

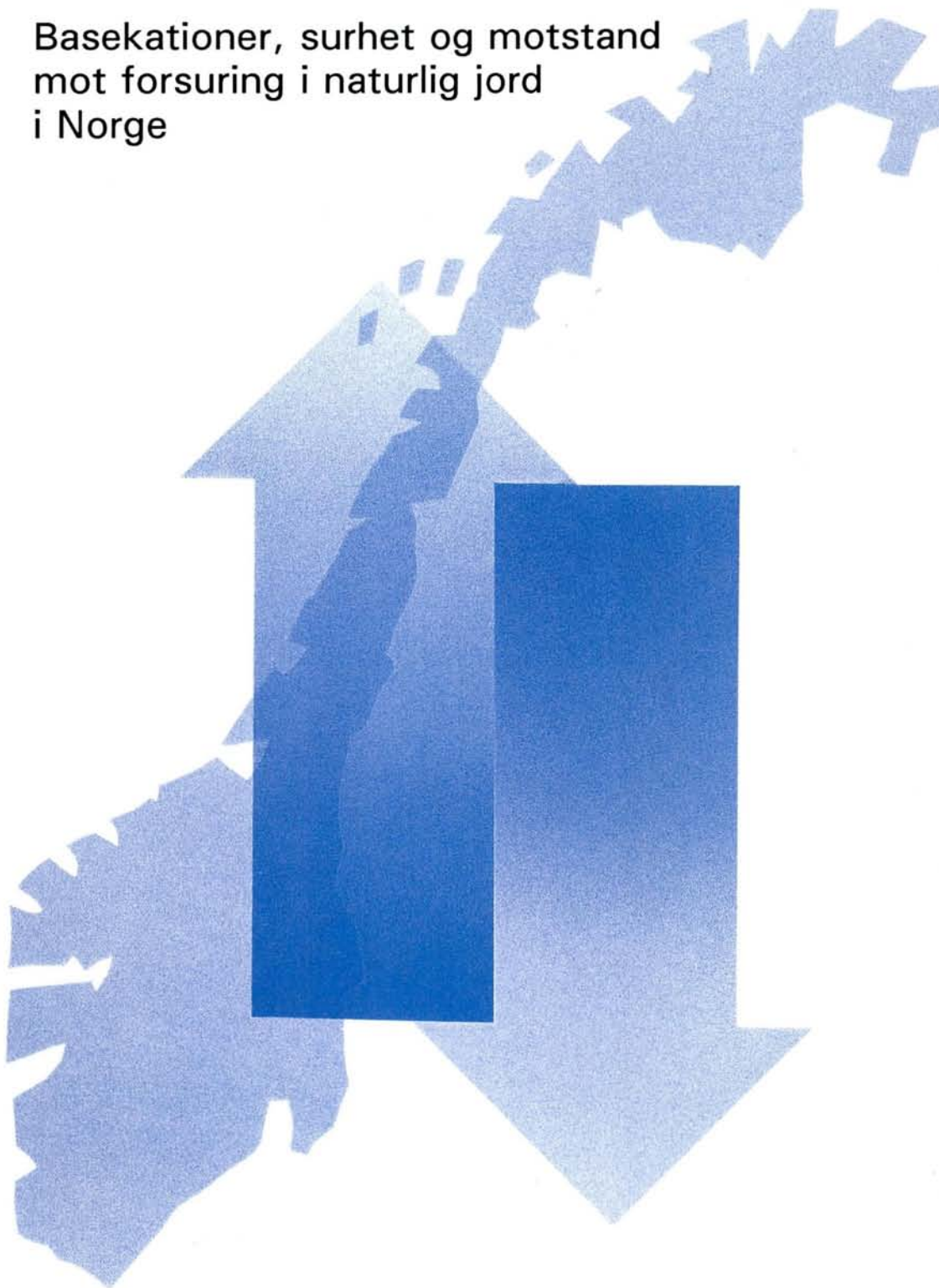


NGU

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE

NGU Rapport 92.246

Basekationer, surhet og motstand
mot forsuring i naturlig jord
i Norge



Program for grunnvann og miljøkjemi

Rapport nr. 92.246		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Basekationer, surhet og motstand mot forsuring i naturlig jord i Norge				
Forfatter: Kjetil Tørseth		Oppdragsgiver: NGU/AVH		
Fylke:		Kommune:		
Kartbladnavn (M=1:250.00)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 140		Pris: 380,-
Feltarbeid utført: Steinnes, 1985		Rapportdato: 13. mai 1992	Prosjektnr.: 63.2484.20	Seksjonssjef: <i>Roy T. Olsen</i>
Sammendrag: 542 humusprøver og 456 undergrunnsprøver er tidligere samlet inn fra hele Norge (Steinnes, 1985). Fraksjonen mindre enn 2 mm av disse prøver ble slemmet opp i henholdsvis destillert vann og 0.0001 N H ₂ SO ₄ . Ledningsevne og pH ble bestemt i oppslemmingene. For et utvalg prøver ble vann- og syreløselige kationer i oppslemmingene bestemt ved ICP-emisjonsspektroskopi. Følgende parametre ble bestemt på grunnlag av måleresultatene: 1) Relativ endring i ledningsevne fra vann- til syreoppslemming, 2) relativ og 3) absolutt endring i [H ⁺] fra vann- til syreoppslemming og 4) relativ økning i utlutning av kationer fra vann- til syreoppslemming. Resultatene er rapportert som statistiske parametre for gjennomsnitt og spredning, korrelasjoner mellom målte og beregnede parametre og som geokjemiske kart. Resultatene viser at data for pH og ledningsevne kan brukes til å bestemme parametre som tilnærmer utlutning av basekationer. Tilnærmingene vil ha stor usikkerhet, men antas å være god nok til å beskrive regionale forskjeller i utlutning av basekationer ved fremstilling på geokjemiske kart. Kompliserte sammenhenger mellom de ulike parametre kompliserer tolkningene, men resultatene indikerer at Vestlandet, Sørlandet og de indre deler av Østlandet vil være mest utsatt ved økt forsuring av nedbøren i Norge.				
Emneord: Geokjemi		Kjemisk analyse		Jord
Magnesium		Kalsium		Natrium
Kalium		pH		Ledningsevne

FORORD

Dette er en hovedfagsoppgave til Cand. Scient graden i kjemi ved Kjemisk Institutt, AVH, Universitetet i Trondheim.

Oppgaven er utført ved Norges geologiske undersøkelse (NGU), og veiledere har vært Bjørn Bølviken (NGU) og Eiliv Steinnes (AVH).

Jeg vil benytte anledningen til å takke dem begge for hjelp og gode råd i arbeidet med oppgaven. Takk til alle ansatte ved geokjemisk avdeling, NGU for et trivelig opphold og for hjelp underveis. Spesielt vil jeg takke T.E. Finne, J. Ekremsæter, R. Nilsen, O. Wolden og M. Ødegård ved NGU, og C.E. Amundsen ved AVH, for all hjelp.

Trondheim, 13 mai 1992

Kjetil Tørseth

SAMMENDRAG

542 humusprøver og 456 undergrunnsprøver er tidligere samlet inn fra hele Norge (Steinnes, 1985). Fraksjonen mindre enn 2 mm av disse prøver ble slemmet opp i henholdsvis destillert vann og 0.0001 N H₂SO₄. Ledningsevne og pH ble bestemt i oppslemmingene. For et utvalg prøver ble vann- og syreløselige kationer i oppslemmingene bestemt ved ICP-emisjonsspektroskopi. Følgende parametre ble bestemt på grunnlag av måleresultatene: 1) Relativ endring i ledningsevne fra vann- til syreoppslemming, 2) relativ og 3) absolutt endring i [H⁺] fra vann- til syreoppslemming og 4) relativ økning i utlutning av kationer fra vann- til syreoppslemming.

Resultatene er rapportert som statistiske parametre for gjennomsnitt og spredning, korrelasjoner mellom målte og beregnede parametre og som geokjemiske kart.

Resultatene viser at presisjonen for pH- og ledningsevne målinger i forsøket er god. Den observerte usikkerhet ved måleverdiene medfører vesentlig større usikkerhet ved beregning av parametre på grunnlag av måleverdiene. Dette skyldes at de beregnede parametre vil påvirkes av feil fra flere enkeltmålinger. Presisjonen antas å være tilstrekkelig god for å kartlegge regionale forskjeller for de undersøkte parametre. Resultatene bør ikke tolkes ukritisk.

Analyse av jordprøver som tidligere er analysert ved NGU viser at presisjonen for pH- og ledningsevne målinger er noe lavere enn for de målinger som er utført i dette forsøket. Den større usikkerhet ved bestemmelse av enkeltmålingene medfører at det ikke er signifikante korrelasjoner for de beregnede parametre mellom de to forsøk. Dette vanskeliggjør sammenligning av resultater for de to forsøk.

Det er høy korrelasjon for ledningsevne korrigert for [H⁺] med summen av basekationer i oppslemminger av humus- og undergrunnsprøver. Endringen i ledningsevne fra vann- til syreoppslemming er høyt korrelert med endringen i utlutning av basekationer fra vann- til syreoppslemming i humus, mens det i undergrunnen er relativt lav korrelasjon.

Resultatene viser at data for pH og ledningsevne kan brukes til å bestemme parametre som tilnærmer utlutning av basekationer. Tilnærmingene vil ha stor usikkerhet, men antas å være god nok til å beskrive regionale forskjeller i utlutning av basekationer ved fremstilling på geokjemiske kart.

Resultatene viser at det er kompliserte sammenhenger mellom forsuringstatus, følsomhet for jordforsuring og effekter av jordforsuring. Det er observert tildels sammenfallende fordelingsmønstre for forsuringstatus, følsomhet for forsuring og effekter av jordforsuring med kart over berggrunnsgeologi, kvartærgeologi og andre tema.

Mangel på tydelige sammenhenger mellom de ulike parametre kompliserer tolkningene, men resultatene indikerer at Vestlandet, Sørlandet og de indre deler av Østlandet vil være mest utsatt ved økt forsuring av nedbøren. De øvrige deler av Norge antas mindre følsomme for forsuring.

Kartene synes å fremstille naturlige variasjoner for de undersøkte parametre, og det er ikke funnet sammenhenger som med sikkerhet kan tolkes som en effekt av langtransportert sur nedbør.

INNHALDSFORTEGNELSE

FORORD

SAMMENDRAG

INNHALDSFORTEGNELSE

	SIDE
Kapittel 1. INNLEDNING	
1.1 Bakgrunn for oppgaven	1
1.2 Mål for oppgaven	3
1.3 Parametre anvendt i rapporten	4
Kapittel 2. FORSURING AV JORD	
2.1 Sur nedbør	6
2.1.1 Innledning	6
2.1.2 Kilder og transport	7
2.1.3 Avsetning	8
2.2 Jord	9
2.3 Virkninger av sur nedbør på jord	10

Kapittel 3. PRØVEMATERIALE OG METODIKK

3.1	Prøvemateriale	12
3.2	Prøvebehandling og analysemetodikk	15
3.3	Endringer i metoden	16
3.4	Bearbeiding av data	17
3.4.1	Dokumentasjon av data	17
3.4.2	Kvalitetskontroll	18
3.4.3	Korrelasjoner	18
3.4.4	Statistiske tester for nivåforskjeller	19
3.4.5	Forkasting av analyseresultater	19
3.4.6	Geokjemiske kart	20

Kapittel 4. RESULTATER

4.1	Kvalitetskontroll	21
4.1.1	Repeterbarhet	21
4.1.2	Reproduserbarhet	21
4.2	Surhet og forsuringfølsomhet	22
4.2.1	Forsuringsstatus	22
4.2.2	Følsomhet for forsuring	23
4.2.3	Sammenhenger mellom F_A , F_R og forsuringsstatus	23
4.3	Ledningsevne og utlutning av kationer	30
4.3.1	Ledningsevne	30
4.3.2	Utlutbar Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na og K	31
4.3.3	Innbyrdes korrelasjon mellom vannløselige kationer	31
4.3.4	Relativ endring i ledningsevne	32
4.3.5	Sammenhenger mellom ledningsevne og L_R	32
4.3.6	Relativ økning i utlutning av kationer	33
4.3.7	Korrelasjoner mellom vannløselig og relativ økning i utlutning av kationer	33

4.4	Samvariasjoner mellom forsuringfølsomhet og utlutning av kationer	38
4.4.1	Forsuringfølsomhet og ledningsevne-ændring	38
4.4.2	Korrelasjoner mellom vannløselig kationer og målte/beregnete parametre	38
4.4.3	Korrelasjoner mellom relativ økning i utlutning av kationer og målte/beregnete parametre	39
4.4.4	Korrelasjoner mellom glødetap og målte/beregnete parametre i humus	39

Kapittel 5. DISKUSJON

5.1	Metodevurdering	40
5.2	Surhet og forsuringfølsomhet	42
5.3	Ledningsevne og utlutning av kationer	45
5.4	Samvariasjoner mellom forsuringfølsomhet og utlutning av kationer	48
5.5	Forsuringfølsomme områder	50

Kapittel 6. KONKLUSJON

6.1	Hovedkonklusjon	51
6.2	Anbefalinger for videre arbeid	53

REFERANSER OG HENVISNINGER

FIGURER I TEKSTEN

Figur 1.	Podsøl-profil	9
Figur 2.	Utvasking av kationer ved forsuring	11
Figur 3.	Analyserte humusprøver	13
Figur 4.	Analyserte undergrunnsprøver	14
Figur 5.	pH, gjennomsnittsverdier	22
Figur 6.	Forsuringsstatus humus, løpende median	24
Figur 7.	Forsuringsstatus undergrunn, løpende median	25
Figur 8.	Absolutt forsuringfølsomhet humus, løpende median	26
Figur 9.	Absolutt forsuringfølsomhet undergrunn, løpende median	27
Figur 10.	Relativ forsuringfølsomhet humus, løpende median	28
Figur 11.	Relativ forsuringfølsomhet undergrunn, løpende median	29
Figur 12.	Ledningsevne, gjennomsnittsverdier	30
Figur 13.	Utlutbare kationer i humus, medianverdier	31
Figur 14.	Utlutbare kationer i undergrunnen, medianverdier	31
Figur 15.	Relativ utlutning av kationer i humus, gjennomsnittsverdier	33
Figur 16.	Relativ utlutning av kationer i undergrunn, gjennomsnittsverdier	33
Figur 17.	Korrigert ledningsevne humus, løpende median	34
Figur 18.	Korrigert ledningsevne undergrunn, løpende median	35
Figur 19.	Relativ ledningsevne-endring humus, løpende median	36
Figur 20.	Relativ ledningsevne-endring undergrunn, løpende median	37

VEDLEGG

Vedlegg 1.	Ledningsevneteorien
Vedlegg 2.	Tabeller for repeterbarhet
Vedlegg 3.	Spredningsdiagram for repeterbarhet
Vedlegg 4.	Tabeller for reproduserbarhet
Vedlegg 5.	Spredningsdiagram for reproduserbarhet
Vedlegg 6.	Analyseverdier, pH og ledningsevne
Vedlegg 7.	Analyseverdier, lettløselige kationer
Vedlegg 8.	Målte og beregnede parametre
Vedlegg 9.	Samvariasjon mellom jordparametre
Vedlegg 10.	Andre tema-kart

KAPITTEL 1. INNLEDNING.

1.1 BAKGRUNN FOR OPPGAVEN

Norges geologiske undersøkelse (NGU) har utviklet en metode for å studere jordsmonnets evne til å motstå forsuring. Metoden går ut på å bestemme pH, ledningsevne og ionekonsentrasjoner i jord oppslemmet i henholdsvis destillert vann og fortynnet svovelsyre.

På grunnlag av måleresultatene beregnes parametre som beskriver nedbørens virkning på jordsmonnet. Ved vannoppslemming vil de ioner som var i jordvæsken da prøven ble tørket bli løst ut. Vannoppslemmingen er derfor en tilnærming til dagens forhold. Syreoppslemmingen etterligner det forholdene ville bli ved påvirkning av surere nedbør enn nå (Bølviken et al., 1988).

NGU benyttet følgende parametre til å karakterisere jordprøver:

Forsuringsstatus: Jordas surhet målt som pH i vannoppslemming.

Følsomhet for forsuring: Endring i surhet mellom vann- og syreoppslemming.

- Absolutt forsuringsfølsomhet: $\% F_A = (\Delta[H^+]/[H^+]_r) * 100$

- Relativ forsuringsfølsomhet: $\% F_R = (\Delta[H^+]/[H^+]_v) * 100$

der $\Delta[H^+]$: Økning i $[H^+]$ fra vann- til syreoppslemming

$[H^+]_r$: $[H^+]$ i tilsatt syreblanding

$[H^+]_v$: $[H^+]$ i vannoppslemming

Effekter av jordforsuring: Økning i utlutning av basekationer fra vannoppslemming til syreoppslemming

- Relativ økning i utlutning: $\% F_{Me} = (\Delta[Me]/[Me]_v) * 100$

der $\Delta[Me]$: Økning i konsentrasjonen av et basekation fra vann- til syreoppslemming

$[Me]_v$: Konsentrasjon av basekationet i vannoppslemming

Det ble studert samvariasjoner og korrelasjoner mellom målte og beregnede jordparametre. Resultatene ble fremstilt ved geokjemiske kart.

Metoden har vært benyttet ved analyse av jordprøver fra Nordland og Troms (Bølviken et al., 1986), Sogn og Fjordane (Ryghaug et al., 1990), Sør-Norge (Bølviken et al., 1990) og Nord-Trøndelag (Bølviken et al., 1991). Det er analysert jord fra ulike sjikt (råhumus Lfh, humus A₁, blekjord A₂, utfellingsjikt B og undergrunn C), og det er ved syreoppslemming benyttet svovelsyre av ulik styrke (pH 3, 4 og 5).

NGU har rapportert følgende hovedkonklusjoner:

- Det er regionale forskjeller i forsuringstatus, forsuringfølsomhet og relativ økning i utlutning av basekationer fra vann til syreoppslemming.

pH endres lite i jordsmonnet ved påvirkning av syre med pH 4 eller høyere.

Både pH og forsuringfølsomhet er høyere i Nord-Trøndelag enn i Sør-Norge. Den lavere forsuringfølsomhet i Sør-Norge tolkes som en konsekvens av at sur nedbør allerede har medført en senkning i pH i forhold til naturtilstanden i Sør-Norge og at sterkere syre må tilsettes for å senke pH ytterligere (Bølviken et al., 1991).

- Det indikeres at sur nedbør kan føre til skadelig økning i utvasking av Mg fra de øvre jordsjikt, og at den relative utlutningen er størst der vannløselig Mg fra før er minst. (Bølviken et al., 1990, 1991).

- pH 3 syre vil være så sterk at den kan forårsake forvitring som i naturen ikke vil skje ved normale pH-verdier. Ved behandling med pH 5 syre er det vanskelig å trekke sikre konklusjoner da syren er for svak til å gi entydige resultater i løpet av oppslemmingstiden. Det er gjennomsnittlig en økning i pH fra vannoppslemming til pH 5 svovelsyre oppslemming. Dette antas å skyldes anionbytte-reaksjoner. Det er av den grunn lagt mest vekt på behandlingen med pH 4 svovelsyre, som også er den beste tilnærmingen til meget sur nedbør (Bølviken et al., 1990, 1991).

- Det er meget høy korrelasjon mellom målt ledningsevne og summen av H⁺-ioner og utlutbare basekationer i oppslemmingene (Bølviken, upublisert, 1991).

Amundsen (1991) sammenlignet NGU's analysedata for Sør-Norge i 1990 med resultater fra bestemmelse av klassiske parametre, utført ved Landbrukets Analysesenter, LA. Hovedkonklusjoner fra denne undersøkelsen var:

- Det er høy korrelasjon mellom pH bestemt ved LA (vann og 0.01M CaCl₂) og pH bestemt ved NGU (vannoppslemming).

- Innholdet av Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na og K i 1N NH₄NO₃ er godt korrelert med innholdet av de samme elementene i vann og syreoppslemming bestemt ved NGU.

- Ved behandling med pH 3 syre er beregnede følsomhetsprosenten (F_A og F_R) korrelert med parametre som basemetningsgrad og kationbyttekapasitet, mens det for svakere syrer ikke er signifikante korrelasjoner.

1.2 MÅL FOR OPPGAVEN

I denne oppgaven er metodikken utviklet ved NGU benyttet for å kartlegge lettløselige basekationer, forsuringstatus og følsomhet for forsuring i naturlig jord i Norge.

Prøvematerialet benyttet er et sett jordprøver innsamlet av E. Steinnes (1985).

For å begrense omfanget av oppgaven er det valgt å analysere humus og undergrunnsmateriale, oppslemmet i vann og 0.0001 N H_2SO_4 .

Hovedmål for oppgaven er:

- 1) Vurdere metodens presisjon og reproduserbarhet. Presisjonen er bestemt ved å analysere et utvalg av prøvene to ganger. Reproduserbarheten er bestemt ved å reanalysere prøver som er analysert ved NGU i 1990. Videre er det undersøkt om hovedkonklusjonene i de tidligere undersøkelser stemmer overens med resultatene fra denne undersøkelsen.
- 2) Benytte ledningsevnedata for å bestemme parametre som beskriver utlutning av basekationer. En slik forenkling vil innebære mulighet for å kunne kartlegge effekter av jordforsuring på en vesentlig billigere og raskere måte enn ved tradisjonelle bestemmelser.
- 3) Kartlegge regionale forskjeller i jorddekkets surhet, evne til å motstå forsuring og effekter av sur nedbør, samt beskrive hvilke områder som vil være mest utsatt for effekter av sur nedbør ved å sammenligne områder med ulikt nedfall av sur nedbør, klima, berggrunn osv.

1.3 PARAMETRE ANVENDT I RAPPORTEN.

For å forenkle sammenligning av resultater fra denne rapporten med tidligere rapporter ved NGU er de samme parametre og definisjoner benyttet ved beskrivelsen av jordprøver. Parametre avledet fra ledningsevnedata introduseres i denne rapporten.

Forsuringsstatus; Jordas surhet målt som pH i vannoppslemming (aktiv aciditet).
Høy forsuringsstatus = lav pH.

Følsomhet for forsuring; Endring i aciditet ved en gitt syrepåvirkning.
Endringen kan uttrykkes ved (1) endring i surhet pr. tilsatt syreekvivalent eller (2) endring i aciditet pr. syreekvivalent i vannoppslemming.

(1) **Absolutt forsuringfølsomhet:** $\% F_A = (\Delta[H^+]/[H^+]_T) * 100$

(2) **Relativ forsuringfølsomhet:** $\% F_R = (\Delta[H^+]/[H^+]_V) * 100$

der $\Delta[H^+]$: Økning i H^+ fra vann- til syreoppslemming

$[H^+]_T$: H^+ konsentrasjon i tilsatt syreblanding

$[H^+]_V$: H^+ konsentrasjon i vannoppslemming

F_A angir forandringen i H^+ -konsentrasjonen ved syretilsats relativt til H^+ -konsentrasjonen i tilsatt syre. Da pH i tilsatt syre er lik ved all syreoppslemming i dette forsøket vil F_A fremstille differansen i H^+ -konsentrasjonen fra syre til vannoppslemming. F_A beskriver hvor stor del av tilsatt syre som har reagert med jordprøven. $\%F_A$ er tilnærmet lik bufferprosenten som Låg lanserte (Låg, 1945, 1948, Bergseth, 1985).

F_R angir forandringen i H^+ -konsentrasjonen ved syretilsats relativt til H^+ -konsentrasjonen i vannoppslemming. F_R fremstiller derfor kvotienten $[H^+]$ i syreoppslemming over $[H^+]$ i vannoppslemming. Dersom pH senkes med f.eks. 0.5 enheter fra vann til syreoppslemming vil F_R være den samme uansett hvilken pH som ble målt i vannoppslemming.

Ledningsevne; Elektrisk ledningsevne i oppslemminger av jordprøver.

Korrigert ledningsevne; Elektrisk ledningsevne i oppslemminger av jordprøver korrigert for den teoretiske ledningsevnen forårsaket av H⁺-ioner ved den pH som er målt i oppslemmingen.

Relativ ledningsevne-endring; Relativ endring i ledningsevne fra vann til syreoppslemming

$$(3) \quad \% L_R = (\rho_{\text{syreoppslemming}} - \rho_{\text{vannoppslemming}}) / \rho_{\text{vannoppslemming}} * 100$$

Relativ ledningsevne-endring korrigert for H⁺; Korrigert ledningsevne er benyttet i formel (3).

Ledningsevneteori og formler benyttet ved korrigeringer for H⁺ er beskrevet i vedlegg 1.

Effekter av syrepåvirkning og jordforsuring; Relativ økning i utlutning av kationer fra vannoppslemming til syreoppslemming.

$$(4) \quad \text{Relativ økning i utlutning: } \% F_{Me} = (\Delta[Me] / [Me]_v) * 100$$

der $\Delta[Me]$: Økning i konsentrasjonen av et kation fra vann- til syreoppslemming

$[Me]_v$: Konsentrasjon av kationet i vannoppslemming

(5) **Bases:** Summen av basekationer i oppslemmingen. Der hvor det er benyttet *bases* i teksten menes det summen av basekationer i vannoppslemming.

Bases er tilnærmet ved å benytte ledningsevne korrigert for H⁺.

(6) **F_{BASE}:** Relativ økning i *bases* fra vann- til syreoppslemming.

F_{BASE} er tilnærmet ved å benytte relativ ledningsevne-endring korrigert for H⁺.

KAPITTEL 2. FORSURING AV JORD

2.1 SUR NEDBØR.

2.1.1 INNLEDNING.

Det er i perioden etter annen verdenskrig registrert økt nedfall av sur nedbør over de sørlige deler av Norge. Nedbør med pH lavere enn 5.6, som er pH i rent vann i likevekt med atmosfærens CO₂, betegnes som sur. I tillegg til forhøyet H⁺-konsentrasjon har sur nedbør også ofte høye konsentrasjoner av sulfat (SO₄²⁻), nitrat (NO₃⁻) og ammonium (NH₄⁺). Brosset (1973) observerte en senkning i gjennomsnitts pH i nedbør for Sør-Norge fra 4.5-5.5 i 1956 til 4.0-4.5 i 1966. Data fra SFT (1986) viser at nedbøren i Sør-Norge fra 1980-84 hadde en gjennomsnitts pH mellom 4.2 og 4.4. Den økte surhet i nedbøren skyldes atmosfærisk langtransport av svovel og nitrogenforbindelser fra forbrenning av fossilt brennstoff på kontinentet. Sur nedbør kan ha skadelige virkninger ved forsuring av vann og jord. Sur nedbør har medført fiskedød på Sørlandet (Overrein, Seip og Tollan, 1980) og forsuring av jordsmonnet (Tamm og Hallbäcken (1988), Dahl (1988), Falkengren-Grerup & Eriksson (1990)).

Viktige prosesser som nedbrytning og mineralisering av organisk materiale, denitrifikasjon, biologisk N-fiksering og opptak av stoffer i mykorrhiza og høyere planter påvirkes av sur nedbør.

Det antas at nedfall av sur nedbør ikke representerer noen direkte fare for høyere planter i Norge, men at skader kan oppstå som følge av endringer i jordsmonnet (Nygaard, 1989).

Kunstig tilførsel av sur nedbør senker jordsmonnets pH og forårsaker økt utvasking av basekationer (Abrahamsen et al., 1987, Bergkvist et al., 1989). Sure jordsmonn har ofte underskudd av næringselementer (Rorison og Robinson, 1984). Utvasking av basekationer fra de øvre jordsjikt er antatt å forårsake skogdød i områder med sur nedbør (Zöttl og Hüttl, 1986).

2.1.2 KILDER OG TRANSPORT.

Utslipp av svoveldioksid (SO_2) er hovedårsaken til sur nedbør. SO_2 oksideres til svoveltrioksid (SO_3) som med vann gir svovelsyre. Det finnes en lang rekke naturlige og antropogene SO_2 kilder. De viktigste naturlige kilder er:

- kjemiske omdanning av svovelholdige komponenter ved nedbrytning av organisk materiale
- utslipp av svovelholdige gasser fra vulkaner
- utslipp av flyktige svovelforbindelser fra biologiske prosesser i havet

De viktigste antropogene kilder er:

- forbrenning av fossile brennstoff
- industriell foredling av sulfidholdige råstoffer, f.eks ved metallfremstilling

90-95 % av det antropogene utslippet stammer fra forbrenning av fossilt brennstoff (SFT, 1989). De største antropogene utslippene av sure komponenter finner en i områder med mye industri og høy befolkningstetthet.

Det antas at de naturlige utslipp tilsammen utgjør en noe mindre SO_2 kilde enn de antropogene utslipp (SFT, 1989).

Nitrogenoksider (NO og NO_2 som sammen betegnes NO_x) gir også sur nedbør da NO_2 kan reagere med vann og danne salpetersyre, HNO_3 . Naturlig produksjon av NO_x kan skje internt i atmosfæren eller ved denitrifikasjon/nitrifikasjon i jord. Det antas at bakkekildene er dominerende (Brady, 1990).

Store mengder NO_x tilføres atmosfæren fra forbrenning av fossile brennstoff. Antropogene NO_x utslipp kommer alt vesentlig fra trafikk og fra produksjon av elektrisitet i kullfyrte kraftverk.

Det er anslått at over 97% av NO_x utslippene i Europa er antropogene (Pacyna et al., 1990).

Utslippene av sure komponenter har økt med industrialisering og energiforbruk. Den siste del av 1980-årene har det europeiske utslippet stabilisert seg rundt 22 mill.tonn S år⁻¹ og 19 mill.tonn NO_x (Simpson og Hov, 1990). For områder utenfor Vest-Europa og Nord-Amerika er det meget vanskelig å anslå fremtidige utslipp. Det er imidlertid svært sannsynlig at utslippøkningen vil bli stor i mange utviklingsland (Abrahamsen og Seip, 1991).

Sur nedbør-komponenter kan transporteres over store avstander, trolig flere tusen kilometer (Overrein, Seip og Tollan, 1980).

Norge er utsatt for atmosfærisk langtransport fra sentral- og Øst-Europa (Overrein, Seip og Tollan, 1980), samt utslipp på Kola-halvøya. Lokale norske kilder vil også bidra til sur nedbør, men er kun av betydning i nærheten av større byer og industriområder.

Av svovelnedfallet i Norge stammer bare omlag 5 % fra norske utslipp, mens omlag 17 % av det totale nitrogennedfallet i Norge kan tilskrives norske utslipp (SFT, 1989).

2.1.3 AVSETNING.

Forurensningsgasser kan avsettes direkte på bakken, på vegetasjon eller på vannflater ved **tørravsetning**. Tørravsetningen avhenger av hvor effektivt gassen transporteres ned til bakken og hvor effektivt den taes opp av underlaget. Sterk vind og ujevnt underlag gir effektiv avsetning. SO₂ og NO_x taes effektivt opp i vann. Jord er en dårlig absorbent for tørravsetning. Større tørravsetning i barskog enn i løvskog skyldes den større evnen barskog har til å ta opp gasser fra luften (Tyler et al., 1987). Svovel tørravsettes vesentlig som SO₂, mens NO_x avsettes vesentlig som NO₂.

Noen komponenter fjernes fra atmosfæren som **våtavsetning** med nedbør. Tåke- og skydråper, som kan oppholde seg i luften i lang tid, og nedbørdråper som faller ned som regn eller snø, kan ta opp sporgasser fra luften. Svovel våtavsettes vesentlig som sulfat. NO_x avsettes vesentlig som nitrat. Mengden avsatt øker med nedbørsmengden, og de regionale avsetningsmønstre vil derfor påvirkes av nedbørsmengdene.

I Norge har en den største totalavsetningen av svovel på Sørlandet, og en regner med at det meste våtavsettes (Pedersen et al., 1990). Andelen som våtavsettes avtar nordover i landet. I Finnmark er det betydelig tørravsetning på grunn av transport av svovel fra smelteverkene på Kola. Den anslåes til 60-70% av totalavsetningen (Pedersen et al., 1990). Avsetning av nitrogenforbindelser følger omtrent det samme geografiske mønster som svovelavsetningen. Det er imidlertid ikke observert økte mengder avsatt i Finnmark slik som for svovel (Pedersen et al., 1990).

2.2 JORD

Den mest alminnelige gruppen av naturlig jordsmonn i Norge kalles podsol. Ca. 80 % av Norske jordsmonn kan betegnes som podsol, mens ca. 12 % er sure, næringsfattige brunjorder (Låg, 1979). Podsoljord har øverst et overflatelag bestående av delvis nedbrutt organisk materiale, **humus**. Ved nedbrytning av dødt organisk materiale på eller nær jordoverflaten dannes negativt ladede, vannløselige organiske forbindelser, . Humusforbindelser er høymolekylære (300-30,000), og inneholder fenolske OH og karboksylgrupper med ett mindre antall alifatiske OH grupper. Humusforbindelser er amorfe, hydrofile og ofte sure. pH i humus er ofte så lav som pH 3-3.5 (Rosenqvist, 1977). Den lave pH fører til at Fe- og Al-hydroksider lokalisert like under jordoverflaten løses ut, og materialet under humus-sjiktet er bleket (**blekjord**, A_e). Ett markert blekjord-sjikt er nødvendig for å karakterisere en jordprofil som en podsolprofil.

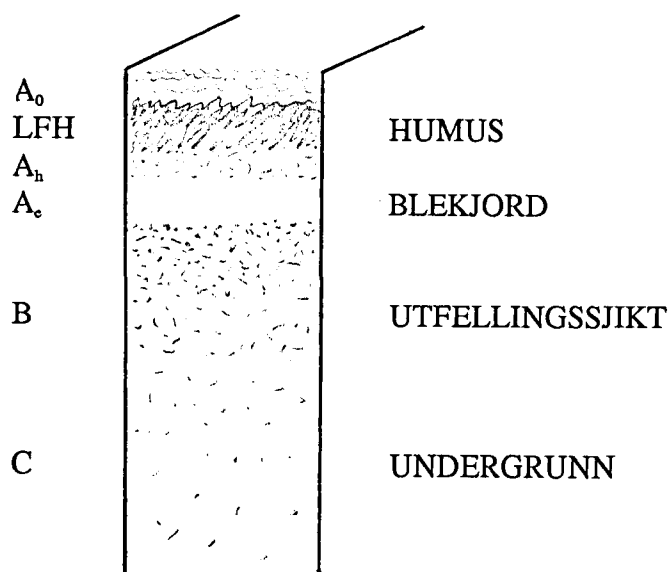
Under blekjorda finnes det ett **utfellingsjikt** (B-sjikt) der jern- og aluminiumhydroksider løst ut fra humus og blekjord felles ut pga. økende pH nedover i jordprofilen.

Under B-sjiktet finnes **undergrunnsjord** (C-sjiktet). Undergrunnen er opphavsmaterialet for jordsmonnet. I Norge vil det i det vesentlige være de løsavleiringer avsatt i kvartærtiden som gir grunnlag for vegetasjon og planteproduksjon. Disse faller i en rekke grupper med forskjellige kjemiske og mekaniske egenskaper. De viktigste er:

- Morenejord er direkte avsatt av bre-is.
- Fluviale sedimenter er avsatt av rennende vann under eller etter istiden.
- Marine avsetninger er hevet over havet etter istiden.
- Forvittringsjord er oppstått av lite metamorfe bergarter etter istiden.

I enkelte områder vil berggrunnsgeologien være bestemmende for jordsmonnets sammensetning. Bergarter og mineraler i Norges berggrunn er ofte "sure" (kvartsrrike) og forvitres langsomt (Låg, 1979).

Vegetasjonen over podsoljord er ofte dominert av barskog og/eller lyng (Låg, 1979).



Figur 1 Podsol-profil

2.3 VIRKNINGER AV SUR NEDBØR PÅ JORD.

I jorda kan tilførte forurensninger omdannes, lagres, bli tatt opp av levende organismer eller transporteres ut av systemet med vann eller i form av gass.

Sure komponenter vil kunne endre jordas surhet og jordas struktur, samt påvirke biologiske prosesser. Komponentene medfører også utvasking og binding av både kationer og anioner. Forvitring påvirkes av surheten.

Jordas surhet kan beskrives på 3 ulike måter (Brady, 1990).

1) Aktiviteten av H_3O^+ (forkortet H^+) i jordvæsken, står i likevekt med H^+ -ioner som er adsorbent til partikkeloverflatene i jorda. Dette kalles ofte **aktiv aciditet** og bestemmes ved å måle pH i en suspensjon av jord og vann. Den aktive aciditeten utgjør en meget liten del av den totale aciditeten, men er meget viktig da den utgjør det miljøet planter og mikro-organismer utsettes for.

2) Konsentrasjonen av adsorberte H^+ -ioner kalles **utbyttbar aciditet**. Utbyttbar aciditet skyldes utbyttbare aluminium- og hydrogen-ioner ved behandling av prøven med et ubuffret salt som f.eks $CaCl_2$.

3) "**ikke utbyttbar**" aciditet eller rest aciditet forårsakes av syrer som er knyttet til organisk materiale og en del leirmineraler. Restaciditeten vil kunne frigjøres når jordas pH stiger, og er betydelig større enn den aktive aciditeten.

Summen av disse utgjør jordas **totale aciditet**.

Ved forsuring av jordprøver vil pH i jordoppslemmingen være buffret av likevekten mellom aktiv aciditet, utbyttbar aciditet og restaciditet (Brady 1990). I sure jordtyper med mye organisk materiale vil denne buffervirkningen være av stor betydning.

pH i løsningen vil også buffres ved at H^+ -ioner bytter ut ekvivalente mengder kationer bundet på jordkolloidene (Brady, 1990). De viktigste kationer som bestemmer jordas syre/base reaksjon er Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ og K^+ (basekationer).

Kationbyttekapasiteten (CEC) er den totale summen av kationer en jordprøve kan absorbere. CEC bestemmes som mengden basekationer og H^+ -ioner som kan byttes ut ved behandling av prøven med en saltløsning.

Basemetningsgraden er forholdet mellom mengden av utbyttbare basekationer (pluss ammonium) og kationbyttekapasiteten (Brady, 1990).

I Norge vil nedbørsmengdene som regel være større enn evotranspirasjonen (fordampning og transpirasjon), noe som gjør utvasking av ioner mulig.

