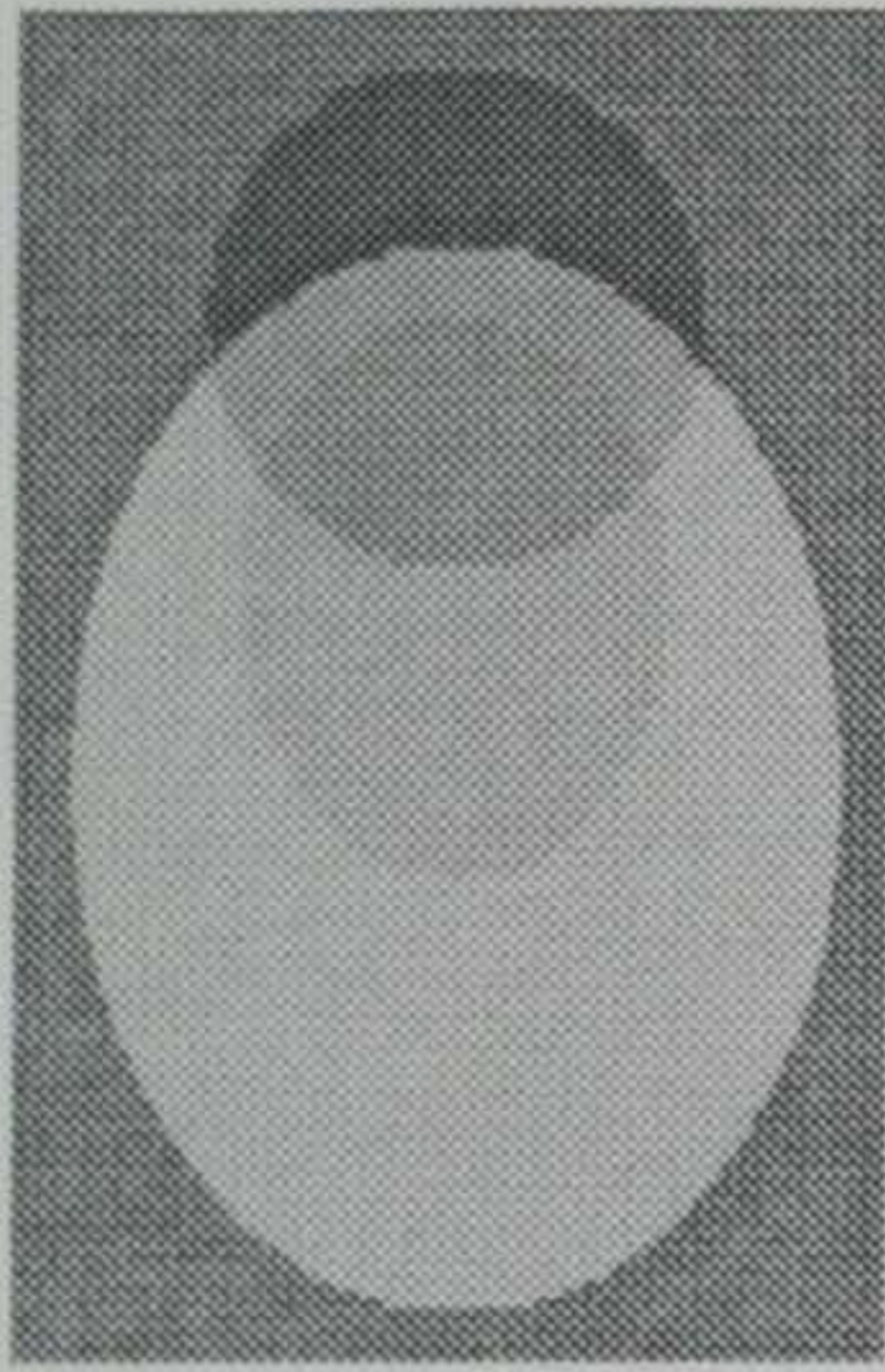
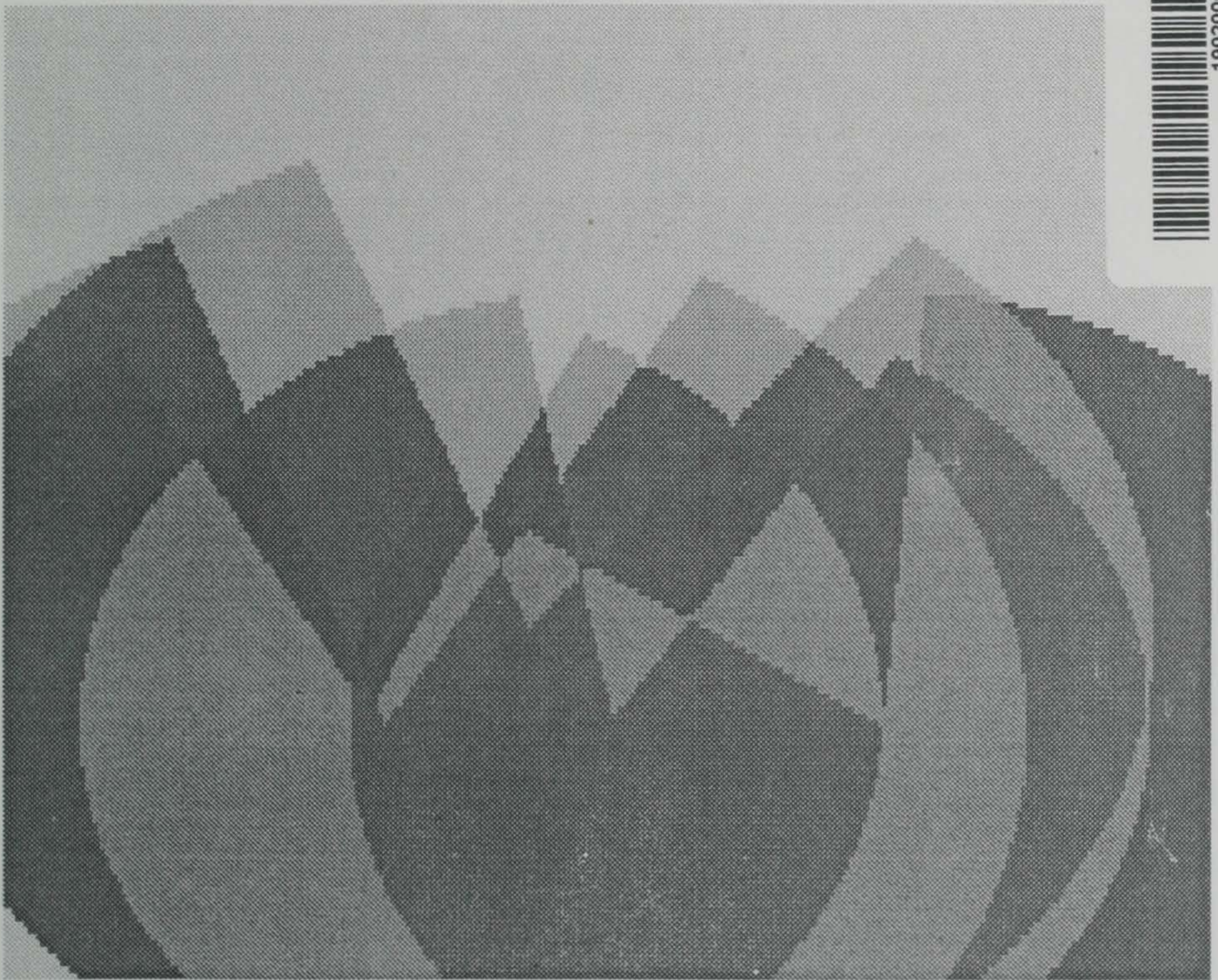


Monografieën Milieuplanning/SOM 21



# Abiotische Variatie

Drs. Riet M.J. Moens



Technische Universiteit Delft Faculteit Bouwkunde Vakgroep Stedebouw Werkverband Ruimtelijke Planning Leerstoel

Technische ecologie & Milieuplanning

# Abiotische variatie

Monografieën milieuplanning/SOM nr. 21

Drs. Riet M.J. Moens

17 November 1994

2.2 Variatie	9
2.3 Sedimentatie	10
2.4 Osmose	11
2.5 Diffusie	11
2.6 Verdamping	12
3 VARIATIE IN DE TOEGANG VAN WATER	13
3.1 Overstromingen	13
3.2 Droogte	13
3.3 Sneeuwafsmelting	13
3.4 Condensatie	16
3.5 Infiltratie	16
4 VARIATIE IN DE TOEGANG VAN ZOUT	17
4.1 Infiltratie	17
4.2 Verdamping	17
4.3 Infiltratie van zoutwater	17
4.3.1 Infiltratie	19
4.3.2 Verdamping	20
4.3.3 Infiltratie van zoutwater	25
4.3.4 Verdamping van zoutwater	26
5 VARIATIE IN DE TOEGANG VAN NUTSTOFFEN	40
5.1 Overstromingen	40
5.2 Landbouw	40
5.2.1 Landbouw op de zee	47
5.2.2 Land	48
5.3 Landbouw op de rivieren	51
5.4 Landbouw op de zee	51
5.4.1 Landbouw op de zee	52
5.4.2 Landbouw op de rivieren	54
5.5 Landbouw op de rivieren	59
5.5.1 Landbouw	59
5.5.2 Landbouw op de rivieren	60
5.5.3 Landbouw op de zee	70
5.6 Landbouw op de rivieren	72
6 AANSLUITING	76
7 INDEX	77

Abiotische Variabilität

Monographische Mitteilungen des ZIM Nr. 21

Dr. R. M. M. M.

17. November 1994

# INHOUD

1 INLEIDING .....	7
2 VARIATIE GEMETEN IN MICROMETERS .....	9
2.1 Chemische samenstelling van de aardkorst .....	9
2.2 Verwerking .....	9
2.3 Sedimenten .....	10
2.4 Grond .....	11
2.5 Herkennen van de fracties .....	11
2.6 Naamgeving van de gronden .....	12
3 VARIATIE GEMETEN IN MILLIMETERS .....	13
3.1 Bodemstructuur .....	13
3.2 Structuurvormen .....	13
3.3 Bodemprofiel .....	13
3.4 Grondwater .....	16
3.5 Bodemdifferentiatie .....	16
4 VARIATIE GEMETEN IN METERS .....	17
4.1 Bodemeenheid .....	17
4.2 Bodemgroep .....	17
4.3 Bodemkundige landschappen .....	17
4.3.1 Kleigronden .....	19
4.3.2 Zandgronden .....	26
4.3.3 Leemgronden .....	35
4.3.4 Veengronden en veenontginningsgronden .....	36
5 VARIATIE GEMETEN IN KILOMETERS .....	43
5.1 Geomorfolologische landschappen .....	43
5.2 Landvormen ontstaan door de zee .....	46
5.2.1 Waterbewegingen in de zee .....	47
5.2.2 Kust .....	48
5.3 Landvormen ontstaan onder invloed van rivieren .....	55
5.4 Landvormen ontstaan onder invloed van het ijs .....	61
5.4.1 Gletsjers en landijs .....	62
5.4.2 Periglaciale verschijnselen .....	64
5.4.3 De ijstijden .....	67
5.5 Landvormen ontstaan onder invloed van de wind .....	69
5.5.1 Winderosie .....	69
5.5.2 Windtransport of eolisch transport .....	69
5.5.3 Eolische accumulatie of afzetting .....	70
5.6 Landvormen ontstaan onder invloed van hellingprocessen .....	72
AANTEKENINGEN .....	76
INDEX .....	77



## 1 INLEIDING

Onze ruimtelijke kennis reikt van de verst afgelegen galaxieën tot de bouwstenen van kerndeeltjes. Het omvat daarmee 42 decimalen van  $10^{25}$  t/m  $10^{-16}$  meter.

Representatieve patronen op elk *schaalniveau* worden per decimaal getoond in de film: "The powers of ten" en het boek: "De machten van tien" (Morrison & Morrison, 1985). De reeks vertoont van  $10^{25}$  tot  $10^9$  alleen stippenpatronen (sterren), dan komt de aarde in zicht. Van  $10^8$  tot  $10^{-8}$  volgen zeer uitgesproken vormen met relatief weinig herhalingen, maar van  $10^{-9}$  tot  $10^{-16}$  zijn het weer duizendvoudig gehaalde stippen, bollen, wolken, nevels en krachtvelden.

Het kleinste abiotische element is het molecuul van waterstof  $H_2$  en het grootste is het heelal. Ter vergelijking: het kleinste levensverschijnsel is het *virus* ( $10^{-7}$  meter) en het grootste levensverschijnsel zou volgens de *Gaia-hypothese* de aarde (10.000 km) zijn. Deze Gaia-hypothese wordt in het kader van dit dictaat niet verder besproken.

De voorwaarde voor het ontstaan van het leven is enerzijds de aanwezigheid van vaste (abiotische) stof en anderzijds de aanwezigheid van water. De afstand van de aarde tot de zon is bepalend voor de temperatuur op aarde en bovendien is deze afstand juist groot genoeg om het water vloeibaar te houden.

Met het vloeibare *water* heeft het leven op aarde een chemisch wondermiddel ter beschikking evenals een voortreffelijk transport- en regulatiemiddel. Waar het te warm is verdampt het water, waar het te koud is staat het zijn condensatiewarmte weer af: met andere woorden het gaat regenen of sneeuwen. Op mondiaal niveau ontstaan onder invloed van de zon in de atmosfeer luchtstromen van de warme tropen naar de koude polen: de zogenaamde *grote circulatie*. Door verschillen in land en water en de draaiing van de aarde is deze circulatie in werkelijkheid heel wat ingewikkelder. Onder invloed van temperatuurverschillen tussen pool en evenaar ontstaat eveneens in de oceanen een warmtetransport van evenaar naar polen: de *warme golfstroom*.

Afgezien van de voorwaarden gegeven door licht, temperatuur en water, kunnen wij onze gezichtskring beperken tot de 15 decimalen van de aarde.

De volgende lijst geeft voorbeelden van abiotische en biotische eenheden op deze schaalniveaus:

### 2.2 Verwerking

Het grootste voorbeeld, wanneer de zon de oppervlakte komt onder invloed van water en  
zand of na "grind". Deze de zandstrand en voortdurend water wordt het materiaal van  
langt gelegen plaatsen van lang geleden bekende verplaatsen van deze in miljoenen tot  
kilometers dikke lagen. Hetzelfde kan te zien in miljoenen jaren.  
En worden die vreesachtig worden verplaatst onder de zand.

Synchrone verwerking

Chronische verwerking

Diffractie verwerking

## INLEIDING

grootte-orde	abiotisch	biotisch	aantal
			per g grond
0,1	<i>molecuul</i>	virus	
1	<i>kleideeltje &lt; 2</i>	bacteriën	80.000.000
10	<i>silt 2-50</i>	eencellige dieren	1.500.000
100, micrometer	<i>fijn zand 50-210</i>	schimmels	1.000.000
			per ha grond
1	<i>grof zand 0,21-2 mm</i>	insecten	20.000.000
10	<i>grind</i>	wormen	1.000.000
100	<i>grof grind</i>	gewervelden	
1000, millimeter	<i>bodemstructuur</i> <i>bodemprofiel</i>		
10	<i>bodemeenheid</i>	<i>niche</i>	
100	<i>bodemgroep</i>	<i>ecosysteem</i>	
1000, meter	<i>bodemkundig landschap</i>	<i>planten</i>	
10	<i>geomorfologische eenheid</i>	<i>plantengemeenschap</i>	
100	<i>afwateringsgebied</i>	<i>plantengeografisch district</i>	
1000	<i>continent</i>	<i>floragebied / biomen</i>	
10000, kilometer	<i>aarde</i>	<i>florarijk</i>	

Volgens dit schema kan de variatie in vier *schaalgroepen* in gedeeld worden: de variatie binnen de micrometer, de millimeter, de meter en de kilometer.

## 2 VARIATIE GEMETEN IN MICROMETERS

Variatie van de korrel.

### 2.1 Chemische samenstelling van de aardkorst

Als in het afkoelende magma de eerste kristallen zich vormen, is de samenstelling van de restvloeistof veranderd. De eerste mineralen bevatten relatief veel  $AlO_4$ -tetraeders. Bij voortgaande afkoeling ontstaan mineralen met naar verhouding meer  $SiO_4$ -tetraeders. Het is duidelijk, dat de overal uitkristalliserende mineralen elkaar zullen beletten hun eigen vorm aan te nemen. Daarom zullen er in dieptegesteente nooit prachtige grote kristallen te vinden zijn. Herkenning van de samenstelling van het gesteente wordt met behulp van een microscoop gedaan.

Van de vele bekende mineralen worden er maar betrekkelijk weinig als stollingsgesteente in de diepte gevormd. De voornaamste mineralen uit het stollingsgesteente zijn:

<i>veldspaat</i>	59,5%
<i>amfibool / pyroxeen</i>	16,8%
<i>kwarts</i>	12,0%
<i>mica</i>	3,8%
overige mineralen	7,9%

Veldspaten zijn o.a. *orthoklaas*, *plagioklaas*, *oligoklaas*; zij bevatten de volgende elementen:  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ , Ca, Na, K, CaO,  $Na_2O$ ,  $K_2O$ .

Amfibolen zijn o.a. *hoornblend*, *olivijn*, *peridoot*; zij bevatten de volgende elementen: Mg, Fe, Ca,  $AlO_4$ ,  $SiO_4$ , OH

Pyroxenen zijn o.a. *augiet*, *hypersteen*, *diopsiet*; zij bevatten dezelfde elementen als de amfibolen met uitzondering van OH.

Mica's zijn o.a. *biotiet* en *muscoviet*; zij vormen plaatjes, die voornamelijk uit  $SiO_4$ -,  $AlO_4$ - en  $FeO_4$  tetraeders bestaan.

Deze samenstelling bepaalt in belangrijke mate eveneens de chemische samenstelling van de bodem.

### 2.2 Verwerking

Het gesteente verweert, wanneer het aan de oppervlakte komt onder invloed van water en zuurstof tot "*grond*". Door de zwaartekracht en voornamelijk water wordt dit materiaal van hoger gelegen plaatsen naar lager gelegen bekkens verplaatst om daar te sedimenteren tot kilometers dikke lagen. Nederland ligt in zo'n *sedimentatiebekken*.

Er worden drie verschillende soorten verwerkingen onderscheiden:

fysische verwerking

chemische verwerking

biologische verwerking



Door de *fysische verwerking* worden de vaste gesteenten, die aan het aardoppervlak liggen mechanisch verkleind. Hierbij vindt geen verandering in chemische samenstelling plaats! Het losse materiaal, dat zo ontstaat, bedekt in een laag het oorspronkelijke gesteente. Fysische verwerking vindt plaats onder invloed van temperatuur, water en/of wind. De processen, die hierbij horen zijn *uitzetten* en *krimpen*, *oplossen*, *zwellen* en *krimpen* en *schuren*.

Wanneer het gesteente een maal in kleinere fragmenten—waardoor het totale oppervlak is vergroot—is uiteengevallen, wordt de *chemische verwerking* belangrijker. Onder invloed van water, zuurstof en zuren, zoals koolzuur en organische bodemzuren, worden talrijke mineralen aangetast en omgezet tot nieuwe mineralen.

De *biologische verwerking* kan van fysische of chemische aard zijn. Door wortelgroei splijt het gesteente. Onder invloed van schimmels en bacteriën komen uit organisch materiaal stoffen vrij zoals zuren en CO<sub>2</sub>, die verschillende reacties in de bodem veroorzaken.

### 2.3 Sedimenten

Zoals boven reeds vermeld is, wordt verweerd materiaal van hoger gelegen gebieden naar lager gelegen gebieden getransporteerd. Het transportmiddel kan ijs, stromend water of lucht (wind).

In Nederland is het losse materiaal op verschillende wijze en in verschillende periodes aangevoerd.

- door de rivieren vanuit omringende landen
- door zeestromingen langs de kust
- door de wind weggeblazen uit streken met veel los materiaal zoals de drooggevallen Noordzee en de uitgestrekte riviervlaktes tijdens droge vrijwel vegetatieloze periodes van de ijstijden
- door ijs vanuit Skandinavie gedurende de voorlaatste ijstijd.

In het algemeen vertonen de *sedimenten* ten gevolge van de wijze van afzetten een gelaagdheid en een gesorteerdheid van materiaal.

Afzettingen door water vertonen over het algemeen een gelaagdheid, terwijl de laagjes zelf een vrij homogene korrelgrootte—samenstelling hebben.

Windafzettingen zijn, wanneer het vervoer over grote afstand heeft plaats gevonden uniform van samenstelling. *Löss* heeft een korrelgrootte van 0,05–0,075 mm en dekzand van 0,075–0,15 mm. Deze afzettingen vormen geen gelaagdheid binnen het pakket.

Wanneer het vervoer echter over korte afstand heeft plaats gevonden, zoals bij duinvorming en in zandverstuivingsgebieden, vindt men een kriskrasgelaagdheid en is de uniformiteit in korrelgrootte ook geringer ten gevolge van schommelingen in windsnelheid.

Ijsafzettingen, zoals de *keileem* in Noord en Oost Nederland vertonen geen enkele gelaagdheid en zijn ook niet bepaald gesorteerd (grote keien in leem)

## VARIATIE GEMETEN IN MICROMETERS

---

Naast elkaar werken er aan het aardoppervlak twee processen. Naast het *verweringsproces*, dat van onder naar boven gaat, vindt het *bodemvormingsproces* in verweerd los materiaal plaats. Kenmerkend voor dit proces is, dat het van boven naar beneden gaat onder invloed van water en plantengroei.

### 2.4 Grond

*Grondsoorten* worden in eerste instantie naar hun korrelgrootte benoemd:

(groot rotsblok	
klein rotsblok	
grote steen	
kleine steen)	
<i>grof grind</i>	
<i>fijn grind</i>	
<i>grof zand</i>	2000 – 210 $\mu$
<i>fijn zand</i>	210 – 50 $\mu$
<i>leem / silt</i>	50 – 2 $\mu$
<i>klei</i>	< 2 $\mu$

De kleinere fracties kunnen door verschillende bezinkingssnelheid in water vastgesteld worden. De verschillende fracties bezinken in water langzamer naarmate zij kleiner zijn, omdat hun soortelijk oppervlak groter is. De zandfractie bezinkt in een normaal glas water na ongeveer 1 minuut, de siltfractie na ongeveer 12 uur en de kleifracctie doet er nog veel langer over.

Het oppervlak van de deeltjes per kg droge stof is voor zand 10 m<sup>2</sup>, voor silt 100 m<sup>2</sup> en voor klei 1000 m<sup>2</sup>. De grootte van het oppervlak is van belang voor de opname capaciteit van de gronddeeltjes van enerzijds voedingsstoffen, maar anderzijds ook van verontreinigingen. De zandfractie houdt nauwelijks water en voedingsstoffen vast, de siltfractie houdt het water redelijk vast, maar nauwelijks voedingsstoffen, terwijl de kleifracctie zowel het water als de voedingsstoffen goed kan vasthouden en niet te vergeten verontreinigingen.

### 2.5 Herkennen van de fracties

Herkennen in het terrein van de verschillende fracties kan aan de hand van begroeiing. Zo is *klein hoefblad* indicator voor een relatief hoog gehalte aan *afslibbare delen*. Wanneer men een hoeveelheid grond in de hand neemt en dat in de handpalm goed uitwrijft, blijft er in de groeven van de hand stof achter, indien er fijne deeltjes in de grond aanwezig zijn. Löss voelt in droge vorm aan als meel. Zand spreekt natuurlijk voor zich. Enzovoort.

## VARIATIE GEMETEN IN MICROMETERS

### 2.6 Naamgeving van de gronden

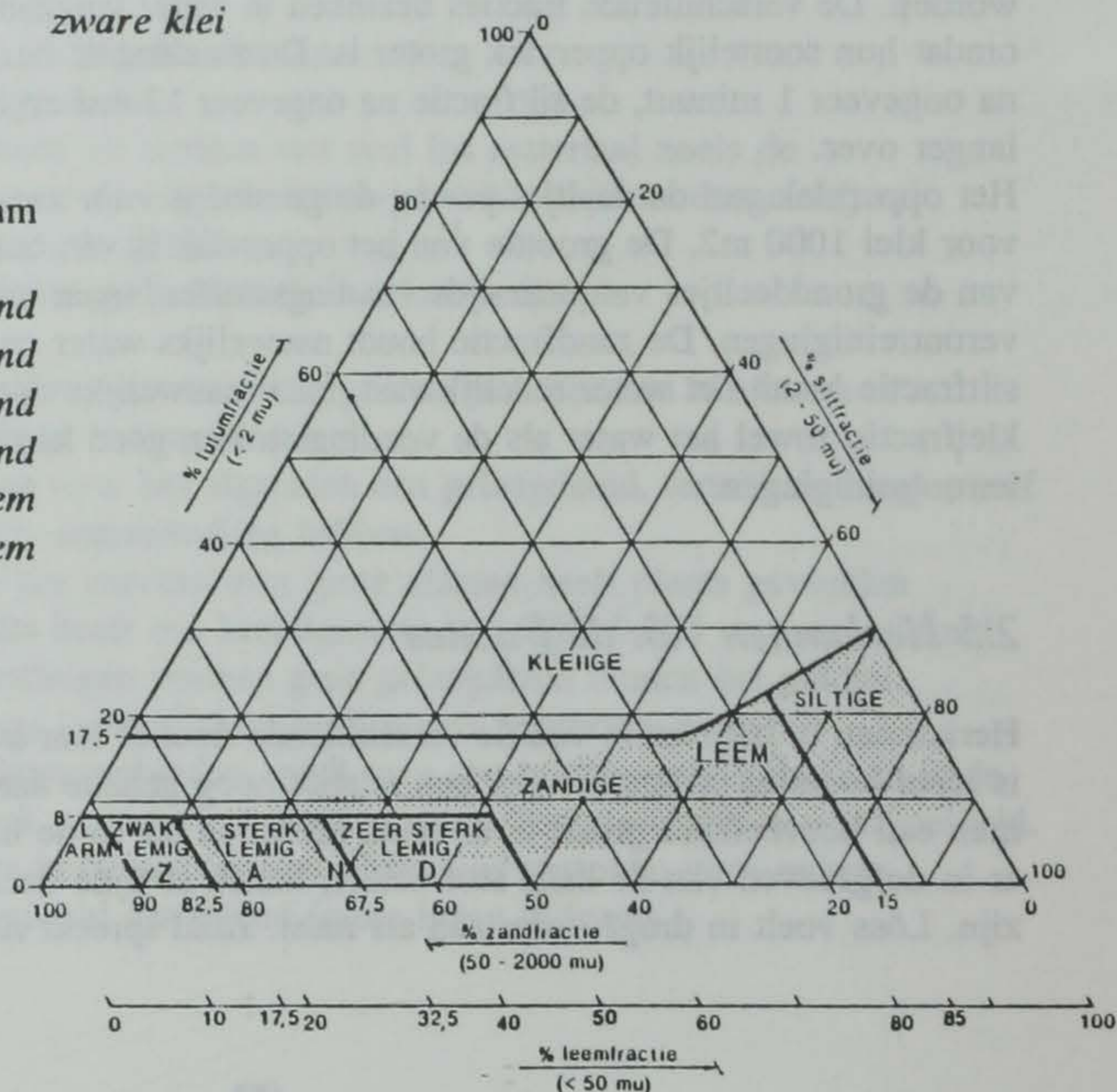
Niets is zo ingewikkeld in de bodemkunde als de naam van een grond. Er wordt onderscheid gemaakt tussen kleigronden en zandgronden. Deze namen op zich omvatten al een heel scala van korrelgroottes. En nu juist de verdeling van korrelgroottes in een grond bepaalt de naam. Zo bestaat een kleigrond volgens de huidige indeling uit ten minste 8 % klei of *lutum* en ruim 10 % afslibbaar materiaal (=klei + leem/silt); de rest van de kleigrond is zand. *Klei* en *kleigrond* is niet hetzelfde! *Klei* is of de fractie of het mineraal, terwijl *kleigrond* de grondsoort is. *Zandgrond* bestaat voor het grootste gedeelte uit deeltjes groter dan 50  $\mu$ .

