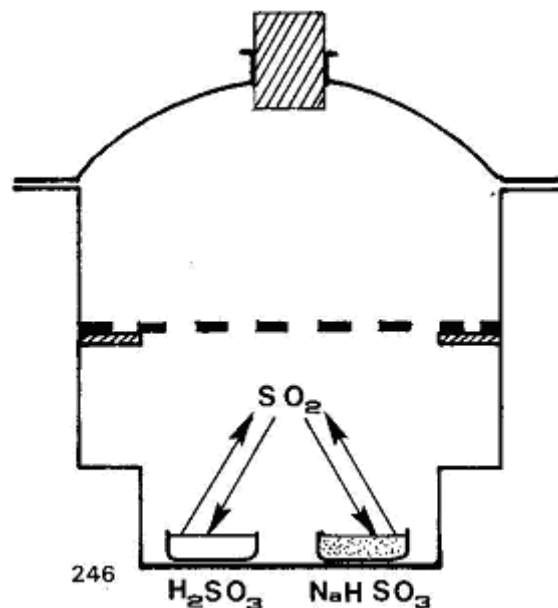
t = temperatuur in °C

Voorbeeld: t = 20 °C

NaHSO₃ = 0,01%

SO₂-conc. v.d. lucht = 1,2 ppm

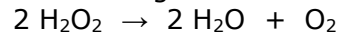
De door SO₂ veroorzaakte schade is afhankelijk van de concentratie en de inwerkingsduur.



Figuur 97. Invloed van SO₂ op biologisch materiaal

b. SO₂ en het enzym katalase in het blad

Het enzym is in staat tot de volgende reactie:



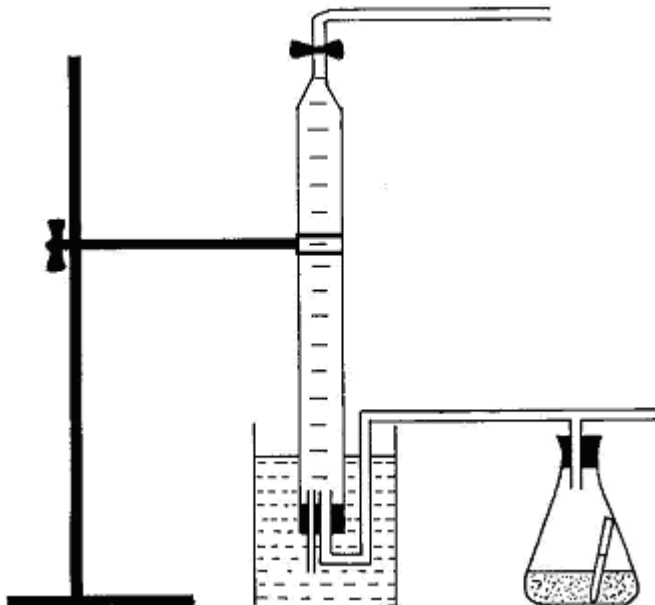
Benodigdheden:

- de proefopstelling van Härtel (zie a)
- spinaziebladen of klimopbladen
- 10 ml 30% H₂O₂
- schoon rivierzand
- mortier
- buret 50 ml
- rubberslang Ø 7 mm
- erlenmeyer 100 ml
- statief, buretklem
- 1 dubbeldoorboorde rubberstop
- 1 enkeldoorboorde rubberstop
- bekeerglas 3000 ml
- 250 ml bufferoplossing pH 7,2
- 100 ml 1% NaHSO₃-oplossing
- aqua dest.
- T-vormig verbindingsstuk Ø 7 mm
- chronometer
- balans
- maatcilinder 100 ml
- volumepipet 1 ml
- minireageerbuisje ± 5 ml

Uitvoering:

- maak met behulp van bovenvermelde materialen de proefopstelling uit fig. 98.
- behandel bladeren in het toestel van Härtel met SO₂ gedurende een bepaalde tijd (5, 15, 30, 60 minuten) en gebruik hiervoor de 1% NaHSO₃-oplossing (zie onder a).

Figuur 98. Invloed van SO₂ op katalase.



- weeg 0,1 g van het behandelde bladmateriaal af en wrijf dit in een mortier fijn, daarbij wat rivierzand en bufferoplossing toevoegend.
- spoel met de bufferoplossing de inhoud van de mortier in de maatcilinder en vul aan tot 30 ml.
- breng deze 30 ml over in de erlenmeyer van de proefopstelling.
- breng nu voorzichtig het minireageerbuisje, waarin 1 ml H₂O₂ zit, over in de erlenmeyer.
- sluit de erlenmeyer af met de rubberstop, waarin het T-vormige verbindingsbuisje is gemonteerd.
- sluit het open uiteinde van het T-vormige verbindingsbuisje met de wijsvinger af.
- kantel de erlenmeyer zodanig dat de H₂O₂ bij het fijngewreven bladmateriaal kan komen en druk de chronometer in.
- schud de inhoud nu gedurende 60 seconden goed door elkaar.
- verwijder na 60 seconden de wijsvinger.
- lees het aantal ml O₂ in de buret af.
- herhaal dit experiment met 0,1 g onbehandeld vers bladmateriaal.
- vul de tabel 55 in.

<i>behandelingsduur in minuten</i>	<i>aantal ml geproduceerde O₂</i>
0	
5	
15	
30	
60	

Tabel 55

Opdracht:

1. Maak een grafische voorstelling van de verkregen gegevens.

c. Invloed van SO₂ op het kiemingsproces van zaden

Benodigdheden:

- proefopstelling van Härtel (zie a)
- tomatenzaad of tuinkerszaad
- petrischalen
- rondfilters
- gloeischaltjes, 5 stuks
- grafiekenpapier
- broedstoof
- chronometer

Uitvoering:

- laat de zaden gedurende drie uren in leidingwater opzwellen.
- doe 50 natte opgezwollen zaden in ieder van de gloeischaltje en plaats deze respectievelijk gedurende 5, 15, 30, 60 minuten in het toestel van Härtel (zie onder a).
- leg de zaden vervolgens op het vochtige filterpapier in de petrischalen en sluit deze met een deksel af.
- plaats de petrischalen in een broedstoof van 20 °C.
- bepaal na 48 uur het kiemingspercentage.
- kiemingspercentage x $\frac{\text{aantal gekiemde zaden}}{50 \text{ zaden}} \times 100\% = \dots\%$
- meet daarna gedurende een aantal dagen de lengte van de worteltjes en de stengeltjes.
- vergelijk de resultaten met die van de blanco proef.

noteer de verkregen gegevens in tabel 56 en trek zo mogelijk één of meer conclusies.

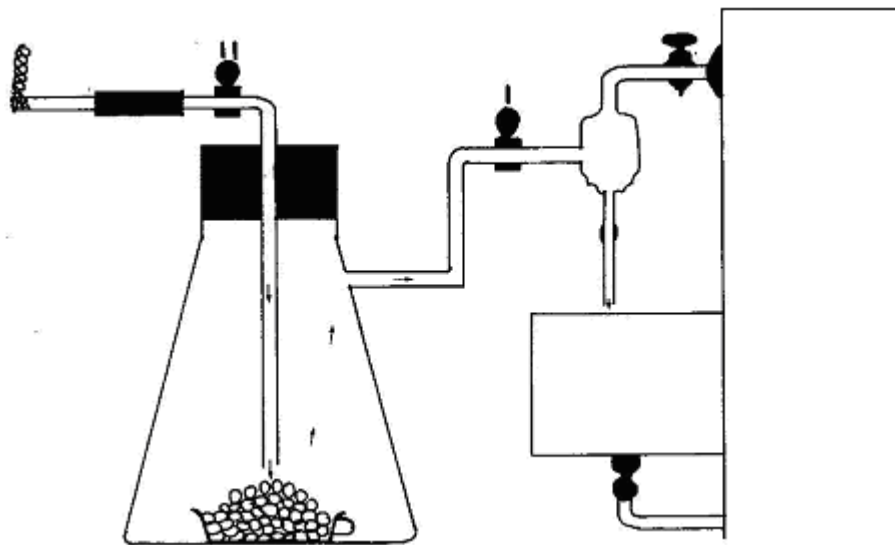
Tabel 56

<i>SO₂-conc./ % NaHSO₄</i>	<i>behandelings- duur minuten</i>	<i>kiemings- percentage na 48 uur</i>	<i>verrichte metingen</i>																
			<i>gem. lengte worteltje na</i>						<i>gem. lengte stengeltje na</i>										
			24 u	48 u	72 u	96 u	120 u	144 u	168 u	24 u	48 u	72 u	96 u	120 u	144 u	168 u			
. . . mg/l . . .%	5 15 30 60																		
. . . mg/l . . .%	5 15 30 60																		
. . . mg/l . . .%	5 15 30 60																		

d. De invloed van sigarettenrook op de kiemkracht van zaden

Benodigheden:

- tomatenzaad of tuinkerszaad
- sigaretten (diverse merken; met of zonder filter; teefilters)
- sigarettenpijpje waarin teefilters gemonteerd kunnen worden
- erlenmeyer 250 ml met wijde hals of een afzuigkolf 250 ml
- 1 dubbeldoorboorde rubberstop of 1 enkeldoorboorde rubberstop
- plexiglasbuis Ø 7 mm
- rubberslang Ø 7 mm
- 2 slangklemmen
- waterstraalpomp
- petrischalen, 5 stuks
- rondfilters
- gloeischachtje of een dekseltje, 5 stuks
- langbenige pincet
- grafiekenpapier
- broedstoof
- chronometer
- balans (voor standaardisering van het experiment)
- etiketten



Figuur 99. De invloed van sigarettenrook op kiemende zaden.

Uitvoering:

- maak de proefopstelling als fig. 99.
 - laat de zaden gedurende drie uren in leidingwater opzwellen.
 - doe 50 natte opgezwollen zaden in ieder gloeischaltje.
 - plaats het schaltje met behulp van de langbenige pincet in de afzuigkolf.
 - monteerd de sigaret.
 - draai de slangklemmen los.
 - zet de waterstraalpomp in werking.
 - steek de sigaret aan.
 - zodra de sigaret op is slangklem I dichtdraaien.
 - waterkraan dichtdraaien.
 - slangklem II dichtdraaien.
 - laat de rook op ieder schaltje respectievelijk 5, 15, 30, 60 minuten inwerken en leg de zaden vervolgens op het vochtige filtreerpapier in de petrischalen.
 - plaats de petrischalen in de broedstoof bij 20 °C.
 - bepaal na 48 uur het kiemingspercentage
- $$\text{kiemingspercentage} = \frac{\text{aantal gekiemde zaden}}{50 \text{ zaden}} \times 100\% = \dots\%$$
- bepaal eveneens het kiemingspercentage van de blanco proef.
 - maak een tabel zoals deze in experiment c is getekend.

Wanneer sigarettenmerken, sigaretten met en zonder filter, sigarettenpijpje met en zonder teerfilter, behandelingstijden, etc. met elkaar worden vergeleken, dan zal men tot standaardisering over moeten gaan (hoeveelheid tabak, rooksnelheid = doorzuigcapaciteit van de waterstraalpomp).

M-83 Schadelijke metalen

Zie ook M-32 en M-33.

a. Invloed van loodzouten op de lengtegroei van wortels

Benodigdheden:

- tuinkerszaden

- balans
- 30 petrischalen
- rondfilters
- erlenmeyers 200 ml
- Joodacetaat-oplossingen van 0,1%, 1,0%, 2,0% en 5,0%
- en/of Joodchloride-oplossingen van 0,1 %, 1,0%, 2,0% en 5%
- aqua dest.
- etiketten
- pipetten

Uitvoering:

- voorzie de petrischalen van filtreerpapier (verschillende lagen!)
- bevochtig het filtreerpapier van 3 petrischalen met aqua dest.
- bevochtig het filtreerpapier van 3 petrischalen met 0,1% loodacetaat-opl.
- bevochtig het filtreerpapier van 3 petrischalen met 1,0% loodacetaat-opl.
- bevochtig het filtreerpapier van 3 petrischalen met 2,0% loodacetaat-opl.
- bevochtig het filtreerpapier van 3 petrischalen met 5,0% loodacetaat-opl.
- doe hetzelfde met de loodchloride-oplossingen.
- leg in ieder van de petrischalen 50 zaden, gelijkmatig verspreid.
- plaats de van een deksel voorziene en goed geëtiketteerde petrischalen in de broedstoof bij 20 °C.
- zorg ervoor dat het filtreerpapier niet uitdroogt!
- controleer de zaden 3-4 uur na het inzetten.
- noteer de waargenomen verschijnselen.
- bereken 48 uur na het inzetten van de proef de gemiddelde lengte van de worteltjes.
- vul tabel 57 in.

% loodacetaat	aantal gekiemde zaden	kieming in % v.d. controle	wortellengte	
			in mm	in % v.d. controle
0		100		100
0,1				
1,0				
2,0				
5,0				

Tabel 57

% loodacetaat	aantal gekiemde zaden	kieming in % v.d. controle	wortellengte	
			in mm	in % v.d. controle
0		100		100
0,1				
1,0				
2,0				
5,0				

Vraag:

- a. Welke experimenten zouden nog verricht kunnen worden teneinde een goed gefundeerde conclusie uit bovenstaande experimenten te kunnen trekken?

b. Invloed van zware metalen op de activiteit van het enzym katalase bij de aardappel

Benodigdheden:

- aardappels
- pipetten
- erlenmeyers 100 ml
- 1% HgCl-oplossing
- 1% NaCl-oplossing
- 3% H₂O₂-oplossing

Uitvoering:

- was de aardappels goed schoon en droog ze af.
- snij een aardappel in drieën.
- druppel op het snijvlak van het eerste stuk wat 3% H₂O₂-oplossing.
- noteer de waargenomen verschijnselen.
- druppel op het snijvlak van het tweede stuk wat 1% HgCl-oplossing, zodanig dat het hele snijvlak is bedekt.
- druppel vervolgens wat 3% H₂O₂-oplossing op dat snijvlak.
- noteer de waargenomen verschijnselen.
- herhaal dit laatste proefje en vervang de HgCl-oplossing door de 1% NaCl-oplossing.
- noteer de waargenomen verschijnselen.

Vraag:

2. Waarom wordt dit derde proefje met NaCl-oplossing uitgevoerd?

c. Invloed van zware metaalzouten op de enzymactiviteit bij zaden

Benodigdheden:

- tuinkerszaad
- petrischalen
- rondfilters
- pipetten
- mortier
- 1% HgCl-oplossing
- 1% NaCl-oplossing
- 3% H₂O₂-oplossing
- aqua dest.

Uitvoering:

- laat 50 tuinkerszaden in petrischalen met rondfilters gedrenkt in aqua dest. ontkiemen.
- laat 50 tuinkerszaden in petrischalen met rondfilters gedrenkt in 1% NaCl-oplossing ontkiemen.
- laat 50 tuinkerszaden in petrischalen met rondfilters gedrenkt in 1% HgCl-oplossing ontkiemen.
- wrijf na 24 uur de drie porties zaden fijn in een mortier.
- druppel vervolgens hierbij wat 3% H₂O₂.
- noteer de waargenomen verschijnselen in tabel 58.

Tabel 58

zaden gekiemd in:	reactie op de 3% H ₂ O ₂ -oplossing
aqua dest.	
1%NaCl-opl.	
1%HgCl-opl.	

M-84 Vuilverbranding en milieu

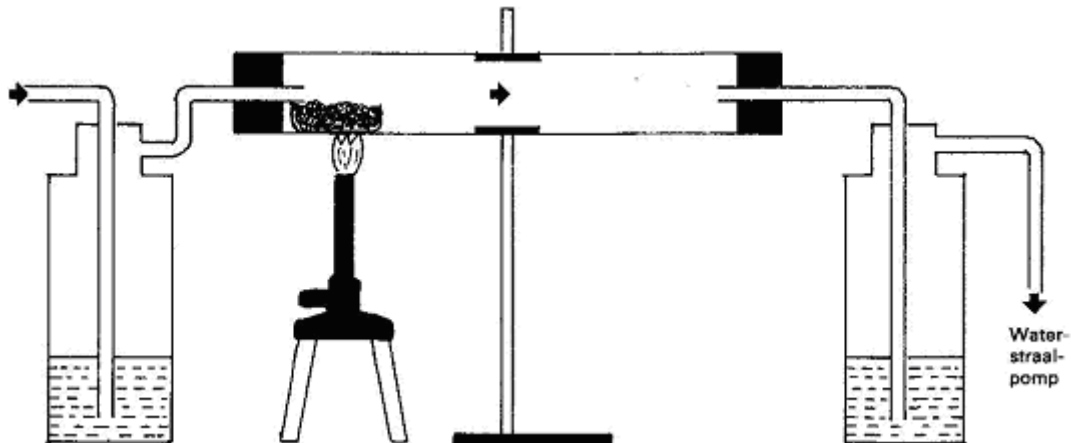
Invloed van vuilverbranding op het milieu kan ernstige gevolgen hebben.

Benodigheden:

- Pvc-materiaal (diverse soorten)
- teclubrander/bunzenbrander
- pyrex glasbuis Ø 36 mm, lengte 500 mm
- statief en klem
- 2 gaswasflesjes 250 ml
- glasbuis Ø 7 mm
- rubberslang Ø 7 mm
- waterstraalpompe
- gloeischuitje
- 2 enkeldoorboorde stoppen
- sterk verdunde NaOH-oplossing
- 1% AgNO₃-oplossing
- methylrood (indicator pH 4,4-6,2)

Uitvoering:

- maak de proefopstelling uit fig. 100.
- vul de beide gaswasflessen met de AgNO₃-oplossing.
- vul het gloeischuitje met fijn verdeeld Pvc-materiaal.
- verhit de pyrex buis langzaam en zuig met behulp van de waterstraalpompe de opstelling door.
- verklaar de eventueel waargenomen verschijnselen.
- herhaal bovenstaande proef, maar vul de gaswasflessen nu met de NaOH-oplossing waaraan 1-2 druppels methylrood is toegevoegd.
- verklaar de eventueel waargenomen verschijnselen.



Figuur 100. De invloed van vuilverbranding op het milieu.

M-85 De afbraak van het schuimmiddel in wasmiddelen

Afwasmiddelen bevatten onder andere detergents of oppervlakte-actieve stoffen. Deze tensiden vernietigen de membranen die de cellen begrenzen. Hierdoor verstoren ze de semipermeabiliteit van het cytoplasma. De membranen bestaan uit in lagen gerangschikte lipiden en eiwitten en hebben een polaire structuur. Tensiden hebben ook een polaire bouw en hebben daardoor een grensvlakactiviteit. Ze verlagen de grensvlakspanning en verzamelen zich in het grensvlak en hierdoor in de membranen. De membranen verliezen zo hun functie en de cellen gaan dood. Detergents hebben daardoor een brede bactericide werking. Men kan deze stoffen gebruiken als desinfectans van oppervlakten en van kleding. Het gevolg is echter dat dergelijke tensiden in het milieu moeilijk of niet afbreekbaar zijn door micro-organismen.

De schuimvorming door tensiden ontstaat door de absorptie van deze stoffen aan het grensvlak vloeistof-gas. De oppervlaktespanning van de oplossing heeft geen directe invloed op de stabiliteit van het schuim. Deze stabiliteit ontstaat voornamelijk doordat de schuimbellen een inwendig grensvlak met de lucht vormen. Hierdoor worden ze door een dubbele laag actieve moleculen omhuld. De structuur en de geometrie van deze laag beslist over de sterkte van de bel. Tussen het binnen- en buitenoppervlak van deze omhulling van de schuimbel kan water, een tensideoplossing en vuildeeltjes opgeslagen zijn. Zo bestaat er dus een zeker verband tussen het vuildragend vermogen en de schuimvorming.

Afwasmiddelen komen uiteindelijk in het rioolwater terecht. Als deze stoffen niet snel afgebroken kunnen worden door micro-organismen veroorzaken ze moeilijkheden gedurende de rioolwaterzuivering door hun schuimvorming tijdens het doorluchten, Teneinde het gebruik van deze stoffen zoveel mogelijk te beperken zou de reclamezin: '... schuimt nog volop, dus ontvet nog volop!' moeten verdwijnen. De hoeveelheid schuim is geen juiste maatstaf voor de ontvettende werking. Er bestaan ook andere stoffen die goed ontvetten en tevens weinig schuim vormen. De volgende experimenten kunnen een indruk geven omtrent de afbreekbaarheid van de in het huishouden gebruikte schoonmaakmiddelen.

Benodigheden:

Zie M-86 en 87.

- voedingsmedium bestaande uit glucose en enkele zouten
- 2 suspensies van 5 gram tuinaarde in 100 ml water als entmateriaal. De ene suspensie wordt gesteriliseerd en de andere niet
- enige steriele erlenmeyers inhoud 100 ml of goed sluitende jampotjes
- steriele maatpipet van 25 ml
- enige steriele maatpipetten van 1 ml
- enige maatcilinders van 100 ml afgesloten door een rubber stop
- 0,1% oplossing in leidingwater van verschillende afwasmiddelen, bijvoorbeeld huishoudzeep, Dreft, Lodaline, Ajax, Dubro e.d.