Utvasking av kationer forutsetter at jordvæsken inneholder anioner som er mobile i jorda.

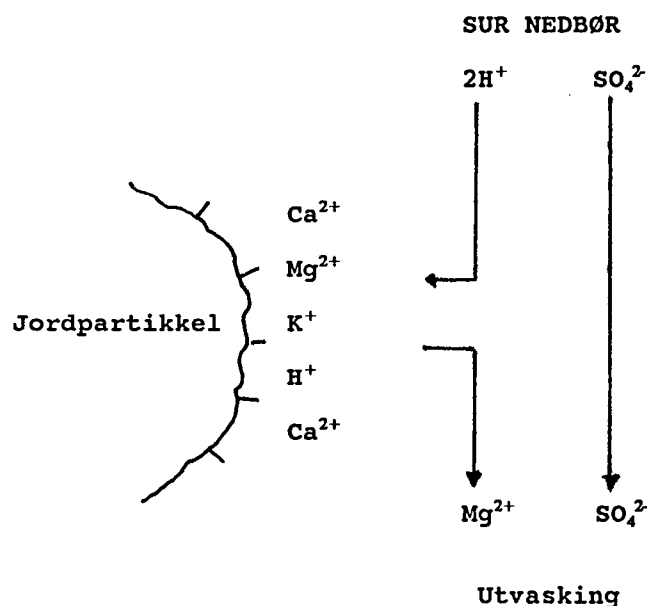
Mobilitet av sulfat i jord er godt dokumentert (Abrahamsen et al., 1991), mens nitrat som også i utgangspunktet er mobilt, ofte vil holdes tilbake av planter. Nedadgående vannbevegelse med mobile anioner vil trekke med seg ekvivalente mengder kationer. Disse ionene kan bli erstattet på ulike måter:

1) Elementene trekkes oppover med kapillærkrefter i planterøtter eller organismer, og vil deretter anrikes ved løvfall o.l. Forråd og forvittringshastighet i de underliggende jordsjikt er derfor av stor betydning.

2) Elementene tilføres humusdekket med nedbøren (Låg 1963, 1968), og vil delvis kunne forekomme som lettløselige salter i jordsmonnet.

3) Elementene tilføres som støv eller omblanding p.g.a. frysing og tining av grunnen etc. Denne type prosesser antas å være av underordnet betydning.

Dersom utlutningen av basekationer er større enn tilførselen fra forvitring og nedbør vil en kunne få underskudd av basekationer.



Figur 2 Utvasking av kationer ved forsuring

KAPITTEL 3. PRØVEMATERIALE OG METODIKK.

3.1 PRØVEMATERIALE.

Jordprøver fra 529 lokaliteter spredt over hele Norge ble innsamlet i 1985 av E. Steinnes. Det prøvetatte areal er på ca. 324.000 km², og dette utgjør en prøvetetthet på gjennomsnittlig ca. 1 lokalitet pr. 650 km². Det er en noe større prøvetetthet i Sør-Norge.

Alle lokaliteter har tilnærmet podsøl-profil.

Data for økosystem type, dominerende treslag, dekningsgrad, høyde over havet og glødetap er rapportert (Steinnes, 1985). Kun samvariasjoner med glødetap er tatt i betraktning i dette arbeidet.

Humusprøvene er fra 5-20 cm dybde, og representerer den organiske delen av jordprofilen.

De fleste humusprøver kan betegnes som råhumus (Lfh).

Undergrunnsprøver ble forsøkt hentet så dypt at de ikke er påvirket av de jordsmonn dannende prosesser (dypere enn 60 cm der det var mulig). I undergrunns materialet er følgende materialtyper representert (NGU, 1988): Morene, forvittringsjord, sortert materiale og leire. En prøve er strandsediment.

Det er forsøkt å hente både humus og undergrunnsprøve fra eksakt samme sted.

For noen prøvepunkter lot ikke dette seg gjøre. Det kan likevel antas at prøvene er representative for prøvestedet (Steinnes, pers.med).

Det er også reanalysert et utvalg jordprøver fra NGU's analyse i 1990. Dette materialet er prøvetatt av Norsk Institutt for Jord og Skogkartlegging (NIJOS).

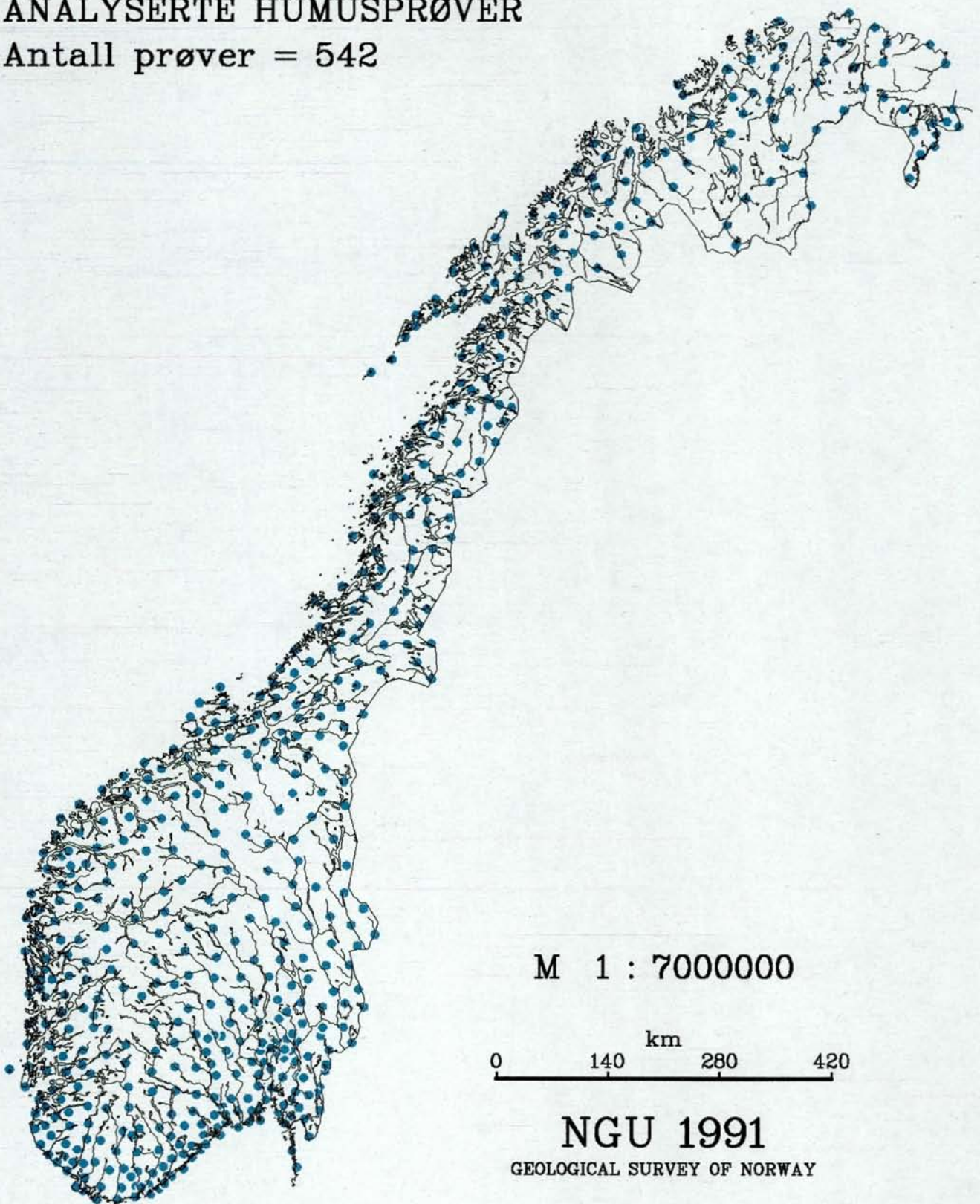
Beskrivelse av areal og prøvetaking for NIJOS prøver er gitt Grønlund og Solbakken (1987) og Rørå et al., 1988.

Geografisk beliggenhet av analyserte jordprøver er vist i figur 3 og 4.

Figur 3

ANALYSERTE HUMUSPRØVER

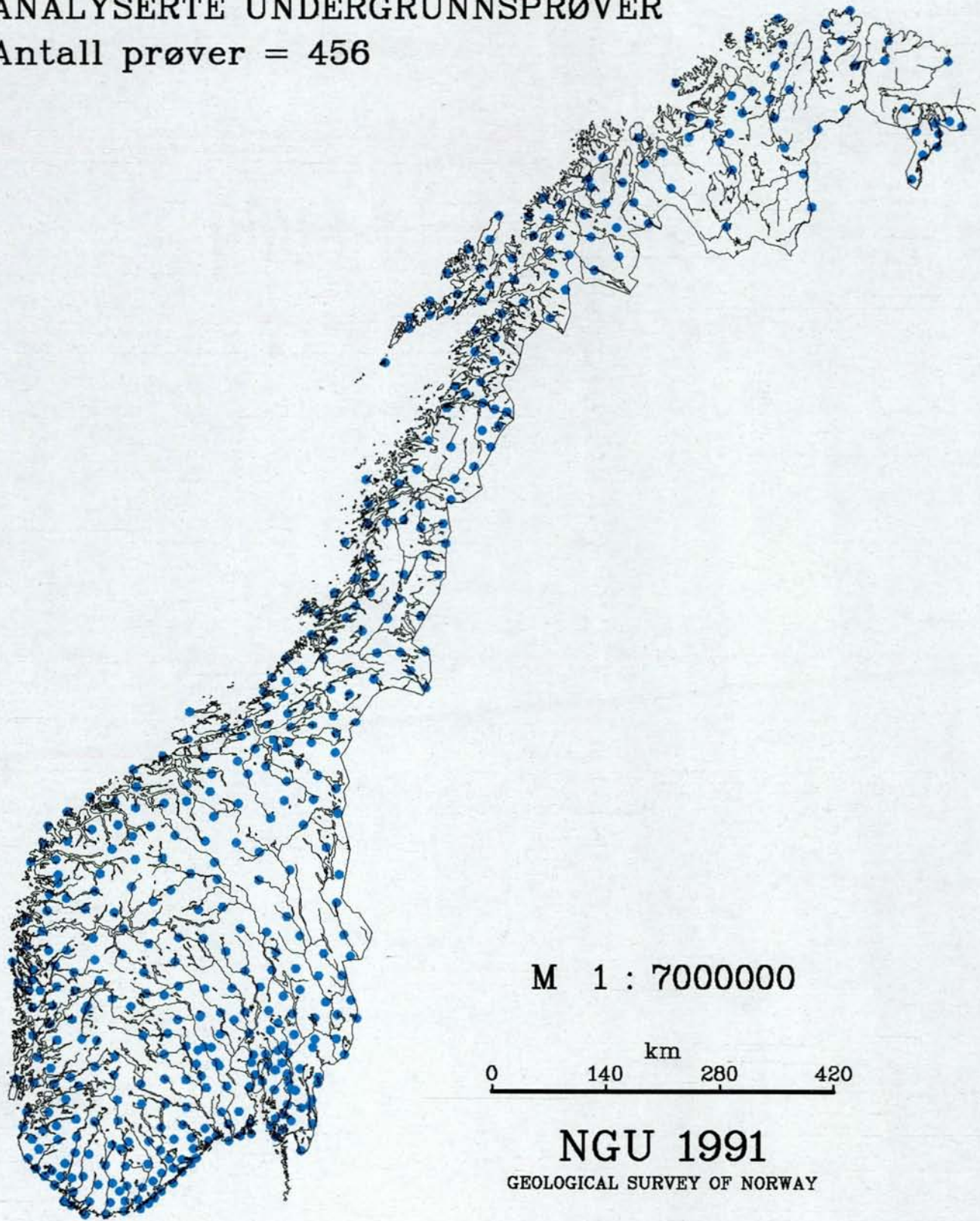
Antall prøver = 542



Figur 4

ANALYSERTE UNDERGRUNNSPRØVER

Antall prøver = 456



3.2 PRØVEBEHANDLING OG ANALYSEMETODIKK

Jordprøvene ble hentet fra kailageret ved NGU og undergrunnsprøver ble siktet mindre enn 2 mm. Humusprøver var ferdig siktet mindre enn 2 mm.

I denne oppgaven er det analysert materiale fra humusfraksjonen (529 lokaliteter) og undergrunnen (441 lokaliteter). Prøvene ble satt opp i fire serier. For hver serie ble det lagt inn 34 dubletter (humus; 6.3 %, undergrunn; 7.5 %) for kontroll av egne analyser. Jord fra disse lokaliteter er tidligere analysert med lignende metodikk (Amundsen, 1990) og de ble valgt for å gi mulighet til evt. senere å kunne sammenligne resultater. De jordprøvene som ble valgt som dubletter var fordelt over hele Norge.

13 humusprøver og 15 undergrunnsprøver fra NIJOS prøvemateriale analysert ved NGU i 1990 ble også reanalysert for å kontrollere nivåforskjeller og metodens reproduserbarhet. Disse jordprøvene var alle fra Sør-Norge og resultatene er inkludert i de geokjemiske kart.

For hver serie ble prøvene satt i tilfeldig rekkefølge (random).

Seriene ble analysert i følgende rekkefølge: undergrunn/syreoppslemming, undergrunn/vannoppslemming, humus/vannoppslemming og til slutt humus/syreoppslemming.

Av lufttørre prøver ble det veid inn 2 gram (± 0.01 gram) for vann- og syreoppslemming direkte i 50 ml plastflasker med skrukork.

0.0001 N svovelsyre ble laget ved fortykning av Suprapur kons. H_2SO_4 . pH ble justert til pH 4 (± 0.05). Til vannoppslemming ble benyttet dobbelt destillert vann (pH 5.6 (± 0.1)).

Alle løsninger ble laget i slike mengder at det var tilstrekkelig til hele serien. Løsningene ble oppbevart på store tette plastkanner. Disse ble rystet hver dag før løsning ble tatt ut for tilsats til prøver. Videre ble pH i løsningene kontrollert hver dag.

Undergrunnsprøver ble tilsatt 20 ml løsning og humusprøver ble tilsatt 40 ml løsning med autodispensere.

De oppslemmede prøvene ble plassert i blandemaskin som langsomt snudde plastflaskene opp ned gjentatte ganger i 2 timer. Etter blandingen ble prøvene rystet for å vaske alt materialet ned i bunnen av plastflaskene.

Prøvene ble deretter hensatt med lokket på ved konstant temperatur (22°C) i 20 timer.

Prøvene ble så rystet for å unngå sjiktdannelse. Undergrunnsprøver ble sentrifugert i 15 min. ved 1500 omdreininger pr. min. og den tilnærmet klare løsning ble dekantert over i 20 ml målebeger. Humusprøver ble filtrert gjennom syrevaskede nylonfilter (20 μm) til 20 ml målebeger.

Fra disse målebegerene ble det tatt ut ca. 10 ml løsning for analyse på kationer ved ICP-emisjonsspektrometri (Ødegård, 1981, 1983). Løsning til ICP-analysen ble dypfrosset og oppbevart ved -25°C. Ledningsevne og pH ble så målt i den resterende filtrerte løsning.

Til ledningsevne målinger ble det benyttet en ledningsevne måler av typen CDM 80 RADIOMETER, med ledningsevne celle type CDC104 og cellekonstant (k) 1 cm⁻¹.

Vann- og syreekstrakter ble helt opp i ledningsevne cellen, ledningsevne ble avlest og løsningen ble helt tilbake til begeret for pH måling.

Mellom hver måling ble elektroden rensert med destillert vann og deretter rystet for å fjerne vannet. Ledningsevnen er oppgitt i $\mu\text{S/cm v}/25^\circ\text{C}$. Ledningsevneteorien er beskrevet i vedlegg 1.

I den første forsøks serien (undergrunn/syre) ble pH målt med et ORION SA 520 pH meter, med pH elektrode av typen 81-72 ROSS®SURE-FLOW. Kalibrering mot pH 7.00 og pH 4.01 buffere ga stabile måleresultater i bufferløsninger. For jordprøvene ble det derimot meget ujevne resultater. De 300 første måleresultater ble derfor forkastet. Elektrodene ble vasket med 1 N HCl i en time og referanse løsning ble skiftet. Elektroden ble satt i oppbevaringsløsning til neste dag. pH ble for de første 300 prøver målt i de løsningene som var lagret for ICP-analyse.

Videre pH målinger ble utført parallelt for to og to løsninger med 2 stk ORION SA 520 pH meter med elektroder av typen ORION 81/72 ROSS®SURE FLOW. pH meteret ble kalibrert mot bufferløsninger pH 7.00 og pH 4.01 hver morgen og deretter hver annen time. Kalibreringen ble gjort parallelt for begge pH-metre mot samme bufferløsning. Kontrollmålinger ble foretatt regelmessig (omtrent for hver tiende måling) ved å bytte elektroder mellom løsningene.

ICP-analyse av ekstraktene ble foretatt 6 måneder senere. For humus var de 34 dublettene og de 13 NIJOS/NGU prøvene blant disse. For undergrunn var de samme prøvepunkter tenkt analysert. Pga. forkastningen av de 300 første pH-målinger, ble ekstraktene satt av til ICP-analyse benyttet til pH målinger. Det ble av den grunn analysert 50 tilfeldige prøvepunkter fra undergrunns-sjiktet. Analyseresultatene er angitt som mg/kg i lufttørret prøve.

3.3 ENDRINGER I METODEN

For å kunne sammenligne resultater fra denne undersøkelsen med tidligere analyser av samme type er det av stor betydning at metoden er lik.

Visse endringer er foretatt på grunnlag av de erfaringer som er gjort i de tidligere undersøkelser.

De viktigste endringene er:

- All løsning ble her laget i en operasjon, mens den ved NGU's analyse ble laget i mindre porsjoner etter behov.
- Løsning til ICP-analysen ble her frosset, mens den ved NGU's analyse ble satt på kjølerom noe som tildels medførte muggdannelse i ekstraktet.
- Undergrunnsprøver ble her sentrifugert/dekantert, mens de ved NGU's analyse ble filtrert gjennom syrevaskede nylonfilter.

3.4 BEARBEIDING AV DATA

3.4.1 DOKUMENTASJON AV DATA

På grunnlag av måleresultatene er det beregnet parametre som beskriver forsuringstatus, motstand mot forsuring og effekter av jordforsuring. Parametrene er beskrevet i kap. 1.3. Formler benyttet ved korrigering for bidraget av $[H^+]$ til ledningsevnen er vist i vedlegg 1. For å kontrollere korreksjonene ble det målt pH i 10 svovelsyreløsninger av ulik styrke. Det ble her funnet meget godt samsvar mellom målt og beregnet ledningsevne ($\pm 5\%$). Disse enkeltresultater er ikke vist i denne rapporten.

Resultatene er dokumentert som:

- måleverdier for de enkelte jordprøver (vedlegg 6-7),
- statistiske parametre for gjennomsnitt og spredning (vedlegg 8)
- korrelasjonskoeffisienter mellom målte og avledede data (vedlegg 2-5,8-9)
- tester for nivåforskjeller (vedlegg 4 og 8).
- geokjemiske kart

Statistisk behandling av data er utført ved bruk av SPSS/PC+4.0 (Statistical Package for the Social Sciences)(SPSS Inc., 1990).

3.4.2 KVALITETSKONTROLL

Ved kvalitetskontroll er følgende definisjoner benyttet:

Repeterbarhet er brukt som mål på presisjonen ved egne målinger.

Repeterbarheten ble bestemt ved nyinnveiing og analysering av 34 humusprøver og 33 undergrunnsprøver. Prøvene er betegnet som kontrollprøver og ble satt i tilfeldig rekkefølge sammen med de ordinære prøver.

Reproduserbarhet er brukt som mål på presisjonen av målinger utført i dette forsøket sammenlignet med målinger fra NGU's analyse av de samme prøver året før. Reproduserbarhet er bestemt ved innveiing og analysering av 13 humusprøver og 15 undergrunnsprøver fra NIJOS prøvemateriale analysert ved NGU i 1990. Disse ble satt i tilfeldig rekkefølge sammen med de ordinære prøver.

Repeterbarhet og reproduserbarhet er bestemt ved å undersøke samvariasjon mellom ordinære prøver og kontrollprøver/prøver analysert ved NGU ved Pearsons korrelasjonsanalyse. Samvariasjonen er også kontrollert ved spredningsdiagram.

Nivåforskjeller mellom denne analyse og NGU's analyse i 1990 er testet ved sammenligning av utvalgsgjennomsnitt.

Repeterbarhet og reproduserbarhet er bestemt både for enkeltmålinger og for beregnede parametre.

3.4.3 KORRELASJONER

Samvariasjonen mellom målte og beregnede parametre er studert ved korrelasjonsanalyse (Pearsons korrelasjonskoeffisient, r). Korrelasjonsanalysen forutsetter tilnærmet normalfordelte data. For parametre med log-normal fordeling (skjev fordeling mot høyere måleverdier) vil logaritmen til måleverdiene være normalfordelt (SPSS/ M.Norusis, 1990). Logaritmiske verdier er av den grunn benyttet ved korrelasjonsanalyse av utløste kationer. Kun korrelasjonskoeffisienter med P-verdi < 0.10 er rapportert (P-verdi er sannsynligheten for å få en korrelasjonskoeffisient så stor eller større dersom variablene ikke er lineært korrelert).

Ekstremverdier vil kunne påvirke korrelasjonen slik at tilsynelatende signifikante korrelasjoner oppstår. Ekstremverdier er derfor i noen tilfeller utelatt.

Med ett så stort antall korrelasjoner som er beregnet i denne rapporten vil det kunne være tilsynelatende signifikante korrelasjoner som ikke er reelle. Korrelasjonskoeffisientene bør derfor ikke benyttes ukritisk ved vurdering av samvariasjon.

Der det i oppgaven er benyttet uttrykk som god eller høy korrelasjon menes det at samvariasjonen trolig er så god at det ved fremstilling på geokjemiske kart i stor grad vil være sammenfallende fordelinger.

3.4.4 STATISTISKE TESTER FOR NIVÅFORSKJELLER

Ved oppslemming av samme prøve med to ulike løsninger er det viktig å bestemme om de ulike behandlingsmetodene har gitt forskjellige effekter. Der er også viktig å avgjøre om det er nivåforskjeller mellom to analyseserier. Dette er testet ved å sammenligne utvalgsgjennomsnitt.

For normalfordelte data er dette testet med parvis T-test.

For data som ikke er normal fordelt er det benyttet parvis Wilcoxon test som er en ikke parametriske test og derfor uavhengig av fordelingen av data (SPSS/ M.Norusis, 1990).

Vann og syreløselige kationer er ikke normalfordelt.

Parvise tester er benyttet da det er de samme prøvepunkter analysert to ganger.

Det er i denne analysen ikke korrigeret for nivåforskjeller.

3.4.5 FORKASTING AV ANALYSERESULTATER

Der hvor det er observert analyseresultat som klart skiller seg fra de øvrige er det i noen tilfeller foretatt en forkasting av resultatet.

Dette kan gjøres der hvor det antas at den mistenkelige verdi ikke vil beskrive det som er typisk for den undersøkte parameter. Ekstremverdier kan skyldes feil i analysen eller en reell naturlig variasjon. Her er benyttet Grafs og Hennings metode som er basert på at en holder den mistenkelige verdi utenfor, og at en fra de øvrige verdier beregner middelerdi og standardavvik. Den mistenkelige verdi skal forkastes dersom den ligger utenfor området:

$$\text{middelerdi} \pm g(P,N) * \text{standardavvik}$$

$g(P,N)$ er en koeffisient gitt i tabeller, hvor P er ønsket signifikansnivå og N er antall analyseverdier. Metoden er beskrevet av Langmyhr, 1987.

Ved forkasting av ekstremverdier i vedlegg 2-3 er $g(99,33)$ lik 5.

3.4.6 GEOKJEMISKE KART

Geografisk fordeling av måleverdier og beregnede data er vist på kart i farver. Kartene er fremstilt ved å flytte et sirkulært vindu med radius på 100 km (interpolasjonsradius) over kartet i trinn på 10 km. Målepunkter innenfor radius 50 km er vektlagt med 50%. For hver posisjon er måleresultatenes medianverdi i vinduet beregnet (løpende veid median). Hver medianverdi angis med en farge som plottes i et flateelement på 10x10 km. Deretter er det foretatt en konturering av data for å få jevne overganger mellom fargene. Kartene er fremstilt i målestokk 1:7000000 på Calcomp fargeplotter ved hjelp av NGU's kartproduksjonsprogram THEMAP.EXE basert på UNIRAS-rutiner og VAX-maskin.

I områder med lav prøvetetthet, langs kysten og langs riksgrensen, vil tilsynelatende signifikante mønstre kunne oppstå på grunn av få enkeltverdier. Dette skyldes at programmet beregner en verdi for en celle også når det finnes bare en måleverdi innen interpolasjonsradiusen. Ved å sette som kriterium at flere verdier skal finnes innen vinduet ville det ikke blitt tilordnet farger overalt. For å få et ryddig kartbilde er dette ikke gjort.

Verdier for de enkelte lokaliteter er vist som fargede punkter og kan leses fra fargeskalaen.

Da fargeskalaen er tilpasset verdibredden for medianverdier vil ekstreme enkeltverdier få samme farge som minimum og maksimums verdier for medianverdiene. Variasjonen i rådata er derfor større enn det en får inntrykk av ved betraktning av kartene. Punkter med samme verdi som beregnet medianverdi for flatelementet vil ikke synes da fargen er lik. Punktene angir derfor avvik fra medianverdien.

Samvariasjoner vil være lettere å studere ved å sammenligne mønstre på de geokjemiske kart enn ved korrelasjonsanalyse. Ved korrelasjonsanalyse blir samvariasjonen studert for hele datamaterialet under ett. Ved å sammenligne fordelingsmønstre vil en kunne oppdage områder der samvariasjonen er høy. Da de geokjemiske kart benytter medianverdier for et område, vil ekstreme enkeltverdier ikke inkluderes i kartene. Ved korrelasjonsanalyse vil slike ekstreme enkeltverdier kunne svekke samvariasjonen.

Fordelingsmønstre på de geokjemiske kart er sammenlignet for hver parameter mellom de ulike sjikt. Det er også foretatt en visuell sammenligning med kart over bergrunnsgeologi (Sigmond, 1985), kvartærgeologi (Thoresen, 1990), nedbør, avrenning, fordampning og vegetasjon (Holtan, 1986) og svoveltilførsler (Pedersen et al., 1989). Noen av disse temakart er vist i vedlegg 10.

Kun de mest iøynefallende sammenhenger er diskutert.

Det understrekes at sammenhenger på kart ikke beviser noen "årsak - virkning" sammenheng.

KAPITTEL 4. RESULTATER.

Fullstendig oversikt over resultater er vist i vedlegg 2-9.

De resultater som antas å være av størst betydning er beskrevet i kapittel 4, med henvisninger til de respektive vedlegg.

4.1 KVALITETSKONTROLL

4.1.1 REPETERBARHET

Fullstendig oversikt er vist i vedlegg 2, tabell 2-3.

Diagrammer for repeterbarhet er vist i vedlegg 3, figur 21-34.

Samvariasjonen mellom enkeltmålinger av egne prøver og egne dublettanalyser av de samme prøver er høy for pH målinger i begge sjikt ($r > 0.86$). Ledningsevne målinger viser høy samvariasjon i humus ($r > 0.97$) og i vannoppslemminger av undergrunnen ($r = 0.86$). Ledningsevne i syreoppslemming viser en lavere samvariasjon ($r = 0.35$).

For de beregnede parametre er repeterbarheten vesentlig lavere (humus; $r < 0.37$, undergrunn; $r < 0.58$).

4.1.2 REPRODUSERBARHET

Fullstendig oversikt er vist i vedlegg 4, tabell 4-6.

Diagrammer for reproduserbarhet er vist i vedlegg 5, figur 35-48.

For enkeltmålinger av pH og ledningsevne er reproduserbarheten noe lavere enn repeterbarheten (humus; $r > 0.84$, undergrunn; $r > 0.66$).

Parvis T-test viser signifikant nivåforskjell mellom denne analyse og NGU's analyse i 1990 for pH i syreoppslemminger i begge sjikt, og ledningsevne målinger i C-sjiktet. Nivåforskjellene er imidlertid små ($< 8\%$). Reproduserbarheten av beregnede parametre er gjennomgående meget dårlig. De eneste signifikante korrelasjonene er for F_R og L_R i C-sjiktet.

Reproduserbarheten for vann- og syreløselige basekationer i humus er høy for K, Na og Mg. For Ca er det ingen signifikant korrelasjon. Parvis Wilcoxon test viser signifikant nivåforskjell for alle basekationer mellom de to analyser. Det er i denne analyse gjennomsnittlig høyere konsentrasjoner av Mg, Ca og Na. Konsentrasjonen av K er gjennomsnittlig lavere.

Det er ikke signifikant korrelasjon mellom F_{Mg} , F_{Na} og F_K i humus. For F_{Ca} er korrelasjonen signifikant ($r = 0.52$).

Undergrunnsprøver ble ikke testet med hensyn på nivåforskjeller i kationanalysene da de prøvepunkter som her er analysert har en annen geografisk fordeling enn de prøver som er analysert ved NGU.

4.2 SURHET OG FORSURINGSFØLSOMHET

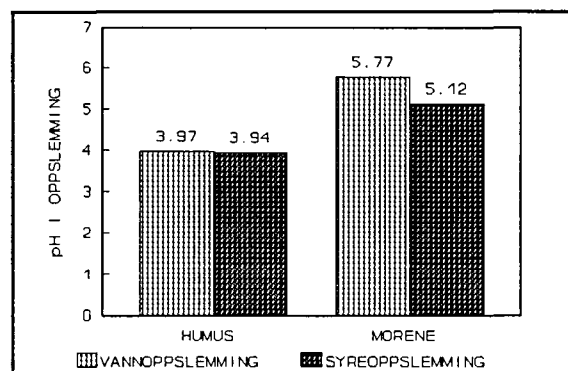
4.2.1 FORSURINGSTATUS

Fullstendig oversikt er vist i vedlegg 8, tabell 12-13.

- Gjennomsnittsverdien for pH i vannoppslemminger av humusprøver er vesentlig lavere enn i undergrunnsprøver.

pH endres lite mellom vann- og syreoppslemming for humusprøver. Denne endringen er betydelig større for undergrunns materialet.

Parvis T-test viser at det er signifikant ($P < 0.001$) forskjell mellom pH i oppslemminger av vann og pH 4 syre, både for humus og undergrunn.



Figur 5 pH

Gjennomsnitt 537 humusprøver og 456 undergrunnsprøver.

- Korrelasjonen mellom pH i vannoppslemming og pH i syreoppslemming for humusprøver er meget høy ($r=0.99$). I C-sjiktet er korrelasjonen noe lavere ($r=0.70$).

- Forsuringsstatus danner systematiske mønstre i begge sjikt.

I **humus** er pH lav på Sørlandet, Vestlandet og i de østlige deler av Østlandet. pH er aller lavest i Hedmark. I Buskerud og Oppland er det et område med høy pH.

Nord for Trøndelag er det en tydelig kyst/innlands gradient med avtagende pH mot innlandet.

pH er relativt høy i Sør og Nord-Varanger (Figur 6).

Undergrunnsprøver viser tildels motsatt mønster av humus.

Her er det høyest pH nord i Hedmark og det er lav pH i Buskerud og Oppland. På Sørlandet, Vestlandet og i Trøndelag er pH hovedsaklig lav. I Troms og Finnmark er pH høy.

Det er ingen kyst/innlands gradient for pH i undergrunnen (Figur 7).

4.2.2 FØLSOMHET FOR FORSURING

Fullstendig oversikt er vist i vedlegg 8, tabell 14.

- F_A er for humus i gjennomsnitt 14 %, og for undergrunnsprøver 8 %.

I humus viser F_A samme mønster som forsuringstatus. Det er stor følsomhet på Sørlandet, på Vestlandet og i de indre deler av Østlandet. Det er lavere følsomhet i Buskerud og Oppland. Nord for Sogn og Fjordane indikeres det at F_A er lav langs kysten og høyere i innlandet (Figur 8).

Fordelingen av F_A i **undergrunnen** viser samme mønster som humusmaterialet. Variasjonen er noe lavere enn for humus (Figur 9).

- F_R er for humus i gjennomsnitt 9 %, og for undergrunnsprøver 585 % (median = 298 %).

I humus er F_R høy på Sørlandet, på Østlandet og i Sogn og Fjordane. Det er lav følsomhet i Nord-Trøndelag og langs kysten i Nordland til Finnmark. Følsomheten øker her innover i landet. Det indikeres et belte med lav relativ følsomhet i de vestlige fjellstrøk av Jotunheimen og Hardangervidda. Det er liten variasjon i F_R i humussjiktet (Figur 10).

I **undergrunnen** er F_R høy på Vestlandet, i Hedmark, Nordland og i Troms/Finnmark. Sentralt på Østlandet og i Sør-Trøndelag er F_R lav.

F_R i undergrunnsmaterialet varierer med en faktor på over 10 mellom de høyeste og laveste områdene (Figur 11).

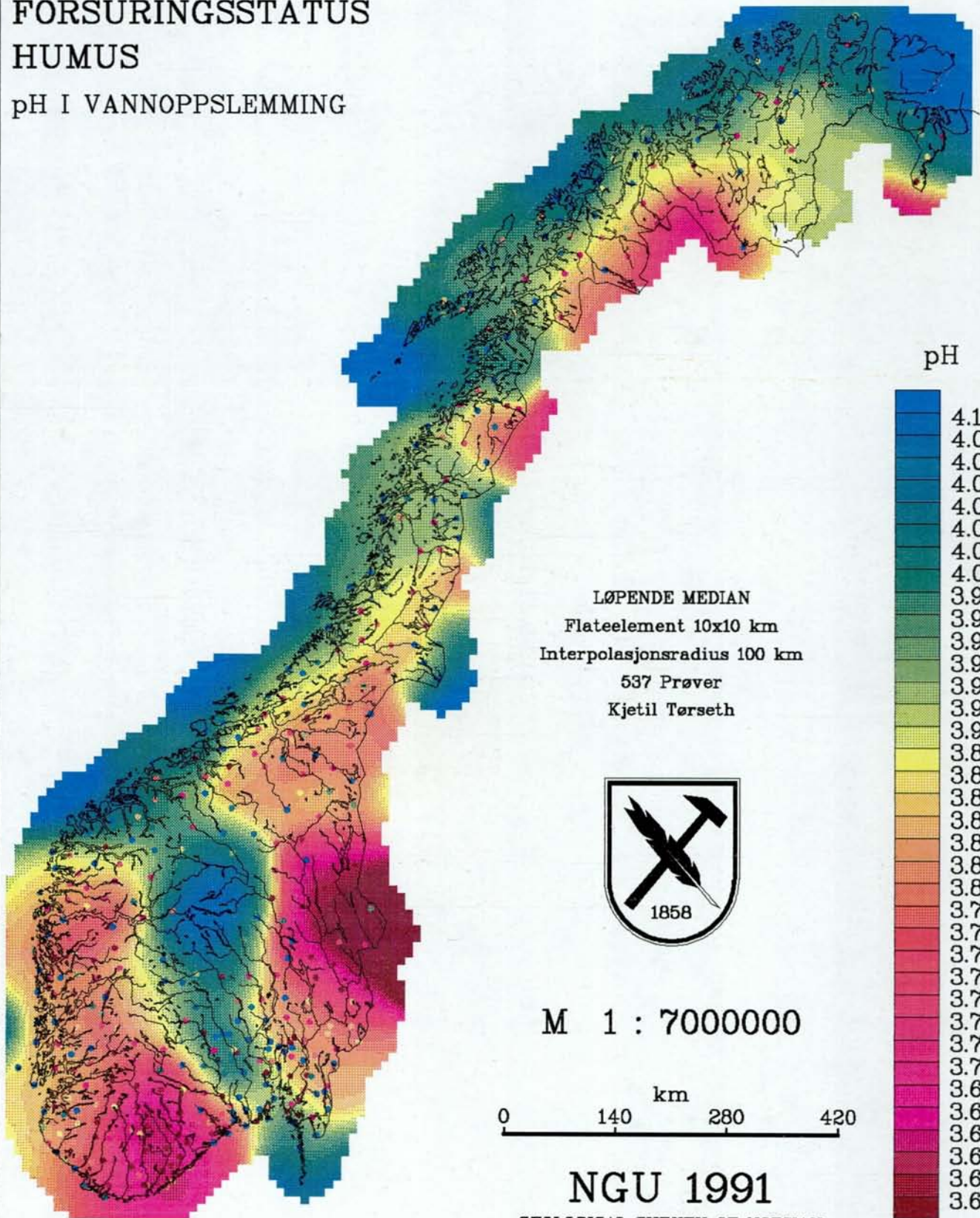
4.2.3 SAMMENHENGER MELLOM F_A , F_R OG FORSURINGSTATUS

Fullstendig oversikt er vist i vedlegg 9, tabell 15-16.

F_A er negativt korrelert med pH i begge sjikt. F_R er også negativt korrelert med pH i humus, mens den for C-sjiktet er positivt korrelert.

Korrelasjonen mellom F_A og F_R er lav i humus ($r=0.11$), mens det er høy positiv korrelasjon i C-sjiktet ($r=0.50$).