#### Onderverdeling kleigronden

% klei	% afslibbaar	naam
0-5	0-6,5	<i>kleiarm zand</i>
5-8	6,5-10	<i>kleilig zand</i>
8-12	10-16	<i>zeer lichte zavel</i>
12-17,5	16-23	<i>matig lichte zavel</i>
17,5-25	23-33	<i>zware zavel</i>
25-35	33-45	<i>lichte klei</i>
>35	>45	<i>zware klei</i>

#### Onderverdeling zandgronden

% leem	naam
0-10	<i>leemarm zand</i>
10-17,5	<i>zwak lemig zand</i>
17,5-32,5	<i>sterk lemig zand</i>
32,5-50	<i>zeer sterk lemig zand</i>
50-85	<i>zandige leem</i>
85-100	<i>siltige leem</i>



## 3 VARIATIE GEMETEN IN MILLIMETERS

### 3.1 Bodemstructuur

De *bodemstructuur* wordt bepaald door de onderlinge rangschikking en de binding van de gronddeeltjes. Enerzijds gaat het om de ligging van de bodemdeeltjes ten opzichte van elkaar en de daardoor ontstane holten en anderzijds om de binding tussen de deeltjes met ander woorden de constructie.

De structuur van een grond is van belang wat betreft de aanwezigheid van poriën en holten, waarin lucht, water, wortels en verontreiniging kan zitten. De grovere poriën zorgen voor afvoer van overtollig water.

### 3.2 Structuurvormen

Er wordt een onderscheid in verschillende structuurvormen gemaakt, die ook voor het bouwrijpmaken van een terrein van belang zijn. De volgende structuren komen voor

- *kruimelstructuur*
- *kluitstructuur*
- *prismastructuur*
- *platigestructuur*
- *korrelstructuur*
- (*sponsstructuur* / *betonstructuur*)

Kruimel- en kleistructuren zijn vooral landbouwkundig van belang. Prisma- en platige structuur kan voor een heleboel wateroverlast zorgen; bij deze structuren ontstaan makkelijk voor water ondoordringbare lagen. Deze lagen kunnen zowel aan de oppervlakte als dieper in de grond liggen. Korrelstructuur wordt veel in zandgronden aangetroffen; wanneer deze structuur aan de oppervlakte ligt zonder begroeiing betekent het, dat deze grond bij wind gemakkelijk gaat stuiven met alle bijbehorende consequenties voor de omgeving. Tevens slaan of slempen deze gronden bij zware regenval makkelijk dicht; hetgeen betekent, dat er plassen blijven bestaan.

De slechtere structuren ontstaan vaak door het veelvuldig berijden van de grond en opslag van materiaal ter plaatse, wat nog al eens in de bouwfase voorkomt.

Zoals uit de tekst hierboven al blijkt, beïnvloedt de structuur in sterke mate het gedrag van het water in de bodem. Bij platige structuren kan het water niet of slechts moeizaam afgevoerd worden, terwijl bij andere structuren het water gelijkmatiger wordt afgevoerd.

### 3.3 Bodemprofiel

Wanneer er eenmaal afzonderlijk gronddeeltjes aanwezig zijn, zullen deze onder invloed van water en begroeiing verandering ondergaan. Er vinden verschillende processen plaats, die bijdragen tot bodemvorming en de vorming van een *bodemprofiel*. Deze processen

## VARIATIE GEMETEN IN MILLIMETERS

---

vinden onder invloed van de zwaartekracht van boven naar beneden plaats. De volgende processen zijn van belang:

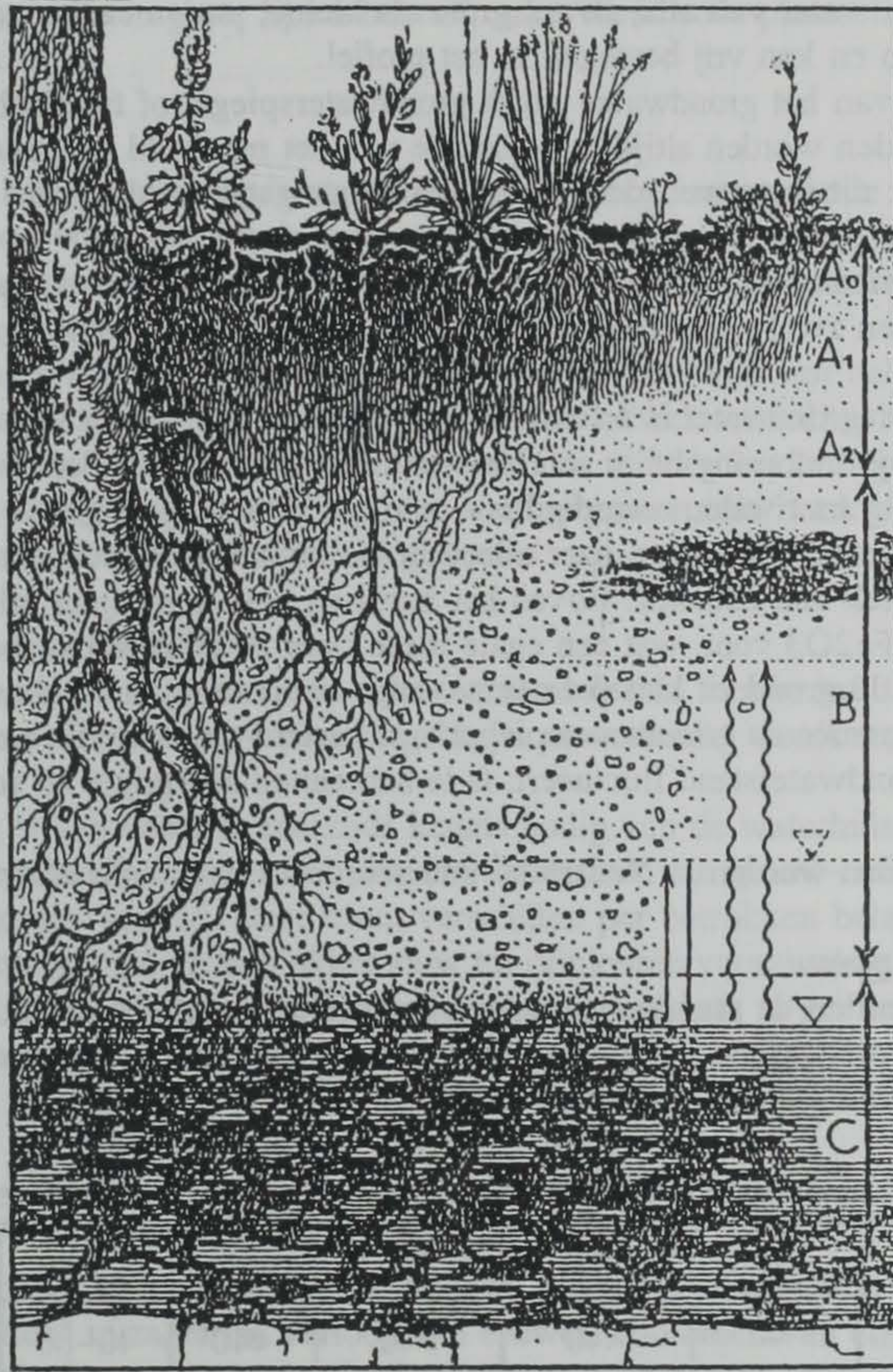
- aanvoer en afvoer van water (*in- en uitspoeling*); *heterogenisatie*
- aanvoer en omzetting van organisch materiaal
- *homogenisatie* door mens, plant en dier
- *oxidatie* en *reductie* (voornamelijk omzetting van ijzer)
- *rijping* (onttrekking van bijvoorbeeld water uit pas opgespoten grond)

Het gevolg van deze processen is een *gelaagdheid*, die oorspronkelijk ontbrak. De lagen, *bodemhorizonten* genaamd, verschillen onderling in samenstelling en eigenschappen en vormen tezamen het bodemprofiel. Door bodemkundigen worden de horizonten in het profiel aangeduid met letters. De volgende indeling wordt daarbij gebruikt.

- A1 donker gekleurde laag, waarin organische stof is opgehoopt
- A2 laag, waar *uitspoeling* heeft plaats gevonden; meestal lichter van kleur dan A1 tot asgrijs (*podzol*) toe uitspoeling bestaat uit organisch materiaal en/of mineralen, zoals kalk, ijzer, aluminium en slib
- B *inspoelingslaag*; donker tot zwart van kleur inspoeling van onder A2 genoemde stoffen
- C het niet veranderde uitgangsmateriaal ook wel *moedermateriaal* genoemd
- G het begin van de gereduceerde laag; dit is de laag, waarin het grondwater zit; deze laag kan in elke horizont beginnen, bijvoorbeeld A2G en BG de gereduceerde laag is te herkennen aan een blauwgrijze kleur, die door de gereduceerde vorm van ijzer ontstaat; de overgang wordt *grondwaterspiegel* genoemd. Boven het grondwater, vertoont het profiel eerst een afwisseling van roest en grijzevlekken en daarboven een egale roestkleur. (NB deze kleuren komen alleen voor in bodems met ijzer). Alle bodemhorizonten zijn in principe in elk bodemprofiel aanwezig, maar vaak door een te korte periode van bodemvorming nog niet als zodanig herkenbaar. Dit geldt in sterke mate voor de Nederlandse situatie.

N.B. De verwerking van de gronddeeltjes en vast moedermateriaal gaat tijdens de *pedogenese* of bodemvorming door. Hierdoor komen langzaam plantenvoedende stoffen en mineralen vrij.

BODEMPROFIEL



Kruedener, 1951, Ingenieur-biologie

### 3.4 Water in de grond\grondwater

Het water in de grond komt in verschillende vormen voor. We maken een onderscheid tussen:

**grondwater:** dit water vult alle, zowel grote als kleine, poriën en gangen tussen de gronddeeltjes op en kan vrij bewegen in het profiel.

De bovengrens van het grondwater wordt grondwaterspiegel of freatisch vlak genoemd. Grondwaterstanden worden altijd ten opzichte van het maaiveld aangegeven.

**capillair water:** dit water vult de fijne poriën en gangetjes in de grond op en kan niet vrij bewegen in de grond.

**Zwel- en adhesiewater:** dit is water in en rond de vaste bodemdeeltjes.

Capillair water en zwel- en adhesiewater wordt ook wel bodemvocht genoemd.

Het nivo van het grondwater is op eenvoudige wijze in een terrein vast te stellen met behulp van een grondboring of in een bouwput. De grond, die onder de grondwaterspiegel ligt –dus volledig met water verzadigd is– is in Nederland egaal grijs van kleur, doordat het altijd in de grond aanwezige ijzer alleen in tweewaardige oxydevorm FeO aanwezig kan zijn bij gebrek aan zuurstof. Boven het freatisch vlak komt ijzer alleen volledig geoxydeerd als Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> voor, wat een egale roest kleur in de grond veroorzaakt. Wanneer er geen ijzer in de grond zit kan deze eenvoudige herkenning niet plaats vinden en moet op een andere manier de grondwaterspiegel vast gesteld worden. Het traject in de bodem, waarover de grondwaterstand fluctueert, is te herkennen aan grijze en roestkleurige vlekken.

Grondwaterstanden worden in Nederland onderverdeeld in grondwatertrappen.

#### Grondwatertrappen.

In Nederland worden de grondwaterstanden ingedeeld in een zevental klassen, waarin de diepte van de grondwaterstanden opzichte van het maaiveld bij een gemiddeld hoogste stand en gemiddeld laagste stand verwerkt is.

Hoofdindeling van de grondwatertrappen

Gt	I	II	III	IV	V	VI	VII
GHG	-	-	<40	>40	<40	40-80	>80
GLG	<50	50-80	80-120	80-120	>120	>120	>120

N.B. grondwaterstand in cm's beneden maaiveld.

De grondwaterstand wordt door het jaar heen beïnvloed door enerzijds de hoeveelheid neerslag en anderzijds de temperatuur met name de verdamping. De natuurlijke fluctuatie van het grondwater bedraagt in Nederland door het jaar heen enkele tientallen centimeters.

Realiseer u echter wel, dat de grondwaterstanden in Nederland door de mens in vele gebieden kunstmatig wordt bepaald met behulp van gemalen en afwateringssluizen. Doordat de grondwaterstand in een gebied door de topografie niet overal even hoog is, ontstaat er een grondwaterstroming van hoog naar laag. De richting van grondwaterstromingen zijn in grote lijnen bekend, maar dient voor plaatselijk situaties wel nagetrokken te worden.

### **Kwel en infiltratie.**

Naast min of meer horizontale grondwaterstroming komt ook een verticale verplaatsing van water in de grond voor. Dit wordt kwel genoemd, wanneer het water "naar boven komt", en infiltratie, wanneer het water door stroming "naar beneden gaat". Kwelwater is in feite grondwater, dat aan de oppervlakte komt of kan komen.

Kwelwater komt onder natuurlijke omstandigheden aan de voet van een helling aan de oppervlakte. Ook langs dijken kennen we het verschijnsel kwel, vooral wanneer het water "hoger" dan het land staat in de rivier of het kanaal. Om minder last te hebben van dit kwelwater wordt er aan de voet van de dijk een sloot gegraven, die het kwelwater afvoert. Vanzelfsprekend wordt deze sloot kwelsloot genoemd.

### **Waterhuishouding en waterbeheer**

De waterhuishouding is de wijze, waarop water in een bepaald terrein infiltreert bij neerslag of vanuit een sloot, zich verplaatst, gebruikt en verbruikt wordt en afgevoerd wordt.

Voor een doelmatig waterbeheer is enerzijds kennis nodig van de waterhuishouding, maar anderzijds is ook het inzicht in de eisen, die aan het beheer van grond- en oppervlaktewater worden gesteld. Deze eisen verschillen per betrokken belang van woningbouw tot natuurgebied en van akkerbouw tot drinkwatervoorziening.

Systeembenadering is een goede methode om een algemene schets te geven van de waterhuishouding in een gebied.

## **3.5 Bodemdifferentiatie**

Het resultaat van al deze bodemvormende processen kan zijn, dat gronden, die van oorsprong er "hetzelfde" uitzagen na verloop van eeuwen volkomen van elkaar verschillen. Op welke wijze een bodemprofiel zich ontwikkelt hangt van de volgende factoren af:

- klimaat (temperatuur en neerslag)
- moedermateriaal
- helling van het terrein
- grondwaterstand
- tijd van inwerking.



## 4 VARIATIE GEMETEN IN METERS

### 4.1 Bodemeenheid

Bodems met nagenoeg gelijke profielkenmerken worden als een bodemeenheid beschouwd. Deze bodemeenheden worden middels *grondboringen* en landschapskenmerken ruimtelijk vastgesteld en in kaart gebracht. Dit is het werk van de Stichting Bodemkartering (*STIBOKA*). Het probleem van de kaarten is, dat er alleen informatie over de bovenste 1.20m wordt gegeven. Voor stedenbouwkundige doeleinden is dit niet voldoende.

Voor dieper gelegen lagen kan gebruik gemaakt worden van *geologische kaarten* en *grondboringen*, waarvan de resultaten opgeslagen zijn bij de *Rijks Geologische Dienst* in Haarlem.

Voor Nederland bestaat er een volledige set 1:50.000 *bodemkaarten*, maar zowel de *geologische* als de *geomorfologische kaarten* voor heel Nederland zijn nog niet klaar. Overigens verschijnen deze kaarten ook met een schaal van 1:50.000. Meer gedetailleerde informatie is soms bij de verschillende gemeenten te verkrijgen.

### 4.2 Bodemgroep

Een onderscheid wordt gemaakt in verschillende *bodemgroepen*:

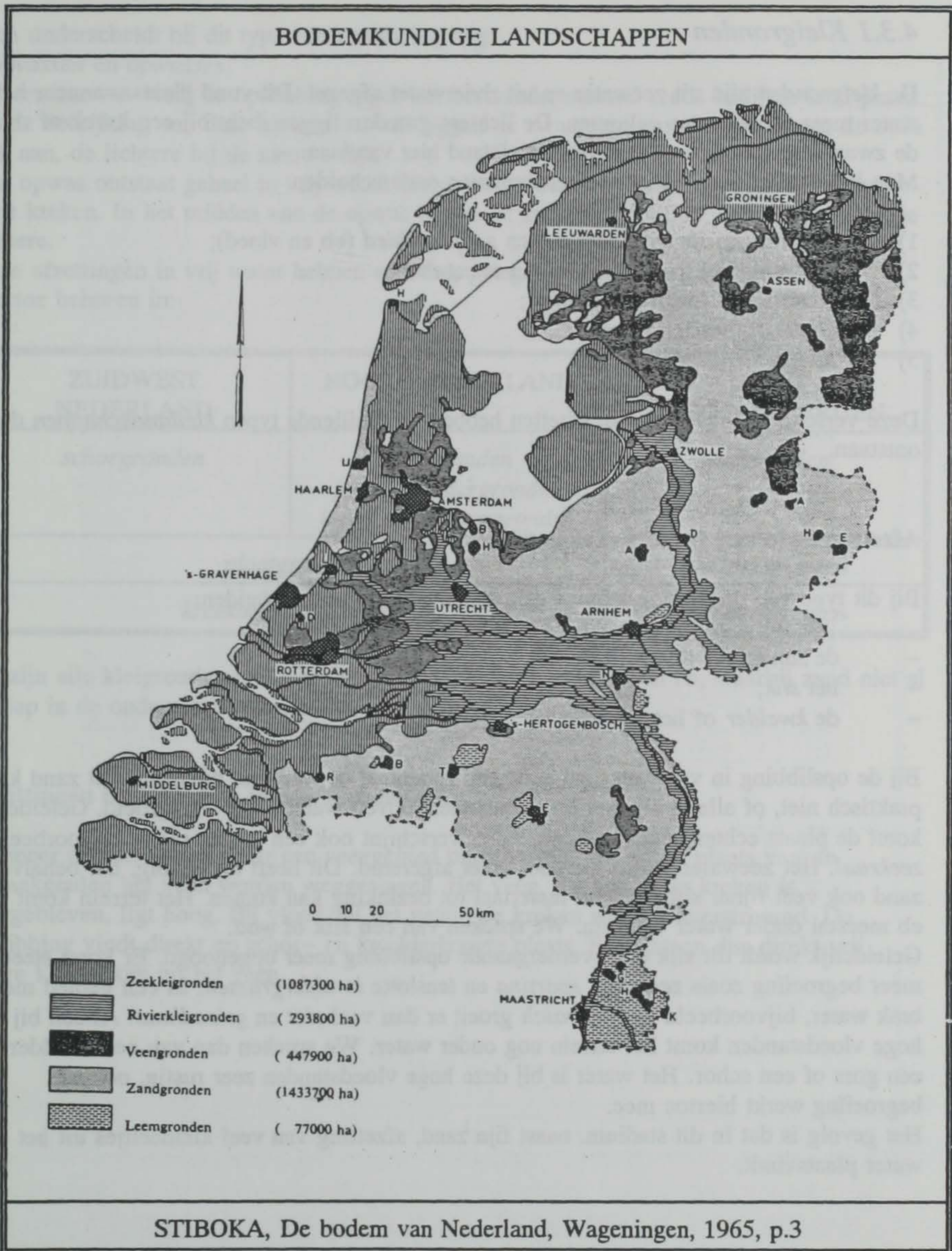
- *kleigronden*
- *leemgronden*
- *zandgronden*
- *veengronden*

Dit zijn in principe gronden met eenzelfde samenstelling wat betreft de korrelgroottes. Zie over korrelgroottes en benaming op bladzijde 11. Voor *veengronden* geldt, dat al deze gronden voor minstens 22,5% uit organische stof moeten bestaan. *Veen* is ter plaatse ontstaan door afsterving van planten en niet zoals klei, leem en zand gesedimenteerd of afgezet.

### 4.3 Bodemkundige landschappen

De *bodemkundige landschappen* worden naast de indeling op fractiegrootte ingedeeld op sedimentatie (klei, leem en zand) en/of ontstaanswijze (veen). Hier sluipt ongewild een overlapping in met de *geomorfologie*. De *geomorfologie* behandelt met name de vormen, die aan de aardoppervlakte voorkomen en hoe deze vormen ontstaan zijn.

BODEMKUNDIGE LANDSCHAPPEN



STIBOKA, De bodem van Nederland, Wageningen, 1965, p.3

### 4.3.1 Kleigronden

De *kleigronden* zijn uit zeewater en uit rivierwater afgezet. Dit vond plaats wanneer het water meer tot rust was gekomen. De lichtere gronden liggen dicht bij een kreek of rivier, de zwaardere gronden op een grotere afstand hier vandaan.

Men kan verschillende typen van sedimenten onderscheiden:

- 1) Afzettingen in vrij water in een *getijdegebied* (eb en vloed);
- 2) Afzettingen bij inbraken in een *veengebied*;
- 3) Afzettingen langs een *kustlijn*;
- 4) *Onderwaterafzettingen*;
- 5) *Rivierafzettingen*.

Deze verschillende wijzen van afzetten hebben verschillende typen *kleilandschappen* doen ontstaan.

#### **Afzettingen in vrij water in een getijdegebied.**

Bij dit type van *opslibbing* kunnen drie stadia worden onderscheiden:

- de *zandplaat* of het *wadzand*,
- het *slik*,
- de *kwelder* of het *schor*.

Bij de *opslibbing* in vrij water zal eerst een *zandplaat* of *wadzand* ontstaan. Dit zand komt praktisch niet, of alleen bij zeer lage ebstanden, boven water en is onbegroeid. Geleidelijk komt de plaats echter hoger te liggen en er verschijnt ook een enkele plant, bijvoorbeeld *zeekraal*. Het zeewater wordt hierdoor meer afgeremd. Dit heeft tot gevolg, dat behalve zand ook veel fijner slibhoudend materiaal tot bezinking kan komen. Het terrein komt bij eb meestal onder water vandaan. We spreken van een *slik* of *wad*.

Geleidelijk wordt dit *slik* door verdergaande *opslibbing* meer opgehoogd. Er komt steeds meer begroeiing zoals *zeekraal*, *spartina* en tenslotte *kweldergrassen*. In een gebied met brak water, bijvoorbeeld de *Biesbosch* groeit er dan veel *riet* en *griendhout*. Alleen bij hoge vloedstanden komt het terrein nog onder water. We spreken dan van een *kwelder*, een *gors* of een *schor*. Het water is bij deze hoge vloedstanden zeer rustig, ook de begroeiing werkt hiertoe mee.

Het gevolg is dat in dit stadium, naast fijn zand, afzetting van veel kleideeltjes uit het water plaatsvindt.

## VARIATIE GEMETEN IN METERS

Men onderscheidt bij dit type van opslibbing nog:

*aanwassen en opwassen.*

Bij een aanwas vindt de opslibbing tegen het bestaande, meestal reeds bedijkte land plaats. Na de bedijking van deze nieuwe aanwas liggen de zwaardere gronden dus tegen de oude dijk aan, de lichtere bij de nieuwe dijk.

Een opwas ontstaat geheel in vrij water. Het centrum bestaat uit een zandplaat omgeven door kreken. In het midden van de opwas liggen de zwaarste gronden, langs de randen de lichtere.

Deze afzettingen in vrij water hebben een vlak gelegen polderlandschap veroorzaakt.

Hiertoe behoren in:

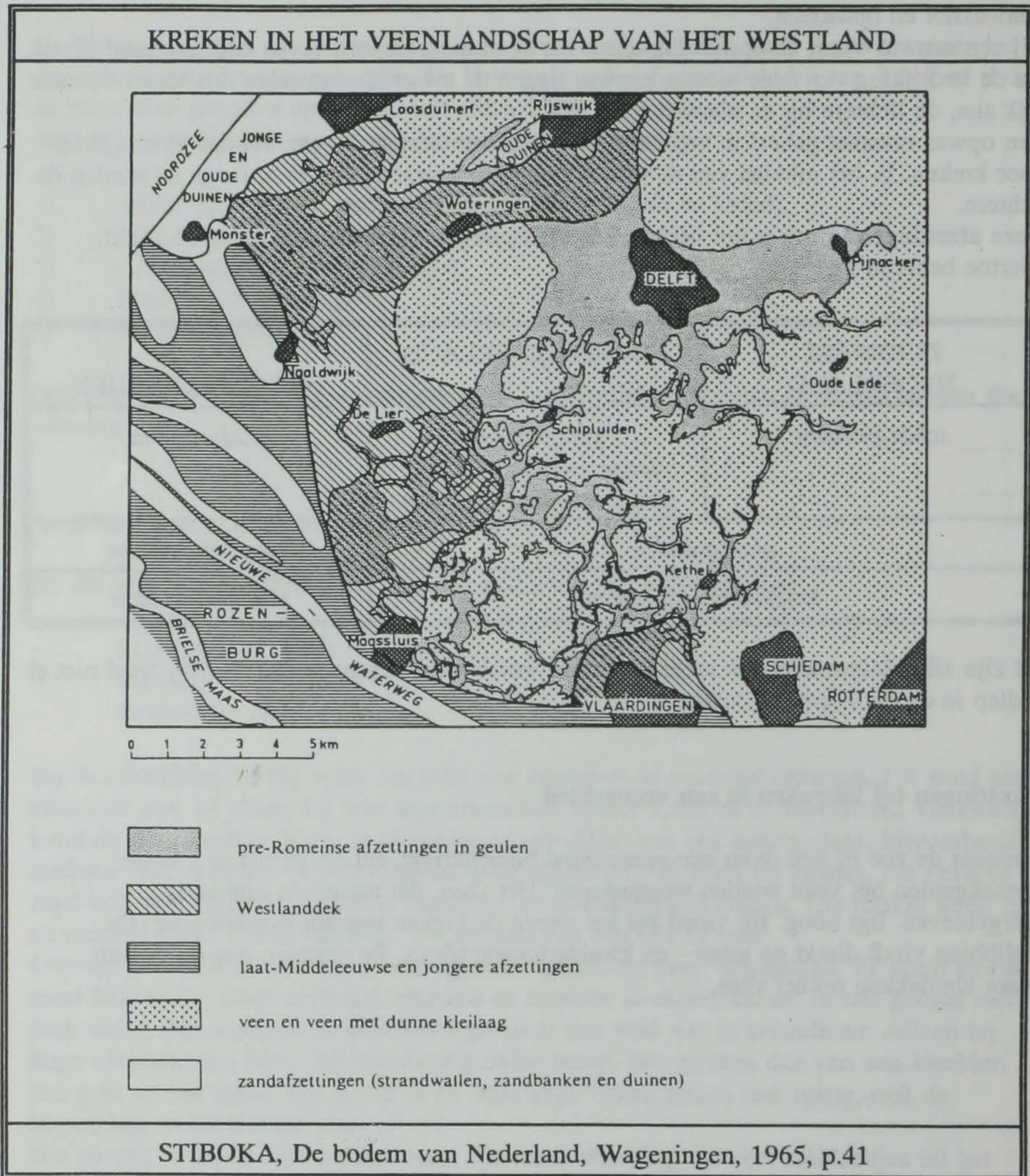
ZUIDWEST NEDERLAND	NOORD NEDERLAND	OUDE DROOGMAKERIJEN
<i>schorgronden</i>	<i>gorsgronden</i> <i>jonge kweldergronden</i> <i>jonge zeeboezemgronden</i>	<i>wadgronden</i>
<i>plaatgronden</i>		<i>kweldergronden</i>
<i>kreekbeddinggronden</i>		<i>moddergronden</i>

Dit zijn alle kleigronden met meer of minder goede eigenschappen en, waarbij zand niet al te diep in de ondergrond voorkomt.