Vorbereiding:

1. *Voedingsmedium*

- los hiertoe de volgende hoeveelheden op in 1000 ml leidingwater:
 - 20 gram glucose $C_6H_{12}O_6 \cdot H_2O$
 - 1 gram ammoniumsulfaat $(NH_4)_2SO_4$
 - 0,5 gram di-kaliumhydrogeenfosfaat $K_2HPO_4 \cdot 3 H_2O$
 - 0,1 gram magnesiumchloride $MgCl_2 \cdot 6 H_2O$Deze oplossing is kiemvrij te maken door discontinue sterilisatie.
- verhit de vloeistof in een kolf of erlenmeyer afgesloten door een wattenprop gedurende 30 min. bij 100 °C in een stoompan of hoge drukpan zonder stoomdruk.
- laat de kolf 24 uur bij kamertemperatuur staan.
- verhit de kolf opnieuw 30 min. bij 100 °C. Na afkoelen is de voedingsvloeistof voor gebruik gereed.

2. *Suspensie van tuinaarde*

- meng 5 gram tuinaarde met 100 ml leidingwater in een erlenmeyer van 250 ml afgesloten door een rubberstop.
- schud het mengsel krachtig gedurende 5 min.
- laat de grond bezinken en verwijder het drijvende materiaal.
- decanteer de vloeistof, die nu als entmateriaal gereed is.
- maak op gelijke wijze een tweede portie klaar, maar steriliseer nu de vloeistof na decanteren in een hoge drukpan gedurende 15 min. bij 120 °C.

Uitvoering:

- neem het dubbele aantal erlenmeyers en 2 blanco's aan de hand van het aantal soorten afwasmiddelen.
- merk de erlenmeyers; één serie wordt beënt, de andere niet.
- breng in iedere erlenmeyer 25 ml steriele voedingsvloeistof.
- beënt nu één serie met 1 ml afgietsel van tuinaarde in iedere erlenmeyer.
- voeg aan ieder der overige erlenmeyers toe 1 ml gesteriliseerd afgietsel van tuinaarde.
- breng vervolgens 1 ml van iedere 0,1% oplossing van een afwasmiddel zowel in een beënte erlenmeyer als in een erlenmeyer waaraan gesteriliseerd afgietsel is toegevoegd.
- plaats alle erlenmeyers bij kamertemperatuur of in een broedstof van 20 °C.

Vragen en opdrachten:

1. Controleer na één week de nog aanwezige schuimvorming. Beter zou zijn indien deze controle iedere dag zou geschieden; daartoe neme men het materiaal mee naar huis. Controle geschiedt als volgt:
 - giet de inhoud van de beënte erlenmeyer in een schone maatcilinder.
 - sluit deze af met een schone rubberstop.
 - schud de oplossing krachtig gedurende 1 min.
 - meet de hoogte van de schuimlaag en neem de geur waar.
 - breng de vloeistof terug in de erlenmeyer, reinig de maatcilinder grondig met heet water.
 - giet nu de inhoud van de niet beënte erlenmeyer in de maatcilinder en ga op gelijke wijze te werk.
 - vergelijk nu de hoogte van de schuimlagen van hetzelfde afwasmiddel in 'afgebroken toestand' ten opzichte van het niet aangetaste schuim.
2. Maak een tabel van alle resultaten door uitwisseling van de gegevens.
3. Zijn er nog opmerkelijke verschillen in de afbreekbaarheid der moderne afwasmiddelen?

M-86 Laboratoriumtechniek: steriliseren

Voor het kweken van de micro-organismen uit één monster of van één soort micro-organismen is het noodzakelijk alle sporen en andere micro-organismen te elimineren die altijd aanwezig zijn in glaswerk, voedingsbodems en andere materialen die men hierbij gebruikt. Hiertoe dienen alle onderdelen kiemvrij gemaakt te worden of althans alle organismen en hun sporen dienen gedood te worden. Er bestaan hiervoor verschillende technieken afhankelijk van de te steriliseren materialen.

1. *Sterilisatie door middel van stoom onder overdruk*
2. *Discontinue stoomsterilisatie bij 100 °C: Tyndallisatie*
3. *Sterilisatie door droge verhitting: droogsterilisatie*
4. *Uitkoken*

5. *Pasteuriseren en wecken*
6. *Flamberen*
7. *Doden der micro-organismen door giftige chemicaliën: desinfectantia*
8. *Verwijdering der micro-organismen door filtratie*
9. *Doden der micro-organismen door straling: UV-stralen, radioactiviteit*

a. Stoomsterilisatie

Deze methode wordt verricht door middel van een autoclaaf. Het is een grote Papiniaanse pot, dat wil zeggen een op inwendige druk gebouwde ijzeren ketel. Deze ketel die onderin een laag water bevat wordt verhit zodat stoom ontstaat. Ter controle van de inwendige temperatuur is er een kwikthermometer en voor de inwendige stoomdruk is er een drukmanometer.

Ter vervanging van deze autoclaaf gebruikt men veelal een groot model hoge drukpan. Met de hoge drukpan kan men steriliseren. *Men bedenke echter wel dat deze pan in principe gebouwd is om te koken. De handleiding zal dus geen richtlijnen bevatten voor het steriliseren van materialen.* Hoogstens vermeldt men hoe hiermede moet worden 'geweekt'; een soort pasteuriseren.

Deze hoge drukpan is gebouwd voor lage overdrukken. De zware deksel heeft een afdichtingring en wordt met een bajonetsluiting afgesloten. Hij wordt verhit door gasverwarming, Onderin de ketel moet er dus voor de stoomvorming *altijd* voldoende water aanwezig zijn. Ook na **afloop** van de sterilisatie met deze hogedrukpan dient er nog water aanwezig te zijn! Als controle-instrumenten zijn slechts aanwezig een veiligheidsventiel; een pen die bij te hoge druk eruit vliegt - zo soms 'spoorloos' verdwijnt - en een uitlaat, die afgesloten wordt met een penvormig ventiel dat met 1 à 2 gewichten verzwaard wordt waardoor een tegenwicht op de overdruk van de stoom ontstaat. Een meer luxe uitvoering bezit ook nog een manometer, waarvan de schaalverdeling zowel druk in atm. (of lbs) als temperatuur in graden Celsius aangeeft. Dit zijn natuurlijk twee zaken die onmogelijk door één en hetzelfde instrument nauwkeurig kunnen worden waargenomen. Deze manometer geeft dan ook alleen de inwendige gasdruk - van het mengsel lucht en stoom - aan. De inwendige temperatuur zou op een geheel andere wijze gemeten moeten worden. Dit kan door het monteren van een thermometer. Hiertoe brengt men een **gesloten** dikwandige koperen buisje in het deksel aan: gat boren in het deksel, buisje met 2 moeren en afdichtingsringen vastzetten. In dit buisje plaatst men een kwikthermometer die minstens tot 130 °C gaat. Is men bang dat het contact van het kwiklichaam en de wand van het koperen buisje onvoldoende is dan brengt men onderin het buisje enkele druppels glycerine of olie. De uitlaat van de hoge drukpan heeft nu 2 functies en er moet daarom ook zeer nauwkeurig gehandeld worden. Ten eerste dient deze uitlaat voor het evacueren van de pan met inhoud. Hij moet dus net zo lang open blijven staan totdat alle lucht — ook uit de te steriliserende materialen - is verdreven. Dit is pas het geval als hij een zeer grote stoompluim ontwikkelt terwijl de thermometer 99-100 °C aanwijst. De manometer kan dan al enige overdruk aanwijzen en mag niet als temperatuurmeter gebruikt worden. Deze noodzakelijke sterke stoomontwikkeling houdt in dat de pan bij aanvang veel heet water moet bevatten. Minstens 4 cm; vele kolven zullen dan ook in de losse mand met hun 'voeten' in het water staan.

Pas als de inwendige temperatuur 100 °C bedraagt mag men de uitlaat afsluiten met de drukringen. Nu komt de tweede functie van deze uitlaat aan bod namelijk het regelen van de stoomoverdruk. 1 atmosfeer overdruk van stoom — 2 atm. luchtdruk en komt overeen met een kookpuntsverhoging van 120 °C. Deze temperatuur moet ook in de kolven etc. bereikt worden teneinde de voedingsbodems in voldoende mate te steriliseren. Wanneer de uitlaat ondanks de aanwezige drukringen weer wat stoom doorlaat moet de thermometer minstens 119-120 °C aanwijzen. Mocht dit niet het geval zijn, dan zijn er nog restanten lucht in het materiaal aanwezig en is er onvoldoende lucht afgelaten. Gaat men nu toch door met steriliseren dan heeft dit wel bepaalde consequenties voor de voedingsbodems. Immers gaat de uitlaat opnieuw

veel stoom maken dan betekent dit koken bij overdruk en de voedingsbodems gaan koken. Gevolg: oververhitting van de agar of gelatine waardoor later de bodems niet meer stijf worden.

De kunst is nu zonder vrijkomen van stoom de temperatuur gedurende 15-30 min. op 120 °C te houden door middel van de gasverwarming. Veelal zal dit *ontaarden* tot zo nu en dan opwarmen zodat de temperatuur tussen 115 en 120 °C varieert waarbij stoomvorming en koken voorkomen dient te worden. Het is dan ook voor een goede sterilisatie aanbevelenswaardig de langste sterilisatietijd aan te houden. De meeste plasticmaterialen zullen deze temperaturen niet kunnen verdragen en door week worden in elkaar zakken.

De sterilisatie is niet afgelopen met het voor de laatste maal afdraaien van de gasverwarming. Vóór het verwijderen van de drukringen op de uitlaat dient men te wachten tot de inwendige temperatuur minstens tot 95 °C is gezakt. Verwijdert men deze bij een druk boven 100 °C dan ontstaat stoomvorming en gaan de voedingsbodems in de kolven koken met het bekende effect later niet of slecht stijf te worden. Gedurende de afkoelingsperiode treedt condensvorming op waardoor de wattenproppen nat kunnen worden en onvoldoende hun luchtfiltrerende werking kunnen uitoefenen bij het toelaten der lucht gedurende het openen van de hoge drukpan. Dit is zeer eenvoudig te voorkomen door alle wattenproppen af te schermen met een klein bekersglasje of een los kapje van aluminiumfolie. Het beste is de afgekoelde hoge drukpan te openen bij ongeveer 60 °C. Er dient nu nog een restant water op de bodem van de pan aanwezig te zijn. De inhoud is nu zover afgekoeld dat wanneer men de kolven met een schone doek aanpakt de bodems direct in de steriele schalen kunnen worden uitgegoten.

Het opnieuw smelten van reeds gestolde agarbodems gaat in deze hoge drukpan veel eenvoudiger en vlugger dan op een kokend waterbad van 100 °C. Hiertoe plaatst men de kolven in de hoge drukpan boven een flinke laag heet water. Condensvorming in de wattenproppen op genoemde wijze voorkomen. Sluit de pan en verwarm de inhoud tot ongeveer 95-98 °C zonder te sterke stoomvorming, om kookverschijnselen in de kolven te voorkomen. De pan kan nu direct geopend worden. De kolven zijn wel zeer heet, maar veelal wel met een doek aan te pakken en zo uit te gieten.

De functie van de manometer op de hoge drukpan is zeer gering. Men dient te steriliseren op temperatuur en niet op druk.

Alle vloeistoffen en voedingsbodems dient men met stoom onder druk te steriliseren.

Gebruiksaanwijzing voor de hoge drukpan

- vul de hoge drukpan tot ongeveer 4 cm met heet water.
De gasverwarming aansteken.
- zet de kolven en/of reageerbuizen in de pan bijvoorbeeld met behulp van een metalen mandje. Tegen condensvorming dient men alle wattenproppen af te dekken.
- sluit de hoge drukpan. Laat de lucht volledig uit de pan en uit de materialen verwijderen door een goede regelmatige stoomvorming.
- wacht tot de temperatuur in de hoge drukpan 99-100° C is. Sluit pas daarna de stoomafvoer af door middel van de gewichten met de naaldafsluiter.
Gasverwarming nog niet verminderen.
- laat de temperatuur stijgen tot het aantal graden Celsius overeenkomend met de overdruk.
- reken de aanvang van de sterilisatietijd vanaf het moment dat de vereiste temperatuur is bereikt (zie tabel 59).
- onderhoud de temperatuur en de stoomdruk door regeling van gasverwarming gedurende de vereiste tijd. Voorkom sterk dalen van de temperatuur maar ook stijgen van de temperatuur die gepaard gaat met stoom loslaten (en inwendig met kookverschijnsel).

- sluit na de sterilisatietijd de gasverwarming. Voorkom openen van de uitlaat zodat de stoomdruk vermindert en weer kookverschijnselen zouden optreden.
Laat de pan in gesloten toestand uit zichzelf afkoelen tot beneden 100 °C.
- verwijder de gewichten van de uitlaat als de temperatuur ongeveer 95 °C is. Open de hoge drukpan daarna en haal met behulp van een doek de nog hete kolven er uit.
- De voedingsbodems kunnen nu gegoten worden.
De vloeistoffen laat men verder buiten de pan afkoelen.

N.B. In de hoge drukpan moet nu nog een klein restant water aanwezig zijn.

Is de pan droog gekookt dan is de sterilisatie niet goed verlopen en zijn er ongewenste kookverschijnselen opgetreden.

Overdruk	Temperatuur	Sterilisatietijd
0,5 atm	112 °C	90 min.
1 atm	120 °C	30 min.
1,5 atm	128 °C	20 min.
2 atm	134 °C	10 min.
3 atm	144 °C	

Tabel 59

b. Gefractioneerde of discontinue sterilisatie met stoom

Deze vorm van sterilisatie met stromende stoom van 100° C kan geschieden met een stoomvat volgens Koch en dient om stoffen die bij hogere temperatuur *gemakkelijk ontleden* toch kiemvrij te maken zoals voedingsbodems van gelatine of die veel suikers bevatten. Op deze wijze is het caramelliseren van suikermengsels met fosfaten te voorkomen. Deze methode kan ook uitgevoerd worden met de hoge drukpan of autoclaaf. Men dient dan de deksel niet af te sluiten en slechts gedurende 30 min. voor een regelmatige en matige stoomontwikkeling te zorgen (100 °C). Daarna laat men de kolven gedurende 24 uur bij kamertemperatuur (minstens 20 °C) of in de broedstoof staan, waardoor de nog levende sporen zich kunnen ontwikkelen. Dit proces wordt drie maal herhaald. Bij minder labiele voedingsbodems kan men volstaan met twee maal, de eerste keer 1 uur bij 100 °C en de tweede keer 30 min. bij 100 °C uur verblijf in de broedstoof.

c. Droge sterilisatie

Verhitting van *instrumenten* met droge hete lucht geschiedt in een droogstoof tot ongeveer 170° C. Vloeistoffen, voedingsbodems en plasticartikelen kan men dus nooit op deze wijze steriliseren. Alle te gebruiken *glaswerken* worden zo gesteriliseerd, Glazen petrischalen worden hiertoe in papier verpakt of geplaatst in metalen containers in de droogstoof.

De erlenmeyers en kolven worden voorzien van een stevige wattenprop, losgeplaatst in de broedstoof. Ook de reageerbuizen of cultuurbuizen worden afgesloten met hun wattenproppen en staan in een bekersglas in de oven.

De maatpipetten krijgen in het 'mondstuk' een dun maar wel langwerpig wattenpropje.

De hoeveelheid watten moet zo weinig zijn dat men de vloeistoffen gemakkelijk in de pipet kan opzuigen, maar ook gemakkelijk de pipet kan uitlopen. Wel moet het voldoende als luchtfilter werken. Ook mogen de watten niet buiten het mondstuk uitsteken. Trouwens enkele uitstekende haren worden toch voor aanvang van het gebruik (na sterilisatie) afgebrand anders kan de wijsvinger moeilijk voldoende afsluiten gedurende het pipetteren.

Vervolgens plaatst men de pipetten in een *pipetten-sterilisatiekoker* met alle mondstukken naar boven zodat ze later er één voor één gemakkelijk uitgeschud kunnen worden zonder de overigen te infecteren. Een dergelijke pipetten koker is ook te ver-

vaardigen van een brede hardglazen buis \varnothing 5-6 cm die aan één zijde met een ronde bodem wordt dichtgesmolten. Aan de andere zijde wordt de rand slechts glad afgewerkt. In de ronde bodem van deze buis plaatst men een flinke wattenprop zodat de punten der pipetten niet beschadigd worden. De opening wordt afgesloten met een grote stevige wattenprop. Aangezien deze wattenprop vele malen wordt geflambeerd voor het openen en sluiten van deze buis is het beste om zijn stevigheid te bewaren door de wattenprop in een hydrophyl-gaas te knopen. De pipetten kokers met inhoud steriliseert men daarna in de droogstoof. Ook kan men de pipetten bij kleine aantallen in papier pakken. Wel moet dan de bovenkant van de pipetten op het papier worden aangegeven zodat men later alleen daar het pakketje opent. Wil men iedere maatpipet apart houden dan steekt men het onderste deel door een wattenprop van een reageerbuis tot bijna op de bodem en steriliseert zo de aan beide zijden afgesloten pipet.

Pasteurse pipetten hebben bovenin ook een wattenprop. Ze worden gesteriliseerd zonder hun speentjes. Ze staan rechtop in een bekeerglas dat afgesloten is met de helft van een petrischaal.

Houd rekening met de tijd die nodig is om het glaswerk op te warmen tot de sterilisatietemperatuur zodat zekerheidshalve voor een volledige sterilisatie de tijdsduur mag verdubbeld worden.

sterilisatietijd	temperatuur
1 uur	170° C
2 uur	160° C
4 uur	150° C

Bij hogere temperaturen wordt de zogenaamde schroeigrens bereikt, waarbij watten en papier gaan verkolen en ook het papier later te bros is.

d. Uitkoken

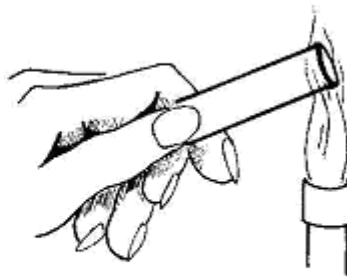
Koken gedurende minimaal 15 min. is alleen een eenvoudige mogelijkheid tot sterilisatie voor *instrumenten* (injectiespuiten, naalden, scharen enz.). Is het materiaal met sporen verontreinigd dan is deze methode niet betrouwbaar. De tijd, die nodig is om het water aan de kook te brengen mag vanzelfsprekend niet worden meegeteld. Gedurende de tijd van uitkoken moeten de voorwerpen geheel ondergedompeld blijven. Het sterilisatie-effect zou bevorderd worden door het toevoegen van 2% Na_2CO_3 . Tevens zou het roesten van de instrumenten voorkomen. In vele gevallen zal het dunne laagje zout dat achterblijft geen bezwaar vormen, behalve natuurlijk voor een goede werking van de injectiespuiten.

e. Pasteurisatie en wecken

Bij deze behandeling met vochtige hitte wordt slechts een deel van de micro-organismen gedood. De eis die aan dit proces gesteld wordt is dat alle *pathogene* bacteriën vernietigd worden. Men past het voornamelijk toe op melk en melkproducten om daardoor de smaak van het product zo min mogelijk te beïnvloeden. De hoogte van de temperatuur is afhankelijk van de verblijftijd van het product op deze temperatuur. Hij varieert van 20 sec. bij ongeveer 72 °C tot 87 °C bij 2 sec. verblijftijd. Dit is ongezien de tijd die nodig is om het materiaal op te warmen. Ieder deeltje van de stof dient minstens gedurende deze tijd voornoemde temperatuur bereikt te hebben. Het geheel is dus een zuiver technisch probleem.

Wil men in het laboratorium zeer labiele voedingsbodempasteuriseren dan dient men de massa enige malen tot bijvoorbeeld 80 °C te verhitten (of gedurende 30 min. op 65 °C te houden). Men moet hierbij echter bedenken dat de desbetreffende bodem *niet steriel* is en dus niet houdbaar is.

Een dergelijke gedeeltelijke sterilisatie is ook het zogenaamde *wecken* van groenten en fruit waarbij het materiaal gedurende 20 min. verhit wordt op 80 °C. Alle vegetatieve cellen en schimmelsporen worden gedood. De bacteriesporen blijven echter



Figuur 101. Het flamberen van een entnaald.