**FORSURINGSSTATUS
HUMUS
pH I VANNOPPSLEMMING**



LØPENDE MEDIAN

Flatelement 10x10 km

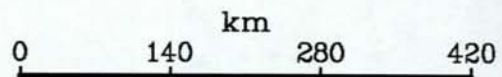
Interpolasjonsradius 100 km

537 Prøver

Kjetil Tørseth



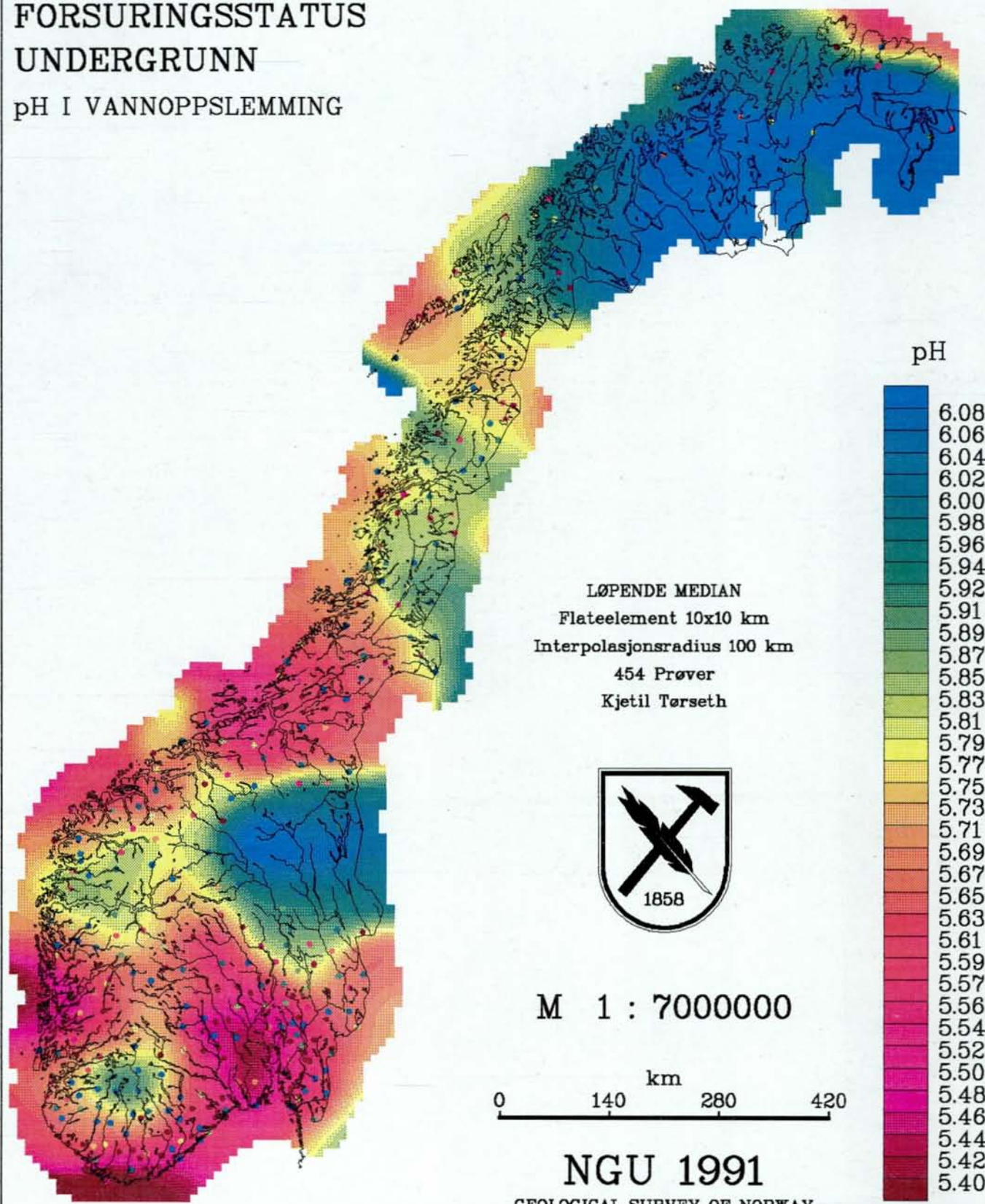
M 1 : 7000000



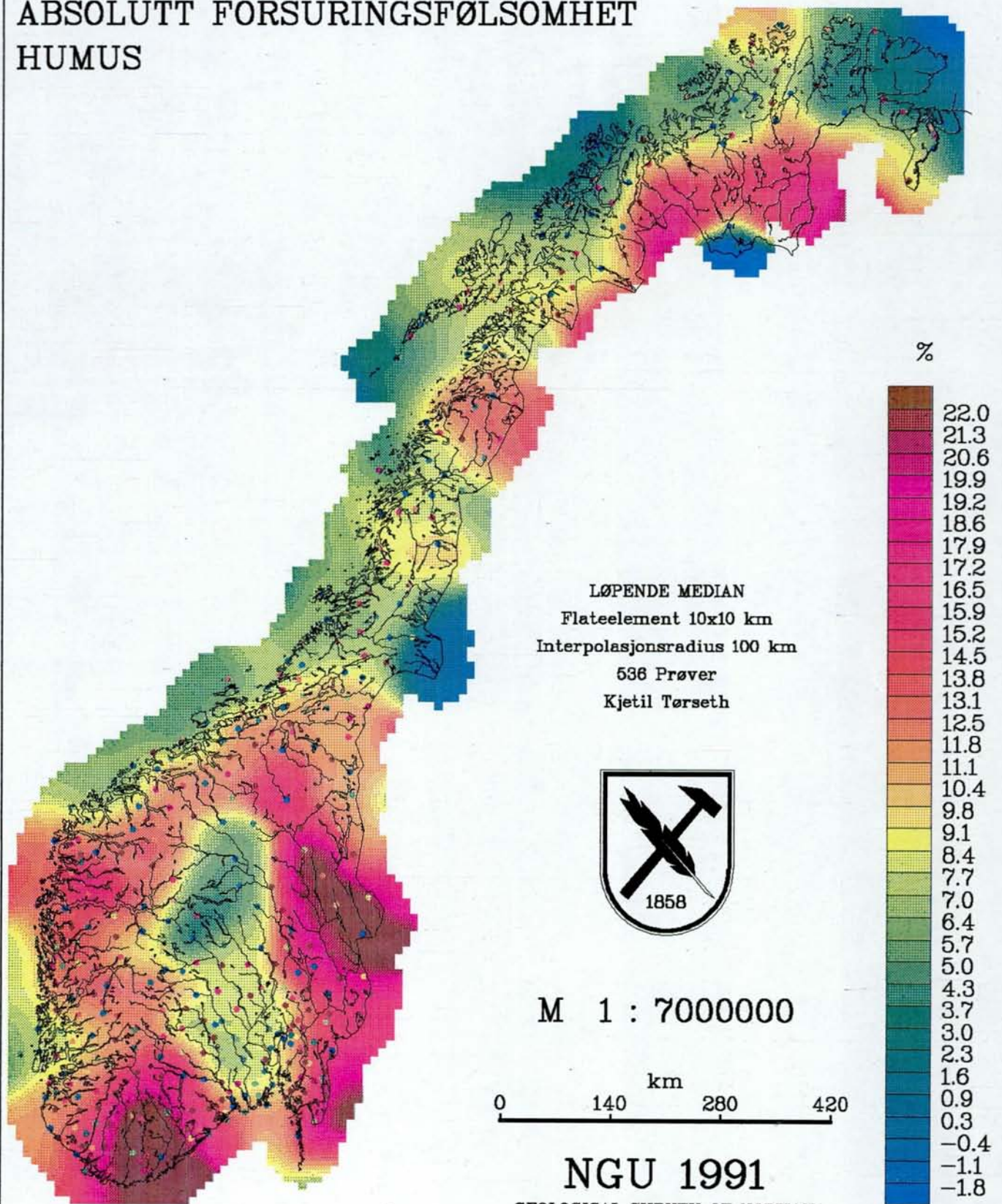
NGU 1991

GEOLOGICAL SURVEY OF NORWAY

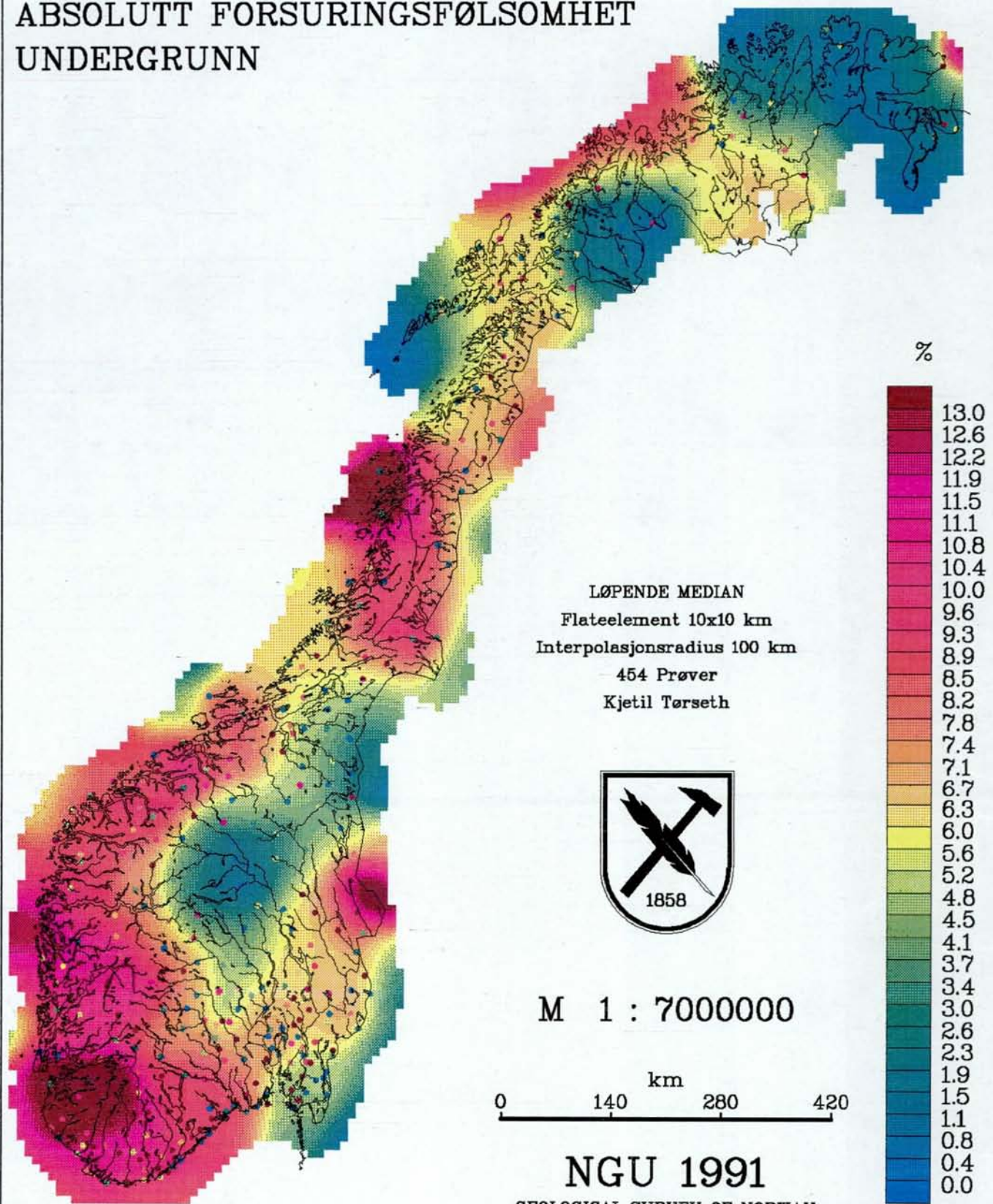
**FORSURINGSSTATUS
UNDERGRUNN
pH I VANNOPPSLEMMING**



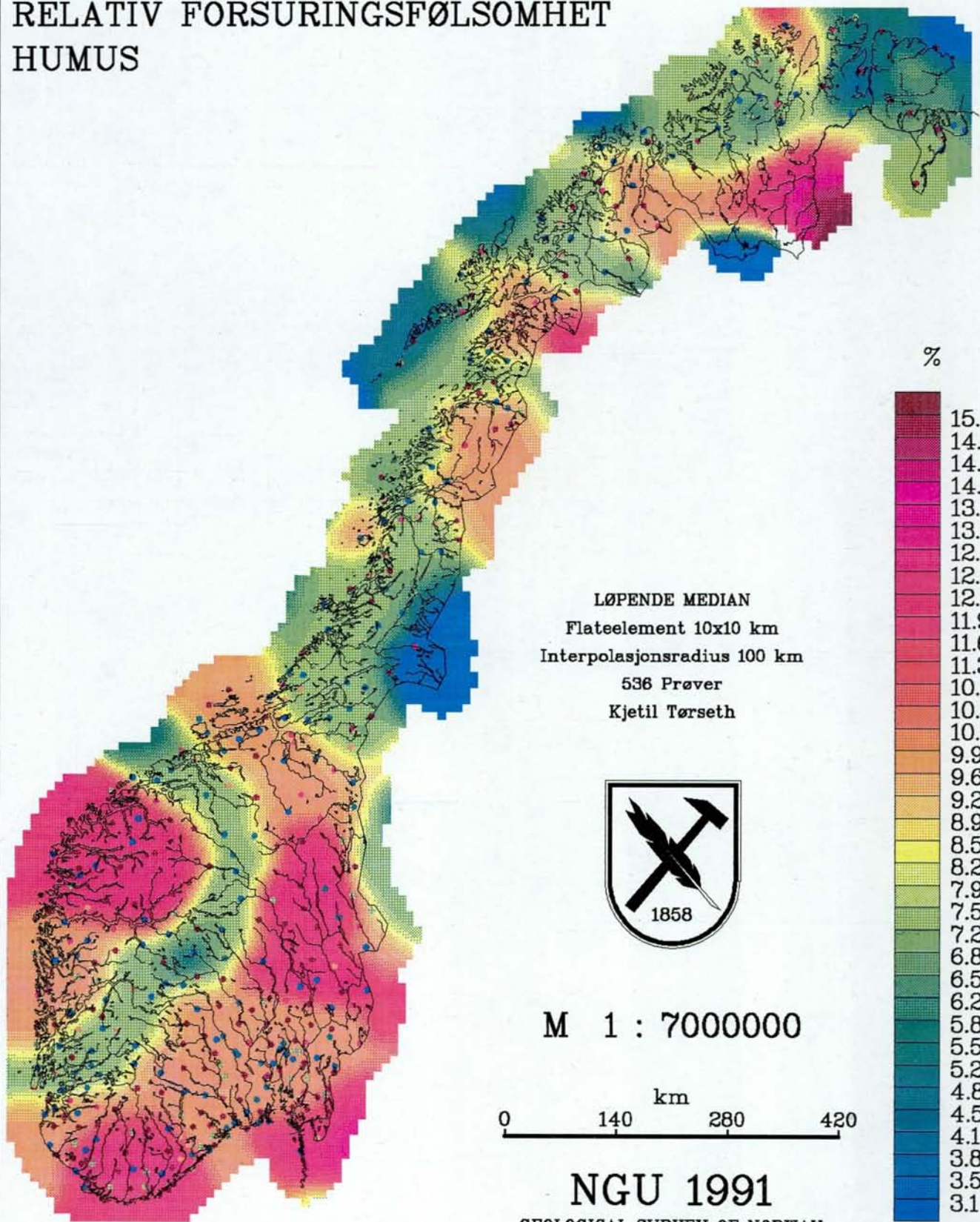
ABSOLUTT FORSURINGSFØLSOMHET HUMUS



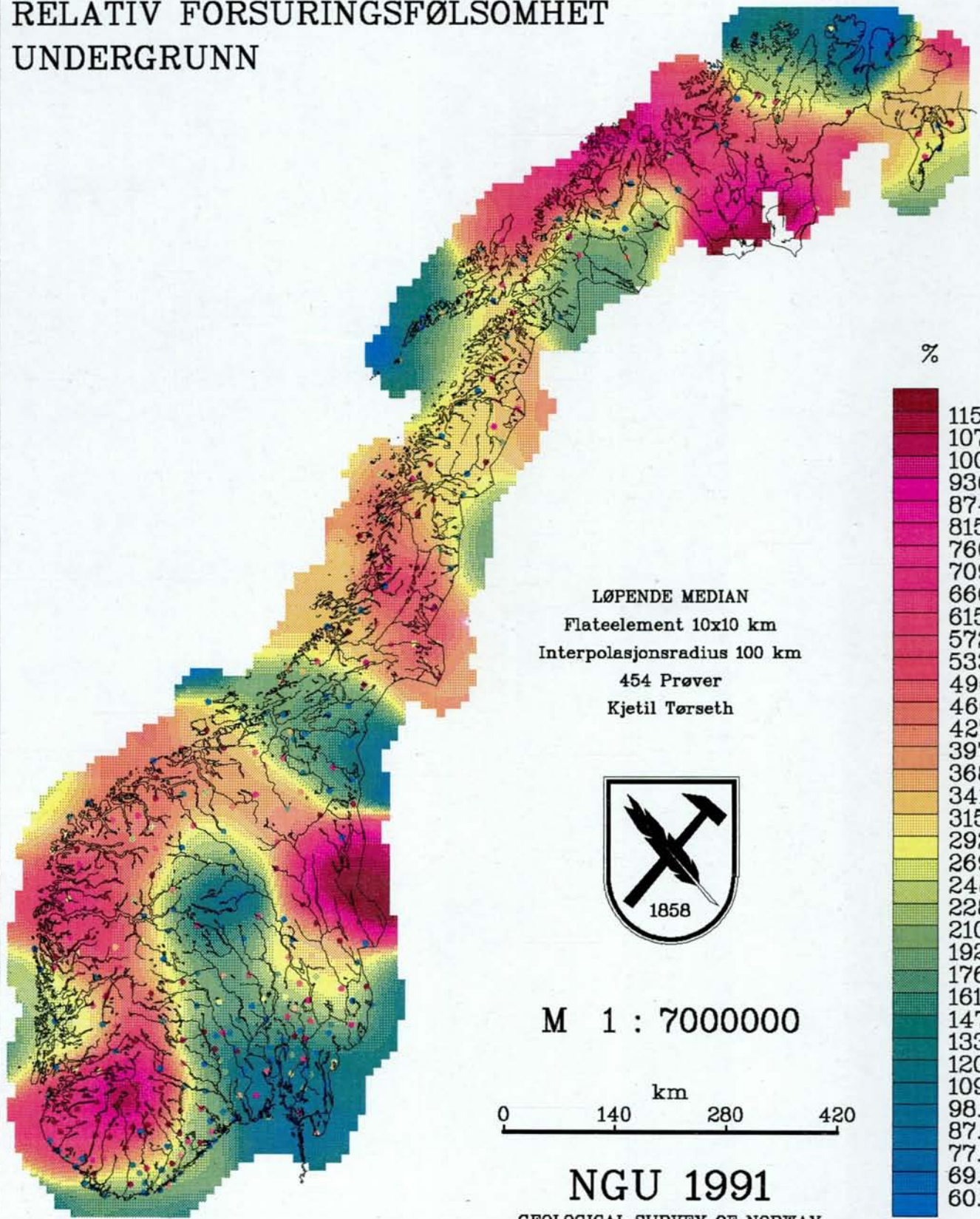
ABSOLUTT FORSURINGSFØLSOMHET UNDERGRUNN



RELATIV FORSURINGSFØLSOMHET HUMUS



RELATIV FORSURINGSFØLSOMHET UNDERGRUNN



4.3 LEDNINGSEVNE OG UTLUTNING AV KATIONER

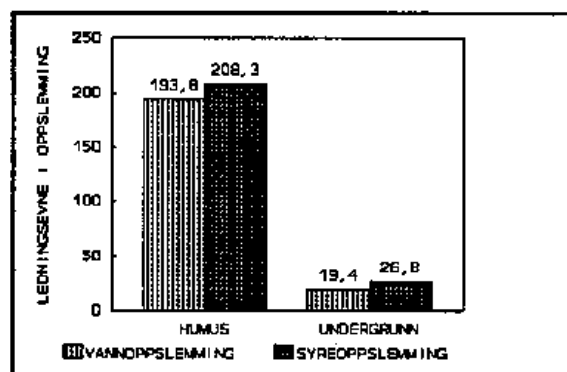
4.3.1 LEDNINGSEVNE

Fullstendig oversikt er vist i vedlegg 8, tabell 12-13.

- Gjennomsnittlig ledningsevne i humusprøver er omlag 10 ganger høyere enn i undergrunnsprøvene.

Ved syreoppslemming øker ledningsevnen gjennomsnittlig med 8 % for humus og 38 % for undergrunnsprøver. For ledningsevne korrigerert for H⁺ er tilsvarende økning hhv. 7 % og 27 %.

Parvis T-test viser at det er signifikant ($P < 0.001$) forskjell mellom ledningsevne i oppslemminger av vann og pH 4 syre i begge sjikt.



Figur 12 LEDNINGSEVNE (μS)
Gjennomsnitt 536 humusprøver og
455 undergrunnsprøver.

- Korrelasjonen mellom ledningsevne i vannoppslemming og ledningsevne i syreoppslemming for humusprøver er meget høy ($r=0.97$). I C-sjiktet er korrelasjonen noe lavere ($r=0.89$).

- Det er meget høy korrelasjon mellom målt ledningsevne og ledningsevne korrigerert for H⁺, (humus; $r=0.86$, undergrunn; $r=0.99$).

- Ledningsevne korrigerert for H⁺ viser følgende mønstre.

I humus er ledningsevnen lav over hele Østlandet og i hele Finnmark. Den høyeste ledningsevnen finner en fra Trøndelag til Troms. Det er stor variasjon i ledningsevnen i humus.

Det er ingen klar kyst/innlandsgradient (Figur 17).

I undergrunnen er variasjonen mindre. Her er ledningsevnen høyest på Østlandet, Sørlandet og i Finnmark. Dette er omvendt av mønsteret for humusprøver. Alle områder med høy ledningsevne ligger nær kysten (Figur 18).

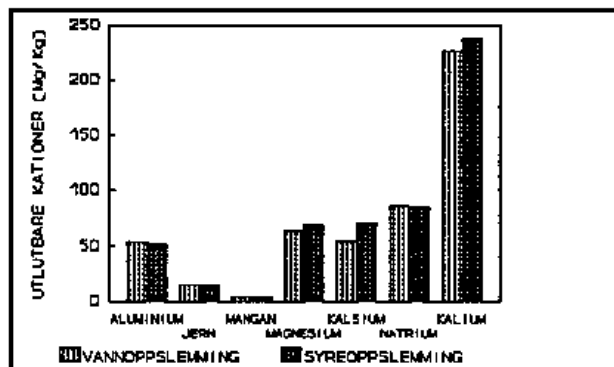
4.3.2 UTLUTBAR Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na OG K

Fullstendig oversikt er vist i vedlegg 8, tabell 12-13.

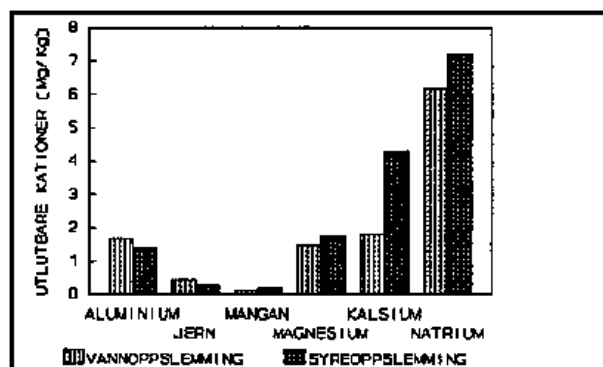
- Ekstraherbare mengder av Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na og K er i gjennomsnitt vesentlig høyere i humus-prøver enn i C-sjiktet. Utlutningen øker fra vann- til syreoppslemming for alle kationer unntatt Fe. Størst er økningen for Mg, Ca og Mn.

Parvis Wilcoxon-test viser at det for Al og Fe i humus er ikke er signifikant ($P > 0.10$) forskjell mellom konsentrasjonene i vannoppslemming og i syreoppslemming. I undergrunnen er det signifikant forskjell for alle elementer unntatt Al.

I undergrunnsmaterialet er det for enkelte elementer lavere konsentrasjoner enn deteksjonsgrensen. Kalium er av den grunn utelatt (deteksjonsgrense 2 mg/kg). For undergrunnprøver er det derfor ett lavere antall prøver lagt til grunn for tolkningene enn for humus. Dette svekker signifikansnivået slik at direkte sammenligning mellom undergrunn og humus ikke må gjøres ukritisk.



Figur 13 Medianverdier for utlutning av kationer i humusprøver (mg/kg).



Figur 14 Medianverdier for utlutning av kationer i undergrunnsprøver (mg/kg).

- Det er høy korrelasjon mellom vannløslige og syreløselige konsentrasjoner for alle undersøkte elementer (humus; $r > 0.99$, undergrunn; $r > 0.78$).

- Utlutbare kationer er ikke kartfremstilt da antall prøver analysert er for lavt.

Regionale forskjeller i jordprøvers innhold av lettløselige basekationer er tilnærmet ved ledningsevne korrigert for H^+ (Figur 17-18).

4.3.3 INNBYRDES KORRELASJONER MELLOM VANNLØSELIGE KATIONER

Fullstendig oversikt er vist i vedlegg 9, tabell 19-20.

Det er meget høy korrelasjon mellom utlutbare mengder av Al og Fe ($r > 0.71$) i begge sjikt.

Det er også innbyrdes korrelasjon mellom de ulike basekationer (humus; $r > 0.28$, undergrunn; $r > 0.48$).

4.3.4 RELATIV ENDRING I LEDNINGSEVNE (L_r)

Fullstendig oversikt er vist i vedlegg 8, tabell 14.

- L_r er for humus i gjennomsnitt 8 %, og for undergrunnsprøver 44 %.
 - Det er meget høy korrelasjon mellom L_r og L_r korrigert for H^+ (Humus; $r=0.88$, undergrunn; $r=0.85$).
 - L_r korrigert for H^+ varierer mindre i humus enn i undergrunnen.
- I **humus** er endringen størst rundt Oslofjorden, i Buskerud, Oppland og i Trøndelag. Minst endring er det i de nordlige deler av Vestlandet, i Nordland og i Troms (Figur 19).
- I **undergrunnen** er endringen minst i Vest-Agder og i Rogaland. Størst endring er det i Troms (Figur 20).

4.3.5 SAMMENHENGER MELLOM LEDNINGSEVNE OG RELATIV LEDNINGSEVNE-ENDRING (L_r)

Fullstendig oversikt er vist i vedlegg 9, tabell 15-18.

L_r viser høy negativt korrelasjon med ledningsevne i begge sjikt (humus; $r=-0.41$, undergrunn; $r=-0.58$).

4.3.6 RELATIV ØKNING I UTLUTNING AV KATIONER

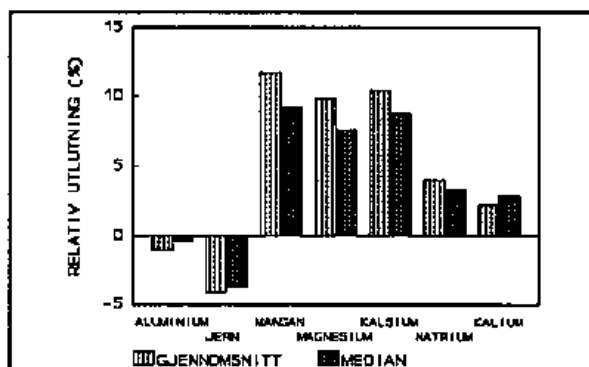
Fullstendig oversikt er vist i vedlegg 8, tabell 14.

- Humus: Gjennomsnittsverdier for økning i utlutning av Mg, Ca og Mn ligger rundt 10 %. Gjennomsnittlig økning i utlutning av Na er 4 % og for K 2%. For Al er det ingen signifikant økning, mens for Fe er det gjennomsnittlig en negativ økning i utlutning på -4 %.

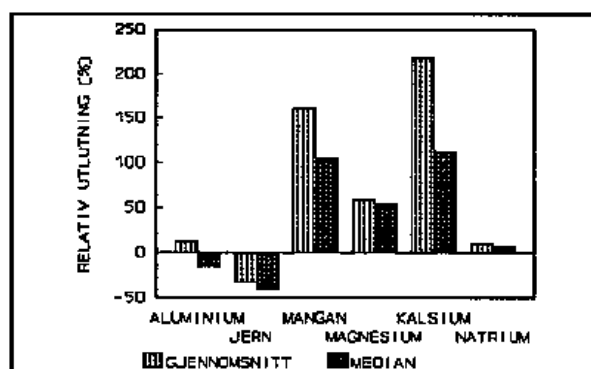
Undergrunn: Gjennomsnittsverdier for økning i utlutning er for Mg 58%, Ca 218 %, Mn 160 %, Na 10 %, Al 12 % og Fe -33 %.

K verdier i C-sjiktet ligger under deteksjonsgrensen for analysemetoden.

- Økning i utlutning av kationer er ikke kartfremstilt da antall prøver analysert er for lavt. Regionale forskjeller i jordprøvers relative økning i utlutning av basekationer er tilnærmet ved relativ ledningsevneendring korrigert for H⁺ (Figur 19-20).



Figur 15 RELATIV UTLUTNING Gjennomsnitt humusprøver.



Figur 16 RELATIV UTLUTNING, Gjennomsnitt undergrunn.

4.3.7 KORRELASJONER MELLOM VANNLØSELIG OG RELATIV ØKNING I UTLUTNING AV KATIONER

Fullstendig oversikt er vist i vedlegg 9, tabell 25-26.

Relativ økning i utlutning av kationer korrelerer positivt med vannløselig konsentrasjon av kationet for Al i humus. Det er negativ korrelasjon mellom vannløselig mengde og økning i utlutning for Mn, Mg og Na i humus, og Fe, Mn, Ca og Na i undergrunnen. For Ca er korrelasjonen sterkt negativ i undergrunnen ($r=0.70$), men ikke signifikant i humus. For Mg er korrelasjonen negativ i humus ($r=0.33$) men ikke signifikant i undergrunnen.

Det er imidlertid et lavere prøveantall i undergrunnen, noe som innvirker på signifikansnivået.

4.4 SAMVARIASJON MELLOM FORSURINGSFØLSOMHET OG UTLUTNING AV KATIONER

4.4.1 FORSURINGSFØLSOMHET OG RELATIV LEDNINGSEVNE-ENDRING

Fullstendig oversikt er vist i vedlegg 9, tabell 15-18.

Ledningsevne er negativt korrelert med pH i vannoppslemming i begge sjikt (humus; $r=-0.46$, undergrunn; $r=-0.17$). Ved å korrigere for bidraget av H^+ -ioner til ledningsevnen er det ingen signifikante korrelasjoner mellom pH og ledningsevne.

Det er ikke signifikante korrelasjoner mellom L_R og F_A eller F_R i humus.

I undergrunnen er det en svak positiv korrelasjon mellom L_R og F_A ($r=0.14$), og L_R og F_R ($r=0.12$).

4.4.2 KORRELASJONER MELLOM VANNLØSELIGE KATIONER OG MÅLTE/BEREGNEDE PARAMETRE

Fullstendig oversikt er vist i vedlegg 9, tabell 21-22.

- **pH** i vannoppslemming er negativt korrelert med Al i begge sjikt.

pH er høyt positivt korrelert med Mn i humus, men ikke korrelert i undergrunnen.

Det er positiv korrelasjon mellom pH og Ca i humus, og negativ korrelasjon i undergrunnen.

Na er negativt korrelert med pH i begge sjikt.

pH er svakt positivt korrelert med *bases* i humus ($r=0.19$), mens det i undergrunnen ikke er signifikant korrelasjon.

- **F_A** er svakt negativt korrelert med Mn i humus. Ellers ingen signifikante korrelasjoner.

I undergrunnen er F_A negativt korrelert med Mg og Na.

F_A er negativt korrelert med *bases* i undergrunnen ($r=-0.41$).

- **F_R** er svakt negativt korrelert med Mg og Ca i humus og undergrunn. Det er høy negativ korrelasjon mellom F_R og Na i undergrunnen, men ingen signifikant korrelasjon i humus.

F_R er negativt korrelert med *bases* i undergrunnen ($r=-0.54$).

- **Ledningsevne** er høyt korrelert med alle basekationer i både humus og undergrunn.

I humus er det ingen korrelasjon med Al, mens i undergrunnen er det høy positiv korrelasjon.

Ledningsevne korrigeret for H^+ er høyt positivt korrelert med *bases* i begge sjikt (humus; $r=0.69$, undergrunn; $r=0.48$).

- **L_R** er negativt korrelert med Al, Mg og K i humus, og med Al, Ca og Na i undergrunnen.

Ellers ingen signifikante korrelasjoner.

4.4.3 KORRELASJONER MELLOM RELATIV ØKNING I UTLUTNING AV KATIONER OG MÅLTE/BEREGNEDE PARAMETRE

Fullstendig oversikt er vist i vedlegg 9, tabell 23-24.

- pH er høyt negativ korrelert med F_{Al} og F_{Fe} i begge sjikt.

Det er ingen signifikante korrelasjoner mellom relativ økning i utlutning av basekationer og pH i humus. I undergrunnen er det positiv korrelasjon for alle basekationer.

Det er ikke signifikant korrelasjon mellom pH i humus og F_{BASE} . I undergrunnen er det høy positiv korrelasjon ($r=0.52$).

- F_A er positivt korrelert med F_{Al} og F_{Fe} , F_{Mg} , F_{Ca} og F_{BASE} i humus.

I undergrunnen er korrelasjonen negativ for F_{Mg} og F_{Ca} . Det er ikke signifikant korrelasjon mellom F_A og F_{BASE} i undergrunnen.

- F_R er positivt korrelert med relativ økning i utlutning av Al og Fe i begge sjikt. Relativ økning i utlutning av Mg og Ca er positivt korrelert med F_R i humus og negativt korrelert i undergrunnen. Det er ikke signifikant korrelasjon mellom F_R og F_{BASE} i noen sjikt.

- **Ledningsevne** er negativt korrelert med F_{Na} i humus, og med alle basekationer i undergrunnen. Det er negativ korrelasjonen mellom korrigert ledningsevne og F_{BASE} i undergrunnen, mens det i humus ikke er signifikant korrelasjon.

- L_R viser høy positiv korrelasjon med relativ økning i utlutning av basekationer i begge sjikt (humus; $r > 0.41$, undergrunn; $r > 0.28$).

Det er høy positiv korrelasjon mellom L_R korrigert for H^+ og F_{BASE} i humus men lav korrelasjon i undergrunnen (humus; $r=0.61$, undergrunnen; $r=0.20$).

Relativ økning i utlutning av kationer er positivt korrelert med glødetap for alle elementer untatt Na og K som viser svak negativ korrelasjon. F_{BASE} korrelerer også positivt med glødetap ($r=0.34$).

4.4.4 KORRELASJONER MELLOM GLØDETAP OG MÅLTE/BEREGNEDE PARAMETRE I HUMUS

Fullstendig oversikt er vist i vedlegg 9, tabell 27.

H^+ -konsentrasjon og ledningsevne viser høy positiv korrelasjon med glødetap.

F_A er positivt korrelert, mens F_R ikke viser signifikante korrelasjoner.

L_R er negativt korrelert med glødetap.

Fe og Mn er negativt korrelert, mens Mg, Na og K er positivt korrelert med glødetap.

Ca viser ingen signifikant korrelasjon.

KAPITTEL 5. DISKUSJON

5.1 METODEVURDERING

Resultatene viser at repeterbarhet og reproduserbarhet for målte og beregnede parametre gjennomgående er bedre i humus enn i undergrunnen.

Både repeterbarhet og reproduserbarhet av ledningsevne- og pH-målinger er god. Den usikkerhet som finnes ved bestemmelse av enkeltmålingene medfører vesentlig dårligere repeterbarhet og reproduserbarhet for beregnede parametre. Dette skyldes at de beregnede parametre vil påvirkes av feil fra flere enkeltmålinger. Reproduserbarheten for enkeltmålinger av ledningsevne og pH er noe dårligere enn repeterbarheten. Dette sammen med lavere prøveantall medfører at det ikke er signifikante korrelasjoner for beregnede parametre. Dette bekreftes av spredningsdiagram i vedlegg 5.

Også kationanalyser viser dårlig reproduserbarhet. Manglende korrelasjon for relativ økning i utlutning av basekationer i humus, skyldes den lave reproduserbarheten for vann- og syreløselige basekationer.

Repeterbarheten for målte og beregnede parametre viser at presisjonen i dette forsøket er god nok for å kunne studere regionale forskjeller i surhet, følsomhet for forsuring og effekter av jordforsuring. Den lave reproduserbarheten for beregnede parametre og lettløselige basekationer vanskeliggjør sammenligning av resultater mellom de ulike forsøk.

Det er flere momenter som kan forklare usikkerheten ved metoden og den lave repeterbarhet og reproduserbarhet som er påvist i denne oppgaven:

Det benyttes sterkt fortynnede løsninger med lav og innbyrdes varierende ionestyrke. pH i undergrunns materialet ligger i tillegg i ett område med lav bufferkapasitet. Dette vil medføre ustabile ledningsevne- og pH-målinger. Den høyere ionestyrke og lavere pH i humus enn i undergrunns materialet antas å være hovedforklaringen for den høyere repeterbarhet og reproduserbarhet observert i humus i forhold til i undergrunnen.

Svak samvariasjon mellom målinger i dette forsøket og de målinger som ble utført på de samme prøver av NGU (Bølviken et al., 1990), kan skyldes at prøvematerialets egenskaper har blitt endret ved lagring, eller være forårsaket av de endringer som er foretatt i metoden (se kap. 3.3).

Endring i prøvematerialet under lagring kan ikke forklare den dårlige reproduserbarhet for jordprøvenes innhold av lettløselige basekationer. Av den grunn antas endringene i metoden å være hovedårsak til den lave reproduserbarheten for alle undersøkte parametre.

Muggdannelse i ekstrakter kan være en viktig faktor for å forklare den lav reproduserbarheten for kationanalyser. Ved NGU's analyse for Nord-Trøndelag (Bølviken et al., 1991), ble det også reanalysert prøver fra 1990-undersøkelsen og funnet tilsvarende nivåforskjeller.

Dette viser at endringene i metoden har medført bedre analyser.

Dekantering av undergrunnsprøver er å foretrekke fremfor filtrering. Samvariasjonen vil ikke påvirkes dersom en antar at en innfører en systematisk feil ved å filtrere. Derimot vil en kunne få nivåforskjeller f.eks. som følge av syrerester i filtrene. Humusprøver må filtreres da deler av materialet flyter. Humusprøver vil imidlertid være mindre utsatt for nivåendringer pga. lavere pH og høyere ionestyrke.

Andre feilkilder ved metoden:

Da det for hver lokalitet kun er analysert en prøve hhv. i vann- og syreoppslemming vil unøyaktigheter i innvekt og partikkelstørrelse kunne gi resultater som ikke er representative for prøvestedet.

Prøvematerialet er ikke så veldefinert som ønskelig. I noen jordprøver kan det være materiale som tildels tilhører ett annet sjikt, slik at en får egenskaper som ikke er representative for det jordsjikt en ønsker å analysere.

