

- by calcium and potassium. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 32, 692—698.
- Nyatsanga, T. and W. H. Pierre* 1973. Effect of nitrogen fixation by legumes on soil acidity. *Agron. J.* 65, 936—940.
- Nömmik, H.* 1966. Kvävegödselmedlens inverkan på markens pH. *Växtnäringsnytt* 22, 14—19.
- Pestalozzi, M. og K. Retvedt.* Forsøk med store kunstgjødselsmengder til eng 1948—1952. *Forskn.forsk.lanbr.* 10, 315—412.
- Pierre, W. H., J. Meisinger and J. R. Birchett.* Cation-anion balance in crops as a factor in determining the effect of nitrogenfertilizers on soil acidity. *Agron. J.* 62, 1970. 106—112.
- Pierre, W. H. and Banwart, W. L.* 1973. Excess base and excess base/nitrogen ratio of various crop species and parts of plants. *Agron. J.* 65, 91—96.
- Stuijmsmans, C. M. J.* 1970. Der Einfluss von Düngemitteln auf den Kalkzustand des Bodens. *Zeitschr. Pfl. ernähr. Bodenk.* 126, 97—103.
- Ståhlberg, S.* 1974. Några problemställningar rörande kalkning och gödsling jämte kalktitrering av sura fosforgödselmedel. Statens lantbrukskemiska laboratorium. *Medd.* 43, Uppsala 1—12.
- Sorteberg, A. and Dev.* 1964. Effect of liming peat soils on the availability of applied phosphate to plants. *Acta Agric. Scand.* XIV:4, 307—314.
- Svanberg, O.* 1973. Handelsgödselens inverkan på markens kalktillstand vid fälmässig växtodling. Statens lantbrukskemiska laboratorium. *Medd.* 39, Uppsala 1—16.
- Uhlen, G.* 1970. Virkningen av nyere gjødselslag på kalktilstanden i jorda. *Jord og Avling* nr. 4 1970.
- Uhlen, G.* 1976. Effects of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers and farm manure in long-term experiments with rotation crops in Norway. *Ann. Agron.* 5—6, 547—564.
- Uhlen, G.* 1978. Nutrient leaching and surface runoff in field lysimetre on a cultivated soil. *Meld. Norg. Landbr.høgsk.* Vol. 57. Nr. 27, 1—26.
- Ulrich, A.* 1941. Metabolism of non-volatile organic acid in excised barley roots as related to cation-anion balance during salt accumulation. *Amer. J. Bot.* 28, 526—537.
- Aasen, I.* 1977. Ulike gjødslingssystem — Verknad på jord og avling. *Plantedyrkingsmøtet NLH* 1977. 7 s.

Frå sjøbotn til åkerland

Undersøking av vilkår for plantedyrking i jord frå eit

tørrlagt område av Børgin i Inderøy.

Av Ivar Aasen

SAMANDRAG

Artikkelen legg fram resultat av fysiske og kjemiske analysar og plantedyrkingsforsøk i jord frå eit knapt 400 dekar stort inndemt område av Børgin, den austlege armen av indre Trondheimsfjorden. Området høyrer til garden Gjørvi i Inderøy kommune. Formålet med undersøkingane var å få klarlagt vilkåra for plantevekst.

Jorda i pløyelaget kan karakteriserast som moldfattig lett- eller mellom-

leire med stort innhald av silt, og med varierende innhald av skjel. Innhaldet av lettløyseleg fosfor er lite til midtels stort. Av lettløyseleg og syreløseleg kalium er innhaldet stort, det same gjeld lettløyseleg magnesium. Det er stort innhald av natrium og klorid. Reduserte svovelsambindingar (sulfid) fører til sterk senking av pH når luft slepp til.

Utvaskingsforsøk viser at natrium og klorid blir lett vaska ut. Med 500

mm gjennomvasking vart utvaska vel 1 tonn NaCl pr. dekar, om lag 75 prosent av dette kom ut i dei første 125 mm gjennomvaska vatn.

Dyrkingsforsøk med bygg og havre viste at i jord som ikkje var utvaska, var det svært dårlege vilkår for vekst. Under spiringa var havre sterkare hemma enn bygg. Etter gjennomvasking med 5—600 mm vatn, var veksten god og plantene såg normale ut. Det var stor avlingsauke for sterk gjødsling med nitrogen og fosfor, men berre små utslag for kalium.

Resultatet frå desse undersøkingane tyder på at etter eit par års naturleg utvasking, vil saltinnhaldet i jorda vera senka så mykje at det skulle vera mogleg å oppnå bra avling av korn. Dette stemmer godt med oppnådde resultat etter at området er oppdyrka.

Ut frå litteratur om salttoleranse hos jordbruksvokstrar kan det setjast opp følgjande rangering: Bygg > havre > kveite > poteter > erter.

INNLEIING

Tørrlegging av grunne sjøar og fjordarmar for innvinning av dyrkingsjord har vore utført gjennom lange tider. I eldre tid var det helst ferskvassområde som vart tørrlagt, seinare har også innvinning av dyrkingsjord frå saltvassområde blitt utført.

Innvinning av jord frå havet er best kjent frå Nederland, der det tørrlagte området av Zuidersjøen utgjer vel 2 mill. dekar eller om lag 8 prosent av det fulldyrka arealet i landet.

I vårt land er det gjennomført fleire prosjekt med innvinning av jord frå havet. Nemnast kan område på Jarlsberg i Sem, Aasnæs i Sande og nokre mindre areal i Tjølling, alle desse i Vestfold fylke, vidare Rosnesheia i Rygge i Østfold, Grandefjæra på Ørlandet i Sør-Trøndelag og Gjørvi i Inderøy i Nord-Trøndelag.