Figuur 102. Het flamberen van een buis.

nog levenskrachtig. Aangezien na het wekken de potten zich zuurstofloos afsluiten zullen alle aërobe sporen in dit milieu niet tot ontwikkeling komen. De sporen van Clostridium soorten kunnen zich hierin wel ontwikkelen.

f. Flamberen

Dit is een vorm van droge verhitting maar in een *open* vlam waarbij het oppervlak wordt afgebrand. Op die manier worden platina entnaalden, entspatels, pincetten, objectglazen en dergelijke gesteriliseerd. Eiwitrestanten verkolen op het moment dat de belangrijkste metalen delen van deze instrumenten tot roodgloeiend worden verhit. Om gedurende het verhitten de naalden sneller schoon te krijgen dompelt men ze vaak in ethanol (brandspiritus van 70-80%) die dan mee verbrandt. Desondanks dient het metaal tot gloei-hitte verwarmd te worden. Dompelt men daarna de entnaald opnieuw in de ethanol dan koelt ze sneller af dan in de lucht. Nu behoeft men slechts even de naald door de vlam te halen om het restant ethanol op te branden. Toch is dan de naald nog te heet om direct over te enten. De punt kan men snel afkoelen door hiermede een nog steriel deel van de voedingsbodem aan te raken alvorens een deel van de gewenste kolonie te raken of op te pikken. Het alleen afbranden van ethanol van de etsnaalden is een te onbetrouwbare methode van sterilisatie.

g. Sterilisatie door middel van desinfectantia

In principe zijn hiervoor alle chemicaliën bruikbaar die een bactericide en/of fungicide werking bezitten. De toepasbaarheid is eerder afhankelijk van de invloed van restanten van deze stoffen op de experimenten. De hierna volgende opsomming is een beperkt overzicht van bruikbare middelen.

- a. *Waterstofperoxide* H_2O_2 en O_3 vallen bij hun werking uiteen in onschadelijke stoffen.
- b. *Zuren en basen* hebben een beperkte bacteriedodende werking buiten het pH-gebied van 5-9.
- c. *Metaalionen* (zoals kwik en zilver) worden door de levende cel goed opgenomen waardoor ze in geringe concentratie werkzaam zijn.
Sublimaat ($HgCl_2$) wordt als 0,1% oplossing gebruikt als ontsmettingsmiddel. Ook past men het toe op de wattenproppen van de cultuurbuizen om later infecties via mijten en schimmelsporen te voorkomen.

- d. Van de *halogenen* werkt *chloor* als oxidatiemiddel doordat het met water het onstabiele hypochloriet vormt. Chloorkalk en chloraminen (b.v. 'Halamid') worden toegepast bij de desinfectie van drinkwater en zwemwater en in de voedingsmiddelenindustrie.
Jodium als alcoholische oplossing gebruikt men voor desinfectie van de huid en van wonden.
- e. *Fenolen* (fenol C_6H_5OH , kresol C_7H_8O) zijn langzaam werkende maar stabiele desinfectantia, die weinig door organische stoffen worden beïnvloed. Een nadeel voor de toepassing van deze middelen is hun *giftigheid* en hun prikkelende of etsende werking en ze zijn onwerkzaam ten opzichte van sporen.
- f. *Alcoholen* zijn zwakke desinfectantia en hebben door hun vluchtigheid een korte inwerkingtijd. Ze zijn hoogstens bruikbaar om uitgekookte instrumenten (injectiespuit en naalden) in te bewaren. Verder als conserveringsmiddel voor organismen. 70% is de concentratie van ethanol waarbij de beste desinfecterende werking optreedt. Trouwens voor het schoonmaken van werktafels, enz. is deze stof het meest geschikt. Deze damp is het minst hinderlijk. En met betrekking tot de brandbaarheid valt het in de praktijk erg mee. Wanneer brandende spiritus van de lucht wordt afgesloten dooft de vlam direct; dus direct afdekken met een doek of met de blote hand een bekersglas met brandende spiritus luchtdicht afdekken voordat het glas etc. te heet is geworden.
- g. *Formaldehyde* (HCHO) desinfecteert en fixeert organismen door reacties te vormen met de NH_2 - en de OH-groepen van eiwitten en nucleïnezuren. In gasvorm is formaldehyde een goed desinfectans voor lucht en in opgeloste vorm werkt het ook op bacteriesporen; het heeft als nadeel sterk etsend te zijn.
- h. *Ethyleenoxide* (C_2H_4O) is een gas met een sterk desinfecterende werking bij een vochtgehalte van 5-15% en kan gebruikt worden voor het steriliseren van pijpleidingen en instrumenten. Ter voorkoming van brandgevaar wordt eerst de lucht uit het vat met materialen weggezogen en daarna gevuld met een mengsel van kooldioxide en ethyleenoxide. Door vervolgens de materialen luchtdicht in plastic te verpakken kunnen ze steriel bewaard worden tot voor het gebruik.

h. Sterilisatie door filtratie

Deze methode van sterilisatie is niet bruikbaar voor voedingsbodems. Alleen geheel heldere oplossingen kan men hierdoor kiemvrij maken. De poriënwijdte van de filters staat in verhouding tot de afmetingen der bacteriën. Het aantal micro-organismen mag niet te groot zijn, daar anders het filter snel verstopt raakt. Een dergelijke filtratie verloopt langzaam of wordt versneld door toepassen van een vacuüm of hoge druk.

i. Sterilisatie door ioniserende stralen

Deze vorm van sterilisatie zal in de onderwijspraktijk weinig of niet toegepast worden. Enerzijds doordat de daartoe vereiste apparatuur nogal kostbaar is, anderzijds omdat de toegepaste straling zonder veiligheidsmaatregelen gevaarlijk is. Ultraviolette stralen met een golflengte van 250-280 nm zijn bactericide door heï vernietigen van nucleïnezuren. Gammastralen en elektronenstralen hebben eveneens een bacteriedodend effect.

M-87 Laboratoriumtechniek: microbiologie

GIETEN VAN VOEDINGSBODEMS

Bij alle handelingen dient men zich voortdurend bewust te zijn dat deze werkzaamheden geschieden onder een constante 'regen' van sporen, bacteriën en andere micro-organismen. Voorwaarde is dan ook dat de gekozen omstandigheden zo steriel

(kiemvrij) mogelijk zijn. Veel hangt af van de beheerste reïne handelingen van de experimentator, waarbij vooral ervaring een belangrijk punt is. De hier beschreven handelingen kunnen nog wel eens verschillen: er bestaan in de praktijk vele varianten. Betrekkelijk iedere afwijking van deze handelingen is toegestaan zolang de vervaardigde bodems maar steriel zijn en de culturen rein: het resultaat telt.

A. Het gieten van petrischalen

Benodigdheden:

Alle materialen zijn goed *gesteriliseerd*.

- in plastic verpakte petrischalen: na openen van de zak de schalen er zo uit nemen dat de schaal niet opengaat. Plaats de schalen op een schone tafel met de bodemschaal (kleinste schaal) naar beneden.
- glazen petrischalen, verpakt in papier.
- cultuurbuizen afgesloten met een wattenprop.
- de kolf (platbodem) met voedingsbodem, afgesloten met een stevige wattenprop, is opnieuw zo verwarmd in een hoge drukpan (zie pag. 257) of kokend waterbad (100 °C) dat de voedingsbodem geheel vloeibaar is geworden. Daarna is de kolf zo ver afgekoeld dat hij nog wel zeer warm is maar dat men hem zonder te veel moeilijkheden kan aanpakken. De temperatuur zal dan ongeveer 60 °C bedragen. Laat men de kolf tot lauwwarm afkoelen - ongeveer 45-50 °C - dan begint de bodem soms te klonteren. In ieder geval stolt hij dan te snel na het gieten en is een egale verdeling van de bodem moeilijk.
- een waterpas.
- een *horizontaal* tafelblad. Men kan hiervoor ook gebruiken een losse glasplaat of formicablad op een vezelplaat die steunt op drie verstelbare pootjes.
- bunsenbrander met een matig brandende gasvlam: met een lange blauwe kern.

Uitvoering:

- plaats de te gieten petrischalen gesloten op het tafelblad met de dekselschaal naar boven.
- neem de kolf met de vloeibare voedingsbodem in de rechterhand.
- neem de wattenprop tussen de pink en handpalm van de linkerhand en draai hem voorzichtig los. Zorg dat de hand niet aan de kolfrand komt en let vervolgens op dat de wattenprop nu ook nergens meer tegen aan komt, totdat hij straks na het gieten weer op de kolf wordt teruggeplaatst. Dus, de wattenprop *niet* uit de linkerhand nemen en op tafel of elders neerleggen (fig. 103).
- haal de hals en vooral de rand van de kolf door de gasvlam. Niet zo sterk verhitten dat straks bij het uitschenken de voedingsbodem daar gaat koken want dan wordt de hals vuil (fig. 102).
- til met duim en wijsvinger en/of ringvinger van de linkerhand het deksel rustig, zonder rammelen, horizontaal van de petrischaal en wel zo ver rechtstandig boven de bodem - 10 a 15 cm - dat de hals van de kolf met voedingsbodem gemakkelijk kan passeren. Deksel mag men *niet* zijdelings houden van de bodemschaal.



Figuur 103. Het afnemen van een wattenprop.

giet nu zoveel voedingsbodem in de schaal dat de bodem juist bedekt is. Hiervoor is 10-15 ml voedingsbodem nodig.

- neem de kolf terug en plaats de dekselschaal nu rustig terug, zonder haast, zonder veel waaien en speciaal zonder aantikken van de deksel tegen de bodemschaal. Hoe beheerster deze handelingen verricht worden hoe minder kans op infecties.
- beweeg nu even de gesloten petrischaal iets rond zodat de nog vloeibare voedingsbodem zich egaal in de schaal verdeelt.
- flambeer de rand en hals van de kolf vóór het gieten van een nieuwe schaal.
- sluit de kolf af nadat alle benodigde petrischalen gevuld zijn. Vóór het terugplaatsen van de wattenprop, die ondertussen iets besmet is geraakt in de 'bacteriënregen', dienen zowel de hals als de wattenprop geflambeerd te worden. Pas hierbij op dat de wattenprop geen vlam vat. Beter is de wattenprop kort en de hals van de kolf langer te flamberen, want zo wordt de wattenprop bij het draaiend inbrengen in de kolf toch ook nog gedesinfecteerd.
- de petrischalen zijn op een gegeven moment zover afgekoeld dat de bodem vrijwel stijf is en nog warm. Er vormen zich condensdruppels tegen de deksel. Draai nu de schalen zonder ze te openen om. Het restant warmte doet de condens verdwijnen, deze wordt weer in de voedingsbodem opgenomen.
- pak de afgekoelde petrischalen weer in in het gesteriliseerde papier waarin zij gezeten hebben en plaats ze in de koelkast. Zorg ervoor dat de schalen gedurende het transport niet open gaan.
- voor gebruik dienen de gekoelde petrischalen eerst weer op kamertemperatuur gebracht te worden opdat condensvorming voorkomen wordt.

B. Het gieten van cultuurbuizen

Cultuurbuizen gevuld met vloeibare media zijn gemakkelijk te behandelen indien ze afgesloten zijn met plastic cultuurbuisdoppen (steriliseerbaar) of aluminium of roestvrijstalen cultuurbuisdoppen. De degelijkste modellen hebben inwendig een klemmende veer zoals de kap volgens Kapsenberg en de cap-o-test. Deze modellen kunnen op buizen met een vaste voedingsbodem de wattenpropen vervangen.

Gieten van voedingsvloeistoffen in cultuurbuizen kan geschieden met steriele cultuurbuizen en de gesteriliseerde voedingsvloeistoffen. Gieten van cultuurbuizen is een onhandige zaak aangezien dan veelal de rand en het bovenste deel van de cultuurbuizen verontreinigd wordt door restanten voedingsbodem. Het beste is de warme voedingsbodem vóór het sterilisatieproces in de steriele cultuurbuizen af te vullen en daarna weer af te sluiten met de wattenprop. Wanneer dan alle cultuurbuizen ongeveer evenveel voedingsbodem bevatten kan men alle cultuurbuizen die na de sterilisatie een afwijkend volume bevatten direct elimineren. Soms kunnen namelijk cultuurbuizen met te stijve wattenpropen een deel van hun inhoud kwijtraken door een ongecontroleerd kookproces of het aanwezige vacuüm trekt te veel condenswater naar binnen zodat de voedingsbodem te sterk verdund wordt en later niet meer stijf wil worden.

Na de stoomsterilisatie legt men de cultuurbuizen met de nog warme voedingsbodem op een hellend vlak zodat de bodem in schuine stand kan verstijven. De ronde bodem van de cultuurbuis moet dan geheel gevuld zijn en dun uitlopen tot ongeveer 2 à 3 cm voor de onderste punt van de wattenprop. Deze schuine stand kan men bereiken door de rand der cultuurbuizen op een opgevouwen doek te leggen. Wil men een vaste stand dan kan men ook een plankje met gleuven in een vaste schuine stand construeren.

Deze handelingen voor het steriel overgieten van voedingsvloeistoffen in cultuurbuizen gelden natuurlijk ook voor het mengen of overgieten van andere steriele vloeistoffen in allerlei vormen van steriel glaswerk. Wanneer de kolven na het gieten nog restanten voedingsbodem of voedingsvloeistof bevatten die niet dezelfde dag gebruikt worden kan men deze kolven het beste opnieuw steriliseren alvorens ze voor langere tijd te bewaren. Voor gebruik behoeft men dan slechts de agar opnieuw te smelten.

Sommige vaste en vloeibare voedingsmedia mogen niet gesteriliseerd worden bij 120 °C. Dit staat altijd aangegeven op de etiketten van de verpakkingsflessen met tabletten of poeder. Lees dus altijd de aanwijzingen die er op het etiket staan.

Uitvoering:

Alle materialen zijn goed gesteriliseerd.

- breng als maat voor het volume vooraf op de cultuurbuizen een merkstreep aan.
- neem de cultuurbuis uit het rekje of de houder in de linkerhand tussen duim en wijsvinger. Klem de wattenprop van de kolf met voedingsvloeistof tussen pink en ringvinger van deze hand.
- houd de kolf in de rechterhand en tracht met een draaiende beweging van de linkerhand de wattenprop te verwijderen.
- rand van de kolf flamberen.
- wattenprop van de cultuurbuis vastklemmen tussen pink en ringvinger van de rechterhand.
- rand van de cultuurbuis flamberen.
- de gewenste hoeveelheid voedingsvloeistof in de cultuurbuis schenken. Het op deze manier inbrengen van hoeveelheden vloeistof is natuurlijk nooit exact. Dan zou er afgemeten moeten worden met een steriele pipet. Voor iedere keer afmeten een nieuwe steriele pipet gebruiken.
- plaats de wattenprop voorlopig - dus losjes - terug op de cultuurbuis en zet deze in een rekje.
- plaats de wattenprop voorlopig terug op de kolf en zet de kolf weg.
- Moet men nu nog andere cultuurbuizen vullen dan moet eerst de zo juist afgevulde cultuurbuis volledig worden afgewerkt.
- neem de cultuurbuis in de linkerhand en zijn wattenprop in de rechterhand.
- flambeer de rand en het bovenste deel van de cultuurbuis goed.
- flambeer de wattenprop en plaats deze met een draaiende beweging stevig in de cultuurbuis.
- neem een nieuwe cultuurbuis in de linkerhand.
- pak de 'losse' wattenprop van de kolf met voedingsvloeistof tussen pink en ringvinger van de linkerhand.
- neem de kolf in de rechterhand. Flambeer de rand. Pak de wattenprop van de cultuurbuis tussen pink en ringvinger van de rechterhand.
- flambeer de rand van de cultuurbuis en giet een hoeveelheid vloeistof over, enz.

II. CODEREN VAM GLASWERK

Het is van groot belang petrischalen, cultuurbuizen, kolven met voedingsbodems en/of vloeistoffen tijdig met viltstiften of glaskrijt te merken omdat men de inhoud van deze materialen snel door elkaar kan halen. De deksels van de petrischalen kunnen namelijk gemakkelijk verwisseld worden. Tevens dient men de petrischalen vóór het enten op de onderkant excentrisch te coderen met betrekking tot de uit te voeren experimenten. Gaat men na het bebroeden deze schalen tellen waarbij de waargenomen kolonies aan de onderkant met een fijne viltstift worden aangetipt, dan kan de codering moeilijkheden opleveren. Herhaal in dit geval de codering ook op de deksel, maar niet in het midden zodat door draaien van de deksel toch het gehele oppervlak van de schaal kan worden afgezocht.

III. ENTEN

Enten is het brengen van micro-organismen op of in een voedingsbodem of voedingsvloeistof waarin zij zich snel kunnen vermeerderen. Men moet voorkomen dat op het moment van enten onbekende en ongewenste organismen naar binnen worden gebracht. De benodigde materialen moeten steriel zijn.

A. Het maken van een entnaald

In principe zijn hiervoor velerlei modellen bruikbaar zolang het metaal door flamberen maar voldoende is te steriliseren en het handvat niet heet wordt. Het eenvoudigste model kan zijn een langwerpige rond stukje hout als handvat waarin een stuk stevig ijzerdraad \varnothing 1 -1,5 mm, van minimaal 15 cm lengte is vastgestoken. De punt kan men spatelvormig afplatten of ombuigen als ose of oogje. Het handigste model is een naaldhouder volgens Kolle vervaardigd van aluminium in een geïsoleerd handvat. In het peertje kan men verschillende vormen metalen naalden vastklemmen door het vastdraaien van de moer. Platinanaalden of platinadraad is in de praktijk erg kostbaar. Het enige voordeel van dit metaal is dat het gedurende het flamberen snel is uit te gloeien maar daarna ook spoedig afkoelt. IJzerdraad is bruikbaar maar roest gemakkelijk, zodat de naald zo nu en dan schoon en glad geschuurd moet worden. IJzer koelt betrekkelijk langzaam af hetgeen te ondervangen is door twee entnaalden tegelijkertijd te gebruiken waarbij men de ene naald na flamberen en schoongloeien laat afkoelen op een rekje of een driepoot van een brander vóór het enten, terwijl men de andere naald schoongloeit en flambeert. Terwijl deze tweede naald afkoelt kan men enten met de eerste en daarna deze naald weer reinigen in de vlam. Het relatief goedkoopste en beste metaal voor entnaalden is chroomnikkel (nichroom). Dit is hetzelfde materiaal dat men gebruikt als weerstandsdraad in elektrische apparaten. Weerstandsdraad met een doorsnede van ongeveer 1,5 is zeer bruikbaar. Het gloeit sneller dan ijzer en koelt ook spoediger af. Is gemakkelijk te buigen tot een 'oogje'. Hiertoe neemt men een stukje glasstaaf van 3-4 mm diameter. Buig de punt van de draad volledig één slag vast om het glasstaafje. Schuif het oogje van het glasstaafje en knip het mogelijk nog uitstekende uiteinde vlakbij de bocht af.

Voorbereiding:

- een *haaks omgebogen glasstaaf* in een grote petrischaal \varnothing ongeveer 20 cm, gedeeltelijk gevuld met spiritus. De glasstaaf mag niet te groot zijn want de petrischaal moet tegen het verdampen van de spiritus gesloten worden. Deze haak gebruikt men voor het regelmatig uitspreiden van een vloeibare ent over een vaste voedingsbodem. Aangezien de glasstaaf grotendeels gesteriliseerd wordt door zijn verblijf in de spiritus is het voldoende vóór gebruik de aanhangende ethanol af te branden.
- de *werktafel* reinigt men voor het enten met een schone lap met spiritus. De mooiste werkruimte voor dit werk is natuurlijk een echte entkast, die verlicht wordt met een TI-buis voor ultraviolet licht, die de in de lucht zwevende sporen merendeels doodt. De bodem van deze werkruimte wordt echter door deze lamp niet volledig kiemvrij gehouden. UV-stralen zijn slecht voor de ogen maar omdat het venster altijd afgesloten is met een glasruit heeft men daar geen last van. Wordt er zonder ruit gewerkt dan is het dragen van een bril verplicht.
- een *cilinder gevuld met spiritus* of gedenatureerde ethanol. Praktisch hiervoor is een zogenaamde suikerbuis, geplaatst in een jampot. De buis staat daardoor onder een kleine hoek met de verticaal waardoor men de entnaald gemakkelijker in de spiritus kan dompelen. Tevens valt de buis in de relatief brede jampot minder gemakkelijk om dan in een cilinderglas.

Benodigdheden:

- petrischalen met ingegoten voedingsbodems
- cultuurbuizen met voedingsbodems of voedingsvloeistoffen
- kolven, erlenmeyers met voedingsbodems of voedingsvloeistoffen
- entnaalden
- haaks omgebogen glasstaaf in spiritus, steriele pipetten en cultuurbuizen
- suikerbuis met spiritus of 70% ethanol
- monsters met te onderzoeken organismen

- reïnculturen, levend of 'geconserveerd' door het opbrengen van gesteriliseerde olie zodat uitdrogen van de voedingsbodem voorkomen wordt
- gevriesdroogde reïnculturen in dichtgesmolten glazen buisjes.

