

de bodemrijping, is het zoutgehalte van de grond. Op zoute grond is pas begroeiing, en daardoor aanmerkelijke indroging, mogelijk, als een groot gedeelte van het zout uit de bovenlaag is geloofd. Daar hiermede 1 à 2 jaar is gemoeid, zet de bodemrijping op zoute grond pas zoveel later krachtig in. De ondergrond blijft nog langer zout dan de bovenlaag en daar de wortels in deze zoute ondergrond slechts spaarzaamelijk doordringen, verloopt de indroging van zoute ondergronden wel zeer traag.

Mede als gevolg van dit zoutgehalte is b.v. de rijping van de Wieringermeergronden aanmerkelijk minder gunstig verlopen dan van die in de Noordoostpolder. Het heeft bij de Wieringergronden wel een jaar of 4 na het aanleggen van de detailontwatering geduurd, eer een doorlatendheid werd bereikt als de zware-zavelpercelen in de Noordoostpolder al na één à twee jaar hadden. Uiteraard zijn de weersomstandigheden ook van invloed; deze zijn gedurende de eerste jaren in de Wieringermeer ook minder gunstig voor de scheurvorming geweest dan in de Noordoostpolder.

Onder de factoren, die de rijping vertragen, moet verder een slechte ontwatering worden genoemd. In het voorjaar, wanneer de indroging begint, kan de grondwaterstand op slecht ontwaterde terreinen hoger zijn dan op beter ontwaterde en de grovere macrocapillaire en bovenzcapillaire ruimten kunnen daardoor tot hoger in de grond met water zijn gevuld; in extreme gevallen (nog in het geheel niet ontwaterde gronden) kunnen er zelfs plassen op het land staan. Zo lang dit gemakkelijk opneembare water nog beschikbaar is, ontleent de evapotranspiratie zijn water daaraan en niet aan het microbodemskelet; de eigenlijke indroging kan op slecht ontwaterde gronden daardoor langzamer verlopen.

De hoeveelheid grover macrocapillair en bovenzcapillair water is de eerste jaren, wanneer de grond nog een gesloten massa vormt, kleiner dan later; bijgevolg is ook de invloed van een slechte ontwatering op de rijping (mits deze niet zo slecht is, dat er 's voorjaars nog plassen op het land staan), in de latere jaren groter dan aanvankelijk.

Een andere reden, dat de rijping op slecht ontwaterde grond minder kan zijn, is dat de gewassen er meestal niet zo goed op groeien en dat de grond daardoor minder indroogt.

Tenslotte heeft het bodemskelet van slecht ontwaterde gronden door de veelvuldig hoge grondwaterstand meer gelegenheid om weer water op te nemen dan dat van goed ontwaterde. Ook deze laatste factor is vooral van belang in de latere stadia van de rijping; het is daarom juist in deze latere jaren, dat zich de nadelige invloed van een slechte ontwatering op de bodemrijping doet gelden.

Omgekeerd heeft een zeer goede ontwatering, zoals die b.v. optreedt bij de z.g. ondergrondse afvoer, een snellere indroging ten gevolge. Bij deze ondergrondse afvoer zakt er door de diepere ondergrond rechtstreeks water naar de tochten en kanalen; het peil hiervan ligt lager dan de diepte van de greppels of drains, wat op normale gronden het niveau is, waartoe de grondwaterstand in het voorjaar uitzakt. Op deze gronden met ondergrondse afvoer is dus de hoeveelheid grover macrocapillair en bovenzcapillair water kleiner en het bodemskelet wordt

daardoor door de evapotranspiratie sterker aangegrepen.

Evenals een slechte ontwatering heeft kwel een nadelige invloed op de rijping van de grond. Dit onderwerp zal evenwel in deel D afzonderlijk worden besproken.

De rijping van kweldergronden. Doordat kweldergronden boven water liggen en begroeid zijn, heeft hier reeds vóór het in cultuur nemen enige rijping plaats gevonden. De grond is tot op zekere diepte geaëreerd en daardoor bovenin grijs in plaats van zwart.

Verder heeft er, zoals in het vorige hoofdstuk is gebleken, al enige indroging plaats gevonden, waardoor de grond veel steviger is dan een pas drooggevallen slibgrond. Echte scheuren bevat een normale kweldergrond echter nog niet; wel komen soms kleine scheurtjes voor en de bovenlaag laat zich meestal gemakkelijk verbrokkelen, teken dat er toch enige werking in de grond is.

Een kwelder maakt bovendien al veel meer de indruk van een cultuurgrond dan een pas drooggevallen slibgrond, doordat er wortels van de vegetatie in voorkomen en ook veel gangen van vergane wortels. Een opmerkelijk verschil met een gedeeltelijk gerijpte slibgrond is, dat de geaëreerde laag van een kwelder langs de oude wortelgangen vaak duidelijk gley-afzettingen vertoont, gevolg van de reeds lang aan de gang zijnde op en neer gaande waterbeweging.

De mate, waarin een kweldergrond gerijpt is, hangt af van de hoogteligging en van de aard en intensiteit van de begroeiing; factoren, die nauw samenhangen. Lage Spartinvelden (die trouwens nog niet tot de eigenlijke kwelders gerekend worden) zijn tot vrijwel aan het maaiveld toe gereduceerd; bovendien is de grond, zoals in het vorige hoofdstuk is vermeld, nog zeer slap. Doch ook bij hogere Spartinvelden bedraagt de aëratiediepte vaak niet meer dan 20 à 30 cm en ook dan is de grond tamelijk slap. De hoofdreden van de slechte rijping is, dat de afgestorven bovengrondse delen van de Spartina een afsluitende laag vormen, waaronder de doorluchting stagneert.

De eigenlijke kweldergronden zijn veel beter gerijpt. Meestal is de geaëreerde laag minstens 50 cm<sup>dik</sup>; een aëratiediepte van 1 m wordt echter zelden overschreden. Dat de kweldergronden reeds zeer aanmerkelijk zijn ingedroogd, is in het vorige hoofdstuk al gebleken.

Bij de doorlatendheid van kweldergronden moet men onderscheid maken tussen het eigenlijke kwelderprofiel, de door-

wortelde overgangszone en de daar beneden gelegen laag. In de regel is deze laatste zandig en zij heeft dan een behoorlijke doorlatendheid, waarvan de grootte bepaald wordt door lutumgehalte en zandgrofheid. Wanneer de diepere lagen uit zwaardere grond bestaan, zoals b.v. in de Dollard het geval is, hebben zij dezelfde lage doorlatendheid als de slibgronden bij het droogvallen.

De doorlatendheid van de eigenlijke kwelderlaag berust (behalve wanneer de kwelder zeer zandig is) voornamelijk op de poriën, die afkomstig zijn van de huidige en vroegere vegetatie. In de regel zijn deze zeer talrijk en de kwelderlaag heeft dan vaak ook een behoorlijke doorlatendheid. Een doorlatendheid van  $K = 0,5$  m/etm. wordt al heel gauw gevonden, terwijl er ook wel waarden van  $K = 2$  à  $5$  voorkomen; deze cijfers gelden ook voor door Spartina overwoekerde kwelders. Er zijn enkele aanwijzingen, dat de bovenlaag van oudere, sterk beweide kwelders (mits niet zo hoog, dat de grond sterk ingedroogd is) een lagere doorlatendheid dan de hierboven genoemde waarden heeft. Een zeer lage doorlatendheid hebben verder de paden, die door de schapen op hun weg over de kwelders worden gevolgd, en waar de grond sterk in elkaar is getrapt; er zijn op dergelijke paden wel doorlatendheden gemeten van niet meer dan  $K = 0,05$  à  $0,1$  m/etm.

De doorlatendheid van de onder het kwelderprofiel gelegen overgangslaag is zeer uiteenlopend, al naar de granulaire samenstelling en de mate van doorworteling. In <sup>een</sup> Groninger kwelder is in de aldaar lichtzavelige overgangslaag een doorlatendheid van  $K = 0,5$  à  $1$  m/etm. gevonden. In zwaardere overgangslagen op Zeeuwse kwelders zijn uiteenlopende doorlatendheden (van  $K = 0,1$  tot meer dan  $1$  m/etm.) aangetroffen; de reden van deze sterke variatie is onbekend.

Ook de sterk doorwortelde bovenlagen van de Spartinaslikken hebben een grote doorlatendheid; er zijn daarin waarden gevonden van  $K = 0,5$  à  $2$  m/etm., een enkele maal nog aanmerkelijk hoger. Waar de rhizomen en wortels ontbreken, zoals dieper in de grond het geval is, moet de doorlatendheid echter gering zijn.

Door de vele bovencapillaire poriën, afkomstig van de vergane plantenresten, is ook de berging van een uitgezakte kweldergrond niet onaanzienlijk; afhankelijk van de hoogteligging zijn in de eigenlijke kwelderlaag van tamelijk zware tot zware kweldergronden waarden van  $5$  à  $10\%$  gevonden. Het enige onderzochte Spartinaveld bleek in de (niet geaëreerde)

laag van 30-60 cm onder maaiveld in uitgezakte toestand een berging van 2 à 3% te hebben; hoger in de grond moet de berging groter zijn.

Uit deze gegevens blijkt, dat de doorlatendheid en waterberging van kweldergronden bij het indijken al aanmerkelijk groter zijn dan van slib- en slikgronden. Bij het in cultuur brengen ontstaan naast de al aanwezige poriën bovendien nog scheuren. De waterfactor is bij kweldergronden echter lager dan bij slibgronden (voor de laag van 20-50 cm onder maaiveld b.v. is bij een grond met 25% lutum de overmaat aan water maar ongeveer de helft van die der slibgronden). Daardoor heeft de scheurvorming, bovendien vertraagd door het zoutgehalte, aanvankelijk minder te betekenen dan bij even zware zoete slibgronden; vooral in de bovenlaag is het verschil aanmerkelijk.

Doch bij voldoende zware kweldergronden treedt in verloop van tijd toch ook een aanmerkelijke scheurvorming op. Bij een zeer zware gedraineerde kweldergrond in de Quarlespolder bleek b.v. de S/m-lijn 6 jaar na de indijking op een diepte van 60 à 70 cm ongeveer horizontaal te gaan lopen. Dit is ongeveer hetzelfde niveau als van de hiervoor besproken Zuiderzeeslibgronden na eenzelfde rijpingsperiode; wel moet in aanmerking worden genomen, dat het lutumgehalte van de kweldergrond hoger en de mogelijkheid tot scheurvorming daardoor wat groter was.

Op de duur ontstaan in ingedijkte zware kweldergronden zelfs zeer grote scheuren; het is b.v. bekend dat de jongere (zeer zware) Dollardpolders als gevolg van de scheurvorming een zo grote doorlatendheid krijgen, dat tal van percelen, zonder dat zij gedraineerd zijn, toch goed ontwaterd zijn.

De slikgronden, die bij een inpoldering wel eens mee worden ingedijkt, zijn tot boven toe ongeaëreerd en ongescheurd; zij onderscheiden zich maar weinig van slibgronden. Wanneer de slikgronden hoog zijn gelegen (en dus diep ontwaterd), kunnen zij zeer snel en sterk scheuren en vervolgens in de bovenlaag verbrokkelen en verkruimelen; hetzelfde geldt voor de Spartinaslikken.

De meeste slikgronden liggen echter laag en ontvangen bovendien zakwater van de hoger gelegen kweldergronden. Hun rijping is dan juist zeer langzaam; de laagste, ongeveer op polderpeil gelegen terreinen, rijpen vrijwel niet.

De rijping van gors- en griendgronden. Gors- en griendgronden komen in veel opzichten overeen met de kweldergronden voor de

kust. Ook deze gronden dragen een begroeiing en door de, zij het dan niet permanente, ligging boven water heeft al een zekere bodemrijping plaats gevonden. De behandeling van de gors- en griendgronden kan daarom kort zijn.

De rietgorzen zijn het beste te vergelijken met de *Spartinaslikken*; bij de rietgorzen is de bodem eveneens nog weinig gerijpt en daardoor slap. De geaëreerde zone is dun (10 à 20 cm), al dringt de aëratie langs de grovere kanalen wel eens wat dieper in de grond. Door de vele grove rhizomen is het luchtgehalte van de doorwortelde zone hoog (5 à 10%); de berging van de grond in uitgezakte toestand is vermoedelijk echter heel wat kleiner, omdat een gedeelte van deze lucht binnen de nog niet vergane rhizomen voorkomt. Doorlatendheden zijn in rietgorzen nooit gemeten. Daar de grond hier veel aan die van *Spartina-slikken* doet denken, is naar analogie aan te nemen, dat de doorwortelde bovenlagen een zeer behoorlijke doorlatendheid hebben, doch de daaronder gelegen niet doorwortelde sliklagen niet.

De griendgronden, hoger boven water gelegen, zijn sterker ingedroogd (zie hoofdstuk I) en reeds behoorlijk vast. Door de sterkere en diepere geaëreerdheid van de bovenlaag (bij de *Salicetum-grienden* is deze bovenlaag altijd al wat bruinig en de geaëreerde zone veelal ongeveer 60 à 80 cm dik), door het voorkomen van wortels en wortelgangen, en door de gleyafzettingen langs de oude wortelgangen maken de griendgronden - evenals de kweldergronden, waarmede zij grote overeenkomst vertonen - reeds enigermate de indruk van cultuurgrond; ook de mogelijkheid om de bovenlaag te verbrokkelen wijst reeds op enige structuurvorming.

Door de vele wortelgangen hebben de bovenlagen van de griendgronden in uitgezakte toestand al enige berging; deze is van dezelfde orde als bij de kweldergronden, hoewel misschien iets lager (ongeveer 5%). Evenmin als bij de gorsgronden zijn bij de griendgronden doorlatendheden gemeten. Doch ook hier ligt een analogie met de kweldergronden voor de hand en zo zullen de zware doorwortelde bovenlagen ook wel een doorlatendheid hebben, die in de orde van  $K = 2 \text{ m/etm.}$  ligt.

Doordat de gors- en griendgronden een hoger watergehalte hebben dan de kweldergronden (de waterfactor is hoger en de gronden bevatten meer humus), moet de indroging (en daarmee de scheurvorming) groter zijn; bovendien verdwijnt na de inpoldering meer humus dan bij de kweldergronden en vermoedelijk

gaat de oxydatie sneller. Na het indijken moeten de gors- en griendgronden dan ook wel zeer doorlatend worden; cijfers daarover zijn echter niet bekend.

Tenslotte mag nog een klein, doch merkwaardig verschil tussen de rijping van kwelder- en griendgronden worden genoemd. Uit griend ontgonnen gronden krijgen nl. op de duur een wat bruiniger tint dan mariene gronden.

De rijping van veengronden. Over de rijping van veengronden, als men tenminste daarbij dit woord mag gebruiken, is zeer weinig bekend. Ook hier heeft men zowel met chemische als met fysische processen te maken. De chemische processen zijn minder belangrijk dan de fysische.

Het equivalent van de zwarte FeS-kleur van pas drooggevallen slibgronden is de lichtbruine kleur van de meeste ongeaëreerde veensoorten. Bij aëratie gaat deze lichtbruine kleur op de duur over in een donkerder tint. De kleurverandering berust op omzettingen in de organische stof; van welke aard deze zijn, en hoe snel zij verlopen, is onbekend.

Bij de meeste natte veenontginningen heeft men met deze kleurverandering, en met de er mee geassocieerde processen, weinig te maken; men streeft er bij de ontginning immers naar, om de bovenlaag uit reeds verweerde, en dus al donkere grond op te bouwen (de bovenlaag van de ribben en zetwallen en de ondergrond van de zetwallen).

Wel bevatten deze bovenlagen nog recente of subrecente plantendelen, die vaak zelfs lichtgeel zijn gekleurd (wortels en rhizomen van riet en zegge en eventueel wortels van de grasmat); kwantitatief is hun aandeel echter niet groot. In grasland, vooral in nat grasland, gaat de verwerking van deze recente en subrecente plantenresten zeer langzaam; even beneden de zode van 20-30 jaar oude graslandpercelen uit Overijssels-Friese veenontginningen werden b.v. nog volop stukken kragge gevonden, die nog geheel intact waren en een weinig of niet verweerde indruk maakten. Waar de verse organische stof al zo moeilijk verteert, is het zeker niet te verwachten, dat de eigenlijke veensubstantie op korte termijn omzettingen van betekenis ondergaat.

In de bouwvoor van akkerland verwerken de licht gekleurde recente en subrecente plantenresten tot hetzelfde donkere stadium, waarin ook de oudere plantenresten verkeren; hier hebben dus wel omzettingen plaats. Uit hoofdstuk III van deel B is bekend, dat bij veenbouwland ook de donkere, reeds amorf geworden organische stof langzame chemische omzettingen ondergaat. Uit de hoeveelheid stikstof, die hierbij vrij komt, krijgt men echter niet de indruk, dat deze afbraak op korte termijn van veel betekenis is.

Wat de diepere lagen betreft, deze bestaan bij natte veenontginningen vaak uit onverweerd veen. Vooral bij niet te hoog gelegen grasland met zijn geringe aëratie hebben de chemische omzettingen op grotere diepte zo goed als zeker uiterst weinig te betekenen; in een 100 jaar oude veendroogmakerij werd b.v. op 30 cm diepte nog wel veen aan-

getroffen dat een volkomen verse indruk maakte. Doch ook bij bouwland kunnen de omzettingen op korte termijn geen grote afmetingen aannemen, gegeven het feit dat zij in de bouwvoor al van weinig betekenis zijn. Bij de akkerbouwontginningen in het Land van Vollenhove met hun toch betrekkelijk zeer lage waterstand zijn bij 10 jaar oude percelen betrekkelijk dicht onder de bouwvoor nog wel gave lichtgekleurde recente of subrecente rhizomen aangetroffen.

