

Om Nordsømarsken og dens landøkonomiske udnyttelse.

Af S. Tovborg Jensen.

I. Indledning.

Beliggenhed og udstrækning. Langs Nordsøens kyst fra Flandern til Fanø strækker sig et næsten sammenhængende bælte af såkaldt marskland. Det består af omtrent plane i tidligere tid havdækkede arealer, hvis overflade ligger 1—2 m over dagligt vande. Jordlagene på disse arealer er til en dybde af nogle få meter en blanding af ler og fint sand, som er aflejret af havet. Aflejringen må antages at have strakt sig over en periode på adskillige tusinde år, og den foregår ved kysten endnu den dag i dag.

Marskbæltets bredde veksler her fra ca. 2 til ca. 40 km, og det dækker et areal på godt 17000 kvadratkilometer. Af disse ligger ca. 1000 på belgisk, ca. 10000 på hollandsk og ca. 6000 på tysk territorium. De danske marskområder ved Højer, Skærbæk og Ribe udgør tilsammen kun ca. 200 kvadratkilometer (20000 ha). Dertil kommer marskarealer af lignende beskaffenhed langs Englands østkyst på ca. 4000 kvadratkilometer således, at Nordsømarsken dækker et område på ialt ca. 21000 kvadratkilometer eller knap halvt så meget som Danmark.

Marskens udnyttelse før og nu. Marskarealerne har langt tilbage i tiden været udnyttet til kreaturgræsning, hvortil de indbyder fra naturens hånd, og hvortil de i mange henseender er velegnede. Romerske forfattere beretter, at marsken ved de frisiske kyster var beboet for over 2000 år siden.

Bebyggelsen var placeret på kunstigt opførte forhøjninger i terrænet i den hensigt at værne folk og fæ mod periodiske oversvømmelser fra havet. Senere i tiden begyndte man at opføre diger til det samme formål. De første, primitive digeanlæg gav kun ufuldkommen beskyttelse imod oversvømmelser, men i middelalderen blev der bygget havdiger, som var høje og stærke nok til at modstå vinterstormfloder (vinterdiger), og de forhen talrige oversvømmelseskatastrofer som følge af digebrud blev forholdsvis sjældne foreteelser.

Der findes nu de fleste steder i marsken langs med kysten et system af sådanne beskyttelsesdiger opført successivt efterhånden som havbunden ved den stadige ler- og sandpålejring hævedes, og kystlinjen forskød sig udefter. På steder i marsken, hvor floder og åer løb ud i havet, blev der langs bredderne af disse også bygget diger for at hindre oversvømmelse i højvandsperioder af de bag digerne liggende marskarealer. Marsklandet deltes på den måde op i digeomgærdede sektioner, såkaldte kog (polder). De enkelte kogs størrelse varierer fra nogle få hundrede til adskillige tusinde ha.

A f v a n d i n g e n. Inddiget marskjord er stedvis så stærkt vandlidende, at den naturlige vegetation overvejende består af vådbundsplanter, som er af ringe værdi til græsning eller høbe-redning, og man har derfor fra gammel tid søgt at forbedre fugtighedsforholdene ved udgrøftning, en foranstaltning, som erfaringsmæssigt forbedrer græsningen stærkt. Nogen særlig effektiv afvanding nås dog ikke ad den vej, dels fordi det stærkt lerholdige materiale (klægen) er vanskeligt gennemtrængeligt for vand, dels og navnlig fordi grøfterne i det lavt liggende terræn vanskeligt kan gøres dybe nok og få tilstrækkeligt fald til, at vandet kan flyde bort på naturlig måde.

For at imødegå denne ulempe har man længe i marsken benyttet sig af kunstig afvanding. Princippet for denne afvandingsmetode er, som bekendt, at man ved pumpning holder vandspejlet i grøfter og kanaler på et passende lavt næsten konstant vilkårligt valgt niveau. Dette bevirker, at vand fra det porøse lag nærmest jordoverfladen siver ud i grøfterne. Grundvandspejlet, som er den flade, der opadtil afgrænser jordens helt vandfyldte partier, får derved fald ud mod grøftekanterne.

En del af porerne tømmes for vand. Iltholdig luft fra atmosfæren får adgang, så skaden fra vandoverfyldning, som især skyldes iltmangel i rodzonen, delvis ophæves, hvorved vækstvilkårene for græs og andre kulturplanter forbedres i meget væsentlig grad.

Pumpeanlæggene, som kræves til kunstig afvanding, holdtes tidligere i gang med vindmøller (Holland), nu næsten altid ved hjælp af forbrændings- eller elektromotorer, hvorved man helt bliver herre over kanalernes vandstand og afvandingsmulighederne.

Afvandingsgraden kan forøges ved nedlægning af dræen, som munder ud i hovedgrøfter og kanaler, og dræning vil som regel være nødvendig, såfremt marskens græsgange ønskes lagt under plov og anvendt til almindeligt agerbrug med en vekseldrift, hvor der foruden græs indgår korn og roer og eventuelt andre afgrøder i sædskiftet.

Græsningsdrift eller agerkultur. Marsken har, som nævnt foran, hidtil især været udnyttet til græsning, og dertil behøves ikke nogen særlig kraftig afvanding. Et system af åbne grønne med ret stor indbyrdes afstand og forbundet med hovedkanaler, hvorfra vandet pumpes eller i lavvandsperioder sluses ud, vil i reglen gøre nogenlunde fyldest.

Denne benyttelsesform, som endnu er langt den almindeligste, byder mange fordele. Den er nem at praktisere. Arbejds- og driftsomkostningerne ved den er små, og græs er under de givne betingelser en »sikker« afgrøde, hvis størrelse kun i ringe grad påvirkes af sommerens vejrlig. Marskjorden er særlig rig på plantenæring og behøver, når den holdes under vedvarende græs, ingen eller kun ringe gødningstilførsel. Da fugtighedsforholdene selv ved svag afvanding er gunstige for græsvækst, bliver årsproduktionen pr. arealenhed trods den lave arbejdsindsats nogenlunde lille. Det er derfor vel forståeligt, at jordprisen i marskområdet gennemgående er høj, ofte vel endog højere end prisen på den længere inde i landet (gesten) liggende agerjord selv af god eller bedste kvalitet.

Alligevel må denne gamle, prøvede driftform betegnes som ekstensiv, idet det årlige høstudbytte pr. arealenhed er væsentlig lavere end det tilsvarende på god agerjord. Det er derfor, man

nu mange steder i Nordsømarsken gradvis går over til almindeligt agerbrug med vekseldrift enten på den måde, at en del af arealerne ligger hen med vedvarende græs, mens resten holdes i et passende sædskifte, eller således, at græsmarkerne indgår i dette.

Denne ændrede udnyttelsesmåde indebærer ved rationel planlægning og gennemførelse muligheder for en betydelig produktionsforøgelse i marsken, og en forøgelse af landbrugsproduktionen i det tæt befolkede Nordvesteuropa bliver stadig mere nødvendig, efterhånden som befolkningstallet her vokser yderligere. Dette har man forlængst erkendt i landene med store marskområder syd for Danmark, og ændringen i driftform er der nu vidt fremskreden, mens den hos os kun langsomt vinder indpas.

Produktionsforøgelsen ved omlægning fra naturlige græsarealer til agerkultur er her i landet søgt belyst ved flerårige dyrkningsforsøg, som er udført af Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur på marsken ved Ribe. Det gennemsnitlige høstudbytte over en tiårig periode i et fireårigt sædskifte med korn, hestebønner, bederoer og kløvergræs var her 35 afgrødeenheder årligt pr. ha. På naturligt græsareal målt ved dyrenes tilvækst var det kun 19 afgrødeenheder årligt pr. ha. (Ved en afgrødeenhed forstås vedtægtsmæssigt 100 kg kærne eller den mængde af en anden afgrøde, som har samme foderværdi).

Ribemarsken består af meget »svær« lerjord, så svær at den vanskeligt lader sig dræne. Den er derfor også vanskelig at behandle med markredskaberne, så den giver et godt såbed, og der er ingen tvivl om, at produktionsforøgelsen ved overgang fra græsning til agerkultur andre steder i det danske marskområde kan gøres væsentlig større, således at høstudbyttet der kommer til at ligge på samme niveau som på god eller bedste agerjord, d. v. s. 60—80 afgrødeenheder årligt pr. ha.

På mindre svær marskjord ved Højer har udbyttet i græskultur været 27 afgrødeenheder årligt pr. ha, i agerkultur 66 afgrødeenheder. Overgangen fra græsning til agerkultur har således begge steder rundt regnet fordoblet det årlige høstudbytte.

De vigtigste betingelser for at nå en sådan forøgelse er 1) effektiv dræning, der stedse vil være nødvendig, om agerkultur

skal drives med held i marsken, og 2) at jorden holdes i en passende kalktilstand, d. v. s. praktisk talt kalkmættet med reaktionstal i nærheden af 8. (Kalkens erfaringsmæssigt meget gunstige virkning på marskjord består navnlig i, at den forbedrer den svære jords konsistens og struktur, d. v. s. øger dens porøsitet og gennemtrængelighed for vand, hvorved afdræningen fremskyndes, så jorden lettere og tidligere fås »bekvem« ved forårsbearbejdning).

De nævnte betingelser er kun opfyldt få steder i det danske marskområde. Resultaterne af hidtidige forsøg på intensivering af driften har af den grund ikke svaret til forventningerne, og dette er sikkert een af årsagerne til, at man dér overvejende har bibeholdt de gamle metoder og indtil i dag ladet marsken henligge som naturligt græsareal.

Dræning og kalkning er da uden tvivl de vigtigste problemer, der møder os i bestræbelserne for at øge landbrugsproduktionen på vore marskarealer, og ethvert forsøg i den retning er på forhånd dømt til at mislykkes, såfremt dette ikke erkendes, og disse grundforbedringsarbejder ikke gennemføres rationelt. Problemerne er ingenlunde så simple, som man måske ville vente, og man er mange steder stødt på store vanskeligheder ved forsøg på at løse dem. Dette hænger nøje sammen med marskjordens særegne karakter, der navnlig er bestemt ved dannelsesmåden, ved terrænets form og beliggenhed samt selve materialets, den svære marskjords fysiske og kemiske egenskaber. Disse egenskaber er i mange henseender vidt forskellige fra almindelig agerjords, og marskjorden må derfor kultiveres og behandles på anden måde end denne.

Til belysning af problemerne i forbindelse med marskjordens hensigtsmæssige grundforbedring er en kort beskrivelse af dens særlige egenskaber samt udredning af disses årsagsforhold nødvendig. Vi vil derfor i det følgende give en summarisk oversigt over marskjordens dannelsesmåde og en beskrivelse af de ændringer, den er undergået i tiden efter inddigningen. Disse ændringer, der skyldes vejrligets påvirkning, må opfattes som resultatet af en langsomt forløbende udvikling, der i de ældre kog har strakt sig over en periode på 300—400 år, og i nyinddiget, afvandet marsk endnu er på indledningsstadiet.