Het gebruik van gevriesdroogd materiaal

Uitvoering:

- tik met de dichtgesmolten zijde van het glazen buisje voorzichtig op een harde ondergrond tot het gevriesdroogde materiaal onder in het buisje van de wand loslaat.
- kerf met een glasmaes het hardglazen buisje aan de bovenkant juist boven het wattenpropje in, echter nog zonder de top eraf te breken.
- desinfecteer het buisje aan de buitenkant goed met een propje watten gedrenkt in 70% ethanol of spiritus.
- verbreek het vacuüm door het bovenste deel van het buisje af te breken.
- flambeer het buisje bij de opening en verwijder het wattenpropje met een geflambeerde pincet.
- verwijder de wattenprop met de rechterhand tussen pink en ringvinger van de gereedstaande cultuurbuis met voedingsbouillon en flambeer ook de rand van deze cultuurbuis (in de linkerhand).
- flambeer nogmaals kort het nu open buisje (in de rechterhand) met entmateriaal en tik daarna voorzichtig (om infectie met onbekende bacteriën van buiten te voorkomen) de poedervormige ent in de cultuurbuis.
- flambeer de cultuurbuis en sluit hem af met de oorspronkelijke wattenprop. Daarna wordt deze cultuur minstens 3 dagen bebroed bij 35-37° C in de broedstoof. De cultuur met vloeibare bodem staat rechtop, bijvoorbeeld in een reageerbuizenrekje of een jampot.
- ent hierna 1 ml entvloeistof van deze stamcultuur over in twee cultuurbuizen met ongeveer 5 ml voedingsbouillon. Deze buizen dienen eveneens 3 dagen te worden bebroed bij 37° C.
- gebruik voor de experimenten de troebelste cultuur.

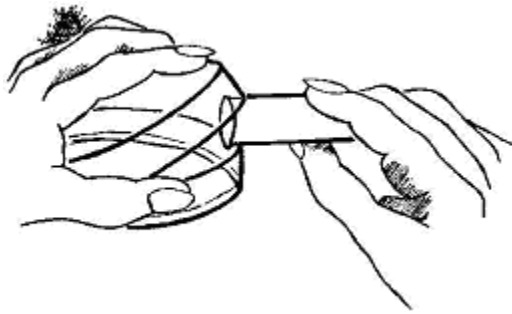
Het enten op een petrischaal

Uitvoering:

Hierbij zijn twee mogelijkheden: mengen met de voedingsbodem of uitstrijken op een vaste voedingsbodem.

a. Mengen met de voedingsbodem Uitvoering:

- neem de koker of de glazen buis met gesteriliseerde pipetten in de rechterhand.
- pak met de duim en wijsvinger en middelvinger van de linkerhand de deksel van de pipettenkoker of de wattenprop van de pipettenbuis vast en draai hem er uit of af en flambeer de rand.
- schud de pipetten ten dele naar buiten. Het liefst moet men zo schudden dat slechts één à drie pipetten naar buiten komen. Hiervan is er zeker één pipet die verder naar voren komt.
- pak met de pink van de linkerhand zonder de andere pipetten aan te raken deze ene pipet aan het uiteinde vast en trek hem er voorzichtig uit, terwijl de overige pipetten door schuin houden van de koker of buis weer hier in terugglijden.
- flambeer de rand van de koker of buis, flambeer de deksel of de wattenprop en sluit de koker of de buis af terwijl de pipet met de pink wordt vastgehouden en nergens tegenaan komt.
- leg de pipettenkoker of -buis neer. Pak de pipet met de duim en wijsvinger van de rechterhand vast aan de bovenkant van de maatverdeling.
- flambeer het mondstuk van de maatpipet, waarbij uitstekende wattenvezeltjes worden afgebrand. Laat dit mondstuk afkoelen.



Figuur 104. Het overbrengen in een steriele petrischaal met behulp van een buis.

- draai de pipet met de middelvinger van de rechterhand tussen duim en wijsvinger en wijzig de greep tot duim en middelvinger zodat de wijsvinger vrijkomt voor het afsluiten van de pipet bij het mondstuk. Pas op bij dit 'goochelen' met de pipet dat hij nergens tegenaan tikt.
- flambeer de buitenzijde van de pipet en laat hem even afkoelen.
- zuig de gewenste hoeveelheid vloeibaar entmateriaal of monster op in de pipet. Hierbij wordt de cultuurbuis of monsterfles in de linkerhand gehouden terwijl de wattenprop hiervan wordt vastgeklemd tussen de pink en ringvinger van de rechterhand. De pipet wordt op de bekende wijze afgesloten, afgemeten en afgelezen. Cultuurbuis afsluiten.
- punt van de pipet flamberen. Pas op oververhitting of koken van de vloeistof.
- pak met duim en middelvinger van de linkerhand de deksel van de petrischaal en licht hem rechtstandig verticaal omhoog zonder aantikken of rammelen. Til hem zo hoog boven de bodemschaal dat de pipet gemakkelijk ingebracht kan worden.
- laat in het midden van de bodemschaal de gewenste hoeveelheid vloeistof uit de pipet afvloeien. Strijk hierbij niet de laatste druppel af aan de rand van de schaal maar doe dit in het midden.
- trek de pipet terug en sluit de petrischaal rustig zonder rammelen of tikken. N.B. Moeten er meer schalen met dezelfde ent of verdunning van het monster voorzien worden dan kan men dit met dezelfde pipet verrichten terwijl er na iedere handeling geflambeerd wordt. Verdeelt men diverse monsters, verdunningen etc. over een groot aantal petrischalen dan moet men bij ieder nieuw monster een nieuwe gesteriliseerde pipet gebruiken.
- giet op de reeds besproken wijze in iedere petrischaal de gewenste soort en hoeveelheid voedingsbodem, iedere petrischaal rustig ver openen en kalm sluiten.
- draai iedere schaal direct na het sluiten voorzichtig rond voordat de bodem gaat opstijven. De vooraf ingebrachte ent mengt zich met de voedingsbodem.

b. Uitstrijken op een vaste voedingsbodem

De handelingen hiervoor zijn in eerste instantie gelijk aan degene die zijn besproken in de voorgaande methode. Het behandelen van de steriele pipet en het afmeten hiermede is gelijk. Meestal gebruikt men bij deze methode geen grote hoeveelheid ent en blijft dit beperkt tot enkele druppels: 3 à 5 druppels is meestal voldoende. Voor vergelijkbare resultaten moet deze hoeveelheid echter wel steeds hetzelfde zijn. Een maatstaf hierbij is het volume van 1 ml dat meestal bestaat uit 20 à 22 druppels. Daarom kan men bij deze vorm van enten ook steriele Pasteurse pipetten gebruiken.

Uitvoering:

- neem op steriele wijze een Pasteurse pipet uit de koker of het bekglas. Het mondstuk hoeft nu niet geflambeerd te worden. Plaats hierop direct een rubber speentje.

- flambeer het uitgetrokken uiteinde van de pipet en laat hem afkoelen.
Houdt de pipet in de rechterhand.
- zuig een hoeveelheid ent of monster op in de pipet, terwijl de wattenprop van de cultuurbuis tussen pink en ringvinger van de rechterhand wordt vastgeklemd.
Flambeer de punt van de pipet.
- licht met duim en wijsvinger van de linkerhand de dekselschaal rechtstandig en ruim van de reeds gegoten bodemschaal af. Breng de pipet zonder druppels te verliezen in deze vrije ruimte en laat gespreid enkele druppels vallen op de voedingsbodem (zonder bodem of rand van de schaal daarbij aan te raken).
- sluit de petrischaal op een rustige wijze, flambeer de punt van de pipet, open de volgende petrischaal en herhaal de handeling. Heeft men op deze wijze enkele schalen met hetzelfde monster beënt dan moeten deze druppels in iedere schaal nog uniform uitgespreid worden.
- neem de haakvormige glasstaaf uit de schaal met spiritus.
Laat de ethanol grotendeels aflopen.
- brandt de ethanol van de glasstaaf af en laat deze goed afkoelen. Zorg hierbij dat er niet te veel ethanol moet opbranden want daardoor wordt de glasstaaf te warm en duurt het te lang voordat deze voldoende is afgekoeld, licht opnieuw de dekselschaal van de petrischaal flink omhoog en strijk nu met een ronddraaiende beweging van de glasstaaf alle druppels regelmatig uit over de voedingsbodem.
Petrischaal rustig sluiten.
- flambeer de glasstaaf, in de spiritus dompelen.
Laten afkoelen en onder de spiritus bewaren.

Het enten in cultuurbuizen

Er zijn drie methoden afhankelijk van de inhoud der cultuurbuizen: in cultuurbuizen met voedingsvloeistof, in cultuurbuizen met schuine voedingsbodem en in cultuurbuizen met voedingsbodem gevuld in verticale stand.

a. Cultuurbuizen met voedingsvloeistof

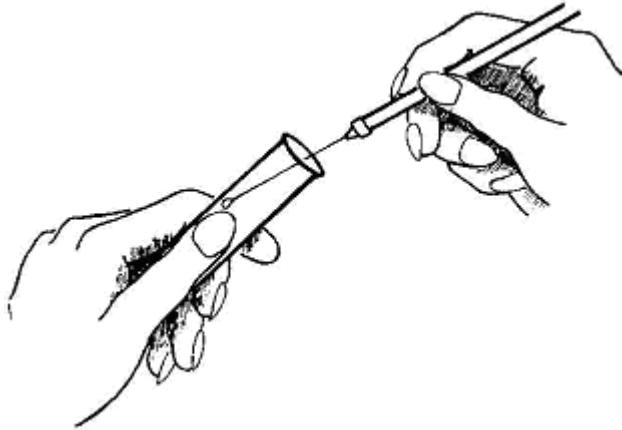
Uitvoering:

- neem op de hiervoor besproken wijze (pag. 266) een steriele maatpipet of Pasteurse pipet uit de houder, flambeer enz.
- houd de pipet in de rechterhand en neem hiermede een hoeveelheid vloeistof van een te onderzoeken monster of een vloeibare reincultuur in de linkerhand.
Flambeer de rand zoals bekend vóór het openen en voor het sluiten van de buis.
Daarna zet men deze cultuurbuis of monsterfles voorlopig weg.
- neem de te beënten cultuurbuis in de linkerhand, klem de wattenprop of kap met de pink van de rechterhand vast en draai hem uit of van de cultuurbuis.
- flambeer de rand van de cultuurbuis en de punt van de pipet.
- steek de punt van de pipet in de cultuurbuis zonder het glas aan te raken en laat daarna enkele druppels in de voedingsvloeistof vallen.
- flambeer de rand van de cultuurbuis. Haal de kap of wattenprop even door de vlam en plaats deze terug op de cultuurbuis die daarmee weer kan afgesloten worden.
- neem de volgende cultuurbuis in de linkerhand. Pak de kap of wattenprop met de pink van de rechterhand. Openen. Flamberen, ook de punt van de pipet, enz.
-

b. Cultuurbuizen met schuine voedingsbodem

Uitvoering:

- gebruik hiervoor een iets spatelvormige entnaald - het uiteinde van de naald is platgeslagen en iets omgebogen - of een entoogje.
- reinig deze naald door middel van spiritus en goed flamberen.
Laat deze volledig afkoelen.



- neem zowel de af te enten cultuurbuis als de nieuwe cultuurbuis in de linkerhand, namelijk één buis tussen duim en wijsvinger en de andere buis tussen middelvinger en ringvinger. De buizen blijven hangen omdat ze klem zitten tegen de huidplooi tussen deze vingers.
- neem de entnaald tussen duim en wijsvinger van de rechterhand.
- klem de wattenprop van de af te enten cultuurbuis tussen pink en ringvinger van de rechterhand en draai hem los en er uit.
- flambeer de rand van de cultuurbuis.
- breng voorzichtig de entnaald naar binnen zonder de rand of de voedingsbodem van de cultuurbuis aan te raken tot het punt waar de gewenste kolonie gelegen is (fig. 105).
- draai nu de naaldhouder om zijn as zodat met de punt van de entnaald of met entoogje een minimale hoeveelheid materiaal van de kolonie kan worden afgenomen.
- kantel de naaldhouder iets zodat de entnaald vrij van de voedingsbodem er uitgehaald kan worden zonder ergens tegen te tikken.
- flambeer de rand van de afgeënte cultuurbuis en plaats de wattenprop weer terug na hem door de vlam heen gehaald te hebben.
- pak de wattenprop van de nieuwe cultuurbuis vast tussen de pink en ringvinger van de rechterhand en draai hem eruit. Ondertussen mag de entnaald met materiaal nergens tegen aan komen.
- flambeer de rand van de nieuwe cultuurbuis.
- breng de entnaald voorzichtig naar binnen zonder ergens aan te raken, ook de voedingsbodem nog niet. Ga met de punt zo diep in de buis dat men de zigzagsgewijze entstreep bijna onderaan op de voedingsbodem kan beginnen. Kantel hiertoe de naaldhouder iets en strijk met de punt of het oogje luchtig zigzagsgewijze omhoog over de voedingsbodem zonder diep in de bodem te krassen. Stop deze entstreep 1 à 2 cm vóór het einde van de schuine voedingsbodem en haal daarna de entnaald zonder aantikken uit de cultuurbuis.
- flambeer de rand van de cultuurbuis. Haal de wattenprop door de vlam en plaats deze terug in de cultuurbuis.
- reinig de entnaald door afbranden en door onderdompelen in spiritus. Afkoelen, enz.

c. Cultuurbuizen met rechte voedingsbodem

Uitvoering:

Men gebruikt bij deze *steekenting* een rechte scherpe entnaald, die diep in de voedingsbodem wordt gestoken. De zuurstof toevoer naar de zich ontwikkelende kolonies is onder deze omstandigheden minder gunstig zodat er afwijkende kolonievormen kunnen ontstaan. Het zijn echter *geen* anaërobe condities.

- neem de beide cultuurbuizen: de buis met entmateriaal en de buis die geënt moet worden, in de linkerhand tussen wijsvinger en middelvinger en tussen middelvinger en ringvinger.
- pak met de rechterhand tussen wijsvinger en middelvinger de wattenprop van de af te enten cultuurbuis vast en draai hem eruit. Rand van de buis flamberen.
- pak met de rechterhand tussen ringvinger en pink de wattenprop vast van de te beënten nieuwe cultuurbuis en draai hem er uit. Rand van de cultuurbuis flamberen.
- breng de entnaald - in de rechterhand tussen duim en wijsvinger - naar binnen zonder iets aan te raken tot waar de punt van de entnaald iets materiaal van de gewenste kolonie kan afnemen. Haal vervolgens de entnaald zonder iets aan te raken uit de buis.
- breng nu het materiaal met de entnaald in de nieuwe buis zonder iets aan te raken en steek daarbij in één keer rechtstandig en diep de entnaald bijna tot onder in de voedingsbodem.
- haal nu de entnaald terug zonder wrikken of extra vergroten van de opening,
- flambeer de rand van de nieuwe cultuurbuis en haal de wattenprop door de vlam, waarna deze buis gesloten kan worden.
- flambeer de rand van de buis met entmateriaal, haal de wattenprop door de vlam en sluit hiermede de buis af.
- reinig de entnaald door afbranden en door onderdompelen in spiritus. Afkoelen, enz.

IV. ISOLEREN VOOR REINCULTUUR

Bij deze entmethode tracht men door het uitstrijken het materiaal zo sterk te verdunnen dat er op de voedingsbodem geïsoleerde kolonies ontstaan die gegroeid zijn uit *één bacterie*.

- neem met een geflambeerd oogje in de rechterhand een druppel monster op.
- open de petrischaal door met de linkerhand de deksel rechtstandig omhoog te halen.
- strijk op een sector van de voedingsbodem (ongeveer een vierde van het oppervlak) het oogje zigzagsgewijze uit. Hierbij moet voorkomen worden dat het oogje in de voedingsbodem snijdt. Het kan daarom aanbevelenswaardig zijn vooraf reeds het oogje enigszins schuin om te buigen zodat ze gemakkelijker over de agarlaag glijdt. Sluit de schaal rustig.
- flambeer en reinig het entoogje grondig met spiritus. Laat het daarna afkoelen.
- open de schaal op de bekende wijze en strijk met het schone oogje één keer dwars over de zigzaglijnen van de voorgaande ent. Hierdoor komt er iets entmateriaal aan het oogje dat nu op een andere sector van de voedingsbodem (die dwars op de voorgaande sector staat) ook zigzagsgewijze wordt uitgestreken. Sluit de schaal.
- flambeer en reinig het entoogje met spiritus.
- neem nu ten derde male een geflambeerd en afgekoeld entoogje. Open de schaal. Maak met dit entoogje een streep dwars over de tweede serie zigzaglijnen en vervolg deze streep in zigzag vorm over het nog vrije gedeelte van de voedingsbodem zonder daarbij de voorgaande afentingen te raken of te kruisen.

Wil men een bacteriekolonie verder reinigen dan is deze zelfde methode bruikbaar, uitgaande van een kleine hoeveelheid bacteriën die met een entoogje van een goed geïsoleerde kolonie is afgetipt. Desnoods breidt men dit uitstrijken en verdunnen uit tot over enige schalen met voedingsbodem.

V. CULTUURMETHODEN VOOR ANAËROBE OMSTANDIGHEDEN

1. *exsiccator met alkalische pyrogallol*. Alle platen en cultuurbuizen plaatst men in een exsiccator, die door middel van een wegzuigkraan geëvacueerd kan worden. Ook kan men de lucht in de exsiccator grotendeels verdrijven door er een mengsel van stikstof en kooldioxide doorheen te laten stromen. In de bodem van de exsiccator zet men een kristalliseerschaal met een mengsel van pyrogallol en kaliumhydroxide, namelijk per liter inhoud van de exsiccator 7,5 ml 4% pyrogallol en 25 ml 20% KOH. Als redox-indicator voor de anaërobie plaatst men tevens in de exsiccator een cultuurbuis met een mengsel van gelijke hoeveelheden 0,006 N NaOH, 0,015% methyleenblauw en 6% glucose. Dit mengsel van waterige oplossingen heeft men gekookt tot het kleurloos werd. Zolang dit buisje met de indicator kleurloos blijft zijn de anaërobe voorwaarden aanwezig.
2. Ook kan men het *milieu* in de petrischalen zelf *anaëroob* maken. Het bezwaar van deze methode is dat alle te gebruiken materialen vooraf kiemvrij gemaakt moeten worden en men daarna alles ook steriel in elkaar moet zetten. Bij deze methode bevestigt men zakjes van filtreerpapier of plastic gevuld met 5 gram mengsel van 1 gram pyrogallol (1,2,3-trihydroxibenzol, $C_6H_6O_3$, MG 126,11), 1 gram kaliumcarbonaat K_2CO_3 en 5 gram diatomeeën-aarde of infusoriën-aarde met plakband in de dekselschaal. Daarna wordt iedere petrischaal door middel van plastic plakband luchtdicht afgesloten. Aangezien dit kleefband vaak onvoldoende luchtdicht afsluit wordt het geheel nog eens met vloeibaar gemaakte vaste paraffine (smeltpunt 51-53 °C) afgestreeken. Deze culturen kunnen niet lang bebroed worden, ongeveer 5 dagen, omdat de inhoud van het zakje veelal vloeibaar wordt en de cultuur kan bevuilen.
3. Er bestaan ook *speciaal luchtdicht afsluitbare trommels* volgens McIntosh & Fildes waarin de culturen bebroed worden. Door middel van twee kranen wordt de lucht merendeels vervangen door waterstofgas. Verder is in de trommel palladium aanwezig dat als katalysator werkt op de reactie van waterstof met de laatste restanten zuurstof. Het gevormde water condenseert en de atmosfeer in een dergelijk vat bestaat dan uit een mengsel van stikstof en waterstof waarin het merendeel der anaërobe bacteriën uitstekend gedijen.
4. Wil men slechts een *onderscheid* maken tussen *obligaat anaërobe*, *facultatief anaërobe* en *obligaat aërobe bacteriën* dan kan men volstaan met het beënten van een vloeibaar gemaakte voedingsbodem. De enkele druppels monster moeten voor het verstijven goed gemengd worden met de voedingsbodem. Daarna laat men de cultuurbuis in verticale stand afkoelen. De obligaat anaërobe bacteriën zullen zich bij de bodem van de cultuurbuis kunnen ontwikkelen. De facultatief anaërobe bacteriën zullen in de gehele voedingsbodem van de cultuurbuis aanwezig kunnen zijn. De obligaat aërobe bacteriën kunnen zich alleen op het vrije oppervlak en in het bovenste deel van de voedingsbodem ontwikkelen. Wil men de obligaat anaërobe bacteriën in de gehele cultuurbuis tot ontwikkeling laten komen dan brengt men wat gesmolten vaseline boven op de vloeibare voedingsbodem in de cultuurbuizen die nog in een kokend waterbad staan. Bij deze temperatuur worden de laatste resten lucht uit de voedingsbodem verdreven, terwijl de vaseline het contact met de lucht voorkomt en zodoende gedurende het verstijven geen zuurstof meer kan opnemen. Men kan door de nog vloeibare vaselinelaag heen beënten door een Pasteurse pipet met enkele druppels monster er doorheen te steken als de voedingsbodem nog vloeibaar is maar niet meer zo heet dat de bacteriën hierdoor afsterven. Dezelfde methode is toe te passen voor een anaërobe cultuur in voedingsvloei-stof.