Sikting mindre enn 2 mm vil medføre at det for enkelte jordprøver analyseres meget finfordelt materiale, mens materialet i andre jordprøver består av større korn. Dette vil innvirke på det totale overflateareal der kjemiske reaksjoner kan finne sted.

Unøyaktigheter ved kalibrering av måleutstyr er en annen feilkilde. Da prøvene er analysert i tilfeldig rekkefølge vil systematiske feil av denne type få en tilfeldig geografisk fordeling.

Kontrollmålinger og gjentatte kalibreringer av måleinstrumentene ble regelmessig foretatt for å redusere faren for kalibreringsfeil.

Det er i dette arbeidet utført ca. 2000 oppslemminger og 4000 enkeltmålinger. Nøyaktigheten ved bestemmelse av hver enkelt måleverdi kan nok av den grunn være noe redusert for å kunne øke effektiviteten. Denne feilkilden antas imidlertid å være av mindre betydning.

5.2 SURHET OG FORSURINGSFØLSOMHET.

pH i humus er vesentlig lavere enn i undergrunnen og i gjennomsnitt noe lavere enn i den tilsatte syre. For de analyserte humusprøver er gjennomsnittlig endring fra vann- til syreoppslemming bare 0.03 pH-enheter. Dette viser at pH endres lite ved tilsats av pH 4 syre, og dette medfører at korrelasjonen mellom pH i vann- og syreoppslemming blir høy. Årsak til den lille endringen skyldes buffervirkning ved det organiske materialet. I de områder der pH endres minst vil det være vanskelig å registrere endring som kan tilskrives kationbytte- og forvitningsreaksjoner. I humus vil ionebyttereaksjoner dominere. Dette er raske reaksjoner. Det vil i liten grad være forvitring. Undergrunns materialet har vesentlig lavere ionebyttekapasitet enn humus, og forvitningsreaksjoner vil være av størst betydning. Da reaksjonstiden er kort og syrestyrken relativt lav vil det ikke skje særlig forvitring. Dette kan forklare hvorfor pH i undergrunnen endres i større grad fra vann- til syreoppslemming. Som følge av den større pH-endringen og den større variasjonen i pH, vil korrelasjonen mellom pH-målinger i vann- og syreoppslemming være lavere enn i humus.

Sigevann som treffer sjiktene under humusen vil være påvirket etter å ha reagert med humusen. Dersom sigevannet inneholder mobile anioner vil pH i de underliggende sjikt bli lav selv om pH i nedbør er høy pga. det organiske materialets buffervirksomhet. Dersom pH i den sure nedbør er lavere enn pH i humus vil pH i sigevannet øke og derfor ha en minsket ekstraksjonsevne i forhold til det sur nedbør ville hatt ved direkte innvirkning. I områder med tykt humusdekke vil pH i sigevannet ikke endres vesentlig ved en økt forsuring av nedbøren. Forsuringsfølsomhet bør av den grunn sees i sammenheng med sjikt-tykkelse. Det vil være proporsjonalitet mellom sjikt-tykkelse og total syrenøytraliserende evne.

I gjennomsnitt er F_A større i humus enn i undergrunnen, selv om gjennomsnittlig pH-endring fra vann- til syreoppslemming er størst i undergrunnen. Dette kan skyldes at det for humusprøver vil være en mindre del av H^+ -ionene som har reagert med prøven da opprinnelig pH er lav.

F_R er vesentlig større i undergrunnen enn i humus. F_R angir den relative endringen i $[H^+]$ i forhold til i vannoppslemming. Denne vil som forventet være større i undergrunnen da pH endres mest her.

Til tross for at det i humus er tildels lav korrelasjon mellom forsuringfølsomhet (F_A og F_R) og forsuringstatus (pH) ($r < -0.36$), indikerer de geokjemiske kart sammenfallende mønster for disse parametre. Den lave korrelasjonen antas å være forårsaket av ekstremverdier. Disse vil ikke påvirke geografiske mønstre ved kartfremstilling som løpende veid median (kap. 3.4.6). Videre er det ved korrelasjonsanalysen studert hele materialet under ett, mens de geokjemiske kart viser områder der samvariasjonen er høy.

Det er i humus ingen iøynefallende sammenhenger mellom pH eller forsuringfølsomhet med kart over berggrunn eller kvartærgeologi.

I undergrunnen er det lav pH og høy forsuringfølsomhet (F_A) på Sørlandet. Dette er områder hvor berggrunnen domineres såkalte grunnfjellsbergarter som granitt, gabbro og gneis (Siegmund, 1985). Disse forvitres langsomt.

Områder i Hedmark og i Finnmark med høy pH i undergrunnen faller delvis sammen med områder der berggrunnen består av omdannede sedimentære bergarter (i hovedsak sandstein) (Thoresen, 1990). Erosjon av disse bergartene har medført mektige løsmasser av morene i disse områder. Det antas at løsmassedekket i Hedmark av den grunn vil bestå av mer finfordelt materiale enn hva tilfelle er f.eks. på Sørlandet.

En tydelig avtagende pH i humus med økende avstand fra kysten fremtrer nord for Møre og Romsdal. Tilsvarende synes F_A og F_R å være lavere langs kysten enn i innlandet.

Dette er som forventet da det i de kystnære områder vil være større tilførsel av basekationer med nedbør. Saltinnholdet i prøvene vil virke inn på forsuringstatus og forsuringfølsomhet.

Årsaken til at det ikke er observert tilsvarende mønster på Vestlandet og på Sørlandet er trolig at disse områder er utsatt for økt utvasking som følge av sur nedbør.

Klima og vegetasjonsforskjeller kan også være en medvirkende faktor for å forklare fordelingen av forsuringstatus og forsuringfølsomhet. De indre deler av Østlandet er i hovedsak dekket av barskog og dette kan være en faktor som forklarer lavere pH her enn på Sørlandet som i større grad er dekket av løvskog (Holtan, 1996).

Jordprøvens innhold av organisk materiale påvirker også surhet og forsuringfølsomhet. Samvariasjonen mellom pH og glødetap viser at pH er lav i jordprøver med mye organisk materiale. I fjelltraktene i Oppland og Buskerud kan tykkelsen av humusdekket være en forklaring på høy pH og lav forsuringfølsomhet i humus.

Det er sammenfallende mønster mellom forsuringstatus, F_A og F_R med svoveltilførsler i Sør-Norge. Lav pH i humus på Sørlandet kan være en effekt av sur nedbør. Imidlertid er de laveste pH verdier observert i Hedmark, og pH i de indre deler av Troms er like lav som på Sørlandet. Disse områder er i mindre grad utsatt for sur nedbør. Videre er det lav pH i undergrunnen på Sørlandet, og i store deler av Østlandet. Det er av den grunn vanskelig vite i hvor stor grad den lave pH på Sørlandet representerer naturforholdene. Lav pH i undergrunnen viser ingen klar sammenheng med svoveltilførsler. Antropogen forsuring av undergrunnen er imidlertid vist av flere (Tamm og Hallbäck (1988), Dahl (1988), Falkengren-Grerup & Eriksson (1990)).

NGU har tidligere vist at både forsuringstatus og forsuringfølsomhet (F_R) i Nord-Trøndelag er større enn i Sør-Norge for alle sjikt. Dette tolkes som en konsekvens av at sur nedbør allerede har medført en senkning i pH i forhold til naturtilstanden (Bølviken, 1991). Resultatene i denne undersøkelsen indikerer at F_R i humus er lavere i Nord-Trøndelag enn i Sør-Norge. I tillegg viser F_R relativt høye verdier i områder som også antas å være lite påvirket av sur nedbør (f.eks. Sør-Trøndelag). Tilsvarende fordelinger er også funnet for F_A og forsuringstatus. Dette indikerer at naturforholdene spiller en meget viktig rolle for de geokjemiske fordelingsmønstre, og at de regionale fordelinger ikke uten videre kan betegnes som et resultat av antropogen forsuring.

5.3 LEDNINGSEVNE OG UTLUTNING AV KATIONER

Det er i gjennomsnitt vesentlig høyere ledningsevne i humus enn i undergrunnen. Dette viser at det er høyere ionestyrke i oppslemminger av humus. Økning i ledningsevne fra vann- til syreoppslemming er størst i undergrunnen. Ledningsevne korrigert for H^+ viser tilsvarende økning. Økningen skyldes derfor ikke H^+ -ioner fra tilsatt syre, men representerer utløste ioner fra kationbyttereaksjoner eller forvitring.

De mengder kationer som er utlutbare med vann eller syre er vesentlig høyere i humus enn i undergrunnen. Dette gjenspeiler resultatene for ledningsevne. Det er økning i utlutning for alle kationer unntatt Al og Fe. Disse ioner antas i mindre grad å delta i ionebytte reaksjoner med H^+ , men løseligheten vil være bestemt av pH. Da pH i humus endres lite vil løselighet av Al være tilnærmet uforandret. Resultatene for undergrunnen indikerer også at Al i liten grad deltar i ionebyttereaksjoner. Her endres pH som følge av tilsatt syre og det er liten grad av forvitring.

I humus vil tilsatt syre innstilles i likevekt med H^+ , Al^{3+} og basekationer i ionebytteposisjon på det organiske materialet. I undergrunnen vil det i hovedsak være forvittringsreaksjoner der basekationer utløses.

I undergrunnen er det observert økt løselighet av Fe fra syre- til vannoppslemming. Dette stemmer overens med resultater fra tidligere analyser (Ryghaug et al., 1990, Amundsen, 1991).

Resultatene fra denne undersøkelsen kan ikke gi forklaring på jernets reaksjon, men kompleksbinding eller fellingsreaksjoner antas å være av betydning.

Kalium er dominerende basekation i oppslemminger av humus. Dette forklarer den høye samvariasjonen mellom ledningsevneparametre og utlutning av kalium. I undergrunnen er imidlertid kaliumkonsentrasjonene lavere enn deteksjonsgrensen for analysemetoden. Kalium synes av den grunn å sirkuleres i de øvre jordsjikt.

I undergrunnen dominerer natrium i oppslemmingene. Av den grunn er korrelasjonen med ledningsevnen høyest for Na. Natrium antas å tilføres med nedbør.

Forholdet mellom lettløselig magnesium og kalsium er omtrent likt i begge sjikt.

Økningen i utlutning fra vann- til syreoppslemming er imidlertid ulik for disse elementer. I humus øker utlutningen med omtrent 10 % for både Mg og Ca. Dette medfører at disse elementer vil være utsatt for utvasking fra humussjiktet. I undergrunnen er det vesentlig høyere økning i utlutning av Ca enn Mg. Utlutningen av Ca i undergrunnen kan gi økt tilgjengelighet for transport oppover i jordprofilen. I humus er Mg-utlutning størst der innholdet av vannløselig Mg fra før er lite, mens det i undergrunnen ikke er signifikant samvariasjon. For Ca er det ingen samvariasjon i humus, mens det i undergrunnen er stor Ca-utlutning der innholdet av vannløselig Ca er lite. Dette bekrefter tidligere antagelser om at sur nedbør fattig på basekationer kan medføre skadelig underskudd av magnesium i de øvre jordsjikt (Abrahamsen et al., 1987, Bølviken et al., 1990, 1991).

Høy korrelasjon mellom ledningsevne og ledningsevne korrigert for H^+ i undergrunnen ($r=0.86$) medfører at en ved kartfremstilling vil få meget like fordelingsmønstre.

Den høyere korrelasjon mellom ledningsevne og korrigert ledningsevne i humus enn i undergrunnen skyldes at H^+ -konsentrasjonen i undergrunnen er lavere og korreksjonen av den grunn blir mindre. Korrelasjonen med summen av basekationer (*bases*) er god og omtrent lik for begge disse parametre i begge sjikt, selv om en ved korrigeringen for H^+ bringer inn en ekstra feilkilde.

For ledningsevne korrigert for H^+ er korrelasjonen med *bases* god i begge sjikt (humus; $r=0.69$, undergrunn; $r=0.48$). Dette indikerer at en ved å kartfremstille ledningsevne korrigert for H^+ på en enkel måte kunne tilnærme regionale forskjeller i innholdet av lettløselige basekationer.

Høy korrelasjonen mellom korrigert og ukorrigert ledningsevne-endring ($r>0.85$) medfører sammenfallende regionale fordelinger av disse parametrene. Som ved tilnærmingen til *bases* (over) er det valgt å benytte korrigerte data ved kartfremstilling.

Da L_R korrigert for H^+ er høyt korrelert med F_{BASE} i humus ($r=0.61$), vil kart over L_R gjenspeile regionale forskjeller i relativ økning i utlutning av basekationer. I undergrunnen er det imidlertid svak korrelasjon ($r=0.20$), og det vil av den grunn være stor usikkerhet ved å benytte L_R for å anslå fordelinger av økning i utlutning av basekationer i undergrunn. Dette er trolig en effekt av den noe lavere korrelasjon for korrigert ledningsevne med *bases*, som skyldes at det for en stor del av undergrunnsprøvene er lavere innhold av basekationer enn deteksjonsgrensen (særlig K og Mg). Korrelasjon ville trolig bli bedre ved sterkere syre tilsatt eller lengre reaksjonstid (Amundsen, 1991). Meget liten variasjon i verdier for ledningsevne i undergrunns materialet medfører i tillegg at andre feilkilder blir av større betydning.

Det er i dette arbeidet ikke analysert med hensyn på anioner og det forutsettes at ledningsevnen forårsaket av anioner er lik i alle prøver. Ulikt innhold av organiske syrer i humus vil være en faktor som gir variasjon i anionbidraget.

Det er derfor stor usikkerhet ved bestemmelse av utlutning av basekationer fra pH- og ledningsevne-data. Resultatene indikerer at regionale forskjeller i innholdet av lettløselige basekationer vil fremtre ved fremstilling på geokjemiske kart.

Området med høy ledningsevne i humus fra Sør-Trøndelag til Troms faller sammen med et område der berggrunnen består av kambro-siluriske bergarter. For en stor del er disse bergartene fyllitt, glimmerskifer og kalkstein. Dette er bergarter som forvitrer lett og vil kunne gi god tilgjengelighet av basekationer. En skulle forvente å finne tilsvarende høy ledningsevne i undergrunnen. Dette er ikke påvist.

Høy ledningsevne i undergrunnen rundt Oslo-fjorden faller sammen med marine avsetninger. Store deler av Østlandet og Trøndelag ligger under marin grense og marine salter kan være en faktor for å forklare høy ledningsevne. Det er også tildels sammenfallende høyområder for ledningsevne med Oslofeltet. Her består berggrunnen av permiske eruptivbergarter med innslag av kambro-silurbergarter.

Området med lav ledningsevne nord i Hedmark faller sammen med det området der det er observert høy pH. Dette er motsatt av forventet dersom en antar at basekationer er en forklarende faktor for høy pH. Verdier for enkeltlokaliteter indikerer at dette er et signifikant mønster da det ikke er observert avvik fra medianverdien (se kap 3.4.6). Berggrunnen i området består av sandstein og kvartsitter og er svært resistent mot forvitring. Lav ledningsevne er derfor å forvente her.

Liten variasjon for ledningsevne i undergrunnen kompliserer tolkningene.

Det er i humus ikke observert noen klar sammenheng mellom avstand fra kysten og korrigeret ledningsevne. Dette er ikke som forventet da tilførsel av basekationer med nedbør er størst langs kysten og en skulle forvente høyere saltinnhold. Imidlertid vil ledningsevnen i oppslemminger av humus delvis være forårsaket av organiske syrer noe som kan påvirke den regionale fordeling.

Bidrag fra andre anioner kan også være en faktor som kompliserer tolkningen.

Området i Oppland og Buskerud med lav ledningsevne og høy relativ ledningsevne-endring i humus faller sammen med høy pH. Som for pH kan innholdet av organisk materiale og tykkelsen av humussjiktet være en viktig faktor. Dette bekreftes av positiv korrelasjon mellom $bases$ og F_{BASE} med glødetap ($r > 0.32$).

Det er ingen iøynefallende sammenhenger mellom ledningsevneparametre og svoveltilførsel.

5.4 SAMVARIASJONER MELLOM FORSURINGSFØLSOMHET OG UTLUTNING AV KATIONER.

pH i humus er lavere enn i undergrunnen noe som kan forklare den høyere korrelasjonen med ledningsevnen. H^+ -ioner har høy ekvivalentledningsevne, og vil ved lav pH bidra i stor grad til målt ledningsevne. Etter korreksjon for H^+ er det ingen korrelasjon mellom pH og ledningsevne i noe sjikt. Dette indikerer at det ikke er samvariasjon mellom pH i oppslemmingen og oppslemmingens innhold av basekationer. De geokjemiske kart indikerer derimot at sammenhenger kan finnes i enkelte områder.

I begge sjikt endres ledningsevnen mest der pH er høy. Dette bekreftes av F_{BASE} i undergrunnen, mens det i humus ikke er samvariasjon. Dette indikerer at basekationer har større betydning ved buffringsreaksjoner i undergrunnen enn i humus.

NGU har rapportert svake samvariasjoner mellom utløste basekationer og forsuringfølsomhet. Dette er tolket som en indikasjon på at andre ioner enn basekationer deltar i nøytraliseringsreaksjonene (Bølviken, 1990).

Resultatene for korrigert ledningsevne, utløst Mg, Ca, Na, K og *bases* i denne undersøkelsen viser også manglende samvariasjon med forsuringfølsomhet i humus, og svak negativ korrelasjon i undergrunnen. Derimot viser L_R og F_{BASE} at det i humus er størst økning i utlutning av basekationer der F_A er lav. Dette er stemmer overens med antagelsen om at tilsatt syre vil medføre økt løselighet av basekationer ved ionebytte- eller forvittringsreaksjoner.

I undergrunnen er det mer kompliserte sammenhenger. Her er F_R høyt positivt korrelert med F_{BASE} , men negativt korrelert med relativ ledningsevne-ændring. Dette er ikke som forventet da det er positiv korrelasjon mellom relativ ledningsevne-ændring og F_{BASE} i undergrunnen ($r=0.20$).

Tilsvarende er F_A positivt korrelert med F_{Mg} og F_{Ca} i humus og negativt korrelert i undergrunnen. Dette er mot forventet og stemmer ikke overens med resultatene for L_R .

Dette skyldes trolig at syreangrepet er for svakt til å få stor nok grad av forvitring.

Absolutt forsuringfølsomhet, F_A relaterer endringen i $[H^+]$ mot tilsatt syre og sier hvor stor del av tilsatt syre som har reagert med prøven. Dette medfører at F_A vil være en kapasitetsparameter.

F_A vil kunne si noe om forsuring av jordvæsken og påvirkning av de underliggende jordsjikt.

Relativ forsuringfølsomhet, F_R relaterer endringen i $[H^+]$ mot pH i vannoppslemming. F_R er derfor en intensitetsparameter.

En svakhet ved F_R er at en gitt pH-ændring vil gi samme følsomhet uansett hva opprinnelig pH er.

Resultatene viser at F_A og F_R i enkelte tilfeller varierer ulikt med hensyn på andre parametre.

Det er imidlertid sammenfallende mønster for F_A og F_R i humus.

F_R er utsatt for ekstremverdier (vedlegg 8, tabell 14) som i stor grad vil påvirke korrelasjonen.

F_R er av den grunn lite egnet for å tolke hvilke reaksjoner som skjer.

De relative parametre som er benyttet (F_R , L_R , F_{Me} og F_{BASE}) har alle den svakhet at de inneholder en intensitetsparameter i nevneren. Ved korrelasjonsanalyse der disse relative parametre korreleres med parametre som inngår i nevneren vil en negativ korrelasjon delvis være matematisk begrunnet.

Positiv korrelasjon mellom F_{Al} og forsuringfølsomhet og negativ korrelasjon med pH indikerer at Al bidrar til målt aciditet. Det er ingen klare sammenhenger mellom Al, Fe og Mn med de målte/beregnete parametre. Innholdet av Al, Fe og Mn i oppslemmingene kan trolig ikke forklare hvilke ionebyttereaksjoner som finner sted.

Det er kompliserte sammenhenger mellom forsuringstatus, følsomhet for forsuring og effekter av jordforsuring. Forsuringstatus og ledningsevne korrigert for H^+ viser i store trekk motsatt mønster i humus i forhold til i undergrunnen. En skulle vente å finne klare sammenhenger med berggrunns- og kvartærgeologi med de observerte fordelinger i undergrunns materialet. Slike sammenhenger synes å eksistere i enkelte områder, men for store deler av Norge er det ingen iøynefallende sammenhenger. Humusfraksjonen vil være påvirket av en rekke ytre faktorer slik at sammenhenger er vanskeligere å påvise. På grunn av de mange ukjente faktorer som virker inn er det vanskelig å forklare de sammenhenger og regionale fordelinger som er observert. Av stor betydning vil være nedbørsmengder og sammensetning av nedbøren i tiden før prøvetakning. De observerte fordelingsmønstre synes i stor grad å vise naturlige variasjoner og det er ikke funnet sammenhenger som med sikkerhet kan tolkes som en effekt av antropogen forsuring.

Det er benyttet relativt svak syre i forhold til den opprinnelige surhet i humus. Videre er reaksjonstiden kort for å registrere forvitningsreaksjoner ved den syrestyrke som er benyttet. Dette medfører at det er vanskelig å si hva som skyldes ionebyttereaksjoner og forvitring og hva som skyldes oppløsning av salter. Liten endring som følge av svak syre eller kort reaksjonstid medfører også at feilkilder ved metoden blir av større betydning. Reaksjon med organisk materiale og utfelling av tungtløselige forbindelser (f.eks. $BaSO_4$) vil ytterligere komplisere tolkningen av følsomhetsparametrene.

Ved høy forsuringfølsomhet kan skadevirkninger av surstøt oppstå, selv om pH i utgangspunktet er relativt høy (Ryghaug et al., 1990).

5.5 FORSURINGSFØLSOMME OMRÅDER

Følgende kriterier er lagt til grunn for å bestemme hvilke områder som vil være utsatt ved økt nedfall av sur nedbør. Et geografisk område vil være meget utsatt dersom pH er lav, forsuringfølsomhet er høy, det er lavt innhold av basekationer og økningen i utlutning av basekationer er høy. Områder der pH er høy, forsuringfølsomheten er lav, innholdet av basekationer er høyt og den relative økningen i utlutning av basekationer er lav antas å være minst følsomme.

I områder der det er vegetasjonen med dype røtter eller det er høyt grunnvannsnivå, kan høy utlutning av basekationer i humus til en viss grad erstattes av høy utlutning i undergrunnen.

Kriteriene tar kun hensyn til surhet og utlutning av basekationer og de tolkninger som her legges frem vil være usikre grunnet de tilnærminger som er gjort og de kompliserte sammenhenger som er funnet for de undersøkte parametre.

Sørlandet og Vestlandet er de områder i Norge som har hatt størst nedfall av sur nedbør. De geokjemiske kart viser i store trekk lik fordeling av de undersøkte parametre i disse to områder. Også de indre deler av Østlandet fremviser egenskaper som ligner disse.

Både i humus og i undergrunnen er pH lav og forsuringfølsomhet høy i disse tre områdene.

Innholdet av basekationer er lavt i humus, men tildels høyt i undergrunnen. Imidlertid er ofte økningen i utlutning av basekationer lav der innholdet av basekationer er høyt og der pH er lav.

Det er på Sørlandet komplisert sammenheng mellom ledningsevne og relativ ledningsevne-endring.

I de sør-vestlige deler er L_R liten selv om ledningsevnen er høy. Sørlandet, Vestlandet og de indre deler av Østlandet synes på grunnlag av de geokjemiske kart å være følsomme for økt forsuring av nedbøren.

I Oppland og Buskerud er det markerte forskjeller i de undersøkte parametre i forhold til resten av Norge. I humus er pH høy, mens den i undergrunnen er relativt lav. Samtidig er forsuringfølsomheten lav i begge sjikt. Lavt innhold og høy relativ økning i utlutning av basekationer i humus skulle indikere stor følsomhet. Imidlertid kan dette kompenseres ved at det i undergrunnen er høyt innhold av basekationer og høy relativ økning i utlutning.

Nord for Møre og Romsdal er det stor variasjon i de regionale fordelinger.

Det indikeres at forsuringfølsomheten er høy der pH er lav og at det i humus er en klar kyst-innlands fordeling. Disse områdene har ofte også høyt innhold og lav økning i utlutning av basekationer. Tilførsel av basekationer med nedbøren synes av den grunn å være en viktig faktor for den regionale fordelingen, dette bekreftes av et ofte lavt innhold av basekationer i undergrunnen.

Jord fra Oppland/Buskerud og nord for Møre og Romsdal antas å være mindre følsom for økt forsuring enn jord fra Sørlandet, Vestlandet og de indre deler av Østlandet.

De områder som antas være minst følsomme har ofte dårligere livsforhold for flora og fauna hva angår klima. Hvilke utslag en endring i jordbunnskjemien vil utgjøre i slike områder kan ikke forutsies ved denne metoden.

KAPITTEL 6. KONKLUSJON

6.1 HOVEDKONKLUSJON

En undersøkelse av denne typen vil være svært forenklet sammenlignet med de forhold en finner i naturen. For eksempel tas det her kun hensyn til sulfat som kilde til sur nedbør, og eksponeringstiden vil være ubetydelig i forhold til det en finner i naturen. Metoden vil angi effekter av en gitt belastning, og gir mulighet for å anslå regionale fordelinger for slike effekter.

Resultatene viser at presisjonen for pH- og ledningsevne målinger i forsøket er god. Den observerte usikkerhet ved måleverdiene medfører vesentlig større usikkerhet ved beregning av parametre på grunnlag av måleverdiene. Dette skyldes at de beregnede parametre vil påvirkes av feil fra flere enkeltmålinger. Presisjonen antas å være tilstrekkelig god for å kartlegge regionale forskjeller for de undersøkte parametre. Resultatene bør ikke tolkes ukritisk.

Analyse av jordprøver som tidligere er analysert ved NGU viser en noe lavere presisjon for pH- og ledningsevne målinger enn for de målinger som er utført i dette forsøket. Den større usikkerhet ved bestemmelse av enkeltmålingene medfører at det ikke er signifikante korrelasjoner for de beregnede parametre mellom de to forsøk. Dette vanskeliggjør sammenligning av resultater mellom disse forsøk.

Det er høy korrelasjon for ledningsevne korrigert for $[H^+]$ med summen av basekationer i oppslemminger av humus- og undergrunnprøver. Endringen i ledningsevne fra vann- til syreoppslemming er høyt korrelert med endringen i utlutning av basekationer fra vann- til syreoppslemming i humus, mens det i undergrunnen er relativt lav korrelasjon.

Resultatene viser at data for pH og ledningsevne kan brukes til å bestemme parametre som beskriver utlutning av basekationer. Usikkerheten ved tilnærmingene vil være stor, men det antas at fremstilling på geokjemiske kart vil vise regionale forskjeller i utlutning av basekationer.

Dette forsvare antagelsen om at det på en rask og billig måte kan bestemme parametre som beskriver regionale forskjeller i utlutning av basekationer ved å måle ledningsevne og pH i oppslemminger av jord.

Resultatene viser at det er kompliserte sammenhenger mellom forsuringstatus, følsomhet for jordforsuring og effekter av jordforsuring. Mangel på tydelige sammenhenger mellom de ulike parametre vanskeliggjør tolkninger av resultatene.

De geokjemiske kart viser sammenfallende fordelingsmønstre mellom undersøkte parametre til tross for svak samvariasjon ved Pearsons korrelasjonsanalyse. Dette indikerer at sammenhenger mellom følsomhetsparametre kan eksistere, men at korrelasjonsanalyse i enkelte tilfeller er lite egnet til å påvise sammenheng. Dette fordi en ved korrelasjonsanalyse betrakter hele materialet under ett og vil ikke registrere områder der samvariasjonen er høy. Kart fremstilt som løpende median vil ikke påvirkes av ekstremverdier i samme grad som ved korrelasjonsanalyse.

Usikkerhet ved bestemmelse av måleverdier medfører vesentlig større usikkerhet ved beregning av parametre på grunnlag av måleverdiene. Dette skyldes at de beregnede parametre vil være påvirket av feil fra flere enkeltmålinger.

En annen viktig faktor for å forklare svake korrelasjoner mellom de ulike parametre er usikkerhet ved selve metoden. Det er benyttet svak syre og kombinert med relativt kort reaksjonstid medfører dette at f.eks forvittringsreaksjoner ikke kan skje i stor nok grad til å kunne registreres ved den anvendte metodikken. Svakt syreangrep medfører i tillegg at jordprøvenes innhold av salter, reaksjon med organisk materiale mm. vil i stor grad innvirke slik at det er vanskelig å bestemme hva som er en effekt av ionebytte- og forvittringsreaksjoner.

Svakt syreangrep vil også medføre at metodiske feilkilder blir av større betydning.

De undersøkte parametre vil være påvirket av et stort antall ukjente faktorer.

De undersøkte parametre viser delvis sammenfallende fordelinger med kart over berggrunn og kvartærgeologi. Disse kart kan ikke alene forklare de regionale forskjeller. Variasjoner som følge av nedbørsmengder, svoveltilførsler, vegetasjon m.m. kompliserer tolkningene ytterligere.

Naturlig jord vil kunne variere i stor grad med hensyn på sammensetning innenfor et lite område, men stort prøveantall gir grunnlag for påvise regionale forskjeller i jordsmonnets surhet, følsomhet for forsuring og utlutning av basekationer.

Kartene synes i stor grad å fremstille naturlige variasjoner med hensyn på de undersøkte parametre, og det er ikke funnet sammenhenger som med sikkerhet kan tolkes som en effekt av langtransportert sur nedbør.

Resultatene indikerer at Vestlandet, Sørlandet og de indre deler av Østlandet vil være mest utsatt ved økt forsuring av nedbøren. De øvrige deler av Norge antas mindre følsomme for forsuring.

6.2 ANBEFALINGER FOR VIDERE ARBEID

På grunnlag av de erfaringer som er gjort ved arbeidet med denne rapporten anbefales visse endringer for videre arbeid. Dette er delvis momenter som var tenkt utført i denne rapporten, men som viste seg å bli for omfattende innenfor rammen av en hovedfagsoppgave.

- 1) Benytte svovelsyre pH 3 ved syreoppslemming. Dette vil medføre mer stabile analyser og øke samvariasjonen mellom beregnede følsomhetsparametre og klassiske parametre som kationbyttekapasitet og basemetningsgrad (Amundsen, 1991).
- 2) Ved å øke innvekt og volum tilsatt ville en få større mengde løsning til analyser. Dette vil medført bedre pH- og ledningsevne målinger da en kunne ha benyttet magnetrører og rensset ledningsevne cellen med den neste løsning i stedet for destillert vann.
- 3) For en grundigere bestemmelse av metodens reproduserbarhet bør det reanalyseres flere prøver enn det som ble gjort i dette arbeidet. Videre bør samvariasjonen mellom ulike følsomhetsparametere i tillegg studeres på en annen måte enn ved Pearsons korrelasjonsanalyse. Dette kan gjøres ved sammenligning av geokjemiske fordelingsmønstre eller avansert flervariabel dataanalyse (eks. Principal Component Analysis).
- 4) Utføre et større antall kationanalyser. Dette vil gi et sikrere grunnlag for å tilnærme utlutning av basekationer. Dette kan belyse årsaken til den svake korrelasjonen mellom L_R og F_{BASE} i undergrunnen. Videre vil det vha. regresjonsanalyse være mulig å anslå mengde utløste basekationer.
- 5) Analysere oppslemmingene på anioner for å belyse deres bidrag til ledningsevnen.
- 6) For kartfremstilling bør prøvetettheten være jevn og noe større enn i dette arbeidet. Dette vil øke signifikansen av de geografiske fordelingsmønstre.
- 7) Ta i betraktning andre parametre som tykkelse av jordsjikt, vegetasjon, høyde over havet, nedbørmengder og sammensetning av nedbør m.m. Dette vil gi mulighet for gi mer fullstendige tolkninger av regionale forskjeller for de undersøkte parametre.

REFERANSER OG HENVISNINGER.

- Abrahamsen, G., Tveite, B. and Stuanes, A.O., 1987. Wet acid deposition effects on soil properties in relation to forest growth. Eksperimentale result. *In: Lavender, D.P. (ed): Woody plant growth in changing and physical environment. Proceedings of the workshop of IUFRO working party on Shoot Growth Physiology, Vancouver, Canada*, p. 189-197.
- Abrahamsen, G., Seip, H.M., 1991. Tilførsler og virkninger av langtransporterte forurensninger. *Nasjonal komité for miljøvernforskning, NAVF*. 52 s.
- Amundsen, C.E., 1991. Sammenligning av parametre for å bestemme forsurningsfølsomheten i jord. *NGU-rapport 91.265*, 60 s.
- Bergkvist, B., 1986. Leaching of metals from spruce forest soil as influenced by experimental acidification. *In: Water, Air and Soil Pollution 31*, 901-916.
- Bergseth, H., 1985. Bufferprosentkurver. *Jord og Myr 9 (5)*, s. 255-258.
- Brosset, C., 1973. Air-Borne acid, *Ambio 2*, p. 2-8.
- Brady, N.C., 1990. The nature and properties of soils, *10th ed. Macmillan publ. comp. New York*. 566 p.
- Bølviken, B., Ottesen, R.T. og Volden, T., 1988. Naturlig motstand mot forsuring. *Naturen nr. 4, 1988*, side 147-149 og side 159. Se også NGU's årsmelding 1987, side 6-7.
- Bølviken, B. med medarbeidere, 1990. Jordforsurningsstatus, forsurningsfølsomhet og lettløslige basekationer i naturlige jordsmonn, Sør-Norge. *NGU-rapport nr. 90.156*.
- Bølviken, B. med medarbeidere, 1991. Surhet, forsurningsfølsomhet og lettløselige basekationer i naturlig jord fra Nord-Trøndelag. *NGU-rapport nr. 91.250*.
- Bølviken, B., 1992. Personlig meddelelse.
- Dahl, E., 1988. Acidification of soils in the Rondane Mountains, South Norway due to acid precipitation. *Økoforsk rapport 1988:1*, 53 p.

- Dovland, H. & Semb, A., 1980. Atmospheric transport of pollutants. *In Ecological impact of acid precipitation, Proceedings of an international conference, Drabløs, D. & Tollan, A., (eds)., Sandefjord, Norway, March 11-14, 1980.*
- Falkengren-Grerup, U. & Eriksson, H., 1990. Changes in soil, vegetation and forrest yield between 1947 and 1988 in beech and oak sites of southern Sweden. *For. Ecol. Manage.* 38: 37-53.
- Grønlund, A. og Solbakken, E., 1987. Jordsmonn-kartlegging. *Norsk Institutt for Jord og Skogkartlegging.* 52 sider.
- Holtan, H. (red.), 1986. Norsk Vassdragsleksikon. *Norsk Hydrologisk Komite,* 31 sider.
- Langmyhr, F.J., 1987. Elementære statistiske metoder for kjemisk analyse, *Universitetsforlaget,* s. 40-42.
- Låg, J., 1945. Resent kalkluft ved Hensvold, Østre Toten. *Blytia* 3: 27-37.
- Låg, J., 1948. Undersøkelser over opphavsmaterialet for Østlandets morenedekker. *Meddelelser fra Det norske skogforsøksvesen.* 35 (10), 223 s.
- Låg, J., 1968. Relationships between the chemical composition of the precipitation and the contents of exchangeable ions in the humus layer of natural soils. *Acta Agric. Scand.* 18, 148-152.
- Låg, J., 1979. Bergrunn, jord og jordsmonn. *Landbruksforlaget,* s. 70-166.
- Norusis, M., 1990. Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). *Base Manual, v/4.0.*
- Norusis, M., 1990. Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). *Statistics Manual, v/4.0.*
- Nygaard, P.H., 1989. Forurensningers effekt på naturlig vegetasjon - et litteraturstudie. (A review of air pollution effects on natural vegetation). *Norsk inst. for skogforskning.* 62 s.
- Overrein, L.N., Seip, H.N. & Tollan, A., 1980. Acid precipitation - effects on forrest and fish. *Final report of the SNSF-project 1972-1980. SNSF-projekt, Oslo-Ås,* 175 p.
- Pacyna, J.M., Larssen, S. & Semb, A., 1990. European survey for NO_x emissions with emphasis on Eastern Europe. *Atmospheric Environment,* 25A (2): 425-439.
- Pedersen, U., Walker, S.E. & Kibsgaard, A., 1990. Kart over atmosfærisk avsetning av svovel- og nitrogenforbindelser i Norge. *NILU OR 28/90.* 30 s.

- Pungor, E., 1965. Ocellometry and Conductometry, *Pergamon Press Ltd, London*. p. 3-10.
- Rorison, I.H. og Robinson, D., 1984. Calcium as an environmental variable. *Plant, Cell and Environment* 7: 381-390.
- Rosenquist, I.T., 1977. Sur jord - Surt vann. *Ingeniørforlaget*, 123 sider.
- Ryghaug, P., Nilsen, R. og Ekremsæter, J., 1990. Jordas motstand mot forsuring i Sogn og Fjordane fylke. *NGU-rapport nr. 90.120*.
- Rørå, A. Kvamme, H., Larsson, J.Y., Nyborg, Å. og Økland, T., 1988. Program: "Overvåkning av skogens sunnhetstilstand". *Norsk Institutt for Jord og Skogkartlegging*. 23 sider.
- Siegmond, E.M.O., 1985. Berggrunnskart over Norge. *Norges Geologiske Undersøkelse*.
- Simpson, D. og Hov, Ø., 1990. Long period modelling of photochemical oxidants in Europe. Calculations for July 1985. *EMEP/MSC-W Note 2/90, DNMI*.
- Steinnes, E., 1992. Personlig meddelelse.
- Statens Forurensningstilsyn (SFT) 1987. Overvåkning av langtransportert luft og nedbør. *Årsrapport 1986. Statleg program for forurensningsovervåkning. Rapport 296/87*. 200 s.
- Statens Forurensningstilsyn (SFT) 1989. Overvåkningsresultater 1989. *Statleg program for forurensningsovervåkning. Rapport 433/90*. 120 s.
- Tamm, C.O. & Hallbäcken, L., 1988. Changes in soil acidity from the 1920s to the 1980s in two forest areas with different acid deposition. *Ambio*, 17: 56-61.
- Thoresen, M.K., 1990. Kvartærgeologisk kart over Norge. Tema: Jordarter. 1:1 mill. *Norges Geologiske Undersøkelse*.
- Tyler, G., Berggren, D., Bergkvist, G., Falkengren-Grerup, U., Folkesson, L. og Rühling, 1987. Soil acidification and metal solubility in forests of Southern Sweden. *In: Hutchinson, T.C. and Meema, K.M., (eds): Effects of Atmospheric Pollutants on Forests, Wetlands and Agricultural Ecosystems. NATO ASI Series, Vol. G16, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg*. p. 347-359.
- Zöttl, H.W. & Hüttl, R., 1986. Nutrient Supply and Forrest Decline in South-West Germany, *Water, Air and Soil Pollution* 31, 449-462.

