

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Oslo

0-80006-03

REGIONALE VANN- OG SNØ-UNDERSØKELSER I 1981

Store og små innsjøer i Sør-Norge

16. juni 1982

Hovedforfatter : Egil Gjessing

Medforfatter : Åse K. Gudmundson Rogne

For administra-

sjonen : Arne Tollan

Lars N. Overrein

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80
Postboks 333, Blindern Gaustadalleen 46 69 60
Oslo 3 Kjeller 71 47 59

Rapportnummer: 0-80006-03
Undernummer:
Løpenummer: 1393
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: REGIONALE VANN- OG SNØ-UNDERSØKELSER I 1981 Store og små innsjøer i Sør-Norge Overvåkingsrapport 27/82	Dato: 24. juni 1982
	Prosjektnummer: 0-80006-03
Forfatter(e): Egil Gjessing Åse K. Gudmundson Rogne	Faggruppe: Miljøteknisk divisjon
	Geografisk område: Sør-Norge
	Antall sider (inkl. bilag): 41

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT)	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
---	----------------------------------


Ekstrakt:

Vinteren 1981 ble det gjennomført omfattende kjemiske analyser av vann- og snøprøver fra 48 små og 42 store innsjøer i Sør-Norge. Resultatene er sammenlignet med tilsvarende data fra tidligere år fremskaffet av SNSF-prosjektet. De regionale innsjøundersøkelsene for 1981 viser at forurensningen i en rekke innsjøer var noe mindre enn i 1978-79, og at pH, SO₄ og Al-konsentrasjonene i 1981 med relativt få unntak var lavere sammenlignet med 1978 eller 1979.

Resultatene tyder på at forurensningen av de små innsjøene har en større regional utbredelse enn i de store innsjøene.

4 emneord, engelske:
1. Forsurning
2. Overvåkingsrapport 27/82
3. Statlig program
4. Små innsjøer
5. Store innsjøer
6. Sør-Norge
7. Snø

4 emneord, engelske:
1. Acidification
2. Monitoring
3. Small lakes
4. Large lakes
5. Snow
6. South Norway

Prosjektleder:

Egil Gjessing

For administrasjonen:

Arne Tollan

Divisjonssjef:

Arild Schanche Eikum

ISBN 82-577-0512-8


Lars N. Overrein

F O R O R D

I regi av SNSF-prosjektet (Sur nedbørs virkning på skog og fisk) ble regionale vann- og snøundersøkelser startet høsten 1974 i Sør-Norge i 155 små innsjøer. Innsjøene ble valgt ut statistisk under følgende betingelser:

1. Innsjøer og nedbørfelt ikke vesentlig påvirket av andre forurensningskilder enn luft og nedbør.
2. Innsjøer beliggende øverst i et vassdrag og slik at sjøen er mer enn 5 prosent av dens nedbørfelt.
3. Innsjøer ligger over den marine grænse for å unngå utvasking av salter fra marine sedimenter.

Vinteren 1975 ble undersøkelsene utvidet til å omfatte hele Norge. Disse undersøkelsene ble gjentatt vinteren 1976, og snøundersøkelsen ble utvidet til deler av Sverige og Finland. Hensikten med undersøkelsene var å kartlegge i hvilken grad vannkvaliteten i Norge er påvirket av sur nedbør, samt gjennom snøundersøkelsene å få holdepunkter for å beskrive utbredelsen av sur forurenset nedbør. I 1977 ble programmet redusert til 35 innsjøer i Sør-Norge og tre innsjøer i Nord-Trøndelag. Disse ble valgt bl.a. for å være et utgangspunkt for et overvåkingsprogram. I 1978 ble undersøkelsen gjentatt og utvidet til å omfatte 49 innsjøer for å gi et akseptabelt statistisk antall.

I tillegg til de kjemiske variable er nedbørfeltenes fysiske forhold, geologi og vegetasjon beskrevet. I 1979 ble det samlet inn data for beskrivelse av eventuelle endringer i arealbruk i nedbørfeltene.

Store innsjøer har ikke vært systematisk undersøkt av SNSF-prosjektet på samme måte som mindre innsjøer. Data fra en regional undersøkelse i 1979 tydet på at de store innsjøene på Sørlandet også er forurenset av forsuret nedbør og vil kunne nå en tilstand som vil gi problemer for fisk i løpet av få år. En ønsket derfor å følge utviklingen i store innsjøer både på Sør- og Vestlandet.

Som en del av Statens forurensningstilsyns overvåkingsprogram for langtransport av forurenset luft og nedbør, ble det vinteren 1981 gjennomført en undersøkelse av 48 små innsjøer og 42 store innsjøer. Målene for undersøkelsen er:

1. Følge utviklingen i vannkvalitet i tid og rom i et utvalg innsjøer i Norge sett i forhold til forurensningstilførslene gjennom luft og nedbør. Klarlegge eventuelle endringer i utbredelse av forsuringssfenomener, både regionalt og over tid.
2. Gi datagrunnlag for å beregne graden av forsuring. Spesiell oppmerksomhet gis områder som på grunn av geologiske forhold og atmosfærisk tilførsel må antas å være sårbare, men hvor forsuring av vassdrag ennå ikke er markert (marginalområder).

Den praktiske del av undersøkelsen ble planlagt og tilrettelagt av Merete Johannessen og Arne Henriksen, og prøveinnsamlingen ble utført av Unni Efraimsen og Bjørn-Erik Haugan, alle fra NIVA. Vi vil takke flyverne fra Helikopter service Ski- og sjøflytjeneste A/S for entusiastisk innsats i forbindelse med prøveinnsamlingen.

Arne Henriksen

I N N H O L D

	FORRORD	Side
1.	SAMMENDRAG	5
2.	INNLEDNING	6
3.	GJENNOMFØRING	7
4.	RESULTATER OG KOMMENTARER	9
	Små innsjøer	9
	Store innsjøer	17
	Snøundersøkelsene	25
5.	RESULTATER I 1981 SAMMENLIGNET MED TIDLIGERE ÅR	31
	Konduktivitet	31
	Sulfat	31
	Aluminium	36
6.	LITTERATURLISTE OG REFERANSER	41

F I G U R E R

Figur nr.:	Side
1. Stasjonsplassering av SNSF-prosjektets "regionale" innsjøer 1974. Det var 2 innsjølokaliteter innenfor hver blokk. De sorte rutene angir "overvåkingsinnsjøene". I tillegg til disse er 3 innsjøer i Nord-Trøndelag inkludert (111, 113 og 115) i programmet.	6
2. Regional undersøkelse av store innsjøer i mars-april 1981. Oversikt over prøvetakingslokaliteter.	6
3. pH i små innsjøer i Sør-Norge vinteren 1981. Tallene representerer 1 meters dyp.	11
4. Sulfatkonsentrasjoner ($\text{mg SO}_4/\text{l}$) i de små innsjøene i Sør-Norge vinteren 1981. Tallene representerer 1 meters dyp.	12
5. Aluminiumkonsentrasjoner ($\mu\text{g Al}/\text{l}$) i de små innsjøene vinteren 1981. Tallene representerer 1 meter dyp.	13
6. Forsurningstendenser i små innsjøer i Sør-Norge vinteren 1981. Tallene angir sjøenes stasjonsnummer.	14
7. Ikke forsurede innsjøer i Sør-Norge vinteren 1981 i følge figur 6. (Ring rundt stasjonsnummeret).	15
8. Forsurningsgrad i små innsjøer 1981. Tallene i parentes viser forsurningsgrad i 1979.	16
9. Forsurningstendenser i store innsjøer i Sør-Norge. Tallene angir sjøenes stasjonsnummer.	20
10. Forsurningsgrad i store innsjøer i 1981. Tallene i parentes viser forsurningsgrad i 1979	21
11. pH i overflatevann. Store innsjøer vinteren 1981. Tallene angir prøver fra 2 meters dyp.	22
12. Sulfatkonsentrasjoner ($\text{mg SO}_4/\text{l}$) i store innsjøer vinteren 1981. Tallene angir prøver fra 2 meters dyp.	23
13. Aluminiumkonsentrasjoner ($\mu\text{g Al}/\text{l}$) i store innsjøer vinteren 1981. Tallene angir prøver fra 2 meters dyp.	24
14. pH i smeltede snøprøver vinteren 1981.	27
15. Total konsentrasjon av sulfat ($\text{mg SO}_4/\text{l}$) i smeltede snøprøver vinteren 1981.	28