### Afzettingen bij inbraken in een veengebied

Wanneer de zee of een rivier een *veengebied* binnendringt, zal op de plaats van de inbraakgeulen het veen worden weggeslagen. Het veen, dat tussen de kreken is overgebleven, ligt hoog. Bij vloed zal het vanuit de kreken worden overstroomd. De opslibbing vindt direkt op schor- en kwelderhoogte plaats. Er ontstaan dus direkt vrij zware kleidekken op het veen.

## VARIATIE GEMETEN IN METERS



De kreeken zelf slibben geleidelijk dicht. Na de ontwatering van het gebied klinkt het veen sterk in.

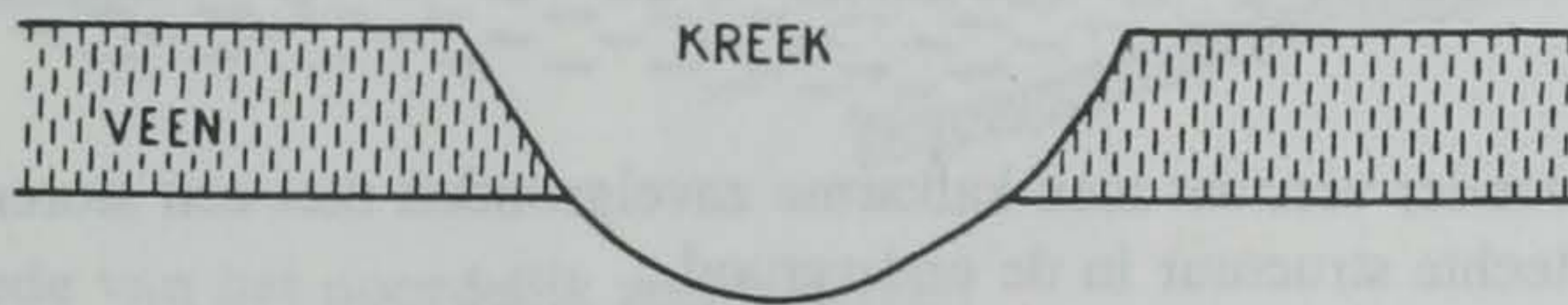
Daar in de vroegere *kreeken* maar weinig veen meer aanwezig is, is hier de klink veel geringer dan buiten de kreeken. Het gevolg is, dat de vroegere, opgeslibde kreeken nu als

## VARIATIE GEMETEN IN METERS

*ruggen* in het landschap liggen, en de hiertussen gelegen klei-op-veengronden als lage gebieden, de zogenaamde poelen.

Dit verschijnsel wordt de *omkering* of de *inversie* van het landschap genoemd.

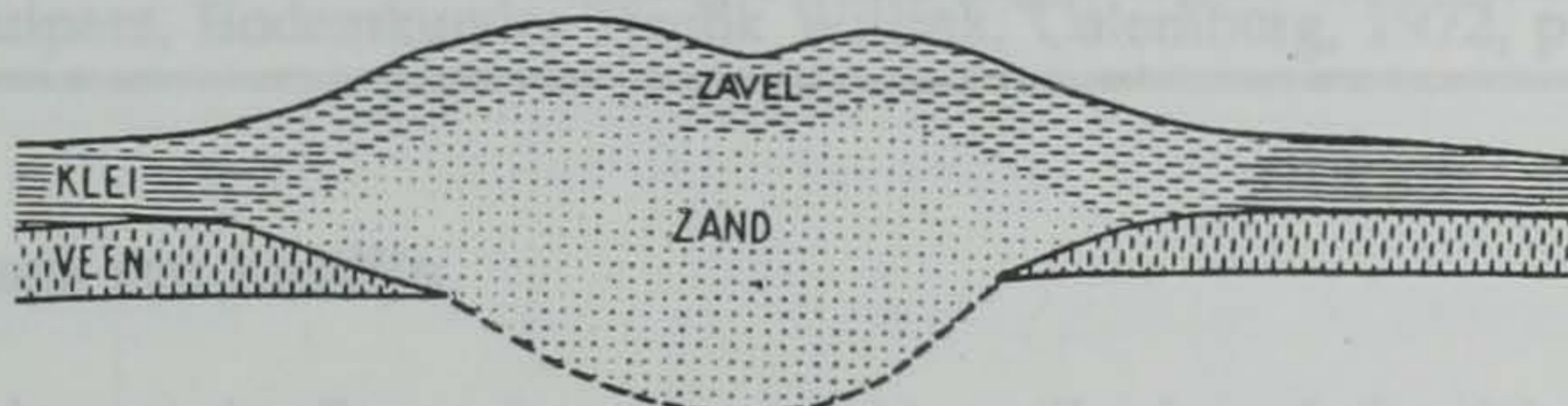
Dwarsprofiel door een kreek in het veenlandschap



Dwarsprofiel door een verlande kreek vóór de klink



Dwarsprofiel door een kreek ná de klink



Kuipers, Bodemkunde, Tjeenk Willink, Culemborg, 1972, p. 128

In Noord-Nederland drong het zeewater met veel minder kracht het veengebied binnen. De strandwallen van de waddeneilanden en de kwelderwallen langs de kust vormden een bescherming. Vandaar dat hier meer sprake is van dunne dekken klei op het veen, terwijl grote kreekkruggen ontbreken. Kleine hoogteverschillen als gevolg van inversie zijn er wel.

### Landschappen en bodemreeksen

In het inversielandschap van Zuid-West Nederland onderscheidt men de volgende bodemreeksen:

- *kreekruggronden,*
- *poelgronden,*
- *kleiplaatgronden.*

Oude kreekruggronden: dit zijn de hoger gelegen kalkarme zavelgronden met in de ondergrond kalkrijk slibhoudend zand.

Oude poelgronden: dit zijn kalkarme, matig zware, laaggelegen kleigronden met in de ondergrond veen.

Kleiplaatgronden: hieronder verstaat men kalkarme zavelgronden met een storende, zeer dichte kleibank van slechte structuur in de ondergrond.

In Noord Nederland kent men de bodemreeksen:

- *klei-op-veengronden,*
- *roodoorngronden,*
- *woudgronden,*
- *knipkleigronden (klei-op-veengrond of knipklei).*

Roodoorngronden: redelijk ontwaterde klei-op-veengronden met een rood-bruine kleur en in droge toestand stoffig en rul.

Woudgronden: kleigronden met hoger organisch stofgehalte.

DOORSNEDE VAN HET NOORDELIJK ZEEKLEIGEBIED



Doorsnede van het noordelijk zeeleigebied

a = kalkrijke klei of zavel; b = slempige kalkarme lichte zavel; c = kalkarme klei;  
 d = gelaagde kalkrijke wadafzettingen (slibhoudend zand en zavel); f = knipklei;  
 g = veen; h = pleistoceen zand

Kuipers, Bodemkunde, Tjeenk Willink, Culemborg, 1972, p. 160

**Afzettingen langs een kustlijn**

De dagelijkse eb- en vloedbeweging veroorzaakt vertikaal op de kustlijn gerichte heen- en weergaande stromingen. Bij de overgang van eb naar vloed is er een stilstand in het water. Er kunnen dan zand- en slibdeeltjes tot afzetting komen. De evenwijdige aan onze kust verlopende zandbanken en de strandwallen met daartussen de strandvlakten zijn zo te verklaren. Door stuiven zijn uit en op deze strandwallen *duinen* ontstaan.

Ook de kwelderwallen met daartussen de kwelderbekkens evenwijdig aan de oude Fries-Groningse kustlijn zijn op dezelfde manier te verklaren. De sedimentatie vond achter de waddeneilanden in een iets rustiger milieu plaats, waardoor de *kwelderwallen* uit lichte zavelgronden en de *kwelderbekkens* uit zwaardere gronden ontstaan.



### Onderwaterafzettingen

In de Noordoostpolder en in Flevoland zijn de meeste gronden ontstaan, doordat in de vroegere Zuiderzee en in het latere IJsselmeer in zeer rustig milieu slib tot op de bodem zong. De zwaarste gronden liggen het dichtst bij het "Oudeland". Slechts geleidelijk worden de gronden naar het noorden toe lichter. Deze afzettingen zijn dus gekenmerkt door een grote gelijkmatigheid in horizontale richting.

In verticale richting, dus in het bodemprofiel, treft men allerlei lagen en laagjes aan. Onderin ligt het humeuze materiaal uit de periode, toen de Zuiderzee ontstond doordat een groot veengebied door de zee werd aangetast (veen en *detrius*). Hierop liggen de afzettingen uit de periode van de Zuiderzee. Soms treft men hierop nog aan een dunne afzettingen uit de IJsselmeerperiode.

### Rivierafzettingen

Men onderscheidt sedimentatie vanuit:

- de *meanderende rivier*,
- de *getijdenrivier*,
- de *vlechtende rivier* (komt niet meer in Nederland voor).

De bodemreeksen in het gebied van de meanderende rivieren en getijdenrivieren zijn:

*Stroomruggronden*: hooggelegen gronden met een zwaardere bovengrond die geleidelijk overgaat in een lichtere ondergrond.

*Komruggrond*: zware tot zeer zware kleigronden met soms veenvorming.

*Uiterwaardengronden*: ontstaan na bedijking van de rivieren.

*Overslaggronden*: ontstaan bij dijkdoorbraken.

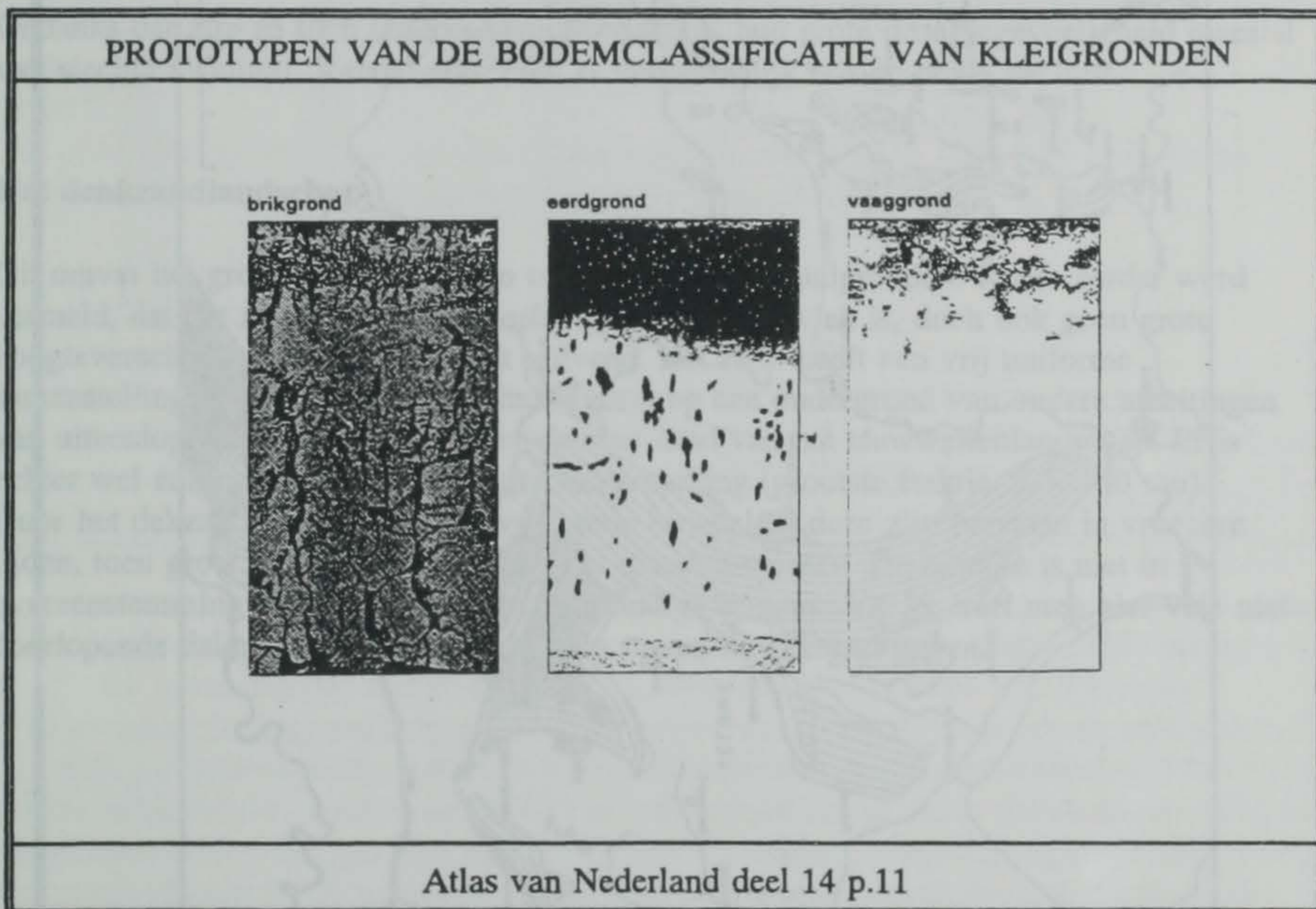
### Nieuwe indeling en benaming van de kleigronden.

*Brikgronden*: deze komen voor in enkele oudere rivierafzettingen in Limburg en de Achterhoek (zogenaamde *rivierlemen*). Het zijn gronden met een zwaardere laag, een inspoelingslaag van klei in de ondergrond. Deze laag wordt *briklaag* of *textuur-B* genoemd.

## VARIATIE GEMETEN IN METERS

*Eerdgronden*: deze komen in het kleigebied voor op enkele plaatsen in West-Friesland en in de Oude Droogmakerijen. Het zijn gronden met een dikke, duidelijk donkere, humeuze bovengrond.

*Vaaggronden*: dit zijn alle gronden die geen duidelijke profielontwikkeling vertonen. Men ziet dus geen duidelijk horizonten in het profiel en ook geen typisch donkere bovengrond. Verreweg de meeste gronden uit het zee- en rivierkleigebied worden tot deze orde gerekend.

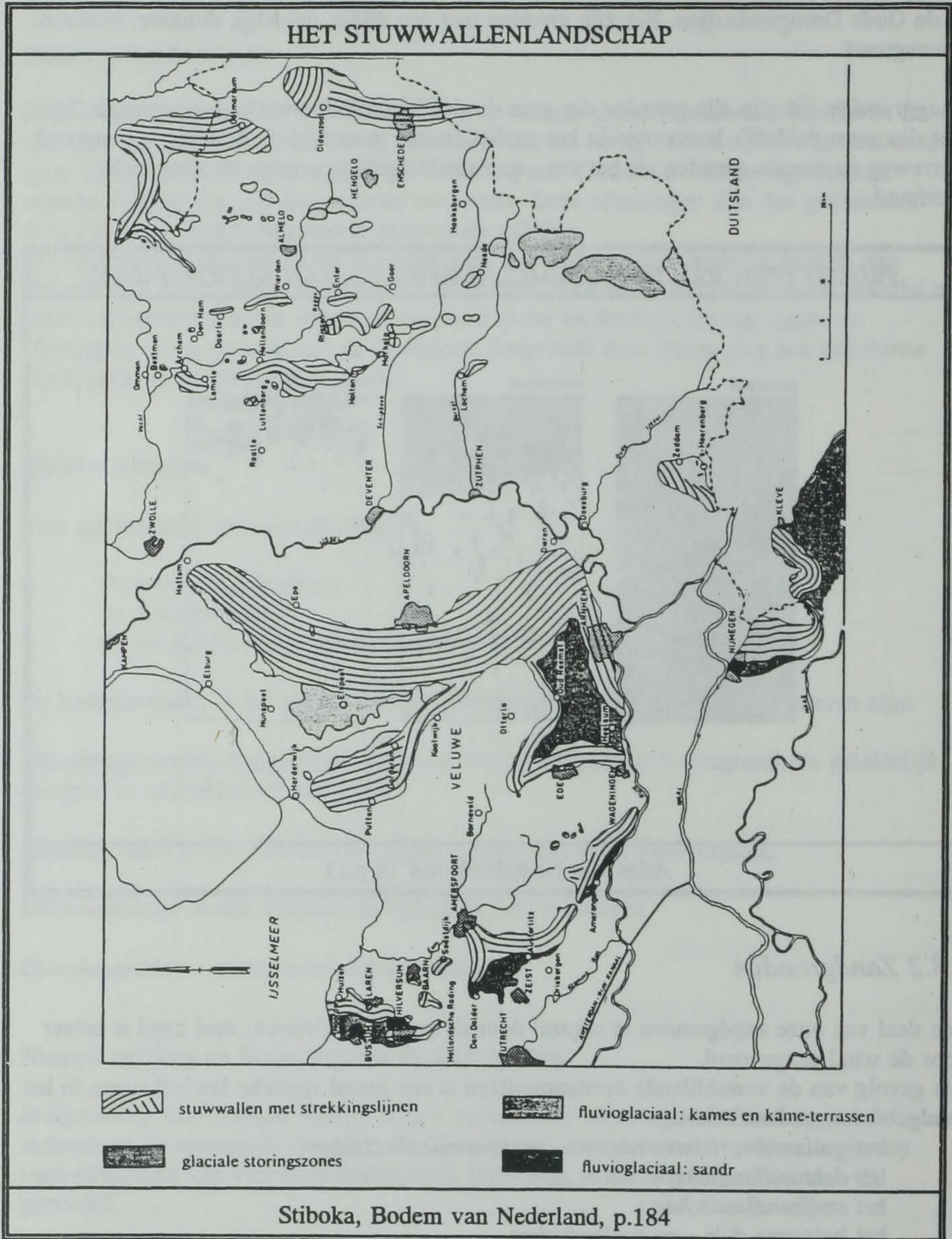


### 4.3.2 Zandgronden

Een deel van onze zandgronden is afgezet door de zee en de rivieren: veel zand is echter door de wind aangevoerd.

Als gevolg van de verschillende ontstaanswijzen is een aantal typische landschappen in het zandgebied te onderscheiden:

1. het grofzand-, *rivierterrassen*- en *stuwwallenlandschap*;
2. het *dekzandlandschap*;
3. het *stuifzandlandschap* ;
4. het holocene *duin*- en *zeelandschap*.



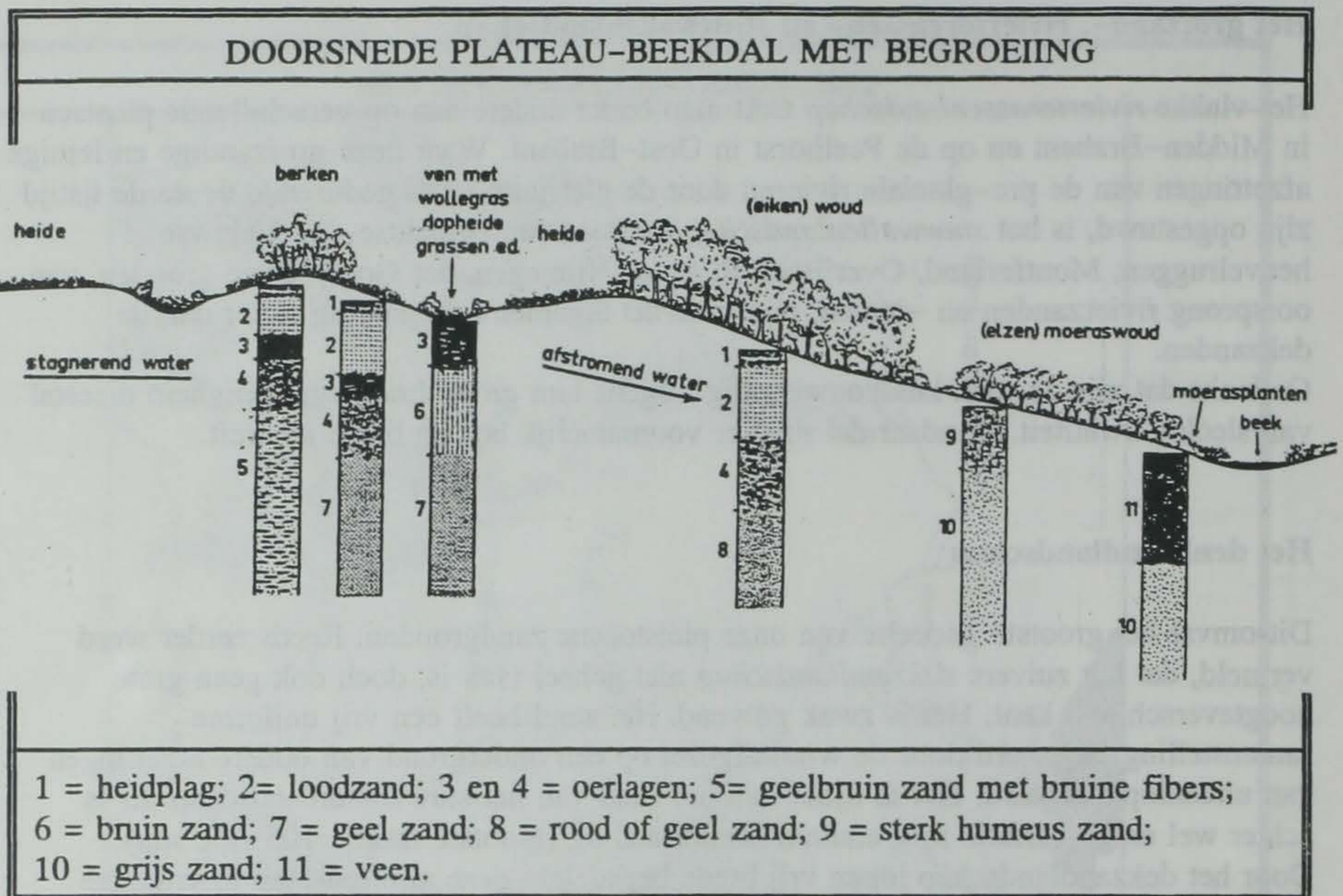
**Het grofzand-, riviertereassen- en stuwwallenlandschap.**

Het vlakke *riviertereassenlandschap* treft men onder andere aan op verschillende plaatsen in Midden-Brabant en op de Peelhorst in Oost-Brabant. Waar deze grofzandige en lemige afzettingen van de pre-glaciale rivieren door de gletsjermassa's gedurende de derde ijstijd zijn opgestuwd, is het *stuwwallenlandschap* ontstaan (de Utrechtse- en Veluwe heuvelruggen, Montferland, Overijssel, Rijk van Nijmegen, het Gooi). Deze gronden, van oorsprong rivierzanden en -lemen, zijn over het algemeen scheikundig rijker dan de dekzanden.

Ondanks dat zijn ze toch landbouwkundig wegens hun grote droogtegevoeligheid meestal van slechte kwaliteit. Vandaar dat men er voornamelijk bos en heide aantreft.

**Het denkzandlandschap**

Dit omvat het grootste gedeelte van onze pleistocene zandgronden. Reeds eerder werd vermeld, dat het zuivere *dekzandlandschap* niet geheel vlak is, doch ook geen grote hoogteverschillen kent. Het is zwak golvend. Het zand heeft een vrij uniforme samenstelling; het werd door de wind afgezet op een ondergrond van oudere afzettingen van uiteenlopende aard. Het is fijner dan het zand van het stuwwallenlandschap. Er is echter wel enige variatie in granulaire samenstelling (grootste fraktie 105-150  $\mu$ ). Door het dekzandlandschap lopen vrij brede beekdalen; deze zijn ontstaan in vroegere tijden, toen grote massa's water afgevoerd moesten worden. De breedte is niet in overeenstemming met de omvang van de huidige beekjes. Verder treft men hier vele niet-doorlopende dalen aan. Dit zijn de laagten tussen de *dekzandruggen*.



**Oorspronkelijke begroeiing en bewoning.**

De *beekdalen* waren vanouds zeer moerassig. Op de laagste plekken groeide veen, op de iets hogere gedeelten ontwikkelde zich een zeer dicht ondoordringbaar *moerasbos*. Dit was mogelijk doordat deze plantengroei kon profiteren van het betrekkelijk voedslerijke grondwater, dat van de hogere gronden afstroomde en ook van beekwater. Nog iets hoger, dus langs de randen van de beekdalen, groeide hoog opgaand hout. Deze wouden leven nog voort in de plaatsnamen, bijvoorbeeld de Friesche Wouden, Westerwolde in Groningen, Paterswolde, Ruinerwolde in Drenthe, Woudenberg, Renswoude in de Gelderse Vallei, Sliebengewald in Noord-Limburg. Al deze plaatsen liggen inderdaad op de vochtige zandgronden. Buiten de beekdalen lag het terrein vrij vlak. De waterafvoer was slecht en het water was voedselarm. Hier ontwikkelde zich een veel aremere plantengroei. Op de lage vochtige plekken groeide dopheide, wollegras, pijpestrootjes, enzovoort; op de hogere plekken struikheide, berken en dennen.

Op de vruchtbare plekken heeft de mens zijn nederzettingen gemaakt en wel daar, waar het net niet te vochtig was. Men komt dan dus terecht op de oevers van de beken of op de iets in de lage zandgronden uitstekende dekzandgronden. Hier werd het bos gerooid, ging men wonen en kwamen ook de bouwlanden te liggen (es, eng of enk). Door regelmatige aanvoer van heideplaggen en zand, die in de schapenstallen werden gebruikt als strooisel,

zijn deze bouwlanden in de loop der eeuwen aanzienlijk opgehoogd. Een iets lager gelegen strook werd ook nog ontgonnen en in gebruik genomen als grasland. Verder naar de beek toe werd het terrein te vochtig en ontoegankelijk, zodat hier voorlopig de "wouden" bleven staan. Later is ook hier grasland gemaakt.

Op de armere gronden werden de schapen geweid. Daardoor zijn deze eeuwenlang met heide begroeid geweest. De schapen grazen namelijk alle opkomende jonge bomen af. Zodra er geen schapen meer gehouden worden, ontstaat weer schraal dennen- en berkenbos.

De oppervlakte van het bouwland, dat men had, stond in nauw verband met de hoeveelheid mest, en dus met het aantal schapen en daardoor met de oppervlakte aan heidegrond, waarover men beschikte. Men kon dus niet naar willekeur heide ontginnen tot bouw- of grasland.

Pas sedert het gebruik van kunstmest, dus ongeveer vanaf 1900, zijn deze gronden op grote schaal tot kultuurland gemaakt (de ontginningsgronden).