Ødegård, M., 1981. The use of inductively coupled argon plasma (ICAP) atomic emission spectroscopy in the analysis of stream sediments. *Journal of Geochemical Exploration*, 14, 119-130.

Ødegård, M., 1983. Utvidet program for analyse av geologiske materialer basert på syreekstraksjon og plasm spektrometri. (An extended programme for the analysis of geological materials based on acid extraction and plasma spectrometry). *Norges Geologiske Undersøkelse. Open file Report 2113*, 36 p.

VEDLEGG 1.

LEDNINGSEVNETEORI

LEDNINGSEVNETEORI. (Pungor, E., 1965)

Væsker kan lede elektrisk strøm vha. ioner og betegnes derfor som 2. ordens ledere. Ioner kan forflytte seg i løsning ved at de påvirkes av et elektrisk felt eller ved fri diffusjon. Ledningsevnen (G) i væsken er da avhengig av antall ioner som kan vandre, og i hvilken hastighet de vandrer.

Antall ioner i løsningen defineres av graden av dissosiasjon og konsentrasjonen av løsningen. Ledningsevnen G defineres som den resiproke verdien av motstanden R i en kubeformet leder på 1 cm^3 . Enheten er Siemens eller ohm^{-1} .

Spesifikk ledningsevne K er definert som motstanden som måles mellom elektroder på 1 cm^2 plassert 1 cm fra hverandre. K benevnes med S/cm eller $\text{ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$. K er gitt ved:

$$1) \quad K = 10^{-3} \sum Z_i \cdot C_i \cdot \lambda_i$$

der C_i = molar konsentrasjon av ion i med ladning Z_i (positiv).

λ_i = ekvivalent ledningsevne av ion (i uendelig fortynnet løsning).

Ekvivalentledningsevne λ , måles i et ekvivalentledningsevne-kar, der elektrodene er to sider i karet, plassert 1 cm fra hverandre og med ett mol av løsningen plassert oppi.

Ekvivalentledningsevne ved uendelig fortynning og fullstendig dissosiasjon er gitt ved:

$$2) \quad \lambda = K \cdot 1000 / \sum (C_i \cdot Z_i)$$

Den målte G er en funksjon av K ved følgende ligning:

$$3) \quad K = k \cdot G$$

der G = Ledningsevne (Siemens eller ohm^{-1})

k = cellekonstant (cm^{-1}), lengde/areal

Ligning 3 gjelder kun ved uendelig fortynning.

Elektrisk ladede ioner tilstede i vesentlige konsentrasjoner vil influere gjensidig på hverandre. For sterkt fortynnede løsninger kan ligning 3 benyttes på ledningsevne endringer. Dersom en kjent spenning V settes opp mellom to elektroder i en ledningsevne celle vil ionene bevege seg mot motsatt ladet elektrode.

Den korresponderende strøm I, vil gi ett mål på ledningsevnen. Dersom arealet av elektrodene er "a" og avstanden mellom dem er "d", fåes følgende ligning for ledningsevnen:

$$K = G \cdot d/a = 1/R \cdot d/a = I/V \cdot k$$

der K = spesifikk ledningsevne (S/cm)

G = ledningsevne (S)

k = d/a = cellekonstant (cm^{-1})

R = motstand (ohm)

Cellekonstanten k, er definert som ratioen av avstanden mellom elektrodene til deres areal og uttrykkes i cm^{-1} .

Tabell 1 Ekvivalentledningsevne av de vanligst forekommende ioner.

KATIONER	λ	ANIONER	λ
H ₃ O ⁺	350	OH ⁻	198
Na ⁺	50.1	Cl ⁻	76.4
K ⁺	73.5	NO ₃ ⁻	71.5
1/2 Ca ⁺⁺	59.5	CH ₃ COO ⁻	40.9
1/2 Mg ⁺⁺	53.1	1/2 CO ₃ ⁻	69.3
1/2 Mn ⁺⁺	53.5	1/2 SO ₄ ⁻	80.0

Ekvivalentledningsevne ved 25 °C og uendelig fortynning (målt i S*cm²*ekvivalent⁻¹)

Ledningsevnen i en løsning øker med temperaturen. CDM80 har en temperatur koeffisient satt lik 2.2% pr. °C.

VEDLEGG 2.

TABELLER FOR REPETERBARHET

Tabell 2 Repeterbarhet, humus. Ordinære anlyseresultater sammenlignet med egne dublettanalyser av de samme prøver.

HUMUS	ORDINÆRE PRØVER				DUBLETT ANALYSER				r
	Median	X	Std.avvik	Variasjonsbredde	Median	X	Std.avvik	Variasjonsbredde	
pH vannoppslemming	4.13	4.19	0.63	3.53 - 6.46	4.12	4.13	0.56	3.55 - 6.52	0.86***
pH syreoppslemming	4.11	4.16	0.66	3.48 - 6.54	4.14	4.17	0.68	3.50 - 6.75	0.99***
Ledningsevne (μ S) vannoppslemming	199.00	181.88	60.79	66.00 - 321.00	175.00	178.06	62.23	71.00 - 340.00	0.97***
Ledningsevne (μ S) syreoppslemming	212.00	195.15	69.75	67.00 - 416.00	212.00	193.94	68.88	67.00 - 387.00	0.99***
Absolutt forsuringsfølsomhet (%)	6.86	11.51	17.68	-27.92 - 64.53	6.11	4.78	21.75	-98.71 - 41.00	0.37* #
Relativ forsuringsfølsomhet (%)	9.65	7.77	14.62	-20.60 - 47.90	7.15	0.71	21.28	-98.70 - 20.20	0.34* #
Relativ ledningsevne- endring (%)	6.69	7.15	6.75	-4.50 - 29.60	7.54	9.20	13.36	-6.90 - 69.10	0.32* #

Antall prøver (n) = 34.

X; Aritmetisk middel.

r; Pearsons korrelasjonskoeffisient mellom vann og syreoppslemming,

(*): P < 0.10, *: P < 0.05, **: P < 0.01, ***: P < 0.001.

I.S; Ikke signifikant, P > 0.10.

#; Ekstremverdier utelatt ved beregning av r.

Tabell 3 Repeterbarhet, undergrunn. Ordinære analyseresultater sammenlignet med egne dublettanalyser av de samme prøver.

UNDERGRUNN	ORDINÆRE PRØVER					DUBLETT ANALYSER					r
	n	Median	X	Std.avvik	Variasjonsbredde	n	Median	X	Std.avvik	Variasjonsbredde	
pH vannoppslemming	34	5.71	5.68	0.41	4.96 - 6.70	34	5.68	5.68	0.44	5.04 - 6.72	0.91***
pH syreoppslemming	33	4.96	5.10	0.44	4.53 - 6.44	34	4.96	5.08	0.40	4.50 - 6.06	0.83***
Ledningsevne (μ S) vannoppslemming	34	18.00	19.18	5.04	12.00 - 31.30	34	20.10	19.76	5.34	12.30 - 31.50	0.86***
Ledningsevne (μ S) syreoppslemming	33	24.50	25.61	4.00	19.10 - 37.00	34	26.20	27.67	5.67	19.90 - 49.80	0.35*** #
Absolutt forsuringsfølsomhet (%)	33	6.96	7.94	6.49	0.12 - 25.80	33	7.89	8.22	7.01	-1.67 - 30.55	0.35**
Relativ forsuringsfølsomhet (%)	33	238.92	481.94	792.63	14.80 - 4268.1	34	357.00	471.70	551.42	-18.70 - 2853.0	0.33* #
Relativ ledningsevne- endring (%)	33	40.30	37.83	25.49	-13.60 - 95.00	34	29.22	48.87	53.84	-4.10 - 289.10	0.58*** #

n; Antall prøver.

X; Aritmetisk middel.

r; Pearsons korrelasjonskoeffisient mellom vann og syreoppslemming,
(*): $P < 0.10$, *: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$, ***: $P < 0.001$.

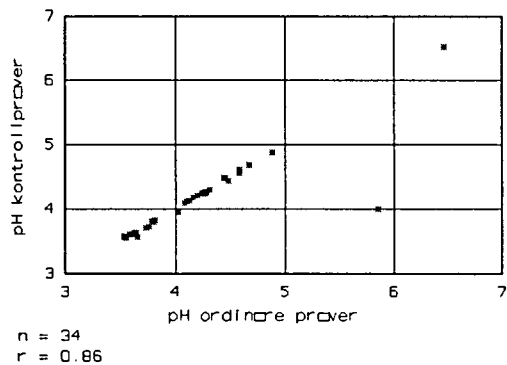
I.S; Ikke signifikant, $P > 0.10$.

#; Ekstremverdier utelatt ved beregning av r.

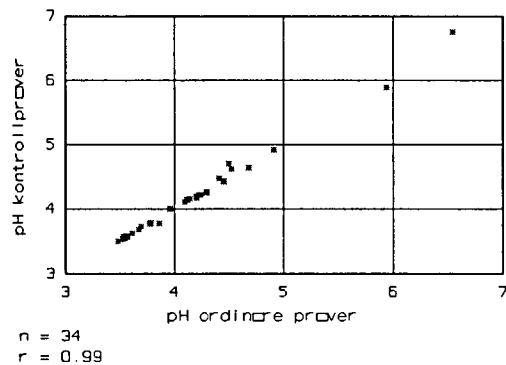
VEDLEGG 3.

SPREDNINGSDIAGRAM FOR REPETERBARHET

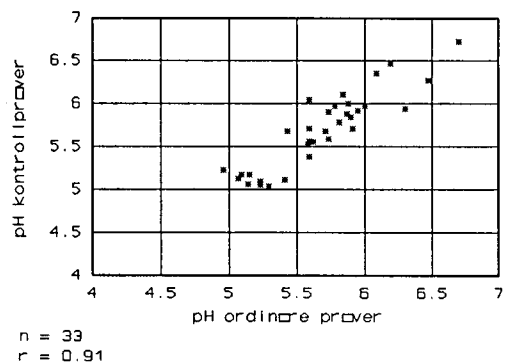
**Figur 21 pH HUMUS
VANNOPPSLEMMING**



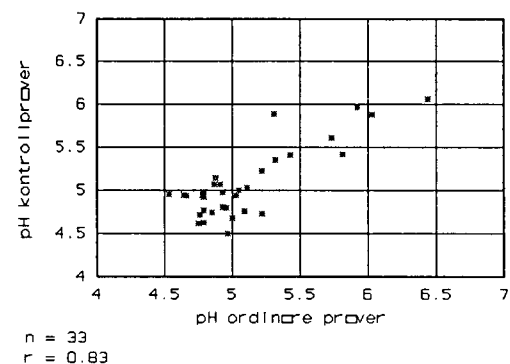
**Figur 22 pH HUMUS
SYREOPPSLEMMING**



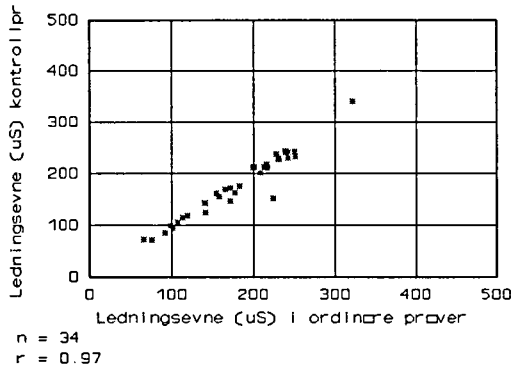
**Figur 23 pH UNDERGRUNN
VANNOPPSLEMMING**



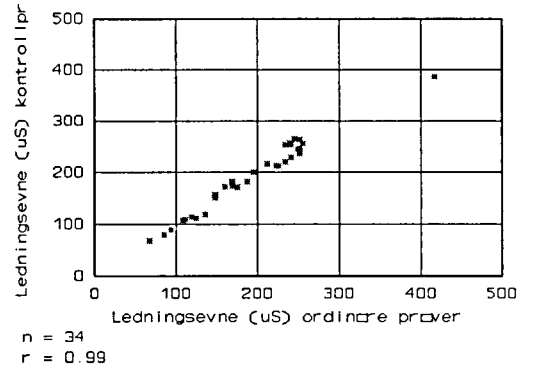
**Figur 24 pH UNDERGRUNN
SYREOPPSLEMMING**



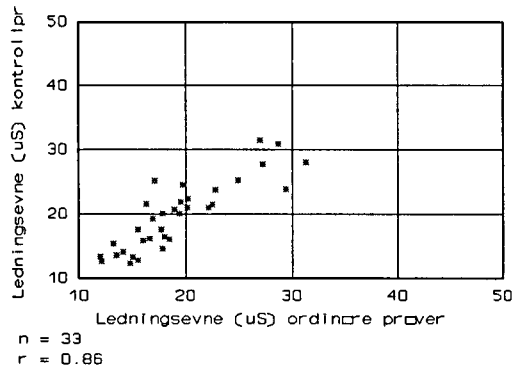
**Figur 25 LEDNINGSEVNE
HUMUS VANNOPPSLEMMING**



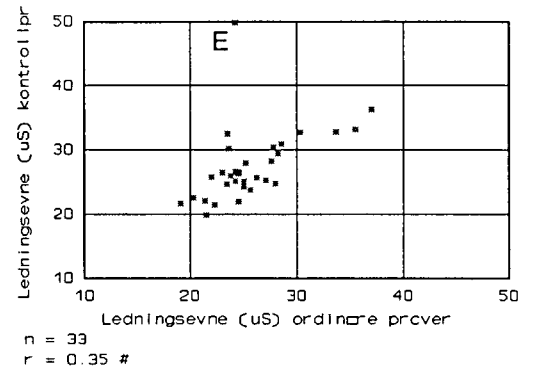
**Figur 26 LEDNINGSEVNE
HUMUS SYREOPPSLEMMING**



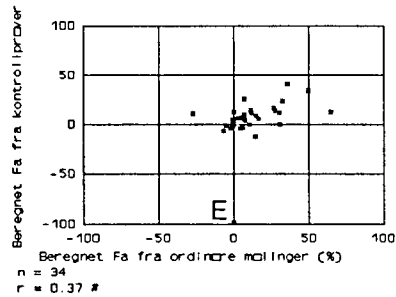
**Figur 27 LEDNINGSEVNE
UNDERGRUNN
VANNOPPSLEMMING**



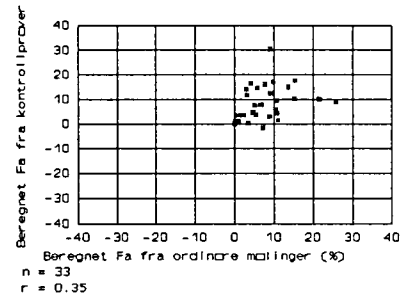
**Figur 28 LEDNINGSEVNE
UNDERGRUNN
SYREOPPSLEMMING**



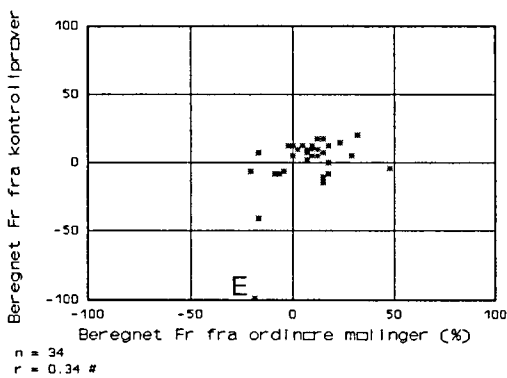
Figur 29 ABSOLUTT FORSURINGSFØLSOMHET HUMUS



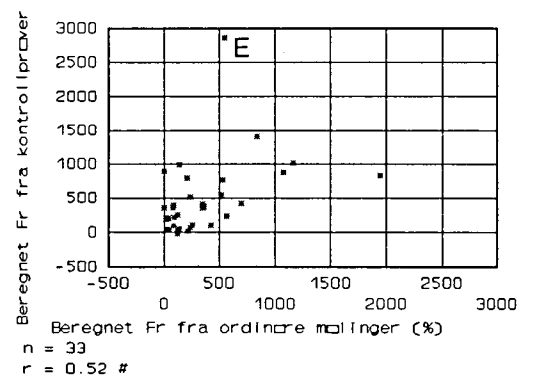
Figur 30 ABSOLUTT FORSURINGSFØLSOMHET UNDERGRUNN



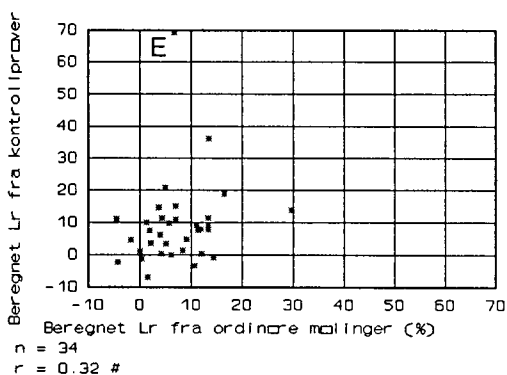
Figur 31 RELATIV FORSURINGSFØLSOMHET HUMUS



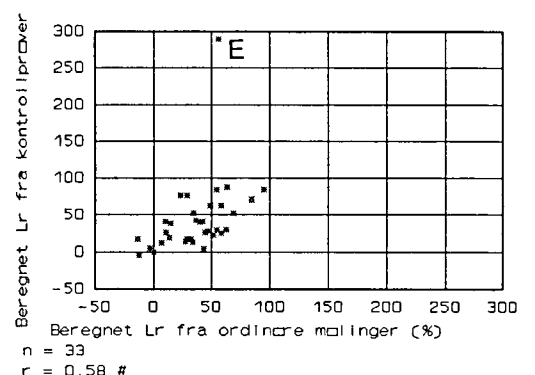
Figur 32 RELATIV FORSURINGSFØLSOMHET UNDERGRUNN



Figur 33 RELATIV LEDNINGSEVNE-ENDRING HUMUS



Figur 34 RELATIV LEDNINGSEVNE-ENDRING UNDERGRUNN



E, ekstremverdier forkastet ved Grafs og Hennings metode ved 99 % signifikansnivå
#, Pearsons korrelasjonskoeffisient r beregnet der ekstremverdier er utelatt.

VEDLEGG 4.

TABELLER FOR REPRODUSERBARHET

Tabell 4 Reproduserbarhet humus. Ordinære analyseresultater sammenlignet med resultater fra NGU's analyse av de samme prøver året før.

HUMUS	ORDINÆRE MÅLINGER				NGU'S MÅLINGER				r	nu	U
	Median	X	Std.avvik	Variasjonsbredde	Median	X	Std.avvik	Variasjonsbredde			
pH vannoppslemming	3.99	3.99	0.16	3.80 - 4.27	3.96	4.03	0.20	3.70 - 4.40	0.84***	13	+++
pH syreoppslemming	3.87	3.95	0.17	3.75 - 4.25	4.02	4.02	0.15	3.80 - 4.30	0.96***	13	+
Ledningsevne (μ S) vannoppslemming	123.00	125.85	26.67	83.00 - 169.00	120.10	127.95	24.98	95.70 - 177.40	0.93***	13	I.S
Ledningsevne (μ S) syreoppslemming	135.00	140.38	28.42	98.00 - 189.00	141.50	146.65	24.27	109.30 - 194.70	0.90***	13	I.S
Absolutt forsuringsfølsomhet (%)	7.00	11.21	10.48	-2.98 - 39.40	12.32	0.28	31.13	-85.90 - 28.99	I.S #	13	I.S
Relativ forsuringsfølsomhet (%)	9.69	9.86	10.40	-4.50 - 41.30	12.20	6.55	26.20	-41.12 - 44.55	I.S	13	I.S
Relativ ledningsevne- endring (%)	13.87	10.12	7.51	-1.80 - 28.10	14.57	15.28	5.89	3.97 - 28.29	I.S	13	I.S

Antall prøver (n) = 13.

X; Aritmetisk middel.

r; Pearsons korrelasjonskoeffisient mellom vann og syreoppslemming,
(*): $P < 0.10$, *: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$, ***: $P < 0.001$.

nu; Antall prøver inkludert i parvis test av utvalgsgjennomsnitt.

U; Test av utvalgsgjennomsnitt ved T: Parvis T-Test,
der (+): $P < 0.10$, +: $P < 0.05$, ++: $P < 0.01$, +++: $P < 0.001$.

I.S; Ikke signifikant, $P > 0.10$.

#; Ekstremverdier utelatt ved beregning av r.

Tabell 5 Reproduerbarhet, undergrunn. Ordinære analyseresultater sammenlignet med resultater fra NGU's analyse av de samme prøver året før.

UNDERGRUNN	ORDINÆRE MÅLINGER				NGU'S MÅLINGER				r	nu	U
	Median	X	Std.avvik	Variasjonsbredde	Median	X	Std.avvik	Variasjonsbredde			
pH vannoppslemming	4.97	5.01	0.29	4.52 - 5.66	5.04	5.06	0.55	3.40 - 5.70	0.66(*)	15	I.S
pH syreoppslemming	4.61	4.69	0.37	4.11 - 5.86	5.00	4.98	0.29	4.50 - 5.50	0.69**	15	+
Ledningsevne (μ S) vannoppslemming	20.30	22.43	6.54	14.40 - 33.70	16.20	18.07	6.14	8.00 - 29.30	0.83***	15	+++
Ledningsevne (μ S) syreoppslemming	31.20	30.02	4.92	21.70 - 38.30	25.70	27.58	7.01	19.20 - 39.90	0.66**	15	(+)
Absolutt forsuringsfølsomhet (%)	14.31	15.93	14.73	-0.81 - 59.00	3.85	4.78	6.42	-4.75 - 17.88	0.35* #	15	I.S
Relativ forsuringsfølsomhet (%)	86.21	153.97	171.92	-36.90 - 658.60	31.83	64.65	100.73	-97.71 - 209.09	0.42(*)	15	+
Relativ ledningsevne- endring (%)	35.00	41.11	35.27	-6.30 - 131.30	57.08	62.06	43.34	-8.55 - 140.00	0.52*	15	I.S

Antall prøver (n) = 15.

X; Aritmetisk middel.

r; Pearsons korrelasjonskoeffisient mellom vann og syreoppslemming,
(*): $P < 0.10$, *: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$, ***: $P < 0.001$.

nu; Antall prøver inkludert i parvis test av utvalgsgjennomsnitt.

U; Test av utvalgsgjennomsnitt ved T: Parvis T-Test,
der (+): $P < 0.10$, +: $P < 0.05$, ++: $P < 0.01$, +++: $P < 0.001$.

I.S; Ikke signifikant, $P > 0.10$.

#; Ekstremverdier utelatt ved beregning av r.

Tabell 6 Reproduserbarhet, basekationer i humus. Ordinære analyseresultater sammenlignet med resultater fra NGU's analyse av de samme prøver året før.

HUMUS	ORDINÆRE PRØVER				DUBLETT ANALYSER				r	U
	Median	X	Std.avvik	Variasjonsbredde	Median	X	Std.avvik	Variasjonsbredde		
Mg vannoppslemming (mg/kg)	17.65	35.12	35.11	6.80 - 115.26	12.04	14.47	6.87	6.00 - 30.00	0.67*** ^a	xx
Mg syreoppslemming (mg/kg)	22.20	41.66	42.67	11.23 - 132.56	17.26	18.29	7.67	8.90 - 36.60	0.58* ^a	xx
Ca vannoppslemming (mg/kg)	58.94	151.83	197.62	28.90 - 680.60	36.52	47.42	30.17	23.90 - 138.40	I.S. ^a	xx
Ca syreoppslemming (mg/kg)	72.40	181.13	237.53	43.78 - 790.20	40.76	58.11	34.82	29.60 - 151.50	I.S. ^a	xx
Na vannoppslemming (mg/kg)	65.10	157.63	206.65	12.00 - 616.20	61.00	61.44	37.58	11.70 - 139.90	0.79**** ^a	x
Na syreoppslemming (mg/kg)	57.48	165.71	219.00	15.37 - 660.00	64.80	63.13	39.12	12.50 - 148.60	0.78**** ^a	x
K vannoppslemming (mg/kg)	183.84	173.96	55.33	95.04 - 260.00	197.40	210.98	67.67	104.20 - 369.00	0.80**** ^a	x
K syreoppslemming (mg/kg)	194.30	181.94	53.88	99.96 - 285.20	212.60	221.30	74.03	100.40 - 403.00	0.74**** ^a	(x)
Relativ økning i utlutning, Mg (%)	16.29	18.67	17.26	-1.18 - 65.16	27.97	29.92	12.53	13.37 - 53.10	I.S.	+
Relativ økning i utlutning, Ca (%)	16.10	18.10	13.07	3.03 - 51.49	23.81	24.34	10.95	8.78 - 45.71	0.52* ^a	+
Relativ økning i utlutning, Na (%)	7.11	5.51	9.80	-15.50 - 28.06	1.88	2.14	4.96	-10.81 - 6.84	I.S.	I.S.
Relativ økning i utlutning, K (%)	7.60	6.49	14.00	-23.61 - 28.89	3.33	4.67	6.62	-4.81 - 19.41	I.S.	I.S.

Antall prøver (n) = 13.

X; Aritmetisk middel.

r; Pearsons korrelasjonskoeffisient mellom vann og syreoppslemming,
(*): P < 0.10, *: P < 0.05, **: P < 0.01, ***: P < 0.001.

a; Logaritmiske verdier er benyttet for bedre tilnærming til normalfordeling.

nu; Antall prøver inkludert i parvis test av utvalgsgjennomsnitt.

U; Test av utvalgsgjennomsnitt ved T: Parvis T-Test,
der (+): P < 0.10, +: P < 0.05, ++: P < 0.01, +++: P < 0.001.

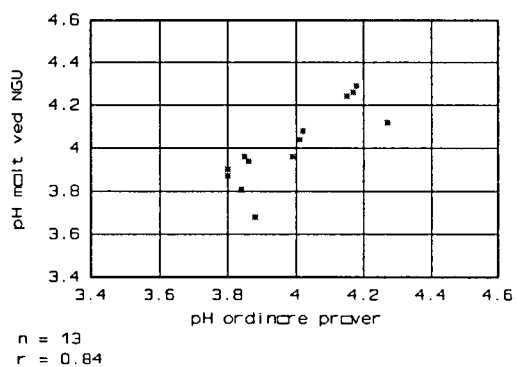
Test av utvalgsgjennomsnitt ved W: Parvis Wilcoxon test,
der (x): P < 0.10, x: P < 0.05, xx: P < 0.01, xxx: P < 0.001.

I.S; Ikke signifikant, P > 0.10.

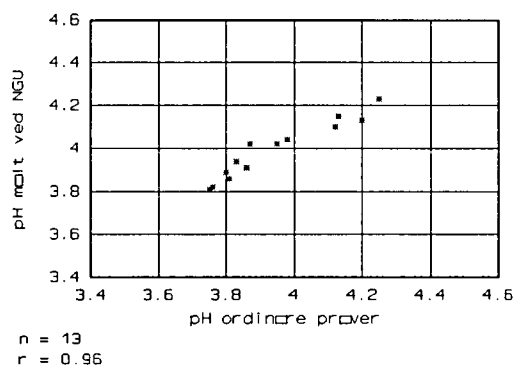
VEDLEGG 5.

SPREDNINGSDIAGRAM FOR REPRODUSERBARHET

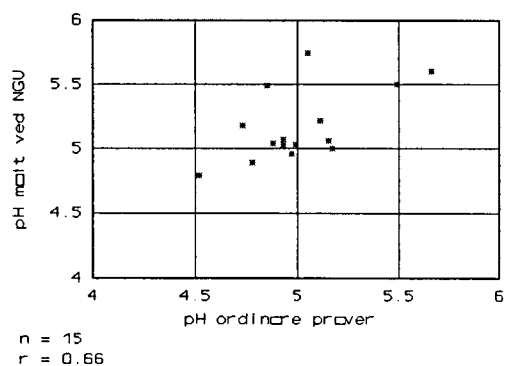
**Figur 1 pH HUMUS
VANNOPPSLEMMING**



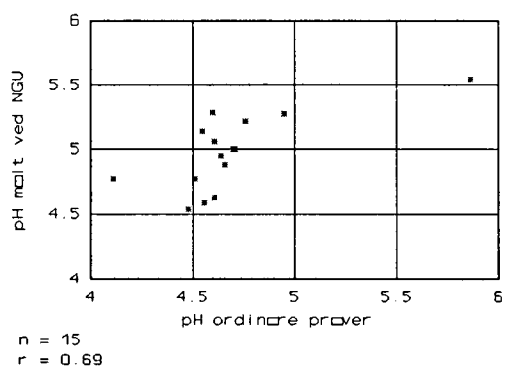
**Figur 2 pH HUMUS
SYREOPPSLEMMING**



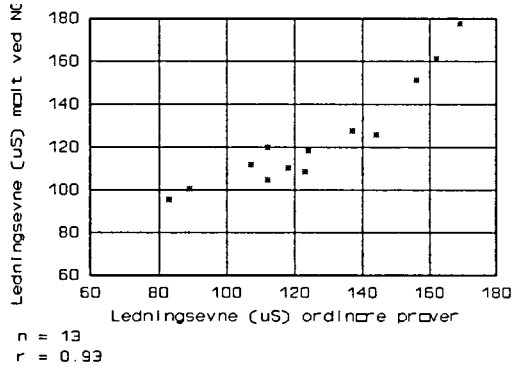
**Figur 3 pH UNDERGRUNN
VANNOPPSLEMMING**



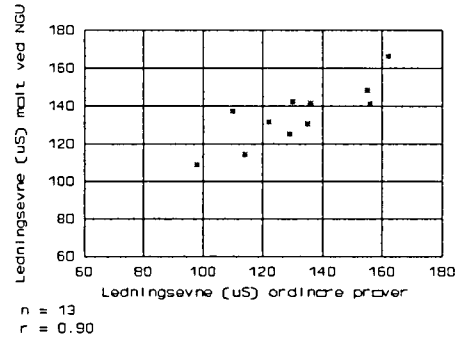
**Figur 4 pH UNDERGRUNN
SYREOPPSLEMMING**



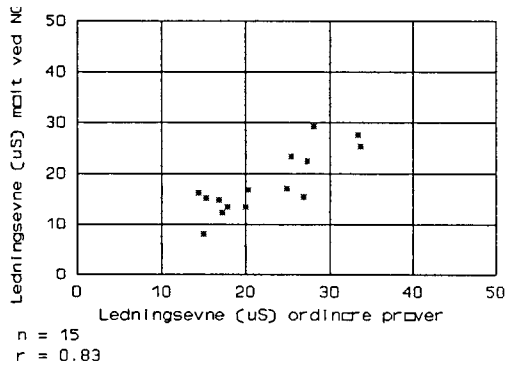
Figur 5 LEDNINGSEVNE HUMUS VANNOPPSLEMMING



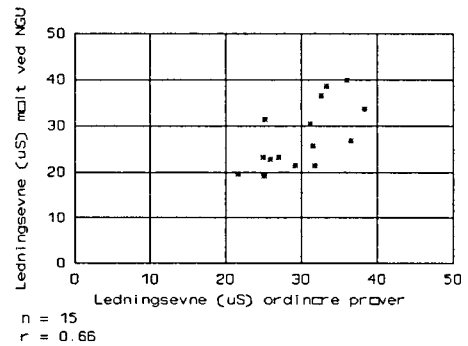
Figur 6 LEDNINGSEVNE HUMUS SYREOPPSLEMMING



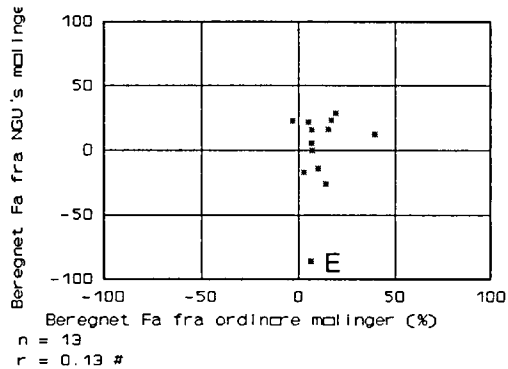
Figur 7 LEDNINGSEVNE UNDERGRUNN VANNOPPSLEMMING



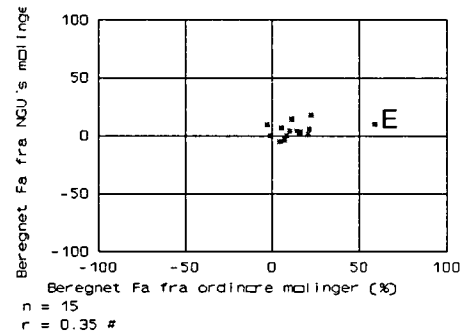
Figur 8 LEDNINGSEVNE UNDERGRUNN SYREOPPSLEMMING



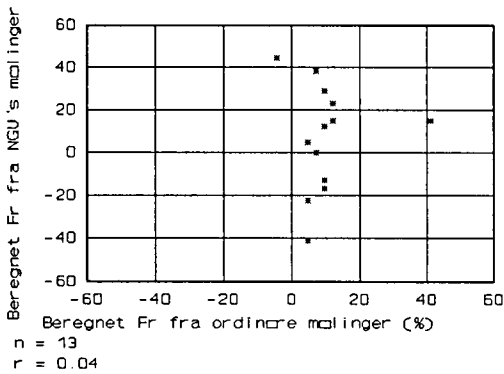
**Figur 9 ABSOLUTT
FORSURINGSFØLSOMHET
HUMUS**



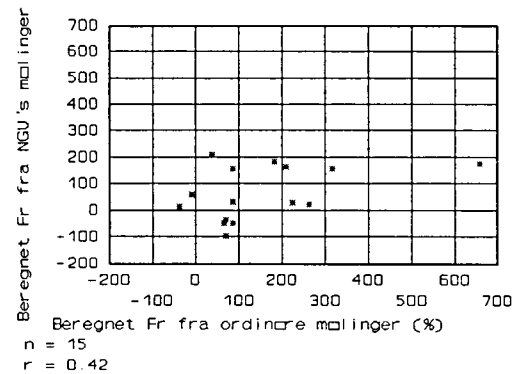
**Figur 10 ABSOLUTT
FORSURINGSFØLSOMHET
UNDERGRUNN**



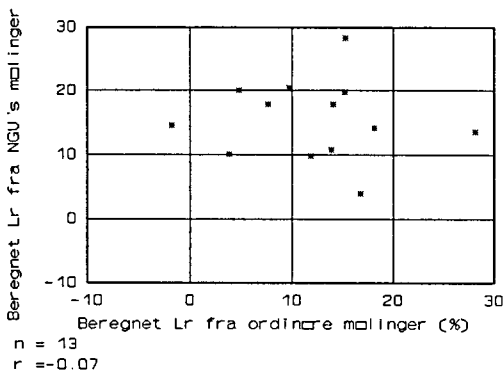
**Figur 11 RELATIV
FORSURINGSFØLSOMHET
HUMUS**



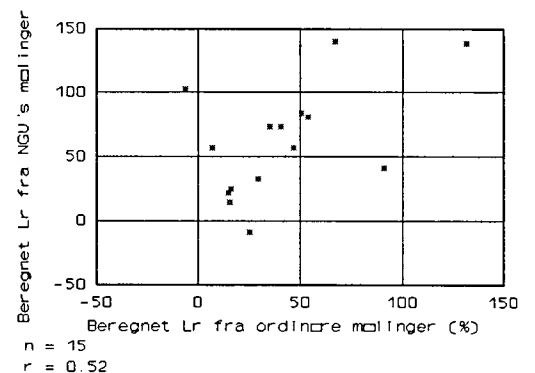
**Figur 12 RELATIV
FORSURINGSFØLSOMHET
UNDERGRUNN**



**Figur 13 RELATIV
LEDNINGSEVNE-ENDRING
HUMUS**



**Figur 14 RELATIV
LEDNINGSEVNE-ENDRING
UNDERGRUNN**



E, ekstremverdier forkastet ved Grafts og Hennings metode ved 99 % signifikansnivå
 #, Pearsons korrelasjonskoeffisient r beregnet der ekstremverdier er utelatt.

VEDLEGG 6.