Med unntak av Gjørvi, så låg alle desse områda over vanleg flodmål, og var overflødd av saltvatn berre når det var springflod. På Gjørvi låg storparten av det inndemte arealet under

vatn ved flod sjø og om lag $\frac{1}{3}$ av arealet under vatn ved fjære.

Korleis jord som dagleg har stått under sjøvatn, slik som på Gjørvi, vil høva til plantedyrking under våre klimatilhøve, hadde vi tidlegare lite røynsle for. Vilkår for plantevekst på slik jord vil mellom anna vera avhengig av:

1. Utvasking av salt.
2. Jordstruktur.
3. Innhald av reduserte svovelsambindingar.
4. Innhald av plantenæring, og mogleg overskott av visse mikronæringsstoff, særleg bor.

Våren 1966 tok eigaren av Gjørvi gard kontakt med Institutt for jordkultur ved Noregs landbrukshøgskole for å få klarlagt vilkåra for plantevekst på det planlagte inndemmingsområdet. Jord vart tatt ut til fysisk og kjemisk undersøking på laboratoriet og til plantedyrkingsforsøk i veksthus. Resultata frå desse undersøkingane blir lagt fram i denne meldinga.

KORT OMTALE AV OMRÅDET

Området høyrer til garden Gjørvi på Sandvollan i Inderøy kommune, og er eit knapt 400 dekar stort areal i nordre enden av Børgin, den austre armen av indre Trondheimsfjorden. Området er naturleg avgrensa mot fjorden av ei samanhengande rekkje holmar. I nordre enden av holmerekja var eit smalt sund som vatnet strøynde inn og ut gjennom. Like innanfor sundet går djupet på eit mindre felt ned til 7 m, medan største parten av området er grunt og har fall mot den djupaste delen.

Med å leggja opp vollar i dei lågaste partia i holmerekja, og byggja dam over sundet, var området svært godt eigna til tørrlegging. Dreneringa kunne leggjast med naturleg fall på samlegrøftene mot eit reguleringsbasseng i det djupe partiet innanfor sundet, og vasstanden regulerast med pumpe.

JORDANALYSAR

Jordprøver frå området vart analysert med omsyn til kornstorleiksfordeling, organisk materiale og kjemisk

innhald. Prøve nr. 1—11 (tabell 1) var tatt ut våren og sommaren 1966, prøve nr. 12 på nyåret 1969.

1. Kornstorleiksfordeling og organisk materiale.

Tabell 1. Kornstorleiksfordeling og innhald av organisk materiale i ulike djup.

Prøve nr.	stad	Djup cm	Organisk matr. % av totalt	Kornstorleiksfordeling, %			Jordart
				Sand	Silt	Leir	
1	I	0—20	0,8	24	53	23	Siltig lettleire
2		20—40	2,7	12	55	33	Siltig mellomleire
3		40—60	3,3	12	56	32	
4		60—80	2,5	12	55	33	
5	II	0—20	0,5	32	51	17	Siltig lettleire
6		20—40	0,5	19	62	19	
7		40—60	0,5	16	82	2	Silt
8		60—80	1,0	10	86	4	
9	III	0—20	0,5	2	61	37	Siltig mellomleire
10	IV	0—15	4,2	27	55	18	Moldhaldig siltig lettleire
11	V	0—15	0,7	3	44	53	Stiv leire
12	5/69		2,7	21	46	33	Mellomleire



Området for inndemming. Gardstunet i forgrunnen. Fot. Fjellanger-Widerøe.



Området etter at sjøen var tappa ut.
Fot. Aasen.

Prøvestadene I og II ligg inne på området. Prøvestad I har mindre organisk materiale og mindre leir i det øvste sjiktet (0—20 cm) enn i dei djupare sjikta. Sandinnhaldet er størst i det øvste sjiktet, medan siltinnhaldet er om lag det same i heile profilet. På prøvestad II er innhaldet av organisk materiale svært lågt i heile profilet. Leirinnhaldet er lite i dei djupaste sjikta, medan siltinnhaldet aukar med stigande djup.

Prøvestadene III og IV låg begge

over flodmålet, III på eit felt utan plantevekst medan IV hadde eit dekke av grasartar, kvitkløver og gåsemure. IV skil seg ut frå III med mykje større innhald av organisk materiale og sand, men mindre leir.

Prøvestad V låg i ei bukt på utsida av holmerekkjea. Prøva var tatt like over lågvassnivå. Med heile 53 prosent leir er dette den stivaste av alle prøvene.

Prøve nr. 12, merka prøvestad 5/69, var jord tatt inne på området og brukt til karforsøk.

I de fleste prøvene var det nokså mykje skjelrestar.

2. Kjemisk innhald

Dei kjemiske jordanalysane er utført av Statens jordundersøkelse i Ås.

a. pH.

Jord som står under vatn i lengre tid, slik at lufta er stengt ute, får reduserande miljø. Slik jord vil innehalda varierende mengder reduserte svovelsambindingar, dvs. sulfid. Sulfid kan bli danna i oksygenfattig miljø, til



Krympesprekker i overflata, etter uttapping, men før drenering.

Fot. Aasen.