### Het stuifzandlandschap.

Dit kan men verspreid overal in het dekzand- en in het stuwwallenlandschap aantreffen, bijvoorbeeld langs de oevers van de Maas en de Overijsselse Vecht, in het Land van Maas en Waal (de Drunense Duinen), op de Hoge Veluwe (bijvoorbeeld bij Kootwijk), langs de Hondsrug (Drouwenerzand), enzovoort. Deze *stuifzanden* zijn veel jonger dan de dekzanden. Ze ontstonden in het Holoceen, doordat de wind vat kreeg op de onbegroeide grond. Meestal was dit een gevolg van beschadiging van de natuurlijke begroeiing door de mens (kappen van het bos, bosbranden, een te intensieve beweiding van de hei met schapen). Ook grote droogte kan de oorzaak zijn, evenals uitstuiven van tijdelijk droge rivierbeddingen. Het weggestoven zand kwam een eindje verder tot stilstand, op iets lagere vochtige plaatsen met een flinke begroeiing. Hier ontstonden dan de stuifduinen. Het oorspronkelijke, humeuze bodemprofiel treft men vaak nog onder in de stuifzandprofielen aan. De eerst hoge, droge plekken waar het zand vandaan kwam, werden nu de laagste gedeelten van het terrein. Bodemkundig zijn stuifzandgronden nog jong. Er heeft nog weinig profielvorming in plaatsgevonden.

### Het holocene duin- en zeezandlandschap.

De gronden van dit landschap zijn veel jonger dan de tot nu toe genoemde zandgronden. Ze liggen langs de Noordzeekust.

Men onderscheidt binnen het *duinzandlandschap* nog:

- het jonge duinzandlandschap
- het oude duinzandlandschap.

Het *jonge duinzandlandschap* ten zuiden van Egmond bestaat uit kalkrijk, ten noorden van deze plaats uit kalkarm zand. Het omvat in hoofdzaak de eigenlijke duinen. De gemiddelde korrelgrootte van het zand is  $\pm 200$   $\mu$ . Bodemvorming heeft hier praktisch nog niet plaatsgehad.

Het *oude duinzandlandschap* bestaat uit kalkloze (ontkalkte) vlakke strandwallen (geest) met daartussen de lage strandvlakten. Dit landschap dateert uit  $\pm 2300$  jaar voor Christus. Als gevolg van een eeuwenlange bosbegroeiing heeft zich in deze gronden een bosprofiel ontwikkeld, vooral in de vochtige gedeelten van dit gebied.

De kwaliteit van de strandwalgronden hangt sterk samen met de grondwaterstand. Wanneer deze op  $\pm 50 - 60$  cm beneden maaiveld staat, en geen storende lagen (bijvoorbeeld slib- of humuslagen) aanwezig zijn, zijn het groede bloembollengronden. Ook fruitteelt is mogelijk. Een goede beheersing van het grondwater (geen sterke schommelingen) is dan echter nodig. In Zuid-Holland heeft men dit bereikt door het in de hand houden van het polderpeil. Elders is dit van nature min of meer het geval door voortdurende afstroming van water van de hoger gelegen duincomplexen. Meestal is dit echter niet voldoende; tevens put de duinwaterleiding uit dit reservoir. Om dicht bij het grondwater te komen, is men in verschillende duinzandgebieden tot gedeeltelijke afgraving van het zand overgegaan. Dit zijn de zanderijen.

In de strandvlakten is meestal veen gevormd of klei afgezet. Ze zijn in hoofdzaak in gebruik als grasland. De zeezandgronden werden reeds bij de plaatgronden van de zeelei behandeld.

### **De bodemvormende processen in zandgronden.**

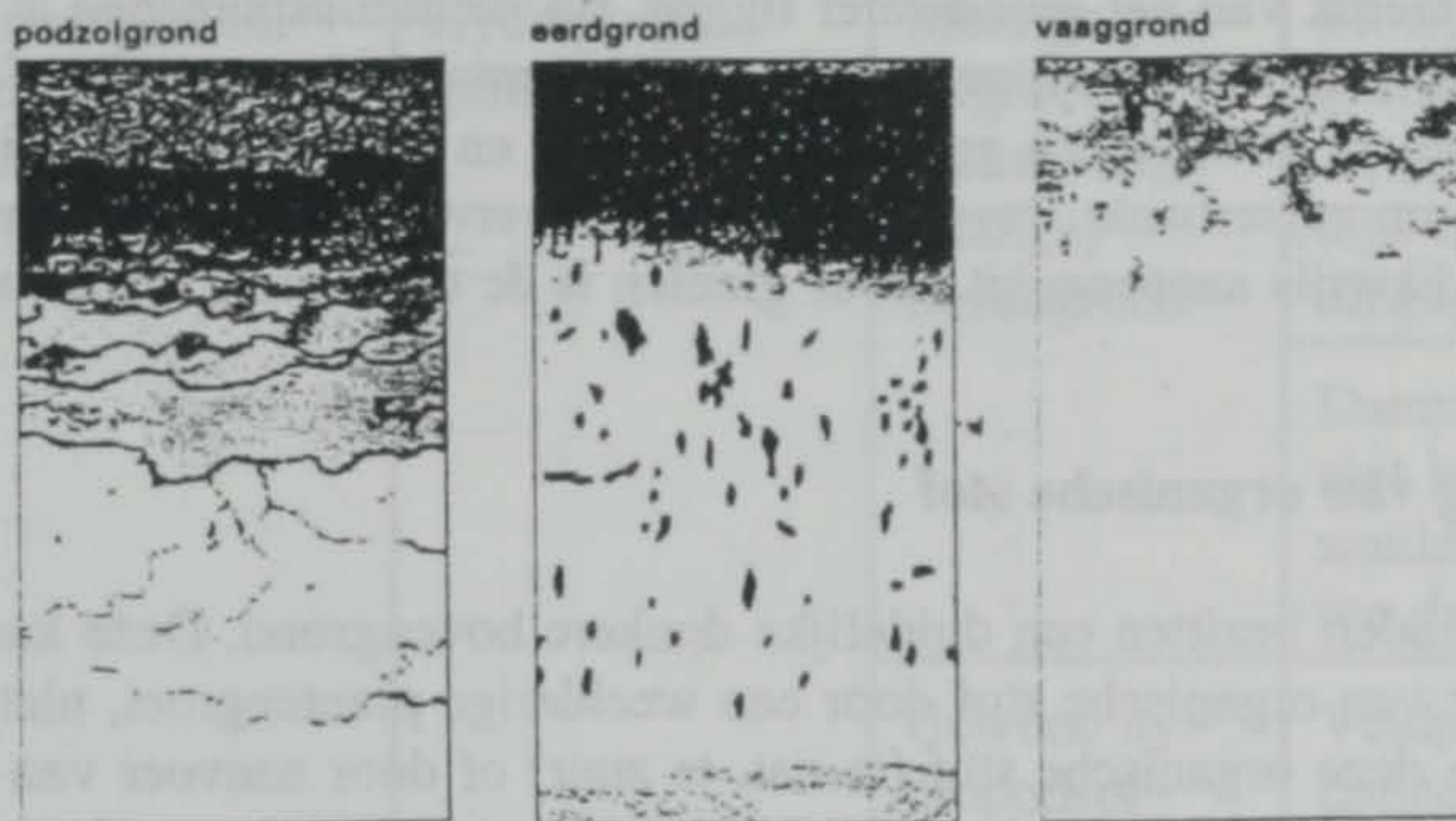
Zoals uit het voorgaande blijkt kunnen we de best ontwikkelde bodems juist in de zandafzettingen vinden, daar deze voor een deel het laatst aan bodemvormende processen hebben blootgestaan. De belangrijkste voor de zandgronden zijn:

1. in- en uitspoeling;
2. ophoping van organische stof.

### **In- en uitspoeling**

In zandgronden kan sprake zijn van uit- en *inspoeling* van ijzer, aluminium en organische stof. Hierdoor ontstaan podsolgronden. Dit zijn gronden met direct onder de humeuze bovengrond ( $A_1$ ) een horizont die arm is aan ijzer, aluminium en organische stof ( $A_2$ ) en daaronder een horizont met extra veel organische stof en soms ook ijzer en aluminium (B).

PROTOTYPEN UIT DE BODEMCLASSIFICATIE VOOR ZANDGRONDEN



Atlas van Nederland, deel 14, p.11

We kunnen twee typen van *podsolen* onderscheiden:

- de moderpodsolen;
- de humuspodsolen,

De *moderpodsolen* zijn ontstaan op de mineralogisch wat rijkere zandgronden, bijvoorbeeld op het gestuwd preglaciaal van de Veluwe (opgestuwde rivierzanden) en op iets lemige zandgronden. Als gevolg van de iets hogere pH in deze gronden heeft het uit- en inspoelingsproces niet in de meest hevige vorm plaatsgevonden.

Men ziet geen scherp opvallend van elkaar gescheiden A, B en C-horizont, dus geen loodzandlaag en oerbank. Uit de A-horizont is nog niet alle ijzer verdwenen. Wanneer door gloeien de organische stof uit deze laag is verwijderd ziet men hier wel een minder roodbruine kleur dan in de onderliggende duidelijke roodbruine gekleurde B-horizont. De organische stof in deze B-laag is van de modertype.

Vroeger werden deze gronden wel humus-ijzerpodsolen of bruine bosgronden genoemd. Het grondwater heeft bij de vorming van deze gronden geen invloed gehad.

Van nature ontwikkelt zich onder deze omstandigheden een iets rijkere begroeiing, zoals loofbos. Hierdoor is een wat dikkere humeuze bovenlaag ontstaan dan bij de heidegronden.



Bij de *humuspodsolen* is het ijzer en de organische stof zeer sterk uitgespoeld. Dit kan gebeuren op een mineralogisch zeer arme, zure zandgrond. Dit proces is nog versterkt door een "zure" begroeiing zoals heide. Men treft deze profielen daarom veel aan op de heide-ontginningen van de dekzanden. Humuspodsolen kunnen zowel hoog boven als binnen het bereik van het grondwater liggen. Bij de humuspodsolen is de A-horizont geel ontijzerd; een deel van deze laag is tevens meestal humusarm (het *loodzand*). De B-horizont is geheel of voor een groot deel ontijzerd en bestaat meestal uit een typische humus- of humusijzerbank. Deze humus is sterk vervloeid (amorfe humus) en heeft de zandkorrels dikwijls aaneengekit. Door gloeien is de ontijzering goed vast te stellen.

### De ophoping van organische stof

Veel zandgronden bezitten een duidelijke donkere bovengrond. Deze kan zijn ontstaan door aanvoer van organische stof door een weelderige plantengroei, niet al te sterke vertering van deze organische stof (te nat, te zuur) of door aanvoer van humeuze grond door de mens (ophoping). Bij het nieuwe klassificatiesysteem worden deze gronden eerdgronden genoemd. Is de  $A_1$  dikker dan 50, dan spreekt men van *dikke eerdgronden*. Hiertoe behoren onder andere de enkeerdgronden (de oude bouwlanden of wel *enk-* of *esgronden*). De humeuze bovengrond is ontstaan door ophoging met plaggenmest. Ook het stalzand in de mest en stuifzand hebben tot de ophoging bijgedragen. Onder dit humeuze dek treft men wel podsolen aan (met loodzand en oerbank) doch ook wel grondwaterprofielen. Wanneer het humusgehalte niet te laag ligt en het humeuze dek flink dik is, dan zijn het goede bouwlandgronden. De pH is vaak te laag. Men onderscheidt de zwarte- en de bruine enkeerdgronden.

De zwarte zijn ontstaan in streken, waar men uitsluitend de beschikking had over heideplaggen. De bruine wijzen op een iets voedselrijkere grond en een betere kwaliteit humus; ze zijn opgehoogd met bosstrooisel of met grasplaggen.

VARIATIE GEMETEN IN METERS

PODSOL-GRONDEN	Moderpodsolgronden Moderpodsol - B			Holtpodsolgrond dunne A <sub>1</sub> (bruine bosgrond)
	Humuspodsolgronden humuspodsol - B	Hydropodsolgronden (nat)	Moerige podsolgronden met moerige (venige) bovengrond	Moerpodsolgrond Moerige A <sub>1</sub> (laagten in lage ontginningsgronden)
				Dampodsolgrond met humeus zanddek (versleten dalgrond)
			Gewone hydropodsolgronden	Veldpodsolgrond dunne A <sub>1</sub> (lage ontginningsgrond)
				Laarpodsolgrond dikkere A <sub>1</sub> (oudere ontginningsgrond)
		Xeropodsolgrond droog	Haarpodsolgrond dunne A <sub>1</sub> (hoge heide ontginningsgrond)	
		Kamppodsolgrond dikke A <sub>1</sub> (oudere ontginningsgrond)		

EERD-GRONDEN	Dikke eerdgronden dikke A <sub>1</sub>		Enkeerdgronden	Bruine en-keerdgrond bruine A <sub>1</sub>
				Zwarte en-keerdgronde zwarte A <sub>1</sub>
	Dunne eerdgronden	Hydro-eerdgronden geen ijzerhuidjes of reductie binnen 80 cm	Moerige eerdgronden (moerige, venige eerdlaag)	Broekeerdgrond (laagste delen van beekdalen)
			Gewone hydroeerdgronden geen venige bovengrond	Bruine beekkeerdgrond bruine A <sub>1</sub> en roestvelkken (gleygronden uit de beekdalen)
				Zwarte beekkeerdgrond zwarte A <sub>1</sub> verder idem
	Xero-eerdgronden ijzerhuidjes	Kanteerdgrond dunne A <sub>1</sub>		

### 4.3.3 Leemgronden

Onder *leemgronden* vallen lössgronden en verweringsgronden. De *lössgronden* zijn in hoofdzaak tot Zuid-Limburg beperkt en komen verder over kleinere oppervlakten voor in Noord-Brabant en Gelderland (onder andere op de Postbank). Löss is een windafzetting met een zeer uniforme korrelgrootteverdeling en een hoog percentage leem. In deze gronden is door inspoeling een kleihoudende horizont ontstaan. De lössgronden zijn de oudste akkerbouwgronden van ons land. Het landschap is sterk geaccidenteerd en onderhevig (geweest) aan watererosie.

De oude verweringsgronden zijn beperkt tot kleine oppervlakten in Zuid-Limburg. Ze komen voor op oude geologische formaties zoals *krijt* en *vuursteeneluvium*. Deze gronden bevatten duidelijke sporen van verschillende bodemvormingsprocessen.

#### 4.3.4 Veengronden en veenontginningsgronden

##### Ontstaan van veen

Het meeste in ons land voorkomende *veen* is niet, zoals klei en zand, van elders aangevoerd en gesedimenteerd. Het is ter plaatse ontstaan door afsterving van planten. Als gevolg van zeer natte omstandigheden (geen lucht) en soms ook een lage pH verteerden deze planten niet of slechts gedeeltelijk. Er vond dus ophoging van organische stof plaats. Soms tot zeer dikke pakketten.

De meeste veenlagen zijn tijdelijk wel onderhevig geweest aan vertering; ze hebben namelijk een tijdlang aan de oppervlakte gelegen, waardoor zuurstof kon toetreden. Men ziet daarom veelal een grondmassa, waarin moeielijk resten van planten meer zijn te herkennen, en daarin duidelijk herkenbare resten van wortels, takjes, zaden, enzovoorts.

##### Veensoorten

De veensoorten die we kennen zijn het gevolg van de verschillende plantengesellschaften, die aan de veenvorming hebben deelgenomen.

Een belangrijke indeling is de volgende:

- *eutroof veen*: ontstaan in voedselrijk water;
- *mesotroof veen*: ontstaan in voedselhoudend water;
- *oligotroof veen*: ontstaan in voedselarm water.

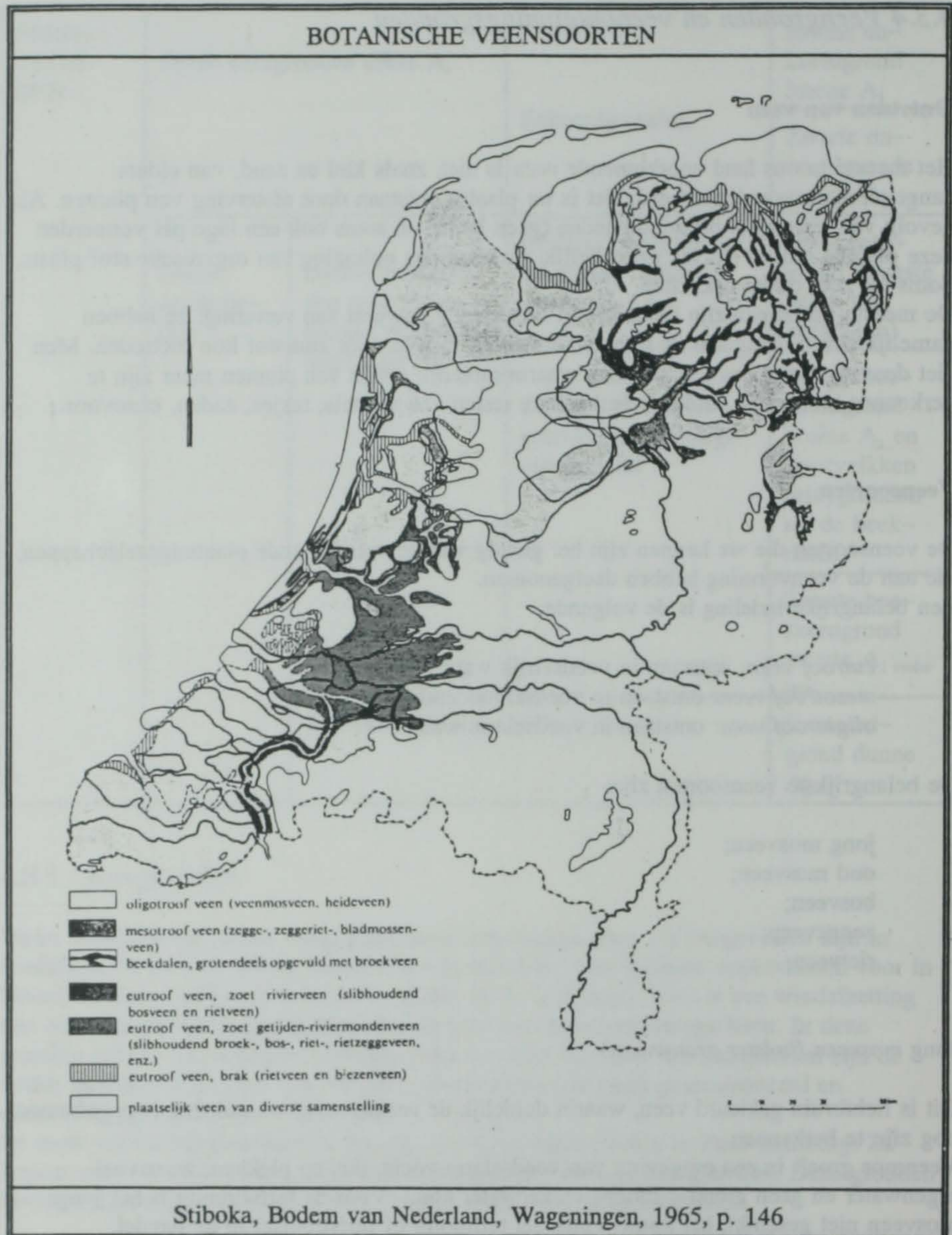
De belangrijkste veensoorten zijn:

- jong mosveen;
- oud mosveen;
- bosveen;
- zeggeveen;
- rietveen.

*Jong mosveen (bolster grauwwveen).*

Dit is lichtbruin gekleurd veen, waarin duidelijk de *veenmossen*, waaruit het is opgebouwd, nog zijn te herkennen.

Veenmos groeit in een omgeving van voedselarm vocht, dus op plekken, waar veel regenwater en geen grond-, rivier- en zeewater komt. Voor de turfwinning is het jonge mosveen niet geschikt, het komt echter als turfmolm of turfstrooisel in de handel.



### Oud mosveen

*Oudmos veen* is een donker gekleurd, sterk vergaan veen. Vandaar, dat het ook wel zwart veen wordt genoemd. De veenmossen herkent men nauwelijks meer in de zwarte grondmassa. Wel ziet men er heidetakjes en stronken in en eveneens het vezelige wollegras. Men treft het aan onder het jonge mosveen. Voor het maken van turf is deze veensoort zeer geschikt. Het oude mosveen is op dezelfde manier ontstaan als het jonge. Het is echter veel ouder: de groei van het veenmos werd telkens onderbroken doordat het klimaat af en toe droger werd. Het reeds gevormde veenmos ging dan verweren en kreeg hierdoor een donkerder kleur. Tijdens deze drogere perioden ontstond tevens een iets andere plantengroei, met veel *heide*, *wollegras* en dergelijke.

### Bosveen

*Bosveen* is een sterk vergaan veen. In de donkergekleurde grondmassa herkent men takjes en wortels van de bomen, waaruit het is ontstaan. In de grondwaterzone is het bruin-rood gekleurd. Bosveen is meestal vermengd met een zeker percentage slib. Het ontstaat namelijk alleen op plaatsen, waar van tijd tot tijd rivierwater over het land komt. Dit water brengt de voor de boomgroei benodigde hoeveelheid voedsel aan, terwijl bij het wegtrekken van het water de grond toch nog voldoende doorlucht wordt voor een goede doorworteling. Voor turfwinning is dit veen ongeschikt. Vandaar, dat men het bosveen nog overal in West-Nederland in onvergraven toestand aantreft in tegenstelling tot het mosveen.

### Zeggeveen

Dit is eveneens een donker gekleurd, vormloos veen. In de grondmassa ziet men echter talloze kleine, grijze worteltjes. Soms komen er ook takjes van de berk en de gagel en ook wel riet in voor. Het ontstaat in een omgeving van niet al te voedselarm vocht, dus op plaatsen, waar het grondwater invloed heeft.

### Rietveen

*Rietveen* is een licht gekleurd, ietwat gelaagd soort veen. Het is goed herkenbaar doordat er veel grove, platgedrukte wortelstokken van het riet in voorkomen. Het bevat meestal een meer of minder groot percentage slib; rietveen ontstaat op vochtige plaatsen met vrij voedselrijk, vaak iets brak water. Onder dergelijke omstandigheden groeit er veel riet en is ook het slibgehalte te verklaren. Het is vaak zeer zuur en vertoont dan de gele kattenkleivlekken. Het rietveen komt meestal voor op de overgang van veen naar klei.

### **Bagger en meermolm**

*Bagger* en *meermolm* is organisch materiaal, dat onder water in plassen meren, en ook wel in oude sloten, is afgezet. Het is ontstaan in voedselrijk water uit de resten van lagere planten en dieren, zoals wieren, schelpdieren, diatomeeën, die in het water leefden. Vaak is het vermengd met klei of veen, dat door afslag in de plassen terecht is gekomen. Gytja in voedselrijk water afgezette bagger of meermolm. Dy in zuur water afgezette bagger of meermolm.

### **Laaggelegen veengronden**

Hiertoe behoren in hoofdzaak lage en natte veengronden, opgebouwd uit verschillende veensoorten. Langs de rivieren en in de beekdalen zijn dit meestal bos- en broekveen met houtresten. Op enige afstand van de rivier gaan deze over in riet- en zeggeveen en nog verder weg in veen-mosveen. Deze veensoorten worden vaak op elkaar aangetroffen in soms zeer dikke pakketten, waarin ook klei voorkomt. Voorzover het laagveen uit kleiarm veenmosveen bestaat, is het grotendeels weggebaggerd of -gegraven ten behoeve van de turfwinning. Hierdoor zijn in West-Nederland en in de kop van Overijssel uitgestrekte plassen gevormd. Het grootste deel hiervan is vanaf de zestiende eeuw ingepolderd. Een aantal van deze plassen, zoals de Haarlemmermeer was reeds voor de turfwinning als meren in het veengebied aanwezig.

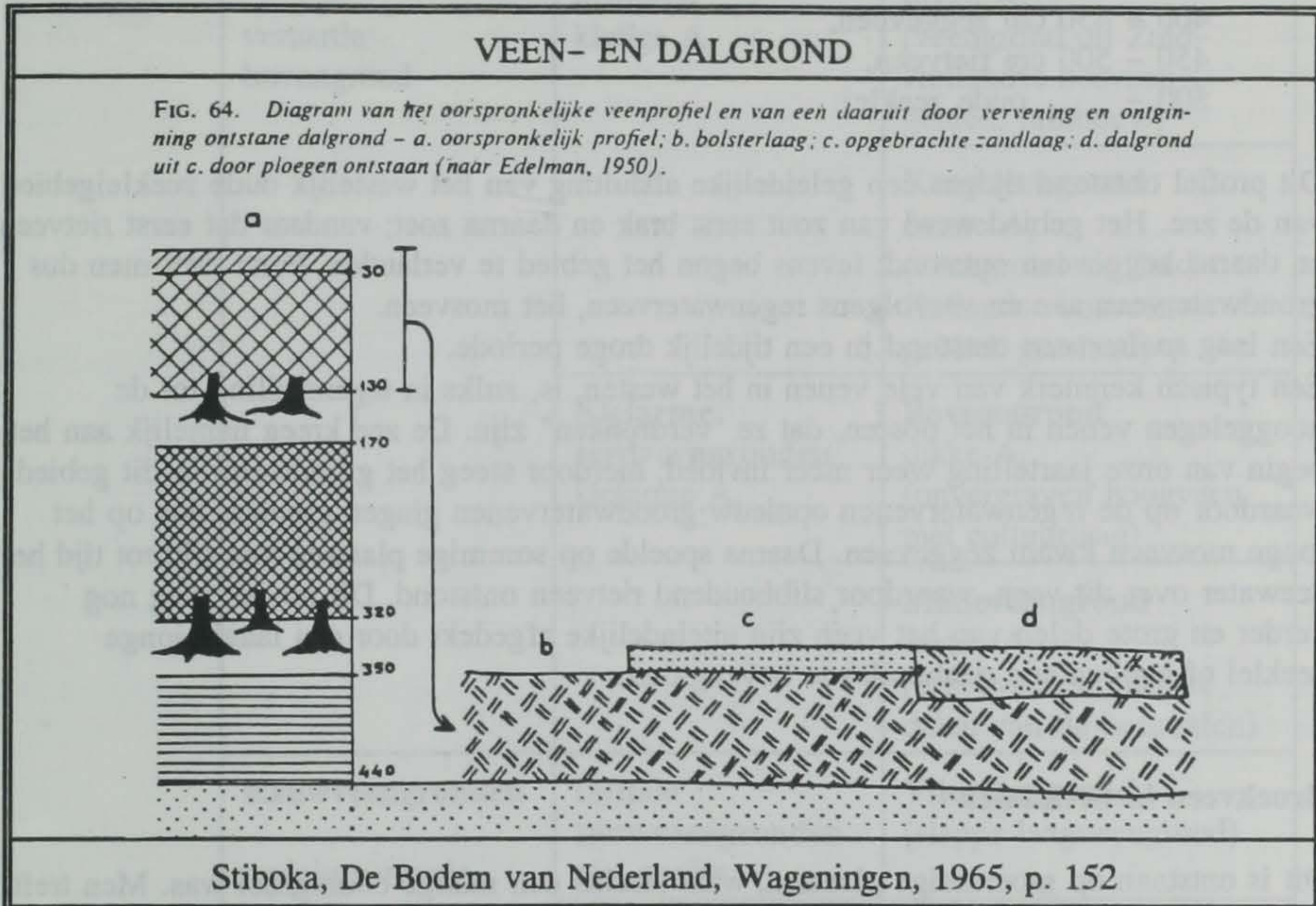
Rondom de nog resterende veenplassen, onder andere de Westeinderplassen, Loosdrechtse Plassen en ook in Noord-West Overijssel en in de Zaanstreek vindt men grote gebieden met pet- of trekpaten. Deze zijn een overblijfsel van de turfwinning. Ze bestaan uit langgerekte geulen, waaruit veen is gebaggerd of gegraven. Deze geulen zijn gescheiden door stroken niet-vergraven veen, de ribben of zetwallen, waarop de turf werd gedroogd. De geulen groeien geleidelijk weer dicht, waardoor men petpaten in verschillende verlandingsstadia aantreft. Sommige complexen zijn ontgonnen tot slecht grasland en worden aangeduid als aangemaakte pekpaten. Het niet-vergraven deel van het laagveen bestaat uit kalkarme kleigronden met een venige bovenlaag of uit veengronden met een dunne kleidek.