ANALYSEVERDIER, pH OG LEDNINGSEVNE

Tabell 7 pH og ledningsevne data for 529 jordprøver fra hele Norge innsamlet av E. Steinnes, 1985 og 15 jordprøver innsamlet av NIJOS 1990.

hphv = humus pH vannoppslemming
 hlv = humus ledningsevne vannoppslemming(μ S)
 uphv = undergrunn pH vannoppslemming
 ulv = undergrunn ledningsevne vannoppslemming(μ S)

hphs = humus pH syreoppslemming
 hls = humus ledningsevne syreoppslemming(μ S)
 uphs = undergrunn pH syreoppslemming
 uls = undergrunn ledningsevne syreoppslemming(μ S)

FELTNR	STED	XKOORD	YKOORD	hphv	hphs	hlv	hls	uphv	uphs	ulv	uls
1	Lista	7.8	6472.5	4.03	4.01	155.0	172.0	5.07	4.78	31.0	33.8
2	Loshamn	17.1	6467.5	3.96	3.90	188.0	192.0	4.84	4.66	46.2	50.3
3	Lindesnes	33.7	6456.2	4.01	3.95	166.0	166.0	5.49	5.14	24.1	27.5
4	Mandal	59.6	6457.0	3.71	3.66	208.0	217.0	5.08	4.62	21.6	32.0
5	Søgne	81.8	6460.2	3.67	3.61	217.0	222.0	4.87	4.69	39.5	42.5
6	Ulvöysund	101.9	6463.7	3.67	3.59	212.0	218.0	5.07	4.85	38.6	38.9
7	Åna-Sira	-3.5	6492.6	4.41	4.42	139.0	161.0	5.22	4.95	28.9	35.7
8	Feda	19.2	6484.2	3.73	3.67	242.0	245.0	5.88	4.78	12.0	23.4
9	Lyngdal	39.5	6472.4	3.64	3.61	217.0	241.0	5.29	4.79	18.0	27.8
10	Øyslebø	65.1	6471.3	3.65	3.54	242.0	251.0	6.00	4.93	16.3	25.2
11	Mosby	83.1	6473.1	3.55	3.52	256.0	272.0	5.08	4.78	30.6	31.9
12	Justvik	90.3	6472.3	3.77	3.72	208.0	225.0	.	.	.	.
13	Tveit	99.1	6475.2	3.63	3.58	203.0	223.0	5.28	4.69	21.5	31.2
14	Brekkestö	112.4	6470.1	3.79	3.72	223.0	226.0	5.43	4.72	18.7	30.0
15	Homborsund	119.0	6477.0	3.84	3.77	199.0	214.0	5.56	5.24	19.8	30.3
16	Mong	-15.9	6503.6	3.91	3.87	183.0	194.0	4.97	4.52	30.6	36.3
17	Eia	-7.2	6510.0	3.76	3.69	231.0	241.0	5.59	4.79	22.8	24.4
18	Navrestad	3.8	6503.0	3.78	3.70	194.0	207.0	5.07	4.83	25.6	28.5
19	Gyland	17.3	6501.3	3.80	3.77	251.0	251.0	5.73	4.76	15.5	24.5
20	Vatland	31.4	6503.3	3.61	3.56	228.0	255.0	5.78	4.97	16.9	25.6
21	Naglestad	49.9	6493.6	3.72	3.66	240.0	257.0	5.35	4.70	20.2	28.8
22	Bjelland	67.8	6495.4	3.53	3.52	230.0	251.0	5.41	5.03	29.4	33.7
23	Øvrebø	76.5	6485.1	3.76	3.71	235.0	256.0	5.11	4.69	37.5	37.9
24	Skajå	85.1	6491.6	3.68	3.65	225.0	253.0	5.71	4.76	19.9	19.2
25	Birkeland	104.5	6489.6	3.54	3.54	201.0	234.0	5.07	4.79	24.9	24.2
26	Fevik	127.7	6485.5	3.63	3.58	202.0	228.0	6.18	5.82	18.0	27.9
27	Ogna	-36.6	6525.2	3.78	3.86	216.0	234.0	5.09	4.75	27.0	23.6
28	Eigerøy	-26.5	6512.6	4.02	3.96	154.0	160.0	5.59	5.32	17.1	24.5
29	Hovsherad	8.8	6519.2	3.79	3.78	153.0	170.0	5.69	4.90	14.3	22.8
30	Åseral	58.5	6517.0	3.62	3.55	204.0	218.0	6.37	4.88	18.5	26.1
31	S Herefoss	117.1	6497.7	3.62	3.56	239.0	251.0	6.30	4.66	17.8	22.0
32	Fröland	127.9	6507.9	3.52	3.48	257.0	288.0	5.76	5.06	14.9	21.5
33	Tromøy	142.3	6495.3	3.79	3.75	229.0	250.0	5.41	4.86	22.4	33.1
34	Boröya	153.3	6509.2	3.55	3.49	292.0	297.0	6.57	6.27	27.4	35.6
35	Salte	-43.6	6545.0	3.93	3.89	125.0	135.0	.	.	.	.
36	Bue	-23.3	6536.6	3.89	3.85	162.0	174.0	6.07	4.96	15.5	23.9
37	Byrkjedal	-.2	6548.5	3.90	3.82	173.0	184.0	5.86	4.82	21.8	24.4
38	Tonstad	21.2	6532.7	3.61	3.60	195.0	210.0	6.11	4.70	13.6	22.8

39	Knaben	38.5	6530.6	3.68	3.63	172.0	187.0	6.32	4.85	18.1	21.6
40	Evje	83.8	6516.1	3.58	3.53	213.0	226.0	5.71	5.05	18.4	20.3
41	Mykland	111.4	6518.8	3.55	3.48	239.0	249.0	5.14	4.79	27.2	23.5
42	Fiane	142.1	6514.0	3.68	3.66	248.0	266.0	5.23	4.74	33.9	32.8
43	Akland	152.7	6524.2	3.68	3.65	222.0	225.0	6.10	4.80	12.9	25.5
44	Fie	164.0	6519.5	3.76	3.75	242.0	257.0	5.84	5.75	14.1	21.6
45	Vigdel	-42.9	6563.8	4.88	4.91	113.0	125.0	5.43	4.53	20.1	28.2
46	Ålgård	-31.4	6549.0	3.81	3.74	191.0	201.0	5.91	4.75	23.4	28.8
47	Höle	-18.1	6560.3	4.00	3.94	194.0	220.0	5.64	4.78	19.4	20.3
48	Forsand	-1.8	6565.6	4.11	4.11	156.0	164.0	6.23	4.93	12.1	20.9
49	Skredå	23.5	6551.1	3.59	3.53	248.0	258.0	5.91	4.59	11.9	22.4
50	Borteli	67.2	6542.2	3.80	3.77	203.0	222.0	6.37	4.73	16.1	21.7
51	Bygland	87.0	6545.7	3.53	3.45	247.0	269.0	5.93	4.72	17.3	20.4
52	Åmli	126.7	6536.0	3.47	3.43	240.0	261.0	6.27	4.81	13.3	22.8
53	Kvisli	167.5	6537.8	.	.	.	.	5.54	4.83	14.1	24.9
54	Sannidal	167.5	6537.8	3.64	3.61	220.0	239.0	5.47	4.71	16.4	28.1
55	øysang	170.4	6526.4	4.09	4.01	197.0	194.0	4.67	4.43	46.8	58.3
56	Tungenes	-38.4	6581.9	3.85	3.79	202.0	207.0	5.61	5.19	26.1	31.5
57	Stavanger	-30.2	6571.4	3.71	3.70	210.0	223.0	.	.	.	.
58	Tau	-11.3	6581.9	3.87	3.82	196.0	212.0	6.21	4.81	12.8	23.3
59	Lyse	22.5	6573.8	3.84	3.79	151.0	165.0	6.40	4.63	16.8	22.0
60	Håhelleren	45.3	6571.0	3.89	3.81	125.0	147.0	6.10	4.67	8.7	21.9
61	Hylestad	74.3	6571.4	3.57	3.53	210.0	241.0	.	.	.	.
62	Nesvatn	74.3	6571.4	.	.	.	.	6.20	5.12	17.2	22.1
63	Gjøvdal	112.2	6546.8	3.56	3.55	178.0	202.0	6.10	4.70	15.5	18.5
64	Treungen	127.5	6563.9	3.61	3.58	211.0	232.0	6.26	5.02	17.8	25.9
65	Vehus	143.4	6549.3	3.65	3.58	202.0	213.0	5.37	4.87	11.9	21.8
66	Drangedal	153.7	6567.1	4.15	4.05	157.0	178.0	5.82	5.01	14.7	22.2
67	Neslandsvatn	164.8	6551.1	3.81	3.75	230.0	235.0	4.80	4.80	40.4	45.6
68	Fossing	185.7	6547.5	3.71	3.69	183.0	207.0	5.94	5.44	25.9	31.3
69	Gisholt	181.2	6562.8	3.77	3.71	202.0	215.0	5.10	4.79	23.9	32.6
70	Eidanger	194.7	6563.6	5.51	5.44	68.0	82.0	.	.	.	.
71	Langesund	195.8	6554.1	4.69	4.78	140.0	154.0	5.60	5.41	43.0	48.7
72	Stavern	210.7	6547.4	5.09	4.88	32.0	38.0	5.49	5.19	19.6	26.2
73	Ula	224.6	6553.8	3.62	3.60	231.0	234.0	6.14	5.88	18.4	26.6
74	Vasser	238.3	6556.6	4.46	4.45	69.0	78.0	5.14	4.67	28.3	32.8
75	Hvaler	268.7	6552.8	4.15	4.08	111.0	110.0	6.65	6.66	18.4	27.9
76	Halden	293.9	6558.8	3.66	3.60	253.0	268.0	.	.	.	.
77	Kornsjö	299.4	6536.2	4.13	4.09	119.0	136.0	5.87	5.22	19.5	25.0
78	Skudeneshavn	-55.5	6597.6	4.12	4.08	211.0	216.0	.	.	.	.
79	Finnøy	-21.2	6594.6	3.86	3.85	273.0	304.0	.	.	.	.
80	Laugeland	10.1	6597.9	3.66	3.64	256.0	283.0	5.63	4.74	16.7	23.3
81	Flåbygd	158.6	6589.0	3.65	3.65	242.0	269.0	4.97	4.64	23.7	31.6
82	Valesäter	181.1	6585.2	3.61	3.56	212.0	243.0	.	.	.	.
83	Siljan	202.0	6583.5	4.13	4.03	125.0	138.0	5.63	4.96	18.2	26.0
84	Andebu	223.0	6583.7	3.91	3.89	175.0	192.0	5.69	4.78	17.7	23.6
85	Sandefjord	227.6	6568.5	4.52	4.44	63.0	76.0	.	.	.	.
86	Nötterøy	237.3	6569.7	3.82	3.75	153.0	178.0	5.57	5.37	13.8	22.4
87	Slagen	245.7	6582.1	4.47	4.43	76.0	84.0	.	.	.	.

88	øyenkilen	261.9	6566.2	3.49	3.44	236.0	260.0	5.09	4.85	22.2	31.9
89	Rolvøy	268.1	6575.1	3.69	3.61	151.0	173.0	4.91	4.55	24.1	35.6
90	Borge	276.9	6561.6	3.48	3.43	248.0	271.0	5.74	4.89	17.2	25.8
91	Skjeberg	287.0	6572.2	3.89	3.75	108.0	132.0	6.03	5.80	19.8	26.2
92	Aremark	313.5	6568.9	4.08	3.96	141.0	148.0	6.19	5.81	14.1	23.0
93	Utsira	-75.4	6619.4	4.18	4.15	223.0	257.0	.	.	.	.
94	Torvastad	-51.7	6623.4	3.83	3.82	199.0	222.0	6.35	6.00	22.9	42.1
95	Yrkje	-29.4	6618.3	3.66	3.62	232.0	249.0	5.94	5.70	35.7	42.5
96	Jelsa	-4.7	6616.7	3.77	3.75	205.0	236.0	5.27	4.70	24.6	26.4
97	Suldal	15.6	6625.3	3.77	3.75	203.0	220.0	5.73	4.67	14.5	22.6
98	Ulla	25.7	6614.6	3.82	3.80	197.0	223.0	5.61	4.97	12.1	26.8
99	Bjørnevatn	73.4	6597.7	3.59	3.53	241.0	265.0	6.11	5.03	11.1	22.1
100	Veum	103.5	6592.5	3.62	3.55	244.0	252.0	6.22	4.67	11.9	21.4
101	Vrårdal	132.3	6593.3	3.89	3.92	151.0	153.0	5.70	5.28	17.3	27.0
102	Holmestrand	235.5	6599.6	4.17	4.15	111.0	127.0	.	.	.	.
103	Moss	252.4	6596.6	3.96	3.93	169.0	180.0	.	.	.	.
104	Tune	278.0	6580.1	3.63	3.58	242.0	262.0	4.53	4.46	49.0	53.5
105	Rakkestad	299.3	6588.2	4.21	4.09	61.0	71.0	6.68	6.36	27.5	37.6
106	Espevær	-53.2	6651.8	6.22	6.19	163.0	164.0	.	.	.	.
107	Innbjøa	-25.0	6649.6	3.66	3.65	230.0	248.0	5.28	4.71	23.8	28.5
108	Hundseid	-8.7	6636.1	4.18	4.11	127.0	144.0	5.46	4.86	13.9	23.7
109	Sauda	16.1	6644.0	5.24	5.23	92.0	116.0	.	.	.	.
110	Roaldkvam	45.8	6638.4	3.51	3.48	289.0	289.0	5.34	5.04	19.3	25.8
111	Hovden	69.3	6628.1	3.67	3.66	241.0	268.0	6.56	5.59	15.2	22.6
112	Åmot	102.3	6617.0	3.98	3.97	198.0	215.0	5.37	5.16	18.5	24.8
113	Flatdal	131.4	6623.3	4.18	4.12	101.0	136.0	5.76	5.03	15.6	25.0
114	Sauland	157.8	6622.7	4.03	3.94	105.0	136.0	5.00	4.82	26.0	34.8
115	Notodden	183.5	6612.9	4.02	3.99	119.0	120.0	5.37	4.88	16.4	29.4
116	Eftelöt	208.2	6614.7	4.58	4.52	66.0	67.0	5.15	5.00	18.9	25.0
117	Selvik	236.6	6614.4	3.52	3.46	253.0	274.0	5.41	4.68	32.4	38.2
118	Hurum	252.1	6620.8	4.05	4.00	137.0	153.0	4.96	4.86	32.1	34.8
119	Hoböl	266.5	6610.6	3.42	3.39	231.0	252.0	5.63	5.00	17.4	23.1
120	Askim	287.3	6611.2	3.47	3.44	239.0	262.0	4.97	4.71	30.2	39.4
121	ørje	313.1	6598.7	3.66	3.60	171.0	192.0	6.58	6.45	22.0	30.7
122	Römskog	319.8	6618.8	3.80	3.73	131.0	138.0	5.87	5.25	12.9	23.1
123	Goddo	-51.5	6676.1	4.16	4.09	113.0	103.0	.	.	.	.
124	Børtveit	-30.6	6676.8	4.26	3.99	135.0	170.0	5.14	4.94	19.8	27.9
125	Indre Matre	-1.2	6670.7	3.85	3.81	221.0	235.0	5.72	5.14	12.0	23.5
126	Valldalseter	47.8	6670.0	3.84	3.80	154.0	170.0	5.63	4.77	11.5	24.8
127	Rauland	106.9	6642.7	3.72	3.68	213.0	245.0	.	.	.	.
128	Vemork	130.6	6653.3	3.95	3.89	170.0	168.0	6.46	5.41	16.3	20.1
129	Blefjell	170.9	6642.0	3.66	3.60	238.0	260.0	6.43	5.33	25.1	26.0
130	Svene	198.9	6639.6	3.59	3.58	192.0	215.0	6.54	4.73	22.3	29.3
131	Konnerud	228.3	6629.9	3.74	3.72	196.0	222.0	.	.	.	.
132	Lierskogen	238.7	6644.1	4.08	4.04	73.0	85.0	5.53	5.51	18.9	27.5
133	Røyken	243.2	6628.9	3.82	3.81	156.0	177.0	5.07	5.00	24.4	28.0
134	Nesodden	259.1	6640.8	4.27	4.29	98.0	111.0	4.96	4.85	19.7	28.5
135	Hövik	252.0	6646.9	4.97	5.19	78.0	94.0	.	.	.	.
136	Bogstad	256.2	6654.1	3.83	3.81	184.0	215.0	5.99	5.94	20.6	28.0

137	Grefsen	267.2	6651.5	3.56	3.52	223.0	223.0	.	.	.	.
138	Oppsal	268.7	6645.8	4.63	4.60	147.0	169.0	.	.	.	.
139	Siggerud	268.0	6634.7	3.71	3.76	163.0	177.0	5.28	4.79	22.2	29.2
140	Losby	276.1	6643.5	3.92	3.89	137.0	158.0	5.93	5.61	24.4	31.4
141	Enebakk	282.8	6630.1	4.30	4.19	56.0	70.0	5.88	5.05	16.7	26.3
142	Höland	298.2	6636.6	3.80	3.79	181.0	197.0	4.74	4.57	38.4	43.5
143	Setskog	324.7	6644.6	3.66	3.62	196.0	201.0	.	.	.	.
144	ølve	-9.7	6690.7	3.80	3.79	287.0	312.0	5.31	4.81	23.4	31.0
145	Mauranger	17.4	6696.4	3.97	3.89	225.0	224.0	5.67	4.89	15.9	27.6
146	Odda	29.3	6687.4	3.92	3.85	192.0	213.0	.	.	.	.
147	Mogen	104.9	6676.5	3.88	3.84	146.0	159.0	5.69	5.28	15.0	24.4
148	Kalhovd	135.0	6679.0	3.72	3.63	230.0	242.0	6.64	6.08	16.1	23.7
149	Tinn	157.9	6663.7	3.44	3.35	260.0	279.0	6.24	5.01	16.4	22.0
150	Flesberg	172.4	6658.7	4.32	4.34	84.0	90.0	5.04	4.80	25.8	33.1
151	Sigdal	200.2	6678.7	4.12	4.04	98.0	141.0	5.83	5.46	18.8	26.0
152	Geithus	213.3	6655.3	4.23	4.18	86.0	105.0	.	.	.	.
153	Sollihögda	241.2	6653.2	4.67	4.58	90.0	96.0	5.62	5.19	23.5	35.4
154	Slattum	271.4	6658.7	3.56	3.48	202.0	233.0	6.03	4.82	11.2	21.2
155	Asak	284.3	6656.0	3.76	3.71	156.0	158.0	6.18	5.12	17.1	20.9
156	Magnor	353.1	6654.5	3.87	3.82	177.0	204.0	5.79	5.40	17.6	24.9
157	Fana	-37.2	6721.0	3.73	3.68	243.0	243.0	.	.	.	.
158	Os	-31.3	6710.7	3.69	3.65	303.0	307.0	5.46	4.96	20.5	22.8
159	Skogseid	-6.6	6712.8	3.78	3.74	201.0	212.0	5.39	4.87	17.8	29.3
160	Jondal	36.3	6712.7	3.70	3.67	221.0	232.0	5.46	4.68	15.3	27.2
161	Måge	33.8	6707.4	4.43	4.42	105.0	114.0	5.78	4.73	16.4	22.0
162	Bjoreid	90.1	6711.8	3.87	3.86	193.0	207.0	6.13	4.90	13.3	23.4
163	Uvdal	147.9	6696.4	4.06	4.08	118.0	122.0	5.45	5.17	20.3	26.4
164	Norefjell	176.2	6701.3	3.98	3.91	172.0	196.0	5.41	4.84	19.5	26.7
165	Gulsvik	200.5	6704.8	3.80	3.78	158.0	158.0	5.39	4.96	21.7	31.5
166	Hønefoss	235.6	6679.7	4.60	4.48	86.0	116.0	5.80	5.64	16.8	25.3
167	Harestua	261.8	6683.5	3.70	3.31	208.0	226.0	5.85	5.04	15.1	21.5
168	Nordkisa	291.1	6678.0	3.69	3.62	219.0	242.0	5.50	4.72	20.1	24.3
169	Seterstøa	316.8	6672.9	3.86	3.73	160.0	176.0	6.19	5.78	17.4	22.6
170	Kongsvinger	342.8	6673.5	3.84	3.80	120.0	124.0	6.01	5.05	13.4	22.9
171	Fyllingsdalen	-35.6	6732.1	3.71	3.67	207.0	215.0	5.28	4.75	22.5	32.6
172	Åsane	-31.8	6744.7	3.78	3.74	239.0	243.0	5.72	4.82	14.8	27.7
173	Lone	-22.5	6732.1	4.28	4.24	172.0	169.0	5.62	5.09	16.0	23.8
174	Kvitingen	-1.4	6736.6	3.93	3.90	232.0	252.0	5.43	4.66	18.2	25.3
175	Utne	20.2	6731.7	3.70	3.67	219.0	240.0	4.96	4.64	29.9	32.6
176	Eidfjord	67.2	6722.0	3.89	3.85	215.0	223.0	6.03	4.90	12.8	22.3
177	Haugastøl	108.6	6728.5	4.14	4.15	147.0	158.0	5.40	4.73	19.0	24.2
178	Geilo	130.5	6726.2	4.48	4.47	85.0	109.0	5.98	4.79	11.6	18.7
179	Ål	148.2	6737.5	3.91	3.85	193.0	198.0	5.65	5.27	17.4	29.6
180	Nesbyen	181.0	6734.4	3.50	3.42	226.0	239.0	5.91	5.26	14.7	22.4
181	Sperillen	230.2	6706.2	3.73	3.70	193.0	212.0	6.00	5.41	16.3	24.7
182	Brandbu	259.7	6707.8	4.20	4.15	163.0	178.0	5.91	5.32	15.2	23.0
183	Minnesund	289.0	6704.1	3.87	3.79	162.0	174.0	5.81	4.86	22.3	29.3
184	Nord-Odal	316.3	6698.9	3.73	3.73	207.0	223.0	5.34	4.83	21.7	29.8
185	Kirkenær	344.1	6703.2	3.86	3.81	222.0	228.0	5.55	5.41	21.2	30.4

186	Rögden	367.8	6698.5	3.56	3.51	209.0	236.0	5.70	5.41	20.4	32.9
187	Seim	-29.9	6757.6	3.55	3.54	389.0	425.0	6.11	4.69	14.7	23.7
188	Stamnes	-3.2	6763.1	3.84	3.82	220.0	241.0	6.16	5.56	15.2	25.5
189	Evanger	19.5	6754.4	3.65	3.58	229.0	236.0	6.00	4.69	13.7	20.8
190	Granvin	51.5	6744.6	3.70	3.67	246.0	247.0	5.85	4.98	19.0	24.6
191	Strandefjorden	106.0	6755.0	4.67	4.50	101.0	108.0	5.81	5.73	28.7	37.0
192	Begndal	214.0	6735.4	3.71	3.67	163.0	183.0	6.20	5.43	17.7	26.5
193	Fall	248.9	6736.5	3.68	3.63	240.0	247.0	5.50	5.05	17.9	25.7
194	Totenåsen	277.4	6725.3	3.76	3.77	188.0	203.0	5.85	5.11	14.5	22.7
195	Tangen	298.0	6733.4	3.41	3.41	320.0	322.0	5.41	4.88	22.4	25.1
196	Flisa	330.1	6718.7	3.45	3.31	276.0	291.0	5.89	5.11	17.3	23.1
197	Gråberget	361.3	6721.1	3.38	3.37	265.0	285.0	5.93	4.83	16.0	17.0
198	Slövåg	-38.6	6786.9	4.24	4.20	177.0	169.0	5.91	.	15.0	.
199	Haukeland	-11.7	6781.3	3.72	3.67	193.0	204.0	5.79	4.84	16.5	27.1
200	Modalen	10.4	6781.9	3.82	3.81	190.0	219.0	6.04	4.85	13.1	24.9
201	Oppheim	45.5	6769.7	3.62	3.56	209.0	219.0	5.64	5.02	12.5	16.8
202	Aurland	79.3	6776.8	3.93	3.95	124.0	129.0	5.63	5.02	16.9	25.9
203	Hemsedal	143.9	6767.8	4.20	4.21	107.0	127.0	5.34	4.86	21.8	20.1
204	Sanderstølen	183.3	6760.3	4.07	4.05	90.0	104.0	.	.	.	.
205	Dokka	230.3	6756.5	3.86	3.86	169.0	184.0	5.51	5.03	22.0	22.6
206	Redalen	263.1	6757.9	4.23	4.18	96.0	122.0	5.93	5.21	9.8	20.0
207	Vangsåsen	292.2	6759.7	3.54	3.48	254.0	273.0	5.60	4.96	16.9	26.6
208	Heradsbygd	320.7	6750.8	3.61	3.57	215.0	227.0	5.66	5.08	17.9	23.7
209	Gravberget	349.8	6751.3	3.41	3.36	274.0	311.0	5.66	5.28	15.7	21.6
210	Y Sula	-55.2	6808.6	3.85	3.80	217.0	221.0	.	.	.	.
211	Krakhella	-38.9	6819.3	3.67	3.60	220.0	228.0	5.71	4.90	24.6	23.5
212	Brekke	-19.2	6805.0	4.40	4.41	196.0	210.0	5.82	4.69	14.3	22.0
213	Vadheim	10.7	6823.2	3.88	3.84	205.0	211.0	.	.	.	.
214	Vik	43.4	6796.3	4.19	4.14	209.0	222.0	5.90	5.11	12.9	24.0
215	Borgund	111.7	6789.9	4.44	4.45	75.0	85.0	5.23	4.88	22.5	30.3
216	Vang V	148.7	6797.2	4.20	4.11	92.0	94.0	5.73	4.91	15.5	24.2
217	Heggenes	179.3	6796.2	4.10	4.09	237.0	229.0	5.62	5.40	18.6	26.0
218	Synnfjell	206.8	6780.7	3.95	3.92	270.0	266.0	5.24	5.22	21.7	25.5
219	Mesnalien	268.2	6779.9	5.65	5.44	95.0	123.0	5.95	5.75	16.0	22.3
220	Julussa	327.5	6778.3	3.77	3.71	222.0	234.0	5.97	4.72	12.3	23.1
221	Lutnes	359.8	6775.0	3.71	3.72	197.0	210.0	5.26	5.01	25.2	26.3
222	Værlandet	-48.5	6839.6	3.97	3.89	179.0	186.0	.	.	.	.
223	Gjelsvik	-10.6	6850.8	3.78	3.75	221.0	235.0	5.68	4.93	14.0	26.8
224	Förde	10.3	6845.9	3.69	3.64	211.0	223.0	6.09	5.01	15.1	25.9
225	Viksdalen	33.8	6833.2	3.72	3.66	9999.0	223.0	5.86	4.78	17.6	25.2
226	Selseng	69.3	6828.6	3.98	3.74	232.0	254.0	5.75	5.21	11.3	23.9
227	Årdal	118.4	6817.2	3.81	3.78	165.0	187.0	5.23	4.96	31.3	35.5
228	Svatsum	225.3	6809.0	5.06	4.95	75.0	85.0	5.92	5.13	14.8	17.7
229	Tretten	257.3	6804.8	3.98	3.90	146.0	169.0	5.87	5.67	28.6	32.2
230	Strand	298.2	6800.3	3.46	3.40	248.0	269.0	5.94	4.68	18.6	24.0
231	Osen	325.6	6811.9	3.64	3.62	242.0	264.0	.	.	.	.
232	Innbygda	351.9	6801.4	3.60	3.55	262.0	283.0	5.98	4.75	12.9	21.0
233	Stöa	381.8	6789.1	3.55	3.51	210.0	239.0	.	.	.	.
234	Florö	-29.2	6870.6	4.20	4.12	76.0	84.0	.	.	.	.

235	Eikefjord	.4	6864.2	3.74	3.73	234.0	246.0	6.18	5.26	18.3	21.1
236	Skei	45.6	6854.2	3.68	3.63	254.0	262.0	5.96	4.98	13.1	24.3
237	Jostedal	91.0	6859.7	3.74	3.69	200.0	225.0	6.63	4.74	15.5	19.7
238	Turtagrö	117.5	6841.7	4.00	3.94	169.0	182.0	6.04	5.33	11.9	21.0
239	Gjendesheim	173.7	6832.2	4.29	4.26	109.0	124.0	5.72	5.44	16.7	23.4
240	Skåbu	202.5	6835.2	5.93	6.09	75.0	79.0	6.25	6.32	17.7	27.4
241	Ringebu	243.3	6833.7	3.50	3.47	283.0	317.0	.	.	.	.
242	Imsdalen	281.7	6823.7	3.52	3.44	229.0	250.0	6.13	4.79	14.7	21.4
243	Ljørdalen	366.9	6821.2	3.95	3.92	234.0	245.0	.	.	.	.
244	Kalvåg	-33.3	6890.1	4.20	4.25	123.0	131.0	5.36	4.80	17.5	27.4
245	Svelgen	-10.6	6886.6	3.81	3.76	207.0	230.0	.	.	.	.
246	Bremanger	-2.5	6892.9	3.92	3.86	212.0	213.0	6.15	4.76	19.7	24.0
247	Sunndal	.0	6873.7	3.89	3.82	208.0	215.0	6.05	5.11	14.9	23.8
248	Hyen	20.0	6876.5	4.13	4.23	108.0	118.0	.	.	.	.
249	Utvik	52.0	6875.8	3.79	3.70	208.0	216.0	5.60	4.90	11.4	22.5
250	Videseter	95.0	6893.0	4.08	4.02	150.0	156.0	5.70	4.93	17.6	21.3
251	Leirdalen	138.6	6856.2	4.27	4.21	209.0	237.0	5.85	5.35	16.7	24.2
252	Lom	163.7	6876.1	4.48	4.41	183.0	175.0	6.47	5.92	14.8	19.1
253	Lalm	196.6	6869.3	4.10	4.14	107.0	119.0	6.70	6.44	19.4	27.6
254	Atnasjøen	247.6	6868.8	3.73	3.68	288.0	293.0	6.32	5.26	15.7	25.5
255	Atna	278.2	6851.8	3.66	3.55	160.0	192.0	.	.	.	.
256	Rendal	308.0	6848.1	3.57	3.55	251.0	276.0	.	.	.	.
257	Heggeriset	343.0	6840.8	3.58	3.55	196.0	200.0	6.08	4.67	14.1	21.9
258	Vågsøy	-17.4	6912.1	4.05	4.00	195.0	197.0	5.74	5.16	13.6	30.3
259	Vanylven	11.4	6915.3	4.25	4.20	140.0	148.0	5.58	4.93	17.7	24.2
260	Hjelle	33.6	6897.1	3.58	3.53	211.0	234.0	.	.	.	.
261	Hornindal	66.6	6905.9	4.38	4.38	161.0	183.0	5.52	5.00	19.3	25.6
262	Pollfoss	128.6	6894.7	3.90	3.85	199.0	211.0	5.83	5.71	24.2	31.5
263	Dombås	193.2	6890.1	3.93	3.91	216.0	233.0	6.20	5.90	24.7	30.2
264	Barkald	285.3	6881.1	4.22	4.17	103.0	119.0	6.40	5.41	14.0	20.1
265	Drevsjö	346.3	6876.0	3.50	3.44	235.0	249.0	6.16	5.07	15.2	25.6
266	Stad	-12.3	6933.9	4.50	4.43	90.0	100.0	5.45	5.03	20.8	29.0
267	Kvalsvik	11.4	6951.1	4.52	4.42	113.0	117.0	5.30	5.04	20.5	27.4
268	ørsta	41.6	6929.8	4.29	4.22	139.0	152.0	5.85	4.99	21.8	23.9
269	Stranda	73.8	6935.0	3.86	3.86	143.0	164.0	5.96	5.05	15.7	25.7
270	Eidsdal	91.4	6921.5	3.99	3.94	163.0	185.0	5.79	5.24	15.3	21.0
271	Valldal	113.8	6933.8	3.97	3.90	192.0	198.0	5.57	4.85	15.5	19.7
272	Bjorli	144.0	6923.0	3.77	3.71	244.0	264.0	5.61	4.80	12.7	19.1
273	Gautsjöen	181.5	6915.4	4.27	4.26	247.0	245.0	5.13	4.72	29.1	28.0
274	Kongsvoll	219.7	6913.9	4.05	4.03	188.0	207.0	6.05	5.41	15.5	26.0
275	Folldal	248.4	6902.3	3.72	3.66	291.0	292.0	6.05	5.25	11.1	20.9
276	Tynset	280.1	6907.5	3.63	3.55	254.0	267.0	.	.	.	.
277	Tufsingdalen	330.4	6908.3	3.83	3.80	190.0	209.0	6.00	5.77	14.5	22.6
278	Vigra	40.2	6969.5	4.05	4.02	260.0	276.0	5.59	4.87	17.7	22.4
279	Vatne	70.6	6963.5	4.27	4.22	208.0	212.0	5.59	4.87	22.1	24.5
280	Tresfjord	95.7	6956.6	3.81	3.76	195.0	229.0	6.04	4.99	13.4	21.4
281	Isfjorden	130.9	6961.8	3.68	3.65	232.0	248.0	5.67	5.27	19.6	26.7
282	øksendalen	158.7	6964.4	4.26	4.24	143.0	155.0	5.34	4.80	16.9	26.9
283	Gjöra	192.2	6946.2	4.01	3.98	211.0	230.0	6.71	6.00	17.6	19.7

284	Kvikne	261.8	6944.2	4.34	4.40	150.0	157.0	6.00	5.53	19.8	26.6
285	Os	302.6	6935.9	3.72	3.67	203.0	241.0	6.47	5.23	12.3	20.8
286	Brekken	344.6	6950.4	3.95	3.93	192.0	224.0	5.95	4.86	16.7	20.7
287	Harøy	66.7	6986.6	4.06	4.06	161.0	173.0	.	.	.	.
288	Molde	97.2	6982.7	3.80	3.80	239.0	249.0	5.80	4.68	17.4	22.1
289	Tingvoll	159.1	6985.0	3.78	3.75	206.0	230.0	5.80	5.18	15.5	31.7
290	Kårvatn	187.4	6976.5	3.68	3.64	201.0	212.0	5.49	4.83	14.4	23.4
291	Vognill	222.0	6962.2	3.84	3.78	220.0	223.0	6.15	5.23	14.9	22.7
292	Storbudal	278.7	6965.4	3.88	3.83	157.0	178.0	5.52	4.83	14.4	22.0
293	Ålen	314.7	6966.9	3.95	3.91	178.0	202.0	5.68	5.53	16.8	24.0
294	Bud	92.9	7003.8	5.22	4.21	186.0	208.0	5.40	5.30	30.7	41.0
295	Eide	114.2	6995.6	4.03	4.01	227.0	247.0	.	.	.	.
296	Surnadal	189.5	6998.7	3.61	3.53	200.0	221.0	5.50	4.84	15.2	23.9
297	Meldal	233.6	6998.5	3.75	3.71	266.0	271.0	5.93	5.25	20.0	26.9
298	Singsås	282.1	6989.3	3.78	3.74	199.0	218.0	5.95	5.57	15.1	28.2
299	Stugudal	342.6	6980.3	4.06	4.06	135.0	148.0	6.18	6.30	14.6	21.9
300	Bremsnes	128.9	7020.1	4.03	3.98	216.0	225.0	6.01	5.22	15.8	25.2
301	Kvisvik	146.3	7008.8	3.57	3.53	212.0	220.0	.	.	.	.
302	Valsøyfjord	181.4	7020.1	4.20	4.18	168.0	157.0	5.81	4.68	22.1	23.8
303	Rindal	221.4	7014.5	3.69	3.61	266.0	287.0	5.79	5.05	16.2	22.1
304	Hölonda	256.3	7007.9	4.02	4.03	203.0	233.0	5.49	4.70	16.6	26.1
305	Selbu	297.1	7012.6	4.31	4.29	102.0	117.0	5.62	5.13	18.7	24.2
306	Tydal	319.7	6996.3	3.65	3.60	213.0	229.0	6.11	5.21	16.9	24.1
307	Straumen	160.2	7042.8	4.13	4.11	176.0	198.0	6.03	4.85	16.6	21.8
308	Hemne	199.7	7035.1	4.71	4.71	99.0	123.0	.	.	.	.
309	Snillfjord	225.8	7045.8	3.79	3.78	290.0	300.0	5.53	4.92	16.9	21.9
310	Orkanger	242.9	7029.5	3.81	3.77	238.0	239.0	5.23	4.71	24.6	32.5
311	Stordalsvollen	341.4	7025.0	3.77	3.73	238.0	264.0	5.66	5.61	19.5	27.1
312	Veidholmen	150.4	7060.7	4.01	3.99	364.0	381.0	.	.	.	.
313	Hitra	181.4	7053.7	4.25	4.21	151.0	184.0	.	.	.	.
314	Sandstad	205.1	7057.0	3.89	3.85	252.0	276.0	5.16	4.95	22.7	30.1
315	Bymarka	265.5	7040.8	3.74	3.69	223.0	230.0	5.61	4.98	16.0	27.3
316	Heimdal	269.8	7031.2	3.86	3.81	222.0	232.0	5.12	4.77	19.3	29.2
317	Malvik	283.6	7037.7	3.93	3.89	202.0	219.0	6.05	5.82	29.7	37.8
318	Hegra	312.0	7037.7	3.81	3.78	254.0	255.0	5.72	5.30	15.9	26.0
319	Feren	342.6	7049.1	3.81	3.76	184.0	203.0	5.64	5.19	15.3	20.2
320	Titran	162.3	7078.1	4.44	4.38	169.0	171.0	5.57	5.45	20.6	28.3
321	Flatval	192.0	7076.9	4.10	4.06	225.0	237.0	.	.	.	.
322	Agdenes	234.0	7063.8	3.74	3.68	288.0	286.0	4.93	4.62	41.8	48.7
323	Rissa	257.1	7061.9	3.88	3.88	202.0	217.0	5.00	4.95	27.5	32.7
324	Bjugn	237.7	7087.7	4.10	4.09	287.0	305.0	.	.	.	.
325	Varghiet	257.2	7084.3	3.75	3.71	226.0	245.0	5.09	4.62	27.4	32.2
326	Leksvik	283.0	7076.8	4.04	4.01	247.0	273.0	5.35	4.90	14.8	23.7
327	Hoklingen	313.4	7061.8	3.66	3.65	240.0	357.0	5.40	5.33	16.4	24.9
328	Sandvika	366.5	7064.7	4.19	4.08	144.0	139.0	5.40	5.08	20.0	24.5
329	Mausundvær	187.5	7097.9	4.22	4.14	222.0	226.0	.	.	.	.
330	Havlandsdal	-13.6	6830.5	3.75	3.70	184.0	215.0	5.67	5.12	11.2	21.4
331	Åfjord	253.7	7103.2	3.94	3.89	202.0	204.0	5.74	5.09	14.9	25.5
332	Flenstad	277.9	7097.7	3.91	3.87	188.0	214.0	5.52	5.06	16.9	23.9