Wat de fysische veranderingen betreft, men moet hierbij onderscheid maken tussen de baggers en de overige venige gronden. De baggers worden bij de huidige natte veenontginningen - bestaande uit een landschap van ribben, zetwallen en half of heel dichtgegroeide trek-gaten - in de regel zo diep begraven, dat zij niet aan de bodemvorming deel nemen. Alleen tijdens de ontginningsperiode, wanneer de grond tijdelijk diep ontwaterd wordt, drogen zij in en zij scheuren dan vermoedelijk ook wel enigermate.

Bij de droöoglegging van uitgeveende plassen, iets wat vroeger veel voorkwam, bestond echter de bovenlaag vaak uit bagger. Bij deze structuurloze baggers in de bovengrond doet het proces van de indroging veel aan dat van de slibgronden denken. Er ontstaan hierbij primair ook scheuren in de grond. Door het zeer hoge watergehalte is de scheurvorming enorm; na enige tijd bestaat de bodem uit een waar schotsenveld, dat aanvankelijk nog labiel op de wekere ondergrond ligt. Bij de verdere indroging worden, evenals bij de minerale gronden, fijnere eenheden gevormd (achtereenvolgens prisma's, brokken en brokjes; hoe hoger in de grond, hoe verder de verdeling gaat). De bouwvoor (en bij een te lage waterstand ook de laag daar beneden; zie volgende paragraaf) gaat tenslotte over in een zeer fijn verdeelde massa, die al naar het vochtgehalte van de grond de structuur van droge bladaarde heeft of meer of minder samengekit is.

Zoals in het vorige hoofdstuk al is besproken, bestaan de echte veengronden uit een sterk verweerde homogene grondmassa, die samengebonden is door de recente en subrecente wortels en rhizomen van de vegetatie, die op de vergane massa heeft gegroeid; zelfs de bovenlaag van de ribben bevat vaak recente riet- of zeggewortels. Na de ontginning wordt de grondmassa van de spitzen, waarin de grond bij de ontginning is verdeeld, aanvankelijk nog stevig bij elkaar gehouden door deze vezels.

De fysische veranderingen in de bovenlaag berusten nu op

een drietal processen. In de eerste plaats worden de spitten door de bewerking verkleind, waarbij de samenbindende vezels worden doorgesneden. In de tweede plaats drogen de spitten in. De eigenlijke veensubstantie komt daarbij los tussen de vezels te liggen en valt bij de bewerking uit de kluiten; ook de afwisseling van indroging en bevochtiging en de vorst bevorderen dit losmaken van de vergane grondmassa. In de derde plaats verbrokkelen de oudere en verteren de jongere samenbindende vezels. Het uiteindelijke resultaat is een macrohomogene kruimelige massa, waarin echter nog tal van in verweringsgraad uiteenlopende plantenresten zijn te onderscheiden.

Over de verkleining van de (eventueel gescherfde) veenspitten bij bouwland bevat de volgende tabel enige gegevens. Voor dit onderzoek werd de grond gezeefd over een aantal zeven, waarbij de zeven tamelijk krachtig werden geschud.

PERCENTAGE AAN VERSCHILLENDE ZEEFFRACTIES IN DE BOUWVOOR VAN VEENBOUWLAND VAN VERSCHILLENDE OUDERDOM IN HET LAND VAN VOLLENHOVE.						
Grootteklasse zeeffracties	Ouderdom grond na ontginning in jaren					
	0	1	2	3	6	9
> 40 mm	37	13	18	11	4	2
< 2 mm	13	28	26	35	56	53

Hoewel de regelmaat in de cijfers te wensen overlaat, blijkt uit de tabel toch wel, dat de verkleining van de veenspitten tot een fijnkruimelige massa vrij snel verloopt; in tegenstelling met die uit de eerste jaren na de ontginning bestond de grovere zeeffractie der oudere ontginningen bovendien niet uit onverweerde veenbrokken, maar uit nieuwe conglomeraten, samengebonden door de wortels van het gewas.

Bij grasland treedt dit verkleiningsproces niet op; ook na 10 à 20 jaar (verder gaan de waarnemingen niet) wordt direct onder de zode nog de oorspronkelijke veenstructuur aangetroffen. Bij grasland in zeer lang geleden drooggemaakte veenplassen vindt men weliswaar vaak, dat de bovenste 30 cm geheel uit een macrohomogene massa bestaat, waarin geen plantenresten zijn te onderscheiden; het is echter waarschijnlijk, dat de bovenlaag hier uit bagger heeft bestaan.



De meest voor de hand liggende fysische verandering, die in de ondergrond van echte veengronden op zou kunnen treden, is scheurvorming. Deze vindt, als een onder water gelegen veen zonder meer wordt drooggelegd, ook inderdaad plaats. Doordat de plantenresten het veen een zekere samenhang geven, treden de scheuren op slechts enkele plaatsen op; zij worden daardoor zeer breed. Bij de meeste veenontginningen wordt de eventuele indroging en scheurvorming, die tijdens de diepe ontwatering van het terrein in de ontginningsperiode optreedt, doorkruist door het spitten van de grond; hierdoor ontstaat een geheel nieuwe structuur.

Doordat na de ontginning de grondwaterstand bij veengronden op een hoog peil wordt ingesteld, treedt in latere jaren ook geen hernieuwde indroging en scheurvorming op. Zelfs zakken de door het spitten gechapen ruimten in de ondergrond vrij spoedig weer meer of min in elkaar, zodat hier, in tegenstelling met de minerale gronden, na de ontginning zeker geen toename van de doorlatendheid plaats vindt.

De doorlatendheid van veen kan sterk uiteenlopen. Sterk samengeperst veen (zoals het veen op grotere diepte in het westen des lands) kan praktisch ondoorlatend zijn en daardoor b.v. de kwel in polders sterk beperken. In de bovenste meters heeft men met dergelijk vrijwel geheel ondoorlatend veen echter niet te maken.

In deze bovenste meters (afgezien van de allerbovenste laag) is de doorlatendheid van het veen sterk gecorreleerd met de habitus. Op het oog vast en dicht veen (oud mosveen en daarop in uiterlijk lijkend zeggeveen) heeft een zeer lage doorlatendheid (in de orde van  $K = 0,03$  m/etm.; er zijn aanwijzingen, dat op grotere diepte de doorlatendheid misschien iets groter is -  $0,1$  à  $0,2$ ), terwijl opvallend open veensoorten (slap en los, met grove, niet te zeer platgedrukte rietrhizomen of met veel hout) wel een  $K = 1$  à  $3$  m/etm. kunnen hebben. Bij ontginning van wilde verveningslandschappen zal men meestal met oud mosveen en dicht zeggeveen in de ondergrond te maken hebben (immers dit zijn de beste veensoorten voor de turfbereiding), zodat men op een tamelijk ondoorlatende ondergrond moet rekenen.

Bij het doorspitten van de bovenlagen, wat tegenwoordig bij de ontginning regel is, wordt de doorlatendheid van die bovenlagen groter (bij veel oudere veenontginningen is de grond echter veel minder diep doorgespit dan men veelal aanneemt).

Vlak na het doorspitten moet de doorlatendheid enorm zijn, maar in veel gevallen zakt door de druk der bovenliggende lagen de gespitte grond weer vrij snel in elkaar; bij profielkuilen in slechts enkele jaren geleden ontgonnen gronden in het Land van Vollenhove b.v. bleek van de veenspitten weinig meer te zien te zijn. In dit Land van Vollenhove wordt de ontwateringstoestand van de ontgonnen (en doorgespitte) veengronden op de lange duur inderdaad geleidelijk minder; dit wijst er op, dat het in elkaar zakken der veenspitten geruime tijd doorgaat. De mate, waarin het losgespitte veen in elkaar zakt, moet overigens, al naar de stevigheid van het veen, van geval tot geval sterk uiteenlopen.

Ook de enkele doorlatendheidsbepalingen die in het Land van Vollenhove zijn verricht, wijzen er op, dat de gespitte grond zijn losse ligging spoedig verliest. De grond wordt hier tot 80 cm diepte losgespit en de doorlatendheid bleek 5 à 10 jaar na de ontginning in de laag van 40-80 cm onder maaiveld gemiddeld 0,04 m/etm. te bedragen.

In het Land van Vollenhove komt de grondwaterstand zelden hoger dan 40 cm onder maaiveld, zodat over de hogere lagen geen gegevens bekend zijn. Bij de enkele bepalingen, in grasvelden verricht, bleken de bovenlagen een hogere, en soms een aanmerkelijk hogere doorlatendheid te hebben. Bij de voormalige ribben was dit te danken aan het feit, dat zij wat hoger lagen en daardoor bovenin gescheurd waren; de voormalige kraggen hadden een grotere doorlatendheid, omdat in deze bovenlagen veel los kraggemateriaal was verwerkt. Het is echter de vraag, of de daar gevonden zeer hoge waarden (wel tot  $K = 5$  m/etm. toe) ook op meer egaal ontgonnen veengronden voorkomen, waar de kragge dieper ondergewerkt is.

Ook over de berging van veengronden staan niet veel gegevens ter beschikking. In niet doorgespit mos- of zeggeveen is de berging, in overeenstemming met de geringe doorlatendheid, te verwaarlozen gering. In doorgespit veen is de berging groter, doch de gegevens wijzen er niet op, dat deze bij uitgezakt bouwland in de laag van 50-80 cm groter dan 5% en in die van 20-50 cm groter dan 10% is; de totale berging in de laag van 20-80 cm is vermoedelijk zelfs kleiner dan de 45 mm, die zich uit deze cijfers laat berekenen.

Bij veengrasland is de berging van de uitgezakte zode en van de laag vlak daaronder zeer gering; vanwege de in de winter steeds hoge grondwaterstand doen de diepere lagen niet mede

aan de berging. De totale waterberging van veengrasland is dan ook vrijwel te verwaarlozen.

Het verschijnsel van de z.g. irreversibele indroging bij venige gronden. In tegenstelling met de minerale gronden heeft de indroging bij venige gronden niet alleen gunstige zijden; er bestaat daarbij kans op wat men wel noemt "irreversibele indroging van het veen". Dit woord geeft de moeilijkheden, die op kunnen treden, eigenlijk onjuist weer. Evenals bij de minerale gronden is bij de venige een zekere irreversibiliteit bij de indroging onvermijdelijk en zelfs gewenst. Zonder deze irreversibiliteit zouden ontgonnen veengronden in de winter weer even slap en onbegaanbaar worden als bij het droogvallen. Moeilijkheden treden pas op, als de indroging ook in de latere stadia irreversibel is.

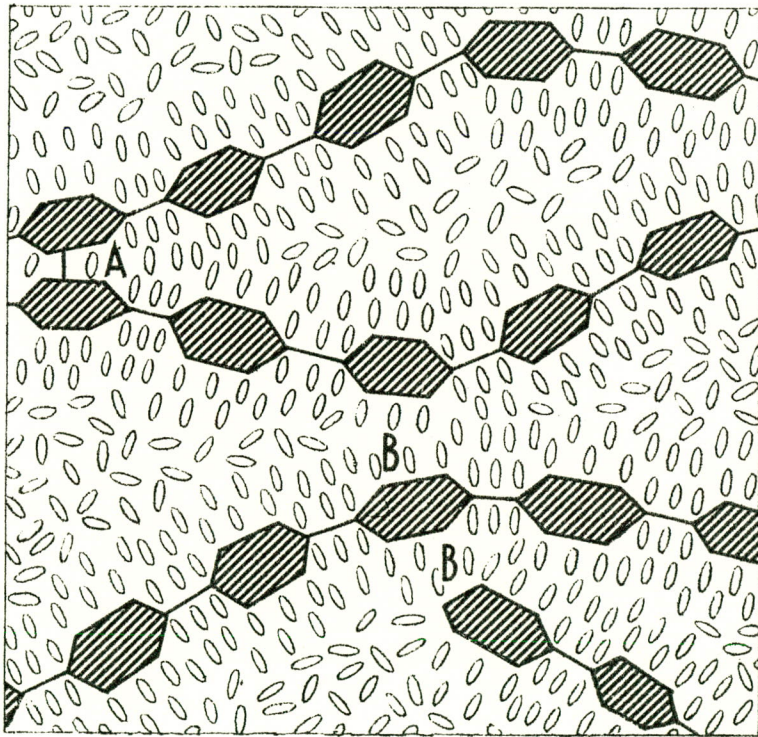
Bij kleigronden is dit niet het geval. Naarmate de indroging verder voortschrijdt, wordt een steeds groter deel van het water, dat in de zomer aan het microbodemskelet is onttrokken, in de daarop volgende winter daarin weer opgenomen; op de duur, en dan is de irreversibele indroging afgelopen, is de wateropname van het bodemskelet in de winter even groot als het waterverlies in de voorafgaande zomer (zie hoofdstuk I). De amplitude van de waterberging is dan niet onaanzienlijk en, waar het in dezen op aankomt, voldoende om de waterbehoefte van het gewas te dekken.

Ook bij veengronden ziet men vaak, dat zich na aanvangelijke en geleidelijk steeds verminderende indroging op de duur een evenwicht instelt, waarbij de planten 's zomers voldoende water aan de grond kunnen onttrekken, terwijl dit water in de daarop volgende winter weer geheel wordt aangevuld (al zal hierna blijken dat de processen, waarop dit berust, ten dele andere zijn dan bij minerale gronden). Er kan bij vele veensoorten onder bepaalde omstandigheden echter ook het verschijnsel optreden, dat ook in de latere fasen van de indroging de in de winter opgenomen hoeveelheid water kleiner blijft dan die, welke de planten voor een normale oogst in de zomer nodig hebben; zelfs kan dit vermogen om water op te nemen, inplaats van groter wel kleiner worden, naarmate de indroging beneden een zekere grens is voortgeschreden.

Men zakt op deze wijze af naar een zeer laag watergehalte-niveau; de hoeveelheid water, die de planten in de zomer aan de grond kunnen onttrekken, is daarbij zeer laag, omdat zij be-

paald wordt door de geringe hoeveelheid water, die de grond in de voorafgegane winter heeft kunnen opnemen. Inderdaad is dit proces een gevolg van de irreversibele indroging van het veen, doch het is alleen de schadelijke slotfase ervan. Gemakshalve wordt hieronder, in aansluiting aan het spraakgebruik, voor deze slotfase toch het woord "irreversibele indroging" gebruikt.

De sterk uitgesproken vorm, waarin de irreversibele indroging bij veengronden voor kan komen, hangt samen met het feit, dat bij de waterhuishouding van die gronden de organische stof een grote rol speelt. Zoals in hoofdstuk I is gebleken, bestaat de organische stof in venige gronden voor een belangrijk gedeelte uit partikeltjes van geheel vergaen plantenmateriaal. Deze partikeltjes vormen, evenals bij de minerale gronden, een microbodemskelet, dat macro-homogeen is.



De partikeltjes zelf bestaan uit een netwerk van macromoleculen (zie figuur), die op een aantal plaatsen door krachten van verschillende aard aan elkaar zijn gebonden (chemische bindingen; binding door dipoolattractie en door van der Waals-London-krachten; bij A in de figuur); tussen de mazen van dit netwerk bevindt zich, min of meer vrij, water. Vermoedelijk is de hoeveelheid water, die zich binnen de mazen van het macromoleculaire netwerk bevindt, aanzienlijk groter dan die tussen de uit deze macromoleculen opgebouwde partikeltjes; in ieder geval drukt het eerstgenoemde water zijn stempel op de waterhuishouding van veengronden. Dit water zal hierna het "aan de or-

ganische grondmassa gebonden" water worden genoemd; gemakshalve wordt hier dan het minder belangrijke microskeletwater mede onder begrepen.

Bij indroging van het macromoleculaire netwerk krimpt dit in elkaar en er ontstaan daarbij nieuwe bindingen in dit netwerk (dwarsverbindingen; bij B in de figuur). Wanneer de ingedroogde grond bevochtigd wordt is er, evenals bij de minerale gronden en om dezelfde redenen, een tendens om weer water op te nemen. De mate, waarin dit mogelijk is, berust op de stevigheid van de dwarsverbindingen, die zeer uiteenloopt. Er zijn er, die alleen al door contact met overmaat water spontaan te niet gaan. Andere zijn zo stevig, dat zij onder gewone omstandigheden onverbrekkelijk zijn en alleen door bepaalde chemicaliën kunnen worden ontbonden (o.a. door ammonia, dat een zeer sterke werking heeft en ook reeds primair bestaande verbindingen kan aantasten, zodat de organische stof bij overmaat ammonia zelfs voor een belangrijk gedeelte oplost). Een gedeelte van de meer resistente verbindingen biedt op de duur ook geen weerstand aan de inwerking van het water; voor de verbetering van de irreversibel ingedroogde gronden is dit een belangrijke eigenschap.

Wanneer aan een pas drooggevalle veengrond geleidelijk water wordt onttrokken, vindt reeds vanaf het begin een zekere mate van irreversibele indroging plaats, maar tot een watergehalte van ongeveer  $n_b = 3 \text{ à } 5$  blijft de mogelijkheid tot expansie van het macromoleculaire netwerk zo groot, dat aan alle landbouwkundig te stellen eisen wordt voldaan. Doch beneden dit watergehalte neemt bij de meeste veengronden de vorming van resistente dwarsverbindingen zo zeer toe, dat de mogelijkheid tot zwellings- en wateropname te wensen over gaat laten.