Figur nr.:	Side
16. Nitratkonsentrasjon ($\mu\text{g N/l}$) i smeltede snøprøver vinteren 1981.	29
17. Innhold av totalt organisk karbon (mg C/l) i smeltede snøprøver vinteren 1981.	30
18. Forandringer i H^+ konsentrasjoner ($\mu \text{ ekv./l}$) i små innsjøer fra 1974 til 1975 (øverste tall) 1975 - 1976, 1976 - 1977, 1977 - 1978, og fra 1978 til 1981 (nederste tall). Sort farge indikerer mindre H^+ - ioner enn året før. Rød farge indikerer flere H^+ - ioner enn året før.	32
19. Forandringer av pH (ΔpH) i store innsjøer fra 1979 til 1981. Øverste tall er prøve fra 2 meters dyp, nederste tall er prøve fra ca. 40 meters dyp. Sort farge indikerer en økning av pH i 1981 i forhold til i 1979. Rød farge indikerer en tilsvarende reduksjon av pH.	33
20. Forandringer konduktivitet (ΔKOND) i små innsjøer fra 1974 til 1975. (Øverste tall) 1975 - 1976, 1976 - 1977, 1977 - 1978 og fra 1978 til 1981 (nederste tall). Sort farge indikerer lavere konduktivitet enn året før. Rød farge indikerer høyere konduktivitet enn året før.	34
21. Forandringer av konduktiviteten (ΔKOND) i store innsjøer. Øverste tall er prøve fra 2 meters dyp, nederste tall er prøve fra 40 meters dyp. Sort farge indikerer høyere konduktivitet i 1981 enn i 1979. Rød farge indikerer høyere konduktivitet i 1981 enn i 1979.	35
22. Forandringer av sulfatkonsentrasjoner (ΔSO_4) i små innsjøer fra 1974 til 1975, (øverste tall) 1975 - 1976, 1976 - 1977, 1977 - 1978 og fra 1978 til 1981 (nederste tall). Sort farge indikerer lavere sulfatinnhold enn året før. Rød farge indikerer lavere sulfatinnhold enn året før.	37
23. Forandringer av sulfatkonsentrasjoner (ΔSO_4) i store innsjøer fra 1979 til 1981. Øverste tall er prøve fra 2 meters dyp og nederste tall er prøve fra ca. 40 meters dyp. Sort farge indikerer lavere sulfatinnhold i 1981 enn i 1979. Rød farge indikerer høyere sulfatinnhold i 1981 enn i 1979.	

24. Forandringer aluminiumskonsentrasjoner (Δ Al) i små innsjøer fra 1974 til 1975, (øverste tall) 1975 - 1976, 1976 - 1977, 1977 - 1978 og fra 1978 til 1981 (vederste tall). Sort farge indikerer lavere aluminiumsinnhold enn året før. Rød farge indikerer høyere aluminiumsinnhold enn året før. 39
25. Forandringer av aluminiumskonsentrasjoner (Δ Al) i store innsjøer fra 1979 til 1981. Øverste tall er prøve fra 2 meters dyp, og nederste tall er prøve fra ca. 40 meters dyp. Sort farge indikerer lavere aluminiumsinnhold i 1981 enn i 1979. Rød farge indikerer høyere aluminiumsinnhold i 1981 enn i 1979.

- 0 -

T A B E L L E R

Tabell nr.		Side
1	Lokaliteter for regionale vannundersøkelser i Sør-Norge	8
2	Analyseresultater for regionale vannundersøkelser 1981 SMA INNSJØER	10
3	Analyseresultater for regionale vannundersøkelser 1981 STORE INNSJØER	19
4	Analyseresultater for regionale snøundersøkelser 1981	26

- 0 -

1. SAMMENDRAG KONKLUSJONER

Etter mønster av de regionale snø- og innsjøundersøkelsene som ble utført i regi av SNSF-prosjektet i 1970-årene, er det i 1981 gjennomført en tilsvarende undersøkelse i tilknytning til programmet for overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør og deres virkninger. Studiene har omfattet en hydro-kjemisk vurdering av 48 små og 42 store innsjøer i Sør-Norge og dessuten snøprofiler fra 44 av de små innsjøers nedbørfelt. Vann- og snøprøvene ble for det meste innsamlet i februar og mars 1981. Vannprøvene ble analysert med hensyn til pH, konduktivitet, klorid, natrium, kalsium, kalium, aluminium, magnesium, sulfat, nitrat, permanganat-tall og alkalitet, og snøprøvene med hensyn til pH, magnesium, ammonium, nitrat og løst organisk stoff.

Resultatene viser bl.a. at forsurening av de små innsjøene har en større regional utbredelse enn i de store sjøene.

Stort sett viser resultatene at de små innsjøene sør for en linje trukket mellom Femunden og Stavanger ligger i forsurrede områder. For de store innsjøene synes denne linje å ligge noe lenger sør-vest.

Ved å sammenligne data fra årets regionalundersøkelse med resultater fra 1978 og 1979 finner man med få unntak at forsuringen og konsentrasjon av f.eks. sulfat og aluminium er redusert. I mange av de små innsjøene har det vært en gradvis øking av f.eks. surhetsgraden i perioden 1974-1978, og resultatene kan tyde på at 1981 skiller seg ut i dette henseende. Om dette er en ny tendens vil vise seg etter den neste regionale undersøkelse som er planlagt gjennomført i 1984.

Analyseresultater av snøprøvene viser relativt høye konsentrasjoner av hydrogenioner (surhet), sulfat og nitrat i Sørlandsfylkene og på Østlandet. I motsetning til tidligere år er disse forsureningsindikasjonene markerte også i snøen i kystområdene på Vestlandet. Stort sett er innholdet av sure komponenter i snøen i de sørlige og østlige områder i Sør-Norge lavere i 1981 sammenlignet med 1978.

2. INNLEDNING

Resultatene av tidligere regionale undersøkelser er rapportert i en rekke SNSF-rapporter og i publikasjoner (Dale et al. 1974, Gjessing & al. 1976, Wright & Henriksen, 1978, Henriksen, 1979 a & b). Det er innsamlet vannprøver fra et utvalg av små innsjøer og en rekke av de største innsjøer i Sør-Norge. De store innsjøene har vært undersøkt på denne måten en gang tidligere i 1979, mens de små innsjøene har vært observert siden 1974, i alt fem ganger tidligere (høsten 1974, vinteren 1975, vinteren 1976, vinteren 1977 (35 utvalgte innsjøer) og vinteren 1978 (49 innsjøer)).

På figur 1 er gitt en oversikt over lokaliseringer for de små innsjøene i Statens forurensningstilsyns overvåkingsprogram i forhold til det opprinnelige stasjonsnett. Oversikten over de store innsjøene er gitt på figur 2.

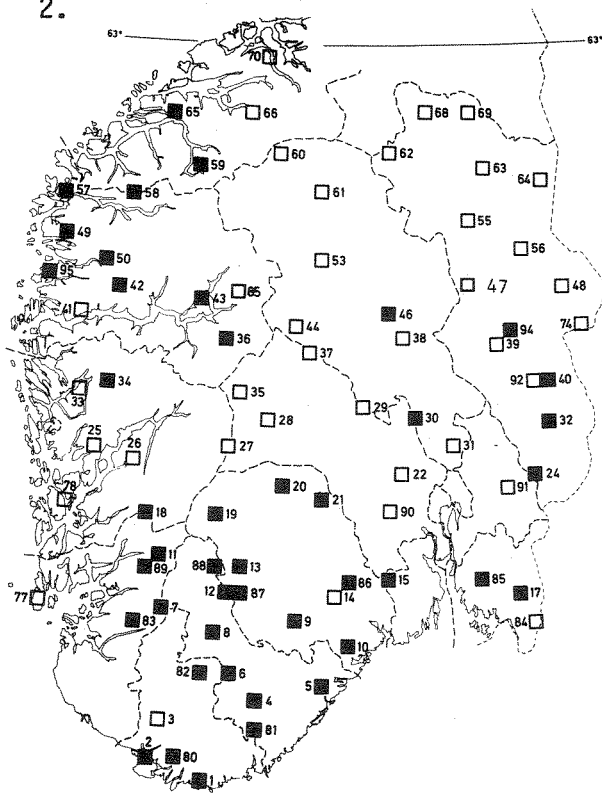


Fig. 1

Stasjonsplassering av SNSF-prosjektets "regionale" innsjøer i 1974. Det var to innsjølokaliteter innenfor hver blokk. De sorte rutene angir "overvåkingsinnsjøene". I tillegg til disse er tre innsjøer i Nord-Trøndelag inkludert (111, 113 og 115) i programmet.

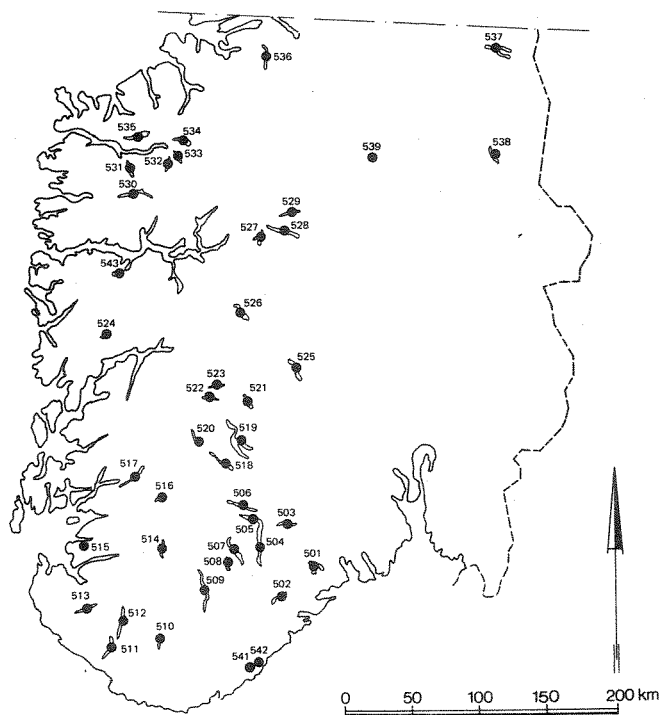


Fig. 2.