VI. KWEKEN OP MEMBRAANFILTERS

Dit is de moderne methode voor wateronderzoek. Men gebruikt hierbij een membraan van cellulosenitrat met een gemiddelde poriëndiameter van 0,2 μm . Voor het

verwijderen van grovere delen kan men hier nog een cellulosenitrat membraan met een gemiddelde poriënafmeting van 12 µm voor schakelen. De velletjes zijn voor eenmalig gebruik en worden in hun verpakking met stoom gesteriliseerd of uitgekookt.

Is de sterilisatie deugdelijk geweest dan is het fabrieksmerk op de verpakking van kleur veranderd. De met een deksel afgesloten trechter met zeven of het filtreertoestel waarvan de opening met wattenproppen zijn afgesloten, wordt in papier gewikkeld en met stoom gesteriliseerd. Daarna moet de montage aseptisch geschieden met behulp van steriele tangetjes.

Na filtratie van het monster waarbij het vocht door middel van een waterstraalpomp er doorheen wordt gezogen, worden de membranen aseptisch in een steriele petrischaal overgebracht en bebroed. De hiervoor benodigde voedingsbodem wordt verkregen door een met voedingsstoffen geïmpregneerde kartonnen schijf in de petrischaal met steriel water te bevochtigen. Hierop komt de membraan te liggen. Deze moet volledig contact maken met de kartonnen schijf want de voedingsstoffen moeten daarin gemakkelijk kunnen diffunderen.

De membraan heeft een gedrukt ruitjespatroon zodat na de bebroedingsperiode het aantal opgekomen koloniën gemakkelijk aan het aantal verkleurde vlekjes is te tellen. Droogt men deze filtervelletjes na afloop van de controle in een droogstoof dan kunnen ze nog na opplakken in het protocollenboek ter documentatie van de experimenten dienen.

VII. ALGEMENE WENKEN NA INCUBEREN

Omdat het practicum meestal één keer in de week plaatsvindt, terwijl soms na één dag de gewenste resultaten reeds te zien zijn, moet de amanuensis dagelijks de groei van de bacteriën controleren. Zijn op bepaalde platen of buizen de gewenste resultaten zichtbaar, dan moet men ze uit de broedstoof halen, waarna ze het best in een koelkast bewaard kunnen worden. Ook is het mogelijk om de groei te stoppen, door op de binnenkant van de deksel enkele druppels 40% formaline aan te brengen, waarna men de platen of buizen bij kamertemperatuur kan bewaren. Omdat de platen of buizen altijd omgekeerd bewaard worden, zal de formaline niet op de agar vallen.

VIII. HET OPRUIJEN VAN MET BACTERIËN GEÏNFECTEERD MATERIAAL

In de voedingsbodems zitten voldoende voedingsstoffen om behalve de bacteriën waarmee in de experimenten gewerkt wordt, ook andere bacteriën tot ontwikkeling te laten komen. Hierbij kunnen pathogene soorten zijn. Schalen met cultures mogen daarom niet zonder meer weggegooid worden.

Benodigheden:

- 3% lysoloplossing ($\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{OH}$ in kalizeep van lijnolievetzuren)
- 4% formaline (HCHO)
- rubber handschoenen
- plastic emmer of container met deksel (geuroverlast)
- hoge drukpan of autoclaaf
- autoclaveerbare bak van polypropyleen.

N.B. Lysol is zeer, en formaline in mindere mate, agressief. Vermijd huidcontact en draag daarom rubber handschoenen.

Uitvoering A:

- vul een emmer voor driekwart deel met een 3% lysol-oplossing. In plaats van lysol kan men ook 4% formaline gebruiken.
- open de petrischalen en laat de helften voorzichtig in de lysol zakken tot ze geheel onder het vloeistofoppervlak verdwenen zijn.
- breng vloeistof cultures in buizen en erlenmeyers zodanig in de vloeistof dat ze

- helemaal met lysol gevuld worden. De materialen moeten minstens 3 uur in de 3% lysoloplossing verblijven.
- verwijder daarna met een spatel de agar uit de petrischalen. De voedingsbodem kan zo in de vuilnisbak of vuilniszak worden gegooid.
- spoel het glaswerk met veel warm water schoon.

Uitvoering B:

- plaats alle glaswerk met gebruikte voedingsbodems en/of voedingsvloeistoffen in de hoge drukpan. Controleer het waterniveau van deze sterilisator en vul het desnoods met heet water aan.
- plaats de plastic materialen voor eenmalig gebruik in een zak van polypropyleen die wel gesteriliseerd kan worden. Deze zak met inhoud kan zonder bezwaar tezamen met het vuile glaswerk mee worden gesteriliseerd.
- sluit de hoge drukpan, laat op de gebruikelijke manier stoom met lucht af tot 100 °C, sluit de stoomafvoer en regel de druk op 2 atm. bij een temperatuur van 120 °C met de gasverwarming gedurende 30 min.
- laat de autoclaaf tot beneden 100 °C afkoelen, open hem, verwijder de polypropyleen zak met inhoud in het vuilnisvat. De nu vloeibare voedingsbodems en voedingsvloeistoffen kan men ook verwijderen via het vuilnisvat.
- reinig het glaswerk nu grondig met heet water en zeep en zo nodig andere ontvettingsmiddelen als Teepol, Deconex of een kaliumdichromaatzwavelzuur mengsel (pag. 210).

N.B. Indien een culture op de grond gevallen mocht zijn, moet de culture zelf en de onmiddellijke omgeving met 3% lysol bevochtigd worden. Na 3 uur kan men de vloer met water reinigen.

M-88 Laboratoriumtechniek: vergelijking van de voedingsmedia

OXOID Limited, Hampshire, England		E. MERCK, Darmstadt, Deutschland		DIFCO Laboratories Inc., Detroit, U.S.A.	
Code	Naam van het medium	Code	Naam van het medium	Code	Naam van het medium
CM 3/4	Nutriënt Agar	1621	Standard-Kiemzahiagar	B 69	Bacto Nutriënt Agar
CM 5a/6a	MacConkey Broth purple	5396	MacConkey-Bouillon	B 20	Bacto MacConkey Agar
CM 7/8	MacConkey Agar	5465	MacConkey-Agar	B 75	Bacto MacConkey Agar
CM 17/18	'Lablemco' Agar	5450	Nahragar	B 1	Bacto Nutriënt Agar
CM 41/42	Sabouraud Dextrose Agar	5438	Sabouraud Glucose 4% Agar	B 109	Bacto Sabouraud Dextrose Agar
CM 59/60	Malt Extract Agar	5398	Malzextrakt-Agar	B 24	Bacto Malt Agar
CM 67/68	Nutriënt Broth No. 2	10234	Nahrbouillon (DAB 7)	B 3	Bacto Nutriënt Broth
CM 135a	Nutriënt Gelatin	4069	Nahrgelatine	B 11	Bacto Nutriënt Gelatin
CM 261	Diagnostic Sensitivity Test Agar Base	5392	Antibiotica-Sulfonamid-Sensibtlitats-Agar = ASS-Agar	B 263	Bacto Penassay Seed Agar
L11	Agar Bacteriological (Agar No. 1)			B 142	Special Agar (Noble)
L 13/ CM 49	AgarTechnical (Agar No. 3)	1614	Agar- Agar	B 140	Bacto-Agar
L 28	Purified Agar				

Ecologie is een wetenschap die bij uitstek geschikt is om in de vrije natuur beoefend te worden. Hoewel ook in het laboratorium ecologisch onderzoek gedaan kan worden, blijft het vrije veld toch in eerste instantie de plaats waar het onderzoek plaatsvindt. De in dit hoofdstuk genoemde excursies zijn dan ook bedoeld om deelnemers eraan iets van de sfeer en de opzet van ecologisch onderzoek te laten proeven. Meer dan proeven is het echter niet, want ecologisch onderzoek strekt zich vaak over jaren uit en een excursie van een dag, of misschien van enkele dagen, is absoluut niet voldoende om werkelijk ecologisch onderzoek te doen. De bedoeling is meer om enig inzicht te krijgen in de soortenrijkdom van de verschillende biotopen, de wijze waarop deze soortenrijkdom kan worden bestudeerd, de methoden die gebruikt kunnen worden om verschillende eigenschappen (fysisch-chemisch) van het milieu te bepalen en om de principiële opzet van een ecologisch onderzoek te leren kennen.

Men dient zich hierbij te realiseren dat een excursie een uiterst korte momentopname is. De eigenschappen en hoedanigheden van bodem, lucht en water zijn nooit constant en veranderen soms met de dag of zelfs met het uur. Het verzamelen van aanwezige soorten geeft slechts een beperkt beeld van de werkelijke soortenrijkdom, omdat men bijvoorbeeld in een sloot wel waterinsecten, zoetwaterslakken, e.d. kan verzamelen, maar niet de grotere organismen, die hiervan leven, zoals vissen en watervogels. Ook de allerkleinste bewoners onttrekken zich meestal aan onze waarneming. Voor alle excursies geldt: verstoor het biotoop zo min mogelijk en neem alleen mee wat men werkelijk denkt nodig te hebben, zodat ook de na ons komende generaties nog plezier aan het betreffende biotoop kunnen beleven. Indien mogelijk, zet men verzamelde en bestudeerde organismen na onderzoek terug in hun biotoop.

Er zijn verschillende manieren om op excursie te gaan. De eerste bestaat uit een wandeling door een bepaald gebied, al of niet met een speciaal doel. Men kan op zangvogelexcursie, plantenexcursie of strandvondstenexcursie, etc. gaan. Dergelijke excursies worden nogal eens aangeduid als een *natuurwandeling*. Wil zo'n excursie geslaagd zijn dan dient de excursieleider wel met een aantal zaken rekening te houden:

1. Maak de excursie eerst alleen van tevoren. Men komt te weten wat er te zien en te vertellen valt en men kan rustig nadenken over de indeling van de excursie.
2. Veel deelnemers zijn verleerd te kijken en te luisteren. Laat ze details zien van bijvoorbeeld een bloem, laat ze luisteren naar één vogel, etc.
3. Laat de deelnemers iets doen: 'al doende leert men'. Geef korte opdrachten. Het demonstreren van beweegbare meeldraden bij Berberis kan ook zelf gedaan worden.
4. Vertel wat bijzonderheden van gevonden exemplaren, alleen een naam zegt zo weinig.
5. Laat in ieder geval tot uiting komen in wat voor type landschap men zich bevindt en wat de samenhang in het landschap tussen planten en dieren is en na deze oriëntatie: geef opdracht tot het waarnemen van details die hier betrekking op hebben.
6. Gebruik eenvoudige taal. Het is vermoeiend naar iemand te moeten luisteren die laat weten hoe 'knap' hij is.
7. Probeer een hoogtepunt — het liefst aan het einde van de excursie - te vinden zoals een uil in een boom, een fraai exemplaar van een orchidee, e.d..
8. Eindig op tijd en let op de vermoeidheid van de deelnemers.

Het tweede type excursie is een excursie met een meer gericht doel en komt veelal neer op een *inventarisatie* van een bepaald gebied. Een van de methodes is reeds behandeld in Biothema 1, pag. 49 e.v.: de *kwadrantenmethode*.

Een andere methode is de *transektmethode*. Voor vogels noteert men bijvoorbeeld hoeveel exemplaren men over een bepaalde lengte in een homogeen gebied tegen komt. In Finland heeft men op deze wijze de aantallen van alle broedvogels bepaald. Afhankelijk van de probleemstelling en de variatie van het terrein spreekt men af over welke breedte langs de lijn men inventariseert. Deze transektmethode wordt hierna toegepast.

Een derde type excursie is nauwelijks meer een excursie te noemen: het wordt *veldonderzoek*. Mocht de transektmethode een momentopname zijn, men kan door op geregelde tijden het transect te bezoeken een idee krijgen van het biotoop *in de loop van de tijd*: een seizoen, een jaar en zelfs verschillende jaren. Hetzelfde geldt voor de kwadrantenmethode indien men de kwadranten *vast* uitzet in het terrein. Dergelijke onderzoeken zijn bijvoorbeeld van belang voor natuurbehoud, natuurbescherming, planologische beslissingen, ruilverkavelingen en natuurbouw.

a. Het maken van een floristische opname

Tijdens de excursie kan getracht worden een floristische opname te maken, d.w.z. een vegetatiekaart van het onderzochte gebied, waarop met behulp van symbolen wordt aangegeven hoe de verschillende plantensoorten of plantengemeenschappen over het onderzochte gebied verdeeld zijn. Het is dus als het ware een plattegrond van de vegetatie (fig. 106).

Benodigdheden:

- Flora van Nederland
- eventueel notitieblok, kaart van betrokken gebied
- loupe, pincet

Uitvoering:

- geef in woorden een korte omschrijving van het gebied en maak een schets van het onderzochte gebied.
- determineer de planten en plantengemeenschappen en geef deze met behulp van een codering aan in de tekening waar zij zich bevinden.
- geef aan hoe het te onderzoeken gebied horizontaal gelaagd is, dus b.v. boomlaag, struiklaag, e.d.
- maak naast een plattegrond een dwarse doorsnede door het gebied en teken dit eveneens.

Opdrachten:

1. Noteer alle gegevens over b.v. datum, weer, bodem, temperatuur, e.d.

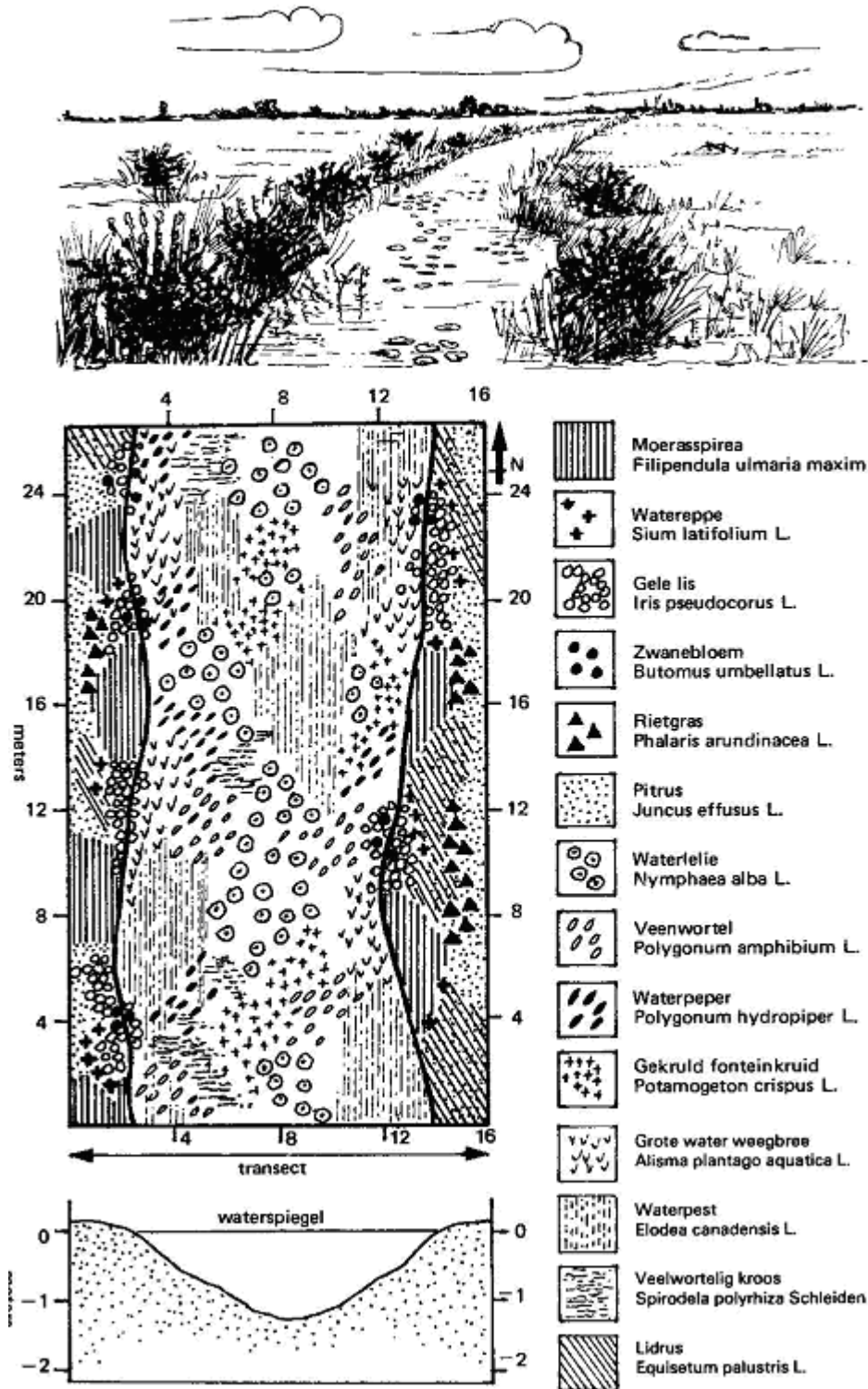
b. De aquatische excursie

Zoetwater is in Nederland in ruime mate en in vele vormen aanwezig. Voordat de excursie plaatsvindt wordt door de excursieleider een sloot of andere waterloop uitgezocht, waar het mogelijk is eenvoudige proeven te doen en organismen te verzamelen zonder anderen tot last te zijn of met de wet in conflict te komen. Dus niet met dertig man over een pas ingezaaid korenveld, of een natuurreserveaat in. Zeer geschikt zijn beekjes, poldersloten en soms zelfs stadssingels. Vaarten en brede rivieren zijn vaak moeilijk zonder speciale hulpmiddelen te onderzoeken.

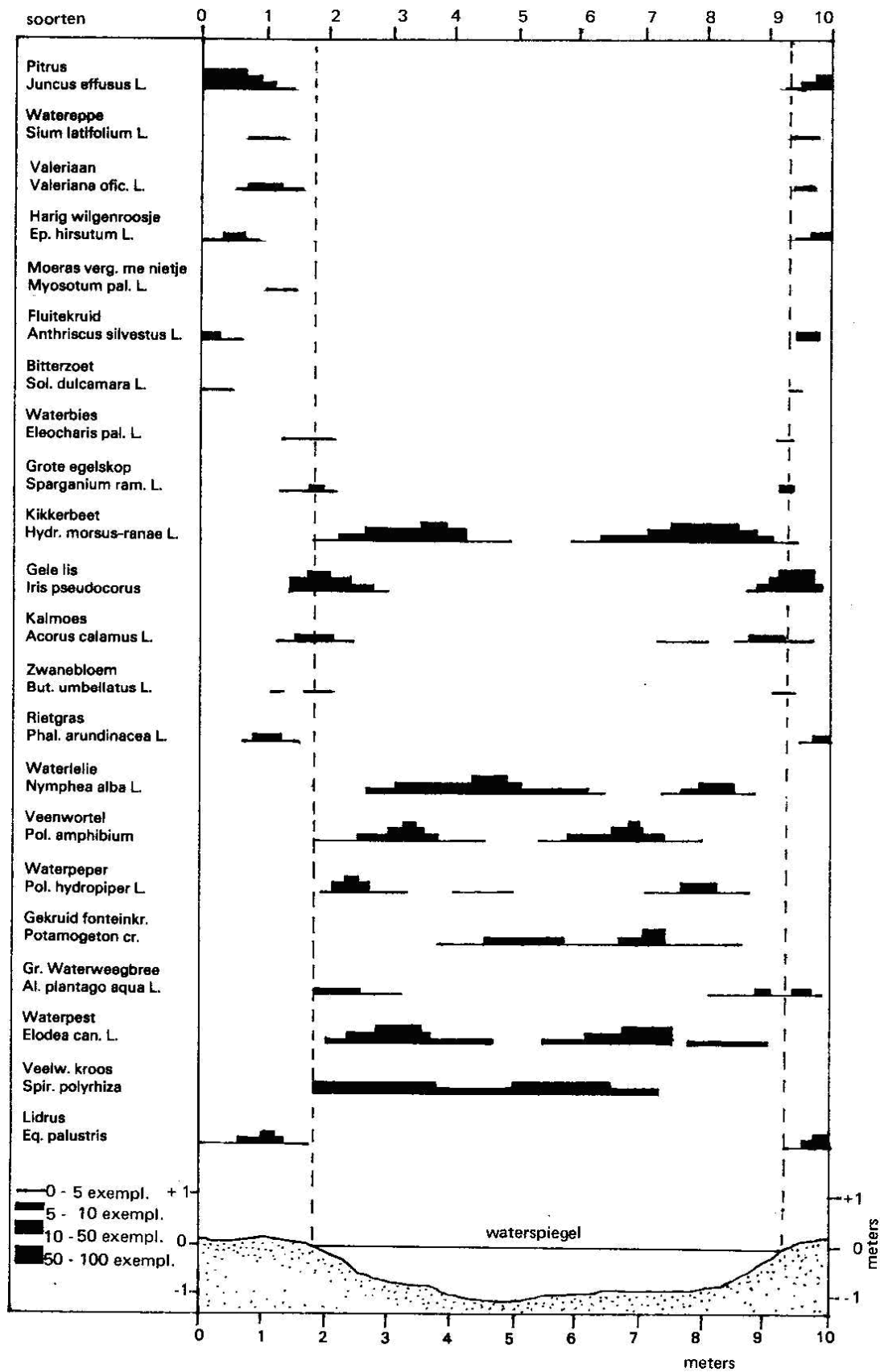
Benodigdheden:

Voor biologisch onderzoek: Zie ook Biothema 1 pag. 39, e.v.