Een gedeelte van de dan gevormde dwarsverbindingen is onder veldomstandigheden onverbrekkelijk, zodat het expansievermogen van het macromoleculaire netwerk door een ver voortgezette indroging blijvend wordt geschaad. Doch een ander gedeelte kan dan nog, mits de indroging niet te ver is voortgezet, door langdurig contact met water weer te niet gaan. Het aantal van deze laatste dwarsverbindingen is voldoende groot om de grond (mits deze daartoe de gelegenheid en tijd krijgt) zoveel water op te laten nemen, dat aan niet te hoge landbouwkundige eisen is voldaan.

Deze tijd en gelegenheid ontbreken echter in veel gevallen. In de eerste plaats vraagt het verbreken van de hierboven genoemde dwarsverbindingen tijd en tot zo lang belemmeren deze verbindingen de wateropname en zwellings- van het macromoleculaire netwerk. Doch daar komt nog iets anders bij. Te ver ingedroogde veengronden adsorberen zeer merkbaar lucht; en deze geadsorbeerde luchtfilm bemoeilijkt het contact tussen water en grond en daarmee de wateropname. De affiniteit van het water tot de grond is groter dan die van de lucht, zodat de luchtadsorptie de uiteindelijke wateropname niet vermindert, maar met de vervanging van de geadsorbeerde lucht door water is ook weer tijd gemoeid.

Het voornaamste knelpunt bij de irreversibel ingedroogde gronden is nu vooral, dat met de opname van de theoretisch mogelijke hoeveelheid water zeer veel tijd is gemoeid, dat deze tijd ontbreekt en dat daardoor alle mogelijkheden tot wateropname niet volledig worden benut. Door de geringe affiniteit tot water heeft in de eerste plaats

de capillaire aanvulling vanuit de ondergrond weinig te betekenen en verder zakt ook de regen van herfst en voorwinter weg, zonder dat de grond er veel water uit opneemt; in de ergste gevallen is de grond daardoor op enige diepte beneden het maaiveld midden in de winter nog stoffig droog. De regenval van de nawinter, in welke tijd het wateropnemend vermogen langzamerhand weer hersteld is, is dan te klein om de grond nog volledig met water te verzadigen.

Factoren, die van invloed zijn op de irreversibele indroging. Uit het voorgaande is gebleken, dat er bij een sterke wateronttrekking aan de organische grondmassa gevaar voor irreversibele indroging bestaat. De irreversibele indroging treedt dan ook des te gemakkelijker op, naarmate de grond meer aan indroging is blootgesteld.

In de eerste plaats is een diepe grondwaterstand hiertoe bevorderlijk. Voor hun waterbehoefte kunnen de planten, behalve uit het aan de organische grondmassa gebonden water, ook putten uit het macrocapillaire water en het grondwater. Naarmate de grondwaterstand hoger is, staat aan de planten meer macrocapillair water en grondwater ter beschikking en zij behoeven dan in mindere mate een beroep te doen op het aan de organische grondmassa gebonden water. Wel zal bij een hoge grondwaterstand ook dit laatste water enigermate worden aangesproken, maar dit is niet erg omdat, wanneer de onttrekking niet te ver gaat, het onttrokken water bij regen weer gemakkelijk wordt opgenomen. Bij een diepe grondwaterstand zijn de planten daarentegen veel meer op het aan de organische grondmassa gebonden water aangewezen; de wateronttrekking daaraan is dan sterker en de kans, dat het gevaarlijke indrogingsstadium wordt bereikt, groter.

Behalve de grondwaterstand is de mate, waarin in een veengrond macrocapillairen voorkomen, van belang. Zoals hiervoor reeds opgemerkt, bevatten de meeste pas drooggevallen veengronden, behalve de microcapillairen van de organische grondmassa, ook macrocapillaire ruimten. Deze zijn te danken aan het voorkomen van nog niet geheel vergane plantenresten. Deze macrocapillairen zijn bovendien nagenoeg star en daardoor is hun waterbergend vermogen vrijwel onafhankelijk van de indroging van de organische grondmassa. Zelfs kan dit capillaire netwerk door de indroging van de grondmassa nog worden uitgebreid. De nog weinig vergane plantenresten vormen nl. een samenhangend geheel, dat veel minder krimpt dan de sterk vergane grondmassa. Bij de indroging van de grond ontstaan er daardoor extra ruimten en deze zijn grotendeels ook van macrocapillaire afmetingen.

Naarmate het veen nu een groter aantal nog min of meer intacte plantenresten bevat, is de hoeveelheid macrocapillair water groter. Om de reeds genoemde redenen wordt dan het gevaarlijke, aan de organische stof gebonden water minder aangesproken en de kans op irreversibele indroging wordt daarmee verminderd.

Tenslotte is er ten aanzien van de irreversibele indroging ook nog een verschil tussen bouwland en grasland. Hiervoor zijn verschillende redenen. In de eerste plaats wordt bij bouwland na midzomer weinig water meer aan de grond onttrokken; de regenval overtreft op bouwland dus eerder in het seizoen de verdamping en de regen kan daardoor langer op de grond inwerken dan bij grasland. Bovendien loopt bij bouwland, doordat de grond regelmatig wordt

bewerkt, het regenwater niet, zoals bij grasland, steeds langs dezelfde banen naar beneden; een groter gedeelte van de grond heeft daardoor contact met de regen. Ook wordt op bouwland de droge grond in de herfst bovengeploegd en hij staat dan in voortdurend contact met de vochtige lucht, van waaruit water kan worden opgenomen. Door al deze factoren is irreversibel ingedroogd grasland er slechter aan toe dan bouwland. Daar komt nog bij, dat op grasland de beworteling ondiep is; de wortels blijven grotendeels steken in de ingedroogde laag, waaruit weinig water te halen is.

Aan de hierboven genoemde redenen is het waarschijnlijk toe te schrijven, dat het tijdelijk in bouwland leggen van irreversibel ingedroogde graslanden vaak enige verbetering geeft. Het wateropnemend vermogen wordt dan wat hersteld, zodat de grond 's voorjaars vochtiger is en het langer duurt eer de gevaarlijke onbevochtigbaarheid optreedt; bovendien reikt de beworteling van jong grasland dieper dan van oud.

De irreversibele indroging bij de verschillende veensoorten. Wat de veensoort betreft, het is dus duidelijk, dat irreversibele indroging het gemakkelijkst voor kan komen bij zeer sterk vergane veensoorten, die weinig min of meer intacte plantenresten bevatten. Vooral de structuurloze baggers zijn er aan onderhevig, wanneer zij te hoog boven het grondwater liggen.

Bij de uitgeveende plassen, die vroeger veel zijn drooggemaakt, bestond de bovenlaag meestal uit bagger met een humusgehalte van ongeveer 30%. Deze humeuze grond vormt bij een voldoende hoge grondwaterstand een mulle laag met een behoorlijke amplitude van de waterbeweging; ook in de zomer is deze laag nog zo vochtig, dat zij haar mulle structuur behoudt en smerend te verwrijven is. Wanneer een dergelijke grond echter te ver boven het grondwater komt te liggen, droogt hij irreversibel in en men vindt dan 's zomers onder de zode een droge, meestal grijzige laag met dikke wortelbaarden, welke laag 's winters uiterst moeilijk water opneemt. Deze laag heeft dan de structuur en het uiterlijk van droge bladaarde, of, wanneer zij vast is, is zij gemakkelijk tot deze structuur te verwrijven. Door de grijze kleur lijkt het humusgehalte veel lager dan 30%.

De stoffig ingedroogde laag reikt meestal niet dieper dan tot ongeveer 30 cm onder maaiveld, omdat de wateronttrekking op grotere diepte te gering is om de grond sterk te laten indrogen. Onder de ingedroogde laag vindt men meestal min of meer verweerd en soms ook nog enigermate ingedroogd restveen; dit veen is dan vochtig-mul, doch met hardere kluitjes van ingedroogd veen. In de regel is deze overgangslaag maar dun en daaronder ligt dan normaal restveen en/of oude zeeklei. Wanneer de oude zeeklei uit katteklei bestaat, wat vaak het geval is, is dit natuurlijk nog een extra belemmering voor de watervoorziening der gewassen, daar deze grondsoort in het geheel niet doorworteld wordt.

Bij de natte ontginningsgronden is de irreversibele indroging in zijn ergste vorm beperkt tot de baggergronden. Toch lijden ook minder vergane veensoorten, wanneer zij te hoog boven het grondwater liggen, er onder. Het veen (ook hier beperkt de indroging zich in de regel tot de laag tussen zode en 30 cm diepte) wordt dan wat droog en brokkelig. Men vindt echter ook wel een mulle grond-

massa, waarin verturfdde brokjes voorkomen; misschien is dit een verder stadium van indroging, misschien bestond de bovenlaag hier aanvankelijk ten dele uit bagger.

Bij het droge en brokkelige veen is de hoeveelheid macrocapillair water nog wel zo groot, dat dit een aanmerkelijke bijdrage tot de watervoorziening levert. De waterhuishouding is bij dit type daardoor minder geschaad dan bij de gronden, waarvan de bovenlaag een mulle massa vormt, maar ook deze gronden zijn toch zeer droogtegevoelig. Overigens zal het duidelijk zijn, dat er allerlei overgangen tussen beide types voorkomen, die ook genetisch moeilijk te onderscheiden zijn.

Men vindt de irreversibel ingedroogde gronden voornamelijk op plaatsen, die hoger dan gemiddeld boven het polderpeil liggen. Zo komen in sommige droogmakerijen langs de rand hogere terreinen voor. Doch ook meer naar binnen treft men wel percelen aan, die minder diep zijn verveend en daaraan hun hogere ligging danken. Vaak wordt hier irreversibele indroging gevonden.

Behalve met een primair hogere ligging heeft men ook te maken met de hoogteverschillen, die het gevolg zijn van ongelijke inklinking. Irreversibel ingedroogde grond vindt men aldus boven de ruggen van lichtere grond, die in droogmakerijen met een ondergrond van overigens zware oude zeeklei voorkomen; deze irreversibel ingedroogde grond wordt eveneens aangetroffen boven de kleiruggen in droogmakerijen met een overigens venige ondergrond.

Doch bij een dikke laag restveen kan ook de ongelijke inklinking van dit restveen zelf tot irreversibele indroging van de minder ingeklonken plekken leiden. Soms is de inklinking in het ene deel van een polder kleiner geweest dan in de rest en daar wordt dan in het bijzonder de ingedroogde grond gevonden. Meestal heeft men echter te doen met klinkverschillen op zeer korte afstand, die dan tot een bultig en hobbelig landschap leiden, waarvan de hogere plekken irreversibel zijn ingedroogd. Ook komt het wel voor, dat het hele perceel enigermate is ingedroogd en dat de hogere bulten het verschijnsel in ergere mate vertonen.

Ongelijke inklinking wordt ook aangetroffen na minder zorgvuldige ontginning van wilde verveningen; de oude ribben steken door de geringere inklinking boven de omgeving uit en deze vertonen dan vaak in de bovenlaag de hiervóór beschreven droge verbrokkeling.

Behalve in deze vorm - die typisch is voor droogmakerijen - kent men op het oude land ook nog irreversibel ingedroogde gronden bij de klei-op-veengronden van het grote Hollandse laagveengebied. Tussen klei en veen ligt daar een sterk humeuze overgangslaag, waarin geen min of meer intacte plantenresten meer voorkomen. Als het kleidek niet te dik is, kan ook deze overgangslaag irreversibel indrogen. Dit type irreversibel ingedroogde grond maakt een meer kleiige indruk en de ingedroogde overgangslaag bestaat uit min of meer hoekige aggregaten van hagelkorrelgrootte. De ingedroogde grond is vaak bruin door ijzerafzettingen; mogelijk heeft dit ijzer een rol gespeeld bij het ontstaan van de irreversibiliteit. Het voorkomen van deze vorm van irreversibiliteit is gebonden aan een niet te grote dikte van het kleidek. Naarmate de overgangslaag zich dieper beneden de oppervlakte bevindt is de hoeveelheid water, die de planten daaraan onttrekken, kleiner en de kans op irreversibele indroging geringer.

Naarmate veen meer nog intacte plantenresten bevat, is



de hoeveelheid macrocapillair water groter en treedt de hiervóór genoemde droge verbrokkeling minder gemakkelijk op. Weinig vergane veensoorten zijn dan ook duidelijk minder gevoelig voor een lage grondwaterstand dan meer vergane. Op zeer weinig vergaan veen (jong mosveen) is zelfs een diepe grondwaterstand mogelijk, zonder dat überhaupt schadelijke gevolgen optreden.

Voorkoming van en behandeling van irreversibele indroging. Uit het voorgaande zal het duidelijk zijn, dat de hoogte van de grondwaterstand een grote rol speelt bij de irreversibele indroging. Een voldoende hoge grondwaterstand is dan ook het beste middel om een irreversibele indroging van het veen te voorkomen. De ervaring heeft geleerd, dat voor grasland een slootpeil van 40 cm onder maaiveld voldoende is om te maken dat geen irreversibele indroging van daarvoor gevoelige veengronden optreedt; bovendien is bij dit watergehalte de produktie van het grasland uitstekend, mits het waterpeil in de winter wat wordt verlaagd en aan de ontwatering de nodige aandacht wordt besteed. Voor bouwland is met het oog op de cultuur een lagere grondwaterstand gewenst en vanwege het kleinere gevaar voor irreversibele indroging ook toelaatbaar. Bestaat de ondergrond uit weinig vergaan veen, dan is een slootwaterstand van 1 m beneden maaiveld zeker aanvaardbaar.

Wanneer men zich bij het in cultuur brengen van veengronden aan deze voorschriften houdt, behoeft men voor irreversibele indroging niet bevreesd te zijn. Overigens is er geen bezwaar tegen om de waterstand, wanneer dit met het oog op de ontginning gewenst is, tijdelijk op een veel lager peil in te stellen. In de Noordoostpolder hebben enkele terreinen, waarvan de bovenlaag (zij het dan afgedekt door 5 à 10 cm zand) uit gyttja-detritus (een met bagger overeenkomende grondsoort, die ongetwijfeld tot irreversibele indroging neigt) bestond, een 10-tal jaren tamelijk hoog boven polderpeil gelegen, zonder dat dit tot een verminderde produktie, noch tot een irreversibele indroging van de grond heeft geleid; blijkbaar is met de irreversibele indroging nog al enige tijd gemoeid.

Een voldoende hoge grondwaterstand is niet alleen een middel ter voorkoming van irreversibele indroging, maar ook een manier om ingedroogde gronden hun produktiviteit te hergeven. Dit berust in de eerste plaats hierop, dat bij een hogere grondwaterstand de planten over meer macrocapillair water, eventueel zelfs grondwater beschikken, terwijl ook de aanvulling van capillair water vanuit het grondwater beter mogelijk is. Door de grotere hoeveelheid beschikbaar water wordt ook de wateronttrekking aan de organische grondmassa kleiner. Hierdoor en

door het betere contact met het water gaat een aantal dwarsverbindingen in het macromoleculaire netwerk (die immers tegen een langdurige inwerking van het water niet alle bestand zijn) weer teniet, de reversibiliteit wordt vergroot en men kan behalve van een verbetering van de landbouwkundige toestand tot op zekere hoogte ook van een herstel van de grond spreken.

Een feit is in ieder geval, dat men door het ophouden of opmalen van water in de sloten (al dan niet gecombineerd met infiltratie) een aantal ingedroogde gronden aanmerkelijk heeft verbeterd, niet alleen wat de produktiviteit betreft, maar ook ten aanzien van het wateropnemend vermogen van de vergane organische stof.

De moeilijkheid bij het herstel van irreversibel ingedroogde gronden is echter, dat het vaak niet gemakkelijk is om de grondwaterstand te verhogen, omdat de ligging van het maaiveld bij ingedroogde gronden in de regel zeer ongelijk is en juist de ingedroogde gedeelten het hoogst liggen; verhoging zonder meer zou bezwaren opleveren voor de lagere delen.

Het gemakkelijkste zijn de - niet veel voorkomende - percelen te helpen, die in hun geheel te hoog boven het grondwater liggen. Hobbelige en bultige percelen kan men door scheuren, effenende grondbewerkingen en herinzaai verbeteren. Moeilijker is het wanneer, zoals meestal het geval is, de ingedroogde gronden in grillig verlopende ruggen of alleen zeer lokaal voorkomen. Het is dan uiterst bezwaarlijk of zelfs onmogelijk om de waterstand aan te passen aan de terreinsgesteldheid.

Behalve door verhoging van het waterpeil kan men ook door verlaging van het maaiveld, dus door grondverzet, de ligging ten opzichte van het grondwater verbeteren. Wanneer het om kleine oppervlakten gaat, is hiervoor binnen het bedrijf vaak wel een oplossing te vinden. Bij grotere oppervlakten kan men de irreversibel ingedroogde grond afgraven en verkopen; in het westen van Nederland, waar grote behoefte bestaat aan grond voor het opvullen van laagten en voor tuinaanleg, is dit een wel toegepaste handelwijze. Wanneer de ondergrond ook uit veen bestaat, kan deze na het afgraven zonder meer weer in gras worden gelegd.