Tabell 2. *Kjemisk innhald i jordprøver frå ulike djup.*

nr.	Prøve stad	Djup cm	pH		mg/100 g										Ombytbare kationar, m.e./100 g	
			H ₂ O	H ₂ O ₂	P-AL	K-HNO ₃	Cl	Na	K	Ca	Mg	H	Sum ¹⁾	Sum ²⁾		
1	I	0—20	6,2	3,2	5,0	284	570	800	1,1	4,9	6,3	1,7	14	14		
2		20—40	7,4	6,7	6,0	421		800	2,0	8,6	12,7	0	23	21		
3		40—60			5,8	424		875	2,1	12,1	14,0	0	28	21		
4	II	60—80	6,9	4,4	6,2	400	1200	738	2,0	10,1	12,2	0	24	20		
5		0—20	7,5	6,5	3,2	228	520	300	0,7	9,0	4,8	0	15	9,3		
6		20—40	7,6	6,5	3,1	276	490	300	0,8	22,1	4,6	0	28	10		
7	III	40—60			3,6	300		250	1,0	27,2	4,4	0	33	1,8		
8		60—80	8,1	6,7	4,3	333	390	245	1,2	29,4	4,5	0	35	3,5		
9		0—20	8,5	8,3	1,0	443	220	158	1,0	28,0	3,8	0	33	19		
10	IV	0—15	7,6	6,9	1,4	218	120	88	0,5	16,9	2,2	0	20	15		
11		V	0—15	8,3	7,8	2,5	428	540	318	1,4	31,2	4,7	0	37	28	
12		5/69	5,6	2,6	1,9	330	375	305	1,0	10,2	5,5	5,0	22	21		

1) Sum av ombyttable kationar — ombyttable Na.

2) Kationeombyttingskapasitet utrekna på grunnlag av innhaldet av leir og organisk materiale.

vanleg gjennom mikrobiologisk reduksjon av sulfat og gjennom avspalting av hydrogensulfid når svovelhaldig organisk materiale blir nedbrote. Av sluttprodukta som har særleg interesse her, merker vi oss ferrosulfid, FeS. FeS går nokså raskt over til FeS₂, som er svært stabilt i reduserande miljø.

Når slik jord blir tørrlagt og luft slepp til, blir svovelsambindingane oksydert, og dette fører til sterk sur reaksjon (Zuur 1952, Beers 1962, Ødelien 1971, Larsen og Andersen 1977).

Behandling av jordprøver med konsentrert hydrogenperoksyd (H₂O₂) gir ei rask oksydering av reduserte svovelsambindingar. Bestemming av pH før og etter behandling med H₂O₂ vil derfor gi eit uttrykk for om jorda inneheld reduserte svovelsambindingar (Beers 1962).

Av tabell 2 går fram at pH har gått ned etter behandling med H₂O₂. Sterkast er nedgangen i prøve 1, 4 og 12.

Eit uttrykk for det same viste prøver som var tatt ut i sida på ei ope grøft på området 1½ år etter at sjøen var pumpa ut. I sjiktet 0—40 cm, som hadde vore påverka av luft i fleire månader, vart pH målt til 3,6, medan sjiktet 50—100 cm, som var lite påverka av luft, viste pH 7,8.

b. Lettløseleg fosfor

Fosforinnhaldet er middels stort på prøvestad I og II, men lite på dei andre prøvestadene. Analysar tatt frå ein større del av området etter at oppdyrkinga var ferdig, viser svært låge verdiar for fosfor. Det er ingen tydeleg samanheng mellom fosfor- og leirinnhaldet. I Nederland fann Zuur (1952) at fosforinnhaldet auka med aukande leirinnhald i jord frå nyleg tørrlagte område av Zuidersjøen.

c. Syreløseleg og lettløseleg kalium og lettløseleg magnesium.

Analysetaletala for syreløseleg kalium (K-HNO₃) viser at jorda har store kaliumreservar. Dette er stadfesta med nye analysar etter at området var oppdyrka.

Lettløseleg kalium og magnesium etter AL-metoden er ikkje bestemt. Men dersom det ombyttbare innhaldet blir omrekna til mg K og Mg pr. 100 g jord, så gir det verdiar på 20—82 for kalium og 26—168 for magnesium. Truleg er dette for høge verdiar, for i analysetaletala for ombyttbare kationar er det truleg med noko fritt salt som ikkje er bunde til ombyttingskomplekset i jorda.

d. Klorid og natrium.

Klorid er bestemt berre i en del av prøvene, natrium i alle. Natrium er bestemt som ombyttbart og omrekna til mg Na pr. 100 g jord. Dersom ein tenkjer seg natrium og klorid i ekvivalente mengder utfelt som koksalt (NaCl), så vil det for dei øvste 20 cm av profilet svara til frå om lag 500—2.350 kg pr. dekar. I djupare sjikt er det til dels større mengder.

Totalt saltinnhald i vatnet i indre del av Børgin er om lag 3 prosent (Strømgren 1973). Under føresetnad av at 75 prosent av totalt saltinnhald i sjøvattn er NaCl, vil dette svara til 2,25 prosent Na Cl i vatnet i Børgin. Zuur (1952) reknar med at stiv leirjord som nyleg er tørrlagt, vil ha same prosentiske innhald av NaCl som vatnet som tidlegare stod over jorda, medan saltinnhaldet i sandjord vil vera berre ein firedel av dette. Utrekning av saltinnhaldet ut frå desse føresetnadene vil gi mengder som er meir enn dobbelt så store som dei ein finn etter analysetaletala i tabell 2.

e. Ombyttbare kationar.

Ombyttbart natrium er ikkje tatt med i summen av ombyttbare kationar, for mesteparten av dette kjem truleg frå overskott av NaCl som ingen ting har med ombyttingskomplekset i jorda å gjera. Til ein viss grad kan det same seiast om magnesium, og i noko mon også om kalsium og kalium.