- kijker
- goed sluitende potten, weckflessen, e.d.
- schepnetten met diverse maaswijdten
- eventueel conserveringsvloeistof (formaline of ethanol)
- loupe, pincetten



figuur 106. Vegetatiekaart en floristische opname (gedeeltelijk) van een vervenende sloot.



Voor het *fysisch-chemisch* onderzoek:

- potten en chemicaliën voor bepaling van het O₂-gehalte van water (M-47) en voor het onderzoeken van watermonsters (M-36, 38, 40, 43, 44, 45, 49, 50, 51, 52, 53, 55, 56, 57 en 58).
- thermometers/sondes.
- Secchi-schijf (M-39).

Uitvoering:

Biologische deel:

- zet een lijn uit (met touw of denkbeeldig) van 10 tot 50 meter (afhankelijk van de variatie in het milieu), die zoveel mogelijk variaties in vegetatietypen van de oever en het water omvat.
- bepaal op enkele punten langs de lijn de plantensoorten en noteer andere biologische bijzonderheden zoals: in oevervegetatie snoek waargenomen.
- verzamel, zo mogelijk op dezelfde punten langs de lijn, met behulp van netten zoetwaterorganismen.

Fysisch-chemische deel:

- meet op de plaatsen, waar onderzoek wordt gedaan, de temperatuur op ± 10 cm boven de grond, op de grond en op ± 10 cm onder de grond.
- meet de temperatuur van het water aan de oppervlakte, dieper en op de bodem.
- neem op een aantal plaatsen watermonsters op verschillende diepten voor het uitvoeren van bepalingen.
- bepaal op verschillende plaatsen de helderheid van het water met een Secchi-schijf (M-39).

Opdrachten:

2. Neem de watermonsters en het verzamelde materiaal mee naar huis voor verder onderzoek.
3. Noteer alle verkregen gegevens en verwerk deze tot een tabel.
4. Met het beschikbare materiaal kunnen de bepalingen uitgevoerd worden die onder benodigheden genoemd zijn.

c. De terrestrische excursies

De excursieleider zoekt van tevoren een geschikt terrein uit (zie ook bij aquatische excursie) met zo groot mogelijke variatie; dus niet een plek midden in een homogeen dennenbos, maar liever een bosrand overgaand in weidelandschap. Speciaal de overgangsgebieden tussen twee biotopen zijn rijk aan soorten en aan variatie in fysisch-chemische eigenschappen.

Benodigheden:

Voor biologisch onderzoek: Zie ook Biothema 1, pag. 39 e.v.

- kijker
- goed sluitende potten, weckflessen, e.d.
- netten om insecten te vangen; keverzeef voor het nemen van bodemmonsters. Dit is een zakvormig net met ongeveer halverwege een wijdmazig rooster waarop bodemstrooisel e.d. gedaan kan worden. Door te schudden zakken kleine delen grond en de daarin voorkomende dieren door het rooster, waarna het residu van takken en bladeren kan worden weggegooid; door de zak aan de onderzijde te openen kan men de inhoud in een pot doen.
- eventueel conserveringsvloeistof (formaline of ethanol).
- loupe, pincetten.

Voor het fysisch-chemisch onderzoek:

- thermometers/thermosondes
- conservenblikken voor het nemen van grondmonsters. Voor verdere benodigheden zie M-14 tot en met 23, 25 tot en met 28, 32 en 33.

Uitvoering:

Biologische deel:

- zet een fijn uit (met touw of denkbeeldig) van 10 tot 50 meter (afhankelijk van de variatie in het milieu), die zoveel mogelijk variaties in vegetatietypen omvat.
- bepaal op enkele punten langs de lijn de plantensoorten en noteer andere biologische bijzonderheden zoals: in gras nest van dwergmuis.
- verzamel, zo mogelijk op dezelfde punten langs deze lijn, met behulp van netten en keverzeef, insecten en bodemdieren.

Fysisch-chemische deel:

- meet de temperatuur op ± 10 cm boven de grond, op de grond en op ongeveer 10 cm in de grond.
- neem enkele bodemmonsters zoals aangegeven in M-13.
- probeer op grotere diepte een bodemmonster te nemen.

Opdrachten:

5. Noteer alle verkregen gegevens en verwerk deze tot een tabel.
6. Neem de bodemmonsters en het verzamelde materiaal mee naar huis voor verder onderzoek.
7. Met het beschikbare materiaal kunnen de bepalingen worden uitgevoerd die onder benodigheden genoemd zijn.

d. Marien-biologische excursie

Indien mogelijk, is een excursie naar strand en kust zeer instructief en leerzaam, met name om enige indruk te krijgen over de rijkdom van het leven in de zee.

Fysisch-chemisch onderzoek is lastig, doch wel kunnen allerlei zeedieren verzameld worden. Hierbij moet men zich realiseren dat de dieren en resten van dieren, die men aan het strand vindt, geen biocoenose vormen, maar een *thanatocoenose* (gemeenschap van dode organismen) en dat deze thanatocoenose geen juiste weerspiegeling is van de biocoenose waaruit de dieren afkomstig zijn. Slechts in de Zeeuwse wateren, in de Waddenzee en op de pieren en strekdammen langs de kust is het enigszins mogelijk biocoenosen te bestuderen.

M-90 Begrippenlijst

A

aanlooffase	fase in de levensloop van een populatie waarin nog steeds plaats vinden aan het milieu; het geboortecijfer is gelijk aan of iets hoger dan het sterftcijfer. Dralings- of 'lag' fase.
aanpassingen	abiotisch: verhoging van het sterftcijfer in een populatie door fysisch-chemische invloeden. Meestal dichtheidsonafhankelijk.
aantalregulatie	biotisch: verhoging van het sterftcijfer door invloeden vanuit andere organismen. Meestal dichtheidsafhankelijk.
abyssaal	het diepste deel van een oceaانبodem. Term uit de oceanografie: de meeste meren zijn niet diep genoeg om van het abyssaal te spreken. Dieper dan 1000 m.
absorptie	het vasthechten van stoffen aan een grensvlak.
aëroob	1. in aanwezigheid van zuurstof of lucht levend. 2. levend onder verbruik van zuurstof. Verouderde term, beter is: oxibiotisch.

afstervingsfase	fase in de levensloop van een populatie waarin de mortaliteit groter is dan de nataliteit, hetgeen veroorzaakt wordt door milieufactoren. Bij lagere organismen blijft er een overlevingskans doordat zij bijvoorbeeld overgaan tot sporenvorming.
amorf	geen duidelijke vorm of structuur bezittend.
anaëroob	1. levend zonder verbruik van zuurstof of lucht. 2. in afwezigheid van zuurstof of afgesloten van lucht levend. Verouderde term, beter is: anoxibiotisch.
antibiose	door micro-organismen afgegeven antibiotica beschadigen of remmen de ontwikkeling van andere micro-organismen.
antibiotica	afscheidingsproducten van een micro-organisme die remmend werken op de groei van een ander micro-organisme.
areaal	verspreidingsgebied van een soort.
autotroof	in staat tot koolstofdioxideassimilatie; de koolstofdioxide fungeert als koolstofbron voor te synthetiseren stoffen waarbij de benodigde energie afkomstig is uit de oxidatie van anorganische stoffen (chemo-autotroof) of van zonlicht (foto-autotroof).
B	
beënten	overbrengen van micro-organismen in of op een steriele kunstmatige voedingsbodem.
benthos	plantaardige (fyto-benthos) en dierlijke (zoö-benthos) organismen die op en in de bodem van een water of de zee leven.
biocoenose	levensgemeenschap. Het totaal aan levende organismen op een bepaald tijdstip in een bepaald gebied, waarin een biologisch evenwicht heerst in stand gehouden door het beschikbare voedsel (voedselweb), de mineralen (kringlopen) en abiotische factoren (tolerantiegrenzen). Bijvoorbeeld: de duinen, de heide, etc.
biogeografie	wetenschap die zich bezig houdt met de tegenwoordige verspreiding van de soorten over de aarde.
bioindicatoren	indicatororganismen: organismen die alleen onder zeer bepaalde milieu-omstandigheden kunnen voorkomen. De aanwezigheid van deze organismen wijst dus op de aanwezigheid van bepaalde omstandigheden.
biomassa	totale (droog-)gewicht van de organismen van een niveau uit een voedselketen per oppervlakte- of ruimte-éénheid op een bepaald tijdstip.
biom	zeer grote levensgemeenschap waarin verschillende ecosystemen voorkomen: een geografische streek met een karakteristiek klimaat, waarvan de flora en fauna aangepast is aan dit klimaat, bijvoorbeeld: tropische regenwouden, savannen, de zee, etc..
biosfeer	het gedeelte van de aarde en de atmosfeer dat door levende wezens bewoond wordt.
biosynthese	vorming van een natuurlijke stof door een levende cel.
biota	organismen.
biotoop	gebied waar de levensvoorwaarden overeenkomen met de eisen die een organisme stelt aan de omgeving; meestal een biocoenose of een deel daarvan. Milieu en habitat zijn geen goede equivalenten.

biotransformatie	het omzetten van een niet-giftige in een giftige stof in een levend organisme.
B.O.D.	Biological Oxygen Demand: de hoeveelheid zuurstof in mg/l, die nodig is voor de biologische afbraak van het afbreekbare deel van de waterverontreiniging. Meestal wordt de B.O.D. gemeten over een periode van 5 dagen: B.O.D. ₅ .
bodem	grond in zijn natuurlijke ligging. Meestal wordt hieronder dat gedeelte van de aardkorst dat voor de plantengroei belangrijk is verstaan.
bodemstructuur	de onderlinge rangschikking en samenhang van de bodembestanddelen.
bodemtextuur	korrelgrootteverdeling: granulaire samenstelling van de bodem.
C	
carcinogeen	kankerverwekkend.
chemo-autotroof	in staat zijn tot chemosynthese.
chemosynthese	koolstofdioxideassimilatie, waarbij de oxidatie van anorganische stoffen de energie levert.
climax (gezelschap)	biocoenose in evenwicht met de heersende milieufactoren en waarin door verdere successie geen verandering van de samenstelling meer mogelijk is. Meestal het eindstadium van een successiereeks: het bos.
C.O.D.	Chemical Oxygen Demand: de hoeveelheid zuurstof in mg/l die nodig is voor de chemische afbraak van het langs deze weg afbreekbare deel van de waterverontreiniging.
consument	verbruiker van organische stoffen afkomstig van andere planten en of dieren.
Coli-titer	concentratie van Escherichia coli bacteriën in een medium, zoals vast te stellen bijvoorbeeld door het tellen van kolonies op een selectieve voedingsbodem. De coli-titer kan dienen als indicator voor een mogelijke besmetting met pathogene bacteriën van het medium.
compost	datgene dat van organische resten waaruit de niet af te breken stoffen zijn verwijderd, overblijft als schimmels en bacteriën de organische stoffen oxi- en anoxibiontisch hebben afgebroken. Door het oplopen van de temperatuur (70-80 °C.) worden ziektekiemen en de zaden van 'onkruid' veelal vernietigd.
convectie	transport van stof of energie met een massastroom.
cyste	stadium waarin bijvoorbeeld eencelligen overgaan om aan ongunstige milieuomstandigheden weerstand te kunnen bieden: ze omgeven zich met een harde wand of kapsel.
D	
denitrificatie	het gebruik van nitraat als terminale electronen-acceptor door bacteriën onder anaërobe omstandigheden. Bij de reductie van nitraat ontstaat als eindproduct moleculaire stikstof of distikstofoxide.
detergentia	ook: tensiden. Oppervlak-, grensvlak-, of cappilair-actieve stoffen, bestaande uit een hydrophobe en een hydrofiële groep. De hydrophobe groep veroorzaakt een verlaging van de spanning en de bouw van deze groep- een kool-

	waterstof keten - bepaalt de grootte van de activiteit.
detritus	De hydrofiele groep maakt dat de stof in water oplosbaar is.
disjunct	zwevende en zinkende dode deeltjes in het water.
	het versnipperd zijn van een areaal in kleinere van elkaar
	gescheiden gebieden.
dissimilatie	ontleding van grotere organische moleculen waarbij de
	vrijkomende energie in celprocessen van een organisme
	verbruikt kan worden.
domesticatie	het ten behoeve van menselijk gebruik onder controle
	brenge van voortplanting, groei, en selectie van bepaalde
	eigenschappen van organismen.
E	
ecologie	wetenschap die de betrekkingen bestudeert tussen orga-
	nismen en het milieu; de studie over het functioneren van
	levensgemeenschappen.
ecosysteem	functioneel geheel van levende organismen en hun abiotische
	milieu dat door zeer veel wisselwerkingen tussen individuen
	en soorten onderling en met het abiotische milieu in stand
	gehouden wordt: een zelfregulerend systeem.
	Levensgemeenschap van hoge orde, waarin niet zo zeer de
	concrete taxa worden onderscheiden, maar wel allerlei
	procesrelaties zoals energieoverdracht biomassa, etc.
ectotroof	zich buiten (de gastheer) voedend.
emers	halfondergedoken. Vegetatie van de oeverzone van een water
	waarbij de plantedelen boven water uitsteken.
endemisch	in een klein gebied voorkomend,
endofytisch	in de plant levend.
endospore	spore in de cellen gevormd. Een ruststadium van lagere
	organismen waardoor deze in staat zijn ongunstige
	milieuomstandigheden te overleven. Sporen komen vrij uit de
	cellen doordat deze cellen uiteenvallen (lyseren).
enten	overbrengen van een kleine hoeveelheid micro-organismen op
	een voor het kweken van deze organismen geschikt medium.
enzymactiviteit	maat voor de katalytische activiteit van een enzym gemeten
	in Mol omgezet substraat per tijdseenheid.
epifytisch	op een plant levend, zonder fysiologisch contact hiermee.
epilimnion	bovenlaag van het ater, meestal enkele meters diep waar
	nagenoeg een gelijke temperatuur heerst.
erosie	horizontale erosie: activiteit door water en of wind waardoor
	bodem afgevoerd wordt. Verticale erosie: uitloging van
	bodembestanddelen door verzwakking van bindmiddelen
	zodat voedingsstoffen door het doorsijpelende water naar het
	bodemwater worden afgevoerd.
eulitoraal	middelste oeverzone. Gedeelte van de oeverzone dat volgt op
	de bovenste oeverzone en als uiterste grens heeft de zone
	waarin de golfslag zich niet meer op de bodem doet gelden.
eury-	voorvoegsel, aanduidend een grote tolerantie voor een
	milieufactor.
euryhalien	met ruim tolerantiegebied voor de zoutconcentratie.
eurytherm	met ruim tolerantiegebied voor de temperatuur.
eutroof	voedselrijk.

eutrofiëring	toename van de concentratie van anorganische voedingsstoffen in oppervlaktewater. Hierdoor beginnen fytoplankton, algen en waterplanten welig te groeien. Na hun dood worden ze door rottingsbacteriën afgebroken onder enorm veel zuurstofverbruik. Het optreden van zuurstoftekort leidt tot het vernielen van de biocoenose van dat water.
evenwicht	natuurlijk, biologisch dynamisch evenwicht. Toestand in een biocoenose waarbij de geboortecijfers van de deelnemende populaties ongeveer even groot zijn als de door het milieu beïnvloede sterftcijfers van deze populaties in een zelfde periode.
F	
facultatief	niet verplicht tot.
feedback	negatieve en positieve -: terugkoppeling. Methode waarop een proces of activiteit zijn eigen verloop controleert.
fixeren	snel doden van een organisme waardoor de bouw van dat organisme zo weinig mogelijk verandert en de opname van kleurstoffen door dat dode organisme sterk bevordert wordt.
flamberen	steriliseren van voorwerpen door droge verhitting: het afbranden van oppervlak van dat voorwerp.
flora	1. plantenwereld. 2. determineerwerk voor het bepalen van de naam van een plant uit een bepaald gebied.
foto-autotroof	in staat tot fotosynthese.
fotosynthese	koolstofdioxideassimilatie, waarbij absorptie van gedeelten van het zonlicht de energie levert.
fungiciden	schimmelbestrijdingsmiddelen.
fauna	1. dierenwereld 2. determineerwerk voor het bepalen van de naam van een dier uit een bepaald gebied.
G	
generatieduur	1. de tijd die een juist geboren individu nodig heeft om zelf geslachtsrijp te worden 2. de tijd van een volledige delingscyclus van eencelligen: de populatie verdubbelt zich in deze tijd.
gevroesdroogd-	- entmateriaal. Methode van conserveren van micro-organismen waardoor deze gedurende zeer lange tijd in een vorm van latent leven bewaard kunnen worden.
gleyzone	horizont onder invloed van het grondwater staat, welke zuurstofarm is en waarin stoffen worden gereduceerd.
gramkleuring	methode van kleuren waarbij door een nabehandeling met alcohol de kleurstof al (grampositief) of niet (gramnegatief) door de cel wordt vastgehouden. Alle dierlijke cellen en eukaryotische plantaardige cellen zijn grampositief.
groeifase	zie logaritmische fase
grond	het losse materiaal dat zich aan de oppervlakte van de aardkost bevind.

H

habitat	plaats waar een diersoort leeft; in de plantkunde: standplaats.
herbiciden	'onkruid' bestrijdingsmiddelen.
heterootherm	met sterk wisselende waarden van de lichaamstemperatuur.
heterotroof	niet in staat tot koolstofdioxideassimilatie: zich voedend met door andere organismen gevormde organische stoffen.
homoiootherm	met een min of meer vaste waarde van de lichaamstemperatuur.
hoogveen	veenlaag die thans hoog ligt t.o.v. het bodemwatervlak en ontstaan is door groei van veenmoslagen op oude afgestorven veenmoslagen. Er is geen uitwisseling van stoffen met het bodemwater.
horizont	laag in een bodem die door het ontwikkelingsproces van deze bodem is ontstaan.
humificatie	proces waarbij organisch materiaal wordt afgebroken, doch waarbij een deel blijft bestaan als moeilijk afbreekbaar materiaal. Onderdeel van de kringloop van stoffen.
humus	eindproduct van de humificatie.
hydrofiel	wateraanlokkend of wateropnemend.
hydrologie	wetenschap die zich bezig houdt met de waterhuishouding in de bodem.
hydrolyse	uiteenvallen van een stof door water.
hypolimnion	de waterlaag onder het metalimnion waarin evenals in het epilimnion een nagenoeg gelijke, doch veel lagere temperatuur heerst.

I

immuun	onvatbaar voor bacteriën, virussen en schimmels, en zelfs giftige stoffen. Er is een aangeboren en een verworven immuniteit.
incubatietijd	de periode tussen de besmetting en het optreden van de eerste ziekteverschijnselen, Iedere ziekte heeft zijn specifieke incubatietijd.
insecticiden	insectenbestrijdingsmiddelen.
irreversibel	onomkeerbaar.
isoleren	methode van enten waardoor uit een mengsel van micro-organismen de groei en vermeerdering van één bepaald micro-organisme bevorderd wordt.

K

kiemgetal	het aantal levende micro-organismen per ml of gr monster, bepaald uit het aantal opgekomen koloniën micro-organismen.
koolzuurassimilatie	vastleggen van koolstofdioxide in koolhydraatmoleculen, waarbij een waterstofdonor en een energiebron nodig is.
korrelstructuur	bodemstructuur waarbij gronddeeltje naast gronddeeltje ligt zonder enig nader verband.
kruielstructuur	bodemstructuur waarbij de korrels tot grotere eenheden (= kruiels) zijn verenigd. Een kruiel is in feite te beschouwen als een grote poreuze korrel.

L

laagveen	veenlaag die thans laag ligt t.o.v. het bodemwatervlak en ontstaan is t.g.v. verlanding van het open water.
lag-fase	dralingsfase. Zie aanloopfase.
latent	toestand waarbij de levensfuncties zo goed als niet aantoonbaar zijn; gaat gepaard met sterke uitdroging van het organisme en is een aanpassing aan slechte abiotische omstandigheden. Zie cyste en endospore.
lethaal	dodelijk, de dood veroorzakend.
lichte kleigrond	grond met een afslibbaar percentage van 30-40%.
limnologie	de wetenschap die zich bezig houdt met de biocoenosen van zoet water.
litoraal	oeverzone van het water.
logaritmische fase	groeifase. Fase waarin de groei van een populatie verloopt volgens een meetkundige reeks. De toename van het aantal individuen is exponentieel.
lyofilisatie	vriesdrogen. Ontwateren van stoffen of organismen beneden het vriespunt en bij verminderde druk. Dit materiaal kan onder vacuüm bij kamertemperatuur jarenlang bewaard worden.