Ze zijn ontstaan door het geleidelijk uitwiggen van zee- en rivierklei over het veen. Het zijn dikwijls de overgangsstroken tussen de zee- of rivierkleigronden en de klei-arme laagveengronden.

### **Hooggelegen veen- en dalgronden**

*Hoogveen* ligt hoog ten opzichte van de zandgronden in de omgeving. Het bestaat overwegend uit kleiarm veenmosveen. Onvergraven en gedeeltelijk vergraven hoogveen komt nog slechts in kleine oppervlakten voor bij Emmen, Vriezenveen en in de Peel. Het

zijn de laatste resten van de eens zeer uitgestrekte hoogveengebieden in het noordoosten en zuiden van Nederland.



Na ontwatering is in deze gebieden het veen voor de *turfwinning* gestoken, waarna het restveen tot *dalgrond* is ontgonnen. De turf werd meestal per schip via wijken afgevoerd. Deze kanalen dienden tevens voor ontwatering en ontsluiting. De jongere dalgronden zijn systematisch afgeveend en tot kultureland ontgonnen. De bodemprofielen bestaan uit een opgebracht humushoudend zanddek, dat rust op 15-50 cm teruggezet, jong veenmosveen (bolster). Hieronder komt meestal vast veen en soms een losgespit mengsel van zand en veen voor.

De oudere dalgronden zijn op overeenkomstige wijze maar minder systematisch afgeveend en ontgonnen als de jongere. In de bodem ontbreekt dikwijls de voor de plantengroei belangrijke bolsterlaag geheel of zij is door regelmatig aanploegen nagenoeg verdwenen; dit zijn de zogenaamde versleten dalgronden. De onregelmatig voorkomende vaste veenlagen belemmeren in ernstige mate de waterbeweging in de dalgronden.

Een typisch profiel van een laaggelegen veengrond in westelijk Nederland:

- 0 - 30 cm jonge zeeklei,
- 30 - 45 cm rietveen,
- 45 - 80 cm zeggeveen,



- 80 - 250 cm jong mosveen,
- 250 - 280 cm spalterveen,
- 280 - 400 cm oud mosveen,
- 400 - 450 cm zeggeveen,
- 450 - 500 cm rietveen,
- 500 -       oude zeelei.

Dit profiel ontstond tijdens een geleidelijke afsluiting van het westelijk oude zeeleigebied van de zee. Het gebied werd van zout eerst brak en daarna zoet; vandaar dat eerst rietveen en daarna zeggeveen ontstond; tevens begon het gebied te verlanden. Eerst treft men dus grondwaterveen aan en vervolgens regenwaterveen, het mosveen.

Een laag *spalterveen* ontstond in een tijdelijk droge periode.

Een typisch kenmerk van vele venen in het westen, is, zulks in tegenstelling tot de hooggelegen venen in het oosten, dat ze "verdrongen" zijn. De zee kreeg namelijk aan het begin van onze jaartelling weer meer invloed; hierdoor steeg het grondwater in dit gebied, waardoor op de regenwatervenen opnieuw grondwatervenen gingen groeien, dus op het jonge mosveen kwam zeggeveen. Daarna spoelde op sommige plaatsen van tijd tot tijd het zeewater over dit veen, waardoor slibhoudend rietveen ontstond. Dit proces ging nog verder en grote delen van het veen zijn uiteindelijk afgedekt door een laagje jonge zeelei of hebben een slibhoudende bovengrond.

### **Broekveen in beekdalen**

Dit is ontstaan op moerassige plaatsen, waar slechts een matige boomgroei was. Men treft het onder andere in het centrum van de beekdalen van de zandgronden aan.

VARIATIE GEMETEN IN METERS

<b>Veengronden</b>	<b>Eerdveengronden</b> veraarde bovengrond	<b>Kleiïge eerdveen- gronden</b> kleiïge A <sub>1</sub>	<b>Aarveengrond</b> dikke A <sub>1</sub> (veengrond uit Zuid- Hollandse bosveen- gebied, tuinbouw)	
			<b>Koopveengrond</b> dunne A <sub>1</sub> (veengrond uit Zuid- Hollandse bosveen- gebied, grasland)	
			<b>Kleiarme eerdveengronden</b> kleiarne A <sub>1</sub>	<b>Boveengrond</b> dikke A <sub>1</sub> (onvergraven hoogveen met cultuurlaag)
			<b>Madeveengrond</b> dunne A <sub>1</sub> (broekveen in laagste delen van de beekdalen)	
		<b>Rauwveengronden</b> weinig veraarde bovengrond	<b>Initiale rauwveengronden</b> niet gerijpt	<b>Vlietveengrond</b> (slappe laagveengrond)
				<b>Podsolrauwveen- gronden</b> moerige B (glide) gerijpt
	<b>Gewone rauw- veengrond</b> gerijpt		<b>Weide- en waardveen- grond</b> met kleidek (klei-op-veen grond)	
			<b>Meerveengrond</b> met zanddek (veenkoloniale grond)	

N.B.: *Veraarding*: na ontwatering is bodemleven in het veen mogelijk geworden. Hierdoor vindt een aantasting plaats van het veen. De in het veen vaak nog herkenbare planten verdwijnen en er ontstaat één of andere vorm van donker gekleurde humus.

## 5 VARIATIE GEMETEN IN KILOMETERS

### 5.1 Geomorfologische landschappen

De geomorfologie bestudeert de oorzaak en de ontwikkeling van alle soorten landschapsvormen aan het aardoppervlak. In dit hoofdstuk zullen wij ons bezig houden met het bestuderen van de processen, die de verschillende landvormen veroorzaakt hebben en met de regionale verspreiding van deze landschapsvormen in Nederland.

Onder geomorfologische processen worden alle natuurkundige en chemische veranderingen verstaan, die een verandering van het aardoppervlak bewerkstelligen.

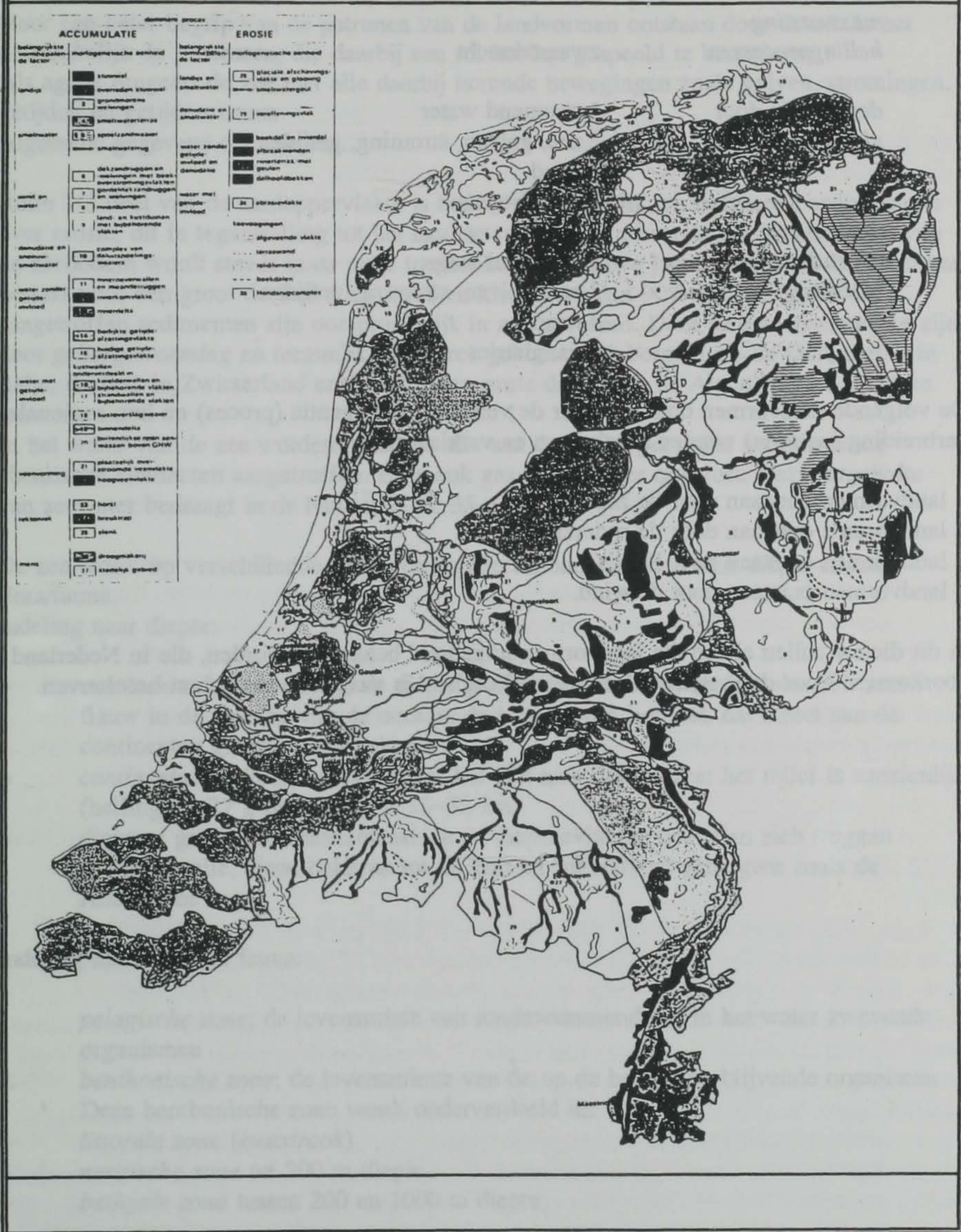
Geomorfologische processen worden veroorzaakt door verschillende agentia.

De geomorfologische hoofdprocessen zijn:

- epigene of exogene processen; dit zijn processen, die direct aan het aardoppervlak plaats vinden, zoals verweering, erosie, transport en afzetting.
- hypogene of endogene processen; dit zijn processen, die plaats vinden onder invloed van krachten in de aardkorst, zoals gebergtevorming, opheffing en daling, tectoniek, vulkanisme.
- extraterrestrische processen; dit zijn processen, waarbij landvormen ontstaan door "buitenaardse" invloeden, zoals het inslaan van meteorieten op de aarde.

De processen, die voornamelijk een rol spelen in Nederland, zijn de epigene processen met de daarbij behorende agentia.

GEOMORFOLOGISCHE LANDSCHAPPEN VAN NEDERLAND



## VARIATIE GEMETEN IN KILOMETERS

---

PROCES	AGENS
<i>masswasting</i> <i>hellingprocessen</i>	zwaartekracht
<i>degradatie</i> door afvlakking	1.stromend water 2.zee, golven, stroming, getijden 3.wind 4.ijs, gletsjers
<i>aggradatie</i> door afzetting	1.stromend water 2.zee, golven, stroming, getijden 3.wind 4.ijs, gletsjer

De volgende landvormen ontstaan door de verschillende agentia (proces) en hun regionale verbreiding (patroon) worden beschreven en verklaard:

- landvormen ontstaan door de zee
- landvormen ontstaan door de rivieren
- landvormen ontstaan door het ijs
- landvormen ontstaan door de wind.

In dit dictaat zullen alleen die landvormen uitgebreid behandeld worden, die in Nederland voorkomen. Voor de systematiek en de volledigheid is vaak wel de context beschreven.

### 5.2 Landvormen ontstaan door de zee

Voor een beter begrip van de patronen van de landvormen ontstaan door de zee is het noodzakelijk de processen, die daarbij een rol hebben gespeeld te bestuderen.

Als agens fungeert de zee met alle daarbij horende bewegingen zoals golven, stromingen, getijden en getijdenstroom.

Algemene gegevens over de zee.

Ruim 2/3 deel van de aardoppervlakte is bedekt door zee. In zee overheerst sedimentatie over erosie, dit in tegenstelling tot het land, waar erosie overheerst. Het grootste deel van de zeebodem wordt steeds maar weer toegedekt door nieuwe lagen bezinksel. Dit *bezinksel* bestaat voor een groot deel uit kalk, zand en klei. Meer dan 90% van de op het land aangetroffen sedimenten zijn oorspronkelijk in zee gevormd. Deze *sedimentgesteenten* zijn door *gebergtevorming* en *tectoniek* boven zee gekomen. Gebergten als de Dolomieten in Italië, de Jura in Zwitserland en Frankrijk en grote delen van de Alpen bestaan uit deze gesteenten.

In het water van de zee worden praktisch alle aan de aardoppervlakte voorkomende chemische elementen aangetroffen. Er is ook gas in zeewater opgelost. Het *zoutgehalte* van zeewater bedraagt in de Noordzee ca. 35 g/l.

De zee wordt op verschillende manieren ingedeeld, onder andere naar diepte en naar flora/fauna.

Indeling naar diepte:

- *continentaal plat* of *shelf*; de diepte is niet meer dan 200 m; het plat helt zeer flauw in de richting van de oceaan; de breedte van het plat, dat direct aan de continenten grenst is zeer wisselend.
- *continentale helling*; overgang van het plat naar de diepzee; het relief is aanzienlijk (helling tot 27°); de breedte is 16-32 km.
- *diepzee*; grotendeels horizontaal; in de diepzeevlakten bevinden zich *troggen* (lange, smalle, diepe bekkens tot 10 km) en submariene gebergten zoals de Atlantische rug.

Indeling naar flora en fauna:

1. *pelagische zone*; de levensruimte van rondzwemmende of in het water zwevende organismen
2. *benthonische zone*; de levensruimte van de op de bodem verblijvende organismen. Deze benthonische zone wordt onderverdeeld in:
  - *littorale zone* (*kuststrook*)
  - *neritische zone* tot 200 m diepte
  - *bathyale zone* tussen 200 en 1000 m diepte

- *abyssale zone*, de diepste delen van de oceanen met uitzondering van de *troggen-hadale zone*, de bodem van de troggen

### 5.2.1 Waterbewegingen in de zee

Juist de bewegingen van het water in de zee zijn verantwoordelijk voor de vormen, die door de zee ontstaan zijn. De voornaamste bewegingen zijn:

- *oppervlaktegolven*; beweging in hoofdzaak door de wind opgewekt. De beweging van de waterdeeltjes neemt naar beneden toe vrij snel af. Alleen in relatief ondiep water, zoals in de meeste kustzones, kan er bodemmateriaal getransporteerd worden.
- *getijgolven*; beweging veroorzaakt door de aantrekking van zon en maan op het water van de draaiende aarde. Dit is een verticale waterverplaatsing rond de aarde. Het veroorzaakt een regelmatige rijzing en daling van de zeespiegel.
- *getijstroming*; dit is een horizontale waterverplaatsing, die samenhangt met de verticale getijdebeweging. Deze beweging heeft een oscillerend karakter (eb- en vloedbeweging). In ondiep water kan de snelheid van deze stroming aanzienlijk zijn.
- niet oscillerende stromingen, zoals de warme golfstroom ontstaan in de tropen onder invloed van over het water waaiende passaatwinden.
- *tsunami*; zeer hoge golven veroorzaakt door onderzeese aardbevingen en vulkanisme.

Naast deze bewegingen komen ook nog gradientstromen en convectiestromen voor, die niet verder besproken zullen worden.

### 5.2.2 Kust

De regio, waar bij uitstek vormen door de zee zijn ontstaan is de *kust*. De kustlijn is de grens tussen zee en land. De kustzone is de strook, waar de bodem duidelijk beïnvloed wordt door de golfbewegingen hoog opkomend water. Dit geldt zowel voor het zeegedeelte als het land. Over langere tijd genomen ligt de kustlijn niet vast. Landwaartse beweging van de zee (*transgressie*) kan veroorzaakt worden door erosie van de kust door golven en door stijging van de zeespiegel of daling van het land. Zeewaartse verschuivingen kunnen het gevolg zijn van sedimentaanvoer door rivieren, zeestromingen, golven en wind. Daling van de zeespiegel of rijzing van het land kunnen eveneens verantwoordelijk zijn voor deze verschuiving. Dit wordt regressie genoemd. Wanneer de kustlijn gedurende langere tijd vrijwel op dezelfde plaats blijft, wordt de kust een neutrale kust genoemd.

### Kustvormen

Kusten worden ingedeeld naar:

1. zeebewegingen ten opzichte van het land
2. materiaal, waaruit de kust bestaat.

### Zeebewegingen

a. *transgressiekusten* (ondergelopen land) – ondergelopen rivierdalen

– ondergelopen gletsjerdalen (*fjorden*)

– ondergelopen dalen/glooiende kust

(*riakust* in Joegoslavië)

– ondergelopen kustvlakte met weinig relief

b. *regressiekusten*

– kustvlakte met weinig relief (langzaam oplopend)

– kustvlakte met terrassen (in vast gesteente goed herkenbaar)

c. neutrale kusten

– kusten opgebouwd uit riviersedimenten

– deltakusten

– koraalkust (tropen)

– vulkaankust

d. *breukkusten*; door tectoniek beïnvloede kusten

### Materiaal, waaruit kust bestaat

a. rotskusten

b. koraalkusten; voor de feitelijke kust ligt een koraalrif

c. kusten opgebouwd uit los materiaal, zoals grind, zand of klei. Dit is de enige kustvorm, die in Nederland voorkomt.

### Kusten uit los materiaal

Zoals boven reeds vermeld is, is dit de enige kustvorm, die in Nederland voorkomt.

Los bodemmateriaal kan in de kustzone in de zee vervoerd worden door stromingen en door golven. Boven de waterlijn – dus eigenlijk op het land – door de wind. De sedimentaanvoer door de golven vanuit dieper water door golfwerking kan op zichzelf niet



leiden tot een steeds maar verder zeewaarts aangroeiende kust. Door het strandwaarts gerichte transport wordt de zeebodem dieper. Er treedt een evenwichtstoestand op, waarbij geen sedimentatie meer plaats vindt. Waar stranden langdurig blijven aangroeien is dit gewoonlijk het resultaat van sedimenttransport evenwijdig langs de kust.

### Sedimenttransport evenwijdig langs de kust

Dit transport kan zowel door golven als door stroming plaats vinden. De gelijktijdige werking van deze twee bewegingen is van veel belang. Wanneer de golfbeweging maar sterk genoeg is, kunnen ook zelfs de zwakste stromingen nog materiaal verplaatsen, doordat het materiaal door de golven gemobiliseerd wordt. De verplaatsing langs de kust wordt stranddrift genoemd, wanneer er een overheersende richting is, wordt het kustdrift genoemd. Deze kustdrift speelt een belangrijke rol in de opbouw en afbraak van de Nederlandse kust. Bij de keuze van kustlocaties zoals plan Waterman, maar ook bij de uitvoering van baggerwerkzaamheden en opspuiten van zelfs hele gebieden zoals de Maasvlakte dient wel degelijk rekening te worden gehouden met deze drift. Ten gevolge van deze werkzaamheden kunnen onvoorziene veranderingen van de kust optreden in de vorm van enerzijds afkalving en anderzijds sedimentatie.

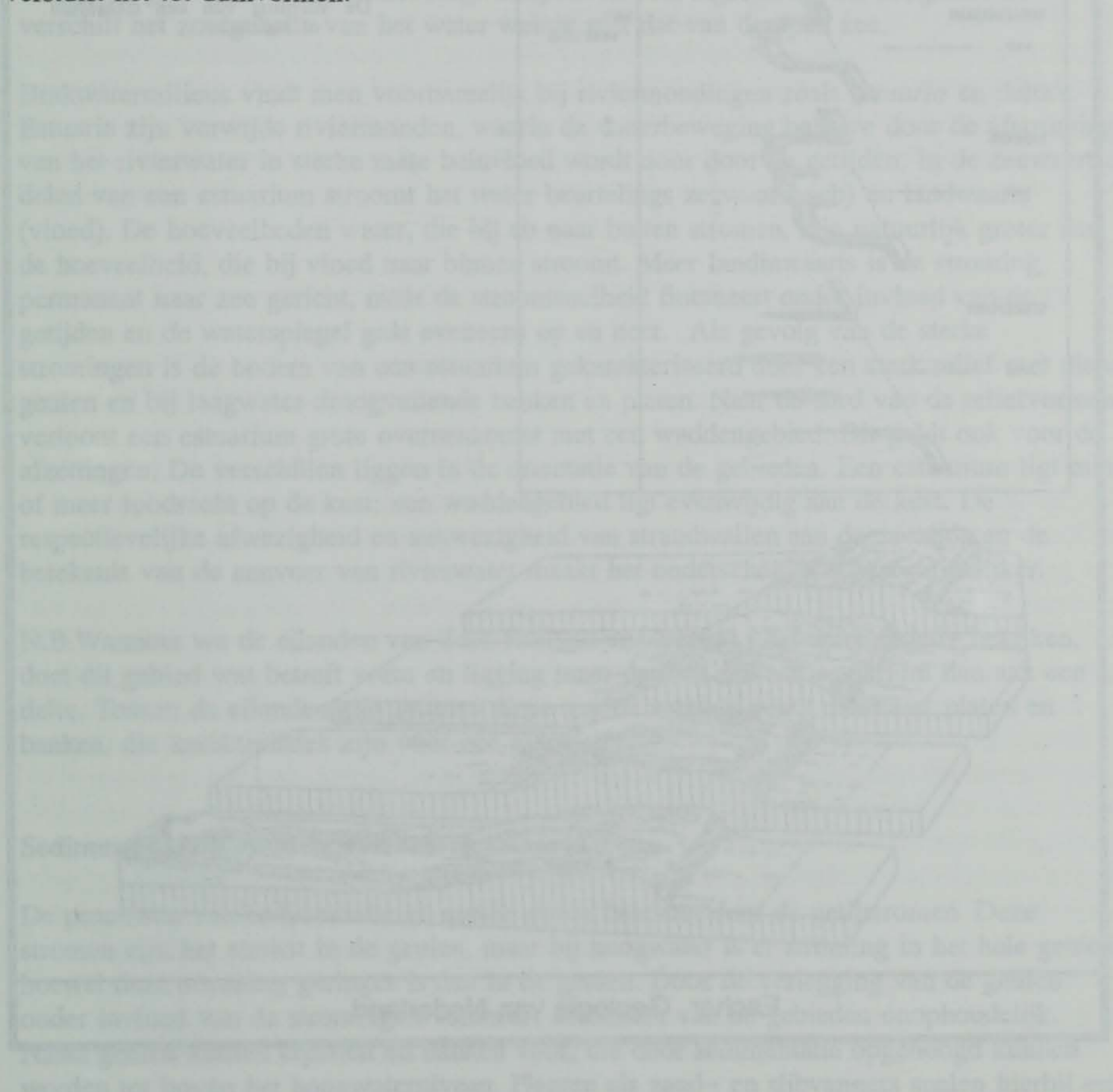
### Werking van de wind op de kust

Aan de landzijde van de kustlijn ligt de strandvlakte met de *strandwallen*. Dit gebied ligt buiten het bereik van de zee. de wind is hier de belangrijkste vormgever. De vorming van de *duinen* is gebonden aan een strandvlakte, waar door de golven steeds weer nieuw materiaal wordt aangevoerd. Dit materiaal wordt gebruikt als bouw materiaal voor duinen. Het zand moet goed droog zijn wil het kunnen stuiven. Kleiachtige bestanddelen mogen niet voorkomen, daar deze het water vast kunnen houden en daardoor het stuiven kunnen tegen gaan. Het zand van de Noordzeekust voldoet aan deze eis, terwijl het zand aan de wadzijde van de Waddenkust te veel slib bevat, zodat daar geen nagenoeg geen duinvorming optreedt.