I tabell 2 er kationeombyttingskapasiteten utrekna på to måtar: 1) som summen av ombyttbare kationar og 2) på grunnlag av innhaldet av leir og organisk materiale. Metode 1 har gitt til dels mykje større verdier enn metode 2. Også om den finaste delen av siltfraksjonen blir tillagt ombyttingskapasitet (*Scheffer og Schachtschabel 1976*), så er likevel dei høgaste verdiane etter metode 1 lite sannsynleg.

Hovudårsaka til dei høge verdiane etter metode 1 må vera at jorda inneheld salt i mengder ut over det som kan bindast til ombyttingskomplekset. I slik jord vil ein truleg få eit betre mål for kationeombyttingskapasiteten med å gå ut frå innhaldet av leir og organisk stoff.

UTVASKING AV SALT

Utvasking av saltet er eit vilkår for at jord frå inndemte sjøområde skal bli produktiv åkerjord. For å skunda på saltutvaskinga blir det tilrådd å blanda inn gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) i jorda. Gipsen verkar på saltutvaskinga på fleire måtar: 1) Kalsiumionet (Ca^{2+}) trengjer ut Na^+ frå jordkolloida. 2) Jord som er metta med kalsium, får ein meir open struktur og større moglegheit for gjennomstrøyming av vatn. 3) Anioet (SO_4^{2-}) blir lett vaska ut

og vil da ta med seg ekvivalente mengder av kationar, i dette høve vesentleg Na^+ . I jord frå saltvassområda i New Brunswick, Canada, har *Saini (1971)* påvist svært stor verknad av gips både på vassgjennomstrøyminga og på utvaskinga av natrium.

Utvasking av salt i jorda frå Gjørvt vart undersøkt i laboratoriet våren 1969 og 1970. Jorda vart tatt ut i januar 1969, vel 1 år etter at sjøen var pumpa ut. Området var enno ikkje detaljdrenert.

Jorda vart tørka ved svak varme (30°C) til ho var smuldringstørr og sålda gjennom såld med 3 mm maskevidde. Alle skjelrestar vart knust så dei gjekk gjennom såldet. Fysiske og kjemiske analysar av jorda er oppført under prøve nr. 12 i tabell 1 og 2.

Til utvaskinga vart brukt 6 liters asfalterte sinkkar, 20 cm djupe og med perforert botn. Kara vart fylt med 6 kg jord (5,3 kg tørrstoff). Dette gav eit jorddjup på 18 cm.

Jorda vart gjennomvaska med destillert vatn etter følgjande plan:

- I. Gjennomvasking som svarar til 250 mm nedbør.
 - a. Utan gips.
 - b. 1000 kg gips pr. dekar.
- II. Gjennomvasking som svarar til 500 mm nedbør.
 - a. Utan gips.
 - b. 1000 kg gips pr. dekar.

1000 kg gips pr. dekar svarar til 25 g pr. kar. Det var 3 parallellar pr. ledd, i alt 12 kar i forsøket. Etter at gipsen var innblanda, fekk jorda stå i fuktig tilstand ved romtemperatur i 14 dagar for utvaskinga vart sett i gang. Sjølve utvaskinga strekte seg over 5 døgn.

Tabell 3. Utvaska stoff i alt, kg pr. dekar (500 mm gjennomvasking),

	P	K	Ca	Mg	Na	Cl	Total-S
Utan gips	0,064	39	73	105	406	684	367
1000 kg gips	0,067	45	123	116	420	651	453

Etter at utvaskinga var ferdig, vart jorda brukt til karforsøk med dyrking av korn (forsøk nr. 5/69).

Kjemiske analysar vart tatt berre av vatnet frå serie II. Her vart vatnet samla opp i 4 fraksjonar, kvar på 125 mm. Analysersultatet er stilt saman i tabell 3, 4 og 5.

Gipstilsetting har, med unntak av Cl, ført til litt større utvasking av alle undersøkte stoff. For Cl er derimot utvaskinga størst utan gips. Skilnadene er ikkje store og har neppe nokon praktisk betydning. Auken i utvaskinga av Ca og total-S etter gipstilsetting er mykje mindre enn dei mengdene av

desse stoffa som er tilført med gips. 1000 kg kjemisk rein gips svarar til 233 kg Ca og 186 kg S. Av P er det utvaska berre ubetydelege mengder. Derimot har store mengder Na, Cl og total-S blitt vaska ut.

Samanlikna med jordanalysane svarar dei utvaska mengdene av Na og Cl til etter tur om lag 55 prosent av ombyttbart Na og om lag 70 prosent av Cl-innhaldet i jorda. På ekvivalentbasis er det liten skilnad mellom dei utvaska mengdene Na og Cl, men likevel slik at Cl er i overvekt. Omrekna til koksalt er det vaska ut vel 1000 kg pr. dekar (sjå tabell 4).

Tabell 4. *Utvasking av Na og Cl i kg-ekvivalentar og kg koksalt pr. dekar (500 mm gjennomvasking).*

	kg-ekvivalentar		NaCl (koksalt), kg*
	Cl	Na	
Utan gips	17,7	19,3	1035
1000 kg gips	18,3	18,4	1070

* Kg NaCl er rekna ut etter total mengde utvaska Na + ekvivalente mengder Cl.

Tabell 5. *Prosentvis fordeling av utvaska stoff i dei fire vassfraksjonane.*

Gipstil- setting	Gjennom- vasking, mm	P	K	Ca	Mg	Na	Cl	Total-S
	125—250	19	21	32	15	14	13	23
	250—375	13	13	21	10	10	8	9
	375—500	13	9	15	5	4	3	8
	Sum	100	100	100	100	100	100	100
1000 kg gips	0—125	53	54	19	69	71	73	48
	125—250	14	22	27	17	16	17	27
	250—375	15	15	27	9	9	7	14
	375—500	18	9	27	5	4	3	11
	Sum	100	100	100	100	100	100	100

Oppstillinga i tabell 5 viser kor lett dei einiskilde stoffa har blitt vaska ut.