M

microklimaat	het totaal van nabij een voorwerp gewijzigde klimaat- en andere fysisch-chemische milieufactoren.
microsuccessie	successie binnen een biocoenose op een klein gebied, zoals het wegrotten van bladeren en faecaliën.
middelzware kleigrond	grond met een afslibbaar percentage van 40-50%.
mineralisatie	afbraak van dode organische materialen tot anorganische stoffen.
monocultuur	exclusieve verbouw van één cultuurgewas over een lange periode op dezelfde bedrijfsbodem.
mortaliteit	sterftecijfer; het aantal doden per 1000 levende individuen van een populatie per tijdseenheid.
mutageen	een mutatie veroorzakend. een stof die mutaties d.w.z. veranderingen in het genoom, chromosomen of genen tot stand kan brengen.
mycorrhiza	zwamwortel. Wortels van hogere planten die samenleven met een schimmel. De schimmeldraden zitten òf in de wortel (endotroof) òf op de wortel (ectotroof).
mycelium	zwamvlok. Vlechtwerk van vegetatieve hyphen van zwammen of schimmels.
macrobiota	organismen die groter zijn dan 4,0 mm.
macroklimaat	klimaat op het niveau van continenten, landen, landstreken, bos, weide, etc.
medium	vaste of vloeibare voedingsbodem, veelal van synthetische samenstelling.
metalimnion	waterlaag die zich -onder het epilimnion bevindt en een met de diepte sterk afnemende temperatuur bezit. Ook wel spronglaag genoemd.
mesobiota	organismen waarvan de afmetingen liggen tussen 0,2 en 4,0 mm.
microbiota	organismen die kleiner zijn dan 0,2 mm.

N

nataliteit	aantal levend geboren individuen per 1000 levende individuen van een populatie per tijdseenheid.
nekton	organismen in de vrije waterzone die in staat zijn weerstand te bieden aan de waterstromingen en er zelf tegen in kunnen zwemmen.
netto reproductiefactor	het quotiënt van nataliteit en mortaliteit per tijdseenheid van een populatie.
neuston	micro-organismen die zich in het oppervlaktelaagje van het water bevinden en aldaar zelfs een vlies kunnen vormen.
niche	de wijze waarop een soort binnen een levensgemeenschap de benodigde ruimte en voedsel verwerft. De voedselverwerking is de functionele component en de plaats om te leven de ruimtelijke component van de niche. Wordt meestal alleen gebruikt in de functionele betekenis. Soorten met een grote variatie in beide componenten (mens en cultuurvolgers) hebben in de regel een groot verspreidingsgebied en vertonen weinig specialisatie (omnivoren).
nitraatammonificatie	het gebruik van nitraat als terminale electronenacceptor door bacteriën onder anaërobe omstandigheden.
nitraatreductie	Het nitraat wordt gereduceerd tot ammoniak. het gebruik van nitraat als terminale electronenacceptor door bacteriën onder anaërobe omstandigheden.
nitratatie	Het nitraat wordt gereduceerd tot nitriet. oxidatie van nitriet tot nitraat door bacteriën voor de energievoorziening van hun chemosynthese.
nitrificatie	oxidatie van ammoniak tot nitriet door bacteriën voor de energievoorziening van hun chemosynthese.
O	
obligaat	verplicht.
oligotroof	voedselarm.
ophopingscultuur	het concentreren van één micro-organisme door het uitgangsmateriaal in een selectief milieu te brengen. Het zijn steeds vloeistofculturen.
oppervlaktespanning	het verschijnsel dat op de grens van bijvoorbeeld water en lucht tengevolge van het slechts zijdelings en naar beneden gericht zijn van de moleculaire cohaesiekrachten van de watermolekulen, de resultante van deze krachten veel groter is dan dieper in het water. Het gevolg is een 'oppervlaktehuidje' van water.
oxidatie	afgeven van electronen of H^+ .
oxidatiewater	water dat bij een oxidatie ontstaat als de acceptor O electronen en H^+ opgenomen heeft.
parameter	factor die meespeelt in een experiment of berekening.
parasitisme	vorm van symbiose waarbij meestal kleine en talrijke individuen voedingsstoffen aan de stofwisseling van een gastheerindividu van een andere soort onttrekt.
pasteuriseren	verhitten tot $70-80^{\circ} C$ waardoor alle pathogene microorganismen gedood worden; sporen van micro-organismen

pelagiaal persistentie	worden niet gedood. Wordt toegepast bij stoffen die veranderen bij verhitting tot 100° C. wijde open zone van de zee en zeer grote meren. tijd gedurende welke een stof werkzaam is en niet afgebroken wordt.
pesticiden petri schaal	verzamelnaam voor alle plaagbestrijdingsmiddelen. tweedelige ronde glazen doos waarvan de brede rand van de deksel over de hoge rand van de bodem heen valt. Genoemd naar de uitvinder Petri.
pH	negatieve logaritme van de waterstofionenconcentratie in een oplossing.
pionier	organisme met meestal zeer ruime tolerantiegrenzen waardoor deze in staat is als eerste zich te vestigen in een bepaald gebied.
pioniergezelschap	het gezelschap uit het begin van een successiereeks, gekenmerkt door weinig soorten, veel individuen en een grote netto-reproductie. Het voedselweb is relatief eenvoudig.
piramide	diagram dat weergeeft de verhoudingen van aantallen of energie of biomassa van de producenten, herbivoren en carnivoren/parasieten in een voedselketen of web.
plankton	organismen die vrij zwevend in het water leven en zich niet zelfstandig tegen waterstroming in kunnen bewegen.
pleuston	organismen die op het wateroppervlak leven.
poikilotherm	koudbloedig. Met een lichaamstemperatuur die sterk wisselt en die samenhangt met de temperatuur van het milieu.
populatie	alle individuen van één soort in een bepaald gebied.
ppm	delen per miljoen; mg per kg.
predator	roofdier, roofvijand.
predatie	biotische relatie waarbij een dier, de predator zich voedt met andere levende dieren. Parasitisme en het eten van kadavers worden hier niet toe gerekend.
producent	de groene plant: vormt organische stoffen uit anorganische stoffen uit de levenloze omgeving.
R	
reducent	organisme dat organische stoffen van andere organismen omzet in anorganische stoffen.
reincultuur	het resultaat van isoleren: één soort micro-organisme op een specifieke voedingsbodem.
resistent	ongevoelig voor, bestand tegen.
resorptie	opname van stoffen, soms tegen een concentratie-gradiënt in waarbij dan sprake moet zijn van energieverbruik.
reversibel	omkeerbaar.
S	
sapropelium	slib, rijk aan rottende organische bestanddelen op de bodem van een water; verbruikt veel zuurstof en komt vooral voor op beschutte plaatsen in de eulitorale zone. Rotmodder.
saprofyt	plantaardige organisme dat zijn voedingsstoffen uit dode organismen betreft.
seston	alles wat uit open water afzeefbaar is. Plankton en detritus vormen een onderdeel van het seston.

sexuele dimorfie	het uitwendig verschillend zijn van mannelijke en vrouwelijke individuen van een soort.
sibling species	morfologisch op elkaar gelijkende en zelfs identieke populaties van een soort die t.a.v. de voortplanting geïsoleerd zijn van elkaar: de nakomelingen van kruisingen van individuen uit deze populaties zijn steriel.
stationaire fase	fase waarin de groei van een populatie tot stilstand gekomen is doordat de mortaliteit even groot is als de nataliteit.
steno-	voorvoegsel, aanduidend een kleine tolerantie voor een milieufactor.
stenohalien	met gering tolerantiegebied voor de zoutconcentratie.
stenotherm	met gering tolerantiegebied voor de temperatuur.
sterilisatie	doden van alle micro-organismen, inclusief de sporen door verhitting, chemicaliën en/of UV-bestraling.
stikstofbinding	gebruik van moleculaire stikstof door micro-organismen als stikstofbron bij de vorming van polypeptiden. Men onderscheidt de symbiontische en de niet-symbiontische stikstof binding.
subclimax	toestand waarbij een volledige successie tot een climax door drastische milieufactoren of menselijk beheer tegengehouden wordt. De successie blijft in een van de voorlaatste biocoenose steken. Bijvoorbeeld: de weide.
sublitoraal	gedeelte van de oeverzone waarin zich de golfslag niet meer op de bodem doet gelden. Onderste oeverzone.
successie	de in de loop van de tijd plaats vindende veranderingen in de soortensamenstelling van een biocoenose waardoor deze verandert in een andere biocoenose. Deze veranderingen komen tot stand door de activiteiten van de individuen van de deelnemende soorten.
successiereeks	Opeenvolging van biocoenosen beginnend bij een pioniersgemeenschap en via een aantal andere gemeenschappen eindigt in een stabiele climax: bos. Het aantal soorten neemt in de reeks toe en stabiliseert in de climax, die de grootste biomassa en het meest ingewikkelde voedselweb omvat.
submers	ondergedoken. Vegetatie van de oeverzone waarin alle plantendelen zich onderwater bevinden.
sulfaatreductie	het gebruik van sulfaat als waterstofacceptor door bacteriën onder anaërobe omstandigheden, waarbij organische stoffen of vrije waterstof dienen als waterstof donor.
supralitoraal	gedeelte van de oeverzone dat als uiterste grens heeft het gebied van de emerse vegetatie in de submerse vegetatie. Bovenste oeverzone.
symbiont	organisme betrokken bij symbiose.
symbiose	samengaan van twee organismen van verschillende soort waarvan soms een, soms beide organismen voordeel kunnen hebben.
T	
temperatuurcoëfficiënt	de factor die aangeeft in welke mate een proces sneller verloopt wanneer de temperatuur 10 °C stijgt (= Q_{10}).
tenside	detergent. stof die de oppervlaktespanning van een vloeistof verlaagt.
teratogeen	schade toebrengen aan embryonale of ongeboren levensvormen.

thermocline	temperatuursprong.
tolerantie	De sterke temperatuurgradiënt in het metalimnion.
tolerantiebereik	de mate waarin een organisme, of de individuen van een soort in staat zijn veranderingen van een milieufactor te overleven.
tolerantiegrens	het bereik waarbinnen de verandering van een uitwendige parameter verdragen kan worden door een organisme of door de individuen van een soort.
toxisch	eigenschap van een organisme die past op een amplitudo van een abiotische factor.
U	giftig.
ubiquist	organisme dat overal voorkomt en niet aan een bepaald klimaat of omgeving gebonden is.
V	
vector	overbrenger van andere organismen.
viscositeit	dik-vloeibaarheid. Stroperigheid van een vloeistof.
vitaalkleuring	methode van kleuring van levende cellen.
virulentie	eigenschap van pathogene micro-organismen om een ziekte in een door hen aangetast organisme te veroorzaken.
voedselketen	reeks van organismen voorkomende in een levensgemeenschap waarvan ieder organisme zich voedt met de voorgaande en gegeten wordt door het volgende organisme: plant-herbivoor-carnivoor. Aan het begin van de voedselketen staat altijd de plant en aan het einde een roofdier of parasiet. Geeft weer hoe individuen van soorten binnen een levensgemeenschap door hun voedselrelaties samenhangen.
voedselweb	het totale aantal onderling samenhangende voedselketens binnen een levensgemeenschap,
vriesdrogen	lyofilisatie.
X	
xenobioticum	chemische verbinding welke door de mens op aarde is geïntroduceerd en de bestaande biosfeer blijkt te beïnvloeden.
Z	
zandgrond	grond met afslibbaar percentage van 10%.
zavelgrond	grond met afslibbaar percentage van 20-30%.
zware kleigrond	grond met afslibbaar percentage van 50-60%.
zuurgraad	maat voor het zure karakter van een oplossing. Niet identiek met pH: een hoge zuurgraad betekent een lage pH!

Literatuurlijst

- Abrahamse, J., e.a. (1976)
Adamson, R. (1971)
- Adriani, M. en E. vander Maarel (1963)
Anonym (1953)
Anonym (1975)
Anonym (1980)
Baas Becking, L (1934)
Bakker, K., e.a. (1974)
Bekker, J. en A. van Manten (1970/71)
Beyerinck, W. (1934/1977)
- Bennet, D. en D. Humphries (1977)
Biernond, C. (1968)
Blijdenstijn, J. van (1964)
Bos, D., e.a. (1977)
Brièjèr, C. (1968)
Brown, A. (1978)
Brucker, G. en D. Kalusche (1976)
Buurma, Y. (1968)
Carson, R. (1962)
Cloudsely-Thompson, J. (1967)
Colinvaux, P. (1972)
Contactblad voor ecologen
Copius Peereboom, J. (1976)
Creutzberg, F., e.a. (1969)
Cushing, D. en D. Walsh (1976)
Darnell, R. (1971)
- Dekker, M. en J. den Hengst (1981)
Dankelman, I., e.a. (1981)
- Dijk, P. van (1972)
Dowdeswell, W. (1959)
Duvigneaud, P. e.a. (z.j.)
Ecologist, the-red. (1972)
Edwards, C. (1973)
Ehrlich, P., e.a. (1971)
Ehrlich, P., e.a. (1973)
- Engelhardt, W. (1977)
Garbutt, J. en A. Bartlett (1972)
- Golderman, H. (1970)
- Golley, F., e.a. (1977)
- Waddenzee. Ver. tot behoud Waddenzee, Harlingen.
Pollution, an ecological approach, Belihaven House, Scarborough.
Voorne in de branding. Stichting Wetensch. Duinonderzoek, Oostvoorne.
Difco Manual, Difco Laboratories Inc., Detroit.
Mikrobiologisch Handbuch, Merck, Darmstadt.
The Oxoid IV manual, Oxoid Urn., Londen.
Geobiologie, van Stockum, Den Haag.
Meyendel, duin, water, leven, van Hoeve, Den Haag.
Microbiologie voor medische analisten, Stenfert Kroese, Leiden.
- Sphagnum en sphagnetum, Versluys, Amsterdam/Backhuys, Amsterdam.
Introduction to field biology, Edward Arnold, Londen.
- Water, moderne medische inzichten, Querido, Amsterdam.
Natuurleven in Nederland, Wolters, Groningen.
Naar een maatschappelijke ecologie, Rijn-Schelde Instituut. Zilveren sluiers, Sijthoff, Leiden.
Ecology of soil organisms, Heinemann, Londen.
Bodembologisch Praktikum, Quelle & Meyer, Heide/berg.
- Vuile lucht, ANWB, Den Haag.
De dode lente, Becht, Amsterdam.
Micro-ecology, Edward Arnold, Londen.
Introduction to ecology, Wiley & Sons, New York/Londen.
Diverse jaargangen, Kon.Acad. v. Wetensch., Amsterdam.
Chemie, mens en milieu, van Gorcum, Assen.
De zuidelijke Vechtplassen, Rivon nr. 7, Weesp/Leersum.
The ecology of the seas, Blackwell, Oxford.
Organism and environment, Freeman & Company, San Francisco.
Waterrijk, Spectrum, Utrecht.
- Bewoon de aarde, Meulenhof, Amsterdam/Nat. Mon., 's-Graveland.
Plantenziekten in de tuinbouw, Tjeenk-Wiltink, Culemborg.
Practical animal ecology, Methuen, Londen.
Ecologie 2: ecosystemen en biosfeer, Documentatie 23, Brussel.
A blueprint for survival, Penguin, Harmondsworth.
Environmental pollution by pesticides, Plenum Press, Londen.
Man and Ecosphere, Freeman & Company, San Francisco.
Human ecology, problems and solution, Freeman & Company, San Francisco.
Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher, Kosmos, Stuttgart.
Experimental biology with micro-organisms, Butterworth, Londen.
Methods for chemical analysis of fresh waters, Blackwell, Oxford/Edinburgh.
Ecological succession, Dowden, Hutchinson & Ross, Stroudsburg.

- Gorz, A. (1978)
 Graham, F. (1978)
 Guy Harold-Smith, P. (1971)
 Hana, K. (1942)
- Heij, D. van der en P. Peerlkamp (1970)
- Jackson, R. en F. Raw (1970)
 Knudsen, J. (1966)
 Kuceran, C. (1978)
 Kuenen, D., e.a. (1972)
 Kuenen, D. (1976)
 Kuipers, S. (1976)
 Larcher, W. (1976)
 Leadly Brown, A. (1971)
 Leser, H. (1976)
 Luursema, E. en J. Wessels (1972)
 Maas, F. (1981)
 McLusky, D. (1971)
 Meltzer, J. en V. Westhoff (1942)
 Ministerie C.R.M. (1974)
 Ministerie C.R.M. (1975)
- Ministerie C.R.M. (1975)
 Ministerie C.R.M. (1975)
 Moen, A. (1973)
 Molenaar, J. (1980)
- Mörzer Bruyns, M. (1947)
- Mörzer Bruyns,
 M. en R. Benthem (1979)
 Moss, B. (1980)
 Mossel, D. (1953)
 Mühlenberg, M. (1976)
- Odum, E. (1953)
 Odum, E. (1975)
 Oomen, H., e.a. (1973)
 Owen, D. (1977)
 Peccei, A. (1977)
 Peters, H. (1970)
- Phillipson, J. (1971)
 Quispel, A., e.a. (1970)
 Redeke, H. (1948/1975)
- Richards, P. (1970)
- Rijksinst. Natuurbeheer (z.j.)
 Ringelberg, J. (1976)
- Rinsema, W. (1976)
 Samson, F. (1970)
 Samson, F. (1973)
- Ecologie en vrijheid, van Gennep, Amsterdam.
 Sinds de dode lente, Becht, Amsterdam.
 Conservation of natural sources, Wiley & Sons, New York.
 Van dier en plant, water en land, Holkema & Warendorf,
 Amsterdam.
 Kennis van grond en bodem, Wolters-Noordhoff,
 Groningen.
 Life in the soil, Edward Arnold, Londen.
 Biological techniques, Harper & Row, New York.
 The challenge of ecology, Mosby Company, Saint Louis.
 Populatiebiologie, Pudoc, Wageningen.
 Inleiding in de milieukunde, Van Gorcum, Assen.
 Bodemkunde, Tjeenk-Willink, Culemborg.
 Oekologie der Pflanzen, Taschenbücher, Ulmer.
 Ecology of fresh water, Heinemann, Londen.
 Landschaftsökologie, Taschenbücher, Ulmer.
 Oecologie, Studium Generale, TH-Eindhoven.
 Een plaatsje achter de geraniums. Nat. Mon., 's-Graveland.
 Ecology of estuaries, Heinemann, Londen.
 Inleiding tot de plantesociologie, Breughel, 's-Graveland.
 Beschermde planten en dieren. Staatsuitgeverij, Den Haag.
 Advies inzake een beleidsplan voor de educatie betreffende
 het natuurlijke milieu en het waardevolle landschap,
 Staatsuitgeverij, Den Haag.
 Relatienota, Staatsuitgeverij, Den Haag.
 Nota landelijke gebieden. Staatsuitgeverij, Den Haag.
 Wildlife ecology, Freeman & Company, San Francisco.
 Bemesting, waterhuishouding en intensivering in de
 landbouw en het natuurlijke milieu, RIN, Leersum.
 Over levensgemeenschappen. Dissertatie, Kluwer,
 Deventer.
 Atlas van de Nederlandse landschappen, Spectrum,
 Utrecht.
 Ecology of fresh water, Blackwell, Oxford.
 Elementaire micro-biologie, Thieme-Zutphen.
 Freilandökologie, Taschenbücher, Quelle & Meyer,
 Heidelberg.
 Fundamentals of ecology, Saunders, Londen/Toronto.
 Ecology, Holt, Rinehart & Winston, Londen.
 Mens en ecologie, Samson, Alphen aan de Rijn.
 Wat is ecologie? Ekolog. uitgeverij, Amsterdam.
 The human quality, Pergamon Press, Oxford.
 Van milieuvuiling naar milieubeheer, Querido,
 Amsterdam.
 Ecological energetics, Edward Arnold, Londen.
 Biosfeer en mens, Pudoc, Wageningen.
 Hydrobiologie van Nederland, de Boer,
 Amsterdam/Backhuys, Amsterdam.
 The life of the jungle, Mc Graw Hill Book Company, New
 York.
 Landelijke milieukartering, RIN, Leersum.
 Aquatische ecologie, in het bijzonder van het zoete water,
 Bohn, Scheltema & Holkema, Utrecht.
 Bemesting en meststoffen, Tjeenk & Willink, Culemborg.
 Ons welzijn en de watervuiling, ANWB, Den Haag.
 Ons welzijn en milieuvuiling, ANWB, Den Haag.