Vaak bestaat de ondergrond echter uit oude zeeklei en dan rijst een speciaal probleem, nl. dat van de kattenklei - welk probleem ook bestaat bij de derde methode van grondverbetering.

Bij deze derde methode wordt de irreversibel ingedroogde grond naar beneden gewerkt en met klei afgedekt, hetzij door bedekking met klei van elders (in een veenlandschap, waarin kleiruggen voorkomen), hetzij door diepspitten of diepploegen (bij restveen met oude zeeklei in de ondergrond). De bovengebrachte oude zeeklei bestaat vlak onder het veen echter vaak uit kattenklei, of gaat daar na aëratie in over en deze wijze van grondverbetering is dan niet zonder meer mogelijk. Wanneer de oude zeeklei op grotere doch niet te grote diepte kalkhoudend is, kan men de bewerking (ploegen of afgraven + ploegen) zo uitvoeren, dat deze kalkhoudende laag wordt bovengebracht. Ontbreekt de kalkhoudende laag of ligt deze te diep, dan zal men deze wijze van grondverbetering alleen toe kunnen passen, wanneer van elders (b.v. uit lichte-zavelruggen) kalkhoudende grond kan worden aangevoerd voor neutralisatie van de kattenklei. Het ligt voor de hand, dat deze wijze van werken, waarvan enkele voorbeelden bestaan, alleen mogelijk is in tijden van werkeloosheid.

### HOOFDSTUK III. DE INKLINKING.

Algemene opmerkingen over de inklinking. In hoofdstuk I is uiteengezet, dat het watergehalte van jonge gronden in het algemeen hoger is dan dat van oudere en dat dit watergehalte na het droogvallen afneemt. Er is toen alleen gesproken over de bovenlaag (ter dikte van 75 à 150 cm); het zal in dit hoofdstuk blijken, dat ook de diepere lagen - zij het als gevolg van andere processen - na de inpoldering water kunnen verliezen. Met de daling van het watergehalte in al deze lagen gaat een inkrimping van het bodemskelet gepaard en hierdoor klinkt de grond in.

De krimp in verticale richting doet de grond rechtstreeks inklinken. De horizontale krimp gaat in de plastische en zwaar belaste ondergrond ook zonder meer over in inklinking, en wel door zijdelingse verschuiving der bodemdeeltjes. Hoger in de grond ontstaan door de horizontale krimp in eerste aanleg scheuren. Op de duur wordt deze horizontale krimp echter ook grotendeels in inklinking omgezet, doordat de scheuren opgevuld worden met er van boven invallende grond.

Het inklinkingsproces is voor het in cultuur brengen van drooggevallen gronden in verschillende opzichten van belang; en wel in de eerste plaats voor de afwatering. Door de inklinking daalt het maaiveld en het polderpeil moet daaraan worden aangepast en dus na enige tijd verlaagd. Voor verschillende kunstwerken in de polder, waarvan<sup>de</sup> constructie afgestemd moet zijn op het polderpeil, kan deze verlaging moeilijkheden opleveren en in het verleden heeft een niet berekend zijn op de nieuwe toestand inderdaad herhaaldelijk moeilijkheden opgeleverd. Bij nieuwe inpolderingen moet daarom direct rekening worden gehouden met de latere toestand: 1) bij eenemaal met de constructie, het vermogen en de opvoerhoogte; 2) bij een suattiesluis met de mogelijkheid van natuurlijke lossing in de toekomst, met de afmetingen en met de diepteligging van de bodem; 3) bij een scheepvaartsluis met de hoogte van de sluisdrempel; 4) bij kanalen met de boordvoorziening.

Ook voor de afwatering als zodanig heeft de inklinking gevolgen, omdat de bemalingskosten er door stijgen. Zelfs zijn tal van polders (vooral die met sterk klinkend veen in de ondergrond) als gevolg van de door de inklinking noodzakelijk geworden verlaging van het polderpeil van natuurlijke lossing op bemaling moeten overgaan.

Juist het feit van de landaanwinning kan bij polders met natuurlijke lossing de moeilijkheden, die het gevolg zijn van de inklinking, nog vergroten. Wanneer langs de kust een kwelder aanwast, komt er na de indijking vóór de bestaande polders een nieuwe te liggen. De lossing van het water uit de oude polder, die door de inmiddels plaats gevonden hebbende inklinking toch al minder gunstig verliep, ondervindt dan een extra belemmering, omdat de weg, waarlangs het water moet worden afgevoerd langer is geworden en het verval daardoor geringer. De moeilijkheden worden natuurlijk nog weer groter, wanneer voor de nieuwe polder opnieuw aanslibbing en indijking plaats vindt.

Verschillende oudere polders (vooral met veen in de ondergrond) zijn door deze combinatie van inklinking en voortschrijdende landaanwinning dan ook in moeilijkheden geraakt (b.v. om de Dollard) en men heeft wel speciale voorzieningen moeten treffen (o.a. bemaling, die op zichzelf nog niet nodig was, of afvoer van het water via het vaak nog weer dieper gelegen achterland) om aan deze moeilijkheden het hoofd te bieden.

Een verder gevolg van de inklinking voor de afwatering is, dat tochten en sloten verondiepen. Deze moeten dus bij de aanleg een zekere overdiepte krijgen, of zij moeten na enige tijd worden opgehaald. Daar dit om andere redenen (sterke inspoeling bij de ontginning) toch ook al wel moet gebeuren, is deze verondieping van tochten en sloten een van de minst opvallende gevolgen van de inklinking.

Door de inklinking komt ook de drainage hoger, en vaak ongewenst hoog, in de grond te liggen. Daar men een drainage niet zo gemakkelijk dieper kan leggen, moet men haar bij de aanleg in ieder geval een zekere overdiepte geven.

Ook voor de in een polder te stichten gebouwen kan de inklinking bezwaren opleveren. Als bij bouwwerken gefundeerde en ongefundeerde constructies tegen elkaar aansluiten, blijft de onderlinge ligging bij de inklinking niet gelijk en breuk is dan vaak het gevolg. Dit is b.v. het geval bij leidingen voor drinkwater, elektriciteit, gier en rioolwater. Ook dorsvloeren in schuren komen lager te liggen en moeten dan worden opgehoogd.

Landbouwkundig is de inklinking vooral van belang bij gronden, die uit een laag klei of zavel op matig fijn zand bestaan, en die na de inpoldering een diepe grondwaterstand zullen hebben. De kwaliteit van dergelijke gronden hangt af van de dikte van de klei- of zavellaag, omdat hun watercapaciteit bepaald wordt door de dikte van de bovenliggende zware laag. Door de inklinking wordt de zware bovenlaag dunner en de uiteindelijke waarde van de grond is dan lager dan deze bij de ontginning lijkt; bij het beoordelen van een terrein op zijn geschiktheid tot inpoldering moet men met deze zijde van de

inklinking daarom ook rekening houden.

De bezwaren voor de afwatering zijn meestal van weinig betekenis, als het om een inklinking van één of hoogstens enkele decimeters gaat; doch bij een inklinking van meer dan 1 m, zoals die b.v. in de Zuiderzeepolders soms voorkomt, zijn de er uit voortvloeiende vraagstukken niet onbelangrijk. Voor de waarde van zavel-op-zand profielen daarentegen kan een inklinking van een of enkele decimeters al van belang zijn.

Behalve met de inklinking als zodanig heeft men ook te maken met het feit dat deze, als gevolg van verschillen in bodemgesteldheid, niet overal gelijk is. Een ongelijke inklinking kan in de eerste plaats de bestaande regeling van het polderpeil in de war sturen. Wanneer vóór de inklinking het polderpeil overal bevredigend was, dan kunnen, ook wanneer het polderpeil als geheel aan de algemene daling van het maaiveld wordt aangepast, door een plaatselijk sterkere inklinking voorheen goed ontwaterde terreinen te laag komen te liggen. Omgekeerd kunnen minder sterk inklinkende terreinen ongewenst hoog boven het polderpeil raken, als dit aangepast wordt aan de daling van het maaiveld in de rest van de polder. Bij daarvoor gevoelige gronden treedt dan verdroging op.

Verder kan de ongelijke inklinking moeilijkheden opleveren bij de toevoer van het water naar het gemaal. Het gemaal is, indien enigszins mogelijk, op de bij het droogvallen laagste plek gebouwd en ook de hoofdafwatering is zo aangelegd, dat het water bij het droogvallen van hoog naar laag stroomde. Door de ongelijke inklinking kan dit hele systeem min of meer verstoord raken. Er zijn zelfs wel polders, waar door de ongelijke inklinking het gemaal bij lange na niet meer op het laagste punt van de polder kwam te staan en men om die reden het gemaal heeft moeten verplaatsen (o.a. in de Derde Bedijking van de Ronde Venen). Bij nieuwe inpolderingen moet daarom ook reeds bij het projecteren van het gemaal en de hoofdafwatering zo mogelijk - maar vaak valt dit niet mee - met de uiteindelijke hoogteverdeling rekening worden gehouden.

Ook bij de afwatering op kleinere schaal kan de ongelijke inklinking hinderlijk zijn. Ter plaatse van oude geulen b.v., die met slap en daardoor sterk inklinkend materiaal zijn gevuld, ontstaan laagten, waarheen bij hevige regen gemakkelijk oppervlaktewater vloeit. Omgekeerd heeft een plaatselijk minder grote inklinking, b.v. boven een zandrug in de ondergrond, een

verondieping van de sloot ter plaatse ten gevolge. Dergelijke verondiepingen kunnen de afwatering van het bovenstroomse gedeelte bemoeilijken. In de Lopiker Waard b.v., waar een paar ondergrondse zandruggen het afwateringsstelsel scheef snijden, worden door de ongelijke inklinking moeilijkheden van deze aard met de afwatering ondervonden.

Ook voor de drainage kan de ongelijke inklinking onaangename gevolgen hebben. Door een ongelijke inklinking kan deze nl. een golvende ligging krijgen; op de laagste plaatsen zet zich in de buizen dan gemakkelijk zand en andere verontreinigingen af en dit kan tot verstopping leiden. In erge gevallen wordt door de ongelijke inklinking zelfs de verbinding der buizen zozeer verruimd, dat dit tot invallen van gronddeeltjes en snelle verstopping van de drainreeks leidt. Een op korte afstand zo sterk variërende inklinking treedt echter alleen bij veengronden op; ter voorkoming van de verbreking der drainreeksen legt men deze dan wel op latten.

Landbouwkundig is de ongelijke inklinking vooral van belang, omdat zij een ongelijke ligging ten opzichte van de grondwaterstand ten gevolge heeft, een punt dat bij de afwatering reeds is genoemd. Bij polders, die als bouwland in gebruik zijn en die uit een dikke laag klei bestaan, is er geen bezwaar tegen om het polderpeil op de meest geklonken en dus laagste percelen af te stemmen. Als de hoogste percelen uit een dunne zavellaag op middelfijn zand bestaan, is dit echter onmogelijk, omdat deze percelen dan onder watergebrek zouden lijden. Men moet hier dus met een compromis genoegen nemen, met alle bezwaren daarvan.

Voor al bij veengronden treedt ongelijke inklinking op en vooral bij deze gronden levert dit moeilijkheden. Een te hoge waterstand heeft in natte tijden vertrapping van de zode ten gevolge, terwijl bij veengronden, die tot irreversibele indroging neigen, een ligging van slechts enkele decimeters boven de gewenste waterstand al zeer schadelijke gevolgen kan hebben.

In het bijzonder bij ontginning van gedeeltelijk verveende terreinen treedt deze ongelijke inklinking zeer gemakkelijk op. Een gedeelte van het terrein bestaat hier uit ribben van betrekkelijk vast veen, dat na de ontginning slechts weinig inklinkt. Daartussen liggen dan de sterk inklinkende grondsoorten van de trekaten: de bagger en eventueel de kraggen. Maakt men bij de ontginning het terrein vlak, dan komen de voormalige ribben door de kleinere inklinking na enige tijd hoger te

liggen dan de rest; ten gevolge van hun armoedige grasgroei zijn deze voormalige ribben in droge tijden dan al van verre herkenbaar. Doordat de overgang van de ribben naar de laagten vrij abrupt gaat, levert de ongelijke inklinking ook moeilijkheden bij het maaien op. Door het geven van onderhoogte bij de ontginning ter plaatse van de voormalige ribben moet men trachten in de definitieve toestand een ongeveer vlak terrein te krijgen; het verschil in inklinking is echter moeilijk te schatten.

Enkele grondmechanische begrippen over de inklinking. Inklinking van de grond is een onderwerp, dat ook tot de Grondmechanica behoort en waarover van grondmechanische zijde veel gewerkt is; het is daarom van belang hier enkele grondmechanische begrippen over de inklinking te introduceren, in het bijzonder met het oog op de bespreking van de inklinking van de diepere ondergrond.

In de Grondmechanica is het gebruikelijk om te spreken over spanningen; daarmee bedoelt men de krachten per eenheid van oppervlak. De drukkracht per  $\text{cm}^2$ , die een laag grond door zijn eigen gewicht op de daaronder gelegen lagen uitoefent, wordt dan een drukspanning genoemd en uitgedrukt in  $g$  of  $\text{kg}/\text{cm}^2$ .

Wanneer een grond geheel met water verzadigd is en de grondwaterstand juist in het maaiveld ligt, dan drukt op een bepaald vlak in de ondergrond het gewicht van de bovenliggende natte grond (grondspanning =  $\sigma_g$ ). Het is van belang om een onderscheid te maken tussen de spanningen, die door het korrelskelet (korrelspanning =  $\sigma_k$ ) en die door het zich in de bodem bevindende water (waterspanning =  $\sigma_w$ ) op dit vlak worden uitgeoefend. Het water drukt in het hierboven genoemde doorsneevlak in de eerste plaats op het water in dat doorsneevlak, maar het brengt (omdat de waterdruk ook alzijdig op de bodemdeeltjes aangrijpt), in het doorsneevlak van de bodemkorrels eveneens een even grote spanning teweeg.

Wanneer men een vlakje van  $1 \text{ cm}^2$  beschouwt, de er boven gelegen grondzuil  $h$  cm hoog is, het s.g. van de korrels  $\sigma_k$  en van het water  $\sigma_w$  is, en als eenheid verder de  $g$  wordt gebruikt, dan is, ingevolge het in de vorige alinea gestelde,  $\sigma_w = h \times \sigma_w$ . Als het poriëngehalte van de natte grond =  $n$ , dan is  $\sigma_g = h \times n \times \sigma_w + h (1-n) \sigma_k$ . Daar  $\sigma_g = \sigma_k + \sigma_w$  en  $\sigma_w = h \sigma_w$ , is  $\sigma_k$  (de door de korrels op hun onderburen uitgeoefende spanning) =  $\sigma_g - h \sigma_w = h \times n \times \sigma_w + h (1-n) \sigma_k - h \sigma_w =$

$$\begin{aligned}
 h (n-1) \gamma_w + h (1-n) \gamma_k &= \\
 h (1-n) \gamma_k - h (1-n) \gamma_w &= \\
 h (1-n) (\gamma_k - \gamma_w). &
 \end{aligned}$$

Daar  $h (1-n)$  het volume van de boven het vlakje gelegen korrels is,  $h (1-n) \gamma_k$  hun gewicht en  $h (1-n) \gamma_w$  het gewicht van het door hen verplaatste water, is  $\sigma_k$ , of de korrelspanning, dus gelijk aan het gewicht van de boven het beschouwde vlak gelegen korrels, verminderd met de opwaartse hydrostatische druk dier korrels. Deze door de bovengelegen korrels uitgeoefende spanning drukt uiteraard uitsluitend op de korrels van het beschouwde vlak, en wordt door die korrels opgevangen.

Zoals hiervoor reeds opgemerkt, berust de inklinking van de ondergrond hierop, dat het korrelskelet in elkaar wordt gedrukt door het gewicht der bovenliggende lagen. Bij de krachten, die dit in elkaar drukken veroorzaken, speelt de waterspanning geen rol, daar de waterdruk alzijdig op de bodemkorrels werkt en de resultante van een alzijdige druk altijd = 0 is, onafhankelijk van haar grootte; het inklinkingsproces wordt uitsluitend beheerst door de korrelspanning, die van boven naar beneden werkt.

Wanneer een terrein onder water ligt, wordt de korrelspanning, zoals gezegd, bepaald door het gewicht van de bovenliggende korrels, verminderd met de opwaartse druk. Naarmate men dieper in de grond komt, neemt de korrelspanning dus toe. Of er veel of weinig water boven de grond staat, is voor de korrelspanning onverschillig. Ook de waterspanning neemt naar beneden toe; hiervoor is het wel van belang, of en hoeveel water er boven de grond staat (fig. 1 en 2). De waterspanning neemt naar beneden toe met 0.1 kg per  $\text{cm}^2$  per m.

Wordt het terrein nu drooggelegd en de waterstand door het graven van sloten tot b.v. 1 m onder maaiveld verlaagd, dan daalt ook in de grond de grondwaterstand tot 1 m beneden maaiveld. Beschouwt men nu eerst een klei- of zavelgrond van macrohomogene bouw, dan is deze grondwaterstandsverlaging kleiner dan de (zeer grote) capillaire stijghoogte van een dergelijke grond. Er zakt dus geen water uit de grond (behalve dan de zeer kleine hoeveelheid, nodig voor de vorming van de concave menisci tussen de bodemkorrels) en er hangt een laag water van 1 m hoogte via deze menisci aan de bodemkorrels van het oppervlak.