Regional undersøkelse av store innsjøer i mars-april 1981. Oversikt over prøvetakingslokaliteter.

2. GJENNOMFØRING

De fleste innsjøene ble besøkt i februar og mars måned (1981). På grunn av bl.a. dårlige isforhold måtte imidlertid enkelte innsjøer besøkes med bil eller med sjøfly noe senere i sesongen.

I tabell 1 er innsjøene navngitt samt lokalisert med kartnummer og posisjon og med fylke- og/eller kommune-angivelse.

Vannprøvene ble tatt med vannhenter fra en meters dyp og fra bunnlagene (ca. en meter over bunnen). Prøvene fra de store innsjøene ble tatt fra to meters dyp og dessuten fra 40 meters dyp i de tilfellene hvor dybden tillot dette.

Vannprøvene ble stort sett lagret kaldt inntil konservering eller analyse.

I tillegg til vannprøver ble det også tatt snøprøver i nedbørfeltet til de små innsjøene (i alt 44). Fra hver lokalitet ble det tatt en snø-kjerne med areal 50 m^2 gjennom hele snødekket.

Analysene ble utført ved NIVA etter de gjeldende standardprosedyrer:

- pH ble bestemt med Orion pH meter modell 801A med en Radiometer kombinasjonselektrode ved $20 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Konduktivitet ble målt på et Philips PW 9501 instrument.
- Kalsium, magnesium, natrium og kalium ble bestemt ved atom absorpsjon spektrofotometri (Perker Elmer, Modell). Lantan ble tilsatt for å maskere interfererende stoffer for kalsium og magnesium.
- Aluminium, sulfat, klorid og nitrat ble bestemt kolorimetrisk ved Technicon Analyzer etter tilsvarende automatisk metode.
- Aluminium ble kompleksert med katekol-fiolett ved pH 6.0-6-2 og lysabsorpsjonen målt ved 590 nm (Henriksen & Bergmann-Paulsen, 1975).
- Sulfat ble felt ut ved bariumperklorat løst i isopropanol og overskudd barium bestemt kolorimetrisk ved 517 nm etter kompleksering med thordin (Henriksen & Bergmann-Paulsen, 1974).
- Klorid ble bestemt ved felling som kvikksølvklorid med kvikkvølvi-thiocyanat. Den frigjorte thiocyanat ble bestemt kolorimetrisk ved 480 nm som rødt jernthiocyanat (Henriksen, 1966).
- Nitrat ble bestemt som summen av nitrat og eventuelt nitritt ved først å redusere alt til nitritt ved passasje gjennom en kobberbehandlet kadmium reduktor. Etter diazotering ved sulfanilamid ble dette koblet med N-naftyl-1-etylen diamid. Dette fargede komplekset ble bestemt kolorimetrisk ved 520 nm (Henriksen og Selmer-Olsen, 1970).
- Løst organisk stoff bestemt på Carlo/Erba TCM 400 P. Metoden omfatter oksydasjon ved katalytisk forbrenning. Den dannede CO_2 reduseres til CH_4 som bestemmes ved flammeionisasjonsdetektor. Det er viktig å fremheve at ved bestemmelse av TOC i smeltet sne vil en del av det organiske stoff vanligvis adsorberes til emballasjeoverflaten og derved ikke inkluderes i det oppgitte TOC (DOC) resultatet
- Permanganattall angir oksyderbart stoff, som er et uttrykk for innholdet av organisk stoff. Kaliumpermanganat ble brukt som oksydasjonsmiddel. Norsk standard 4732.

Tabell 1. Lokalteter for regionale vannundersøkelser i Sør-Norge 1981.

Blokk og lokalitet	Navn	Fylke	Høyde over havet i meter	Dypeste prøvepunkt i meter	Snødyb cm	Kartblad nr.	UTM Kartreferanse N-S	Navn	Kommune	Fylke	
1	2	Møglandsvatn	Vest-Agder	176	28	14112	2 4076440	501 Nedre Tokkevatn	Drangedal	Telemark	
2	1	Handelandsvatn	"	188	24	13112	2 3716456	502 Vegår	Vegårshei	Aust-Agder	
4	1	Hovvatn	Aust-Agder	493	9	-	15123	2 4436497	503 Flåvatn	Kviteseid	Telemark
5	2	Åsvatn	"	144	13	20	16122	2 4936408	504 Nisservatn	Nissedal	"
6	2	Kjosevatn	"	613	15	58	14121	2 4216514	505 Vråvatn	Kviteseid	"
7	1	Kamsvatn	Rogaland	865	26	40	13132	2 3716554	506 Bandak	"	"
8	1	Tjurrmanvatn	Aust-Agder	720	13	22	14132	2 4116550	507 Fyresvatn	Fyresdal	"
9	1	Holmvatn	Telemark	671	25	48	16133	2 4806555	508 Nesvatn	"	"
10	2	Langvatn	"	70	22	20	17124	2 5256537	509 Byglandsfjord	Bygland	Aust-Agder
11	1	Mosvatn	Rogaland	600	5	35	13142	2 3786606	510 Lygne	Høgebostad	Vest-Agder
12	1	Brårvatn	Vest-Agder	902	24	50	14131	2 4276574	511 Lundevatn	Flekkefjord	Rogaland/ Vest-Agder
13	1	Heimre Besse- vatn	Aust-Agder	630	12	45	15134	2 4366596	512 Sirdalsvatn	Sirdal	Vest-Agder
15	1	Myklevatn	Vestfold	422	20	30	17131	2 5406587	513 Ørsdalsvatn	Bjerkreim	Rogaland
17	2	Kløsa	Østfold	172	8	20	20134	2 6456577	514 Posskreppfjorden	Valle	Aust-Agder/ Rogaland
18	1	Botnavatn	Rogaland	1047	31	45	13141	2 3656630	515 Øvre Tysdalsvatn	Hjelmeland	Rogaland
19	2	Fjellsjøen	Telemark	1197	13	150	14152	2 4256663	516 Store Uravatn	Bykle	Aust-Agder
20	1	Rosjø	"	1474	8	49	15152	2 4686662	517 Suldalsvatn	Suldal	Rogaland
21	1	Heivvatn	"	529	11	25	16141	2 4986642	518 Totak	Vinje	Telemark
24	1	Skårillen	Hedemark	343	6	34	20153	2 6556670	519 Måsvatn	"	"
30	3	Vardtjern	Buskerud	282	11	40	18154	2 5646706	520 Songvatn	"	"
32	3	Holmsjøen	Hedemark	392	8	60	20151	2 6596708	521 Mårvatn	Tinn	"
34	1	Blåvatn	Hordaland	837	20	80	12162	2 3326734	522 Bjørnesfjorden	Nore og Uvdal	Buskerud
36	1	St. Liavatn	Sogn og Fjordane	1500	5	56	14161	2 4256749	523 Langevatn	"	"
40	1	N. Fløgen	Hedemark	313	2	55	20161	3 3386745	524 Hamlagrøvatn	Voss	Hordaland
42	1	Gravevatn	Sogn og Fjordane	600	57	40	12171	2 3396808	525 Tunhovdfjorden	Nore og Uvdal	Buskerud
43	1	Halsavatn	"	820	8	45	14174	2 3966795	526 Djup/Stolsvatna	Hol	"
46	2	Synnfjorden	Oppland	796	9	45	17172	2 5486776	527 Tyin	Vang	Oppland
47	1	Helgetjern	Hedemark	1048	2	51	19174	2 6016801	528 Bygdin	"	"
49	1	Langevatn	Sogn og Fjordane	470	29	59	11182	2 2976844	529 Gjende	Vågå	"
50	1	Botnadalsvatn	"	412	9	55	12182	2 3466828	530 Jølstravatn	Jølster	Sogn og Fjordane
57	1	Storevatn	"	420	10	65	11181	2 3126877	531 Breimsvatn	Gloppen	"
58	1	Movatn	"	422	23	48	12181	2 3526876	532 Oldevatn	Stryn	"
59	1	Oppljosvatn	Møre og Romsdal	1146	15	64	14181	2 4146875	533 Lovatn	"	"
65	2	Jutevatn	"	525	29	40	12202	2 3996935	534 Strynevatn	"	"
80	1	Kleivvatn	Vest-Agder	228	17	40	14113	2 3906456	535 Hornindalsvatn	Eid	"
81	2	Eielandsvatn	Aust-Agder	204	9	25	15114	2 4416478	536 Eikesdalsvatn	Nesset	Møre og Romsdal
82	1	Bleksvatn	Vest-Agder	760	22	29	14121	2 4096517	537 Aursunden	Røros	Sør-Trønde- lag
83	1	Dorsvatn	Rogaland	850	9	40	13133	2 3586557	538 Sølensjøen	Rendalen	Hedemark
85	2	Isebakktjern	Østfold	60	2	20	19134	2 6126580	539 Rondvatn	Otta	Oppland
86	1	Tveitvatn	Telemark	539	16	32	16131	2 5106591	541 Rore	Grimstad	Aust-Agder
87	2	Øyjusvatn	"	748	10	53	15134	2 4366572	542 Syndle	"	"
88	1	Auresvatn	Vest-Agder	1145	13	83	14142	2 4146600	543 Holskarvatn	Vik	Sogn og Fjordane
89	1	Svinstølvatn	Rogaland	705	55	35	13131	2 3666591			
94	1	Ryssjøen	Hedemark	286	4		20173	2 6396774			
95	1	Stordalsvatn	Sogn og Fjordane	469	10	63	11171	2 3046815			
111	1	Grønlivatn	Nord-Trøndelag	514	12	35	18233	3 3837100			
113	2	St. Reinsjøen	"	454	44	27	17231	3 3617141			
115	1	Grassjøen	"	153	30	49	17241	3 3657169			

3. RESULTATER OG KOMMENTARER

Små innsjøer

Samtlige analyseresultater er listet i tabell 2. På figur 3, 4 og 5 er henholdsvis surhetsgrad (pH), sulfat og aluminiumskonsentrasjonene angitt med røde tall på kartskisse over Sør-Norge (De tre innsjøene i Nord-Trøndelag er ikke tatt med i disse oversiktene). De sorte tallene angir stasjonsnumrene.