II. Marskjordens dannelse og sammensætning.

H a v m a r s k. Den typiske nordsømarsk er, som foran nævnt, opstået ved successiv bundfældning af slam på bunden af v a d e h a v e t, betegnelsen på et havbælte med ganske ringe vanddybde beliggende mellem fastlandet og den ørække, som strækker sig fra Hjerting Bugt mod syd langs Slesvigs, Frieslands og Hollands kyster. Det er opstået i forhistorisk tid, ved at havet som følge af en landsænkning (stenaldersænkningen) er brudt ind og har overskyllet betydelige strækninger, der før i tiden var land. Sænkningen formodes at have strakt sig gennem et tidsrum på over 1000 år og er muligvis endnu ikke helt afsluttet i marskområdet. Den nævnte ørække antages at markere beligheden af en tidligere kystlinje.

Øerne og den ringe vanddybde beskytter i forening kysten mod bølgernes og havstrømmes nedbrydende virkning og skaber rolige forhold i vadehavet, så der her kan bundfældes et slam bestående af ler og fint sand blandet med en vis mængde organisk stof. Aflejringen sker også på selve stranden, og der findes ikke her som ved åbne kyster en bred sandbræmme, men græsdaekket går helt ud til vandkanten.

Det opslemmede materiale i havvandet stammer enten fra kysten på steder, hvor den er udsat for nedbrydning, eller er ført ud i havet med floderne. Det transporteres ind i vadehavet med tidevandsstrømmen, og her vil en del af det bundfældes i den periode omkring højvande, da strømhastigheden er ganske ringe og vandet næsten i ro. Fortsat slamaflejring på den måde vil medføre, at havdybden gradvis aftager, og at stedse større arealer af vadehavets bund tørlægges i ebbetiden, hvorved kysten rykker udefter.

Slammet, som føres ind til kysten med tidevandsbølgen, vil under transporten blive sorteret efter partikelstørrelse, idet sandkornene synker hurtigere til bunds end de yderst fine lerpartikler. På øernes vestside består det bundfældede materiale derfor overvejende af fint sand med et ringe lerindhold, og her findes s a n d v a d e r n e. Leret og hovedmængden af det organiske stof bundfældes på øernes østside og langs med kysten, hvorved der dannes s l i k v a d e r. Det bundfældede materiale består der overvejende af ler blandet med fint sand og en del

organisk stof, rester af alger og andre planktonorganismer. Slamaflejring af den art benævnes ofte *tilstikning*.

Efterhånden som havdybden aftager ved slamafsætningen, bliver bunden i et bælte langs kysten bevokset med forskellige arter af højere planter. På slikvaderne, som er begyndelsen til lermarsken, er bændeltang gerne den første plante, som vinder fodfæste. Senere, når tørlægningsperioden ved ebbe bliver lang nok (ca. 3 timer), kommer kveller (salturt) og endnu senere annelgræs og harrilgræs. Der dannes med tiden et sammenhængende græsdække, og der opstår langs kysten en bred bræmme af marskeng eller *forland*. Marskengens flora er sammensat af forskellige saltvandsgræsser. Den dominerende art er harrilgræs, der trives særlig godt på arealer, som jævnligt oversvømmes med havvand.

Landoverfladens hævnng ved slamaflejring vil fortsættes, men med aftagende hastighed efterhånden som oversvømmelserne bliver sjældnere. Dens beliggenhed vil langsomt nærme sig til en grænseværdi, hvis niveau er bestemt ved højeste vandstand i havet. Den formindskede oversvømmelseshyppighed bevirker, at vækstvilkårene for harrilgræsset forringes kendeligt. På dette udviklingsstadium er marsken, som det siges, digemoden og bør beskyttes ved digeanlæg.

Ved inddigningen ophører de periodiske oversvømmelser med havvand, og de salttolerante græsser fortrænges af en anden i landøkonomisk henseende mere værdifuld flora, der, forudsat en passende afvanding, lader sig ændre vilkårligt ved isåning af kløver og kulturgræsser.

Tilstikningens hastighed veksler med aflejringsbetingelserne, som især bestemmes af strømforholdene, der kan være meget forskellige på forskellige lokaliteter i vadehavet. Danske målinger i Hobugten på nordøstsiden af halvøen Skallingen (Niels Nielsen) har vist, at der på dette sted vil aflejres et sliklag på ca. 40 cm's tykkelse i løbet af 100 år. Marskdannelsen er således under naturlige forhold en langsomt forløbende proces, som, da det bundfældede materiales lagtykkelse kan være adskillige meter, må have strakt sig over betydelige tidslængder.

Aflejringshastigheden i et bestemt vadehavsområde kan forøges ved at bygge diger ud i havet på tværs af kystretningen.

Derved dæmpes strømmen langs kysten, og i de kunstigt dannede bugter vil slamafsætningen ske i langt hurtigere tempo end under naturlige forhold. (Silddæmningen og Rømødæmningen). En virkning af lignende art fås ved »grøbling«, d. v. s. gravning af et grøftesystem vinkelret på kysten gennem en del af vadehavet og et stykke ind i det græsbevoksede forland. Grøfterne bevirker, at havvandet lettere passerer ud og ind ved ebbe og flod, og de fungerer i forlandet tillige som et drænsystem, hvorved udluftningen af jordlaget omkring planternes rødder fremmes, så der ikke her samler sig stagnerende iltfattigt vand.

Flodmarsk kaldes en del af marsken, der med hensyn til dannelsesmåde og egenskaber afviger fra den typiske havmarsk. Omkring munden af de floder og åer, som i aflejringsperioden er flydt gennem marskbæltet ud i havet, er der stedvis dannet deltaer, d. v. s. flade landstrækninger, hvori jordlagene er opbygget af brakvandsaflejringer med vekslende sammensætning, og man finder nu sådanne steder på samme lokalitet i forskellig dybde lag af ferskvandsanlæg, dynd og tørv.

Disse aflejringer findes oftest og er mest udbredt i den inderste del af marskbæltet og de udgør her overfladelagene over betydelige arealer navnlig i Holland. Det anslås, at flodmarsk udgør ca. 20 pct. af det samlede marskareal. Ferskvandsaflejringerne er mange steder dækket af et lag saltvandsklæg, og flodmarsken går da jævnt over i havmarsken. Dette er en følge af den landsenkning, som er foregået i marskens dannelsesområde, og som må have været langvarig. Herunder er havet nogle steder trængt ind over floddeltaer, strandsøer og sumpstrækninger, hvor de foran omtalte ferskvandsaflejringer fandtes. Oven på disse er der så aflejret saltvandsklæg som følge af tidevandsbevægelsen. Lagfølgen kan sådanne steder være ret kompliceret, idet kystlinjen ikke har været fastliggende, men har forskudt sig udad eller indad alt efter slampålejringens og landsenkningens størrelse i et givet tidsrum.

De flade landstrækninger i Vestjylland omkring Ringkøbing-, Stadil- og Nissumfjord må antages at repræsentere en fase i en sådan udvikling. I fortiden, inden havet havde sammenskyttet landtangerne, som nu adskiller disse fjorde fra Nordsøen, har de været havbugter omgivet af et fladt forland med betingelser for aflejring af vadehavssand og -ler.

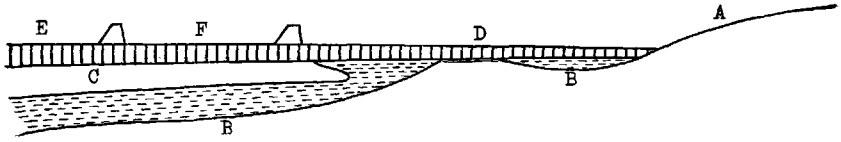


Fig. 1. Skematisk tværprofil af inddiget havmarsk med saltvandsklæg oven på tørv og ferskvandsklæg. A den oprindelige landoverflade. Herunder i reglen diluvialsand (istidsdannelse). B lavmosetørv. C ferskvandsklæg. D saltvandsklæg. E marint forland. F nyligt inddiget marsk.

Efter landtangernes dannelse havde de kun forbindelse med havet gennem snævre render (Nymindegab, Thorsminde). Den stadige tilførsel af ferskvand med åerne fortrængte gradvis det salte vand fra fjordbassinerne og gjorde dem til brakvandssøer, der på østsiden grænsede op til side engdrag med tætte bevoksninger af tagrør, star og andre sumpplanter (rørsumpe). Her og omkring åernes udløb opstod brakvands- og ferskvandsaflejringer af varierende beskaffenhed fra fint sand til ferskvandsklæg, dynd- og tørvelag alt efter de vekslende aflejringsbetingelser.

En landsænkning på nogle få meter kunne vel medføre, at disse aflejringer kom til at danne bunden i et vadehav med betingelser for bundfældning af vadehavssand og -ler oven på ferskvandslagene. Der ville da med tiden opstå marskarealer med en særegen lagfølge, således som det er vist skematisk i fig. 1, og som den f. eks. kan iagttages i Tøndermarsken.

Tørve- og dyndlag nær ved overfladen under saltvandsklægen ændrer marskens karakter og egenskaber og påvirker især afvandingsbetingelserne. Dertil kommer at sådanne lag ikke sjældent indeholder kendelige mængder sulfider og andre svovlforbindelser, som under visse forhold forgifter jorden og skader vegetationen stærkt. Det er derfor vigtigt, at lagenes beliggenhed fastslås, så der ved afvandings- og kultiveringsforetagender kan træffes passende foranstaltninger til at imødegå og fjerne giftvirkningen.

Marskjordens grundbestanddele er ler og fint sand; groft sand findes kun sjældent i den, grus og sten aldrig. Dertil kommer, som allerede omtalt, varierende mængder organisk stof. Denne mængde kan lokalt blive så stor, at materialet får dyndagtig beskaffenhed.

L e r e t. Ved ler forstås vedtægtsmæssigt mineralpartikler med en lineær udstrækning, som er mindre end 0,02 mm. (Som måleenhed for størrelsen af så fine partikler benyttes i reglen en tusindedel millimeter = 1μ). Den øvre grænse for lerpartiklernes størrelse bliver således 20μ . Inden for lerfraktionen skelnes der gerne mellem grovler og finler. Grovlerets partikelstørrelse går fra 20 til 2μ , mens finlerets er mindre end 2μ . De tilsvarende betegnelser på engelsk er »silt« og »clay«. Her anvendes betegnelsen »ler« altså kun på den del af materialet, hvis partikelstørrelse er mindre end 2μ . Blandt lerpartiklerne er der mange, som er så små, at deres form ikke kan skelnes under det optiske mikroskop selv ved stærkeste forstørring. Under elektronmikroskopet viser de fleste af dem sig at bestå af pladeformede legemer, som er hobet oven på hinanden i flere lag. Det er disse yderst fine partikler, l e r k o l l o i d e r n e, som bevirker, at det af havet aflejrede materiale mange steder er »fedt« eller »klægt«, og denne egenskab bliver desto mere fremtrædende, jo større procentdel de udgør af den samlede masse. På steder, hvor aflejringen overvejende består af grovler og fint sand, er det »magert« og får ved et vist lavere lerindhold sandagtig karakter (vadehavssand).