Utan gipstilsetting har med unntak av Ca, 55 prosent eller meir av dei samla utvaska stoffmengdene kome ut i dei første 125 mm gjennomvaska vatn, for Na og Cl etter tur heile 72 og 76 prosent. 60 prosent av utvaska total-S har kome ut i den første fraksjonen.

Med gipstilsetting er total-S og særleg Ca meir jamt fordelt på dei fire vassfraksjonane, medan biletet for dei andre stoffa stort sett er uendra.

Våren 1970 vart jorda gjennomvaska på nytt med 250 mm vatn etter at ho først hadde vore brukt ein vekstsesong i plantedyrkingsforsøk. På ekvivalentbasis vart det denne gongen utvaska

litt meir Na enn Cl. Utrekna som kok-salt, ekvivalent med utvaska Cl, svara mengdene til 102 og 27 kg pr. dekar for etter tur 250 og 500 mm gjennomvasking året i førevegen. Dette viser at etter ei gjennomvasking på 500 mm første året, var det svært små saltmengder igjen i jorda.

PLANTEDYRKINGSFORSØK

Forsøket var utført som karforsøk i veksthus (forsøk nr. 5/69).

Jorda var den same som var brukt til utvasking av salt.

Forsøkskara var 6 liters emaljerte jarnkar, 20 cm djupe, og med tett botn.

Forsøket vart gjennomført med 3 parallelar innan kvar behandling.

Destillert vatn var brukt til vatning.

Både av kalk og plantenæringsstoff vart brukt heilt rein laboratorievar.

Nitrogen, fosfor og kalium vart tilført med etter tur $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ og K_2SO_4 .

1. Plantedyrking etter ulik utvasking av salt (Forsøksår: 1969).

a. Forsøksbehandling (alle mengder i g pr. kar).

Serie A. I og II, a og b. Jorda utvaska. (Sjå plan for utvasking av salt, side 35).

c. Avlingsresultat og kjemisk innhald i avling.

Tabell 6. Avlingsresultat 1969. Titus havre.

Serie, Ledd	Behandling	Lufttørr avling, g pr. kar		1000-korn- vekt, g
		Korn	Halm	
A Ia	250 mm gjennomvasking, utan gips	10,5	15,1	25,0
b	250 mm gjennomvasking, med gips	14,2	14,2	28,4
A IIa	500 mm gjennomvasking, utan gips	15,4	19,2	25,7
b	500 mm gjennomvasking, med gips	18,7	18,6	28,5

Størst avling, både av korn og halm, er oppnådd for største gjennomvasking (serie II). Gipstilsetning før ut-

Serie B. Jorda ikkje utvaska.

- a. Utan kalk, 0,225 g P
- b. 12,5 g CaO, 0,225 g P
- c. 12,5 g CaO, 0,450 g P
- d. 25,0 g CaO, 0,450 g P

Grunngjødsling, likt til alle ledd.

Serie A: 0,9 g N, 0,225 g P og 0,45 g K.

Serie B: N og K som til serie A.

Kalking til serie A: 11,2 g CaO (tilv. 448 kg pr. dekar). Forsøksvekst var Titus havre.

b. Observasjonar i veksttida.

Havren i serie A spira normalt og veksten kom godt i gang. Lenger ute i veksttida vart det litt visning i spissane i dei eldste blada, særleg i serie A I. Det var tendens til mest visning i ledd utan gips, men skilnaden var ikkje stor. Gjennomgåande var det best vekst i jorda som var gjennomvaska med største vassmengde (serie A II).

I serie B vart det svært dårleg spiring. I ledd a, som var utan kalk, vart det etter kvart svært låg jordreaksjon, to veker etter såing hadde pH gått ned frå 4,5 til 3,65. I dei kalka ledda var det ein del korn som spira og etter kvart utvikla seg til bortimot normale planter. Best vekst var det i ledd d, som hadde fått største mengde kalk. Avlingskontroll vart ikkje tatt i serie B.

vaskinga (ledd b) viser tendens til avlingsauke for korn, og sikker auke i 1000-kornvekt.

Avlinga vart analysert for innhald av N, P, K, Ca, Mg, S, Na og Cl. Bortsett frå Na og Cl, var det små endringar i kjemisk innhald for dei ulike forsøks-behandlingane. Her blir derfor berre Na og Cl tatt med. Tabell 7 viser at

det prosentiske innhaldet av Na og Cl i avlinga er sterkt redusert både av utvaskinga og av gipstilsettinga. Konsentrasjonar av begge stoffa er større i halm enn i korn.

Tabell 7. Na og Cl i prosent av tørrstoff. Titus havre.

Serie, ledd	Korn		Halm	
	Na	Cl	Na	Cl
A I a	0,136	0,71	1,51	3,33
b	0,038	0,28	0,73	2,34
A II a	0,064	0,43	0,99	1,80
b	0,014	0,22	0,28	1,66

Det er tydeleg samanheng mellom avlingsstorleik og konsentrasjonen av Na og Cl. Avtakande konsentrasjon har gitt større avling.

Visninga av bladspissar som var observert i veksttida, har truleg samanheng med stor konsentrasjon av Na og Cl i plantene. Av andre årsaker kan peikast på låg pH og mogleg stort innhald av bor i jorda.

2. Stigande gjødselmengder.

(Forsøksår: 1970).