Resultatene viser i hovedtrekk det samme som tidligere regionale undersøkelser.

Figur 3 viser at den sørlige delen av landet, bestående av at det meste av Vest-Agder og de sørligste deler av Rogaland og Aust-Agder har pH under 5.0. Denne lave pH finnes også i Østfold. I et forholdsvis smalt belte som strekker seg i øst-vest retning er pH stort sett mellom 5.0 og 5.5. Resten av de undersøkte små innsjøene har pH mellom 5.5 og 6.5.

Sulfatfordelingen viser et noe annet mønster (se fig. 4). Kystsonene av Østlandet og Sørlandet har sulfatkonsentrasjon høyere enn 6 mg SO_4/l . Denne avtar gradvis langs en akse SØ-NV.

Samtlige stasjoner på Vestlandet med unntakelse av de sørlige deler av Rogaland, det meste av Oppland og de nordlige deler av Hedmark og Buskerud har stort sett sulfatkonsentrasjoner under 2.5 mg SO_4/l .

Aluminiumsisopletene viser i likhet med sulfat at kystsonene av Sørlandet og Østlandet har de høyeste konsentrasjonene. Aluminiumskonsentrasjonen synes også å avta langs en akse SØ-NV (figur 5).

Henriksen (1979 a) har vist at en kan påvise og anslå forsuring av oligotrofe vannforekomster når man kjenner til det normale forhold mellom pH og kalsium. På grunnlag av et større observasjonsmateriale fra ikke-forsurede områder i Nord-Norge og Vest-Norge er det tegnet en empirisk kurve, den heltrukkede kurve på figur 6. I dette koordinatsystemet for pH og kalsium har vi plottet inn verdiene for samtlige av de undersøkte innsjøene. De vann som har en pH som er lavere i forhold til kalsiuminnholdet enn det som kurven beskriver, karakteriseres som forsuret.

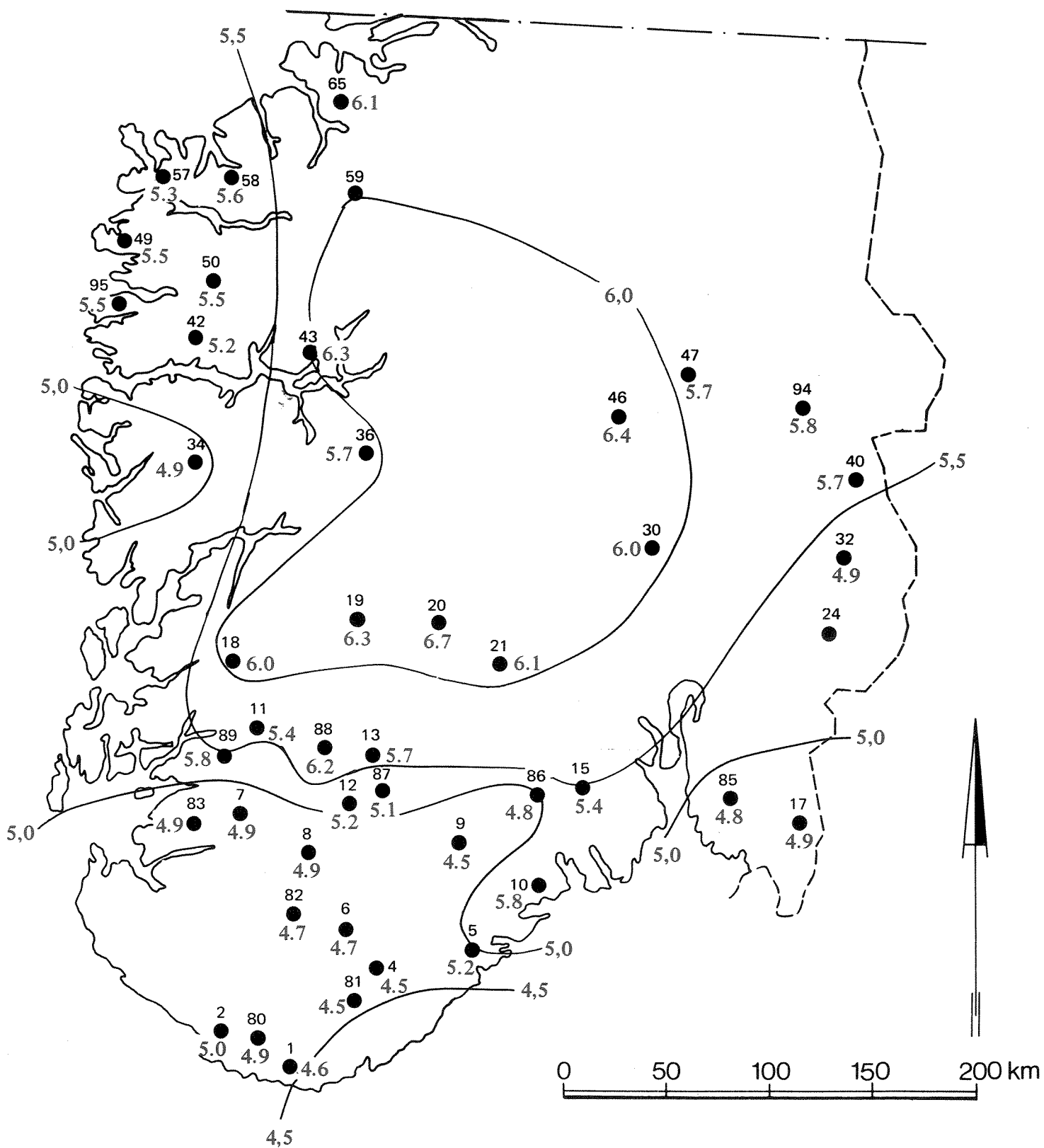


Fig. 3. pH i små innsjøer i Sør-Norge vinteren 1981. Tallene representerer 1 meters dyp.