- Scient. Amer. Book (1970)
 Schlegel, H. (1976)
 Schwoerbel, J. (1977)
 SIPRI, Stockholm (1980)
 Smith, R. (1974)
 Stemerding, S., e.a. (1968)
 Steubling, L. en C. Kunze (1975)
- Streble, H. en D. Krauter (1973)
 Teune, P. en M. Terlingen (1977)
 Tinbergen, L. (1946)
 Tribe, M., M. Eraut en R. Snook (1975)
 Turk, A., e.a. (1971)
 Tait, R. (1971)
 Sutton, D. en N. Harmon (1973)
 Vervelde, J., e.a. (1971)
 Vester, F. (1977)
 Vink, A. (1980)
- Visscher, J. (1949)
 Ward, B. en R. Dubos (1972)
 Weidema, J., e.a. (1975)
- Wensinck, F., e.a. (1976)
- Westhoff, V. e.a. (1970)
 Westhoff, V. (1975)
 Wiggers, A., e.a. (1981)
- Willems, J., e.a. (1971)
 Wilson, E., e.a. (1974)
- Wolf, W. en J. Post (1980)
 Wolff, W. (1982)
 Zonderwijk, P. en R. van Bohemen (1970)
 Waterschoot van der Gracht, W. (1944)
- The biosphere, Sc. American, San Francisco.
 Allgemeine Mikrobiologie, Thieme Verlag, Stuttgart.
 Einführung in die Limnologie, Taschenbücher, Fischer, Stuttgart.
 Warfare in a fragile world, Taylor & Francis, Londen.
 Ecology and field biology, Harper & Row Publ., Londen-New York.
 Aaltjes in land- en tuinbouw, Tjeenk & Willink, Culemborg.
 Pflanzenökologische Experimenten zur Umweltverschmutzung, Quelle & Meyer, Heidelberg.
 Das Leben in Wassertropfen, Kosmos, Stuttgart.
 Milieu-geografie, Malmberg, Den Bosch.
 Vogels in hun domein, Scheltema en Holkema, Amsterdam.
 Ecological principles, Cambridge University Press, Cambridge/Londen.
 Environmental science, Saunders Company, Philadelphia.
 Meeresökologie, Thieme Verlag, Stuttgart.
 Ecology: selected concepts, Wiley & Sons, Londen/New York.
 Productiviteit in biosystemen, Pudoc, Wageningen.
 Handboek voor milieuproblemen, Spectrum, Utrecht.
 Landschapsekologie en landgebruik, Bohn, Scheltema & Holkema, Utrecht.
 Veenvorming, Noordduyn, Gorinchem.
 Niet meer dan één aarde. Contact, Amsterdam.
 Waarden van Zuid-Holland, Stichting Zuidhollands Landschap, Rotterdam.
 De microbiologie drie eeuwen na Antoni van Leeuwenhoek, Pudoc, Wageningen.
 Wilde Planten, Nat. Mon., 's-Graveland.
 Plantengemeenschappen in Nederland, Thieme, Zutphen.
 Perspectieven voor de relatie tussen landbouw en natuurbescherming. Nat. Mon., 's-Graveland.
 De noodzaak van natuur- en milieubeheer, Bruna, Utrecht.
 Ecology, evolution and populationbiology, Freeman & Company, San Francisco.
 Oosterschelde, Sijthoff, Alphen a.d. Rijn/Nat. Mon., 's-Graveland.
 Wadden, duinen, delta, Pudoc, Wageningen.
 Natuur- en landschapsbescherming in Nederland, KNNV-med. 85, Hoogwoud.
 Klimaat- en landschapsverdroging, Nat. Mon., 's-Graveland/de Lange, Amsterdam

Register

- Aaltje** 39, 95
aanloopfase 169, 170
aantalsregulatie 161, 162, 163
aaseters 16
abiotisch 16
abiotische aantalsregulatie 161
abiotische milieufactor 6, 20, 165
-niche 20
-verandering 220
absorptie 100
accumulatie 217, 227, 245
adhesiewater 43
adsorptievermogen 68
afstervingsfase 170
aggregaten 33
A-horizont 48, 49, 50
alcohol 261
ammoniak 202, 207
ammoniakbacteriën 202
ammonificatie 185
anaërobe waterzuivering 122
anmoor 34
anomalie 99
anoxibionten 195
anoxibiose 103, 204
antibiotica 38, 177, 232, 239
areaal 17
asbest 230
associaties 56 a
 utotrofe bacteriën 37
autotroof 7, 12, 153, 233
azonale bodem 48
azotobacter 207, 208
- Bactericide werking** 254
bacteriën 37, 196, 234, 259
bacteriochlorofyl 213
bacteriofagen 37, 96
bathypelagiaal 106
beluchtingscircuit 121
bemonsteringsfles 124, 125
bemonsteringspijp 78, 124, 126
benthaal 106, 107
beschikbare water 44
bestendige humus 34
bewapeningswedloop 229
B-horizont 34, 50
bicarbonaat-buffering 142
Biochemical Oxygen Demand 144
biocide 218, 241
biocoenose 12, 16, 17, 18, 20
biogas 122
biogeografie 16, 17
biogeografisch rijk 16
bioindicatoren 108
bio-industrie 229
biologisch evenwicht 162, 168, 215
biomassa 13
bioom 16
biosfeer 16, 216, 220, 229, 230, 232, 233
- biotische milieufactor 6, 16
biotoop 12, 16, 168, 272
biotoopvernietiging 220
biotransformatie 227
blauwwier 39, 186, 207
B.O.D.-bepaling 108, 144
bodem 29
-classificatie 47, 51
-lucht 29, 47
-profiel 45, 46, 48, 49, 57, 71, 72
-typen 47, 48
-ventilatie 47
-water 29, 43, 218
-waterspiegel 43
-waterzone 44, 45, 46, 106
boterzuurbacteriën 218
brikbodem 48
broedzorg 159
broeikas-effect 216
- Cadmium** 228
Ca-gehalte 134
calcium 62, 63, 104, 133
calciumcarbonaat 104
calciumwaterstofcarbonaat 142
capillaire zone 45
capillair water 43
carcinogeen 227, 228
carnivoren 16, 185
carriers 87
celademhaling 182, 185
cellulose 190
Chemical Oxygen Demand 108, 143
chemische rijping 63
chemo-autotroof 7, 179
chemolithotrofe bacteriën 196
chemosynthese 7, 182, 185
chloor 261
chloridegehalte 135
chloride-ion gehalte 105
C-horizont 50
Chromatium okenii 214
climax 17, 20, 165, 166, 168
Clostridium 207
C:N-quotiënt 35, 197, 207
CO₂ 216
CO₂-gehalte 79
coctail-effect 230
coderen 264
coli-bacteriën 148
commensaal 222, 234
commensalisme 222
compensatievlak 106, 107, 130, 153
concurrentie 161, 162
condensatie 23
conductie 22, 23
conserveren 153
consument 8, 12, 13, 18, 145, 155, 179, 180, 182, 233
- convectie 22, 23
convectiestroom 101
cultuurbuis 263, 264, 268
cultuurlijke selectie 216
cyanide 220
cyclische koolwaterstof 220
cyste 38
- Dauwrotten** 192
deficiëntie 226
denitrificatie 186, 204, 205, 206
desinfectantia 260
detergents 254
determinatie 10
detritus 36
D-horizont 50
diauxie 169, 171
dichtslempen 34
diepwaterzone 106
diepwelozingen 218
differentiërende soorten 166
diffusie 47, 102, 182
dimictisch meer 101, 102
dipool 98
discontinue sterilisatie 258
disjunct 17
disperse humus 34
dissimilatie 6, 7
domesticatie 216
doorlatendheid 46, 47, 70, 74, 75
draagvermogen 162
driehoeksdiagram 32, 33
droge sterilisatie 258
duizendpotigen 40
Durhambuisje 149
dynamiek 165
dystroof 107
- Ecologie** 6, 8, 231
ecologische conflicten 216, 231
ecosysteem 16, 20, 36, 157, 162, 180, 215, 229
ectosymbiose 197
eerd bodem 48
eerdgrond 52, 54, 55
eiken-berkenbos 166, 221
eiken-haagbeukenbos 166
eiwit 201, 202
elzenbroekbos 167
emigratie 161
enchytreeën 39, 96
endemisch 17
energie 6, 7, 12, 15, 20, 87, 180, 229
-flux, stroom 15, 36
enten 264
entnaald 265
enzymssystemen 232
epidemie 161, 162, 168, 222
epilimnion 101, 102, 103
epipelagiaal 106
erosie 45, 47, 229

ethyleenoxide 261
euryhalien 20, 160
eurytherm 24, 160
eutroof 103, 106, 107, 108
evaporatie 22, 23
excursie 272, 273
exo-enzymen 201
exponentiële fase 168, 169, 170
extinctie 105, 156

Faecaliën 148
fauna 8
faunavervalsing 17
fenol 261
fenolftaleïne-alkaliniteit 104
fijnaarde 57
fijn zand 31
flamberen 260
flora 8
- resident 235
- transient 235
- vervalsing 17
floristische opname 273, 274
formaldehyde 261
fosfaat 218
fosfor-kringloop 186, 188, 189
fossielen 16
fossilisatie 179
foto-autotroof 7, 179
fotolitho-autotroof 213
fotosynthese 7, 103, 156, 182, 185, 233
fracties 31, 66
freatisch vlak 43, 44, 46, 75, 77
freon-gas 230
fungi 38
fungivoren 16

Geboortecijfer 157
gechloreerde koolwaterstof 228
geelgroene wieren 39
geleiding 22
geluidhinder 228
generatieduur 159
genetisch systeem 47
gevroesdroogd materiaal 266
gezondheidsleer 228
gisten 39
gleyverschijnselen 44
gleyzone 44
gorzen 221
gradiënt 161
gradiëntstelsel 167
grint 31
groei, exponentieel 168
- logaritmisch 168
-fase 169 groenalgen 39
grof zand 31
grond 29
-boor 57
-monster 57, 58
-orgel 82, 83
-soort 32, 44, 45
-water 43
-waterspiegel 43
grootschaligheid 229

Habitat 16, 215
haemoglobine 244
hakhoutbos 216
hangwaterzone 46
hardheid 104, 133, 135
heide humus 34
heidepodzolprofiel 57
heideveld 167
herbivoren 16, 185
heterotrofe bacteriën 37
heterotroof 7, 12, 153, 233
hogedrukpan 256, 257, 258
holomictisch meer 101, 102
hoogveen 142, 167
horizonten 48, 49, 57
huid-biocoenose 234
huidflora 234
hulpbron 229, 231, 232
humificatie 34, 191
humus 29, 35, 37, 41, 48, 49, 50, 67, 164, 191
hydrofoob, -fiel 100
- sonde 76
hyperparasieten 14
hypolimnion 101, 102, 103

Imbibitiewater 43
immigratie 161
indicator-organismen 108
infiltratiecapaciteit 45, 73
insekten 40, 41
insektivoren 16
instabiliteit 220
integrale telling 163
interspecifiek 161
intraspecifieke concurrentie 179
intrazonale bodem 48
invasie 161
inventarisatie 272

Jaarklasse 159
J-curve 162
jodium 261

Kaliumdichromaat 210
kalkgehalte 63
-mijdend 87
-minnend 87
kannibalisme 161
katteklei 63
kensoorten 166
kerncentrale 218
kiemgetal 146, 168
kiemingspercentage 248, 250
kiemv'nj 255
kiezelwieren 39
klei 31, 32, 33, 35, 48, 49, 62, 63
kleigrond, lichte 32
-, middelzware 32
-, zware 32
kleimineralen 30
kluitstructuur 33
knikklei 63
knipklei 63
knipkleibodem 33
komkleibodem 33
koolstofdioxideassimilatie 7
koolstof kring loop 182
koolstofmonoxide 244

korrelstructuur 33
korstmos 244
kringloop 16, 96, 179, 180, 233
kruiden 35
kruidelstructuur 33, 37, 67
kruidelvormig 33
kwadranten-methode 272
kwik 228

Landbouw 215, 229
latent 25
latentiegrens 24
leem 31, 32, 55
leghaemoglobine 210
Leguminosae 186, 207
lethaalgrens 24
levendbarendheid 159
levensgemeenschap 12, 16, 17, 18, 20
limnetisch 167
litoraal 106, 107
litorale zone 167
lood 216, 228
löss 32
luchtgehalte 68
-verontreiniging 223
-volume 70
lutum 31, 32, 34, 35

Maaiveld 46
macrobiota 37,41
massaeffect 165
menselijk beheer 167
MER 231
meromictisch meer 102
mesobiota 37, 39, 94
mesohalien 105
mesosaproob 107, 109
mesotroof 108
metalen 220
metalimnion 102, 103
methaan 195, 196, 197
-bacteriën 218
-gisting 195, 197
-gistingsinstallatie 199
-vormers 195
Methanobacterium barkeri 196
-omelianskii 196
-ruminantium 197
-thermoautotrophicum 196
methanogenese 197
methylotrophe bacteriën 195
microbiota 37, 90
microklimaat 165
microsuccessie 174
migratie 161
mijten 40
miljoenpotigen 40, 41
mineralen 29
mineralisatie 34, 36, 182, 190, 233
moder 34
mol 42
molybdeen 207, 210
monofaag 16
monomictisch meer 102
monsterflesje 153, 154
monstername 164
monsterpijp 71
monsterring 69

morfometrische systeem 47
mortaliteit 157, 158, 160, 161
muis 42
multodisk 239
mutageen 227, 228
mutualisme 209, 222
mycorrhiza 38, 39

Nataliteit 157, 158, 159, 161
natuurlijk evenwicht 162, 168, 215
natuurrramp 168
natuurreservaat 233
natuurwandeling 272
neerslag 97, 99
nematoden 39, 95
nestbouw 159
netto-reproductiefactor 162
niche 8, 12, 13, 16, 20, 166, 215
nitraat 218
nitraat-ammonificatie 186
nitrificatie 185, 204, 205, 207
N-oxiden 228
nulpuntstrilling 22

Oerbos 17
oevervegetatie 166
oeverzone 106
oligohalieren 105
oligomictisch meer 102
oligosaproob 107, 109
oligotroof 106, 107, 108
omgekeerde piramide 13
omnivoren 16
ondervoeding 226
onderwijs 232
ontbossing 220
ontsmettingsmiddel 237
open-capillairezone 45, 46
openwaterzone 106
oplosbaarheid 99, 102
oppervlaktenspanning 99, 100, 131, 254
oppervlaktewater 119
optimum 22, 160
oude grond 55
overvoeding 227
oxibionten 37
oxibiose 204
oxidatiebedden 121

Parasieten 14, 16, 37, 38, 39, 161, 162, 218, 222
parasitisme 161
pasteurisatie 259
pathogenen 218, 234, 235, 259
pectine 192
pelagiaal 106, 107
penicilline 239
permanente hardheid 104, 134
persistentie 218, 227, 228
pF 44, 45
pH 80, 81, 82, 85, 104, 142, 235
pH-H₂O 80
pH-KCl 80
pH-tolerantie 142
pikklei 63
pionier 17, 165, 166

pioniergezelschap 165, 166
pipetten-sterilisatiekoker 258
piramide van aantallen 13, 14, 15
-van biomassa 13, 15, 18, 217
-van energie 13, 15, 18
pissebed 41
plaag 168, 222
plaatstructuur 33
plankton 151, 152
plantengezelschap 167
podzolbodem 48, 52
polyhalien 105
polymictisch meer 102
polysaproob 107, 109
populatie 16, 157, 159, 160, 173, 220, 229
populatie-dichtheid 163
populatie-groei 162, 168, 172, 229
populatie-grootte 164, 166
poriën 43, 45, 46, 47, 96
poriënvolume 70
porositeit 33
predatie 162
predatoren 36, 162
primaire kristallijne bestanddelen 29
primaire mineralen 30
prismastructuur 33
producent 12, 13, 18, 145, 155, 180, 182
profiel 50
profundaal 106
profundale zone 167
protozoa 38
purper-zwavelbacteriën 213

Q₁₀ 22, 87
quotientmethode 108

Ra
iatie 22, 23
radioactief strontium 217
radioactiviteit 228
ras 216
rat 42
red desert 220
reducent 15, 179, 180, 182, 233
reductie 44, 233
regenworm 96
reincultuur 270
religie 231
rente 231
reproductiecapaciteit 158
resistentie 160, 232
Rhizobium 209, 210
rhizothamnium 209
Rijnvervuiling 231
rivierklei 55, 63
roodwieren 39
rotten 192
rotting 185
ruminantia 197
ruwe humus 34

Saliniteit 104
saprobie-bepaling 109
saprophyten 38, 182, 209
saproelium 166

schaarste 161
S-curve 162, 169
Secchi-schijf 106, 129, 130
secundair gevormde mineralen 30
sedimentatie 30
sex-ratio 159
sibling species 8
silt 31, 32
skelet 31
slempige klei 33
slibanalyse 31
smog 216
SO₂ 216, 228
soortelijke warmte 99
soortenarmoede 222
specialisatie 8, 12, 215
specifiek 161
spore 37, 38
springstaarten 40
spronglaag 102
stabiele humus 34
- structuur 33
- vorm 24
stationaire fase 170
statische cultuur 169
steekenting 269
stenohalieren 20, 160
stenotherm 24, 160
sterftecijfer 157
sterilisatie 255
stikstofbinding 186
- dioxide 216
- kringloop 185, 187
stof 31
stofklassen 34, 35
stoomsterilisatie 256
straalschimmels 37, 38
straling 22
stress 161, 228
stroming 22, 100
strontium, radioactief 217
stroomsnelheid 127, 128 s
troperij 229
structuur 33
subclimax 167
sublumaat 260
sublumaatoplossing 201
successie 17, 164, 165, 166, 167, 174, 175, 176, 220
symbionten 38, 161, 209, 222
symbiose 38, 186, 209, 210
synergisme 230

Tandbederf 222
temperatuur 22, 24, 25, 26
- profilering 101
- sprong 102
- stratificatie 101
tensiden 254
teratogeen 227, 228
textuur 30, 31, 46, 65
thanatocoenose 279
thermische verontreiniging 218
thermocline 102
thermosonde 25, 26, 27
tienprocent-wet 15
tijdelijke hardheid 104, 134
toelaatbare doses 227
toerisme 232

tolerantie 17, 21, 159, 160, 166
tolerantiegrenzen 20, 160, 161, 244
totale alkaliniteit 104
- hardheid 104, 134
transektmethode 273
transmissie 105
trofie-bepaling 108
trophogene zone 106, 107
tropholytische zone 106,107

Ubiquisten 17
uitkoken 259
urbanisatie 229
urease 202
ureum 185,202

Vaagbodem 48
vaaggrond 53, 54, 55
vector 161, 222
veen 34, 35, 142
-bodem 48
-grond 29, 51
-mos 166
-vorming 34
veeteelt 215, 229
vegetatiekaart 273, 274
veldcapaciteit 44, 46, 68, 70
veldonderzoek 273
ventilatie 71, 72
verdamping 22
verdampingswarmte 99
verlanding 167
verontreiniging 142, 144
verspreidingsgebied 17
verturving 35

verveningsproces 166
vervuiling 107
verwelkingspunt 44
verwoestijning 229
virussen 37
viscositeit 99
vochtgehalte 68, 69, 70
voedsekoncurrentie 12
-gebrek 162
-keten 13, 18, 20, 36, 180, 215, 216, 217, 227
-net 36
-productie 229
-web 13, 14
vol-capillairezone 45,46
vuilverbranding 253

Waddenzee 231
wankel structuur 33
water 97, 98, 99, 100,102, 103, 104, 105, 106, 107, 118, 119, 180
-cyclus 181
-kwaliteit 119
-kwaliteitsbeheer 119
-mijnbouw 118
-monster 124
-typen 105
-zuivering, anaëroob 122
-zuiveringsinstallatie 119, 121
waterstofbrug 98
wecken 259
wetenschap 232
wierzonering 106
winst 230
winterstagnatie 101, 102
woestijnkleur 106

worm 41, 42
wortelharen 45, 87, 210
wortelknolletjes 209, 210

Xenobiotica 227
xenosaproob 107
xerogronde 53

IJzer 207, 210

Zandbodem 31, 32, 33, 34, 35, 51
zavelgrond 32, 33
zeefanalyse 31
zeeklei 54, 57
zelfreinigend vermogen 103, 119, 228
zichtdiepte 106, 130
zomerstagnatie 101, 102
zonale bodem 48
zonaliteitsprincipe 47
zoutgehalte 99, 105, 135, 136
zuurbindend vermogen 107, 142
zuurgraad 245
zuurstof balans 103
-gehalte 137, 138
-kringloop 184
zware kleigrond 32
zwavelbacteriën 213
zwaveldioxide 216, 245
zwavel-kringloop 190
zwaveltrioxide 245
zwavelwaterstofgas 213
zweelwater 43