Jorda var den same som i 1969, men først vart all jorda gjennomvaska, serie A med 250 mm vatn og serie B med 500 mm. Etter at utvaskinga var ferdig, vart jorda omsorgsfullt blanda, slik at verknaden av ulik utvasking, kalking og gjødsling vart utjamna.

a. Kalking.

pH-målingar hausten 1969 viste at jordreaksjonen hadde gått ned på dei fleste ledda. I serie A var pH 4,5. I serie B var pH 3,5, 5,0 og 7,5 for kalking med etter tur 0, 12,5 og 25 g CaO pr. kar (tilsvarande 0, 500 og 1000 kg CaO pr. dekar. Kalkinga i 1970 vart sett slik at mengdene til saman for begge åra svara til 1000 kg CaO pr. dekar. Av dette vart vel halvparten tilført våren 1970.

b. Gjødsling.

Forsøket vart lagt opp med to mengder av kvart av stoffa nitrogen, fosfor og kalium i ein faktoriell kombinasjon. I reine plantenæringsstoff svara dei bruke gjødselmengdene til:

	N ₁	N ₂	P ₁	P ₂	K ₁	K ₂
gram pr. kar	0,6	1,2	0,15	0,45	0,3	0,6

Varde bygg var forsøksvekst.

c. Observasjonar i veksttida.

Bygget spira normalt og hadde kraftig vekst og normale planter gjennom heile veksttida.

Positive utslag for sterkaste fosforgjødsling tok til å visa seg alt 14 dagar etter spiring. Utslaget var synleg gjennom heile veksttida og verka til både litt tidlegare skyting og modning.

Utslag for største mengde nitrogen vart synleg om lag 4 veke etter spiring, og først ved største mengde fosfor. Sterkaste nitrogengjødsling gav meir busking (fleire strå, og fleire aks), litt seinare skyting og om lag 1 veke seinare modning.

For kaliumgjødsling var det ingen vesentlege utslag å sjå.

Tabell 8. Avlingsresultat 1970. Varde bygg.

	N ₁	N ₂	P ₁	P ₂	K ₁	K ₂	LSD 5 %
Korn, g pr. kar	39,0	47,4	39,9	46,5	42,1	44,3	
Utslag		8,4		6,6		2,2	2,2
Halm, g pr. kar	37,7	44,6	39,4	42,9	40,2	42,1	
Utslag		6,9		3,5		1,9	1,1
1000-kornvekt, g	44,1	40,5	41,4	43,3	42,0	42,6	
Utslag		— 3,6		1,9		0,6	1,5

d. Avlingsresultat og kjemisk innhald i avling.

Observasjonane i veksttida stemmer godt med avlingsresultata i tabell 8. Sterkaste gjødsling har gitt sikker avlingsauke. Dette gjeld både for nitrogen, fosfor og kalium. For kalium er auken likevel ikkje stor.

1000-kornvekta har gått ned for sterkaste nitrogengjødsling, medan det er ein liten auke for fosfor. Kalium har ikkje påverka 1000-kornvekta.

Det er positivt samspel mellom nitrogen og fosfor. Dette gjeld både for korn og halm. For kalium er det ikkje påvist samspel.

Tabell 9.

Samspelverknader mellom nitrogen og fosfor.

	Korn, g pr. kar		Halm, g pr. kar	
	N ₁	N ₂	N ₁	N ₂
P ₁	37,0	42,8	36,5	42,3
P ₂	40,9	52,1	38,9	46,9

Kjemiske avlingsanalysar vart tatt for dei same stoffa som i 1969.

Sterkaste nitrogengjødsling auka innhaldet av total-N i tørrstoffet frå 1,66 til 2,0 prosent i korn og frå 0,64 til 0,97 prosent i halm. Tilsvarande vart P-innhaldet etter sterkaste fosforgjødsling auka frå 0,29 til 0,38 prosent i korn og frå 0,048 til 0,055 prosent i halm. Kaliumgjødsla hadde ingen nemnande verknad på K-innhaldet i avlinga. Middelverdiene for K i prosent av tørrstoff var 0,52 i korn og 3,36 i halm. Tala er høge og viser at kaliumtilgangen har vore stor.

Innhaldet av Ca, Mg, S, Na og Cl var ikkje nemnande påverka av gjøds-

linga. Innhaldet av Na og Cl i avlinga har særleg interesse og blir gjengitt her.

	Prosent av tørrstoff	
	Na	Cl
Korn	0,020	0,15
Halm	0,088	0,32

Samanlikna med tala i tabell 7 har konsentrasjonen både av Na og Cl minka sterkt. Om dette er ein artsskilnad (det var dyrka havre i 1969) eller om det skuldast endringar i tilgangen på Na og Cl frå jorda er ikkje klarlagt. Men konsentrasjonen i avlinga er i alle høve nede på eit nivå som kan godtakast.

DISKUSJON

Jorda i forsøket er karakterisert som moldfattig mellomleire. Jordanalysane (tabell 2, prøve nr. 12) viser svært lågt innhald av fosfor, medan innhaldet både av ombyttbart og syreløseleg kalium er stort. Ut frå dette skulle ein venta store avlingsutslag for gjødsling med nitrogen og fosfor, men ikkje noko vesentleg utslag for kalium. Avlingsresultatet frå plantedyrkingsforsøket har stadfesta dette.

Ein føresetnad for god plantevekst er at jordreaksjonen blir heva tilstrekkeleg og at mesteparten av saltet blir vaska ut.

Utvaskingsforsøket viser at NaCl er lett å vaska ut. Men jorddjupet i forsøket var berre 18 cm, og det var fri drenering under forsøkskara. I praksis får ein eit jorddjup på 80–100 cm, og utvaskinga vil gå seinare.