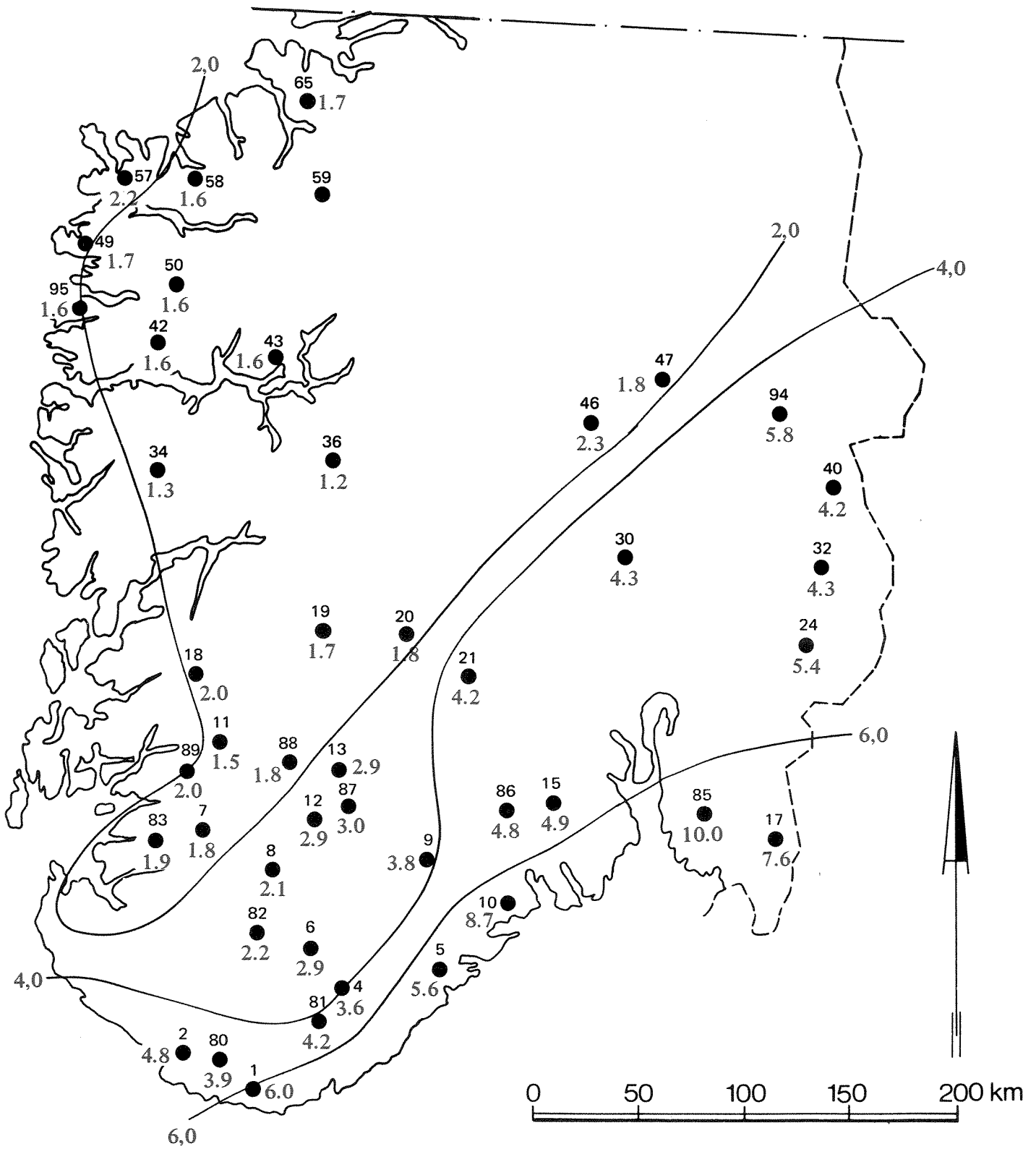


Fig. 4. Sulfatkonsentrasjoner (mg SO₄/l) i de små innsjøene i Sør-Norge vinteren 1981. Tallene representerer 1 meters dyp.

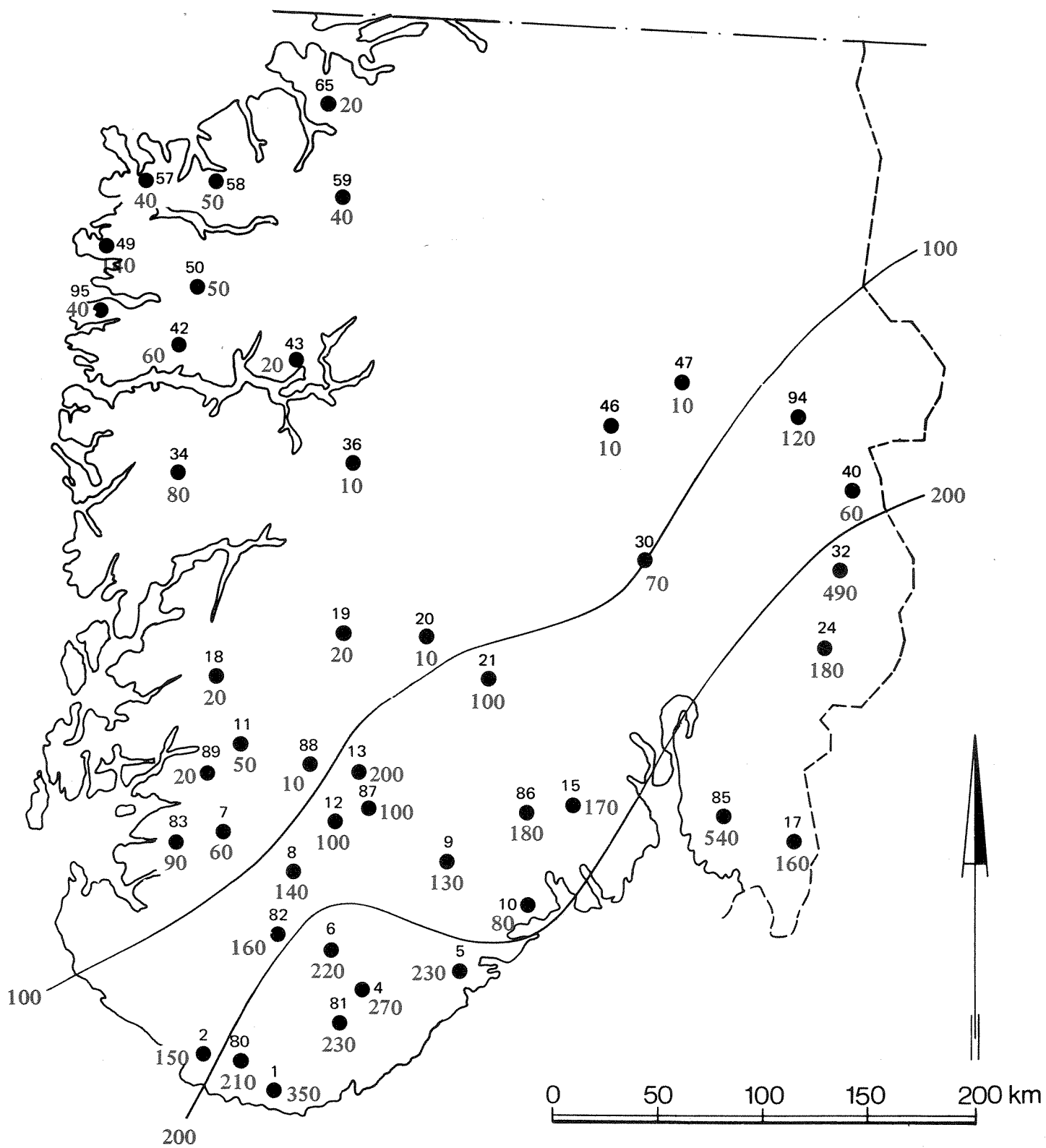


Fig. 5. Aluminiumkonsentrasjoner ($\mu\text{g Al/l}$) i de små innsjøene vinteren 1981. Tallene representerer 1 meters dyp.

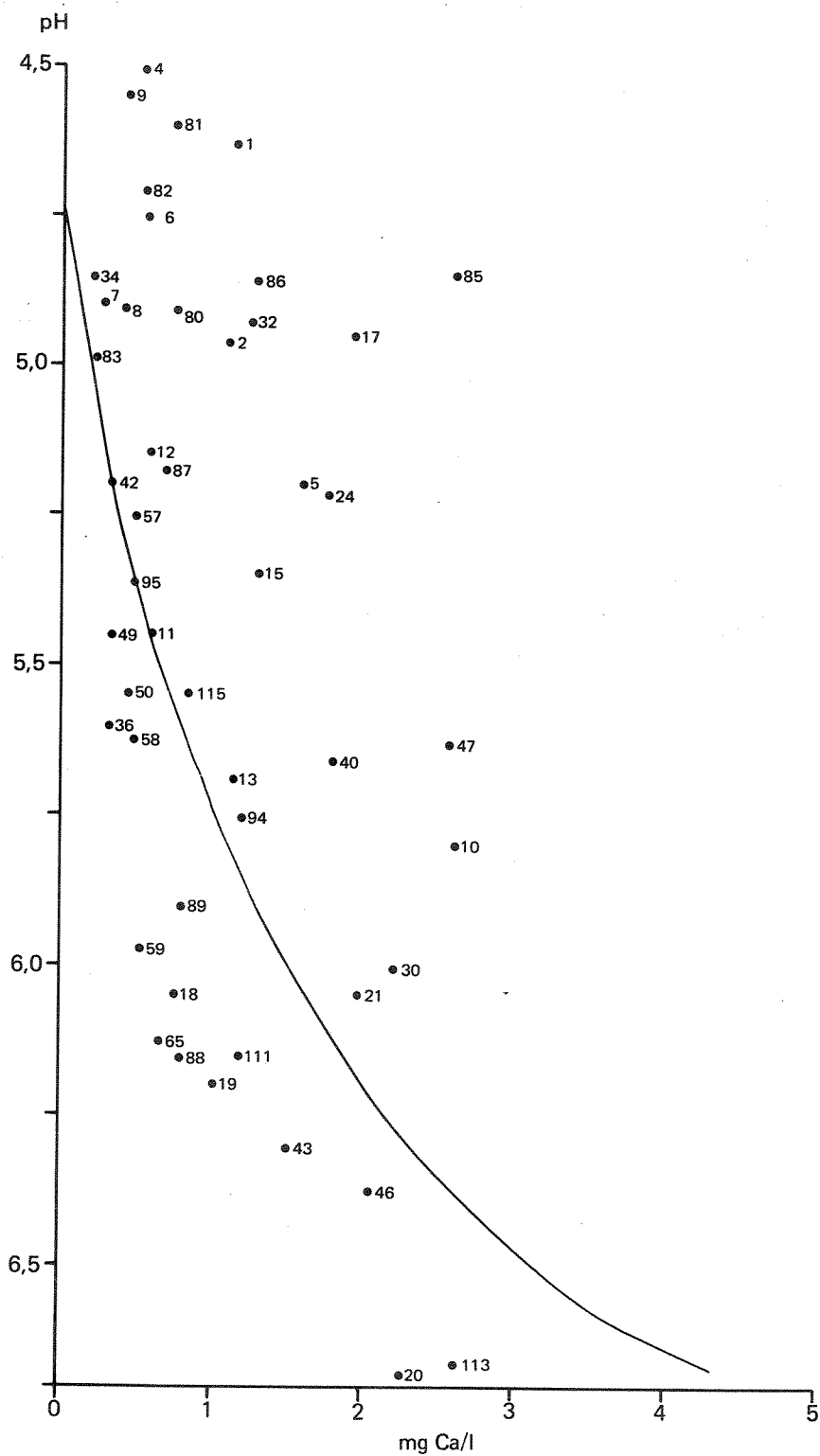


Fig. 6. Forsurningstendenser i små innsjøer i Sør-Norge vinteren 1981. Tallene angir sjøens stasjonsnummer. Henriksen 1980.