333	Vangshylla	309.9	7086.2	3.83	3.80	237.0	240.0	6.67	6.48	23.8	33.7
334	Gaulstad	358.2	7100.4	3.94	3.94	216.0	224.0	6.01	4.94	13.2	20.5
335	Roan	263.3	7121.1	4.55	4.53	149.0	167.0	6.03	5.36	21.8	26.2
336	Momyr	280.8	7116.1	4.30	4.31	152.0	168.0	5.61	4.99	17.5	24.1
337	Steinkjer	335.7	7107.1	3.94	3.95	191.0	226.0	5.59	5.11	18.0	27.4
338	Imsdalen	388.3	7119.6	3.78	3.72	203.0	209.0	5.45	4.75	17.1	23.9
339	østborg	452.9	7108.7	5.32	5.38	277.0	284.0	6.05	5.22	17.8	22.0
340	Osen	281.2	7144.0	4.06	4.01	170.0	187.0	5.73	5.09	19.0	27.2
341	Bangsund	326.4	7144.8	3.79	3.76	280.0	284.0	5.68	5.08	21.6	25.9
342	Snåsa	361.1	7128.2	3.67	3.64	303.0	316.0	5.93	4.94	11.7	24.6
343	Sørli	433.8	7129.5	4.15	4.15	252.0	230.0	5.67	5.00	14.9	27.4
344	Aglen	312.1	7173.6	4.08	4.08	227.0	239.0	5.22	4.99	27.8	35.2
345	Vetterhus	338.8	7166.5	3.89	3.86	222.0	243.0	6.27	4.71	21.7	22.2
346	Skogmo	356.0	7158.2	3.70	3.67	234.0	255.0	.	.	.	.
347	Sandöla	392.6	7151.1	3.74	3.76	252.0	268.0	5.66	4.73	15.8	21.7
348	Brattland	421.5	7152.1	4.19	4.14	233.0	238.0	5.88	5.29	19.1	23.3
349	Murusjøen	452.0	7153.3	3.99	4.00	317.0	348.0	6.00	5.34	17.7	24.8
350	Vikna	306.2	7205.6	4.08	4.08	161.0	173.0	5.71	5.09	17.4	24.0
351	Rörvik	321.5	7197.2	4.07	4.04	198.0	198.0	5.25	4.63	16.3	26.3
352	Salsbruket	354.5	7193.6	3.69	3.66	224.0	243.0	5.36	5.08	20.6	28.2
353	øye	374.5	7177.8	3.80	3.79	233.0	251.0	5.73	4.95	17.4	25.0
354	Brekkvasselv	405.2	7193.4	3.88	3.91	211.0	221.0	5.55	4.69	14.9	20.7
355	Tunnsjø	436.4	7175.9	3.72	3.70	227.0	243.0	.	.	.	.
356	Leka	340.3	7224.1	4.42	4.35	169.0	175.0	6.48	5.86	17.5	29.1
357	Foldereid	366.3	7207.9	3.97	3.83	224.0	228.0	5.45	4.92	21.6	26.8
358	Bindal	384.2	7223.9	3.97	3.95	231.0	255.0	6.26	6.11	20.9	27.5
359	Namsskogan	420.0	7217.1	3.78	3.75	197.0	229.0	5.81	4.96	12.8	20.0
360	Joma	446.3	7196.1	4.02	4.02	271.0	300.0	5.98	4.98	15.3	25.4
361	Sømna	366.2	7241.4	4.16	4.12	250.0	251.0	5.90	5.11	13.5	21.4
362	Saus	389.7	7246.0	3.90	3.84	222.0	231.0	5.91	4.93	15.7	22.0
363	Svenningsvatn	425.5	7246.7	3.85	3.82	217.0	238.0	6.36	4.86	14.1	20.9
364	Susendal	467.4	7246.0	.	.	.	.	5.89	5.50	16.7	25.4
365	Vega	352.9	7286.7	3.97	3.95	231.0	248.0	5.82	4.72	9.7	22.9
366	Horn	381.3	7266.8	3.96	3.92	188.0	200.0	5.70	4.71	12.2	23.6
367	Trofors	429.1	7268.9	3.68	3.66	225.0	217.0	.	.	.	.
368	Hattfjelldal	453.8	7270.3	3.78	3.79	219.0	241.0	5.99	5.52	13.4	24.0
369	Krutå	477.0	7284.9	4.18	4.13	260.0	251.0	5.50	5.03	15.4	24.7
370	Alstahaug	381.5	7309.6	4.45	4.45	199.0	223.0	5.71	5.22	17.8	26.2
371	Hundåla	404.3	7310.6	3.82	3.77	207.0	222.0	5.43	4.74	15.5	21.6
372	Helfjell	425.7	7313.6	3.93	3.89	216.0	227.0	5.86	4.79	15.3	21.8
373	Tustervatn	446.7	7303.9	3.67	3.63	263.0	276.0	5.62	5.02	13.8	20.7
374	Steikvasselv	474.2	7309.1	4.09	4.04	195.0	228.0	5.68	5.09	17.8	23.5
375	Dønna	382.5	7333.7	4.08	4.04	177.0	186.0	5.32	4.69	15.1	23.2
376	Leirosen	412.7	7334.5	4.02	4.02	151.0	154.0	5.47	4.70	13.3	19.4
377	Korgen	445.8	7331.8	4.58	4.68	172.0	195.0	5.95	4.64	12.1	22.3
378	Umbukta	483.5	7338.7	4.26	4.22	143.0	171.0	5.82	5.39	14.3	22.8
379	Lovund	379.2	7363.6	3.93	3.86	199.0	201.0	6.11	5.55	15.8	24.1
380	Vassvatnet	419.4	7358.4	3.92	3.89	209.0	212.0	5.82	4.85	14.7	21.2
381	Melfjord	442.2	7376.4	3.94	3.93	186.0	195.0	5.94	4.70	14.2	22.7

382	Mo	461.2	7357.5	3.72	3.72	236.0	257.0	.	.	.	.
383	ørtfjell	488.1	7364.7	3.89	3.85	272.0	290.0	6.44	6.42	16.6	23.9
385	Vågaholmen	423.6	7401.1	4.22	4.19	229.0	247.0	.	.	.	.
386	øra	438.8	7424.8	4.40	4.52	68.0	71.0	.	.	.	.
387	Glomfjord	456.1	7411.5	3.80	3.76	198.0	223.0	4.72	4.61	42.3	49.8
388	Staupåmoen	483.9	7403.8	3.74	3.69	276.0	276.0	5.57	4.95	16.3	23.8
389	Graddis	532.3	7403.9	3.73	3.69	248.0	263.0	5.92	5.44	15.6	27.8
390	Saltstraumen	478.4	7452.1	3.74	3.71	223.0	233.0	6.30	5.89	14.6	23.2
391	Misvær	500.0	7444.6	4.41	4.37	297.0	313.0	.	.	.	.
392	Finneid	523.0	7457.7	4.04	4.04	212.0	233.0	5.79	5.10	14.1	26.1
393		537.5	7450.4	3.63	3.61	221.0	238.0	5.64	5.03	20.1	29.6
394	Batvatnet	542.2	7430.0	3.62	3.56	221.0	229.0	5.63	4.96	14.5	25.9
395		552.0	7446.9	3.67	3.64	203.0	214.0	5.41	4.58	19.7	28.8
396	Torpa	29.3	6672.3	3.75	3.75	223.0	221.0	5.06	4.72	24.7	30.6
397	Festvåg	488.6	7478.1	4.05	3.99	197.0	218.0	5.75	5.14	13.9	25.1
398	Valnesfjord	501.4	7468.7	3.79	3.73	216.0	220.0	6.28	6.08	25.0	33.5
399	Sörfold	520.0	7483.7	4.09	4.02	160.0	173.0	5.76	4.71	14.9	20.5
400	Nordfold	512.7	7520.8	4.44	4.42	246.0	250.0	5.69	5.14	11.4	23.0
401	Sildhopen	536.7	7509.9	3.98	3.96	221.0	240.0	6.21	4.97	14.9	22.7
402	Skutvik	513.9	7546.8	3.80	3.79	228.0	247.0	5.68	.	15.6	21.1
403	Innhavet	537.7	7537.8	4.26	4.20	232.0	218.0	5.67	5.26	22.7	23.7
404	Skjomen	605.2	7561.9	3.73	3.68	208.0	226.0	6.06	5.72	11.2	19.3
405	Bognes	545.6	7567.6	3.87	3.78	184.0	193.0	5.91	5.06	14.5	23.2
406	Ballangen	572.8	7581.3	4.30	4.25	273.0	290.0	5.77	5.09	16.3	21.5
407	Ankenes	595.9	7587.6	3.95	3.94	139.0	129.0	.	.	.	.
408	Bjørnfjell	624.3	7596.3	3.83	3.77	186.0	194.0	5.31	4.85	14.3	26.9
409	Röst	376.3	7492.1	4.65	4.64	298.0	302.0	.	.	.	.
410	Værøy	402.5	7507.7	4.19	4.15	213.0	221.0	7.05	6.56	20.2	30.1
411	Reine	418.9	7535.0	4.00	3.93	216.0	225.0	.	.	.	.
412	Nusfjord	431.9	7549.5	4.37	4.37	138.0	152.0	5.75	5.58	36.5	38.4
413	Myrland	432.2	7562.5	4.12	4.10	152.0	177.0	5.62	5.54	30.8	38.5
414	Varberg	457.5	7582.4	3.85	3.83	299.0	315.0	5.35	4.97	23.8	34.1
415	Kvalnes	457.2	7565.7	3.94	3.91	187.0	211.0	5.66	5.04	18.4	26.7
416	Svolvær	480.7	7571.0	3.83	3.78	205.0	212.0	6.14	5.55	18.0	22.7
417	Fiskebøl	491.8	7591.4	4.21	4.12	136.0	174.0	5.96	5.14	20.4	24.2
418	Lödingen	520.6	7582.2	3.97	3.93	216.0	235.0	5.87	5.72	14.2	29.5
419	Gullesfjord	531.3	7602.7	3.92	3.88	161.0	180.0	5.82	5.00	13.0	23.6
420	Bö	478.4	7617.5	4.01	3.99	242.0	263.0	5.54	5.16	17.5	27.5
421	Sortland	518.9	7623.0	4.11	4.07	169.0	188.0	6.30	5.17	16.5	23.1
422	Tjeldsund	561.1	7608.9	3.70	3.68	222.0	239.0	6.13	5.05	12.8	24.1
423	Gratangen	609.8	7616.1	3.68	3.61	226.0	239.0	5.41	4.97	17.7	23.0
424	Altevatn	659.7	7620.6	4.31	4.41	256.0	283.0	6.13	5.67	16.9	22.3
425	Myre	505.4	7647.1	4.13	4.08	184.0	182.0	5.77	5.35	18.8	22.9
426	Å	532.0	7658.5	3.81	3.79	266.0	274.0	5.85	4.88	14.9	27.7
427	Harstad	559.2	7634.8	3.96	3.93	234.0	246.0	5.95	5.59	14.2	21.9
428	Salangen	604.6	7641.9	4.03	3.99	248.0	251.0	6.21	5.65	13.1	19.9
429	Bardu	628.9	7639.3	3.66	3.63	210.0	225.0	5.99	5.15	12.1	22.0
430	Frihetsli	689.7	7637.7	3.71	3.65	197.0	202.0	6.08	5.38	18.8	23.2
431	Andenes	542.1	7688.4	4.00	3.99	242.0	242.0	5.68	4.87	13.5	23.5

432	Stonglandet	585.1	7663.5	4.36	4.36	254.0	264.0	6.54	6.09	19.5	25.1
433	Tangen	617.0	7662.9	3.83	3.82	212.0	237.0	6.17	5.22	12.1	23.9
434	Rundhaug	655.8	7661.4	3.80	3.78	209.0	224.0	6.00	5.52	11.5	21.0
435	Tamokdalen	687.0	7672.9	3.92	3.91	228.0	231.0	7.86	7.65	45.6	65.4
436	Galgojavre	726.5	7678.1	3.64	3.59	283.0	295.0	6.06	4.98	14.2	23.2
437	Kaldfarnes	579.0	7687.5	3.84	3.92	332.0	204.0	5.78	4.92	12.7	26.4
438	Svanelvmo	604.1	7684.7	4.23	4.19	239.0	261.0	5.82	5.47	23.0	35.2
439	Aursfjorden	647.4	7688.8	4.50	4.47	201.0	214.0	5.94	5.62	15.5	27.8
440	Laksvatn	674.1	7703.6	3.85	3.79	227.0	235.0	6.02	5.70	15.7	21.7
441	Skibotn	708.2	7704.5	3.68	3.62	244.0	261.0	6.71	6.03	21.0	31.0
442	Senjahopen	596.5	7710.4	4.20	4.17	142.0	141.0	5.54	4.59	19.6	26.5
443	Gibostad	619.1	7702.1	4.05	4.00	190.0	215.0	5.97	4.71	17.8	25.3
444	Grøtffjord	632.5	7743.8	4.64	4.59	223.0	230.0	.	.	.	.
445	Tromsø	652.5	7733.8	4.17	4.11	219.0	220.0	6.02	5.08	20.9	25.0
446	Berg	655.8	7722.9	3.89	3.84	276.0	271.0	5.90	4.88	15.7	22.3
447	Kjosén	694.3	7729.4	4.04	4.05	174.0	198.0	6.28	6.03	16.9	31.2
448	Bilto	753.9	7722.0	3.70	3.66	265.0	282.0	6.22	5.83	12.4	20.1
449	Koparelv	670.1	7759.3	3.88	3.90	171.0	188.0	6.33	4.98	16.3	22.4
450	Langslett	720.9	7752.3	3.78	3.74	204.0	212.0	6.20	5.02	12.0	21.2
451	Oksfjord	744.0	7765.8	3.89	3.87	216.0	238.0	5.65	5.14	14.3	20.3
452	Kvænangen	771.4	7752.0	3.69	3.61	244.0	254.0	.	.	.	.
453	Mikkelvík	654.8	7776.8	4.02	4.03	190.0	204.0	.	.	.	.
455	Lenangen	697.8	7765.2	4.75	4.72	185.0	189.0	.	.	.	.
456	Årviksand	707.9	7795.9	3.92	3.91	202.0	213.0	.	.	.	.
457	Åmøyhamn	714.1	7783.4	4.10	3.98	126.0	161.0	5.94	4.58	11.2	23.3
458	Bognelv	776.6	7784.5	4.09	4.03	264.0	275.0	5.95	4.98	15.3	25.2
459	Aiddejevrra	833.5	7649.2	4.30	4.28	90.0	113.0	.	.	.	.
460	Kautokeino	822.1	7673.9	3.69	3.72	243.0	269.0	6.48	5.16	15.6	21.1
461	Lappolnobbél	845.6	7707.2	3.85	3.80	191.0	196.0	.	.	.	.
462	Jerggul	876.9	7728.9	3.92	3.87	119.0	135.0	.	.	.	.
463	Storfossen	927.8	7697.8	3.94	3.84	139.0	161.0	5.97	5.31	14.8	24.3
464	Karasjokk	917.7	7739.5	3.89	3.83	211.0	210.0	6.58	4.91	11.6	23.4
465	Silesjavvre	829.8	7744.5	4.01	3.95	232.0	240.0	6.14	5.15	23.6	24.4
466	øvre Alta	814.7	7778.1	3.85	3.85	244.0	263.0	6.60	6.29	13.3	19.7
467	Rafsbotn	826.1	7789.0	3.68	3.65	197.0	209.0	6.49	5.10	14.6	22.6
468	Skoganvarre	893.7	7771.3	3.75	3.69	227.0	240.0	6.24	5.05	17.1	22.1
469	øksfjord	777.5	7808.9	4.21	4.18	196.0	203.0	6.10	5.02	23.3	25.5
470	Langenes	801.4	7800.7	4.30	4.33	201.0	209.0	6.10	5.79	13.6	22.0
471	Sennalandet	841.7	7813.9	3.92	3.89	183.0	206.0	5.64	4.87	16.9	23.7
472	Lakselv	881.2	7807.0	6.46	6.54	321.0	416.0	5.84	5.31	13.2	21.5
473	Løvvajok	934.1	7793.7	3.92	3.88	203.0	208.0	5.83	5.15	17.4	25.7
474	Sirma	968.5	7817.6	3.99	4.00	139.0	144.0	6.92	5.85	14.9	18.4
475	Sörvar	760.0	7849.9	4.03	4.00	194.0	217.0	5.82	4.94	22.8	29.8
476	Hasvik	766.5	7837.6	3.98	3.94	167.0	190.0	.	.	.	.
477	Porsa	828.5	7834.5	5.85	5.94	224.0	239.0	6.09	6.03	20.2	27.1
478	Skaidi	854.1	7840.3	3.80	3.83	200.0	220.0	6.51	5.58	13.8	23.3
479	Billefjord	876.0	7830.6	3.66	3.61	211.0	215.0	6.00	5.18	17.6	24.3
480	Børselv	899.5	7842.2	5.65	5.77	80.0	108.0	6.50	5.95	29.7	33.5

481	Laksefjord	934.5	7852.5	3.81	3.75	208.0	221.0	.	.	.	.
482	Tana Bru	993.6	7845.8	3.86	3.85	194.0	194.0	.	.	.	.
483	Hammerfest	822.2	7869.3	4.07	4.07	139.0	156.0	.	.	.	.
484	Snöfjord	851.4	7881.3	3.87	3.83	162.0	182.0	.	.	.	.
485	Kalak	944.4	7879.2	4.73	4.72	182.0	195.0	8.66	8.45	48.5	71.4
486	Vestertana	981.5	7871.7	4.34	4.29	195.0	200.0	8.00	8.09	62.4	80.3
487	Havöysund	851.2	7905.8	4.35	4.21	139.0	156.0	5.93	5.70	16.0	22.0
488	Kåfjord	892.1	7897.7	4.15	4.09	158.0	163.0	6.02	5.49	25.3	32.0
489	Hopseidet	964.8	7902.5	3.76	3.75	211.0	235.0	5.38	5.03	23.7	26.7
490	Nordkapp	886.5	7928.8	5.68	5.76	144.0	169.0	6.47	6.01	12.5	23.3
491	Kjöllefjord	945.4	7923.2	4.03	3.98	151.0	160.0	5.82	5.25	18.5	28.8
492	Gamvik	974.3	7938.9	3.94	3.91	150.0	170.0	4.96	4.90	31.7	34.4
493	Nyelv	1018.3	7834.1	4.02	3.95	252.0	252.0	.	.	.	.
494	Bugöyfjord	1042.9	7818.8	3.97	3.89	153.0	161.0	6.13	5.48	16.7	21.3
495	Neiden	1056.1	7791.3	3.92	3.89	178.0	219.0	6.68	5.81	14.9	21.6
496	φ Pasvik	1051.1	7732.6	3.54	3.48	216.0	230.0	6.51	6.00	17.0	24.5
497	Kobbfoss	1064.4	7762.6	3.87	3.84	144.0	171.0	6.51	5.58	14.9	23.4
498	Svanvik	1082.2	7772.7	4.03	4.07	195.0	172.0	6.41	6.35	25.2	33.4
499	Bjørnevatn	1080.5	7801.2	4.50	4.48	187.0	207.0	6.23	5.98	23.0	35.5
500	G. Jakobselv	1104.0	7818.8	4.34	4.31	69.0	73.0	.	.	.	.
501	Ekkerøy	1078.4	7798.7	4.38	4.28	59.0	73.0	.	.	.	.
502	Kiberg	1095.2	7876.4	4.18	4.22	183.0	191.0	5.69	4.70	21.5	25.0
503	Hamningberg	1075.9	7900.2	6.66	6.58	113.0	116.0	.	.	.	.
504	Gædrije	1017.2	7877.9	4.31	4.29	158.0	169.0	5.59	5.43	16.6	28.0
505	Kongsfjord	1021.7	7902.0	4.19	4.21	187.0	209.0	6.37	5.38	16.4	23.9
506	Berlevåg	1007.0	7921.5	4.06	3.99	99.0	109.0	.	.	.	.
507	Jomfruland	188.8	6537.9	4.08	4.05	236.0	250.0	.	.	.	.
508	Havstenssund	278.2	6518.7	4.58	4.67	63.0	69.0	.	.	.	.
509	Hamburgsund	284.8	6497.9	4.00	3.94	136.0	137.0	.	.	.	.
510	Hedrum	210.3	6567.9	4.79	4.89	196.0	235.0	4.86	4.58	38.6	43.2
511	Tofterøy	-51.5	6713.8	4.27	4.22	154.0	165.0	.	.	.	.
512	Solsvik	-49.1	6741.7	4.16	4.12	181.0	194.0	5.02	4.82	36.6	41.1
513	Seløy	-56.2	6767.3	3.94	3.91	203.0	220.0	3.87	3.79	280.0	303.0
514	Vågslid	70.0	6650.5	3.72	3.71	240.0	250.0	5.80	4.70	26.1	23.0
515	Vassdölin	299.6	7129.7	4.01	3.98	204.0	222.0	5.58	4.80	16.3	20.8
516	Polarsirkel	511.9	7379.6	4.29	4.25	163.0	166.0	6.29	4.83	15.6	22.7
517	Leines	490.1	7511.5	4.17	4.15	213.0	220.0	.	.	.	.
518	Svartvik	881.7	7871.3	3.65	3.58	214.0	226.0	5.45	5.15	22.1	26.9
519	Halmfers	1083.7	7788.5	3.75	3.71	160.0	169.0	5.88	5.25	23.8	29.6
520	Tårnet	1097.3	7803.5	5.43	5.68	138.0	174.0	6.20	4.79	18.5	20.9
521	Korpefjell	1112.2	7797.8	4.12	4.12	246.0	284.0	5.59	5.09	21.3	29.4
522	Inndyr	465.1	7431.8	3.84	3.81	198.0	215.0	.	.	.	.
523	Evenesdal	521.9	7424.2	4.05	3.99	229.0	237.0	5.96	4.97	16.7	22.9
524	Frosta	286.8	7059.8	3.59	3.58	234.0	257.0	5.59	5.10	19.8	26.3
525	Vuku	338.8	7073.5	3.79	3.77	201.0	225.0	7.18	7.11	95.0	102.0
526	Geiteryggen	191.6	6573.1	3.76	3.72	202.0	226.0	.	.	.	.
527	Gya	-5.0	6526.6	3.82	3.79	205.0	228.0	.	.	.	.
528	Selåsvatn	137.3	6525.6	3.45	3.41	251.0	274.0	5.58	4.75	23.0	27.4
529	Kaupanger	81.2	6808.4	3.65	3.65	184.0	202.0	5.80	5.42	22.1	33.2

31447	Nijos	217.1	6696.1	4.02	3.87	89.0	114.0	5.17	4.95	26.9	25.2
31454	Nijos	195.6	6643.4	3.88	3.86	124.0	130.0	4.99	4.76	17.2	25.9
31455	Nijos	180.6	6662.9	4.27	4.25	83.0	98.0	5.49	4.61	15.3	29.2
31458	Nijos	175.2	6699.7	.	.	.	.	4.93	4.70	20.0	27.0
31460	Nijos	278.3	6665.1	3.84	3.80	112.0	129.0	4.78	4.51	28.1	32.6
31462	Nijos	271.0	6692.6	3.80	3.76	156.0	162.0	4.73	4.11	33.7	36.0
31482	Nijos	189.6	6662.0	4.17	4.13	118.0	136.0	4.88	4.61	24.9	36.5
31491	Nijos	282.6	6592.6	3.80	3.75	169.0	189.0	4.97	4.48	14.4	33.3
31492	Nijos	320.8	6626.3	4.18	4.20	112.0	110.0	5.11	4.55	16.8	21.7
31493	Nijos	292.7	6610.0	3.99	3.95	144.0	155.0	5.05	4.60	17.8	25.0
31495	Nijos	284.3	6619.6	.	.	.	.	4.52	4.56	33.4	38.3
31498	Nijos	309.5	6590.9	4.15	4.12	107.0	122.0	5.66	5.86	27.3	31.5
31513	Nijos	314.2	6662.8	3.85	3.83	162.0	189.0	4.85	4.71	25.4	31.8
31563	Nijos	177.0	6627.1	4.01	3.98	123.0	135.0	5.15	4.64	20.3	31.2
31673	Nijos	77.5	6537.4	3.86	3.81	137.0	156.0	4.93	4.66	15.0	25.1

VEDLEGG 7.

ANALYSEVERDIER, LETTLØSELIGE KATIONER

Tabell 8 Vannløselige kationer i 50 humusprøver fra hele Norge.
Analyseresultatene er angitt som mg/kg i lufttørr prøve.

hualv = humus Al vannoppslemming
hufev = humus Fe vannoppslemming
humnv = humus Mn vannoppslemming

humgv = humus Mg vannoppslemming
hucav = humus Ca vannoppslemming
hunav = humus Na vannoppslemming
hukv = humus K vannoppslemming

FELTNR	STED	HUALV	HUFEV	HUMNV	HUMGV	HUCAV	HUNAV	HUKV
8	Feda	37.74	6.99	.63	89.50	63.90	93.64	391.60
9	Lyngdal	37.74	3.48	.79	71.12	59.32	84.96	223.60
10	Øyslebø	41.98	5.82	3.55	63.12	56.04	59.70	273.40
17	Eia	46.56	13.33	1.22	85.14	55.26	126.08	335.60
19	Gyland	42.98	3.58	.50	96.90	59.10	118.26	455.40
20	Vatland	70.94	3.24	.48	66.60	59.16	96.14	262.60
22	Bjelland	42.98	7.11	.42	40.40	45.32	64.22	227.80
25	Birkeland	47.52	11.17	.73	36.78	32.72	57.78	221.40
27	Ogna	140.28	16.25	.59	91.18	33.22	212.80	217.00
28	Eigerøy	88.44	8.06	1.02	46.08	24.78	71.32	250.20
31	S Herefoss	279.40	42.40	2.37	215.20	708.00	238.00	314.20
40	Evje	571.60	62.28	2.91	173.30	638.40	218.00	248.00
41	Mykland	51.16	5.58	1.85	45.58	57.08	44.78	324.80
45	Vigdel	61.18	8.03	18.40	76.92	56.92	129.82	159.86
77	Kornsjö	155.78	46.52	1.85	45.70	33.80	43.88	152.10
92	Aremark	152.84	52.62	1.61	40.04	90.58	39.62	232.80
116	Eftelöt	52.08	8.23	32.04	13.79	29.72	6.52	44.72
134	Nesodden	57.40	28.20	68.18	33.16	83.52	14.12	107.32
173	Lone	158.12	15.56	1.03	47.22	23.64	59.78	333.40
191	Strandefjorden	51.38	24.24	110.14	59.68	102.02	8.91	171.56
198	Slövåg	98.32	12.57	1.09	36.34	10.64	95.80	371.80
215	Borgund	55.36	21.34	2.99	49.48	84.00	8.63	106.52
216	Vang V	70.44	44.86	18.75	33.28	52.62	12.52	126.98
227	Årdal	122.38	15.98	.93	75.70	176.20	20.04	151.58
234	Florö	438.80	354.60	.32	86.24	56.52	193.86	52.92
252	Lom	50.98	22.48	14.43	86.86	231.60	13.55	361.80
253	Lalm	74.96	50.16	39.54	43.40	134.78	6.34	148.26
259	Vanylven	438.80	48.24	.44	199.86	51.70	446.00	170.24
279	Vatne	133.06	5.37	.88	63.50	28.04	146.40	485.40
361	Sömna	44.80	31.34	1.54	130.88	159.88	233.40	438.60
370	Alstahaug	31.22	8.92	6.12	152.40	139.42	224.80	273.00
377	Korgen	58.64	41.08	21.76	137.30	247.00	90.20	343.40
391	Misvær	136.02	71.64	79.70	486.00	1480.20	154.66	880.20
448	Bilto	247.20	80.12	33.00	263.60	1108.80	241.20	543.00
472	Lakselv	17.96	20.04	33.44	95.34	1190.60	41.14	272.80

477 Porsa	9.20	7.37	24.80	189.86	620.40	86.28	264.80
504 Gædrije	47.52	5.75	9.12	122.22	156.86	84.82	219.20
31447 Nijos	11.81	2.31	4.53	6.80	28.90	12.00	112.30
31454 Nijos	34.80	15.96	4.10	22.48	48.42	25.20	233.20
31455 Nijos	19.34	7.64	6.14	17.65	58.94	14.81	95.04
31460 Nijos	50.88	20.82	2.70	14.44	38.06	44.20	137.94
31462 Nijos	44.22	10.43	5.75	16.35	53.56	108.54	194.20
31482 Nijos	16.58	5.48	6.48	16.43	115.38	21.02	180.12
31491 Nijos	17.99	5.27	6.33	14.64	41.50	131.50	199.44
31492 Nijos	18.27	9.12	16.66	12.59	52.74	65.10	194.62
31493 Nijos	516.60	303.60	7.17	115.26	680.60	276.20	245.80
31498 Nijos	83.74	44.58	8.44	34.12	72.56	52.50	103.70
31513 Nijos	25.64	4.69	2.73	22.70	63.30	109.18	260.00
31563 Nijos	396.60	48.24	2.06	64.44	423.00	572.80	183.84
31673 Nijos	64.52	13.74	.37	98.64	296.80	616.20	121.24

Tabell 9 Syreløselige kationer i 50 humusprøver fra hele Norge.
 Analyseresultatene er angitt som mg/kg i lufttørr prøve.

huals = humus Al syreoppslemming
 hufes = humus Fe syreoppslemming
 humns = humus Mn syreoppslemming

humgs = humus Mg syreoppslemming
 hucas = humus Ca syreoppslemming
 hunas = humus Na syreoppslemming
 huks = humus K syreoppslemming

FELTNR	STED	HUALS	HUFES	HUMNS	HUMGS	HUCAS	HUNAS	HUKS
8	Feda	38.56	6.68	.56	95.26	68.54	93.46	399.80
9	Lyngdal	41.80	3.79	.98	87.92	73.76	91.96	257.20
10	Øyslebø	43.68	5.75	3.91	69.12	60.48	61.16	284.60
17	Eia	51.46	14.46	1.56	105.28	67.46	132.28	346.80
19	Gyland	45.30	3.72	.49	101.60	61.98	120.30	439.60
20	Vatland	69.94	3.11	.53	71.48	65.52	99.68	281.80
22	Bjelland	46.00	7.50	.80	48.22	54.22	72.32	240.00
25	Birkeland	49.98	10.74	.88	41.12	38.02	60.24	247.40
27	Ogna	126.42	12.19	.58	84.38	30.84	214.60	235.40
28	Eigerøy	92.96	8.68	1.22	51.82	28.22	74.30	263.20
31	S Herefoss	287.20	38.30	2.50	223.20	740.80	228.00	312.20
40	Evje	570.80	63.46	3.24	194.56	713.40	225.60	262.80
41	Mykland	50.16	5.61	2.03	48.52	61.68	45.96	328.00
45	Vigdel	52.86	6.11	18.22	71.92	51.82	125.04	160.68
77	Kornsjö	161.14	50.18	2.06	49.52	37.68	46.02	157.44
92	Aremark	135.00	46.62	1.59	39.40	89.92	40.56	221.80
116	Eftelöt	48.12	7.09	35.68	14.25	34.02	7.50	35.78
134	Nesodden	52.22	24.52	69.44	40.46	89.02	15.06	117.12
173	Lone	146.66	15.77	1.07	48.30	25.06	56.48	324.80
191	Strandefjorden	46.64	20.32	104.28	58.84	101.54	10.03	159.38
198	Slövåg	107.48	15.22	1.03	39.10	11.32	86.86	343.60
215	Borgund	51.70	20.22	2.99	49.70	87.40	13.41	102.80
216	Vang V	64.76	39.22	19.23	31.44	53.24	9.53	102.84
227	Årdal	121.80	15.39	.97	79.28	187.56	21.46	164.58
234	Florö	465.80	371.40	.41	101.90	65.76	180.70	55.86
252	Lom	49.78	20.76	13.93	89.46	224.80	14.46	337.60
253	Lalm	78.76	54.40	46.08	47.70	149.86	8.23	148.96
259	Vanylven	490.20	53.50	.51	226.40	56.78	445.80	173.66
279	Vatne	132.68	5.34	.91	67.74	31.00	145.06	476.20
361	Sömna	45.38	31.54	1.52	132.02	166.06	225.00	402.20
370	Alstahaug	30.48	8.20	6.43	164.22	153.22	231.60	296.00
377	Korgen	48.46	32.28	19.16	120.60	208.40	86.32	351.20
391	Misvær	134.54	69.30	82.60	524.20	1598.40	153.18	920.40
448	Bilto	259.20	78.94	35.92	283.40	1206.40	243.00	584.80
472	Lakselv	11.73	12.22	32.28	103.02	1460.40	40.86	260.20

477 Porsa	8.21	6.97	27.24	194.66	646.80	82.36	249.80
504 Gædrije	45.04	4.99	11.66	125.86	163.16	86.52	213.00
31447 Nijos	13.36	2.41	6.99	11.23	43.78	15.37	144.74
31454 Nijos	32.28	14.64	4.32	24.00	51.54	24.00	211.60
31455 Nijos	20.06	6.96	7.69	22.20	72.96	15.90	121.24
31460 Nijos	56.02	23.16	3.41	17.07	47.94	48.54	151.64
31462 Nijos	43.12	9.61	6.25	16.89	58.18	108.16	194.30
31482 Nijos	14.96	3.68	7.43	18.76	128.38	22.70	202.40
31491 Nijos	18.87	5.27	7.35	18.00	48.90	138.36	214.60
31492 Nijos	16.63	8.23	16.36	12.44	54.34	55.00	148.66
31493 Nijos	546.20	313.80	8.28	132.56	790.20	301.00	257.20
31498 Nijos	79.22	42.06	8.55	34.18	75.90	57.48	99.96
31513 Nijos	24.30	4.00	3.45	26.40	72.40	114.26	285.20
31563 Nijos	431.00	53.50	2.71	84.34	546.00	593.40	196.10
31673 Nijos	68.20	14.62	.46	123.56	364.20	660.00	137.52

Tabell 10 Vannløselige kationer i 50 undergrunnsprøver fra hele Norge.
 Analyseresultatene er angitt som mg/kg i lufttørr prøve.

moalv = undergrunn Al vannoppslemming
 mofev = undergrunn Fe vannoppslemming
 momnv = undergrunn Mn vannoppslemming

momgv = undergrunn Mg vannoppslemming
 mocav = undergrunn Ca vannoppslemming
 monav = undergrunn Na vannoppslemming

FELTNR	STED	MOALV	MOFEV	MOMNV	MOMGV	MOC AV	MONAV
5	Søgne	6.26	.36	.14	2.46	3.52	8.96
11	Mosby	3.09	.31	.07	1.02	2.15	7.56
28	Eigerøy	1.05	.12	.09	.	1.10	13.96
53	Kvisli	.89	.12	.10	.	1.65	4.67
62	Nesvatn	.73	.	.03	.	.87	2.94
83	Siljan	2.31	.43	.12	.	1.35	4.31
88	øyenkilen	9.82	2.96	.09	1.47	2.92	6.71
91	Skjeberg	1.70	.45	.27	.94	4.76	5.80
99	Bjørnevatn	1.89	.33	.	.	.41	3.01
111	Hovden	.84	.17	.	.	.28	2.85
112	Åmot	1.67	.50	.03	.	.35	4.22
124	Børtveit	.94	.	.09	1.17	3.52	8.93
128	Vemork	2.07	.49	.08	.	.86	4.47
148	Kalhovd	1.52	.33	.02	.	.25	2.78
156	Magnor	1.81	.78	.06	1.09	2.74	7.53
169	Seterstøa	.36	.	.08	1.65	5.54	7.28
173	Lone	1.67	.35	.08	.	1.50	6.79
188	Stammes	1.94	.33	.02	.	.60	4.93
192	Begndal	2.44	.59	.03	.	1.04	3.76
194	Totenåsen	1.65	.53	.32	.	.86	3.74
216	Vang V	.89	.24	.90	.	1.67	4.49
239	Gjendesheim	.89	.16	.10	1.11	7.70	4.34
247	Sunnal	2.31	.81	.06	.	.63	4.68
253	Ialm	.42	.41	.48	7.72	8.63	7.13
262	Pollfoss	1.38	.24	.	2.89	6.30	16.28
266	Stad	1.91	.37	.10	1.08	2.74	9.92
270	Eidsdal	.37	.	.20	.	2.48	12.29
283	Gjöra	1.34	.72	.	.	.21	5.35
311	Stordalsvollen	.99	.14	2.60	3.46	9.78	5.80
320	Titran	5.80	3.06	.07	2.25	1.81	16.68
323	Rissa	3.61	.43	.28	2.80	4.38	10.95
335	Roan	1.83	.53	.53	1.52	1.31	9.61
337	Steinkjer	4.21	1.50	2.22	.96	1.61	6.13
341	Bangsund	3.09	1.38	.09	.96	1.52	7.60
348	Brattland	.55	.21	.78	.	2.82	6.17
370	Alstahaug	5.13	2.39	4.41	1.22	1.74	6.13

378 Umbukta	.52	.	.88	.55	3.05	6.08
390 Saltstraumen	.97	.48	.04	1.47	2.79	9.71
393	1.38	.23	1.07	1.42	11.06	5.02
410 Værøy	.61	.45	.21	4.49	3.96	26.39
416 Svolvær	2.95	1.60	.10	.79	1.18	7.06
418 Lødingen	1.28	.36	.05	.66	.95	6.65
434 Rundhaug	.78	.57	.33	.	.98	6.07
504 Gædrije	3.84	1.62	.45	2.11	1.36	8.30
512 Solsvik	4.52	3.20	.05	3.12	2.77	11.02
513 Seløy	9.98	8.72	.47	3.93	13.92	0.87
518 Svartvik	4.71	1.98	.17	.94	2.61	8.78
31493 Nijos	1.15	.	1.11	.	2.86	5.50
31495 Nijos	3.22	.28	.33	1.71	5.28	13.85
31673 Nijos	1.23	.24	.07	.	1.80	4.84

Tabell 11 Syreløselige kationer i 50 undergrunnsprøver fra hele Norge.
 Analyseresultatene er angitt som mg/kg i lufttørr prøve.

moals = undergrunn Al syreoppslemming
 mofes = undergrunn Fe syreoppslemming
 momns = undergrunn Mn syreoppslemming

momgs = undergrunn Mg syreoppslemming
 mocas = undergrunn Ca syreoppslemming
 monas = undergrunn Na syreoppslemming

FELTNR	STED	MOALS	MOFES	MOMNS	MOMGS	MOCAS	MONAS
5	Søgne	10.42	.59	.17	2.24	4.80	8.14
11	Mosby	4.63	.24	.09	1.11	3.40	7.62
28	Eigerøy	.65	.	.12	.	3.17	14.59
53	Kvisli	3.04	.17	.21	.	3.36	3.95
62	Nesvatn	.86	.	.11	.	3.31	3.44
83	Siljan	3.72	.14	.32	.	4.30	4.42
88	øyenkilen	9.90	2.82	.14	1.67	5.54	7.82
91	Skjeberg	1.98	.40	.62	1.79	11.95	5.92
99	Bjørnevatn	2.96	.22	.06	.	1.78	5.00
111	Hovden	.47	.	.20	.	2.32	3.16
112	Åmot	1.65	.14	.20	.77	3.33	3.94
124	Børtveit	1.23	.	.10	1.52	4.83	9.84
128	Vemork	1.02	.12	.76	.81	11.09	5.07
148	Kalhovd	.73	.16	.09	.	1.25	3.31
156	Magnor	.75	.16	.15	1.94	7.84	7.45
169	Seterstøa	.36	.	.20	3.51	11.84	7.22
173	Lone	1.25	.	.13	.	2.94	7.87
188	Stamnes	1.36	.16	.07	.	2.04	5.48
192	Begndal	1.70	.38	.10	.	3.79	4.70
194	Totenåsen	1.36	.	1.32	.	3.98	4.02
216	Vang V	1.39	.17	1.91	.53	3.54	4.75
239	Gjendesheim	.70	.17	.20	1.18	13.59	5.18
247	Sunddal	1.65	.21	.41	.53	3.05	6.05
253	Lalm	.31	.28	.90	11.09	13.18	7.65
262	Pollfoss	.98	.12	.03	4.59	13.25	17.15
266	Stad	1.96	.14	.13	1.10	4.45	9.78
270	Eidsdal	.50	.	.41	.75	4.54	14.10
283	Gjöra	.78	.26	.09	1.90	2.60	4.71
311	Stordalsvollen	.83	.12	2.80	3.66	11.17	6.87
320	Titran	4.67	2.33	.11	4.55	3.56	19.39
323	Rissa	4.39	.40	.41	3.25	6.89	12.99
335	Roan	1.09	.19	2.02	2.89	5.23	9.23
337	Steinkjer	3.37	.42	4.43	1.66	3.34	5.93
341	Bangsund	3.27	.55	.13	1.22	3.08	7.19
348	Brattland	.60	.	1.51	.73	4.87	5.97
370	Alstahaug	4.19	1.17	7.52	1.94	3.55	6.25

378 Umbukta	.65	.	1.59	1.39	6.26	7.31
390 Saltstraumen	.72	.28	.16	3.48	9.07	10.87
393	1.67	.21	2.17	1.96	21.46	6.21
410 Værøy	.29	.19	.39	8.17	6.85	31.15
416 Svolvær	1.20	.31	.26	.85	4.81	8.55
418 Lødingen	.99	.19	.16	1.30	3.78	10.16
434 Rundhaug	.68	.35	1.16	1.45	3.90	6.80
504 Gædrije	2.89	1.18	1.30	6.19	4.06	8.62
512 Solsvik	4.44	1.19	.10	4.98	6.05	11.36
513 Seløy	10.00	9.75	0.45	3.82	14.16	1.11
518 Svartvik	3.85	1.26	.34	1.41	6.82	9.18
31493 Nijos	4.98	.	1.30	.	3.04	5.90
31495 Nijos	4.14	.28	.37	1.77	5.71	14.37
31673 Nijos	5.89	.55	.08	.	1.86	5.69

VEDLEGG 8.