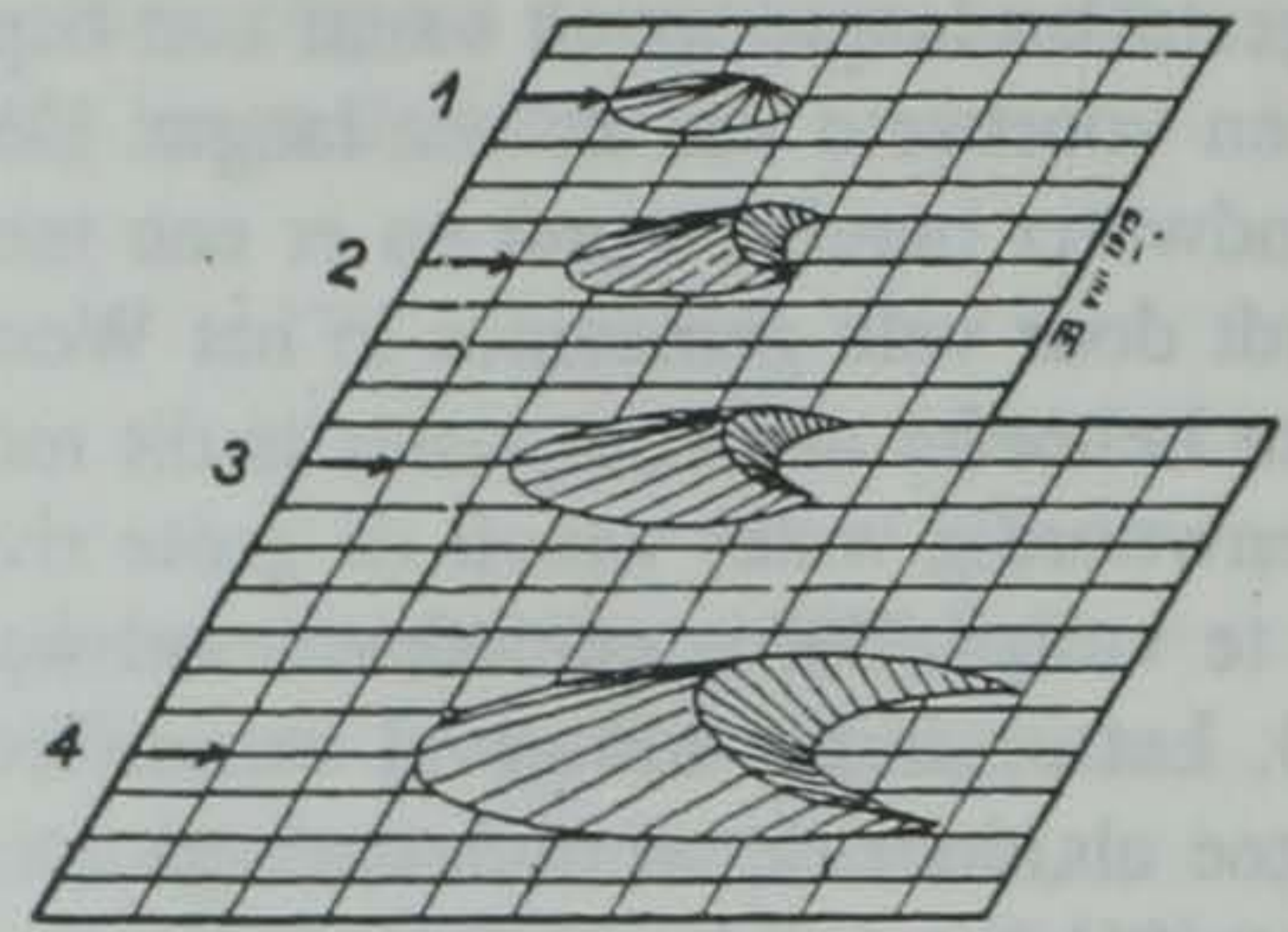
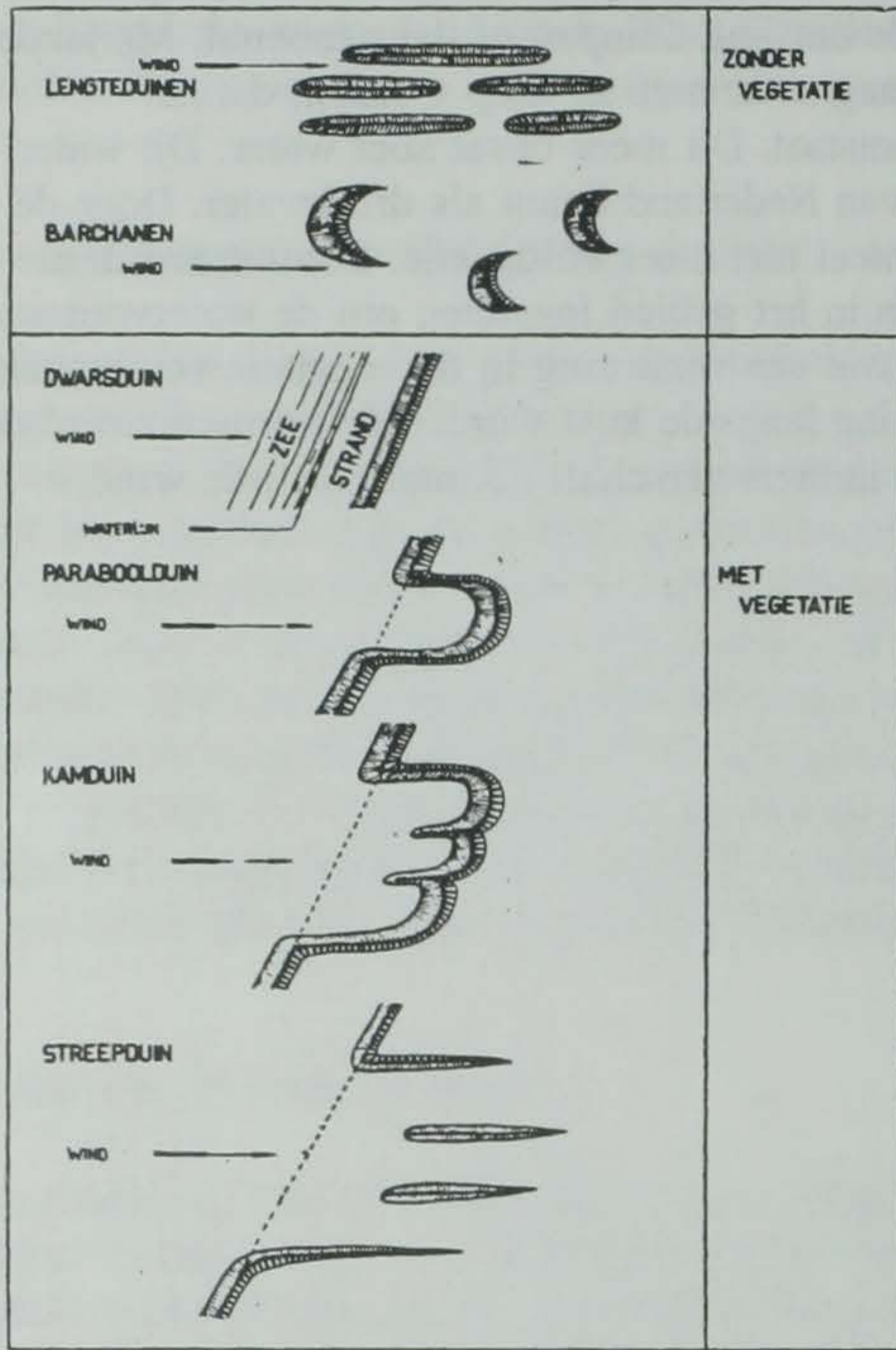
Algemeen wordt aanvaard, dat bij de vorming van duinen langs de kust planten een actieve rol spelen. Langs de kustlijn werkt de wintervloedlijn, waar allerlei materiaal zoals wieren, drijfhout, plastic en afvalzich verzameld heeft, als "zandvanger". Dit angespoelde materiaal heeft een gunstig milieu zowel wat voedsel- en waterhuishouding als wat mikroklimaat betreft, zodat er planten als biestarwegras kunnen gaan groeien. Het biestarwegras (pionier) en de helm (opvolger van biestarwegras in de successiereeks) zijn in staat door het afgezette zand steeds weer omhoog te groeien en op deze manier het zand vast te houden tegen verdere verstuiwing. Wanneer de omstandigheden gunstig blijven wat betreft aanvoer van zand en groeimogelijkheden voor de planten zal uit een reeks van kleine duinen met vegetatie een voorduin of wel strandloper of dwarsduin (duin ligt dwars op de wind) ontstaan. Wanneer door verstoring van de vegetatie door bijvoorbeeld kustafslag, betreding of hollen van dierene zoals konijnen een windgat of

# VARIATIE GEMETEN IN KILOMETERS

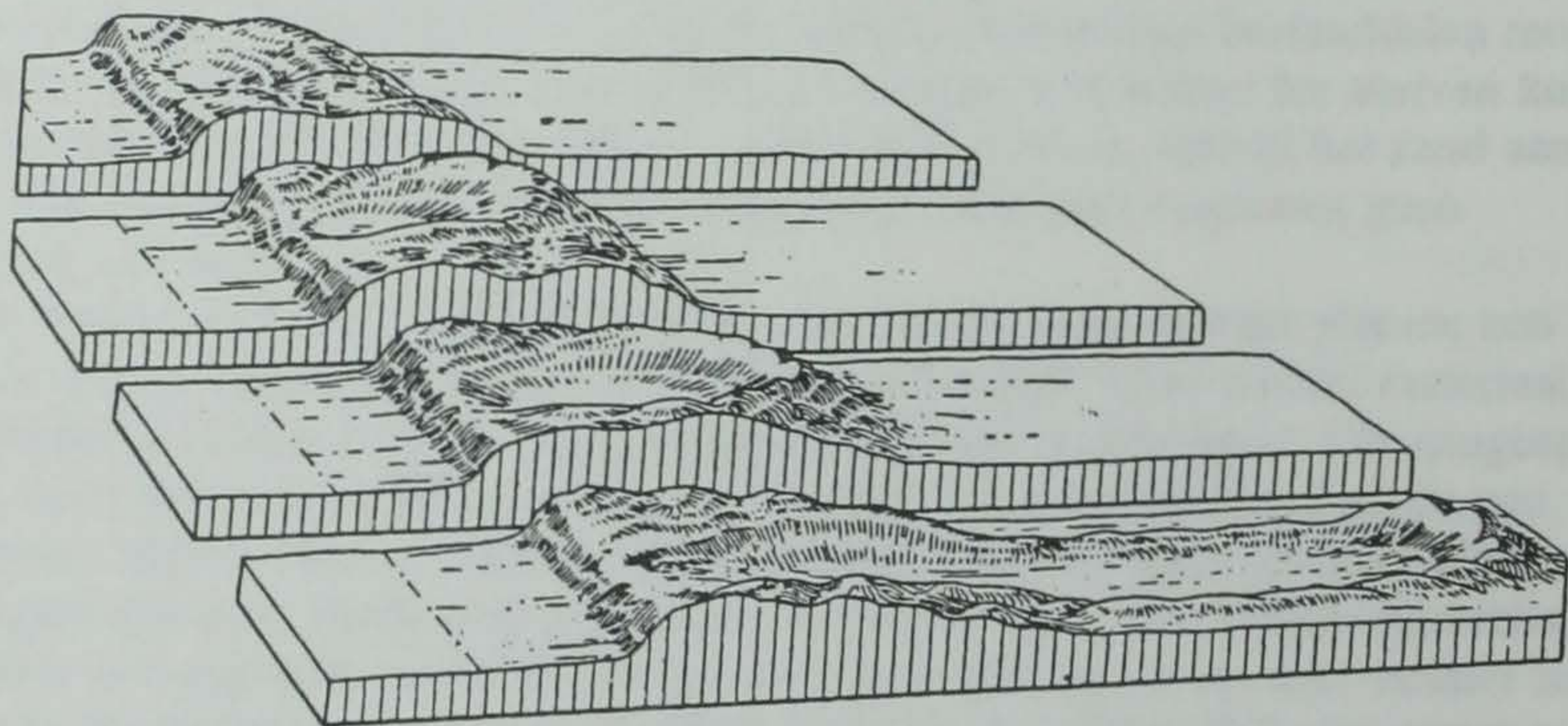
windkuil ontstaat, vormt zich door verstuiwing een andere duinvorm paraboolduin. Bij verdere vervorming door verstuiwing ontstaat een kamduin en tenslotte een streepduin. De uitgestoven laagte wordt vanaf een bepaalde omvang duinpan of del genoemd. Meijndel is een voorbeeld van zo een laagte. Deze laagtes kunnen zo diep worden, dat het grondwater bereikt wordt en er een meer ontstaat. Dit meer bevat zoet water. Dit water wordt door vele gemeentes in het Westen van Nederland benut als drinkwater. Door de grote behoefte aan zoet water is dit momenteel niet meer voldoende. Daarom wordt er tegenwoordig water vanuit de grote rivieren in het gebied ingelaten om de watervoorraad aan te vullen. Dit is gebiedsvreemd water, wat een verstoring in de vegetatie veroorzaakt. N.B. Let op in het het geval van duinvorming langs de kust worden de vormen zowel door de zee als door de wind beïnvloed. De zee immers verschaft het materiaal; de wind verstuift het tot duinvormen.



DUINVORMEN



De vorming van een sikkelduin of barchaan.



Escher, Geologie van Nederland,

### Lagunes, waddengebieden en estuaria

Niet overal wordt de uiterste grens van de mariene sedimentatie door het zeestrand gevormd. Hier en daar strekt de mariene invloed zich uit tot de laag gelegen gebieden aan de landzijde van van de strandwallen. In de meeste gevallen heeft de zee via (semi)permanente zeegaten toegang tot deze gebieden.

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen *lagunes* en *waddengebieden*. Bij een lagune ligt het grootste deel van de bodem onder laagwaterniveau, terwijl bij een waddengebied grote delen bij eb droog vallen en de bodem in feite alleen bij hoog water min of meer volledig onder water staat. De bodem van een lagune wordt gekarakteriseerd door weinig relief, terwijl de bodem van een waddengebied bestaat uit diepe stroomgeulen en platen en banken opgehoogd tot boven het laagwaterpeil. In veel lagunes en waddengebieden verschilt het zoutgehalte van het water weinig met dat van de open zee.

Brakwatermilieus vindt men voornamelijk bij riviermondingen zoals *estuaria* en delta's. Estuaria zijn verwijde riviermonden, waarin de waterbeweging behalve door de afstroming van het rivierwater in sterke mate beïnvloed wordt door de getijden. In de zeewaartse delen van een estuarium stroomt het water beurtelings zeewaarts (eb) en landwaarts (vloed). De hoeveelheden water, die bij eb naar buiten stromen, zijn natuurlijk groter dan de hoeveelheid, die bij vloed naar binnen stroomt. Meer landinwaarts is de stroming permanent naar zee gericht, maar de stroomsnelheid fluctueert onder invloed van de getijden en de waterspiegel gaat eveneens op en neer. Als gevolg van de sterke stromingen is de bodem van een estuarium gekarakteriseerd door een sterk relief met diepe geulen en bij laagwater droogvallende banken en platen. Naar de aard van de reliefvormen vertoont een estuarium grote overeenkomst met een waddengebied. Dit geldt ook voor de afzettingen. De verschillen liggen in de orientatie van de gebieden. Een estuarium ligt min of meer loodrecht op de kust; een waddengebied ligt evenwijdig aan de kust. De respectievelijke afwezigheid en aanwezigheid van strandwallen aan de zeezijde en de betekenis van de aanvoer van rivierwater maakt het onderscheid nog wat duidelijker.

N.B. Wanneer we de eilanden van Zuid Holland en Zeeland –het deltagebied– bekijken, doet dit gebied wat betreft vorm en ligging meer denken aan een estuarium dan aan een delta. Tussen de eilanden zijn immers diepe geulen aanwezig met daarnaast platen en banken, die karakteristiek zijn voor een estuarium.

### Sedimentatie in waddengebieden en estuaria

De processen van sedimentatie en erosie worden beheerst door de getijstromen. Deze stromen zijn het sterkst in de geulen, maar bij hoogwater is er stroming in het hele gebied, hoewel deze stroming geringer is dan in de geulen. Door de verlegging van de geulen onder invloed van de stromingen verandert de bodem van de gebieden onophoudelijk. Naast geulen komen er platen en banken voor, die door sedimentatie opgehoogd kunnen worden tot boven het hoogwaterniveau. Planten als zand- en slibvangers spelen hierbij een

belangrijke rol. De aldus ontstane begroeide terreinen worden schorren in Zuid Holland en Zeeland genoemd en kwelders in het Waddengebied.

### Delta's

*Delta's* ontstaan daar, waar stromend water van rivieren in een groot bekken met min of meer stilstaand water, meer of zee met een gering getijdeverschil. De sedimentatie wordt veroorzaakt door de snelle afname van de stroomsnelheid, waardoor de in het water zwevende deeltjes kunnen "vallen". Zand zet zich eerst af daarna silt en uiteindelijk het fijnste materiaal de klei. Wanneer de zeestroming zo sterk is, dat de fijnere deeltjes niet afgezet kunnen worden, dan worden deze meegevoerd en elders afgezet. Dit is het geval bij de monding van de Rijn. De aangroeisnelheid van een delta kan sterk variëren. Zij is des te groter naarmate de sedimentaanvoer door de rivier groter is, de diepte van de (zee)bodem voor de riviermond kleiner en de invloed van de erosie door golfwerking en getijstroom zwakker is.

De ligging van de Rijndelta is vrijwel stabiel. De Rhonedelta groeit met ongeveer 20 m per jaar en de Wolgadelta groeit met ongeveer 170 m per jaar.

### 5.3 Landvormen ontstaan onder invloed van rivieren

#### Het landschap van het rivierengebied

De Rijn en de Maas, de grootste rivieren van ons land, hebben dit land ook voor een belangrijk deel opgebouwd. Het proces van afzetting of sedimentatie duurt al vele miljoenen jaren. Nederland ligt in een zogenaamd dalingsgebied.

Het gebied, dat momenteel duidelijk door de rivieren met hun afzettingen wordt gekenmerkt is Midden Nederland. Het patroon van de recente rivierafzettingen behoort tot dat van een *meanderende rivier*. een meanderende rivier is een rivier, die langzaam stroomt in een tamelijk vlak gebied, waarbij vele bochten –meanders– gevormd worden. De bedding van de rivieren is in de zomer vrij smal, maar in winter en voorjaar kunnen de rivieren veel water te verwerken krijgen, waardoor de rivieren buiten de oevers van het zomerbed treden. De normale jaarlijkse fluctuatie, waardoor de rivier niet catastrofaal buiten zijn oevers treedt, veroorzaakt een afzetting van grof materiaal direct naast de bedding als een wal –de oeverwallen– en verder van de rivier af van fijn materiaal (klei) in laagtes –de kommen–. Op de *oeverwallen* worden voornamelijk akkers en boomgaarden aangetroffen. Vanouds heeft de mens zich op de oeverwallen gevestigd en ook de oude wegen worden hier aangetroffen. De kommen vormen de grote open weidegebied in dit gebied, die lange tijd vrijwel niet bewoond zijn geweest en waar ook weinig of geen wegen te vinden zijn. Door recente landinrichtingsplannen en/of ruilverkavelingen is dit oude patroon vaak niet meer herkenbaar. De loop van de rivieren is in Nederland sinds de

Middeleeuwen gefixeerd door bedijkingen. Er komt sindsdien alleen materiaal op de uiterwaarden tot afzetting.

Bij extreem hoog water kunnen er overstromingen ontstaan. Deze overstromingen worden veroorzaakt door zware regenval of plotseling invallende dooi stroomopwaarts.

Overstromingen worden in de hand gewerkt door kanalisatie van de rivieren, waardoor de afvoersnelheid van het water hoger wordt, en erosie van de bodem in het afwateringsgebied door veranderd grondgebruik, waardoor de bufferende werking van de bodem sterk verkleind is of zelfs tot 0 gereduceerd kan zijn.

De percelering van het oostelijk rivierengebied behoort wat de oeverwallen betreft grotendeels tot de blokverkaveling, terwijl de bijbehorende *komgebieden* een *slagenverkaveling* kennen. De dorpen in dit oostelijk deel vertonen veel overeenkomsten met de esdorpen.

Naar het Westen toe verandert de verkaveling geleidelijk in een strokenverkaveling zonder bewoning op de kavels. Wanneer de rivieren in het Hollandse veengebied komen verandert er in strokenverkaveling niets, maar de bewoning vindt hier wel op de kavels plaats. Dit is mede het gevolg van een speciale ontginningsvorm: de cope-ontginning. de dorpen kennen hier een langgerekte vorm.

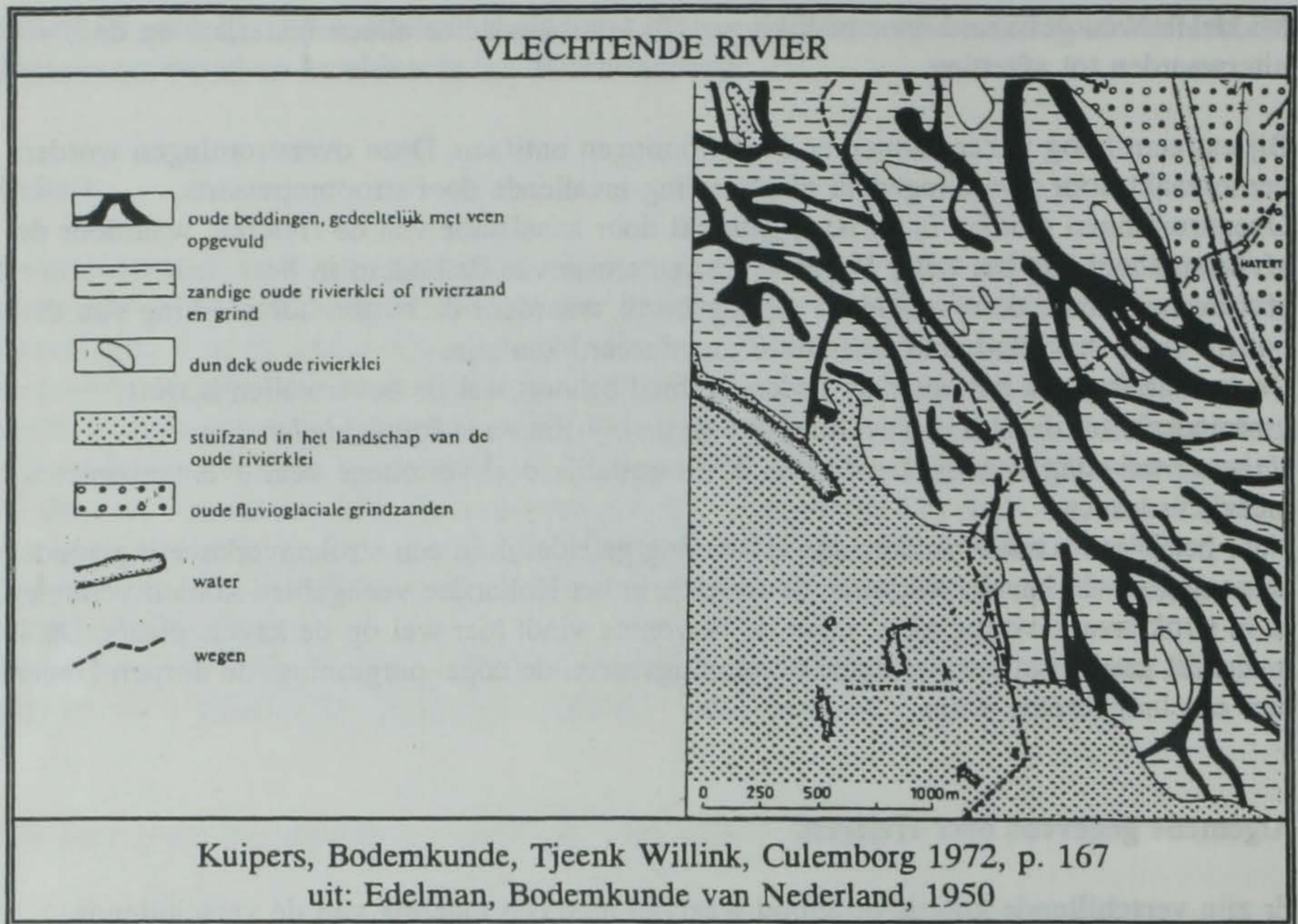
### Algemene gegevens over rivieren.

Er zijn verschillende criteria op grond waarvan men een indeling van de verschillende soorten rivieren kan maken, zoals naar:

- vorm en loop
- herkomst van het water
- wisseling van de afvoer

### Vorm en loop

Men maakt een onderscheid in *dalvormende rivieren*, *meanderende rivieren* en *verwilderende of vlechtende rivieren*. alleen meanderende rivieren komen nu nog in Nederland voor. Een meanderende rivier vertoont min of meer regelmatige kronkels in een vlak gebied. De aanvoer van water is tamelijk regelmatig. Een meanderende rivier verandert bij extreem hoge toevoer van water in een vlechtende rivier. De kernen van een vlechtende rivier zijn: een stelsel van vele kleine, middelmatig brede en ondiepe waterlopen, die zich herhaaldelijk opsplitsen en weer samenvloeien.



De hoeveelheid water, dat afgevoerd wordt wisselt zeer sterk. Gedurende de ijstijden behoorden de Rijn en de Maas tot dit type rivier, want de hoeveelheid water was voornamelijk afhankelijk van het afsmelten van het ijs, terwijl neerslag in de vorm van regen vrijwel niet voorkwam.

### Herkomst van het water

Rivieren kunnen op grond van herkomst van het water onderverdeeld worden in: sneeuw-, gletsjer-, regen-, bron- en samengestelde rivieren. Het water van de samengestelde rivieren, waartoe overigens alle grote rivieren behoren, bestaat in de meeste gevallen uit alle vier de soorten. De Rijn is een samengestelde rivier met zowel sneeuw als gletsjer als regen als bron als waterleverancier, terwijl de Maas geen water van een gletsjer krijgt. Het gevolg is, dat de Maas grotere fluctuaties in watertoevoer kent dan de Rijn.

## VARIATIE GEMETEN IN KILOMETERS

---

### Wisseling van afvoer

Men maakt een onderscheid in intermitterende (periodieke), permanente en onderbroken rivieren. De Nederlandse rivieren behoren tot de permanente rivieren.

### Waterhuishouding of regime.

Onder *waterhuishouding* of *regime* van een rivier wordt verstaan de hoeveelheid water (het debiet), zoals die in de loop van een jaar of van vele jaren wisselt en de factoren, die hierop van invloed zijn.

Een rivier is een onderdeel van een stroomstelsel, dat uit hoofd- en zijrivieren bestaat. Meestal is dit stelsel boomvormig of dendritisch vertakt. Omdat de kleinere riviertjes van de bron af zich tot grotere verenigen, neemt in de regel het debiet stroomafwaarts toe. Het gebied, waarvan de nuttige neerslag naar een rivier toestroomt, is het verzamelgebied of stroomgebied van die rivier. Dit gebied wordt van een ander stroomgebied gescheiden door een waterscheiding.

De waterafvoer van een rivier wordt beïnvloed door

- doorlatendheid van de bodem of het gesteente
- klimaat
- vegetatie

### Doorlatendheid

Bij een ondoorlatend grond of gesteente stroomt al het gevallen water direct over de oppervlakte naar de rivier. Grote fluctuaties zijn in dit geval mogelijk. Vergelijk dit met opvang van regenwater in een verhard stedelijk gebied, waar geen buffering of opnamecapaciteit voor water is.

### Klimaat

Bij het klimaat is niet alleen de hoeveelheid neerslag van belang, maar ook de temperatuur. Deze immers bepaalt de vorm -sneeuw, ijs of regen- en de verdamping. de spreiding van de neerslag over het jaar of over een reeks van jaren is belangrijker dan de gemiddelde jaarlijkse neerslag.

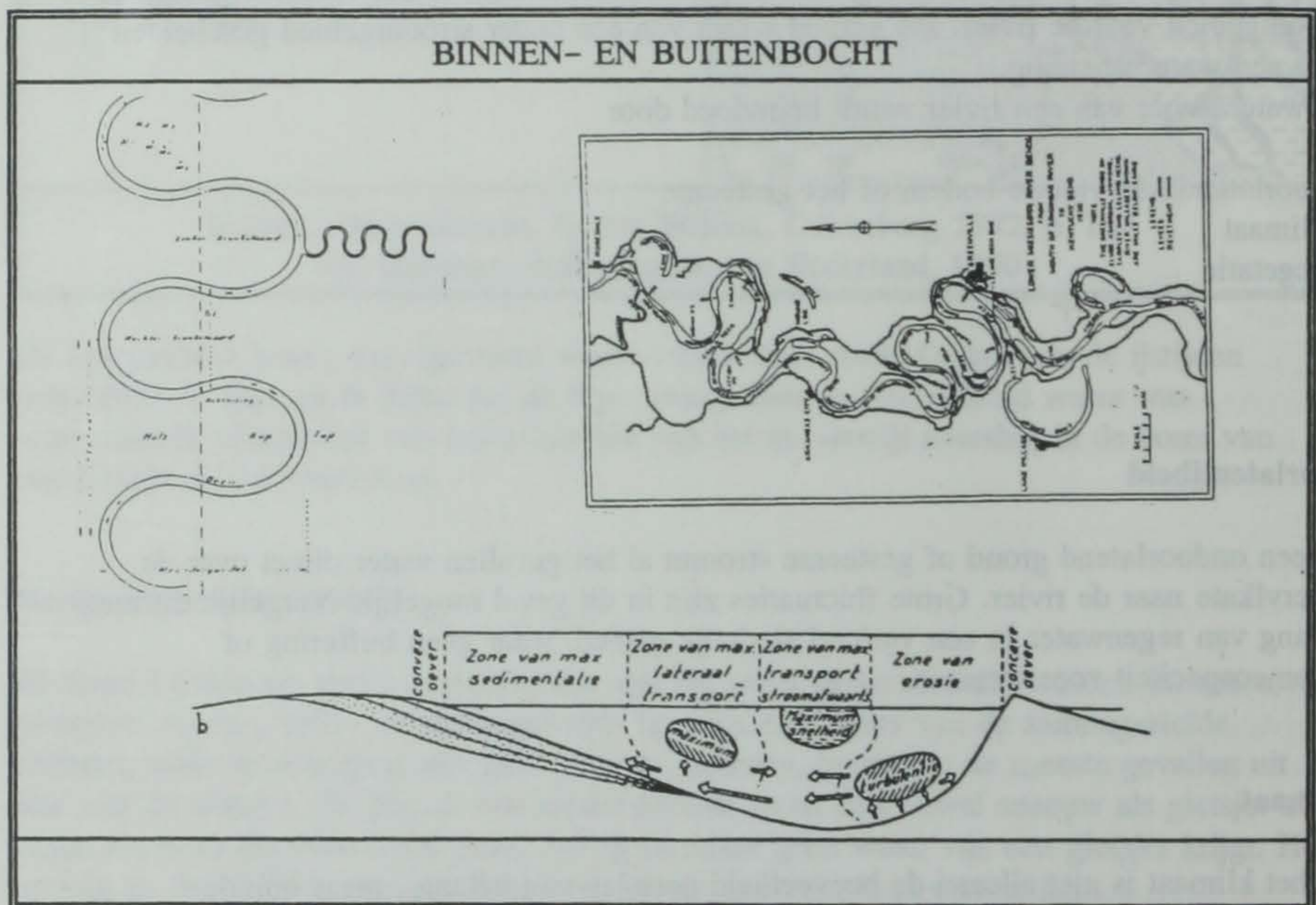


## Vegetatie

De vegetatie beïnvloedt in sterke mate de afstroming van het regenwater. Bij de aanwezigheid van begroeiing valt het water eerst op de bladeren en daarna op de grond en dringt langs wortelkanalen de grond in. In gebieden met geen of geringe vegetatie is de kans groot, dat het water helemaal de grond niet indringt, doordat de grond geerodeerd wordt of dichtslaat door de regen.