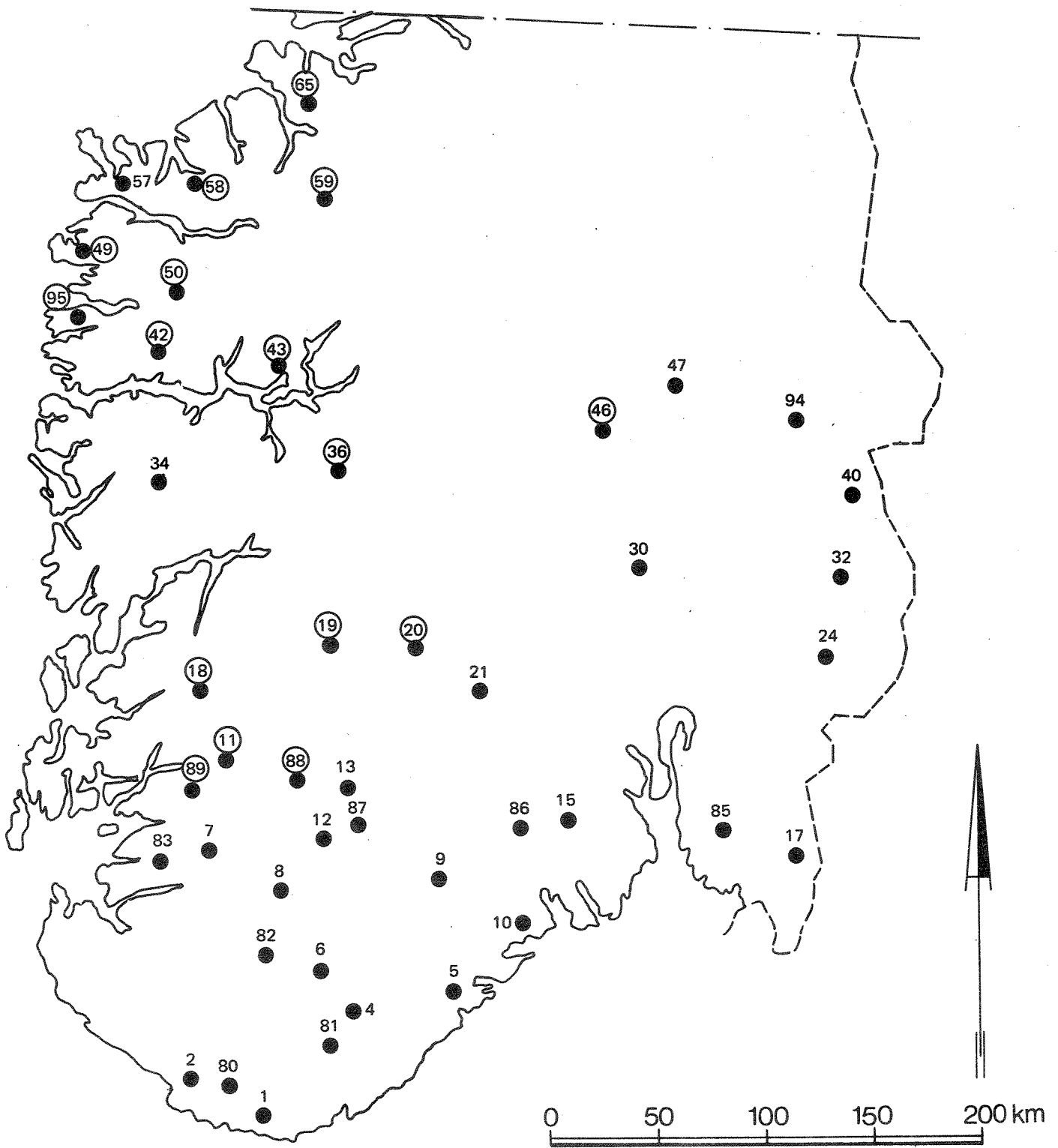


Fig. 7. Ikke forsurede innsjøer, (innsjøen under linjen på figur 6 angitt med ring rundt stasjonsnumrene) i Sør-Norge vinteren 1981.

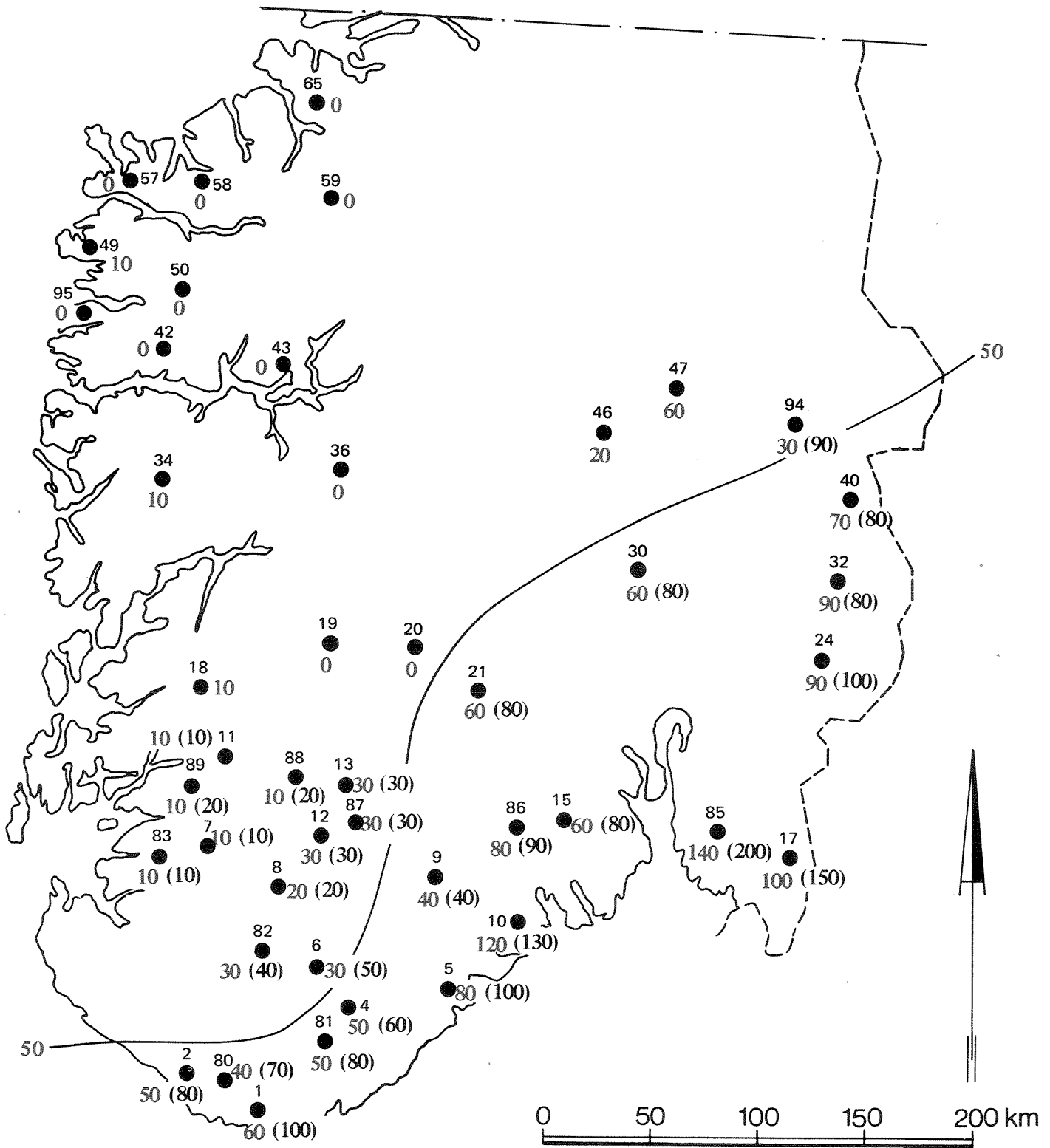


Fig. 8. Forsurningsgrad i små innsjøer 1981. Tallene i parentes viser forsyningsgrad i 1979.

Det vil si at de vann som faller over den heltrukkede kurven, er forsuret. De innsjøene som etter denne identifikasjonsmetode ikke er forsuret, er angitt med en ring rundt stasjonsnummeret i figur 7.

Et felles trekk for alle forsurede vann er en åpenbar bytting av bikarbonationet med sulfationet, mens ubetydelige endringer i de relative konsentrasjoner av kationer har funnet sted.

Forsuringen av en sjø er definert som tapet av alkalitet.

Alkalitet er summen av baser som kan titreres med en sterk syre. I de fleste naturlige vann er bikarbonationet den viktigste bidragsyter til alkaliteten. Kalsium + magnesium vil oftest være høyt korrelert med bikarbonat i vann som er preget av forvitring av mineraler, og Ca + Mg kan derfor brukes som indikator på alkaliteten i ikke forsuret vann.