De fineste af lerfraktionens partikler er af forskellig kemisk-mineralogisk sammensætning. Der findes iblandt dem støvfine korn af de samme mineraler, som indgår i bjergarten granit, d. v. s. hovedsageligt feldspat, kvarts og glimmer. Endvidere en del omdannelsesprodukter af feldspat, glimmer og andre mineraler af lignende karakter. Omdannelsesprodukterne er alle i kemisk henseende salte af kiselsyrer, hvori navnlig metallerne kalium, natrium, calcium, magnesium, jern og aluminium indgår. De er opstået ved kemisk sønderdeling af de ovenfor nævnte mineraler ved påvirkning af kulsyreholdigt vand (kemisk forvitring), og de kaldes med en fælles betegnelse for l e r m i n e r a l e r. Det er især disse lermineraler, der giver det materiale, som almindeligvis benævnes ler, dets kendte, karakteristiske egenskaber, som gør, at det i fugtig tilstand er plastisk og formbart og ved udtørring hærder under skorpedannelse, skrumper ind og slår revner.

Foruden disse mest karakteristiske bestanddele indeholder

marskler i reglen en større eller mindre mængde meget fine partikler af calciumkarbonat, CaCO_3 (kulsur kalk). Kalkindholdet kan udgøre indtil 10 pct. af hele den aflejrede materialemængde. Det er størst i nylig aflejret klæg f. eks. på forlandet og mindst i de ældste kog, hvorfra det i tidens løb er blevet opløst og fjernet fra de øverste lag af nedsivende regnvand. Endvidere en del jernforbindelser, ferro- og ferrioxdyhydrater, der også er karakteristiske bestanddele af leret og medbestemmende for dets fysiske og kemiske egenskaber. Disse stoffer har i frisk bundfældet tilstand oftest en blågrå farve (ferroforbindelser, blåler), men når marsken inddiges, udgrøftes og drænes, så luftens ilt får fri adgang, iltes ferroforbindelserne let og omdannes derved til tilsvarende ferriforbindelser, en gul til rødbrun substans, o k k e r eller r u s t, det samme materiale, som giver de fleste agerjorder under muldlaget samt mange sandaflejringer en gul eller rødbrun farvetone. Det findes her som ganske tynde, kolloidale hinder omkring de enkelte sandkorn og er udskilt af gennemsvivende, jernholdigt vand.

De ultramikroskopiske lerpartikler (lerkolloiderne) er kemisk aktive og indeholder en del forskellige metaller især calcium, magnesium, kalium og natrium. Disse metaller er bundne til overfladen af de kolloidale partikler som i o n e r, d. v. s. positivt ladede metalatomer og derfor ikke til stede i opløsning, hvori ionerne er frit bevægelige. Ved en vekselvirkning mellem den kulsyre, der til stadighed produceres af planternes rødder under væksten, ombyttes disse fastsiddende metalioner med brintioner, H^+ fra kulsyren, d. v. s. de opløses og kan nu optages af planterne ved rodfunktionen og tjene dem til næring.

De tre førstnævnte metaller er uundværlige for planternes vækst, de er »næringsioner«, og det er saltvandsklægens høje lerindhold, der bevirker, at marskjord gennemgående er mere næringsrig end almindelig agerjord. Natrium regnes i modsætning til calcium, magnesium og kalium ikke for et nødvendigt plantenæringsstof, selv om det altid findes i planternes aske og derfor optages fra jorden i kendelige mængder. Dette metal har derimod meget stor betydning for lerets konsistens. Kolloidalt ler med et vist indhold af natrium bundet til partiklernes overflade (adsorberet) betegnes natriumler og er i fugtig tilstand en

pasta med karakter af en sejt flydende vædske. Denne pasta er næsten uigennemtrængelig for vand, og ved udtørring skrumpes den ind, slår revner og danner på overfladen en hård, stenagtig skorpe.

Tendensen til hærkning og skorpedannelse er langt mindre, hvis natrium på overfladen af de kolloidale lerpartikler erstattes med calcium, og sådant »calciumler« er langt lettere gennemtrængeligt for vand end natriumler, et forhold som kan være af fundamental betydning for marskjordens dræning og kultivering.

S a n d e t. Sand er mineralpartikler med størrelsen 2 til 0,02 mm, og der skelnes mellem grovsand og finsand. Grovsandets partikelstørrelse går fra 2 til 0,2 mm, finsandets fra 0,2 til 0,02 mm (200—20 μ), og det er finsand, som tillige med ler udgør hovedparten af det aflejrede materiale i marsken. Sandkornene består overvejende af mineralet kvarts, SiO_2 ; desuden af feldspat, glimmer og en del andre kiselure salte. Disse mineraler vil dog sjældent tilsammen udgøre mere end 2—3 pct. af hele sandmængden.

Kvarts indeholder ingen plantenæringsstoffer, og da de kiselure salte er kemisk inaktive, kan sandet ikke direkte bidrage nævneværdigt til planternes ernæring. Det gælder derfor almindeligt, at jorden i sandmarsken er fattigere på plantenæring end i lermarsken og desto fattigere, jo højere sandindholdet er i forhold til lerindholdet. En jordbund, der udelukkende består af sand, indeholder næsten ingen plantenæringsstoffer og er et meget dårligt vækstsubstrat, hvor i naturtilstand kun enkelte, nøjsomme og hårdføre plantearter kan trives (klitsand).

En vis, ikke for ringe sandmængde i materialet øger dets porøsitet og modvirker tendensen til skorpe- og revnedannelse ved udtørring. Den »sværeste« marskjord, d. v. s. den med det højeste ler- og det mindste sandindhold, vil altid være vanskelig at dræne og kultivere, mens den noget lettere med et mindre ler- og et større sandindhold ved passende foranstaltninger kan afvandes tilstrækkeligt og ved bearbejdning give et godt såbed.

Det organiske stof i det frisk aflejrede materiale er især levninger af alger og smådyr (planktonorganismer), som lever i havets øvre vandlag. Planktonorganismerne er så små, at

de hver især kun kan skelnes under forstørrelsesglas eller mikroskop. Stoffet, de består af, er en broget blanding af organiske forbindelser, hvoraf størsteparten kan henføres til kulhydraterne, fedtstoffernes og æggehvidestoffernes grupper. Skønt der til stadighed produceres store mængder organisk materiale i havvandet, er det frisk aflejrede slams indhold heraf ringe og udgør de fleste steder kun 2—4 pct. Det beror på, at det organiske stof, hvor vandet er i bevægelse, og atmosfærens ilt har uhindret adgang, let bortiltes og »forbrænder« under dannelse af vand, kuldioxyd og forskellige uorganiske salte som sulfater, nitrater og fosfater (mineralisering).

Enkelte steder, hvor vandet kun er i ringe bevægelse, og hvor produktionen af organisk stof ved algevækst er særlig stor, kan indholdet af organisk stof blive så højt (10—20 pct.), at det bundfældede materiale får dyndagtig beskaffenhed. Mineraliseringsprocessen bliver ufuldstændig og antager karakter af »forrådnelse«, hvorved der blandt andet dannes den stinkende, giftige luftart svovlbrinte, H_2S . Svovlbrinten reagerer med jern, som altid findes i leret, under dannelse af forskellige svovl-jernforbindelser især FeS , ferrosulfid. Dette stof udfældes i massen som yderst fine, i vand uopløselige partikler. Ferrosulfid er sort, og hvor det findes i kendelige mængder, har det aflejrede slam en gråsort til sort farve. Når luftens ilt efter inddigning og afvanding får adgang til aflejringer af den beskaffenhed, iltesulfiderne let til svovlsyre, H_2SO_4 , der, hvis den ophobes i kendelige mængder, sammen med svovlbrinten vil forgifte jordbunden og dræbe plantevæksten.

I tilslikningens sidste stadier vil også de højere planters vækst give anledning til produktion og ophobning af organisk stof. På forlandet og i kogene, hvor der findes et sammenhængende græs-dække, vil der i laget nærmest jordoverfladen ophobes organisk stof af en særlig karakter, s. k. h u m u s. Der efterlades her fra år til år betydelige mængder organisk materiale i form af rod- og stængeldele. Hvis afvandingen er tilfredsstillende og jorden nogenlunde porøs, så luftens ilt har adgang, mineraliseres det meste af planteresterne hurtigt under medvirken af mikrofloraen (svampe og bakterier). Kun den del af dem, som mikroorganismerne ikke kan »fordøje«, vil efterlades som humus. Dette stof,

der er det samme som det, der giver agerjordens muldrag dets mørke farvetone, nedbrydes (mineraliseres), selv hvor luften har uhindret adgang, i meget langsomt tempo, og når arealet holdes under permanent græs, stiger jordens humusindhold i de øverste 20—30 cm tilsyneladende langsomt, indtil en vis øvre grænseværdi er nået. Mens frisk vadehavsslam sjældent indeholder over 3 pct. organisk stof af en beskaffenhed, som meget let nedbrydes, indeholder jorden på gamle græsbevoksede marskarealer 4—6 pct. organisk materiale, som nedbrydes meget langsomt (Dauerhumus).

(Hvor landoverfladen efter inddigning ligger så lavt, at dræning er uigennemførlig, finder man stærkt vandlidende områder med sumpvegetation og begyndende tørvedannelse. Dette skyldes, at planteresternes mineralisering under sådanne omstændigheder sker delvis under vand, og derfor på grund af iltmangel ikke opvejer den årlige tilførsel, som skyldes sumpvegetationens stofproduktion).

Humusophobningen forbedrer i udpræget grad den svære marskjords konsistens ved at gøre den grynet og porøs (krummestruktur), så den bliver lettere gennemtrængelig for vand og luft og for planternes rødder. Strukturforbedringen skyldes især, at lerpartiklerne af kolloidale humusstoffer kittes sammen til sekundærpartikler (krummer), så der i den oprindeligt klæge, tætte masse opstår et netværk af grove porer. Fra disse porer vil vandet efter regn (eller oversvømmelse) ret hurtigt sive bort, så de bliver luftfyldte, mens det holdes tilbage i sekundærpartiklernes fine porer, således at der fremkommer en for rodvirksomheden gunstig, passende fugtig og porøs zone.