## Stroomsnelheid

In een rechte geul met een symmetrische dwarsdoorsnede ligt de grootste stroomsnelheid in het midden aan of even onder het oppervlak. Een rivier vertoont nooit een rechte vorm. In een bocht zal het water proberen rechtuit te stromen, zodat aan de *buitenbocht* een ophoping van water ontstaat en aan de *binnenbocht* een tekort.



Het water zal in de buitenbocht sneller stromen dan in de binnenbocht, wat erosie en verdieping van de bedding tot gevolg heeft. Door deze erosie van de buitenbocht verplaatst de rivier de bochten automatisch stroomafwaarts.

De lijn, die de punten met de hoogste stroomsnelheid verbindt, wordt de *stroomdraad* genoemd.

### Lengteprofiel

Het ideale *lengteprofiel* van een rivier wordt gekenmerkt door een steil bovendeel en een steeds vlakker wordend benedendeel; de curve benadert een parabool. Talrijke rivieren hebben de ideale vorm nog niet bereikt of deze door tectoniek, aardverschuivingen, lavastromen enz. verloren.

### Sedimentatie

Hierbij wordt een onderscheid gemaakt in materiaal, vervoer en afzetting.

P.M. (wordt afzonderlijk uitgereikt)

### 5.4 Landvormen ontstaan onder invloed van het ijs

Nederland is minstens eenmaal in recente geologische tijd bedekt geweest met *landijs*. Naast deze periode met ijs heeft ons land meerdere koude periodes gekend, die eveneens sporen in het landschap hebben nagelaten. Het oorspronkelijke landschap is gedurende deze koude periodes enerzijds door het ijs en anderzijds door de vorst bewerkt en omgevormd van een vlak door rivieren opgebouwd gebied tot een heuvelachtig gebied. De oorspronkelijke rivierafzetting zijn hierdoor sterk gestoord en zijn ten Noorden van de lijn Haarlem-Nijmegen gedeeltelijk met *morenen* bedekt. Het landijs heeft op zijn weg door Nederland gebruik gemaakt van reeds bestaande rivierdalen. Deze dalen zijn sterk uitgediept en tevens werden de dalwanden door het ijs opgestuwd.

De grote *stuwwallen* bestaan veelal uit boogvormig verlopende langgerekte heuvels met vrij steile hellingen aan de landijs kant en flauwe hellingen aan de andere kant. In het gebied ten noorden van de lijn Haarlem-Nijmegen komen grotere en kleinere stuwwallen voor met hoogteverschillen variërend van 50-100m voor de grotere en 5-10m voor de kleinere.

Het door het landijs meegevoerde materiaal, de morenen (in Nederland *keileem* genoemd), wordt eveneens boven genoemde lijn aangertoffen. Deze morenen vormen de vlakke delen zoals het Drents Plateau. In de door het ijs gebruikte (vroegere) rivierdalen ligt de keileem diep onder het huidige oppervlak.

In de periodes na de ijstijden is het land weer door andere agentia bewerkt. Vele duidelijke vormen uit de ijstijd zijn hierdoor afgevlakt of zelfs vrijwel verdwenen.

### 5.4.1 Gletsjers en landijs

Een *gletsjer* wordt onderverdeeld in een verzamelgebied van sneeuw en een gebied, waar het ijs afsmelt.

Gletsjers worden in verschillende types onderverdeeld:

1. landijs, dat onafhankelijk van de vorm en de hoogte van de ondergrond het land geheel of vrijwel geheel overdekt; voorbeelden zijn Groenland en Antarctica en gedurende de ijstijden Skandinavië en de Alpen.
2. een verzamelbekken (*firnplateau*) met verschillende gletsjertongen; het afsmeltgebied ligt rondom een gemeenschappelijk voedingsgebied (in feite is bedekt landijs een zeer groot oppervlak, terwijl deze vorm beperkt van omvang is)
3. dalgletsjer; degletsjer ligt in een dal en wordt gevoed vanuit verschillende verzamelbekkens; het gebergte steekt boven het eigenlijke voedingsgebied en de gletsjer uit. voorbeelden zijn de vele gletsjers in de Alpen.

De gletsjers liggen niet stil, zij bewegen met onder invloed van de ophoping van sneeuw en ijs en niet te vergeten de zwaartekracht. De snelheid van de beweging is niet direct met het oog waarneembaar, maar via merktekens is deze echter wel vast te stellen. Zij varieert van 30–150m per jaar voor de Alpiene gletsjersto tot 30–50m per dag voor gletsjers in Groenland en Alaska.

Deze beweging, het schuiven van de gletsjer over de ondergrond heeft erosie tot gevolg. Het ijs oefent een schurende en slijpende werking uit op de ondergrond door middel van het in de gletsjer aanwezige gesteente. Hierdoor ontstaan er in de bergen U-vormige of trogdalen.

Het materiaal, dat de gletsjer erodeert, wordt ook weer door de gletsjer afgezet. Dit materiaal wordt morene genoemd.

### Morenen

Het sediment door de gletsjer afgezet wordt *morene* genoemd. Men maakt onderscheid in zijmorenen, eindmorenen, recessiomorenen en grondmorenen.

In Nederland treffen we in principe alle soorten morene aan, maar door latere erosie is veel van dit sediment opgeruimd. De morene, die nu nog grote hoeveelheden te vinden is en bovendien goed herkenbaar is, is de grondmorene. Het bestaat uit puin, dat enigszins is afgerond en fijn materiaal, dat door het schuiven over de ondergrond is afgesleten en getransporteerd. Dit geheel van puin en fijner materiaal is tot een vrij homogene massa gemengd.

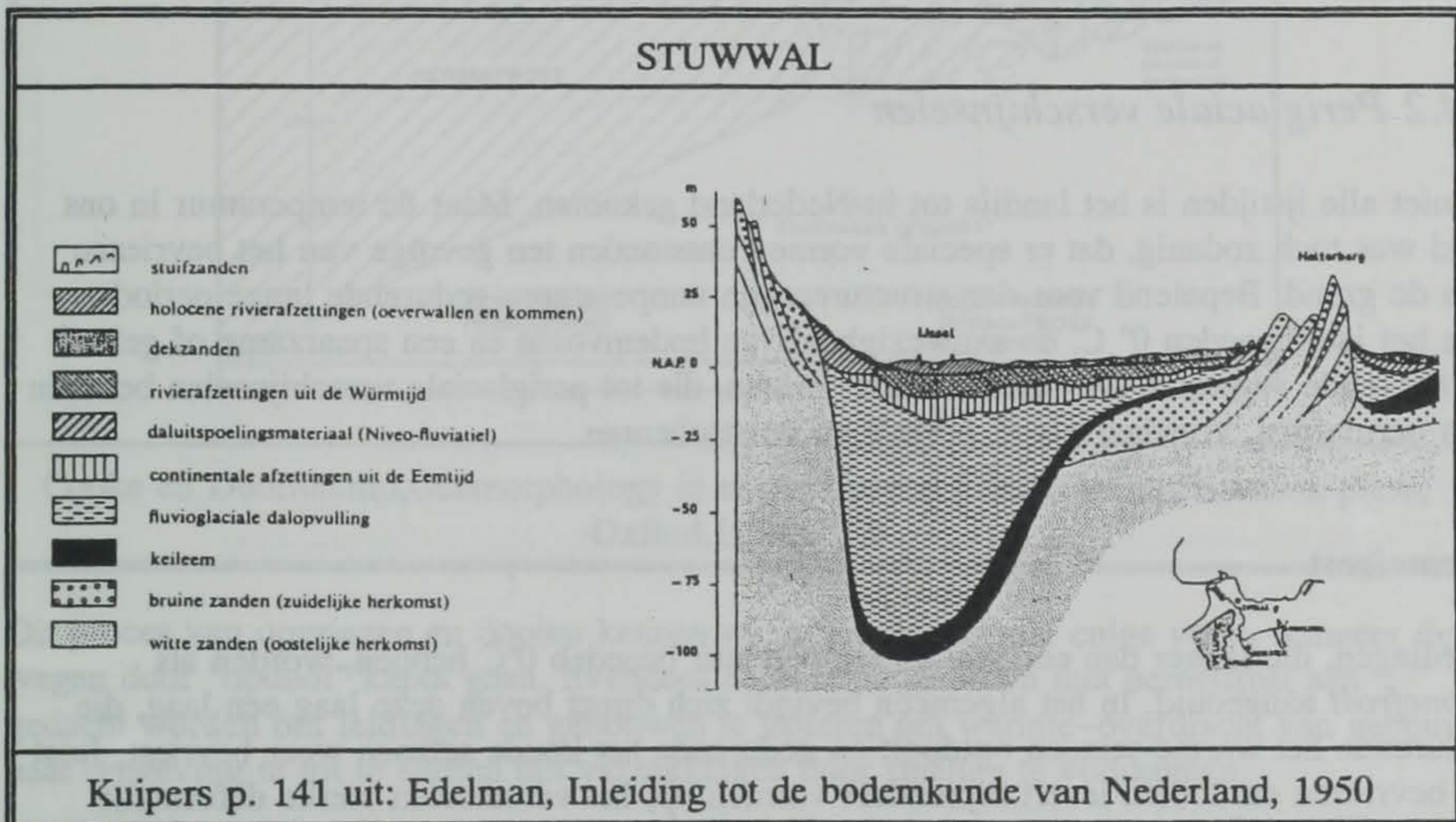
De pleistocene grondmorene wordt in Nederland *keileem* genoemd. Het wordt gevonden in het Noorden en Oosten van ons land. Er worden verschillende grote keien gevonden, die

## VARIATIE GEMETEN IN KILOMETERS

door de Hunnebedbouwers gebruikt werden voor hun graven. Uit de gesteentesamenstelling is af te leiden, dat de herkomst van het ijs Skandinavie is.

### Stuwwallen

Wanneer een gletsjer over losse ondergrond schuift, is het mogelijk, dat dit materiaal tot een wal wordt opgedrukt. Deze wal vertoont in dwarsdoorsnede een schubstructuur.



Een stuwwal onderscheidt zich van eindmorene-afzetting van glaciaal bewerkte materialen aan het eind van een gletsjer- juist deze geschubde structuur van oudere merendeels rivierafzettingen.

Er komen vanzelfsprekend allerlei tussenvormen van eindmorene en stuwwal voor.

### Smeltwaterafzettingen

Naast de direct door het ijs afgezette sedimenten komen ook door ijs en water (rivier) afgezette sedimenten voor. Dit zijn zo genoemde *fluvioglaciale afzettingen*. De vormen die hierbij horen zijn:

1. zeer vlakke puin/zandwaaier (*sandr*) afgezet voor het ijsfront

2. langgerekte slingerende ruggen met vrij uniforme breedte (*esker*). Zij zijn in of onder de gletsjer in smeltwatertunnels ontstaan. Zij kunnen vele honderden kilometers lang zijn en enkele tientallen meters hoog.
3. fluvioglaciale afzettingen in de vorm van terrassen tussen de gletsjer en de dalwand of stuwwal afgezet door smeltwaterbeken op en langs de gletsjer. Ter plaatse van van blokkēn ijs (z.g. *doodijs*) in een *kamterras* of *sandr* vindt geen sedimentatie plaats. Na het afsmelten van het ijs blijven depressoies over. Voorbeelden hiervan zijn het Uddelermeer en het Zuidlaardermeer.

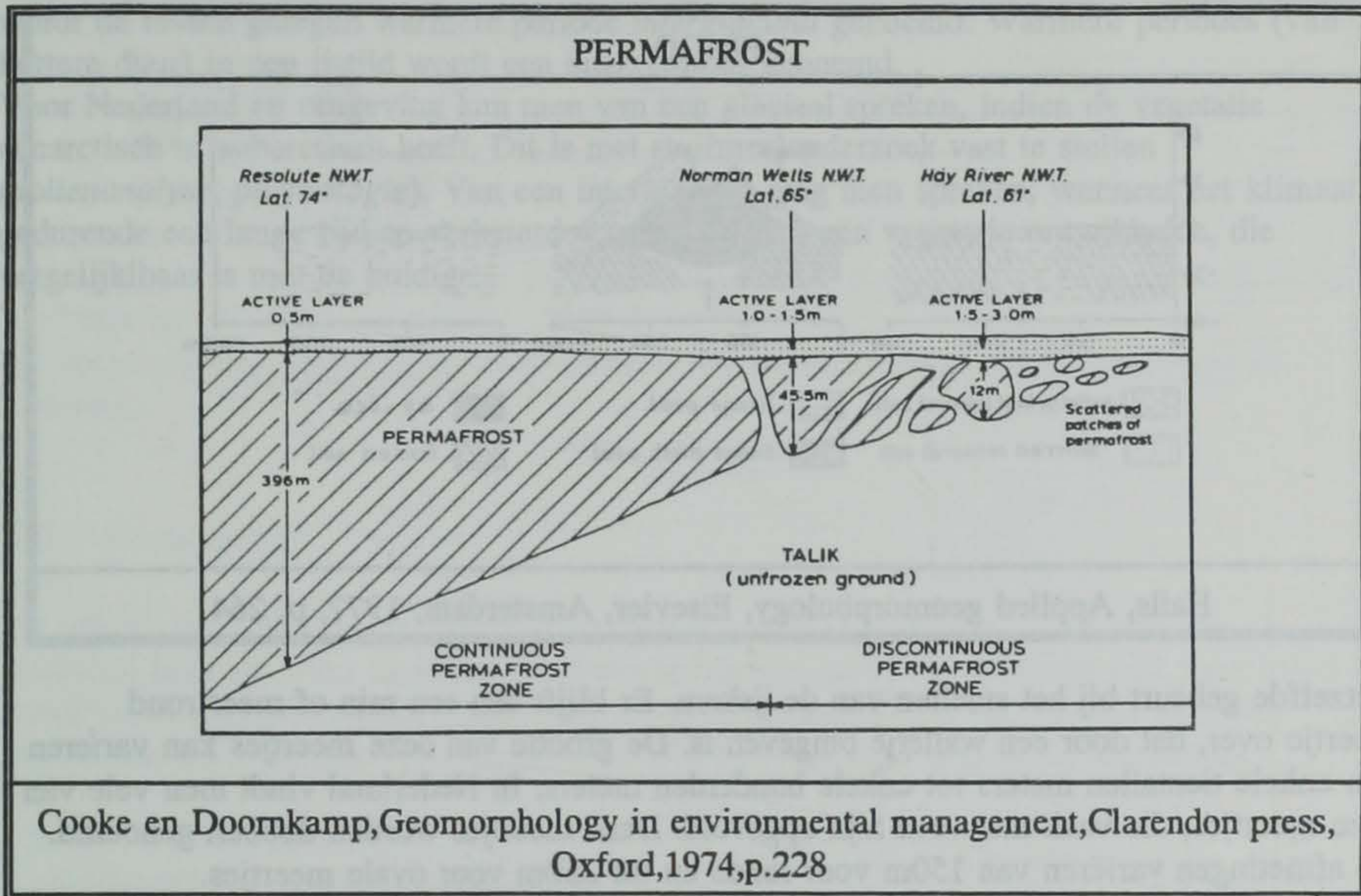
### 5.4.2 Periglaciale verschijnselen

In niet alle ijstijden is het landijs tot in Nederland gekomen. Maar de temperatuur in ons land was toch zodanig, dat er speciale vormen ontstonden ten gevolge van het bevriezen van de grond. Bepalend voor deze structuren zijn temperaturen gedurende lange periodes van het jaar beneden 0° C, de aanwezigheid van bodemvocht en een spaarzame of geheel ontbrekende vegetatie. De verschillende vormen, die tot periglaciale verschijnselen behoren zijn permafrost, vorstheuvelds of pingo's en vorstscheuren.

#### Permafrost

Aardlagen, die langer dan een jaar een temperatuur beneden 0°C hebben, worden als *permafrost* aangeduid. In het algemeen bevindt zich direct boven deze laag een laag, die gedurende het warme seizoen ontdooit en gedurende het koude seizoen weer befrist. Juist dit bevriezen en dooien levert bijzondere vormen op; het veroorzaakt sterke deformatie van niet verharde lagen vooral bij afwisseling van lagen grofkorrelig en fijn korrelig materiaal. Dit verschijnsel wordt *kryoturbatie* genoemd. Deze kryoturbatie wordt op vele plaatsen in de Nederlandse ondergrond gevonden.

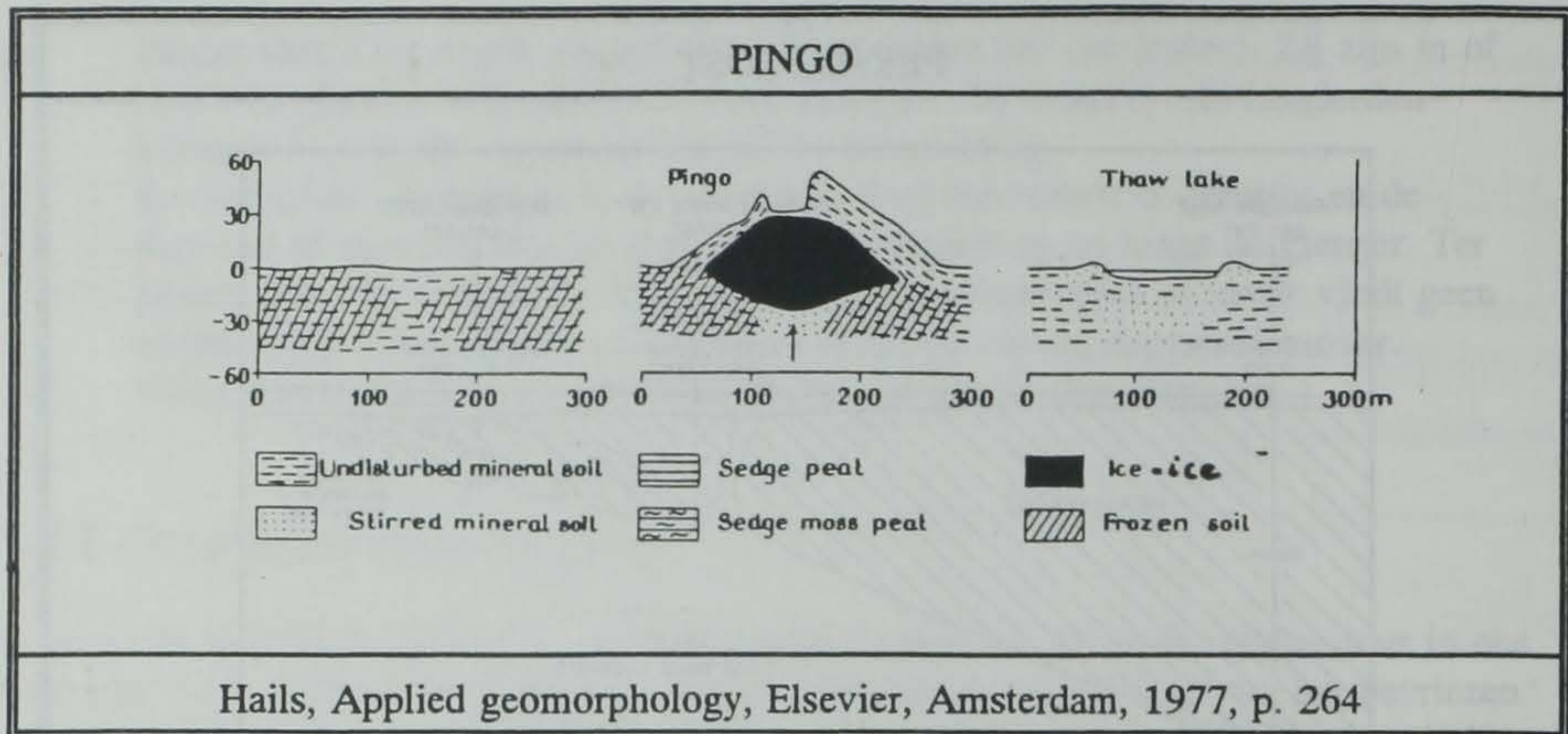
De dikte van de permafrostlaag kan tot enkele honderden meters oplopen in de koudste gebieden. Zij neemt in derichting van de rand af tot enkele tientallen meters en de bevroren pakkettevallen uiteen in blokken van zeer afwisselende afmetingen.



Dit proces van opvriezen en dooien kennen we iedere winter met enige vorst, wanneer de wegen door "opdooi" kapot gaan. Eveneens moet er in gebieden met permafrost aan gedacht worden om leidingen en gebouwen te isoleren om warmte-overdracht van gebouw naar omgeving te uit te sluiten om verzakkingen door smelten te voorkomen.

### Vorstheuvels of pingo's

Een *pingo* is een kleine heuvel met een ijskern, die de opheffing heeft veroorzaakt. Ze ontstaan uitsluitend in permafrost gebieden. Bij het aangroeien van deze ijskern kan de aardlaag eroverheen breken en dan "zakt" de heuvel "in".



Hetzelfde gebeurt bij het smelten van de ijskern. Er blijft dan een min of meer rond meertje over, dat door een walletje omgeven is. De grootte van deze meertjes kan variëren van enkele tientallen meters tot enkele honderden meters. In Nederland vindt men vele van deze meertjes, die vaak met veen zijn opgevuld. Deze meertjes worden dobben genoemd. De afmetingen variëren van 150m voor ronde en tot 250m voor ovale meertjes.

### Vorstscheuren en vorstspletten

Door plotselinge snelle temperatuurdaling van 20° of meer kunnen er spleten en scheuren in de bodem ontstaan als gevolg van de volumeverandering van ijs. Deze spleten kunnen opgevuld worden met ander materiaal uit de omgeving. Deze vorstspleten en scheuren komen in heel Nederland voor.

### 5.4.3 De ijstijden

Een groot aantal verschijnselen in gebieden, die thans meer of minder ver van huidige gletsjers en landijskappen verwijderd liggen, kan slechts verklaard worden door aan te nemen, dat er in het recente geologische verleden gletsjers en landijs een grotere verbreiding hadden dan nu het geval is. Deze verschijnselen zijn talrijk. Zij omvatten zowel aanwijzingen voor glaciële erosie als glaciële en fluvioglaciële sedimentatie evenals aanwijzingen voor periglaciële omstandigheden, migratie van planten en dieren, zeespiegelfluctuaties enz.

Deze koude periodes worden stratigrafisch gelocaliseerd in het Pleistoceen.

Indien een belangrijke vergletsjering of glaciatie optreedt, spreekt men van een *ijstijd* of glaciële tijd, kortweg *glaciiaal* genoemd. Bij opeenvolging van verschillende glaciëlen

wordt de tussen gelegen warmere periode *interglaciaal* genoemd. Warmere periodes (van kortere duur) in een ijstijd wordt een *interstadiaal* genoemd.

Voor Nederland en omgeving kan men van een glaciaal spreken, indien de vegetatie eenarctisch of subarctisch heeft. Dit is met stuifmeelonderzoek vast te stellen (*pollenanalyse, palynologie*). Van een interglaciaal mag men spreken, wanneer het klimaat gedurende een lange tijd zo verbeterd was, dat er zich een vegetatie ontwikkelde, die vergelijkbaar is met de huidige.

De volgende programma's zijn onder invloed van de wind plaats krijgen. Het proces van sedimentatie.

5.5.2 Winderosie

Bij winderosie wordt er materiaal (deeltjes) van de bodem afgevoerd door de wind. Dit proces wordt ook wel winderosie genoemd. Het proces van winderosie wordt ook wel winderosie genoemd. Het proces van winderosie wordt ook wel winderosie genoemd.

1. In het laag van materiaal
2. grondwater (naat zand) (zand)
3. grondwater (zand) (zand)
4. bodemprofiel, waarin een verband is herkend

5.5.3 Windtransport of eolisch transport

Het eolisch transport is geheel verschillend van het watertransport. Omdat de valschijf van een materiaal in de lucht is, wordt het materiaal door de wind meegevoerd. Het proces van windtransport wordt ook wel windtransport genoemd. Het proces van windtransport wordt ook wel windtransport genoemd.

Kuiper, H. (1972) *Handboek van de Aardrijkskunde*, De Groot, Groningen, 1972

Het door de wind meegevoerde materiaal, of de in de lucht opgevoerde stof, wordt in de lucht meegevoerd. Het proces van windtransport wordt ook wel windtransport genoemd. Het proces van windtransport wordt ook wel windtransport genoemd.



# VARIATIE GEMETEN IN KILOMETERS

GEOLOGISCHE TIJDSCHAAL			
Tijdschaal	Geol. perioden	Afzettingen	Archeologische perioden
+1200	SUB-	Jongere jonge zeeklei	Bedijking oude kernen Karolingische bewoning
+300 +100 ±0	ATLANTICUM	Jonge duinen, oudere jonge zeeklei	Romeinse bewoning
-700		Eerste jonge zeeklei- afzettingen	IJzertijd Bronstijd
-3000	SUBBOREAAL	Veen	Neolithicum (jong steentijdperk)
	ATLANTICUM	Oude duinlandschap Oude zeeklei	
-5500 -7500	BOREAAL	Veen op grote diepte	Mesolithicum (homo sapiens)
-8000	PRE-BOREAAL	idem	
-20000	LAAT-GLACIAAL (jong pleistoceen)	Dekzand en löss	
-200.000	WÜRM-IJSTIJD	Dekzand en löss	Paleolithicum (Neanderthal-mens)
	RISZ-IJSTIJD	Stuwwallen, keileem, keien, fluvioglaciaal zand	
-1.000.000	OUD-PLEISTOCEEN	Grind, zand en leem door de oude rivieren afgezet (pre-glaciaal zand enz.)	

Kuipers, Bodemkunde, Tjeenk Willink, Culemborg, 1972

### 5.5 Landvormen ontstaan onder invloed van de wind

In Nederland kennen we twee landschappen, die hun vormen voornamelijk aan de *wind* te danken hebben. Met name de duinen langs de kust en het dekzand en lössgebied in het oosten en het zuiden van het land. Overigens komen er ook duinen voor in alle zandgebieden van Nederland inclusief de riviergebieden.

Met andere woorden overal, waar het zand kan stuiven, doordat er geen begroeiing is, die het "vast houdt", ontstaan duinen.

De volgende processen vinden onder invloed van de wind plaats: erosie, transport en afzetting.

#### 5.5.1 Winderosie

Bij *winderosie* wordt er een onderscheid gemaakt tussen wegblazen (*deflatie*) van materiaal door de wind en schuring of aantasting van materiaal door een met zand beladen windstroom (vergelijk zandstralen van gebouwen, metalen, glas enz.) Beide aspecten komen meestal tegelijkertijd voor. Beperkende factoren voor deflatie of stuiven zijn:

1. te kort aan materiaal
2. grondwater (nat zand stuift niet)
3. grindbanken (keienvloertje met windkanter)
4. podzolbodemprofiel, waarin een verharde B horizont aanwezig is.