Den viktigaste føresetnaden for heile utvaskingsprosessen er at jorda er godt drenert, slik at sigevatnet raskt blir ført bort. I samband med dette bør understrekast at *det er viktig med eit godt filter kring drencrøene*, ikkje berre for å hindra igjenslamming, men også for å auka det effektive arealet av innstrøymingsopningane.

Kor raskt den naturlege utvaskinga av salt skal gå, er sterkt avhengig av sigevassmengda. Sigevassmengda er atter avhengig av nedbør, overflateavrenning og fordamping. Næraste målestasjon for nedbør, Mære, ligg knapt 3 km aust for området. Årsnedbøren der er 793 mm. Potensiell evapotranspirasjon (mogleg fordamping frå jord med tett grasdekke) i distriktet kan setjast til 325 mm pr. år. Differansen mellom nedbør og fordamping, 793—325 mm = 468 mm, skulle da teoretisk vera sigevatn, så framt det ikkje skjer overflateavrenning. Dette talet er truleg for stort.

Dei første åra etter at sjøen var pumpa ut, var området nesten fritt for vegetasjon. Ein svært glissen bestand av salturt (*Salicornia herbacea L.*) hadde neppe særleg innverknad på fordampinga. Fordampinga frå eit vegetasjonsfritt område skulle teoretisk vera mindre enn frå eit område med vegetasjon. Men den siltrike jorda har god kapillær leiendingsevne. Dessutan var det ikkje noko porøst isolasjonslag på overflata som kunne bryta den kapillære vassleiinga. Fordampinga frå området avvik derfor truleg lite frå den potensielle evapotranspirasjonen for distriktet. Derimot vil det truleg vera ein del overflateavrenning i snøsmeltingsperiodar om vinteren og våren. Is- og teletilhøve vil her vera avgjerande. Sigevassmengda utgjer derfor neppe meir enn om lag 350 mm pr. år.

I Nederland har *Beekom et. al* (1953) funne at godt drenert jord, som har vore overfløymt av havet i ein kortare

periode, kan gi brukbar avling etter ein vinters utvasking. *Zuur* (1952) fann at natriuminnhaldet i prosent av ombyttbare kationar i pløyelaget i ein nydyrka polder, minka frå 39 like etter dreneringa til 5 og 2 prosent etter tur 4 og 7 år seinare, og kom til sist ned på 1 prosent. Årsnedbøren i Nederland er om lag 700 mm og fordampinga 500 mm. Den årlege utvaskinga skulle der utgjera om lag 200 mm.

Jorda i plantedyrkingsforsøket i 1970 var gjennomvaska med 560 mm, og dette såg ut til å vera tilstrekkeleg for å oppnå god vekst. Etter vurderingane ovanfor skulle 2 års naturleg utvasking på feltet svara til større gjennomvasking enn det som var gjort på laboratoriet.

Resultat oppnådd i laboratorieundersøkingar kan ikkje overførast direkte til praksis. Likevel ser det ut til at under dei klimatihøva som gjeld for det undersøkte området på Gjørsv, så skulle jorda kunna koma i brukbar produksjonstilstand 1—2 år etter at området er drenert.

Jordstrukturen var ikkje undersøkt særskilt, men det var ingen vanskar med strukturen i plantedyrkingsforsøka. Når jorda etter utvaskinga fekk tørka til ho var smuldringstørr, vart det danna grynstruktur.

Ein viss fare for tilslamming og skorpedanning i overflata kan det vera på slik jord dersom det kjem kraftig regn mellom såing og oppspiring. Men dette skulle ikkje vera noko stort problem.

SALTTOLERANSE

Det er store arts- og sortsskilnader når det gjeld kor kjenslevare plantene er for salt. Å ha kjensskap til salttoleransen er viktig for å kunna velja arter og sortar som høver på salthaldig jord.

Salttoleranse vart ikkje direkte undersøkt i våre forsøk. Eit orienterande spiringsforsøk med Varde bygg i jord

som ikkje var utvaska, vart utført våren 1969. Bygget spira normalt, men ei veke etter oppspiringa tok plantene til å skranta, og det var tydeleg at dette hadde samanheng med høg saltkonsentrasjon i jorda. Bygg er også kjenslevar for låg pH og stor konsentrasjon av bor. Havre, som er mindre kjenslevar for låg pH, vart derfor valt som forsøksvekst første året.

I plantedyrkingsforsøket viste det seg at havren spira svært dårleg i den jorda som ikkje var utvaska (serie B). Dette kan tyda på at havre er meir kjenslevar for salt enn bygg.

Fleire forskarar (*Berg* 1950, *Beekom et. al.* 1953) har rangert nokre jordbruksvokstrar etter minkande salttoleranse: Bygg > havre > kveite > poteter > erter. *Pearson* og *Bernstein* (1958) har også funne at bygg er mest salttolerant, men dei plasserar kveite føre havre. Ulikt sortsmateriale kan gjera at samanlikningar mellom arter vil variera. Likevel går det fram av litteraturen at av kornartene er det bygg som har størst salttoleranse.

Salttoleranse hos gras er her i landet undersøkt av *Sanda* (1978). Han fann at ein type av raudsvingel (*Festuca rubra* L.) som hadde vakse nær sjøkanten ved ytre Oslofjord, hadde stor salttoleranse i veksttida, medan ein stamme av raigras (*Lolium perenne* L.) var mest tolerant i spiringsfasen.

UTVIKLINGA I DET INNDEMTE OMRÅDET PÅ GJØRV

Dambygginga var ferdig i 1967, og utpå seinhausten same året vart vatnet pumpa ut. Hovudgrøftene vart lagt i 1968—69, og året etter vart 150 dekar lengst sør på området ferdig drenert. I 1971 vart dette området tilsådd med Jarle bygg og Titus havre. Åkeren, og da særleg bygget, vaks godt trass i at dreneringa og dermed utvaskinga av salt, hadde verka berre eitt år.