Det er en vigtig opgave at bevare og om muligt forøge den svære marskjords indhold af organisk stof og derved forbedre dens struktur, især hvis den ønskes anvendt til agerkultur. De bedste midler dertil er anvendelsen af rigelige mængder stald- og grøngødning eventuelt halmkompost samt at benytte en betydelig del af det samlede areal i sædskiftet til græsning og høslæt.

M a r s k j o r d e n s m e k a n i s k e s a m m e n s æ t n i n g.
Mængdeforholdet mellem ler og sand i marskjord fra forskellige lokaliteter kan være meget variabelt, hvad der må føres tilbage til de vekslende aflejringsbetingelser. Forholdet fastsættes

i praksis groft skønsmæssigt udfra iagttagelser over materialets plasticitet og formbarhed i fugtig tilstand, men lader sig bestemme nøjagtigt ved mekanisk analyse i laboratoriet. Man benytter sig herved af den samme omstændighed, som betinger slammets uensartede sammensætning, den at de grove partikler efter opslemning i vand lettere og hurtigere vil synke til bunds end de fine (sedimentationsanalyser). Metoden skal ikke her beskrives nærmere. Sammenfattende resultater af sådanne analyser er vist i nedenstående tabel.

Tabel 1. Sand- og lermængder i marskjord af forskellig sværhedsgrad.

Jordens betegnelse	Indhold i pct. af	
	Fint sand	Ler (partikler < 20 μ)
Stift ler.....	20 — 30	80 — 70
Ler.....	40 — 50	60 — 50
Sandet ler.....	50 — 60	50 — 40
Leret sand.....	70 — 80	30 — 20
Sand.....	90 — 100	10 — 0

Den sværeste marskjord, der skønsmæssigt er betegnet »stift ler«, indeholder 70—80 pct. ler, mens resten er fint sand. I lerfraktionen er rundt regnet halvdelen til stede som grovler, resten som finler, d. v. s. materiale med en partikelstørrelse mindre end 2 μ . Til sammenligning skal anføres, at lerindholdet i vore bedste agerjorder (morænelerjorder) gerne er 25—35 pct. og sjældent når 50 pct. Agerjorderne indeholder tillige betydelige mængder grovsand og grus, og disse materialer bevirker, at de er lettere gennemtrængelige for vand end marskjorderne og derfor lettere at afdræne.

Agerjordernes forholdsvis lave lerindhold og det indhold af forholdsvis groft materiale, som ikke er til stede i marskjord, forbedrer deres struktur og medfører, at de ved passende bearbejdning til rette tidspunkt næsten altid kan bibringes en gunstig fysisk beskaffenhed, så de frembyder et godt såbed.

Kalkens fordeling i materialet. Det er nævnt foran, at vadehavsslam og nylig inddiget marskjord indeholder adskillige pct. kulsur kalk, CaCO_3 . Hovedmængden af kalken er

Tabel 2. Kalkens fordeling i nylig inddiget marskjord.

Calciumkarbonat, pct. af hele materialet			
I finler	I grovler	I sand	Sammenlagt
4,8	2,0	2,4	8,7

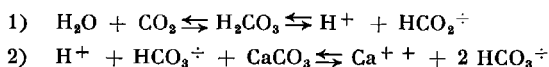
til stede som ganske fine partikler og indgår i lerfraktionen, således som det fremgår af tabel 2.

(Foruden de fine kalkpartikler indeholder marskleret ofte en del grove fragmenter af muslinge- og snegleskaller, der også består af calciumkarbonat. Disse grove kalkpartikler udgør dog som regel kun en ganske ringe brøkdel af hele materialemængden). Tallene viser, at den pågældende, nylig inddigede marskjord har indeholdt 8,7 pct. calciumkarbonat i tørstoffet svarende til ca. 220 tons pr. ha i de øverste 20 cm. Heraf findes næsten de tre fjerdedele eller ca. 160 tons pr. ha som bestanddel af leret, mens kun godt een fjerdedel findes i sandfraktionen.

III. Marskjordens omdannelse efter inddigningen.

K a l k u d v a s k n i n g. Når marsken efter inddigning og udgrøftning ikke længere er udsat for havets direkte påvirkning, ændres det aflejrede materiales egenskaber langsomt under vejrligets påvirkning. Denne ændring har et ganske bestemt forløb og medfører, at der i tidens løb dannes forskellige marskjordstyper, som hver især har bestemte karakteristiske egenskaber.

Den successive ændring i marskjordens beskaffenhed fremkommer ved, at jordlagene i zonen fra overfladen til grøfternes bund nu er udsat for en stadig udvaskning, som skyldes det ned-sivende regnvand. Nedbøren i marskområdet er 700—800 mm om året. Heraf vil ca. halvdelen fordampe fra overfladen enten direkte eller ved planternes transpiration, mens resten siver i jorden og flyder bort gennem grøfter og drænledninger. Det ned-sivende vand, der svarer til en mængde på 300—400 l om året pr. kvadratmeter, optager i muldlaget og rodzonen betydelige mængder kuldioxyd, som dannes dér ved planterøddernes ånding samt ved henfald og forrådnelse af døde plantedele. Derved øges det nedsivende vands kalkopløsende evne i meget væsentlig grad, og den kulsure kalk vil efterhånden udvaskes fra overfladelagene. Denne proces kan anskueliggøres ved følgende skema:



Der er her, som pilene antyder, tale om reversible kemiske processer, der følger lovene om kemisk massevirkning. Da der stadig tilføres nyt vand fra oven og nyt kuldioxyd fra muldlaget, vil processen iflg. disse love forløbe i retning fra venstre mod højre. Dette betyder i praksis, at marskjordens oprindelige indhold af kulsur kalk stadig vil opløses som calciumbikarbonat ($\text{Ca}^{++} + 2 \text{HCO}_3^-$), vaskes ud og forsvinde med drænvandet. Dette er årsagen til, at kalken med tiden helt forsvinder, så den ikke mere kan påvises i det øverste jordlag, og til at den kalkfrie zone i henhold til erfaringen langsomt udvides i dybden. Tykkelsen af denne zone på en given lokalitet er i sidste instans bestemt ved, hvor langt regnvandet dér kan sive ned i jorden, d. v. s. af det permanente grundvandspejls afstand fra jordoverfladen. Denne afstand er i marsken på drænedede arealer omtrent identisk med drændybden.

Kalkudvaskningens hastighed bestemmes navnlig af den vandmængde, der fra år til år passerer de øverste jordlag i nedadgående retning. Denne mængde afhænger af nedbørens størrelse, af fordampningen og af jordens gennemtrængelighed for vand. Udvasningens hastighed vil desuden påvirkes af kulsyre dannelsen i jorden og af den kalkmængde, den indeholder. Det er derfor ikke muligt med sikkerhed at forudsige det årlige kalktab og på grundlag heraf beregne, hvor længe det varer, inden det tilstedeværende forråd er opbrugt.

Det er påvist ved danske markforsøg, at det årlige kalktab ved udvasning på almindelig agerjord indtil en vis grænse er ligefrem proportionalt med jordens kalkindhold. Øges indholdet ud over denne grænse, vil kalktabet ved udvasning ikke stige yderligere og svarer da under vore klimaforhold til 1000—1500 kg kulsur kalk årlig pr. ha.

I nyinddiget marskjord ligger kalkindholdet langt over denne grænse. Det årlige kalktab som følge af udvasning må derfor antages at ligge nær ved den ovenfor omtalte maksimumsstørrelse. Dette er da også bekræftet ved mange, navnlig hollandske, undersøgelser i marken. Resultatet af sådanne undersøgelser er vist i tabel 3.

Tabel 3. Kalkindhold i overfladelaget (0-20 cm) på inddiget marskjord til forskellige tidspunkter (Holland).

Antal år efter inddigning	pct. kulsur kalk i tørstoffet
0	9 — 10
80	7 — 8
145	4 — 5
245	2 — 3
370	0

Tallene viser tydeligt, at marskjordens kalkindhold ved overfladen (0—20 cm), som det måtte ventes, aftager nogenlunde jævnt med tiden, og der må over en længere årrække regnes med et kalksvind af størrelsesordenen 1 pct. af jordvægten i løbet af 25 år. Findes der på inddigningstidspunktet ca. 10 pct. kulsur kalk i det aflejrede materiale, skulle der altså hengå ca. 250 år, inden denne kalkform er forsvundet fra det øverste 20 cm jordlag (*van Bemmelen*).

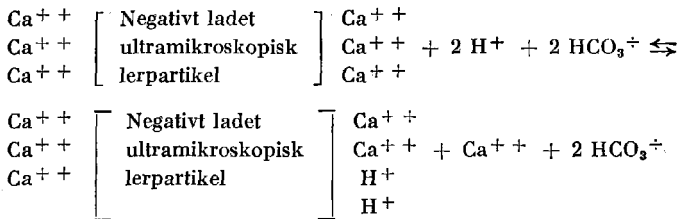
Så længe marskklægen endnu indeholder kendelige mængder kulsur kalk, vil det praktisk talt kun være denne bestanddel, der angribes og opløses af det nedsivende kulsyreholdige vand. Lerkolloiderne vil, mens kalkudvaskningen står på, være omtrent calciummættede på overfladen, og leret er i denne fase til stede som calciumler. Dette skyldes et nogenlunde konstant og ret højt indhold af calciumioner (Ca^{++}) fra opløst calciumbikarbonat, som gør vandet »hårdt«.

Det hårde vands indhold af calciumioner bringer tillige de ultramikroskopiske lerpartikler til at klumpe sammen (koagulation), og denne sammenklumpning bevirker, at porerene i massen bliver grovere, så vandet kan sive igennem dem. Selv svære marsk-jorder lader sig derfor afdræne nogenlunde tilfredsstillende, så længe de endnu indeholder et kendeligt overskud af kulsur kalk.

Når dette stof er fjernet fra jorden ved udvaskning, vil kulsyren i det nedsivende regnvand begynde at påvirke og omdanne de kemisk aktive lerpartikler, lerkolloiderne. Denne omdannelses første stadier består i, at kulsyreens brintioner gradvis fortrænger de adsorptivt bundne calciumioner fra lerpartiklernes overflade. Udviklingen går dermed ind i den næste karakteristi-

ske fase, som fører til, at den inddigede marskjord med tiden får lave reaktionstal og bliver »kalktrængende«.

Udvaskningen af den kalk, der som ioner er bundet til ler-kolloidernes overflade, lader sig anskueliggøre ved følgende skema:



Parentesen antyder overfladen af lerpartiklen, hvis »kærne« er kiselsyre, aluminium- og jernoxyder, og som har en negativ elektrisk ladning af samme størrelse som summen af calciumionernes positive ladninger.