#### 5.5.2 Windtransport of eolisch transport

Het *eolisch transport* is geheel vergelijkbaar met het transport in stromend water. Omdat de valsnelheid van een materiaal korrel in lucht veel hoger is dan in water, betekent dit, dat door de wind kleinere korrels worden vervoerd dan door stromend water. Een korrel met dezelfde diameter heeft in lucht een grotere stroomsnelheid (windsnelheid) nodig dan voor vervoer in water.

#### 5.5.3 Eolische accumulatie of afzetting

Het door de wind meegevoerde materiaal, of dit nu dicht aan het oppervlak of hoog in de lucht in een turbulente luchtstroom vervoerd wordt, wordt ergens afgezet. De eolische afzettingen vinden een vrij grote verbreiding over het aardoppervlak. Zij vallen op grond van de korrelgrootte uiteen in twee hoofdgroepen: zand en löss.

### Zandafzettingen

Het door de wind aangevoerde zand kan op velerlei wijze tot afzetting komen. Zo kan het afgezet worden voor en achter een obstakel, op een open vlakte als een deken, terwijl het eveneens door vegetatie "gevangen" kan worden en kan worden vastgehouden.

De vormen, die zo ontstaan zijn *duinen*, onder andere *rivierduinen*, *vrije duinen* en *organogene duinen*, *dekzand* en *stuifzand*.

Organogene duinen komen voornamelijk langs de kust voor, waarbij vastlegging door middel van vegetatie een belangrijke rol speelt.

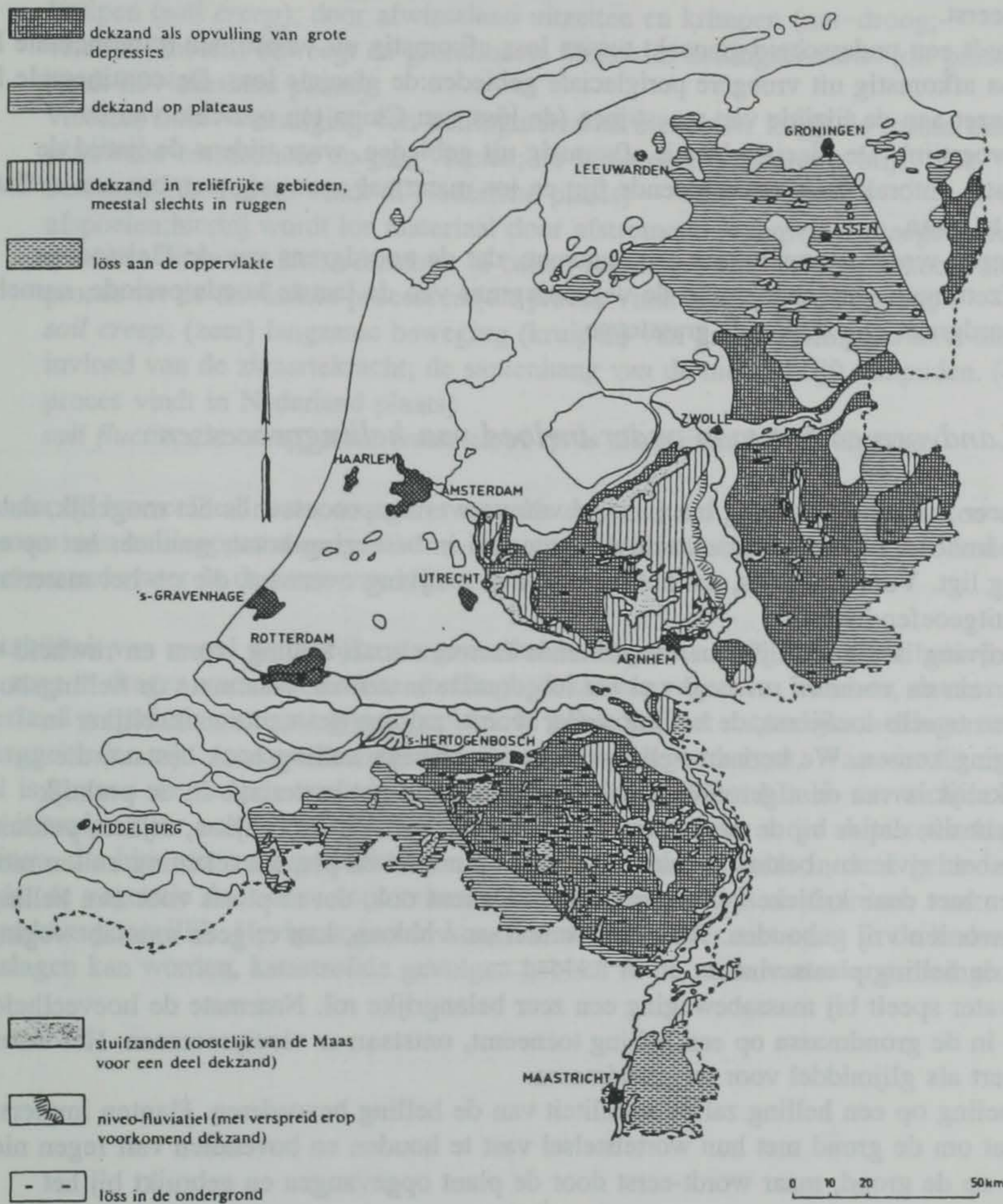
Vrije duinen ontstaan op een open zandvlakte en migreren en veranderen hehaaldelijk van plaats en vorm. Het *sikkelduin* of *barchaan* is daar een voorbeeld van evenals *dwarsduinen* en *lengteduinen*.

Rivierduinen liggen langs rivieren; het zand is afkomstig uit drooggevallen rivierbeddingen. Gedurende de ijstijden zijn in Nederland langs de rivieren vele duinen ontstaan. Een door latere rivierafzettingen omgeven rivierduin in Nederland wordt een *donk* genoemd.

Dekzand komt over grote oppervlakken als een soort deken voor, alle oorspronkelijke vormen bedekkend. Deze dekzanden zijn gedurende de ijstijden in Nederland afgezet. Stuifzand ontstaat door lokale verstuiving in een zandgebied bij verstoring van de vegetatie. Denk er aan, dat elke verstoring van de vegetatie in een door de wind afgezet materiaal stuiven kan veroorzaken.

EOLISCHE AFZETTINGEN

(Stiboka, Bodem van Nederland, Wageningen, 1962, p.189)



### Lössafzettingen

Uit korrelgrootte-analyses van löss blijkt, dat steeds de fractie van 16–50 micron overheerst.

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen loss afkomstig uit woestijnen (continentale löss) en löss afkomstig uit vroegerē periglaciaie gebieden: de glaciale loss. De continentale löss is afgezet aan de lijkzijde van woestijnen (de löss van China ten opzichte van de Gobiwoestijn). De glaciale löss is afkomstig uit gebieden, waar tijdens de ijstijd de vegetatie ontbrak en waar voldoende fijn en los materiaal aanwezig was om aan deflatie bloot te staan.

Algemeen wordt tegenwoordig aan genomen, dat de noordgrens van de Pleistocene lossafzettingen samenhangt met de vegetatiegrens van de laatste koude periode, namelijk de noordgrens van de koude grassteppe.

### 5.6 Landvormen ontstaan onder invloed van hellingprocessen

Wanneer materiaal los raakt ten gevolge van verweringsprocessen is het mogelijk, dat onder invloed van de zwaartekracht dit materiaal in beweging komt, wanneer het op een helling ligt. Voorwaarde is, dat het materiaal de wrijving overwint, die op het materiaal daar uitgeoefend wordt.

De wrijving is afhankelijk van verschillende factoren zoals helling, vorm en ruwheid van het terrein en vorm en ruwheid van het losgeraakte materiaal. Naarmate de hellingshoek van een terrein toeneemt, de helling steiler wordt, zal een gesteente makkelijker in beweging komen. We kunnen stellen, dat er een kritieke hellingshoek bestaat, die afhankelijk is van de afgerondheid en het gewicht van het materiaal. In de praktijk betekent dit, dat er bij de aanleg van taluds voor wegen en spoorlijnen, dijken, puiduinen, oevers van rivieren, beken, kanalen en sloten en meren en plassen rekening zullen moeten houden met deze kritieke hellingshoek. Dit betekent ook, dat er plaats voor een helling moet worden vrij gehouden. Wanneer we hieraan voldoen, kan er geen massabeweging langs de helling plaats vinden.

Het water speelt bij massabeweging een zeer belangrijke rol. Naarmate de hoeveelheid water in de grondmassa op een helling toeneemt, ontstaan er vloeiprocessen. Het water fungeert als glijmiddel voor de grondmassa.

Begroeiing op een helling zal de stabiliteit van de helling bevorderen. Planten immers zijn in staat om de grond met hun wortelstelsel vast te houden en bovendien valt regen niet direct op de grond, maar wordt eerst door de plant opgevangen en gebruikt bij het groeiproces.

De volgende *hellingprocessen* zijn te onderscheiden:

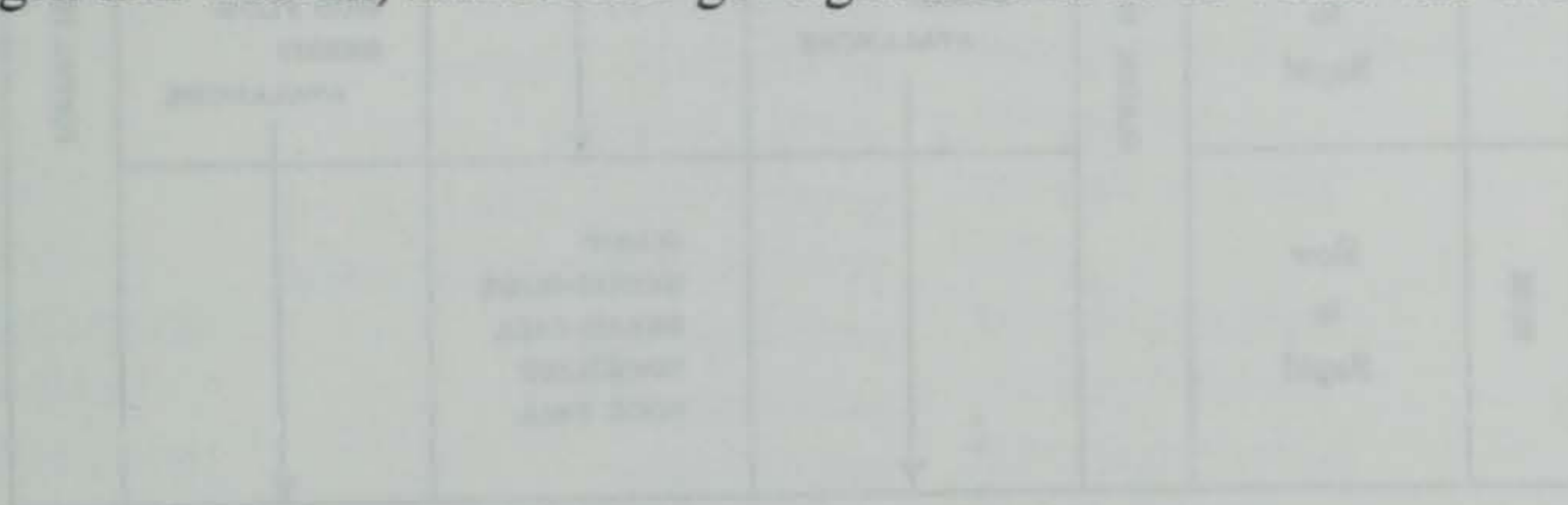
1. vallen en rollen van stenen onder invloed van de zwaartekracht; beperkt zich tot steile hellingen–bergstortingen, lawine van stenen.

## VARIATIE GEMETEN IN KILOMETERS

2. glijden of afschuiven; de gesteente- of grondmassa, die over enige afstand naar beneden schuift of glijdt, behoudt min of meer zijn oorspronkelijk vorm; aardverschuivingen
3. kruipen (*soil creep*); door afwisselend uitzetten en krimpen (nat-droog; vriezen-dooien) beweegt de grondmassa langzaam hellingafwaarts. (dit proces vindt in Nederland plaats)
4. vloeien; door verzadiging van hellingmateriaal met water krijgt de massa een plastische consistentie en gaat vloeien; de inwendige samenhang blijft niet bewaard; (dit proces vindt in Nederland plaats)
5. afspoelen; hierbij wordt los materiaal door afstromend regenwater meegevoerd; wanneer dit water zich verzamelt in beken respectievelijk rivieren behoort dit proces tot de fluviaatiele processen. (dit proces vindt in Nederland plaats)
6. *soil creep*; (zeer) langzame beweging (kruipen) van grond hellingafwaarts onder invloed van de zwaartekracht; de samenhang van de massa blijft behouden. (dit proces vindt in Nederland plaats)
7. *soil fluctie*; zie creep, maar water en/of ijs is als glijmiddel behulpzaam.

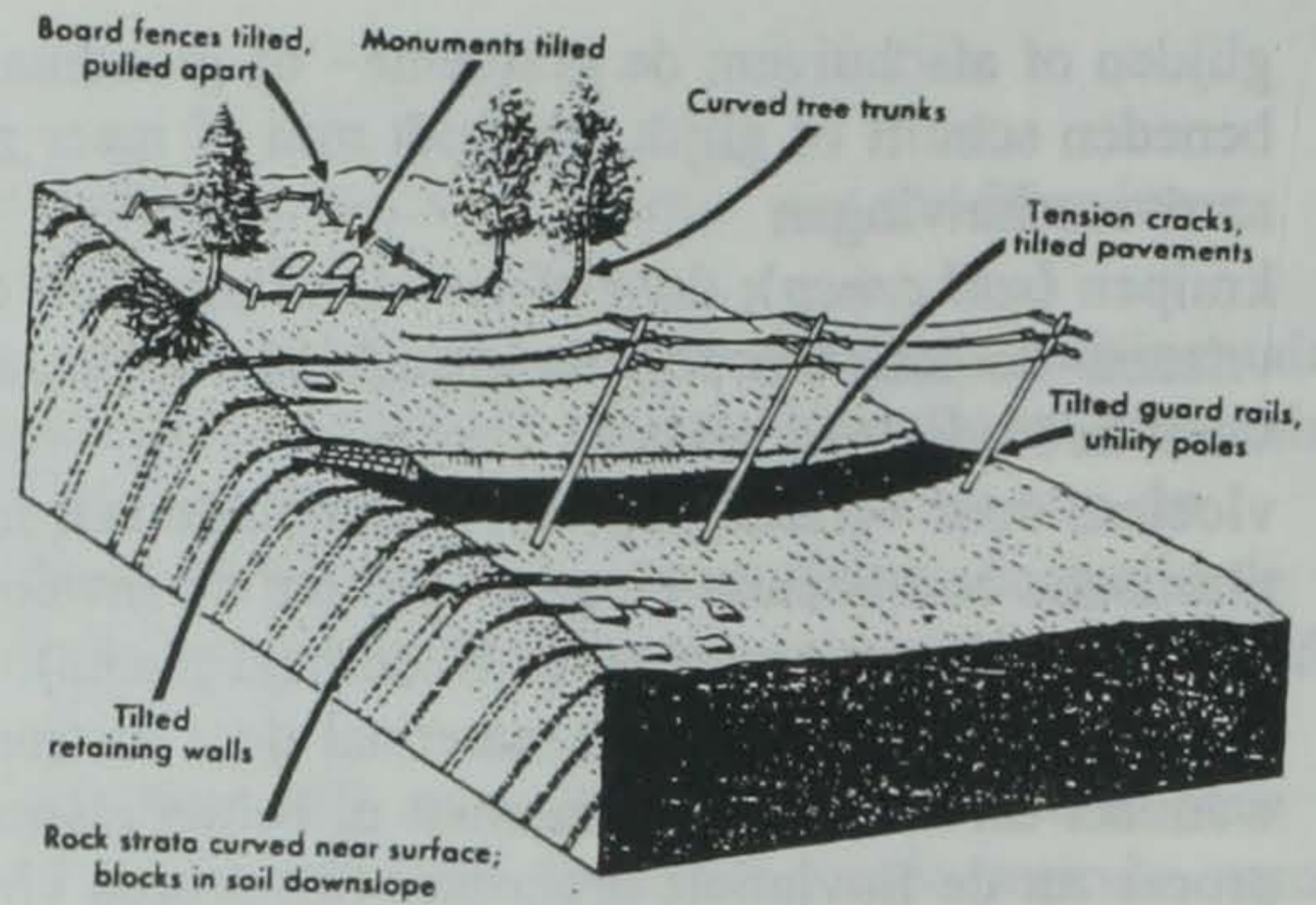
Wanneer de hoeveelheid water toeneemt en zelfs de overhand gaat krijgen, spreken we niet meer van hellingprocessen, maar van fluviaatiele processen; processen onder invloed van stromend water in de vorm van rivieren, beken enz

De stabiliteit van zowel natuurlijke als gemaakte hellingen is onder andere te beïnvloeden door zorg te dragen voor een bodem-/hellingbedekkende vegetatie. Vandaar, dat in Nederland wegtaluds met gras zijn ingeplant. In gebieden met natuurlijke hellingen zoals in berggebieden zijn voor zover mogelijk alle steile hellingen bebost. Wanneer dit niet het geval is kunnen we rampen zoals in het najaar van 1994 in Noord Italië verwachten. Deze ramp is onder meer ook het gevolg van het aanleggen van steeds meer skipistes zelfs op terreinen, die hier niet voor geschikt zijn. De regulatie van het water in deze gebieden is, doordat de vegetatie door deze activiteiten behoorlijk verstoord is en daardoor vaak ontbreekt erg moeilijk. Hevige regenval kan, doordat het water niet eerst in de bodem opgeslagen kan worden, catastrofale gevolgen hebben in de vorm van overstromingen.



## HELLINGPROCESSEN

*Common effects of creep. Not all these features will be present in one place, but typically the detection of one will lead to the recognition of others.*



Cooke en Doornkamp, Geomorphology in environmental management, Clarendon Press, Oxford 1974, p. 146

## CLASSIFICATIE VAN HELLINGBEWEGINGEN

Classification of Mass-wasting\*

Nature and Rate of Movement		Rock or Soil		
		With Increasing Ice Content		With Increasing Water Content
FLOW	Imperceptible	SOLIFLUCTION	CREEP (ROCK CREEP SOIL CREEP)	SOLIFLUCTION
	Slow to Rapid	DEBRIS AVALANCHE		EARTH FLOW MUD FLOW DEBRIS AVALANCHE
SLIDE	Slow to Rapid		SLUMP DEBRIS-SLIDE DEBRIS-FALL ROCKSLIDE ROCK FALL	

\*Simplified from C.F.S. Sharpe, 1938.

Bloom, The service of the earth, Prentice Hall International, London, 1973, p.42

AANTEKENINGEN

INDEX

10  
 11  
 12  
 13  
 14  
 15  
 16  
 17  
 18  
 19  
 20  
 21  
 22  
 23  
 24  
 25  
 26  
 27  
 28  
 29  
 30  
 31  
 32  
 33  
 34  
 35  
 36  
 37  
 38  
 39  
 40  
 41  
 42  
 43  
 44  
 45  
 46  
 47  
 48  
 49  
 50  
 51  
 52  
 53  
 54  
 55  
 56  
 57  
 58  
 59  
 60  
 61  
 62  
 63  
 64  
 65  
 66  
 67  
 68  
 69  
 70  
 71  
 72  
 73  
 74  
 75  
 76  
 77  
 78  
 79  
 80  
 81  
 82  
 83  
 84  
 85  
 86  
 87  
 88  
 89  
 90  
 91  
 92  
 93  
 94  
 95  
 96  
 97  
 98  
 99  
 100

1  
 2  
 3  
 4  
 5  
 6  
 7  
 8  
 9  
 10  
 11  
 12  
 13  
 14  
 15  
 16  
 17  
 18  
 19  
 20  
 21  
 22  
 23  
 24  
 25  
 26  
 27  
 28  
 29  
 30  
 31  
 32  
 33  
 34  
 35  
 36  
 37  
 38  
 39  
 40  
 41  
 42  
 43  
 44  
 45  
 46  
 47  
 48  
 49  
 50  
 51  
 52  
 53  
 54  
 55  
 56  
 57  
 58  
 59  
 60  
 61  
 62  
 63  
 64  
 65  
 66  
 67  
 68  
 69  
 70  
 71  
 72  
 73  
 74  
 75  
 76  
 77  
 78  
 79  
 80  
 81  
 82  
 83  
 84  
 85  
 86  
 87  
 88  
 89  
 90  
 91  
 92  
 93  
 94  
 95  
 96  
 97  
 98  
 99  
 100



## INDEX

aanwassen	21	degradatie	46
aarde	8	dekzand	68
abyssale zone	48	dekzandlandschap	27
afslibbare delen	11	dekzandlandschap	29
afwateringsgebied	8	dekzandruggen	29
aggradatie	46	delta's	54
amfibool	9	detrius	26
augiet	9	diepzee	47
bagger	40	dikke eerdgronden	34
barchaan	68	diopsiet	9
bathyale zone	47	doodijs	62
beekdalen	30	doorlatendheid	57
benthonische zone	47	duin	27
betonstructuur	13	duinen	25,50,68
bezinksel	47	duinzandlandschap	31
Biesbosch	20	dwardsduinen	68
binnenbocht	58	ecosysteem	8
biologische verwerking	10	eerdgronden	27
biomen	8	enk	34
biotiet	9	eolisch transport	67
bodemeenheid	8	esgronden	34
bodemgroep	8	esker	62
bodemgroep	18	estuaria	53
bodemhorizonten	14	eutroof veen	37
bodemkaarten	18	fijn grind	11
bodemkundig landschap	8	fijn zand	8,11
bodemkundige landschappen	18	firnplateau	60
bodemprofiel	8	fjorden	49
bodemprofiel	13	floragebied	8
bodemstructuur	8	florarijk	8
bodemstructuur	13	fluvioglaciale afzettingen	61
bodemvorming	11	fysische verwerking	10
bolster grauwveen	37	Gaia-hypothese	7
Bosveen	39	gebergtevorming	47
breukkusten	49	gelaagdheid	14
brikgronden	26	geologische kaarten	18
briklaag	26	geomorfologie	18
buitenbocht	58	geomorfologische kaarten	18
chemische verwerking	10	geomorfologische eenheid	8
continent	8	getijdegebied	20
continentaal plat	47	getijdenrivier	26
continentale helling	47	getijgolven	48
dalgrond	41	getijstroming	48
dalvormende rivieren	55	glaciaal	64
deflatie	67	gletsjer	60
		gorsgronden	21
		griendhout	20
		grind	8

grof grind	8,11	kreekruggonden	24
grof zand	8,11	kreken	22
grond	9	krijt	36
grondboringen	18	krimpen	10
grondsoorten	11	kruimelstructuur	13
grondwaterspiegel	14	kryoturbatie	62
grote circulatie	7	kust	48
hadale zone	48	kustlijn	20
heide	39	kuststrook	47
hellingprocessen	46,70	kwarts	9
heterogenisatie	14	kwelder	20
homogenisatie	14	kwelderbekkens	25
hoogveen	40	kweldergrassen	20
hoomblende	9	kweldergronden	21
humuspodsolen	34	kwelderwallen	25
hypersteen	9	lagunes	53
ijstijd	64	landijs	59
in- en uitspoeling	14	leem	11
inspoeling	32	leemarm zand	12
inspoelingslaag	14	leemgronden	18,36
interglaciaal	65	lengteduinen	68
interstadiaal	65	lengteprofiel	59
inversie	23	lichte klei	12
jonge duinzandlandschap	32	littorale zone	47
jonge kweldergronden	21	loodzand	34
jonge zeeboezemgronden	21	löss	10,70
kamterras	62	lössgronden	36
keileem	10,59,60	lutum	12
klei	11,12	masswasting	46
klei-op-veengrond	24	matig lichte zavel	12
kleiarm zand	12	meanderend	26
kleideeltje	8	meanderende rivieren	54,55
kleigrond	12	meermolm	40
kleigronden	18,55	mesotroof veen	37
kleiig zand	12	mica	9
kleilandschappen	20	moddergronden	21
klein hoefblad	11	moderpodsolen	33
kleiplaatgronden	24	moedermateriaal	14
kluitstructuur	13	moerasbos	30
knipkleigronden	24	molecuul	8
komgebieden	55	morene	59,60
komruggrond	26	mosveen	37
korrelstructuur	13	muscoviet	9
kreekbeddinggronden	21	neritische zone	47

# INDEX

niche	8	rivierduinen	68
oeverwallen	54	rivierlemen	26
oligoklaas	9	rivierterassenlandschap	29
oligotroof veen	37	rivierterrassen	27
olivijn	9	roodoorngronden	24
omkering	23	ruggen	23
onderwaterafzettingen	20	sandr	61,62
oplossen	10	schaalgroepen	8
oppervlaktegolven	48	schaalniveau	7
opslibbing	20	schor	20
opwassen	21	schorgronden	21
organogene duinen	68	schuren	10
orthoklaas	9	sedimentatie	59
oude duinzandlandschap	32	sedimentatiebekken	9
oudmos veen	39	sedimenten	10
overslaggronden	26	sedimentgesteenten	47
oxidatie	14	shelf	47
palynologie	65	sikkelduin	68
pedogenese	14	silt	8,11
pelagische zone	47	siltige leem	12
peridoot	9	slagenverkaveling	55
permeefrost	62	slik	20
pingo	63	soil creep	71
plaatgronden	21	soil creep	71
plagioklaas	9	soil fluctie	71
planten	8	spalterveen	42
plantengemeenschap	8	spartina	20
plantengeografisch district	8	sponsstructuur	13
platige structuur	13	sterk lemig zand	12
podsolen	33	STIBOKA	18
podzol	14	strandwallen	50
poelgronden	24	stroomdraad	59
pollenanalyse	65	stroomrugggronden	26
prismastructuur	13	stroomsnelheid	58
pyroxeen	9	stuifzand	68
reductie	14	stuifzanden	31
regime	57	stuwwallen	59
regressiekusten	49	stuwwallen	61
riakust	49	stuwwallenlandschap	29
riet	20	stuwwallenlandschap	27
rietveen	39	tectoniek	47
Rijks Geologische Dienst	18	textuur-B	26
rijping	14	transgressie	48
rivierafzettingen	20	transgressiekusten	49

## INDEX

---

troggen	47,48	zware zavel	12
tsunami	48	zwellen	10
turfwinning	41		
uiterwaardengronden	26		
uitspoeling	14		
uitzetten	10		
vaaggronden	27		
veen	18,37		
veengebied	20,21		
veengrond	18		
veengronden	18		
veenmossen	37		
veldspaat	9		
veraarding	43		
verwering	11		
virus	7		
vlechtende rivieren	55		
vlechtende rivier	26		
vorstscheuren	64		
vorstspletten	64		
vrije duinen	68		
vuursteeneluvium	36		
wad	20		
waddengebieden	53		
wadgronden	21		
wadzand	20		
warme golfstroom	7		
water	7		
waterhuishouding	57		
wind	67		
winderosie	67		
wollegras	39		
woudgronden	24		
zandgrond	12		
zandgronden	18		
zandige leem	12		
zandplaat	20		
zeekraal	20		
zeelandschap	27		
zeer lichte zavel	12		
zeer sterk lemig zand	12		
zoutgehalte	47		
zwak lemig zand	12		
zware klei	12		