Uiteraard blijft de grondspanning bij een dergelijke daling van de grondwaterstand gelijk (het totale gewicht van de



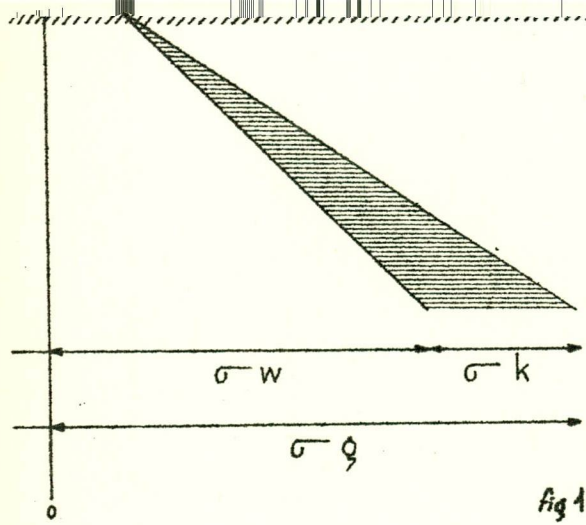


fig 1

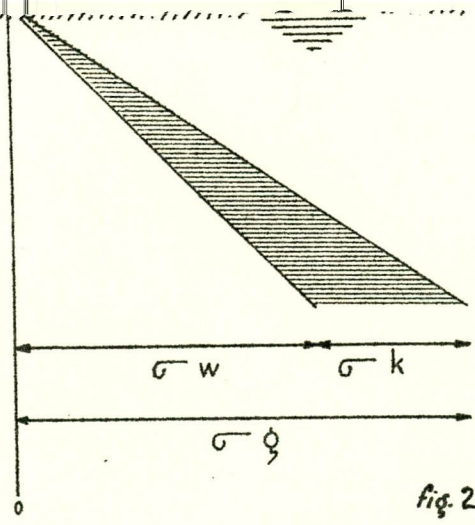


fig. 2

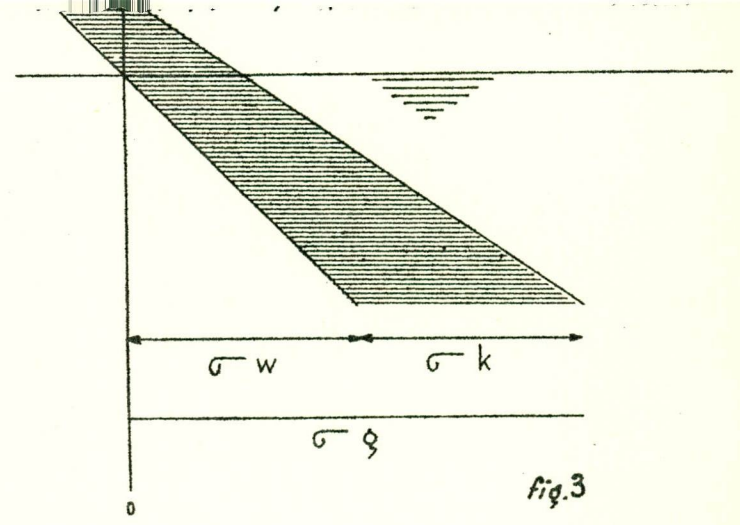


fig.3

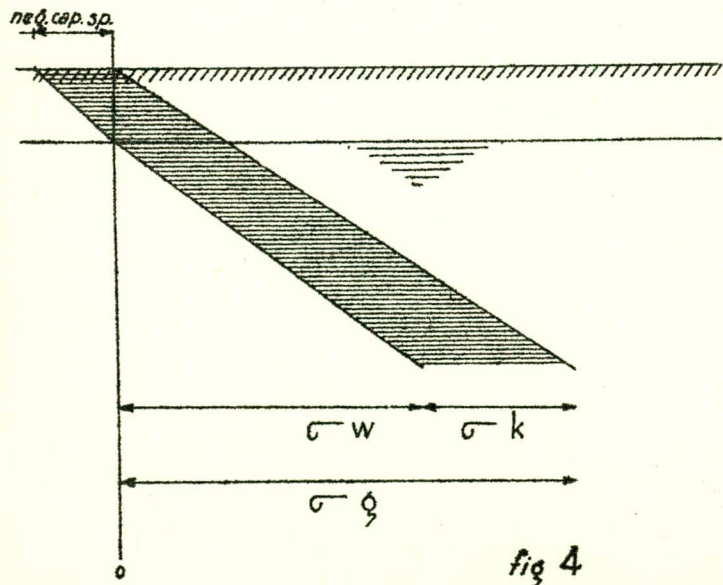


fig 4

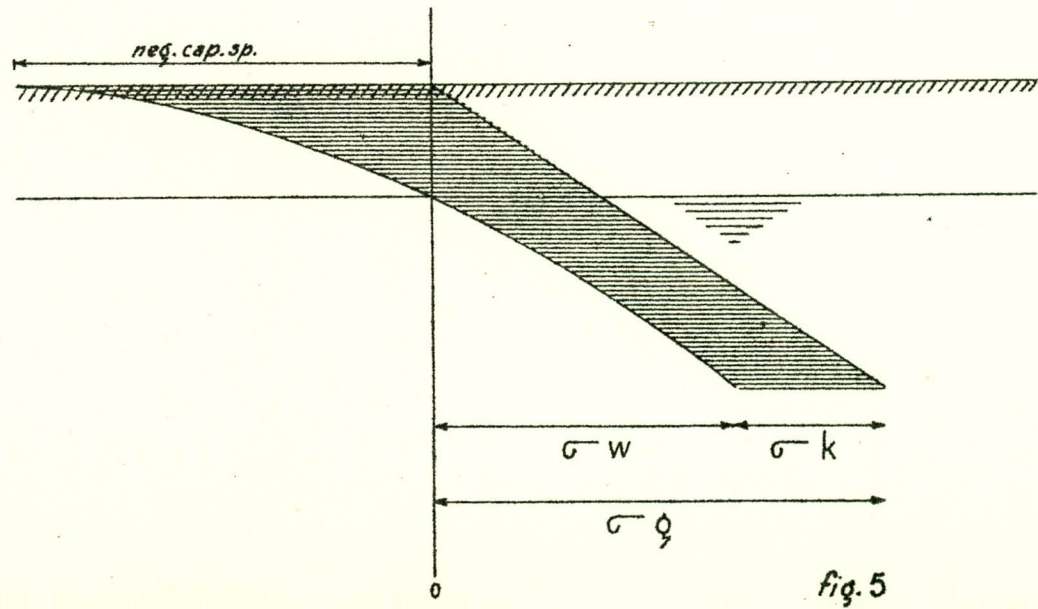


fig.5

DIAGRAMMEN VAN KORREL-EN  
WATERSPANNINGEN.  
(ONTOLEEND AAN  
T.K. HUIZINGA:  
"GRONDMECHANICA")

grond - korrels + water - verandert immers niet), maar de waterspanning neemt af (doordat een deel van het water aan de korrels hangt) en de korrelspanning neemt over de gehele diepte toe met die van een 1 m dikke waterlaag, dat is met 100 g per  $\text{cm}^2$  of 0.1 kg per  $\text{cm}^2$ . In de formule  $\sigma_w = \sigma_g - \sigma_k$  betekent dit, dat de waterspanning in het maaiveld negatief is ( $\sigma_g$  is daar = 0) en naar beneden weer met 0.1 kg per  $\text{cm}^2$  per m toeneemt (fig.3). Op 1 m beneden maaiveld is de waterspanning = 0; dit is het niveau van de grondwaterstand.

In de praktijk heeft men natuurlijk nooit met een volledig homogene grond te maken; er is altijd een zekere hoeveelheid bovenzcapillaire ruimten. Bij daling van de grondwaterstand lopen deze bovenzcapillaire ruimten leeg; m.a.w. de grondspanning daalt iets en de korrelspanning neemt dus iets minder toe, dan hier is verondersteld. Van wezenlijk belang is deze beperking in de meeste gevallen echter niet.

In fig.3 is verondersteld, dat de afname van de waterspanning zich volledig naar beneden voortplant. Dit is echter lang niet altijd het geval. De ondergronden, waarmee men bij de inklinking te maken heeft, zijn vaak zeer ondoorlatend en de daling van de waterspanning aan het oppervlak plant zich dan maar zeer vertraagd naar beneden voort, m.a.w. op grote diepte blijven korrel- en waterspanning vooreerst op de oorspronkelijke grootte en er is een geleidelijke overgang naar de spanningsverdeling van het oppervlak.

Doch ook een volkomen voortplanting van de waterspanning van het oppervlak naar de diepte leidt niet direct tot de toestand van fig.3. Deze voortplanting betekent, dat in de ondergrond een gedeelte van de waterspanning op de korrelspanning wordt overgedragen. Door de toename van de korrelspanning wordt het bodemskelet enigermate in elkaar gedrukt, maar deze ineendrukking is pas mogelijk, als het dan overtollige water ook af kan vloeien. Hiermede is in ondoorlatende gronden vaak zeer veel tijd gemoeid en gedurende al die tijd blijft de waterspanning hoger dan in fig.3 en hoger dan met de diepte beneden de grondwaterstand overeenkomt (verg. fig.3 en 4). Plaatst men dan ook een piezometer in de ondergrond, dan wijst deze een hogere waarde aan dan de grondwaterstand. Het water in de diepte verkeert in dit geval in wat men noemt "overspannen toestand". Zolang het water in de ondergrond overspannen is, is de korrelspanning en bijgevolg ook de inklinking kleiner dan in de uiteindelijke toestand.

In fig.3 en 4 is aangenomen, dat de verlaging van de waterspanning aan het oppervlak en de daarmee gepaard gaande krom-

ming van de menisci veroorzaakt is door de ontwatering. Het is echter ook mogelijk, dat de vorming van de menisci (en de daarmee gepaard gaande verlaging van de grondwaterstand) teweeggebracht wordt door de verdamping (fig.5). Ook dit levert een verlaging van de waterspanning en een even grote verhoging van de korrelspanning aan het oppervlak.

Deze verlaging van de waterspanning onderscheidt zich in twee opzichten van die, teweeggebracht door de ontwatering. In de eerste plaats werkt de ontwatering veel langduriger en constanter dan de verdamping; deze laatste vindt alleen in de zomer plaats en wordt dan nog telkens door de regen onderbroken. De door de ontwatering teweeggebrachte verlaging van de waterspanning heeft dus veel meer gelegenheid om zich naar beneden voort te planten.

In de tweede plaats is de verlaging van de waterspanning (en de verhoging van de korrelspanning), die door de evaporatie (en in latere stadia ook door de transpiratie) wordt teweeggebracht, veel groter dan die welke het gevolg is van de ontwatering (vele kg per  $\text{cm}^2$  bij de evapotranspiratie tegenover hoogstens 0.15 kg bij de ontwatering).

In hoofdstuk I is reeds opgemerkt, dat het bodemskelet van de meeste jonge gronden tegen een dergelijke verhoging van de korrelspanning, als door de evapotranspiratie wordt veroorzaakt, niet bestand is en dat dit bodemskelet dan onder waterafgifte in elkaar wordt getrokken; deze waterafgifte belemmert de voortplanting van de verlaging van de waterspanning naar beneden. Dit wordt nog in de hand gewerkt, doordat door de verkleining van het bodemskelet de diameter van de capillairen afneemt en de wrijving daarin dus groter wordt.

Door al deze oorzaken (waterafgifte bij verhoging van de korrelspanning, vooral in <sup>de</sup> sterk indrogende bovenlaag; grote wrijving, vooral in de ingedroogde bovenlaag) plant de zeer grote verlaging van de waterspanning aan het oppervlak, die het gevolg is van de evapotranspiratie, zich slechts zeer verzwakt naar beneden voort. Dit blijkt uit het feit, dat de grondwaterstand in de zomer meestal niet verder dan tot  $\pm 2$  m onder maaiveld daalt; m.a.w. de verlaging van de waterspanning, die in de bovenlaag vele kg per  $\text{cm}^2$  bedraagt, is hier al afgezwakt tot 0.2 kg per  $\text{cm}^2$ .

In deze bovenlaag (die bij minerale gronden tot ongeveer  $1\frac{1}{2}$  m beneden het oppervlak reikt en bij de ondieper ontwaterde veengronden tot ongeveer  $\frac{3}{4}$  m) treedt door de evapotranspiratie

dus een veel grotere toename van de korrelspanning op dan die, welke veroorzaakt wordt door de ontwatering; de inklinking van deze bovenlaag is daardoor hoofdzakelijk aan de evapotranspiratie en de daardoor veroorzaakte indroging toe te schrijven.

Op grotere diepte doet zich de invloed van de evapotranspiratie, die slechts tijdelijk is en zich bovendien slechts zeer traag voortplant, alleen maar zeer zwak gevoelen en men heeft hier hoofdzakelijk te maken met de toename van de korrelspanning, teweeggebracht door de verlaging van de grondwaterstand als gevolg van de ontwatering. Doordat deze factor veel constanter is, doet zij zich op de duur inderdaad tot grote diepte gevoelen.

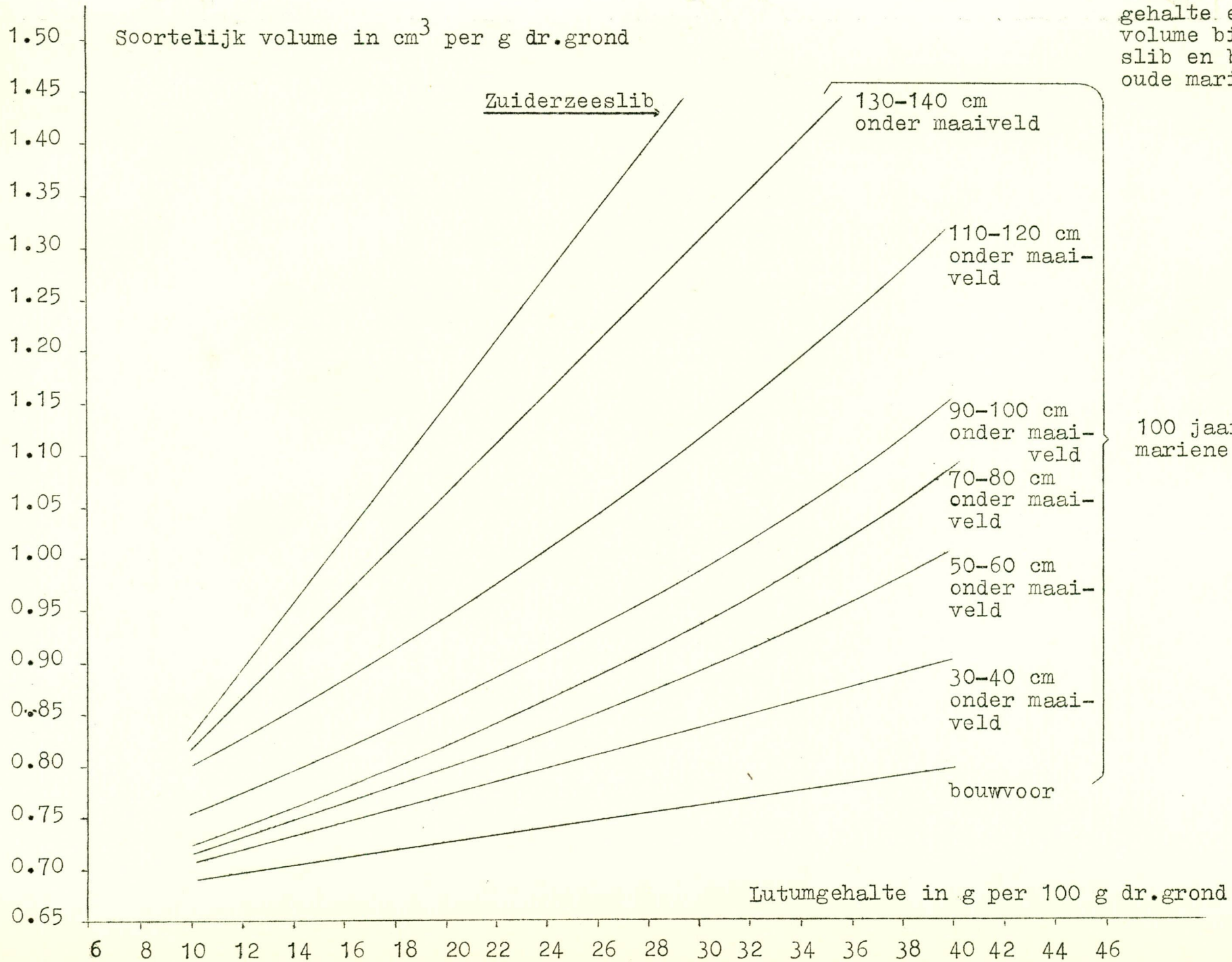
Men heeft dus bij de inklinking in zekere zin met twee processen te doen: de inklinking van de bovenlaag ( $1\frac{1}{2}$  m bij minerale gronden en  $\frac{3}{4}$  m bij veengronden), die hoofdzakelijk door de indroging tot stand komt, en de inklinking van de daaronder gelegen lagen, die veroorzaakt wordt door de toename van de korrelspanning, die optreedt als gevolg van de daling van de grondwaterstand door de ontwatering.