Også denne proces er reversibel og kan, som pilene antyder, bringes til at forløbe i begge retninger. Da der stadig tilføres nyt vand og kultsyre, vil den også i dette tilfælde forløbe i retning fra venstre mod højre, d. v. s. kultsyreholdigt vand siver stadig nedad i jorden og fjerner gradvis de calciumioner (og andre metalioner), der findes som en »ionbelægning« på overfladen af de kolloidale lerpartikler. Metalionerne udvaskes med drænvandet i form af bikarbonater og erstattes på lerpartiklernes overflade med brintioner. Efterhånden som denne proces skrider fremad, vokser det nedsivende vands indhold af brintioner pr. rumfangsenhed (brintionkoncentrationen), mens calciumionkoncentrationen aftager.

Brintionkoncentrationens stigning lader sig let påvise ved måling af jordens reaktionstal. Nylig inddiget marskjord, som indeholder adskillige procent kulsur kalk har reaktionstal 7,8—8,3, og tallet holder sig nogenlunde konstant, så længe der endnu findes kendelige mængder af denne kalkform i jorden. Når kalken er ludet ud fra overfladelaget, begynder reaktionstallet dér at falde, og når også de til lerpartiklerne bundne calciumioner er vasket ud, vil tallet ligge i nærheden af 4.

Jorden er da stærkt »kalktrængende«, og dens værdi som voksebund for de fleste kulturplanter stærkt forringet. Dette

skyldes den sure reaktions direkte og indirekte virkninger samt den forringelse af strukturen, der skyldes, at den kulsure kalk er udvasket, og at lerets calciumioner er blevet erstattet med brintioner. Tiden, som medgår til udvaskning af marsklerets adsorbereede calciumioner, er i sammenligning med den tid, der medgår til udvaskning af 5—10 pct. kulsur kalk fra pløjelaget, kort og vil normalt kun strække sig over 20—30 år.

Udvaskningens videre forløb. Knickdannelsen. Såfremt kalktrangen ikke forinden ophæves ved tilførsel af jordbrugskalk eller mergel, vil det nedsvivende, kulsyreholdige vand i udvaskningens sidste stadium begynde at angribe og sønderdele selve lerpartiklerne, hvorved såvel deres fysiske som deres kemiske egenskaber ændres og jordbunden skifter karakter.

Ændringen består i, at en del af de kiselsyre-, jern- og aluminiumforbindelser, der tilsammen udgør lerpartiklernes negativt ladede »kærne«, går i opløsning og føres med af det nedsvivende vand. De opløste stoffer foreligger i dette tilfælde ikke som ioner, men som mange gange større — skønt ultramikroskopiske — enkeltpartikler, der hver især består af et stort antal atomer med en forholdsvis lille, oftest negativ elektrisk ladning. Partiklerne udgør sammen med vandet en såkaldt kolloid opløsning (sol). I berøring med base- eller saltopløsninger er enkeltpartiklerne i sådanne »kolloiddisperse systemer« tilbøjelige til at klumpe sig sammen til langt større enheder og udfældes af vædsken som fast stof (koagulation). Udfældning af den art kan ske på marskjorder i nedvaskningens senere stadier og finder gerne sted i et lag på 20—30 cm tykkelse, hvis øvre grænse ligger 20—30 cm under overfladen, i nogle tilfælde dog dybere.

Det udfældede materiale afsættes heri som fine, klæbrige hinder omkring mineralpartiklerne og udfylder, efterhånden som processen skrider frem, porerne imellem dem, hvorved hele massen bliver mere kompakt og næsten uigennemtrængelig for vand. Når udfældningen har nået et vist omfang, begynder massen at hærde, og hærdningsprocessen kan gå så vidt, at laget får stenagtig beskaffenhed. Udfældningslag af den art benævnes i marsken *knick*, og knickdannelsen må betragtes som en art degeneration, idet den yderligere forringer dyrkningsværdien af den kalktrængende marskjord.

Årsagen til selve udfældningen, hvorved knicklaget opstår, kendes ikke med sikkerhed. Processen er i flere henseender analog med den dannelse af mår-, blegsand- og allag (podsolering), som mange steder sker i et fugtigt, koldt tempereret klima på udyrket jord, og som i Danmark er et almindeligt fænomen på hede- og skovarealer. Sådanne *podsoljorder*, hvortil også kan regnes stærkt afkalket og udvasket marskjord med knickdannelse, er karakteriseret ved en tydelig lagdeling, som er en direkte følge af udvaskningsprocessen. Nærmest overfladen findes et *udludningslag*, hvorfra betydelige stofmængder er fjernet af det nedsivende regnvand. Dette lag benævnes A-horizonten. Derunder træffes *udfældningslaget* eller B-horizonten, hvori en del af de udludede stoffer er udfældet af opløsningen og har givet anledning til mer eller mindre vidt fremskreden sammenkitning og hærkning af laget. Under dette findes C-horizonten, hvori der hverken er sket nævneværdig udvaskning eller sammenkitning, og hvor materialet er af nogenlunde samme beskaffenhed som oprindeligt overfladelaget.

På de fleste hede- og skovjorder med allag ligger grundvandspejlet i adskillige meters dybde. Man kan, hvor grundvandstanden er høj, dog træffe podsoljorder med allag (gley) lige over grundvandspejlet. Dette lag er opstået på lignende måde og under lignende betingelser som marskjordens knick, der navnlig forekommer på lave områder i terrænet, hvor dræningen har været mangelfuld.

Marskjorder med knicklag findes i gamle kog, hvor udvaskningen har stået på meget længe, og hvor man ikke har kompenseret for udvaskningstab ved periodisk kalktilførsel. Omdannelsen kan sådanne steder være så vidt fremskreden, at jordens kvalitet derved er blevet stærkt forringet. Man har tidligere søgt at forbedre den ved »undergrundskalkning«, d. v. s. udstrøning af luftlæsket eller kulsur kalk på plovfurens bund (Holland), men denne foranstaltning er lidet effektiv, da kalken ikke blandes med det surt reagerende knicklag. Det bedste middel til grundforbedring er en mekanisk dybdebearbejdning, hvorved det tilstræbes at gengive jorden dens oprindelige, mere gunstige fysiske egenskaber. Dybdebearbejdningen kan enten gennemføres ved løsning af laget under plovfuren (grubning) eller ved dybpløjning med en svær traktorpløj og påfølgende sammenblan-

ding af materialet i A- og B-horizonterne. Samtidig med dybdebehandlingerne tilføres rigelige mængder kalk eller mergel til ophævelse af den sure reaktion.

Grundforbedring af den art vil stedse være en kostbar foranstaltning, og det gælder derfor om i marsken at tilrettelægge driften og jordbehandlingsmåden således, at dannelsen af knicklag så vidt muligt undgås. Dertil er kalkning det sikreste middel, man råder over, og periodisk kalktilførsel må indgå som et fast led i driften på alle inddigede marskarealer, hvor kalkudvaskningen er så vidt fremskreden, at jordens oprindelige forråd af kulsur kalk i de øverste 20—30 cm er ved at være udtømt, og reaktionstallet er begyndt at falde. Begge dele lader sig let og sikkert konstatere ved undersøgelse af jordprøver i laboratoriet.

Begyndende knickdannelse (podsolering) på marskjord lader sig foruden ved direkte iagttagelse i marken påvise gennem mekaniske analyser af jordprøver fra A-, B- og C-horizonten på samme lokalitet. Resultater af sådanne analyser er gengivet i tabel 4.

Tabel 4. Mekanisk analyse af marskjordsprofil med knicklag.

Jordlag	Materialets procentindhold af		
	ler	sand	org. stof
A-horizont 0—20 cm.....	59	37	4
B-horizont 20—45 cm.....	66	32	2
C-horizont. Uomdannet undergrund.....	63	36	1

Tallene viser, at indholdet af det fineste materiale, leret er størst i B-horizonten, hvad der skyldes den foran omtalte udfældning af fint, kolloidalt materiale i dette lag. En del af det udfældede materiale er jernforbindelser, som på vel afvandede arealer giver knicklaget en gullig til rødbrun farve (ferrioxydhydrater) og på dårligt afvandede en blågrå (ferroforbindelser). Calciumkarbonat findes ikke i A-horizonten, oftest heller ikke i B-horizonten.

Natrium og dets indflydelse på udvaskningens forløb. Ved den foran skitserede udvaskningsproces er det forudsat, at de kolloidale lerpartikler på overfladen er næsten mættet med calciumioner, således som det normalt vil være tilfældet over størsteparten af det åremål, udvasknings- og omdannelsesprocesserne strækker sig over. I vadehavsler og nyelig inddiget saltvandsklæg er denne forudsætning ikke opfyldt, og udvaskningen vil her få et noget andet forløb. Dette skyldes, at slammet oprindeligt er bundfældet i saltvand, og at saltet vil påvirke dets konsistens i udpræget grad og på karakteristisk måde, navnlig ved at ændre dets gennemtrængelighed for vand. Denne påvirkning kan få stor, ja afgørende betydning for afvandingen og kultiveringen på nyinddagede marskarealer og på tidligere hav- og fjordbundsarealer, som tørlægges ved pumpning.

Havvand er som bekendt en saltopløsning indeholdende godt tre pct. opløst stof, d. v. s. godt 30 g pr. l. Heraf er langt det meste natriumchlorid, NaCl (kogsalt), mens resten hovedsageligt er chlorider, sulfater og karbonater af metallerne calcium, magnesium og kalium. Natriumchloridet er i opløst tilstand spaltet i natriumioner, Na⁺ og chloridioner, Cl⁻. Også de andre opløste salte er spaltet i ioner, »dissocierede«. Havvandets relativt store indhold af natriumioner bevirker, at disse ioner bliver kvantitativt fremherskende blandt de adsorbereede metalioner på de kolloidale lerpartiklers overflade. Sålænge dette er tilfældet, får hele massen karakter af »natriumler«, der, som nævnt foran, har helt andre og for afvanding og dyrkning uheldigere egenskaber end »calciumler«.

Havvandets store saltindhold bringer natriumleret til koagulation, d. v. s. sammenklumpning af de ultramikroskopiske primærpartikler til langt større aggregater s. k. sekundærpartikler. De sidstnævnte bundfældes i modsætning til primærpartiklerne let og danner porøse, for vand og saltopløsninger forholdsvis let gennemtrængelige lag. Dette er forklaringen på, at havvandet efter oversvømmelse på forlandet let siver i jorden og finder afløb til grøfter eller grøblerender.