MÅLTE OG BEREGNEDE PARAMETRE

Tabell 12 pH, ledningsevne og innhold av utvalgte kationer i vann og syreoppslemminger av humusprøver i Norge.

HUMUS	VANNOPPSLEMMING					SYREOPPSLEMMING (0.0001N H ₂ SO ₄)					r	nu	U
	n	Median	X	Std.avvik	Variasjonsbredde	n	Median	X	Std.avvik	Variasjonsbredde			
pH	537	3.89	3.97	0.40	3.38 - 6.66	537	3.85	3.94	0.41	3.31 - 6.58	0.99***	537	+++
Ledningsevne (μS)	536	202.00	193.84	54.37	32.00 - 389.00	537	218.00	208.30	55.70	38.00 - 425.00	0.97***	536	+++
Ledningsevne (μS) (korr. for H ⁺)	536	145.37	145.82	45.93	29.15 - 329.80	537	154.71	155.26	47.26	33.39 - 415.90	0.95***	536	+++
Al (mg/kg)	50	53.7	111.3	135.07	9.20 - 571.60	50	51.58	113.34	142.92	8.21 - 570.80	0.99****	50	I.S
Fe (mg/kg)	50	14.65	34.13	64.12	2.31 - 354.60	50	14.54	33.93	66.86	2.41 - 371.40	0.99****	50	I.S
Mn (mg/kg)	50	2.95	12.25	21.76	0.32 - 110.14	50	3.43	12.75	21.70	0.41 - 104.2	0.99****	50	xxx
Mg (mg/kg)	50	63.30	82.93	82.07	6.80 - 486.00	50	68.43	89.35	88.08	11.23 - 524.20	0.99****	50	xxx
Ca (mg/kg)	50	54.24	204.31	323.35	10.64 - 1480.20	50	70.47	226.39	363.58	11.32 - 1598.40	0.99****	50	xxx
Na (mg/kg)	50	84.89	118.74	132.24	6.34 - 616.20	50	84.34	120.98	137.25	7.50 - 660.00	0.99****	50	x
K (mg/kg)	50	225.70	248.39	142.98	44.72 - 880.20	50	237.70	252.49	145.72	35.78 - 920.40	0.99****	50	(x)

n; Antall prøver.

X; Aritmetisk middel.

r; Pearsons korrelasjonskoeffisient mellom vann og syreoppslemming,
(*): P < 0.10, *: P < 0.05, **: P < 0.01, ***: P < 0.001.

a; Logaritmiske verdier er benyttet for bedre tilnærming til normalfordeling.

nu; Antall prøver inkludert i parvis test av utvalgsgjennomsnitt.

U; Test av utvalgsgjennomsnitt ved T: Parvis T-Test,

der (+): P < 0.10, +: P < 0.05, ++: P < 0.01, +++: P < 0.001.

Test av utvalgsgjennomsnitt ved W: Parvis Wilcoxon test,

der (x): P < 0.10, x: P < 0.05, xx: P < 0.01, xxx: P < 0.001.

I.S; Ikke signifikant, P > 0.10.

Tabell 13 pH, ledningsevne og kationkonsentrasjoner i vann og syreoppslemminger av undergrunnsprøver i Norge.

UNDERGRUNN	VANNOPPSLEMMING					SYREOPPSLEMMING (0.0001N H ₂ SO ₄)					r	nu	U
	n	Median	X	Std.avvik	Variasjonsbredde	n	Median	X	Std.avvik	Variasjonsbredde			
pH	456	5.78	5.77	0.49	3.87 - 8.66	454	5.00	5.12	0.50	3.97 - 8.45	0.69***	454	+++
Ledningsevne (μS)	455	17.40	19.35	7.70	8.70 - 95.00	454	25.00	26.82	7.67	16.80 - 102.00	0.90***	454	+++
Ledningsevne (μS) (korr. for H ⁺)	455	16.63	18.31	7.15	8.42 - 94.97	453	21.73	23.00	8.00	8.83 - 102.00	0.85***	453	+++
Al (mg/kg)	49	1.67	2.17	1.84	0.36 - 9.82	49	1.36	2.31	2.23	0.29 - 10.42	0.82****	49	I.S
Fe (mg/kg)	43	0.43	0.76	0.82	0.12 - 3.20	38	0.25	0.48	0.60	0.12 - 2.82	0.78****	38	xxx
Mn (mg/kg)	45	0.10	0.43	0.81	0.02 - 4.41	49	0.20	0.76	1.31	0.03 - 7.52	0.92****	45	xxx
Mg (mg/kg)	28	1.44	1.89	1.49	0.55 - 7.72	36	1.72	2.50	2.25	0.53 - 11.09	0.88****	28	xxx
Ca (mg/kg)	49	1.80	2.70	2.48	0.21 - 11.06	49	4.30	5.72	3.99	1.25 - 21.46	0.79****	49	xxx
Na (mg/kg)	49	6.17	7.51	4.31	2.78 - 26.39	49	7.19	8.21	4.91	3.16 - 31.15	0.97****	49	xxx
K (mg/kg)	2					6							

n; Antall prøver.

X; Aritmetisk middel.

r; Pearsons korrelasjonskoeffisient mellom vann og syreoppslemming,
(*): P < 0.10, *: P < 0.05, **: P < 0.01, ***: P < 0.001.

a; Logaritmiske verdier er benyttet for bedre tilnærming til normalfordeling.

nu; Antall prøver inkludert i parvis test av utvalgsgjennomsnitt.

U; Test av utvalgsgjennomsnitt ved T: Parvis T-Test,

der (+): P < 0.10, +: P < 0.05, ++: P < 0.01, +++: P < 0.001.

Test av utvalgsgjennomsnitt ved W: Parvis Wilcoxon test,

der (x): P < 0.10, x: P < 0.05, xx: P < 0.01, xxx: P < 0.001.

I.S; Ikke signifikant, P > 0.10.

Tabell 14 Beregnede parametre fra målinger av pH, ledningsevne og kationkonsentrasjoner i humus og undergrunnsprøver i Norge.

Beregnete parametre†	HUMUS					UNDERGRUNN				
	n	Median	X	Std.avvik	Variasjonsbredde	n	Median	X	Std.avvik	Variasjonsbredde
Absolutt forsuringfølsomhet (%)	536	10.80	14.16	19.31	-27.92 - 290.25	454	7.00	8.08	6.49	-2.66 - 59.00
Relativ forsuringfølsomhet (%)	536	9.64	9.43	12.71	-43.87 - 145.50	454	298.00	585.05	849.16	-36.90 - 7662.50
Relativ ledningsevne-endring (%)	536	7.65	8.25	7.19	-38.60 - 48.80	455	42.15	44.39	27.35	-100.00 - 151.70
Relativ ledningsevne-endring (%) (korr. for H ⁺)	536	7.05	7.51	9.98	-60.50 - 70.50	453	29.11	29.48	26.69	-67.51 - 115.06
Relativ økning i utlutning, Al (%)	50	-0.38	-1.07	8.88	-34.67 - 13.12	49	-16.04	12.87	86.23	-59.34 - 378.80
Relativ økning i utlutning, Fe (%)	50	-3.76	-4.16	11.67	-39.00 - 21.10	38	-41.16	-33.39	42.24	-80.43 - 128.63
Relativ økning i utlutning, Mn (%)	50	9.17	11.65	9.17	-11.95 - 90.91	45	104.26	160.30	176.64	7.69 - 889.61
Relativ økning i utlutning, Mg (%)	50	7.55	9.74	12.30	-12.16 - 65.16	36	54.16	58.25	51.11	-9.14 - 192.86
Relativ økning i utlutning, Ca (%)	50	8.71	10.34	10.76	-15.63 - 51.49	49	112.34	218.39	257.68	3.33 - 1186.54
Relativ økning i utlutning, Na (%)	50	3.26	3.97	11.47	-23.86 - 55.48	49	7.43	10.15	14.50	-15.44 - 66.09
Relativ økning i utlutning, K (%)	50	3.80	2.16	9.84	-23.62 - 28.89	0				

n; Antall prøver.

X; Aritmetisk middel.

VEDLEGG 9.

SAMVARIASJON MELLOM JORDPARAMETRE

Tabell 15 Pearsons korrelasjonskoeffisient for sammenhengen mellom målte og beregnede parametre† for humusprøver i Norge.

HUMUS	pH vann	Ledningsevne vann	Absolutt forsuringfølsomhet	Relativ forsuringfølsomhet	Relativ ledningsevne- endring
pH vann	1.00				
Ledningsevne vann	-0.46***	1.00			
Absolutt forsuringfølsomhet	-0.36***	0.06(*)	1.00		
Relativ forsuringfølsomhet	-0.16***	-0.06(*)	0.11**	1.00	
Relativ ledningsevne- endring	0.20***	-0.41***	I.S	I.S	1.00

†; Formler benyttet er vist i kap. 1.3

Antall prøver (n) = 535.

(*): $P < 0.10$, *: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$, ***: $P < 0.001$.

I.S; Ikke signifikant, $P > 0.10$.

Tabell 16 Pearsons korrelasjonskoeffisient for sammenhengen mellom målte og beregnede parametre† for undergrunnsprøver i Norge.

UNDERGRUNN	pH vann	Ledningsevne vann	Absolutt forsuringfølsomhet	Relativ forsuringfølsomhet	Relativ ledningsevne- endring
pH vann	1.00				
Ledningsevne vann	-0.17***	1.00			
Absolutt forsuringfølsomhet	-0.26***	0.14**	1.00		
Relativ forsuringfølsomhet	0.37***	-0.26***	0.50***	1.00	
Relativ ledningsevne- endring	0.21***	-0.58***	0.14***	0.12**	1.00

†; Formler benyttet er vist i kap. 1.3

Antall prøver (n) = 453.

(*): $P < 0.10$, *: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$, ***: $P < 0.001$.

I.S; Ikke signifikant, $P > 0.10$.

Tabell 17 Pearsons korrelasjonskoeffisient for sammenhengen mellom ledningsevneparametre korrigert for ledningsevnen forårsaket av H^+ og målte/beregnete parametre† for humusprøver.

HUMUS	Ledningsevne vann	Relativ ledningsevne- endring	pH vann	Absolutt forsuringss- følsomhet	Relativ forsuringss- følsomhet
Ledningsevne vann korrigert for H^+	0.86 ***	-0.41 ***	I.S	I.S	I.S
Relativ ledningsevne- endring korrigert for H^+	-0.36 ***	0.88 ***	0.20 ***	-0.43 ***	I.S

†; Formler benyttet er vist i kap. 1.3

Antall prøver (n) = 536.

(*): $P < 0.10$, *: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$, ***: $P < 0.001$.

I.S; Ikke signifikant, $P > 0.10$.

Tabell 18 Pearsons korrelasjonskoeffisient for sammenhengen mellom ledningsevneparametre korrigert for ledningsevnen forårsaket av H^+ og målte/beregnete parametre† for undergrunnsprøver.

UNDERGRUNN	Ledningsevne vann	Relativ ledningsevne- endring	pH vann	Absolutt forsuringss- følsomhet	Relativ forsuringss- følsomhet
Ledningsevne vann korrigert for H^+	0.99 ***	-0.55 ***	I.S	-0.17 ***	-0.21 ***
Relativ ledningsevne- endring korrigert for H^+	-0.41 ***	0.85 ***	0.22 ***	-0.43 ***	-0.21 ***

†; Formler benyttet er vist i kap. 1.3

Antall prøver (n) = 455.

(*): $P < 0.10$, *: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$, ***: $P < 0.001$.

I.S; Ikke signifikant, $P > 0.10$.

Tabell 19 Pearsons korrelasjonskoeffisient for sammenhengen mellom vannløselige kationer i humusprøver i Norge.

HUMUS	Al vann ^a	Fe vann ^a	Mn vann ^a	Mg vann ^a	Ca vann ^a	Na vann ^a	K vann ^a
Al vann ^a	1.00						
Fe vann ^a	0.72***	1.00					
Mn vann ^a	-0.25*	0.18(*)	1.00				
Mg vann ^a	0.48***	0.41**	I.S	1.00			
Ca vann ^a	0.22(*)	0.46***	0.42***	0.65***	1.00		
Na vann ^a	0.43***	I.S	-0.43***	0.55***	0.28*	1.00	
K vann ^a	I.S	I.S	I.S	0.53***	0.31*	0.42***	1.00

Antall prøver (n) = 50.

a; Logaritmiske verdier er benyttet for bedre tilnærming til normalfordeling.

(*): $P < 0.10$, *: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$, ***: $P < 0.001$.

I.S; Ikke signifikant, $P > 0.10$.

Tabell 20 Pearsons korrelasjonskoeffisient for sammenhengen mellom vannløselige kationer i undergrunnsprøver i Norge.

UNDERGRUNN		Al vann ^a	Fe vann ^a	Mn vann ^a	Mg vann ^a	Ca vann ^a	Na vann ^a
Al vann ^a	r n	1.00					
Fe vann ^a	r n	0.71*** 43	1.00				
Mn vann ^a	r n	I.S 45	I.S 39	1.00			
Mg vann ^a	r n	I.S 28	I.S 25	I.S 27	1.00		
Ca vann ^a	r n	I.S 49	I.S 43	0.46*** 45	0.48** 28	1.00	
Na vann ^a	r n	I.S 49	0.22(*) 43	I.S 45	0.48** 28	0.50*** 49	1.00

n; Antall prøver.

a; Logaritmiske verdier er benyttet for bedre tilnærming til normalfordeling.

r; Pearsons korrelasjonskoeffisient.

P; Signifikansnivå ved enhalet test.

der (*): $P < 0.10$, *: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$, ***: $P < 0.001$.

I.S; Ikke signifikant, $P > 0.10$.

Tabell 21 Korrelasjoner mellom innholdet av vannløselige kationer og målte/beregnete parametre† i humusprøver.

HUMUS		Al vann ^a	Fe vann ^a	Mn vann ^a	Mg vann ^a	Ca vann ^a	Na vann ^a	K vann ^a	Bases
pH vann	r P	-0.29 *	I.S	0.53 ***	I.S	0.31 *	-0.20 (*)	I.S	0.19 (*)
Ledningsevne vann	r P	I.S	I.S	I.S	0.60 ***	0.39 **	0.45 ***	0.82 ***	0.69‡ ***
Absolutt forsuringsfølsomhet	r P	I.S	I.S	-0.23 *	I.S	I.S	I.S	I.S	I.S
Relativ forsuringsfølsomhet	r P	I.S	I.S	I.S	-0.20 (*)	-0.22 (*)	I.S	I.S	I.S
Relativ ledningsevne-endring	r P	-0.28 *	I.S	I.S	-0.22 (*)	I.S	I.S	-0.39 **	I.S‡

†; Formler benyttet er vist i kap. 1.3

‡; Ledningsevnen er korrigert for H⁺.

Antall prøver (n) = 50.

a; Logaritmiske verdier er benyttet for bedre tilnærming til normalfordeling.

r; Pearsons korrelasjonskoeffisient.

P; Signifikansnivå ved enhalet test.

der (*): P < 0.10, *: P < 0.05, **: P < 0.01, ***: P < 0.001.

I.S; Ikke signifikant, P > 0.10.

Tabell 22 Korrelasjoner mellom innholdet av vannløselige kationer og målte/beregnete† parametre i undergrunnsprøver.

UNDERGRUNN		Al vann ^a n = 49	Fe vann ^a n = 43	Mn vann ^a n = 45	Mg vann ^a n = 28	Ca vann ^a n = 49	Na vann ^a n = 49	Bases
pH vann	r P	-0.47 ***	I.S	I.S	I.S	-0.35 (*)	-0.23 (*)	I.S
Ledningsevne vann	r P	0.49 ***	I.S	I.S	0.35 *	0.40 *	0.48 ***	0.48‡ ***
Absolutt forsuringfølsomhet	r P	I.S	I.S	I.S	-0.29 *	I.S	-0.36 **	-0.41 **
Relativ forsuringfølsomhet	r P	I.S	I.S	I.S	-0.32 *	-0.55 ***	-0.60 ***	-0.54 ***
Relativ ledningsevne-endring	r P	-0.23 (*)	I.S	I.S	I.S	-0.26 *	-0.31 *	I.S‡

†; Formler benyttet er vist i kap. 1.3

‡; Ledningsevnen er korrigert for H⁺.

n; Antall prøver.

a; Logaritmiske verdier er benyttet for bedre tilnærming til normalfordeling.

r; Pearsons korrelasjonskoeffisient.

P; Signifikansnivå ved enhalet test,

der (*): P < 0.10, *: P < 0.05, **: P < 0.01, ***: P < 0.001.

I.S; Ikke signifikant, P > 0.10.

Tabell 23 Korrelasjoner mellom relativ økning i utlutning av kationer fra vann til syreoppslemming og målte/beregnete parametre† i vannoppslemminger av humusprøver.

HUMUS		pH vann	Ledningsevne vann	Absolutt forsuringfølsomhet	Relativ forsuringfølsomhet	Relativ ledningsevneendring	Glødetap n = 37
Relativ økning i utlutning, Al	r P	-0.67 ***	I.S	0.37 **	0.40 **	I.S	0.47 **
Relativ økning i utlutning, Fe	r P	-0.48 ***	I.S	0.31 *	0.30 *	-0.28 *	0.36 *
Relativ økning i utlutning, Mn	r P	-0.31 *	I.S	I.S	I.S	0.34 **	I.S
Relativ økning i utlutning, Mg	r P	-0.24 (*)	I.S	0.32 *	0.32 *	0.48 ***	0.27 (*)
Relativ økning i utlutning, Ca	r P	I.S	I.S	0.31 *	0.29 *	0.50 ***	0.24 (*)
Relativ økning i utlutning, Na	r P	I.S	-0.29 *	I.S	I.S	0.41 **	-0.23 (*)
Relativ økning i utlutning, K	r P	I.S	I.S	I.S	I.S	0.63 ***	-0.23 (*)
F_{BASE}	r P	I.S	I.S ‡	0.21 (*)	I.S	0.61 ‡ ***	0.34 *

†; Formler benyttet er vist i kap. 1.3

‡; Ledningsevnen er korrigert for H^+ .

Antall prøver (n) = 50.

r; Pearsons korrelasjonskoeffisient.

P; Signifikansnivå ved enhalet test,

der (*): $P < 0.10$, *: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$, ***: $P < 0.001$.

I.S; Ikke signifikant, $P > 0.10$.

Tabell 24 Korrelasjoner mellom relativ økning i utlutning av kationer fra vann til syreoppslemming og målte/beregnete parametre† i vannoppslemminger av humusprøver.

UNDERGRUNN		pH vann	Ledningsevne vann	Absolutt forsøringsfølsomhet	Relativ forsøringsfølsomhet	Relativ ledningsevneendring
Relativ økning i utlutning, Al n = 49	r P	-0.48 ***	I.S	0.52 ***	I.S	I.S
Relativ økning i utlutning, Fe n = 38	r P	-0.49 ***	I.S	0.34 *	-0.28 *	I.S
Relativ økning i utlutning, Mn n = 45	r P	0.42 **	-0.32 *	I.S	0.62 ***	I.S
Relativ økning i utlutning, Mg n = 28	r P	0.43 *	-0.52 **	-0.35 *	I.S	0.55 ***
Relativ økning i utlutning, Ca n = 49	r P	0.48 ***	-0.28 *	-0.20 (*)	0.53 ***	I.S
Relativ økning i utlutning, Na n = 49	r P	0.19 (*)	-0.36 **	I.S	0.28 *	0.58 ***
F_{BASE} n = 49	r P	0.52 ***	-0.34 ‡ **	I.S	0.62 ***	0.20 ‡ (*)

†; Formler benyttet er vist i kap. 1.3

‡; Ledningsevnen er korrigert for H^+ .

n; Antall prøver.

r; Pearsons korrelasjonskoeffisient.

P; Signifikansnivå enhalet test,

der (*): $P < 0.10$, *: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$, ***: $P < 0.001$.

I.S; Ikke signifikant, $P > 0.10$.

Tabell 25 Korrelasjoner mellom innholdet av vannløselige kationer og relativ økning i utlutning av kationer† fra vann til syreoppslemming i humusprøver.

HUMUS		Al vann ^a	Fe vann ^a	Mn vann ^a	Mg vann ^a	Ca vann ^a	Na vann ^a	K vann ^a
Relativ økning i utlutning, Al	r P	0.27 *	I.S	-0.50 ***	I.S	-0.25 *	0.28 *	I.S
Relativ økning i utlutning, Fe	r P	0.34 **	I.S	-0.48 ***	I.S	-0.24 *	0.27 *	I.S
Relativ økning i utlutning, Mn	r P	I.S	I.S	-0.30 *	-0.26 *	I.S	I.S	-0.26 *
Relativ økning i utlutning, Mg	r P	I.S	-0.20 (*)	-0.20 (*)	-0.33 **	I.S	I.S	-0.24 *
Relativ økning i utlutning, Ca	r P	I.S	-0.20 (*)	-0.22 (*)	-0.36 *	I.S	I.S	-0.26 *
Relativ økning i utlutning, Na	r P	I.S	I.S	I.S	-0.21 (*)	I.S	-0.42 ***	-0.33 **
Relativ økning i utlutning, K	r P	I.S	I.S	-0.28 *	I.S	I.S	I.S	I.S

†; Formler benyttet er vist i kap. 1.3

Antall prøver (n) = 50.

r; Pearsons korrelasjonskoeffisient.

a: Logaritmiske verdier er benyttet for bedre tilnærming til normalfordeling.

P; Signifikansnivå enhalet test,

der (*): $P < 0.10$, *: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$, ***: $P < 0.001$.

I.S; Ikke signifikant, $P > 0.10$.

Tabell 26 Korrelasjoner mellom innholdet av vannløselige kationer og relativ økning i utlutning av kationer† fra vann til syreoppslemming i undergrunnsprøver.

UNDERGRUNN		Al vann ^a n = 49	Fe vann ^a n = 43	Mn vann ^a n = 45	Mg vann ^a n = 28	Ca vann ^a n = 49	Na vann ^a n = 49
Relativ økning i utlutning, Al	r P	I.S	-0.30 *	I.S	I.S	I.S	I.S
Relativ økning i utlutning, Fe	r P	I.S	-0.39 **	I.S	I.S	0.35 *	I.S
Relativ økning i utlutning, Mn	r P	I.S	I.S	-0.35 **	I.S	-0.59 ***	-0.43 **
Relativ økning i utlutning, Mg	r P	-0.26 (*)	0.31 (*)	I.S	I.S	-0.31 (*)	I.S
Relativ økning i utlutning, Ca	r P	I.S	I.S	-0.35 **	-0.40 *	-0.70 ***	-0.41 **
Relativ økning i utlutning, Na	r P	I.S	I.S	I.S	I.S	I.S	-0.21 (*)

†; Formler benyttet er vist i kap. 1.3

n; Antall prøver.

r; Pearsons korrelasjonskoeffisient.

a; Logaritmiske verdier er benyttet for bedre tilnærming til normalfordeling.

P; Signifikansnivå enhalet test,

der (*): $P < 0.10$, *: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$, ***: $P < 0.001$.

I.S; Ikke signifikant, $P > 0.10$.

Tabell 27 Korrelasjoner mellom glødetap og målte/beregnete parametre† for humusprøver i Norge.

HUMUS		Glødetap
pH vann	r n	-0.52*** 523
Ledningsevne vann	r n	0.73*** 522
Absolutt forsuringsfølsomhet	r n	0.21*** 522
Relativ forsuringsfølsomhet	r n	I.S 522
Relativ ledningsevne- endring	r n	-0.32*** 522
Vannløselig Al ^a	r n	I.S 37
Vannløselig Fe ^a	r n	-0.42** 37
Vannløselig Mn ^a	r n	-0.53*** 37
Vannløselig Mg ^a	r n	0.43** 37
Vannløselig Ca ^a	r n	I.S 37
Vannløselig Na ^a	r n	0.66*** 37
Vannløselig K ^a	r n	0.68*** 37
Bases	r n	0.32* 37

†; Formler benyttet er vist i kap. 1.3

n; Antall prøver.

r; Pearsons korrelasjonskoeffisient.

(*): $P < 0.10$, *: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$, ***: $P < 0.001$.

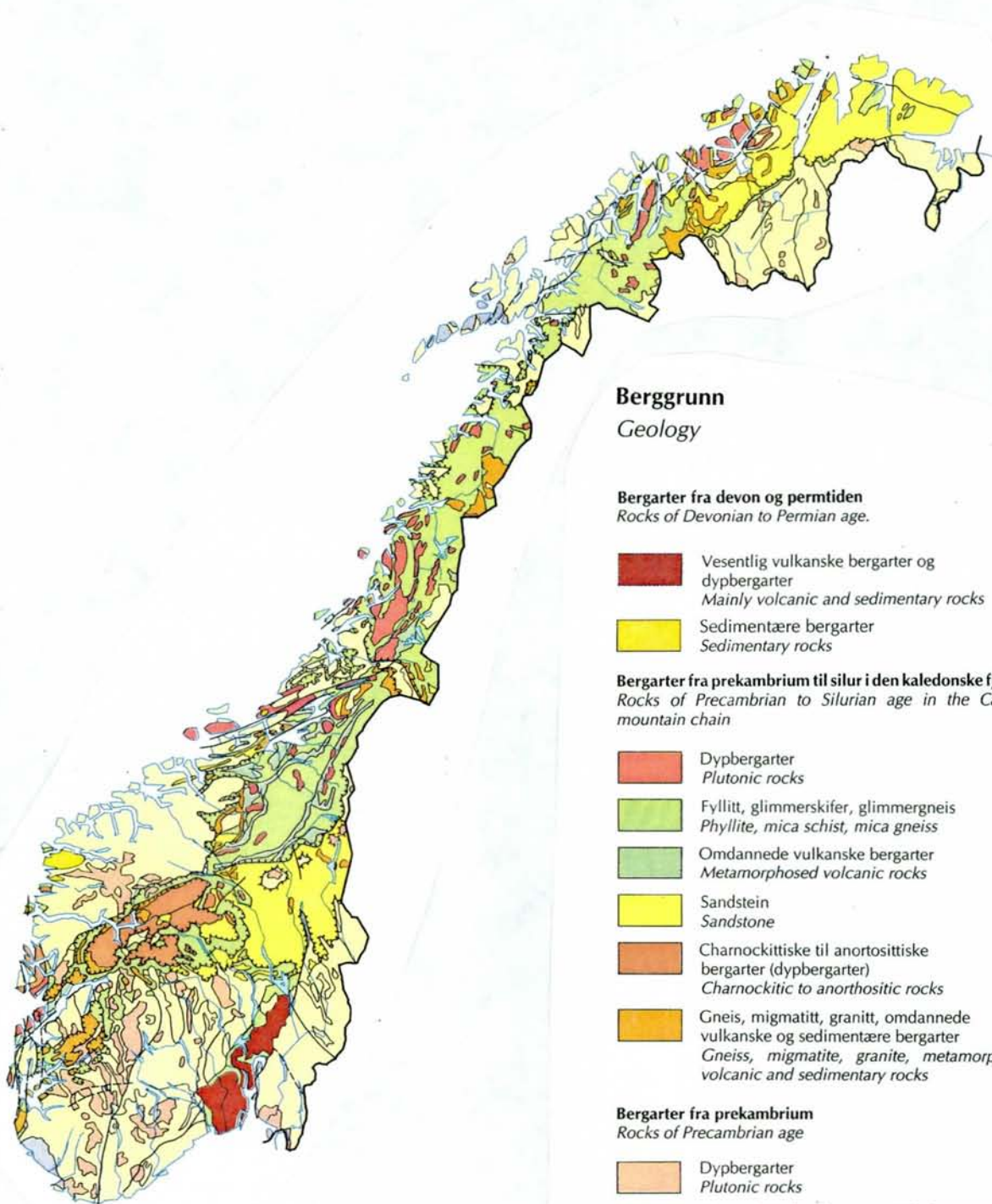
a; logaritmiske verdier er benyttet for bedre tilnærming til normalfordeling.

I.S; Ikke signifikant, $P > 0.10$.

VEDLEGG 10.

ANDRE TEMA-KART

BERGGRUNN - NORGE
 Sigmond, E. M. O., 1985
 M 1:8000000



Berggrunn
 Geology

Bergarter fra devon og permiden
Rocks of Devonian to Permian age.

- Vesentlig vulkanske bergarter og dypbergarter
Mainly volcanic and sedimentary rocks
- Sedimentære bergarter
Sedimentary rocks

Bergarter fra prekambrium til silur i den kaledonske fjellkjede
Rocks of Precambrian to Silurian age in the Caledonian mountain chain

- Dypbergarter
Plutonic rocks
- Fyllitt, glimmerskifer, glimmergneis
Phyllite, mica schist, mica gneiss
- Omdannede vulkanske bergarter
Metamorphosed volcanic rocks
- Sandstein
Sandstone
- Charnockittiske til anortosittiske bergarter (dypbergarter)
Charnockitic to anorthositic rocks
- Gneis, migmatitt, granitt, omdannede vulkanske og sedimentære bergarter
Gneiss, migmatite, granite, metamorphosed volcanic and sedimentary rocks

Bergarter fra prekambrium
Rocks of Precambrian age

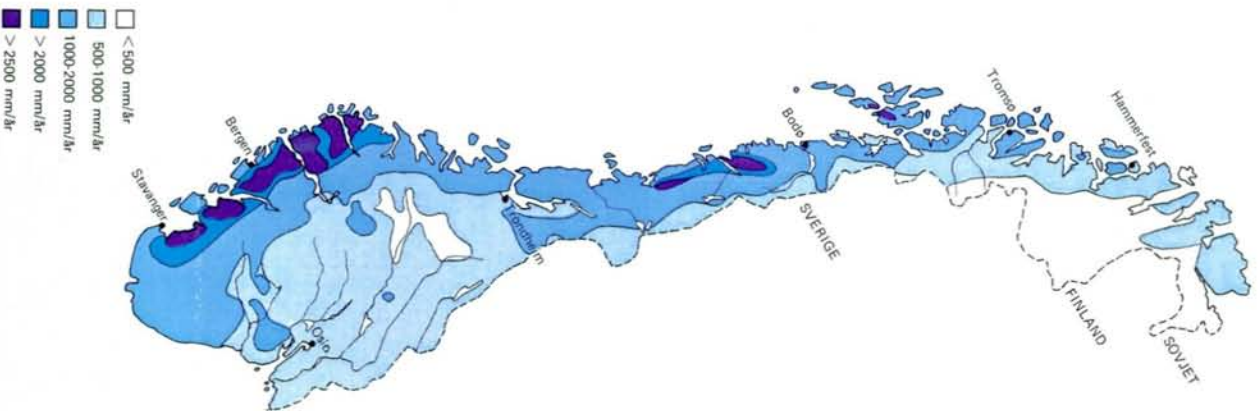
- Dypbergarter
Plutonic rocks
- Charnockittiske til anortosittiske bergarter
Charnockitic to anorthositic rocks
- Sedimentære og vulkanske bergarter
Sedimentary and volcanic rocks
- Gneis, granitt, glimmerskifer, amfibolitt
Gneiss, granite, mica schist, amphibolite

Geologiske grenser
Geological boundaries

- Bergartsgrense
Lithological boundary
- Skyvegrense
Thrust boundary
- Forkastning
Fault

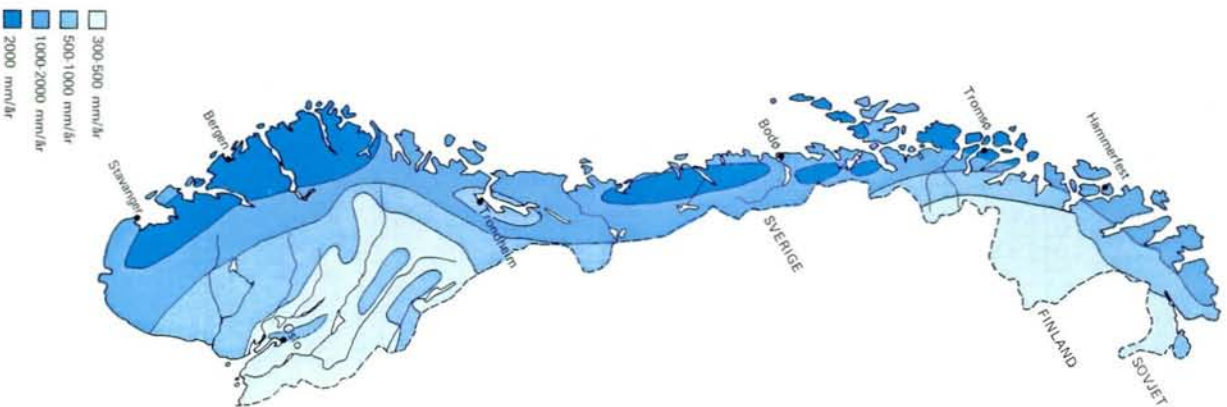
Nedbør

Årlig nedbør for normalperioden 1931-1960.
Kilde: Det Norske Meteorologiske Institutt.



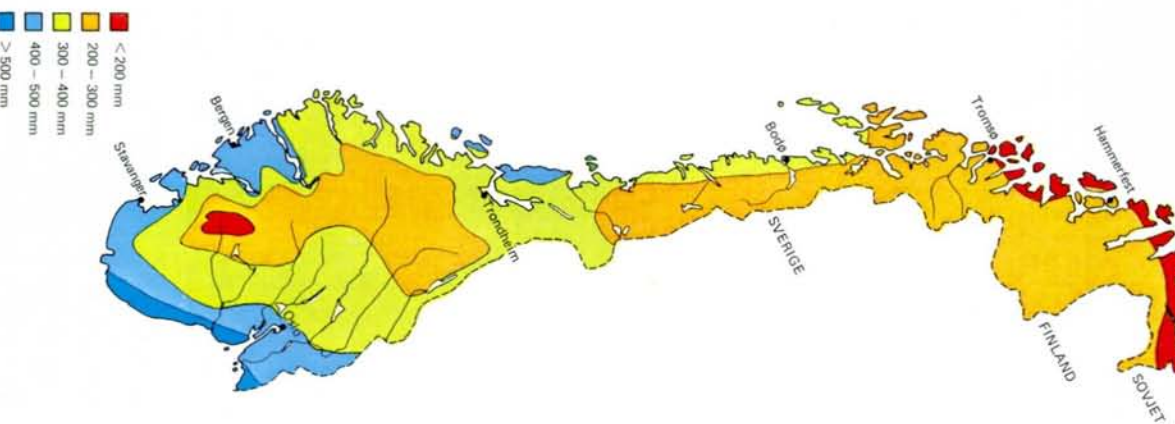
Åvrenning

Normal åvrenning i mm/år fra Norges landareal, 1931-1960.
Kilde: NVE



Fordampning

Kart over den potensielle evapotranspirasjonen i Norge; dvs. den teoretiske fordampning fra en flate som er fullstendig dekket av grønn vegetasjon med ubegrenset tilgang på vann (markvann). Kilde: T.W. Johannessen, DNMET.



Vegetasjon

Vegetasjonsregioner

- Fjellregionen: Snau fjell, mose, lyng og kratt
- Bærskog og fjellbjørk
- Blandingskog: Bærskog og hånndrer løvskog
- Løvskog (inkl. ask, eik o.l.) samt skogløs kystsoner