Forsuringen kan kvantitativt defineres som differansen mellom "før-forsuringsalkalitet" (opprinnelig alkalitet, Alk_0) og dagens alkalitet (Alk_t):

$$\text{Forsuring (Ac)} = Alk_0 - Alk_t \quad (1)$$

Alkalitetsverdier fra før den moderne forsuringen i Norge startet, er ikke tilgjengelige. Det er vist (Henriksen 1980) at under gitte forutsetninger kan opprinnelig alkalitet (Alk_0) bestemmes ut fra summen av dagens konsentrasjoner av ikke-marin kalsium og magnesium (Ca + Mg) fra likningene.

$$Alk_0 = 0.93 \times (Ca + Mg) - 14 \text{ (}\mu\text{ekv./l)} \quad \text{Se figur 8 og 10} \quad (2)$$

Store innsjøer

Samtlige analyseresultater av prøver tatt fra de store innsjøene er gjengitt i tabell 3. På tilsvarende måte som for de små innsjøene er forsuringstendensen for de ulike innsjøene vurdert ut fra pH og kalsiumkonsentrasjoner. Som det fremgår av figur 9, faller de fleste stasjonsnumrene under "forsuringskurven". Samtlige av de som ligger over kurven og som altså kan betegnes som forsuret, er innsjøer på Sørlandet og på Sør-Vestlandet (Sør-Rogaland).

Graden av forsuring av de ulike store innsjøer er gitt i figur 10. Disse er kommentert på side 31.

Fordelingen av pH, SO₄ og Al er illustrert på henholdsvis figur 11, 12 og 13. Tallene angir konsentrasjonene i to meters dyp.

I hovedtrekk viser resultatene for de store innsjøene (konf. figur 11, 12 og 13) det samme fordelingsbildet som for de små innsjøene (konf. figur 3, 4 og 5) dvs. en avtagende konsentrasjon fra sør mot nord. Konsentrasjonsnivået er imidlertid gjennomgående lavere. For pH gjelder stort sett det forhold at de store innsjøene har ca. 0.5 enheter høyere pH enn de små i samme region og sulfatkonsentrasjonen er 1-2 mg/l lavere.

For aluminium viser resultatene en tilsvarende tendens; stort sett har de store innsjøene i de sørligste deler konsentrasjoner ca. 100 µg/l lavere enn de tilsvarende små innsjøene. I resten av Sør-Norge er også aluminiumskonsentrasjonene i de store innsjøene lavere enn i de tilsvarende små innsjøene, men forskjellen er mindre markert.

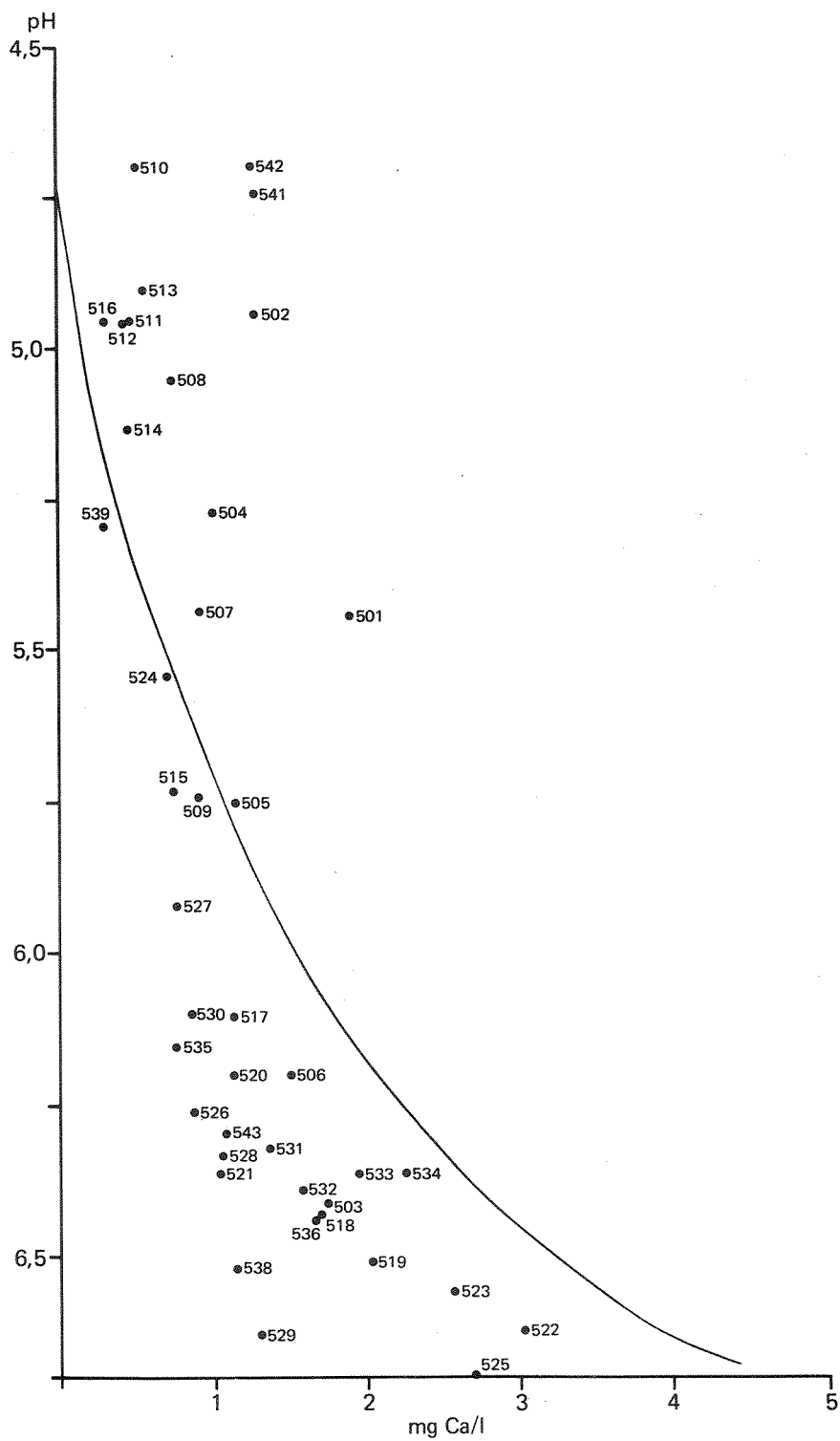


Fig. 9. Forsuringstendenser i store innsjøer i Sør-Norge 1981. Tallene angir sjøens stasjonsnummer.

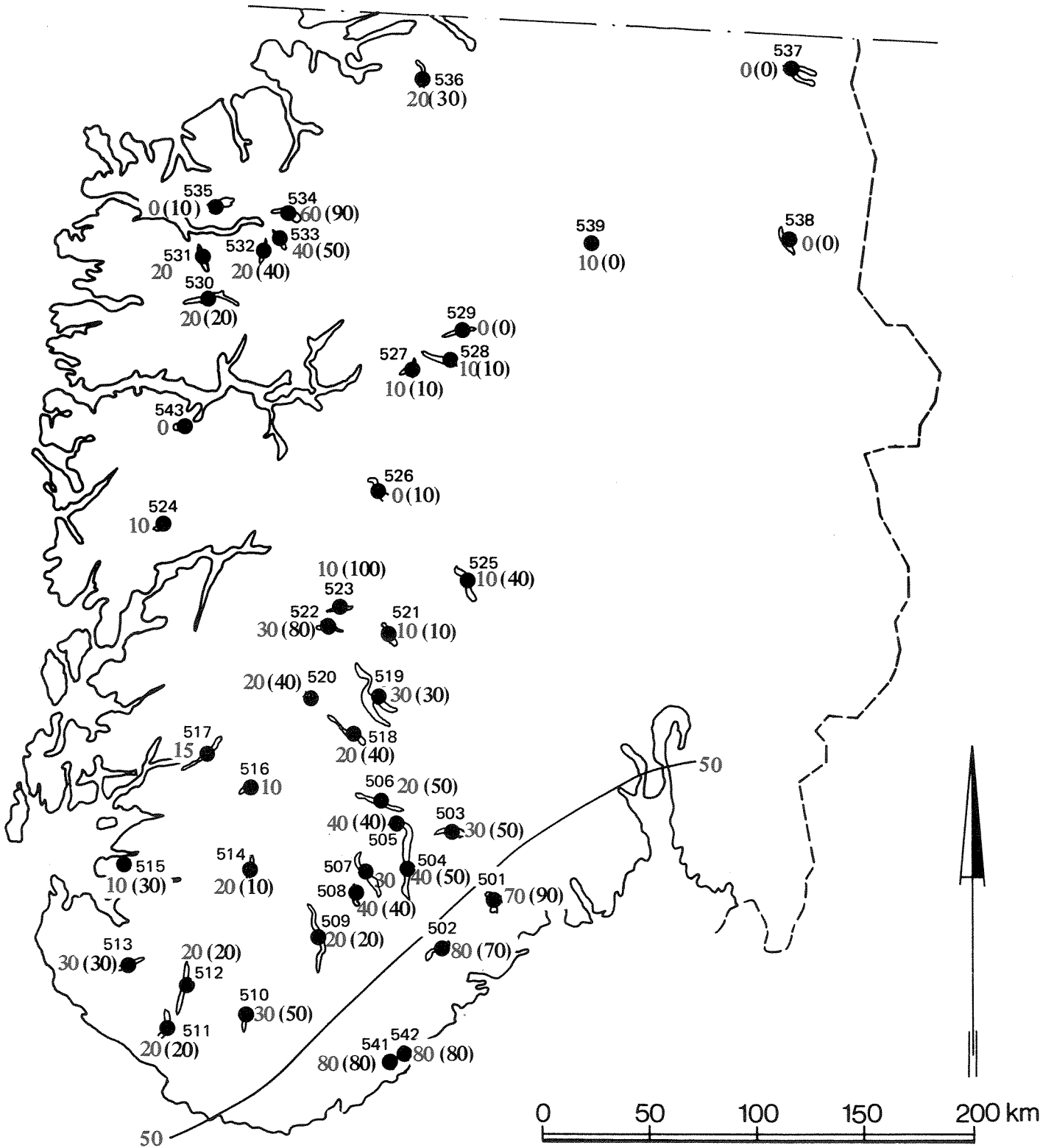


Fig. 10. Forsurningsgrad i store innsjøer i 1981. Tallene i parentes viser forsyningsgrad i 1979.