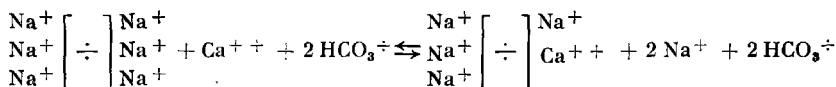
Når marsken inddiges og udgrøftes, vil det saltvand, som endnu findes i porer og hulrum, gradvis udvaskes med nedbøren fra overfladelagene og erstattes med ferskvand. Derved ophører

saltvandets koagulerende virkning på natriumleret, sekundærpartiklerne falder fra hinanden til primærpartikler af natriumler, hvorved hele massen bliver til en pasta med karakter af en sejt flydende vædske, som ved udtørring hærder under revnedannelse til en stenhård masse.

I dette udviklingsstadium er marskjordens struktur yderst uheldig og dræning omtrent umulig, idet det fugtige natriumler er næsten uigennemtrængeligt for vand. Denne tilstand vil bestå så længe en betydelig brøkdel af de til leret adsorberede metalioner er natrium, og den ophæves først, når hovedparten af dem er blevet ombyttet med calcium og leret derved omdannet til calciumler.

Denne omdannelse sker på inddiget marsk normalt uden kunstige indgreb forudsat, at der ved dræning skabes gode betingelser for en nedadgående vandbevægelse i jorden. Det skyldes den omstændighed, at det aflejrede slam indeholder et betydeligt forråd af calciumkarbonat, CaCO_3 . Dette stof opløses langsomt af det nedsivende kulsyreholdige vand, som derved får et kendeligt indhold af calciumioner pr. rumfangsenhed (calciumionkoncentration). Calciumionerne i vandet vil ved kemisk massevirkning gradvis fortrænge natrium fra leret og omdanne dette til calciumler. Herved sker en koagulation, sekundærpartiklerne gendannes, strukturen forbedres, og materialet bliver påny gennemtrængeligt for vand.

Reaktionen, hvorved natriumler i marsken omdannes til calciumler, kan anskueliggøres ved følgende skema:



Da der til stadighed dannes opløst calciumkarbonat på bekostning af det forråd heraf, som findes i klægen, vil processen under naturlige forhold i marken forløbe i retning fra venstre mod højre, d. v. s. det meste natrium vil med tiden fortrænges fra lerpartiklernes overflade af calcium og vaskes bort med drænvandet i form af opløst natriumbikarbonat (tvekulsurt natron), et salt som er let opløseligt i vand.

Processen, hvorved natriumler i marsken omdannes til calciumler, strækker sig i henhold til hollandske undersøgelser gerne over 3—5 år. I løbet af den tid vil natrium være fortrængt af calcium til en sådan grad, at jorden igen er blevet porøs og nogenlunde let gennemtrængelig for vand. Massens samlede porrevolumen øges vel ikke derved nævneværdigt, men på grund af de fineste lerpartiklers sammenklumpning vokser porevidden, og det er navnlig dette forhold, som betinger, at permeabiliteten øges.

En betingelse for, at processen kan løbe til ende, er, at der i klægen findes et betydeligt forråd af calciumkarbonat. Hvor dette stof ikke er til stede i jorden, er der ingen mulighed for, at natriumleret med tiden »af sig selv« vil omdannes til calciumler. Pastatilstanden er da blevet permanent og jordens struktur ødelagt, så den praktisk talt er udyrkelig. Drænene fungerer ikke, jorden er »våd«, idet det meste af nedbøren må fordampe eller flyde væk som overfladevand, og reaktionen kan blive stærk alkalisk med pH-værdier på 9—10. Det sidste skyldes dannelse og ophobning af natriumkarbonat, Na_2CO_3 , ved vekselvirkning mellem kulsyreholdigt vand og natriumler. »Sodajord« af den beskaffenhed er almindelig i regioner med halvtørt klima, hvor næsten hele nedbøren fordamper, og drænvandsmængden derfor er minimal. Natrium stammer her dog sjældent fra havvand, men næsten altid fra kemisk sønderdeling af natriumholdige, kilsure salte, især feldspater.

På gammel lermarsk, hvor calciumkarbonat er vasket ud fra overfladelagene, vil tilfældig oversvømmelse ved digebrud medføre, at jordens porer fyldes med havvand. Derved omdannes calciumleret til natriumler, så jorden bliver klæg og stiv samt midlertidig næsten uigennemtrængelig for vand. For at omdanne natriumleret til calciumler, så drænene påny kan fungere, må man nødvendigvis tilføre jorden calciumsalte, som kan levere det til omdannelsen nødvendige kvantum calcium. Man anvender i sådanne tilfælde med fordel calciumsulfat, CaSO_4 (gips) fremfor calciumkarbonat, idet gipsen lettere end dette stof opløses i det nedsivende vand og giver det en højere calciumkoncentration end calciumkarbonat alene formår. Grundforbedring af jorden, d. v. s. omdannelsen af natriumler til cal-



Fig. 2. Forsøg med gipsbehandling på havvandsversvømmet marskjord. De mørke parceller er tilført 3—5 tons gips pr. ha. De lyse, vandoverfyldte er ubehandlede. (Holland). *C. van den Berg og J. J. Westerhof.*

ciumler kan under sådanne omstændigheder gennemføres på 1—2 år.

Dette, — og natriumlerets omdannelse i det hele taget, — forudsætter tilstedeværelse af et effektivt drænsystem, så udvaskning af jorden over drænene kan foregå uhindret, og de natriumsalte, som frigøres ved omsætning mellem calciumioner og natriumler, kan fjernes. Såfremt detailafvandingen er utilstrækkelig, som hvor dræn ikke findes, og afstanden mellem grøfter og kanaler er stor, er der ingen mulighed for en effektiv fjernelse af natriumionerne fra leret selv på steder, hvor jorden i sig selv er kalkrig, eller hvor den er tilført rigelige mængder gips, eventuelt andre opløselige calciumsalte. Udvasningen er under sådanne forhold minimal, og jorden vil i lange tider forblive stiv og våd, næsten umulig at arbejde med vandlidende, lerede jorders uheldige egenskaber.

På stærk kalkholdig marskjord, hvor leret ved inddigning næsten altid vil være til stede som natriumler, sker dettes omdannelse til calciumler, som nævnt foran, almindeligvis uden at nogen tilførsel af calciumholdige grundforbedringsmidler er nødvendig, når blot dræningen er tilfredsstillende.

Omdannelsen sker dog kun, hvor der til stadighed er en nedgående vandbevægelse, d. v. s. i praksis fra jordoverfladen og ned til drænene. Under disse er porer og hulrum endnu længe efter inddigningen fyldte med saltholdigt vand (residualvand) indeholdende ca. 3 pct. natriumchlorid. Når saltvandet over drænene fortrænges af ferskvand, vil salte fra dette residualvand på grund af koncentrationsforskelle langsomt diffundere opad og udvaskes gennem drænene. Saltindholdet i jordlagene under disse vil derved aftage, og på et vist tidspunkt nås det stadium, hvor materialet går over i pastatilstanden, hvad der må antages at hæmme, eventuelt standse såvel vandbevægelsen som saltdiffusionen i denne zone. Der dannes da i større eller mindre dybde på marsken et lag »pasta« med de foran omtalte uheldige fysiske egenskaber. Under dette lag vil man ved boring gerne støde på saltholdigt residualvand.

Såfremt afstanden til grundvandspejlet er lig med eller større end almindelig drændybde, er dette ingen ulempe, men på lokaliteter, hvor gennemsivning og udvaskning kun er mulig til en dybde af 20—40 cm, vil natriumler-zonen ligge så nær ved overfladen, at den gør effektiv afvanding umulig. Sådanne lokaliteter vil især findes i terrænets lavest liggende partier og kan her være ret udbredte selv på gamle marskarealer. Det er derfor vigtigt ved gravning eller boring at fastslå deres beliggenhed og udstrækning med henblik på forbedring af marskens afvandringsforhold.

Marsklerets indhold af natrium og andre adsorberede »baser« som calcium, magnesium og kalium lader sig bestemme ved kemiske analyser. Det er herved tillige muligt at bestemme deres indbyrdes mængdeforhold til et givet tidspunkt og at følge, hvorledes dette forhold ændres gennem udvaskningens forskellige stadier. Sådanne analyser er udført i stort omfang i Holland dels af jordprøver fra inddiget marsk i forskellige udviklingsstadier, dels fra kog der længe efter inddigningen

har været udsat for saltvandsoversvømmelser. På grundlag af analyseresultaterne er man nået til den foran givne forklaring, der stemmer særdeles godt med praktiske erfaringer. Nedenfor gengives hovedresultaterne af en analyserække, der belyser ændringen i kemisk sammensætning og struktur ved natriumlerets omdannelse til calciumler.

Tabel 5. De adsorberede »basers« fordeling i marskler på forskellige udviklingsstadier

Lokalitet	Struktur	pct. af de til leret bundne baser			
		calcium	magnesium	kalium	natrium
Forland.	God	22	18	13	57
Nyinddiget marsk ...	Slet	40—56	20—27	4—7	19—28
Ældre marsk.	God	79	13	2	6

Tallene viser, at natrium udgør 57 pct. af de adsorberede baser hos marskler i »saltvandsstadiet«, samt at materialet i denne tilstand er porøst og let gennemtrængeligt for vand. Dette skyldes, som tidligere nævnt, det salte havvands koagulerende virkning på lerkolloiderne. Få år efter inddigningen er calciumindholdet vokset til 40—50 pct., mens natriumindholdet i det samme tidsrum er faldet til 20—30 pct. Materialet er nu i »pasta-stadiet«, og strukturen meget uheldig. Jorden er i gennemfugtig tilstand »klistragtig« og vil ved udtørring danne en hård skorpe. I den noget ældre marsk udgør calcium 79 pct. af de til leret bundne baser. Summen af calcium og magnesium, (der har en lignende virkning på lerets konsistens som calcium), er over 90 pct., mens natriummængden er sunket til 6 pct.

Strukturen er nu atter god. Jorden kan drænes på tilfredsstillende måde, og tendensen til skorpedannelse er langt mindre fremtrædende end i natriumler-stadiet. Det er muligt ved bearbejdning til rette tidspunkt, d. v. s. ved et passende fugtighedsindhold, at bringe jorden til smuldring, således at den giver et godt såbed. Det er dette calciumler-stadium, man må tilstræbe at opnå og bevare ved ethvert forsøg på marskens kultivering. Dette er kun muligt ved effektiv dræning samt — i udvaskningens mere fremskredne stadier — ved periodisk tilførsel af passende kalkmæng-

der, der kan opveje det årlige kalktab ved udvaskning og bortførsel med afgrøderne.