Beide processen vragen een aparte behandeling; de inklinking van de bovengrond zal het eerst worden besproken. Zoals gewoonlijk zal begonnen worden met de Zuiderzeeslibgronden, waarover de meeste gegevens beschikbaar zijn. Daar bij de andere bodemsoorten analoge processen optreden, kan het bij de Zuiderzeeslibgronden gewonnen inzicht ook dienen om de gang van zaken bij de andere bodemsoorten te begrijpen, ook al is daarvan niet altijd veel cijfermateriaal beschikbaar.

De inklinking van de bovenlaag bij Zuiderzeeslibgronden. Bij de inklinking van minerale gronden blijft het aantal en het gewicht der gronddeeltjes gelijk; alleen het er door ingenomen volume wordt kleiner. De inklinking uit zich dus in, en kan ook gemeten worden aan de afname van het volume per eenheid droge grond, dit is aan het z.g. soortelijk of specifiek volume; dit specifiek volume (S.V.) is het aantal  $\text{cm}^3$ , dat één g droge grond in natuurlijke ligging inneemt met het water en de lucht, die door de gronddeeltjes worden ingesloten.

Bij met water verzadigde gronden, zoals die op de bodem van het IJsselmeer voorkomen, heeft men alleen te maken met gronddeeltjes en water; het specifiek volume kan dan berekend worden uit het watergehalte. 1 g droge grond met s.g. = 2.65 neemt zelf een volume in van  $0,38 \text{ cm}^3$ . Bij deze 1 g droge grond behoort A : 100 g water. Het volume van 1 g droge grond in natuurlijke ligging

Verband tussen lutumgehalte en soortelijk volume bij Zuiderzeeslib en bij 100 jaar oude mariene gronden.



(S.V.) is dus =  $0.38 + A : 100$ .

Wanneer de gronden zijn drooggevallen en in cultuur gebracht, bevatten zij, behalve gronddeeltjes en water, ook lucht. Wil men dan het specifiek volume bepalen, ten einde na te gaan welke veranderingen sinds het droogvallen zijn opgetreden, dan worden hiervoor z.g. volume-gewichtsringen gebruikt. Deze volume-gewichtsringen worden op de verlangde diepte in de grond geduwd en geheel met grond in natuurlijke ligging gevuld. Door het volume van een ring te meten en de hoeveelheid droge grond erin te bepalen, kan het specifiek volume worden berekend (= volume ring: hoeveelheid droge grond in de ring).

Aldus zijn de hierna te bespreken specifieke volumina in nog niet drooggevallen en in reeds in cultuur gebrachte gronden bepaald. Wanneer het in het hierna volgende gaat om de uiteindelijke inklinking, die na het droogvallen optreedt, hebben de specifieke volumina voor de latere toestand betrekking op ongeveer 100 jaar oude gronden. Weliswaar zijn deze gronden nog niet geheel uitgeklonken, maar de resterende inklinking is slechts zeer klein en bij ontginningen behoeft men daarmee geen rekening te houden.

In een figuur is nu voor de Zuiderzeeslibgronden aangegeven, hoe het verband is tussen het specifiek volume en het lutumgehalte in de uitgangstoestand. In de uitgangstoestand wordt het specifiek volume bepaald door het watergehalte en daar dit toeneemt met het lutumgehalte, is dit met het specifiek volume eveneens het geval. Het watergehalte is in de uitgangstoestand in alle lagen van het profiel ongeveer gelijk; ook voor het verband tussen lutumgehalte en specifiek volume kan dus met één lijn worden volstaan.

Uit de figuur blijkt verder, dat ook in de eindtoestand het specifiek volume toeneemt met het lutumgehalte. Het specifiek volume is in de eindtoestand echter niet in alle lagen gelijk, maar des te lager, naarmate een laag hoger in het profiel voorkomt.

Bij de inklinking neemt het specifiek volume af en uit de figuur blijkt, dat een laag des te sterker inklinkt, naarmate zij hoger in het profiel voorkomt; de diepere lagen dragen tot de inklinking dus minder bij dan de hogere. Verder is de inklinking des te kleiner, naarmate het lutumgehalte lager is. Extrapolatie van de curven laat zien, dat gronden met ongeveer 5% lutum in het geheel geen inklinking meer vertonen.

Uit de grafiek kan de inklinking der Zuiderzee-gronden gemakkelijk worden berekend. Wanneer het profiel van een ingeklonken grond in 20 cm dikke lagen a, b, c enz. wordt verdeeld (te nummeren van boven af), dan is de oorspronkelijke dikte van deze lagen:

S.V. laag a vóór inklinking x 20 cm,  
S.V. laag a ná inklinking

S.V. laag b vóór inklinking x 20 cm enz.  
S.V. laag b ná inklinking

Sommering van deze waarden, verminderd met 20 cm voor elke beschouwde laag, geeft dan de inklinking van de gehele bovenlaag. Bij de berekening van de inklinking bij profielen, waarvan het specifiek volume in de uitgangstoestand niet in alle lagen gelijk is, moet er aan gedacht worden, dat de grenzen der lagen na de inklinking op een andere diepte liggen dan daarvóór; dit maakt de berekening iets gecompliceerder.

In onderstaande tabel is aldus de inklinking van de bovenlaag voor enkele lutumgehalten berekend; de cijfers geven alleen de orde van grootte aan, waarin de inklinking zich beweegt.

INKLINKING VAN DE BOVENLAAG ( $1\frac{1}{2}$ M INGEKLONKEN GROND) BIJ GOED ONTWATERDE ZUIDERZEESLIBGRONDEN IN DE EERSTE EEUW NA HET INPOLDEREN.	
Lutumgehalte (g per 100 g dr. stof)	Inklinking (in cm)
5	5
10	25
20	55
30	75
40	90

Uit deze cijfers blijkt, dat de inklinking bij de Zuiderzeeslibgronden sterk toeneemt met het lutumgehalte. Bij de lichte zavelgronden is zij vrijwel te verwaarlozen, doch bij de kleigronden bereikt zij een aanzienlijke waarde.

Zoals in de tabel staat vermeld, hebben de cijfers betrekking op goed ontwaterde gronden. Bij slechte ontwatering, doch vooral bij kwel, moet de inklinking van de bovenlagen kleiner zijn dan hierboven is opgegeven. Zelfs bij matige kwel zal de inklinking van de bovenlaag bij Zuiderzeeslibgronden naar schatting niet meer dan de helft van de normale waarde bedragen.

Van belang is nog de vraag, met welke snelheid de inklinking verloopt. Evenals de indroging is de inklinking een proces, dat in een bepaalde laag met steeds afnemende snelheid verloopt; ook schrijdt de inklinking, die boven in de grond begint, naar beneden steeds langzamer voort. Met de inklinking is dan ook een lange tijd gemoeid. Men kan aannemen, dat de

inklinking van de bovenlaag ( $1\frac{1}{2}$  m geklonken grond) in 70 à 100 jaar vrijwel voltooid is, hoewel ook daarna nog steeds enige verdere inklinking plaats vindt; voor de eerste helft van de inklinking zullen ongeveer 25 jaren nodig zijn. Er is dus geen sprake van, zoals wel eens wordt beweerd, dat de inklinking van de bovenlaag een snel aflopend proces is.

De inklinking van de bovenlaag bij kweldergronden. Het slib, waaruit een kwelder is opgebouwd, heeft bij de afzetting een hoog specifiek volume. Op en in de kwelder droogt dit slib echter aanmerkelijk in; als gevolg daarvan is het specifiek volume van kweldergronden lager dan van slibgronden en de inklinking na de indijking is daardoor kleiner.

Hoewel de grond van een kwelder enige lucht bevat, is dit luchtgehalte niet zo groot, of het specifiek volume in de uitgangstoestand kan hier ook zonder veel bezwaar uit het watergehalte worden berekend. Deze watergehalten zijn vermeld in hoofdstuk I; voor de basisgegevens moge daarom daarheen worden verwezen.

Het specifiek volume hangt bij kweldergronden ook weer af van het lutumgehalte en verder van de rijpingstoestand van de kwelder. Voor normale kweldergronden met een waterfactor  $n = 1.0$  bedraagt het specifiek volume bij 25% lutum ongeveer 1.45. Het specifiek volume in de eindtoestand is natuurlijk ongeveer gelijk aan dat van de Zuiderzeeslibgronden.

Uit de gegevens van hoofdstuk I is nu de inklinking voor verschillende gevallen berekend; de cijfers geven alleen de orde van grootte aan, waarin de inklinking zich beweegt.

INKLINKING VAN DE BOVENLAAG ( $1\frac{1}{2}$ M INGEKLONKEN GROND) BIJ GOED ONTWATERDE KWELDERGRONDEN IN DE EERSTE EEUW NA HET INPOLDEREN.		
Bodemsoort	g lutum per 100 g dr. grond bovenlaag	Inklinking (in cm)
$1\frac{1}{2}$ m wadslik op zand	30	40
$1\frac{1}{2}$ m matig gerijpte kwelder- grond op zand	30	25
$1\frac{1}{2}$ m sterk gerijpte kwelder- grond op zand	30	15
$\frac{1}{2}$ m kweldergrond op lichte zavel op zand	20	9



Uit deze cijfers blijkt in de eerste plaats, dat de in-  
 klinking van kweldergronden tengevolge van het lagere uitgangs-  
 watergehalte aanmerkelijk kleiner is dan die van Zuiderzee-  
 slibgronden van overeenkomstige zwaarte; verder oefent de rij-  
 ping van de kwelder duidelijk invloed uit op de grootte van de  
 inklinking. De waterrijke slikgronden klinken nog weer sterker  
 in dan de eigenlijke kweldergronden.

Een kwelderprofiel, dat tot  $1\frac{1}{2}$  m diepte uit zware grond  
 bestaat, komt niet veel voor. Meestal is de zware bovenlaag  
 dunner en ook lichter. Bij het veel voorkomende profiel van  
 $\frac{1}{2}$  m zware zavel op lichte zavel op zand is de inklinking slechts  
 9 cm, voornamelijk doordat de lichte zavel vrijwel niet en het  
 zand in het geheel niet inklinkt.

De inklinking van de bovenlaag bij gors- en griendgronden. De  
 inklinking, die na het in cultuur brengen bij gors- en griend-  
 gronden optreedt, vertoont grote overeenkomst met die van de  
 kweldergronden. Ook hier heeft het aanvankelijk zeer waterhou-  
 dende slib, waaruit de grond is opgebouwd, al vóór de inpolde-  
 ring een zekere indroging ondergaan; vooral bij de griendgron-  
 den is dit het geval. En evenals bij de kweldergronden heeft  
 men hier te maken met een profiel, dat in de ondergrond meest-  
 al in zand overgaat; de dikte van de inklinkende laag is daar-  
 door beperkt.

In ander opzicht is er daarentegen weer verschil met de  
 kweldergronden. Zoals in hoofdstuk III van deel B is gebleken,  
 hebben griendgronden, doch vooral gorsgronden, een hoog humus-  
 gehalte; na het in cultuur nemen verteert deze humus. Op zich-  
 zelf is deze vertering van de humus voor de inklinking van niet  
 zoveel belang, maar aan de humus is zeer veel water gebonden.  
 Met de vertering van de humus verliest de grond ook dit water  
 en een extra inklinking is daarvan het gevolg. Bij kweldergron-  
 den vindt deze afname van het humusgehalte eveneens plaats,  
 maar zij is daarbij van veel minder betekenis.

De factoren, die invloed uitoefenen op de grootte van de  
 inklinking, zijn in de eerste plaats de dikte van de zwaardere  
 laag en het rijpingsstadium; dit laatste heeft dus een dubbele  
 betekenis, omdat met de rijping zowel de hoeveelheid waterbin-  
 dende humus als de per g L + 3H gebonden hoeveelheid water af-  
 neemt. Ook het lutumgehalte bepaalt mee de grootte van de in-  
 klinking. Daar de meeste gors- en griendgronden tamelijk zwaar  
 zijn, kan deze factor hier buiten beschouwing blijven; evenals

bij de bespreking van het watergehalte wordt het lutumgehalte op ongeveer 25% gesteld.

De hieronder volgende gegevens over de inklinking van gors- en griendgronden zijn geheel gebaseerd op bepalingen van het specifiek volume in uitgangs- en eindtoestand; ook hier geven de cijfers alleen de orde van grootte aan, waarin de inklinking zich beweegt.

INKLINKING VAN DE BOVENLAAG ( $1\frac{1}{2}$ M INGEKLONKEN GROND) BIJ GOED ONTWATERDE GORS- EN GRIENDGRONDEN IN DE EERSTE EEUW NA HET INPOLDEREN.	
Bodemsoort	Inklinking (in cm)
1 m rietgorsgrond op zand	57
1 m Salicetum-griendgrond op zand	43

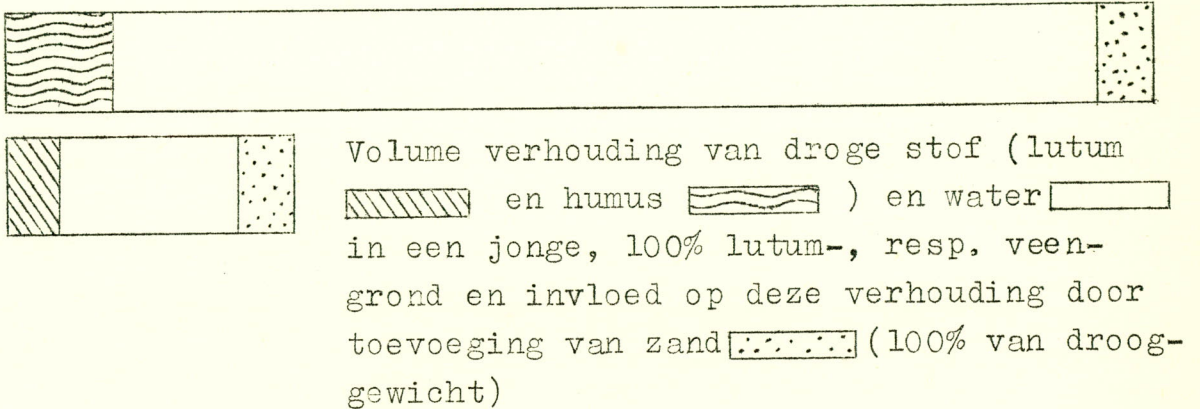
Uit deze cijfers blijkt, dat de gors- en griendgronden, voornamelijk als gevolg van de vele waterrijke humus, die na de inpoldering verdwijnt, aanmerkelijk meer inklinken dan kweldergronden met een zelfde dikte van de zware bovenlaag.

Er is nog één punt, waarop bij de inklinking van de gors- en griendgronden moet worden gewezen. Vooral de gorsgronden worden bij de indijking niet altijd direct tot bouwland ontgonnen, maar vaak tot grasland, dat alleen in een zomerpolder ligt. In deze zomerpolder vindt nog opslibbing plaats en deze kan de inklinking, zoals die voor de eigenlijke gorsgrond berekend zou worden, in meerdere of mindere mate compenseren.

De inklinking van de bovenlaag bij veengronden. Veel van wat over de inklinking van de minerale gronden is gezegd, geldt ook voor de organische. De inklinking begint hier eveneens boven in de grond en zij schrijdt geleidelijk naar beneden voort; ook bij veengronden is in de eindtoestand het specifiek volume in de ondergrond hoger dan in de bovengrond en de bijdrage van de ondergrond tot de inklinking dus kleiner.

Bij veengronden correleert in de uitgangstoestand het watergehalte met het gehalte aan organische stof. Er zou daarom reden zijn om aan te nemen, dat de inklinking bij veengronden des te groter is, naarmate het gehalte aan organische stof hoger is. Inderdaad is dit het geval, maar het verschil is zo onbetekend, dat het verwaarloosd kan worden.

Dit komt, omdat men te velde niet te maken heeft met gewichtspercentages van de droge stof (waarop de analyse-resultaten zijn gebaseerd), doch met volumepercentages van de natuurlijke grond. Dat dit verschil tussen volume- en gewichtspercentages juist bij de organische gronden van belang is, kan het beste blijken, als men twee gelijke gronden beschouwt, waarvan de één geheel uit lutum met het daaraan gebonden water bestaat en de ander uitsluitend humus met het daaraan gebonden water bevat. Uitgegaan wordt van gelijke gewichtshoeveelheden droge grond; het volume van de sterker waterbindende veengrond is dan veel groter dan van de lutumgrond (zie figuur).



Wanneer nu aan beide gronden een gelijke gewichtshoeveelheid niet waterbindend materiaal (zand) wordt toegevoegd, dan heeft deze toevoeging voor de volumeverhouding water : totaal volume veel minder te betekenen bij de veengrond dan bij de minerale, m.a.w. bij de veengrond heeft af- of toename van het gewichtspercentage niet-humus betrekkelijk weinig invloed (natuurlijk binnen zekere grenzen) op het volumepercentage water. Dit verschijnsel wordt nog versterkt, doordat het specifiek volume van de organische stof zelf hoger is dan de lutum (nl. resp. 0.71 tegen 0.38; dit is ook in de figuur aangegeven); in dezelfde richting werkt het feit, dat bij minerale gronden de niet-lutum uit niet waterhoudend zand bestaat en bij organische gronden de niet-humus overwegend uit waterbindende lutum.