I 1975 vart siste feltet inn mot regu-

leringsdammen ferdig drenert, og frå dette året har heile arealet på til saman 370 dekar vore i drift, vesentleg med korn som vekst.

Avlingane har variert ein god del. På dei beste felta er oppnådd 4—500 kg korn pr. dekar, på andre felt langt mindre.

Analysar av jordprøver tatt hausten 1977, viser at på somme stader skjer det framleis oksydasjon av sulfid som fører til senking av pH. Det kan bli nødvendig å kalka på nokre mindre delar av området.

På andre delar av området, med større innhald av skjel i jorda, har pH blitt i høgaste laget (over 7), noko som har resultert i manganmangel på kornet. Her trengst årleg bladgjødsling med mangan.

Bor er bestemt berre i nokre få prøver. Resultatet tyder på at det feltet som sist vart grøfta, har enno for stort innhald (10,6 mg B pr. kg jord), medan borinnhaldet i prøver frå område som var grøfta tidlegare, har gått ned til mindre enn 2 mg pr. kg, eit nivå som ikkje skulle vera skadeleg. Bor ser såleis ut til å bli vaska ut nokså lett.

Innhaldet av lettøyseleg fosfor har kome opp i klasse 2 eller 3 på storparten av området. På det nyaste feltet er tala enno i klasse 1, og her trengs framleis sterk gjødsling med fosfor.

Magnesiuminnhaldet er stort, det



Jarlebygg, eitt år etter at området var drenert. Fot. Aasen.

same gjeld lettlyseleg kalium, og det finst store kaliumreservar i jorda.

Det inndemte området har no vore i produksjon frå 3—8 år. Røynslene viser at det er mogleg å ta gode avlingar, men det er store lokale variasjonar. Det er nødvendig å følgja opp med analysar for å klarleggja årsakene til variasjonane slik at riktige rådgjerder kan setjast inn.

SUMMARY FROM SEA-BOTTOM TO ARABLE LAND

Investigations of plant growth conditions of soils from an embanked area of the fjord Børgin in Inderøy, Norway.

The report deals with leaching studies and plant growth experiments carried out in pots with soils collected from an embanked area of the fjord Børgin.

The soil was a silty clay loam, low in organic matter and with varying content of shells.

The phosphorus content of the soil was low to medium, while the content of easily available magnesium and potassium as well as acid-soluble potassium was high.

Heavy applications of nitrogen and phosphorus were necessary to obtain high yields of cereals, whereas application of potassium gave only slight yield responses.

After embankment and draining, the soil was exposed to aeration, and reduced sulphur compounds were oxidized, causing strong acidification of the soil.

The sodium and chloride content of the soil was high. The calculated loss of NaCl after leaching with 500 mm of distilled water was 10 tons per hectare. Approximately 75 percent of this amount was found in the first 125 mm of leachate.

Unleached soil proved very unfavourable for plant growth. Leaching with 500—600 mm of water, corresponding to almost two years of natural leaching in the field, greatly improved the growth conditions.

During germination oats seemed to be more sensitive to high salt concentration than barley. Salt tolerance of common farm crops are, according to literature references: barley > oats > wheat > potatoes > peas.

The result from these studies indicate that after two years of leaching in the field, the salt content of the soil is lowered sufficiently to allow a normal growth of barley and oats. Yields obtained after the reclaiming of the area, confirmed this statement.

LITTERATUR

- Beekom, C. W. C. van, C. van den Berg, Th. A. de Boer, W. H. van der Molen, B. Verhoeven, J. J. Westerhof, and A. J. Zuur. 1953. Reclaiming land flooded with salt water. Netherlands J. Agric. Sci. 1, 153—163.
- Beers, W. F. J. van. 1962. Acid sulphate soils. Int. Inst. for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, 3, 31 s.
- Berg, C. van den. 1950. De reactie van landbouwgewassen op het zoutgehalte van de bodem. Versl. Landbouwk. Onderz. No. 56. 16, 87 s.
- Larsen, V. og Sv. Aa. Andersen. 1977. Afvanding af pyritholdig jord og drænvandets kvalitet. Det Danske Hedeselskab. Forsøgsvirksomheden, Beretning nr. 17, 69 s.
- Pearson, A. G., and L. Bernstein. 1958. Influence of exchangeable sodium on yield and chemical composition of plants: II. Wheat, barley, oats, rice, tall fescue, and tall wheatgrass. Soil Sci. 86, 254—261.
- Saini, G. R. 1971. Comparative effect of gypsum and limestone on drainage and salt removal from coastal alluvial soils of New Brunswick. Plant and Soil 34, 159—164.
- Sanda, J. E. 1978. Salttoleranse i gras. Forskn. for. Landbr. 29, 61—72.
- Scheffer, F. und Schachtschabel, P. 1976. Lehrbuch der Bodenkunde. Stuttgart. 9. Aufl. 394 s.
- Strömberg, T. 1973. Zooplankton investigations in Borgenfjorden, 1967—1969. Det Kgl. Norske Videnskaber Selskab, Museet, Miscellanea 9, 37 s.
- Zuur, A. J. 1952. Drainage and reclamation of lakes and of the Zuiderzee. Soil. Sci. 74, 75—89.
- Ødelien, M. 1971. Arstidsvariasjonen i vannets surhetsgrad i de øvre deler av Sira- og Kvinavassdragene. Medd. fra Det norske Myrselskap 69, 157—172.