Størrelsen af den kalk- eller gipsmængde, som vil kræves til at omdanne natriumler af en given tykkelse til calciumler, lader sig bestemme med god tilnærmelse ved kemiske analyser af jorden. På tilsvarende måde bestemmes de mængder kulsur kalk, der må tilføres kalktrængende marskarealer med lave reaktionstal for at hæve disse over neutralpunktet og tilvejebringe et passende kalkforråd i jorden. Det nytter i dette tilfælde ikke at anvende gips som grundforbedringsmiddel, da dette stof ikke, som kulsur kalk, er en base og derfor ikke er i stand til at neutralisere surheden. Brændt kalk, CaO og læsket kalk, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ er ligeledes baser og på samme måde som kulsur kalk, CaCO_3 vel anvendelige til grundforbedring såvel af kalktrængende sure jorder som af jorder med et indhold af natriumler. De vil begge hurtigt i berøring med jordluftens kuldioxyd omdannes til kulsur kalk og derefter virke ganske som dette stof.

IV. Undersøgelse af danske marskjorder.

Den foran givne fremstilling til belysning af dræningens og kalkningens fundamentale betydning for marskjordens udnyttelse er hovedsageligt baseret på den foreliggende udenlandske litteratur. Der er vel her i landet udført omfattende langvarige forsøg med dræning og kalkning af marskarealer, og disse kultiveringsforanstaltningers vigtighed er fuldt ud erkendt, men nogen indgående undersøgelse af de forhold, som betinger en effektiv afvanding, herunder jordens sværhedsgrad, permeabilitet, forekomsten af natriumler m. m., er indtil for nylig ikke gennemført, og der findes på dansk ingen samlet oversigt over de udenlandske undersøgelser på hele dette område.

Teoriene, som ligger til grund for vor nuværende opfattelse af marskjordsproblemerne, er så vel underbygget ved talrige undersøgelser i laboratoriet og i marken, at deres rigtighed ikke tør drages i tvivl. For at søge dem bekræftet under danske forhold blev der i sommeren 1954 udtaget en række jordprøver på forskellige lokaliteter i Tøndermarsken til undersøgelse på Landbohøjskolens Agrikulturkemiske Laboratorium. Det tilstræbtes ved prøveudtagningen at finde udtryk for marskens forskellige ud-

viklingsstadier, og der udtoges på samme lokalitet prøver i forskellige dybder. Prøveudtagning og analysering blev udført af amanuensis, landbrugskandidat *Kjeld Rasmussen*. Resultaterne blev tilstillet lederen af marskkommissionens undersøgelsesarbejder, professor Niels Nielsen, og vil senere blive publiceret in extenso. Nedenfor gives en summarisk oversigt over de vigtigste af dem.

1) Forland ved Højer. På græsbevokset forland ved Højer indeholdt klægen i dybden 50—125 cm 4—5 pct. calciumkarbonat, og reaktionstallet var i dette lag 8,0—8,3. I laget nærmest ved overfladen fandtes kun ca. 1 pct. calciumkarbonat. Det lavere kalkindhold i det øverste lag skyldes sandsynligvis, at saltvandsoversvømmelser er ret sjældne i tilslikningens sidste stadier. Slammets oprindelige indhold af ferrosulfid iltes da let til svovlsyre, H_2SO_4 , som angriber og opløser en del af kalken. I forlandsstadiet vil saltvand forhindre lerpartiklernes opdeling i primærpartikler (dispersion), materialet holder sig porøst, og de dannede kalksalte udvaskes let. Af de til leret adsorberede metaller udgjorde natrium ca. 45 vægtprocent, calcium plus magnesium ca. 55, og leret må derfor i forlandsstadiet karakteriseres som natriumler.

2) Ny Frederikskog. Her undersøgtes en jordprofil på et areal, som blev inddiget for ca. 100 år siden. I laget 0—30 cm fandtes ikke kendelige mængder calciumkarbonat. Kalken er her udvasket, men leret næsten »basemættet«, idet reaktionstallet var 7,6. I laget 50—70 cm dybde indeholdt jorden ca. 3 pct. calciumkarbonat, og reaktionstallet var her 8,0. Natrium udgjorde kun ca. 2 pct. af de adsorberede baser. Resten var calcium plus en ringe mængde magnesium.

På denne lokalitet er omdannelsen af natriumler til calciumler fuldbyrdet. Da reaktionstallet ved overfladen endnu er højt (7,6) er der intet tegn på begyndende knickdannelse, men jorden er i det stadium, hvor periodisk kalkning er nødvendig.

3) G1. Frederikskog. På en bestemt lokalitet i denne del af marsken indeholdt klægen endnu i dybden 0—125 cm fra 0,8 til 1,8 pct. kulsur kalk. Reaktionen var i hele denne dybde stærk alkalisk med pH-værdier på ca. 9, hvad der antyder, at man her står over for natriumler (sodajord). Analyserne viste da også,

at natrium udgjorde fra 16—30 pct. af de til leret absorberede metalioner. Natriumprocenten var lavest ved overfladen og højest i de dybest liggende lag.

Skønt udvaskningen på denne lokalitet har stået på i henved 300 år, indeholder materialet endnu betydelige mængder calciumkarbonat. Lerets oprindelige indhold af opløste salte fra havvandet er vel forsvundet, men natriumionerne er ikke fortrængt fra lerkolloidernes overflade. Jorden befinder sig derfor i pastastadiet og har en sådan fysisk beskaffenhed, at dræning er næsten umulig, mens samtidig tendensen til hærdning og skorpedannelse er meget udpræget. Det skyldes uden tvivl, at grundvandet på dette sted hele tiden efter inddigningen har stået så højt, at den nedadgående vandbevægelse, som betinger kalkens udvaskning, lerets omdannelse fra natrium- til calciumler og dermed strukturforbedringen, har været stærkt hæmmet. Et unormalt højt chloridindhold peger i samme retning og antyder forekomst af saltholdigt residualvand i forholdsvis ringe dybde.

Nogen afgørende forbedring af jordens struktur vil her kun være mulig ved at sænke grundvandsstanden, så en effektiv dræning kan gennemføres og en nedadgående vandbevægelse sikres. Da jordens lerindhold det pågældende sted ikke er særlig højt, skulle en sådan grundforbedring kunne gennemføres uden større vanskelighed.

4) Møgel tøn der Kog. På svær marskjord i Møgel tøn der Kog, som er inddiget tidligere end Gl. Frederikskog og repræsenterer nogle af vore ældste marskarealer, fandtes kulstur kalk først i dybden 110—125 cm og udgjorde her 1,4 pct. af hele materialemængden. Reaktionstallet i dette lag var 8,0. Der har på denne lokalitet været gode betingelser for kalkudvaskning. Hele det oprindelige indhold af calciumkarbonat er udvasket i laget fra overfladen til grundvandsspejlet, som ligger i godt en meters dybde. Natriumler-stadiet er forlængst passeret, idet natrium kun udgør 1—4 pct. af lerets baser, mens resten er calcium. Jorden er i calciumler-stadiet og har trods et lerindhold på 80—90 pct. en relativt gunstig struktur.

I laget 70—90 cm er reaktionstallet kun 3,9, mens det fra overfladen til 35 cm dybde er 7,4 og i laget 35—70 cm dybde 7,8. Det er sandsynligt, at tallene også her før i tiden har ligget

omkring 4, og at de senere er steget som følge af gentagen kalkning og mergling. Den tilførte kalkmængde har dog ikke været stor nok til at tilvejebringe et påviseligt forråd af calciumkarbonat i jorden. Kalken har neutraliseret de surt reagerende lerkolloider (brintler), og calcium findes nu bundet til ler- og humuskolloiderne. Kalkningen har antagelig her forhindret dannelse af knick, og profiler med typiske knicklag blev ikke påvist ved denne undersøgelsesrække. Der er dog næppe tvivl om, at de findes på områder i marsken, som længe har været kalktrængende.

Endnu skal nævnes, at der på en anden lokalitet i Møgeltønder Kog fandtes kalkfrit klæg vekslende med tørvelag, altså en ferskvandsaflejrings. Marsken er her af lignende beskaffenhed som den foran omtalte flodmarsk.

V. Mulighederne for produktionsforøgelse på danske marskarealer.

Den danske Nordsømarsk udnyttes, som nævnt i indledningen, overvejende til græsning. Denne udnyttelsesmåde, således som den for tiden praktiseres, må betegnes som extensiv med en lav årsproduktion pr. arealenhed. Der er ingen tvivl om, at årsproduktionen kan forøges betydeligt ved ændring og intensivering af driften. En sådan intensivering kan ske enten ved omlægning og forbedring af de permanente græsarealer eller ved overgang til agerkultur, eventuelt ved en passende kombination af begge fremgangsmåder. Hvilken af disse, der i det lange løb vil være økonomisk mest fordelagtig, lader sig kun afgøre med sikkerhed ved forsøg i marken.

Vedvarende græs. På marsken ved Højer har årsproduktionen ved denne driftform kun været 20—30 afgrødeenheder pr. ha. Andre steder i Jylland uden for marskområdet har man ved rationel græsmarksdrift nået en årsproduktion på 60 afgrødeenheder pr. ha, i enkelte tilfælde endog over 100. Græsproduktionen i marskens fenner er gennemgående alt for lille, når det tages i betragtning, at netop marskjorden må anses for særlig vel egnet til græsningskulturer. En betydelig forøgelse af denne produktion skulle derfor vel være mulig, og muligheden bør undersøges nærmere.

Agerkultur. Det samme gælder for omlægning af driften fra vedvarende græs til agerkultur i marsken. Der er næppe tvivl om, at denne udnyttelsesform også i Danmark med tiden vil blive mere og mere almindelig, og at høstudbyttet på marskjord gennem rigtig behandling derved kan bringes op i samme niveau som på vore bedste agerjorder.

Marskens nuværende tilstand tillader hos os ikke nogen hurtig produktionsforøgelse hverken med den ene eller den anden driftform. Dette skyldes især dens nuværende uhensigtsmæssige og utilstrækkelige afvanding, som er så iøjnefaldende, at jorden de fleste steder må betegnes som mere eller mindre vandlidende.

Den store hovedafvanding af marskområderne ved Tønder, som er baseret på kunstig sænkning af grundvandsspejlet ved pumpning, og som blev gennemført for ca. 30 år siden, betød vel en meget væsentlig forbedring af de dengang stærkt vandlidende arealers produktionsmuligheder, men disse muligheder er desværre ikke blevet udnyttet i fuldt omfang. Detailafvanding ved dræn gennemførtes kun få steder. Man nøjedes med en uddybning af grøfterne mellem fennerne, og denne uddybning var mange steder for ringe. Dertil kommer, at oprensningen forsømmes i vid udstrækning. Grøfter og kanaler henligger i lange perioder tilvokset med »grøde«, så de ikke kan virke efter deres hensigt. Grundvandsspejlet på de tilgrænsende arealer stiger, så jorden kan blive vandlidende endog på arealer, hvor der er nedlagt dræn mellem grøfterne.