Het is inderdaad zo, dat men voor de inklinking veen (waarvan het gehalte aan minerale delen toch altijd beneden 50% blijft) kan beschouwen als te zijn opgebouwd uit organische stof en water, verontreinigd met een meer of minder klein, maar steeds verwaarloosbaar volumepercentage minerale bestanddelen. Bij een veengrond met 50% organische en 50% minerale bestanddelen (gewichtspercentages op de droge stof) bedraagt b.v. het specifiek volume, als de waterfactor van de organische en de minerale bestanddelen resp. 10 en 2 en het soortelijk gewicht er van resp. 1,4 en 2,65 is:

$$\frac{0,5}{1,4} + 5 + \frac{0,5}{2,65} + 1 = 6,6.$$

Het volumepercentage van de minerale bestanddelen is dan slechts ongeveer 3 (nl.  $\frac{100}{6,6} \times \frac{0,5}{2,65}$ ).

Dat deze minerale bestanddelen ook voor de inklinking van geen betekenis zijn, kan blijken door de bovengenoemde grond te vergelijken met één, die voor 100% uit organische stof bestaat. Het specifiek volume van deze laatste grond

is  $\frac{1}{1,4} + 10 = 10,7$ . Stel, dat nu van deze beide gronden de helft van het water door indroging verdwijnt, dan wordt het specifiek volume in het eerste geval 3,6, in het tweede 5,7. Wat er na de inklinking overblijft, is evenredig met de verhouding der specifieke volumina; dit bedraagt dus in het eerste geval  $\frac{36}{66} = 55\%$ , in het tweede  $\frac{57}{107} = 53\%$ .

Men behoeft dus voor de inklinking bij veengronden met de verschillen in gehalte aan minerale bestanddelen geen rekening te houden. Het gemakkelijkste voor het verkrijgen van een overzicht is, om als standaard een grond te nemen, die in het geheel geen minerale bestanddelen bevat, m.a.w. door de specifieke volumina, waaruit de inklinking gemakkelijk kan worden afgeleid, uit te drukken in  $\text{cm}^3$  per g organische stof.

Over de specifieke volumina van veengronden is veel minder bekend dan over die van minerale. De specifieke volumina zijn daarom berekend uit de in hoofdstuk I opgegeven watergehalten, onder aanname van een luchtgehalte, dat uit de gegevens van hoofdstuk II is afgeleid. In het algemeen heeft dit luchtgehalte weinig te betekenen; alleen de bovenlagen van de bemalen kraggen bevatten een aanmerkelijke hoeveelheid lucht.

SPECIFIEK VOLUME VAN ENKELE VEENGRONDEN, AANGEGEVEN IN CM <sup>3</sup> PER G ORGANISCHE STOF.						
Laag (cm bene- den maai- veld)	<u>Bagger en Kraggeveen</u>					
	Losse bagger onder water	Onbemalen jonge en slappe kragge, waaronder op 30 cm slappe bagger	Onbemalen oudere en vastere kragge, waaronder op 40 cm bagger	Enkele jaren on- diep bemalen kragge, waaronder op 40 cm bagger	Enkele jaren diep bemalen kragge, waaronder op 40 cm bagger	30 jaar geleden ontgonnen kragge
0- 20		20	15	15	14	5
20- 40		17	13	11,5	10	6
40- 60	20	17	13	11	10	8
60- 80	20	17	12	11	10	10
80-100	20	17	12	12	11	10,5
<u>Restveen, bovenland- en ribbenveen</u>						
	Restveen	Slecht ontwaterd bovenland en ribbe	Normaal ontwaterd bovenland en ribbe	Goed ontwaterd bovenland en ribbe	30 jaar ge- leden ont- gonnen ribbe	
0- 20	11	7	5	5	5	
20- 40	11	8	7	6	6	
40- 60	11	9	9	8	8	
60- 80	11	10,5	10	10	10	
80-100	11	11	10,5	10,5	10,5	

Tot welke inklinking de hierboven gegeven specifieke volumina leiden, moge blijken uit de volgende tabel. Ook deze tabel geeft alleen weer de orde aan, waarin de inklinking zich beweegt, terwijl de nauwkeurigheid der cijfers nog weer kleiner is dan die van de minerale gronden.

INKLINKING VAN DE BOVENLAAG (75 CM INGEKLONKEN GROND) BIJ GOED ONTWERD VEENGRASLAND IN DE EERSTE 25 JAAR NA DE ONTGINNING.	
Bodemsoort in uitgangstoestand	Inklinking (in cm)
Normaal ontwaterd bovenland en ribbe	6
Slecht ontwaterd bovenland en ribbe	23
Restveen	49
Losse bagger, waaronder op 100 cm restveen	97
Onbemalen jonge en slappe kragge, waaronder slappe bagger en op 70 cm zand	48
Onbemalen jonge en slappe kragge, waaronder slappe bagger en op 100 cm zand	66
Onbemalen jonge en slappe kragge, waaronder slappe bagger en op 100 cm restveen	82
Onbemalen oudere en vastere kragge, waaronder bagger en op 100 cm restveen	60
Enkele jaren ondiep bemalen kragge, waaronder bagger en op 100 cm restveen	57
Enkele jaren diep bemalen kragge, waaronder bagger en op 100 cm restveen	47

Uit deze tabel blijkt in de eerste plaats, dat er een groot verschil in inklinking is tussen het bovenland en de ribben enerzijds en het restveen, de kraggen en de bagger anderzijds. Bovenland en ribben klinken betrekkelijk weinig. Dit ligt ook voor de hand; al zijn zij dan vaak slecht ontwaterd, in wezen zijn het oude gronden, die al een belangrijk gedeelte van het inklinkingsproces hebben doorgemaakt. Naarmate bovenland en ribben vóór de ontginning beter ontwaterd waren, is de inklinking kleiner.

Bij de kraggen en de bagger is de inklinking daarentegen groot tot zeer groot, des te groter naarmate de kraggen jonger zijn en er meer bagger onder voorkomt. Uit de tabel blijkt duidelijk dat, wanneer de polder enkele jaren vóór de ontginning bemalen wordt, dit reeds een aanmerkelijke inklinking van de kraggen (vooral van de jonge en slappe) tengevolge heeft en dat de inklinking na de ontginning (die erg lastig is) er door vermindert.

De in de tabel opgegeven bedragen voor de inklinking heb-

ben betrekking op de ontginning tot goed ontwaterd land. Bij normale of slechte ontwatering kan men deze cijfers vermindere-  
ren met 6 resp. 23 cm.

Bij de ontginning heeft men nooit te maken met de inklinking van de ribben en kraggen als zodanig, omdat er altijd grond van de ribben naar de kraggen wordt gebracht en er bovendien verwisseling van lagen plaats vindt. Voor de gemiddelde inklinking van een ontginning, waarom het in de meeste gevallen gaat, maakt het echter weinig verschil, of er al dan niet grond is verplaatst. Of laag A van specifiek volume 8 tot 5 en laag B van specifiek volume 10 tot 6 inklinkt, of laag A van 8 tot 6 en laag B van 10 tot 5, is voor het uiteindelijk resultaat in principe gelijk. In werkelijkheid treden wel kleine verschillen op, doordat de ongelijke inklinking der verwisselde lagen de diepteligging, en daarmee de inklinking van de andere lagen, niet onberoerd laat. Bij een veel voorkomende ontginningswijze (afvoer van de tweede, vijfde en zesde steek van de ribben naar de trekaten) bleek bij narekenen het verschil echter ver binnen de foutengrens van de hele klinkberekening te vallen.

Voor de in de tabel aangegeven gevallen kan men dus, binnen de - zeer geringe - nauwkeurigheid van de cijfers, de inklinking van de bovenlaag van een bepaald terrein bepalen, wanneer een bodemkaart ter beschikking staat. Uit de voor het opmaken van de tabel gemaakte berekeningen blijkt, dat bij de sterk inklinkende profielen het overgrote deel van de inklinking (ongeveer 90%) geleverd wordt door de lagen, die na de inklinking de bovenste 50 cm van het profiel vormen; dit vergemakkelijkt onder omstandigheden de berekening van de inklinking. Wel moet men nog rekening houden met het feit, dat de kragge niet altijd direct op de onderliggende bagger rust. Er kan zich een laag water tussen beide bevinden, die bij het bemalen wegzakt en daardoor nog een extra daling van het maaiveld geeft.

Behalve deze uit de water- en luchtgehalten berekende grootte van de inklinking zijn er ook regels voor de inklinking van veenontginningsgronden, gebaseerd op ervaring. Op grond van waarnemingen in ingepolderde en ontgonnen wilde verveningen neemt de Ned. Heide Mij aan, dat de ribben, de zeer oude vaste kraggen (die evenwel vaster zijn dan de "oudere" kragge uit de tabel) en het restveen in de ondergrond vrijwel niet inklinken, de jonge kraggen 40% (gemeten tot op het onderliggende restveen of, bij ontbreken daarvan, tot op het zand; dus met inbegrip van de bagger onder de kragge), de bagger in het open water 60%.

Het is moeilijk, om deze cijfers (die in tegenstelling met de hierboven gemaakte berekeningen een inklinking veronderstellen, evenredig met de laagdikte) met die van de tabel hiervóór te vergelijken. Wanneer het restveen of het zand op ongeveer  $1\frac{1}{2}$  m diepte beneden maaiveld ligt (wat inderdaad veel voorkomt, omdat in vroeger tijd vaak tot die diepte werd verveend), kloppen de beide cijferreeksen ongeveer voor de bagger en de kraggen. Bij dunnere lagen is de bij de Ned. Heide Mij aangenomen inklinking evenwel aanmerkelijk kleiner; hetzelfde is het geval met de ribben, die volgens de Ned. Heide Mij in het geheel niet inklinken.

Bedacht moet evenwel worden, dat de cijfers van de Ned. Heide Mij alleen betrekking hebben op de inklinking gedurende de eerste jaren na de ontginning. Het duurt echter geruime tijd, eer de inklinking geheel is afgelopen en het is bij de Ned. Heide Mij ook wel bekend, dat het uiteindelijke polderpeil van een ontginning lager kan zijn dan het volgens haar methode berekende; zo lag b.v. in één geval bij een veendikte van hoogstens één meter het polderpeil na 20 jaar ongeveer 20 cm lager dan het oorspronkelijk aangenomene.

Er is daarom geen reden, om de in bovenstaande tabel vermelde cijfers zonder meer ter zijde te zetten. Al zal men voorshands verstandig doen, zich bij de ontginning van wilde verveningen op de door ervaring verkregen cijfers te baseren, ontkend kan niet worden, dat de cijfers van de tabel enkele waardevolle elementen bevatten, die de praktijkregels missen (inklinking niet evenredig met de laagdikte; inklinking heeft betrekking op langer tijdvak; er wordt rekening gehouden met de inklinking van het onder de bagger gelegen vaste veen; zie hierna).

Behalve met de gemiddelde inklinking van een ingepolderde wilde vervening heeft men ook te maken met het verschil in inklinking tussen de voormalige ribben en trekaten. De grootte van dit verschil hangt samen met de vastheid en dikte van het kraggeprofiel en met de mate, waarin het terrein vóór de inpoldering ontwaterd is geweest en waarin het na de inpoldering, doch vóór de ontginning bemalen werd. Bij de ontginning van een vóór de inpoldering slecht ontwaterd terrein, dat na de inpoldering, doch vóór de eigenlijke ontginning ondiep bemalen werd, en waarbij de tweede, vijfde en zesde steek naar de trekaten werd afgevoerd, kan het verschil in inklinking tussen de voormalige ribben en kraggen op ongeveer 25 cm worden berekend. Dit is inderdaad een verschil van dezelfde orde als wel bij oudere ontginningen, waarbij aan de voormalige ribben nog geen onderhoogte werd gegeven, tussen voormalige ribbe en kragge wordt gevonden.



Deze hoogteverschillen zijn, zoals hiervóór reeds opgemerkt, zeer lastig en schadelijk, zodat men tegenwoordig door het geven van onderhoogte ter plaatse van de voormalige ribben dit verschil in inklinking bij voorbaat tracht te vereffenen. Deze onderhoogte is afhankelijk van de hiervóór genoemde omstandigheden, doch bij sterk klinkende kraggeprofielen van dezelfde orde als hierboven is berekend.

Terugkomende op de hierboven gegeven tabel over de inklinking van de bovenlaag van veengronden, al mag misschien de kwantitatieve betekenis van de in de tabel gegeven inklinkingscijfers beperkt zijn, de tabel leert toch wel, dat de inklinking van de bovenlaag van veengronden van tal van factoren afhangt (ontwateringstoestand vóór, tijdens en na de inpoldering en ontginning; dikte en mate van vastheid van de kraggen) en dat de invloed van al deze factoren op de inklinking niet onbelangrijk is. Het is onmogelijk, om al deze factoren geheel juist te waarderen en het zal dan ook wel onmogelijk blijven, om de inklinking van de verschillende landschapselementen van een wilde vervening geheel juist te voorspellen en door het geven van onder- en overhoogte vooraf alle toekomstige klinkverschillen te compenseren. Het is dan ook geen wonder, dat in wat oudere ontginningen, zelfs wanneer deze zorgvuldig zijn uitgevoerd, op de duur toch weer hoogteverschillen in het maaiveld ontstaan. Dat deze bij oudere, minder zorgvuldig uitgevoerde ontginningen vaak zeer groot zijn, is aan de hand van bovengenoemde cijfers ook wel begrijpelijk.

Vanwege de moeilijkheid, om de later optredende klinkverschillen reeds bij de ontginning geheel te compenseren, is het tegenwoordig wel gebruikelijk, om bij de ontginning een zekere hoeveelheid grond ter zijde te zetten en deze te reserveren voor het opvullen van latere laagten.

Behalve met de inklinking heeft men bij de ontginning van veengronden nog met twee processen te maken, die op de hoogte-  
ligging ook van invloed zijn. In de eerste plaats wordt bij de ontginning de grond losgespit, waardoor het maaiveld rijst. Deze opspitting bedraagt volgens practici al naar de aard van de grond en de wijze van uitvoering van het werk  $1/5$  à  $1/3$  van de spitdiepte en bij de veelal gebruikelijke spitdiepte van 60 à 80 cm betekent dit dus een rijzing van het maaiveld van 15 à 25 cm. In hoofdstuk II is gebleken, dat de door het spitten geschapen ruimten spoedig grotendeels weer dichtzakken.

Op de uiteindelijke inklinking heeft deze opspitting dus niet veel invloed; in principe is haar restinvloed trouwens verwerkt in de cijfers van de specifieke volumina.

In de tweede plaats kan bij veengronden oxydatie van de organische stof optreden, waardoor niet alleen een hoeveelheid grond, maar ook het daaraan gebonden water verdwijnt; dit laatste is voor de inklinking het belangrijkste. De in hoofdstuk II vermelde gegevens maken het waarschijnlijk, dat deze oxydatie in de ondergrond van weinig betekenis is, althans over een tijdstip van 25 jaar bezien. In de bovengrond oxydeert meer organische stof, maar daar het watergehalte hier lager is, is het effect op de inklinking geringer. Er zijn geen voldoende gegevens beschikbaar, om de bijdrage van de oxydatie van het veen tot de inklinking te schatten, maar het lijkt onwaarschijnlijk, dat men door haar te verwaarlozen grote fouten maakt.

#### Algemene beschouwingen over de inklinking der diepere lagen.

Al naar de grondwaterstand is de indroging beneden 75 à 150 cm onder maaiveld van weinig betekenis meer; in de diepere lagen berust de inklinking dan ook geheel op de hiervóór beschreven toename van de korrelspanning, die na het droogvallen door de daling van de grondwaterstand optreedt.

De inklinking van de diepere lagen hangt van een aantal factoren af, die het beste kunnen worden besproken aan de hand van een empirische formule van Terzaghi. Deze formule (er zijn er meer en veel ingewikkelder, maar het is voor dit hoofdstuk niet nodig, op details in te gaan) luidt:

$$Z = \frac{h}{c} \lg^e \frac{P_2}{P_1}$$

waarin  $Z$  de zakking (inklinking) in cm;  $h$  de dikte van de beschouwde laag in cm;  $c$  de samendrukkingsconstante;  $\lg^e$  de  $e$ -logarithme;  $P_1$  de korrelspanning in de uitgangstoestand (in  $\text{kg/cm}^2$ );  $P_2$  die in de eindtoestand. De grootte van de samendrukkingsconstante hangt af van de aard van de grond; voor veen bedraagt deze ongeveer 3, voor klei 5 en voor zand 100. De zakking is alleen evenredig met de hoogte van de beschouwde kolom grond, als deze niet te groot is, omdat  $P_1$  afhangt van de diepte beneden maaiveld (zie hierna).

Uit de formule volgt in de eerste plaats, dat de inklinking afhangt van de grondsoort; veen klinkt meer in dan klei en klei weer meer dan zand. Voor zand is de inklinking te verwaarlozen.

Verder geeft de formule aan, dat bij een bepaalde spanningsverhoging een bepaalde zakking hoort; de inklinking gaat dus niet steeds door, als een zekere spanningsverhoging wordt aangebracht. In formule is hier weergegeven, wat ook in hoofd-

stuk II bij de indroging is besproken, nl. dat het bodemskelet een zekere weerstand aan de samendrukking biedt, dat deze weerstand groter wordt naarmate het bodemskelet verder in elkaar wordt gedrukt en dat er dus ergens een punt is, waar beide krachten elkaar in evenwicht houden en er bij de toegepaste spanningsverhoging geen verdere samendrukking meer plaats vindt.

Overigens bestaat er in de Grondmechanica ook een zakkingsformule, waarbij de inklinking niet een bepaalde eindwaarde bereikt, maar doorgaat, zij het met een in verloop van tijd steeds meer afnemende snelheid. Deze z.g. seculaire zakking kan hier echter buiten beschouwing blijven.