Forholdet forværres derved, at man sommeren igennem af hensyn til kreaturerens vanding lader ferskvand flyde ud i ca. halvdelen af grøfterne, så de fyldes næsten til jordoverfladen. Det siger sig selv, at en effektiv afvanding under sådanne omstændigheder er uigennemførlig. Udbredt forekomst af vådbundsplanter, navnlig vandgrenet ranunkel, i græsfennerne viser da også, at jorden her stadig er vandlidende.

Den mangelfulde afvanding vil i endnu højere grad gøre sig gældende på den del af marsken, der benyttes til agerkultur. Hvis jorden her ikke er veldrænet til en passende dybde, vil den langt hen på foråret vedblivende være vintervåd. Den delvise tømning af porerne for vand, som man må finde sted, inden jorden kan bearbejdes, så den »falder for redskaberne«, sker da over-

vejende ved fordampning og kun i ringe grad ved udsivning til grøfter og kanaler. Såningstidspunktet kan derved meget vel udskydes i 3—4 uger, og det er altid vanskeligt, i mange tilfælde umuligt, at opnå et godt såbed og dermed gode spiringsbetingelser. Kraftigt regn efter såningen slemmer let de fine lerpartikler fra hinanden og ødelægger derved den porøse krummestruktur ved overfladen, jorden »falder sammen«, og ved påfølgende udtørring dannes en hård skorpe, som spirerne kun vanskeligt trænger igennem.

En effektiv detailafvanding vil medføre, at en stor del af vinternedbøren hurtigt fjernes fra pløjelaget og finder vej til dræneene. Den vandmængde, som skal fordampe om foråret, inden den for bearbejdningen gunstige fugtighedsgrad nås, reduceres stærkt. Såningstidspunktet falder væsentlig tidligere end på udrænede jord, og det er muligt ved rigtig gennemført forårsbehandling at tilvejebringe et godt såbed. Regn i perioden mellem såning og fremspiring vil under sådanne forhold i reglen ikke ødelægge strukturen og slemme jorden sammen, idet nedbøren let synker i jorden. Derved undgås den vandoverfyldning ved jordoverfladen, som fremskynder sammenslemningen under regn og skorpedannelse ved udtørring, og som kan give anledning til, at sædekorn og -frø skimler og ødelægges.

Forbedring af den nuværende tilstand. Såfremt produktions- og erhvervsmulighederne i den danske del af Nordsømarsken ønskes forbedret i væsentlig grad, er visse grundforbedringsforanstaltninger uomgængeligt nødvendige. Den vigtigste af disse er en omfattende regulering af fugtighedsforholdene, så de helt bringes under kontrol, og den nuværende tilstand med store mer eller mindre vandlidende områder bringes til ophør. Først derved bliver det muligt at drage fuld nytte af den hovedafvanding i Tøndermarsken, som i sin tid gennemførtes med så store bekostninger.

At bringe fugtighedsforholdene helt under kontrol vil dels kræve en sænkning af vandspejlet i grøfter og kanaler, dels en omfattende detailafvanding med gennemført dræning af arealerne. Det nuværende grøftesystem, der ikke holdes oprenset, og den delvise fyldning af grøfterne med vand i sommerhalvåret umuliggør, som allerede nævnt, en ensartet og tilstrækkelig afvanding.

Ved dræningen må det tilstræbes, at grundvandsspejlet ingen steder på noget tidspunkt kommer overfladen nærmere end ca. 80 cm. Hollandske forsøg har vist, at en konstant grundvandstand i 70—80 cm dybde giver maksimal produktion på græsarealer i marsken. Alligevel anbefaler man at holde grundvandet i 80—90 cm dybde, fordi man derved erfaringsmæssigt undgår skader på grønsværen ved optrædning i regnperioder.

Den vigtigste betingelse for at en detailafvanding kan gennemføres, så den kommer til at virke efter hensigten, er, at der holdes en ensartet passende lav vandstand i grøfter og kanaler. Denne vandstand må hele tiden ligge under drænenes udløb, så rørene ikke, som det nu ofte er tilfældet, i lange perioder står fulde af vand. Dertil kræves, at vandspejlet i grøfter og kanaler på arealer, som ønskes benyttet til agerkultur, ingen steder kommer jordoverfladen nærmere end 1,7 m (Holland).

Ved udarbejdelse af en samlet plan for grundforbedringsarbejder i den danske del af Nordsømarsken, bør man støtte sig til omfattende profilundersøgelser med beskrivelse af fugtighedstilstanden, lagenes rækkefølge og udstrækning samt på mekaniske og kemiske analyser af jordprøver. Der bør måske også foretages undersøgelser in situ af materialets gennemtrængelighed for vand (permeabilitetsmålinger). Man vil ad den vej kunne få oplysninger om udviklingsstadiet i marskens forskellige afsnit, om kalktilstanden og om eventuelle forekomster af natriumler, der nødvendiggør særlige foranstaltninger ved grundforbedringen. Endvidere om beliggenheden af tørve- og dyndlag med et indhold af planteskadelige stoffer som sulfider, svovlbrinte og fri svovlsyre, der kun kan uskadeliggøres ved dræning, bearbejdning og kalktilførsel.

Et kortlægningsarbejde af den skitserede art vil kunne gennemføres på tilfredsstillende måde i løbet af forholdsvis kort tid og uden urimeligt store udgifter. Der behøves antagelig kun undersøgelse og beskrivelse af jordlagene fra overfladen ned til det niveau, som angiver kanalernes vandstand ved en rationel gennemført afvanding. De dybere liggende jordlag har i den forbindelse liden interesse. Porerne i disse lag vil forblive vandfyldte. Det aflejrede materiale er her ikke udsat for stadig påvirkning af gennemsivende ilt- og kulsyreholdigt ferskvand. Dets beskaffenhed vil derfor næppe ændres i påviselig grad inden for

meget lange tidsrum, og eventuelle ændringer vil være uden betydning for jordens fysiske og kemiske egenskaber over dræneene. Det er disse egenskaber, der bestemmer arealernes værdi som voksebund for kulturplanter, og man vil næsten altid ved kalkning og gødkning kunne afpasse dem således, at jorden bliver dyrknings sikker og i stand til at yde store afgrøder fra år til år, vel at mærke under den forudsætning, at drænsystemet virker som det skal.

Dyrkningsforsøg på marskjord. Produktionsstigningen og de foran antydede grundforbedringsarbejders rentabilitet lader sig kun fastslå ved hjælp af flerårige dyrkningsforsøg under forskellige vel definerede betingelser. Det er derfor nødvendigt, at Statens Marskforsøg opretholdes og — ved igangsætning af stationen Hohenwarte — udbygges, så forsøgene kan anlægges hurtigst muligt. De bør især tage sigte på at belyse afvandingsgradens betydning for produktionens størrelse såvel på de permanente græsgange som på arealer, der benyttes til agerkultur.

Forsøg af den art med forskellig, men konstant grundvandstand til græs- og agerkulturer er for tiden i gang to forskellige steder i Holland, og det kan næppe volde større vanskelighed at anlægge lignende forsøg på arealerne ved Hohenwarte. Dræningsforsøgene kan antagelig kombineres med gødningsforsøg af forskellig art, f. eks. anvendelse af store kvælstofmængder til græs, en fremgangsmåde der hidtil ikke har været almindelig i Danmark, men som for tiden i Nederlandene og Storbritannien er genstand for megen og berettiget interesse. Afvandings- og dyrkningsforsøgene vil kunne tjene til rettesnor for de grundforbedringer af forskellig art, som er nødvendige, hvis man ikke skal blive stående ved den nuværende extensive driftform.

Forøgelse af landbrugsproduktionen og dermed forbedring af erhvervsmulighederne i den danske del af Nordsømarsken er en vigtig nationaløkonomisk opgave, som indebærer mange problemer, og hvis løsning vil kræve betydelige kapitalinvesteringer. Det er derfor rimeligt, at man nu ved offentlige foranstaltninger (marskkommissionen) søger at angribe problemerne under eet. Blandt disse problemer indtager forøgelsen af høstudbyttet på marskjorderne så afgjort førstepladsen, og kun ved klar erkendelse heraf vil den stillede opgave kunne løses på tilfredsstillende måde.

ANVENDT LITTERATUR.

Ved udarbejdelsen af denne oversigt har bl. a. følgende afhandlinger og beretninger været benyttet. Læserne vil heri finde henvisninger til talrige andre over de samme eller beslægtede emner.

- 1) Mededeelingen van de commissie van advies omtrent de landbouw-technische aangelegenheden betreffende den proefpolder nabij Andijk. Vol. I og II. Haag 1929—31.
- 2) *Hissink, D. J.*: The reclamation of the Dutch saline soils (solonchak) and their further weathering under the humid climatic conditions of Holland. Soil Science Vol. 2. 1938.
- 3) *Hissink, D. J.*: Nota. Overgedrukt uit het verslag der commissie inzake het bestudeeren van de uitgifte der Zuiderzeegronden. 1930.
- 4) *Hissink, D. J.*: The course of the weathering processes in the marine clay deposits of Holland. Mezögazdasági Kutatások. Budapest 1933.
- 5) *Hissink, D. J.*: Die Kultivierung der jungen Zuidersee-Böden vom bodenkundlichen Standpunkt aus betrachtet. Deutschen Landwirtschaftlichen Rundschau. Sonderheft 6.
- 6) *Hissink, D. J.* en *Jac. van der Spek*: Bijdrage tot de kennis van knikgrond. Departement van economische zaken directie van den landbouw. Haag 1938.
- 7) *Berg, C. van den* and *J. J. Westerhof*: Examinations on soils and crops after the inundations of 1st February 1953. Netherlands Journal of agricultural Science. 1954.
- 8) *Harmsen, G. W.*: Observations on the formation and oxidation of pyrite in the soil. Plant and Soil. Vol. V. 1954.
- 9) *Appelmans, F.* et *L. De Leenheer*: Existe-t-il une corrélation entre les teneurs en matières organiques et en carbonate de calcium dans les sols des polders marins belges. Proceeding. Fifth International Congress of Soil Science. Leopoldville 1954. Bruxelles 1955.
- 10) *Iarkov, S. P.*: La formation des sols podzoliques. Communication au V Congrès International de la Science du Sol. Moskva 1954.
- 11) *Trilling, F.*: Die Kalkfrage in der Nordseemarchen. Landwirtschaftliche Jahrbücher. 1928.
- 12) *Tind-Christensen, C. J.*: Forsøg med kunstgødning, kalk og mergel til marskjord. Tidsskrift f. Planteavl, bd. 41, 1936.
- 13) *Tind-Christensen, C. J.*: Forsøg med kunstgødning og staldgødning til agerkultur på merglet marskjord. Tidsskrift f. Planteavl, bd. 44, 1939.
- 14) *Jensen, S. Tønborg*: Kalkens omsætning i jordbunden teoretisk og eksperimentelt belyst. Tidsskrift f. Planteavl, bd. 41, 1936.