In de derde plaats volgt uit het logaritmisch verband tussen zakking en spanningsverhoging, dat voortdurende toename van de korrelspanning een steeds kleiner effect op de inklinking heeft.

De zakking is tenslotte afhankelijk van het quotiënt  $P_2 : P_1$ . Een bepaalde spanningstoename heeft dus een des te kleinere zakking ten gevolge, naarmate de oorspronkelijke korrelspanning al groter was. Bij reeds sterk belaste lagen is het effect van een bepaalde spanningsverhoging daardoor kleiner dan bij nog weinig belaste.

Het feit, dat de inklinking een functie is van het quotiënt  $P_2 : P_1$ , is voor de inklinking van de diepere lagen van zeer veel belang. Als men een onder water gelegen grond beschouwt, dan wordt de korrelspanning in een bepaald vlak door het onderwatergewicht van de bovengelegen grondlagen bepaald.  $P_1$  neemt dus toe, naarmate men dieper in de grond komt. De dieper gelegen lagen ondervinden daardoor al vóór het droogvalen een grotere korrelspanning dan de hoger gelegene en als gevolg daarvan is hun bodemskelet ook compacter. Daalt nu na het droogleggen de grondwaterstand met b.v. 1 m, dan neemt de korrelspanning overal in de bodem met  $0.1 \text{ kg/cm}^2$  toe. Daar  $P_2$  dus een constant bedrag groter is dan  $P_1$ , wordt het quotiënt  $P_2 : P_1$  (dat bepalend is voor de inklinking) kleiner, naarmate men dieper in de grond komt. Op grote diepte nadert het quotiënt  $P_2 : P_1$  zelfs tot 1 en de logaritme er van tot 0; er vindt dan in het geheel geen inklinking meer plaats.

Een laatste punt, dat de aandacht vraagt, is dat de inklinking niet alleen bepaald wordt door de  $P_1$ , die bij de ontginning aanwezig is, maar ook door de  $P_1$ , die in vroeger tijd in de ondergrond geheerst heeft, althans voorzover deze groter was dan die bij de ontginning. Als nl. een grond vroeger al eens aan een grote korrelspanning onderworpen is geweest, is het bodem-

skelet daaraan min of meer aangepast en de grond klinkt later niet eerder in sterke mate in, dan wanneer die spanning weer wordt overschreden. Een veel voorkomend geval is b.v. dat van een grond, die nu onder water ligt, doch die bij een lagere zeestand als gors of kwelder is afgezet. In de gors- of kweldertoestand is door de bij laag water optredende verdamping het bodemskelet al aan hoge korrelspanningen onderworpen geweest en daaraan aangepast; het reageert, wanneer de grond later onder water is geraakt en de korrelspanning veel kleiner is geworden, niet meer op een kleine verhoging van de dan geringe korrelspanning.

De hierboven besproken formule (of liever meer ingewikkelde varianten hiervan) wordt in de Grondmechanica ook gebruikt, om de inklinking van een terrein te voorspellen. Een ongeroerd monster wordt daartoe in het laboratorium aan een reeks spanningsverhogingen onderworpen; met behulp van de formule kan men de verkregen uitkomsten dan naar de in het terrein optredende spanningen extrapoleren. Bij grote spanningstoename, zoals die b.v. bij het opwerpen van dammen optreden, verkrijgt men met deze proeven en berekeningen bevredigende uitkomsten.

Bij de extrapolatie van de laboratoriumuitkomsten naar de betrekkelijk kleine spanningsverhogingen, waarmee men bij het inklinkingsproces te maken heeft, moet men echter voorzichtig zijn, omdat de samendrukkingsconstante enigermate wordt beïnvloed door de grootte van de spanningsverhogingen, welke in de proefnemingen worden gebezigd; en deze spanningsverhoging is, althans bij het grondmechanische routine-onderzoek, groter dan te velde. Van groter belang is echter nog, dat voor de afvloeiing van het overtollige water tijd nodig is en dat bij kleine spanningsverhogingen deze tijd bij de inklinking een overwegende, en vooralsnog niet kwantitatief aan te geven rol gaat spelen. Als gevolg van het ontbreken van een voldoende grondslag voor het bepalen van uiterst langzame, kleine vervormingen weet men van grondmechanische zijde over de inklinking der diepere lagen nog zeer weinig.

Dit is erg jammer, want ook de methode, die voor het nagaan van de inklinking van de bovenlaag wordt gebruikt, die der specifieke volumina, is voor de ondergrond onbruikbaar. Deze specifieke-voluminamethode is maar een betrekkelijk ruwe methode en het is onmogelijk om daarmee voor de kleine inklinkingspercentages, waarmee men in de ondergrond te maken heeft, bevredigende resultaten te verkrijgen. Toch is ook een inzicht in de inklinking der diepere lagen van belang; want al mag de procentuele inklinking gering zijn, doordat zij zich vaak over een dik pakket grond uitstrekt, kan het totale bedrag niet onaanzienlijk zijn.

Als gevolg van het falen van de twee hierboven genoemde methoden weet men over de inklinking van de diepere lagen zeer weinig. Men is aangewezen op het veralgemenen van de waarnemingen, die hierover bestaan en dat gaat met grote onzekerheden gepaard.

De inklinking van de diepere lagen bij klei- en zavelgronden.  
 Er zijn argumenten, die er voor pleiten, dat de inklinking van minerale lagen in de ondergrond niet groot is.

In de eerste plaats maken allerlei waarnemingen het wel waarschijnlijk, dat de zakkingscoëfficiënt voor klei- en zavelgronden, zoals die in de hiervóór besproken formule voorkomt, voor de kleine spanningsverhogingen, waarmee men bij inpolderingen te maken heeft, aanmerkelijk groter is dan de daar gegeven waarde van  $c = 5 \text{ à } 8$ .

In de tweede plaats heeft  $P_1$  zelfs bij onder water gelegen minerale gronden al vóór de ontginning een niet te veronachtzamen waarde. In de meeste gevallen zal vóór de ontginning  $P_1$  op een diepte van 2 m onder maaiveld toch wel minstens  $0,1 \text{ kg/cm}^2$  bedragen; voor elke meter dieper neemt deze spanning dan met  $0,05 \text{ kg/cm}^2$  toe. Een spanningsverhoging van  $0,1 \text{ kg/cm}^2$ , zoals die na het droogleggen optreedt bij een ontwateringsdiepte van 1 m, is natuurlijk niet onbetekenend, maar maakt toch wel, dat het quotiënt  $P_2 : P_1$  van de ondergrond, als geheel genomen, gemiddeld niet veel hoger dan 1,5 zal zijn; dit is een aanmerkelijk verschil met sommige hierna te bespreken veengronden. Bij minerale gronden met een lager specifiek volume (lager kleigehalte of lagere waterfactor) en bij gronden, die vóór de ontginning al gedeeltelijk of tijdelijk boven water liggen, is  $P_1$  trouwens nog aanmerkelijk groter dan de hierboven gegeven waarden.

Een volgende reden, waarom de inklinking in de diepere ondergrond van kleigronden niet zo groot is, is dat veel kleigronden, die nu diep in de ondergrond liggen, tijdens hun afzetting gedeeltelijk boven water lagen. Juist met de kleiige ondergronden, waarmee men in Nederland het meest te maken heeft, nl. de gors- en kweldergronden van de oude zeeklei, is dit het geval. Deze gorsen en kwelders zijn, toen zij tijdens hun vorming gedeeltelijk boven water lagen, min of meer ingedroogd en als gevolg daarvan is hun bodemskelet al aan tamelijke korrelspanningen onderworpen geweest; de verhoging van de korrelspanning, die na het droogvallen door de verlagings van de grondwaterstand optreedt, heeft daardoor weinig effect meer op het bodemskelet.

Tenslotte, en ook dat is een belangrijk punt bij de inklinking van de diepere lagen, treedt inklinking pas op, als het water, dat bij de compactie van het bodemskelet overtollig wordt, ook inderdaad af kan vloeien. In de zeer ondoorlatende lagen, waaruit een kleiige ondergrond meestal bestaat, is hiermede echter zeer veel tijd gemoeid; des te meer naarmate de kleilagen dikker zijn (de benodigde tijd is zelfs evenredig met het kwadraat van de laagdikte). Het duurt dus zeer lang, eer een verhoging van de korrelspanning in de bovenlagen in de ondergrond volledig tot uitwerking komt.

Door alle hierboven genoemde oorzaken is de inklinking van de kleihoudende diepere lagen, waarmee men in Nederland te maken heeft, althans voor de tijdvakken, waarmee men bij cultuurtechnische werken te rekenen heeft, vermoedelijk zeer gering. In feite heeft men zelfs nog niet aan kunnen tonen, dat na inpoldering inderdaad enige inklinking optreedt. Daar het echter toch wel waarschijnlijk is, dat deze plaats vindt, wordt

bij inpolderingsprojecten meestal wel enige inklinking aangenomen. Het ligt voor de hand, dat deze des te kleiner gesteld wordt, naarmate het kleigehalte van de grond lager is (zand in de ondergrond klinkt in het geheel niet en ook bij lichte zavel is deze, tenzij het om zeer dikke lagen gaat, te verwaarlozen), naarmate de grond bij de afzetting meer is ingedroogd en naarmate de betreffende laag dieper ligt ( $P_1$  is dan groter).

Aldus wordt bij inpoldering en goede ontwatering voor zware slibgronden en humeuze modderkleien voor de laag van  $1\frac{1}{2}$  -  $2\frac{1}{2}$  m beneden maaiveld (in geklonken toestand) een inklinking van 10 cm aangenomen; voor kwelderkleien 5 cm en voor zavelgronden  $2\frac{1}{2}$  cm. In elke opvolgende diepere meter grond worden deze waarden met 20% verminderd.

De inklinking van de diepere lagen bij veengronden. Bij veengronden zijn de mogelijkheden voor inklinking van de diepere lagen groter dan bij kleigronden.

In de eerste plaats leren de grondmechanische onderzoeken, dat het bodemskelet van veengronden sterker op een spanningsverhoging reageert dan dat van kleigronden; bij deze proeven - die echter alleen kwalitatieve betekenis hebben - blijkt de zakkingsconstante van veengronden ongeveer 3 te bedragen tegenover 5 bij kleigronden.

In de tweede plaats is de verhouding  $P_2 : P_1$  bij de drooglegging van veengronden in de ondergrond groter dan bij die van kleigronden. Wat  $P_1$  betreft, er is in zoverre een verschil ten nadele van dit quotiënt bij veengronden, vergeleken met de hiervoor besproken Zuiderzeeslibgronden, dat de Zuiderzeeslibgronden vóór de ontginning onder water en de meeste veengronden er boven liggen of er althans boven gelegen hebben. Aan het oppervlak is bij de Zuiderzeeslibgrond de korrelspanning = 0, terwijl deze bij veengronden in onvergraven toestand hoger is, in een mate die bepaald wordt door de diepte van de grondwaterstand. Bij een grondwaterstand van 20 cm onder maaiveld bedraagt deze korrelspanning aan het oppervlak  $0,02 \text{ kg/cm}^2$ . Bij de ontginning van uitgeveende terreinen ligt de bodem ook wel onder water en  $P_1$  is dan in het achtergebleven restveen aan de oppervlakte ook = 0. Het bodemskelet van dit restveen is echter aangepast aan de toestand van vóór de verveening; voor de inklinking heeft men dus te maken met de destijds voorkomende  $P_1$ , dat is dus bij een grondwaterstand van 20 cm onder maaiveld weer  $0,02 \text{ kg/cm}^2$ .

Doch al is de voor de inklinking maatgevende korrelspanning ( $P_1$ ) bij veengronden aan de oppervlakte groter dan bij slibgronden, in tegenstelling met de minerale gronden neemt de korrelspanning bij de veengronden naar beneden slechts zeer weinig toe. Bij veengronden is de hoeveelheid droge stof per volume-eenheid veel kleiner dan bij kleigronden; bovendien is het soortelijk gewicht er van zeer laag (1.4 tegenover 2.65 bij minerale gronden; na aftrek van de opwaartse druk wordt de verhouding dus 0.4 tegen 1.65). Veenvoed bevat verder altijd gas, dat lichter

is dan water, daardoor een opwaartse druk uitoefent en aldus de korrelspanning vermindert. Feitelijk is de toename van de korrelspanning naar beneden toe te verwaarlozen en  $P_1$  is daardoor bij veengronden op geringe diepte al kleiner dan bij minerale gronden en naarmate men dieper komt, wordt  $P_1$  verhoudingsgewijs steeds kleiner.

Wat  $P_2$  betreft, <sup>1</sup>veengronden worden meestal ondieper ontwaterd dan minerale gronden, zodat de verhoging van de korrelspanning bij veengronden kleiner is. De invloed van  $P_1$  overweegt echter zozeer op het quotiënt  $P_2 : P_1$ , dat dit bij veengronden aanmerkelijk hoger is dan bij minerale gronden (bij een verlaging van de grondwaterstand van 20 tot 50 cm is  $P_2 : P_1 = 2,5$ , terwijl dit quotiënt bij de hiervoor besproken Zuiderzeeafzettingen gemiddeld niet veel hoger dan 1,5 zal zijn).

De derde reden, waarom de inklinking bij veengronden groter is, althans sneller optreedt, is dat de meeste veengronden doorlatender zijn dan kleigronden; een spanningsverhoging kan zich daardoor betrekkelijk snel in een verkleining van het bodemskelet uiten.

Als gevolg van het feit dat  $P_1$  naar beneden toe slechts weinig toeneemt, klinken bij veengronden, in tegenstelling met minerale gronden, de diepere lagen ongeveer evenveel in als de hogere. De inklinking is dus ongeveer evenredig met de veendikte.

Uit de hier gegeven beschouwingen blijkt, dat voor de inklinking, die na het droogvallen optreedt,  $P_1$  van doorslaggevende betekenis is. Echt laagveen (welke veensoort, onder water gesedimenteerd, in ons land haast niet voorkomt) moet dus in de ondergrond sterker inklinken dan b.v. hoogveen en dit weer sterker dan reeds min of meer ontwaterde grond. Verder is het duidelijk dat wanneer veen, hetzij door een regressie van de zee, hetzij door een klimaatsverandering tijdens zijn ontstaan, tijdelijk een lagere grondwaterstand heeft gehad, de negatieve invloed daarvan op de latere inklinking groot moet zijn.

Wat nu de grootte van de inklinking bij veenlagen in de ondergrond betreft, door het hogere bedrag er van heeft dit onderwerp meer belangstelling getrokken en er zijn dan ook enkele gegevens beschikbaar, waaraan hier aangeknoopt kan worden. In de eerste plaats bestaat er een empirische formule van Hallakorpi, die in een door Smits' ietwat gewijzigde vorm luidt:

$Z = a(D - 1) + c$ , waarin  $Z$  de zakking,  $c$  de zakking van de bovenste  $m$ , en  $D$  de veendikte is (alles in  $m$ );  $a$  is de zakkingsconstante. Deze zakkingsconstante loopt uiteen naar de veensoort en bedraagt:

ZAKKINGSCONSTANTE IN DE FORMULE VAN HALLAKORPI-SMITS	
dicht veen	0.08
tamelijk dicht veen	0.11
tamelijk los veen	0.16
los veen	0.23
zeer los veen	0.32

Ook volgens bovenstaande formule is de inklinking evenredig met de veendikte. De factor  $P_2 : P_1$  ontbreekt echter; de formule geldt dan ook alleen voor de omstandigheden, waarvoor zij is opgesteld: onontwaterd veen, dat in cultuur wordt gebracht. Bij de meeste van dergelijke veengronden zou dan in de ondergrond een inklinking van ongeveer 15% optreden.

Dit is, wat de orde van grootte betreft, in overeenstemming met enkele Duitse waarnemingen en ook met het feit, dat Bennema voor het grote Hollandse veengebied sinds de in cultuur neming in de Middeleeuwen een inklinking van ruim 20% heeft gevonden (dit laatste cijfer is wat hoger dan de vorige, maar uit verschillende grondmechanische formules blijkt, dat er naast de gewone, hierboven beschreven inklinking, ook nog een op veel langere termijn werkende, kleinere inklinking bestaat; met deze seculaire inklinking, waarmede men voor cultuurtechnische werken niet hoeft te rekenen, kan dus het cijfer van Bennema worden verminderd).

Bij laaggelegen veenontginningen heeft men in Nederland in de diepere ondergrond in de regel te maken met zuiver veen, dat gewoonlijk toch niet "los of zeer los" kan worden genoemd. De verhouding van grondwaterstand na de ontginning tot die daarvoor zal zelden groter zijn dan die, waarmede men bij de formule van Hallakorpi-Smits te maken heeft en de inklinking van de diepere lagen zal dan ook meestal vermoedelijk maximaal niet meer dan 15% bedragen.

In de meeste gevallen, waarbij men de inklinking van de diepere lagen wil kennen, heeft men te doen met veenlagen, waarvan de bovenlaag in cultuur is (de ribben en het bovenland) of in cultuur is geweest (de bodem van de trekpaten en het open water). En al zullen deze terreinen slecht ontwaterd zijn, de grondwaterstand zal er allicht toch lager zijn geweest dan in de gevallen, waarop de formule van Hallakorpi slaat. Dit brengt dus een kleinere inklinking met zich mee, temeer omdat dergelijke gronden in Nederland meestal met een dunne kleilaag zijn