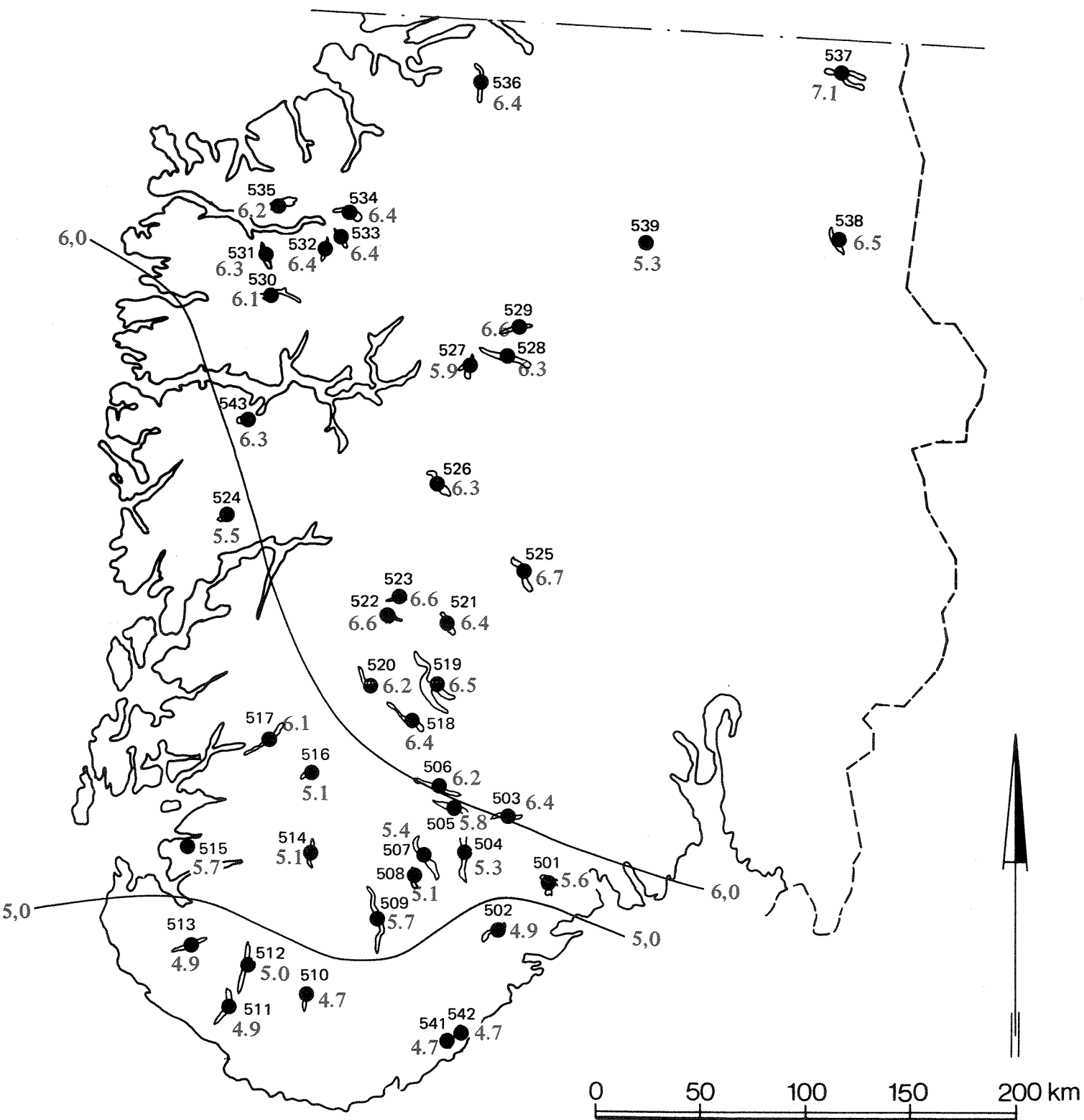


Fig. 11. pH i overflatevann. Store innsjøer vinteren 1981. Tallene angir prøver fra 2 meters dyp.

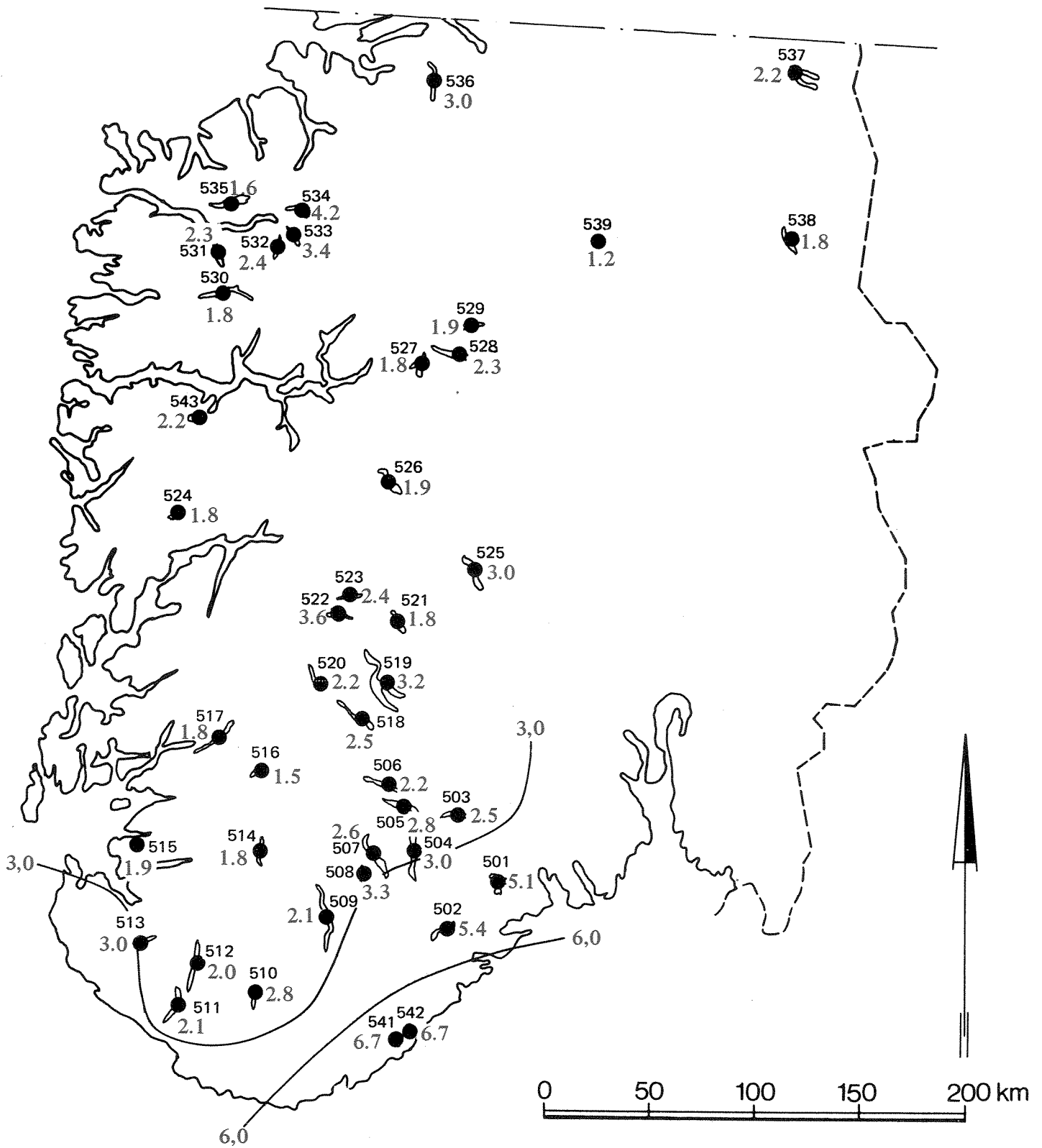


Fig. 12. Sulfatkonentrasjoner (mg SO₄/l) i store innsjøer vinteren 1981. Tallene angir prøver fra 2 meters dyp.

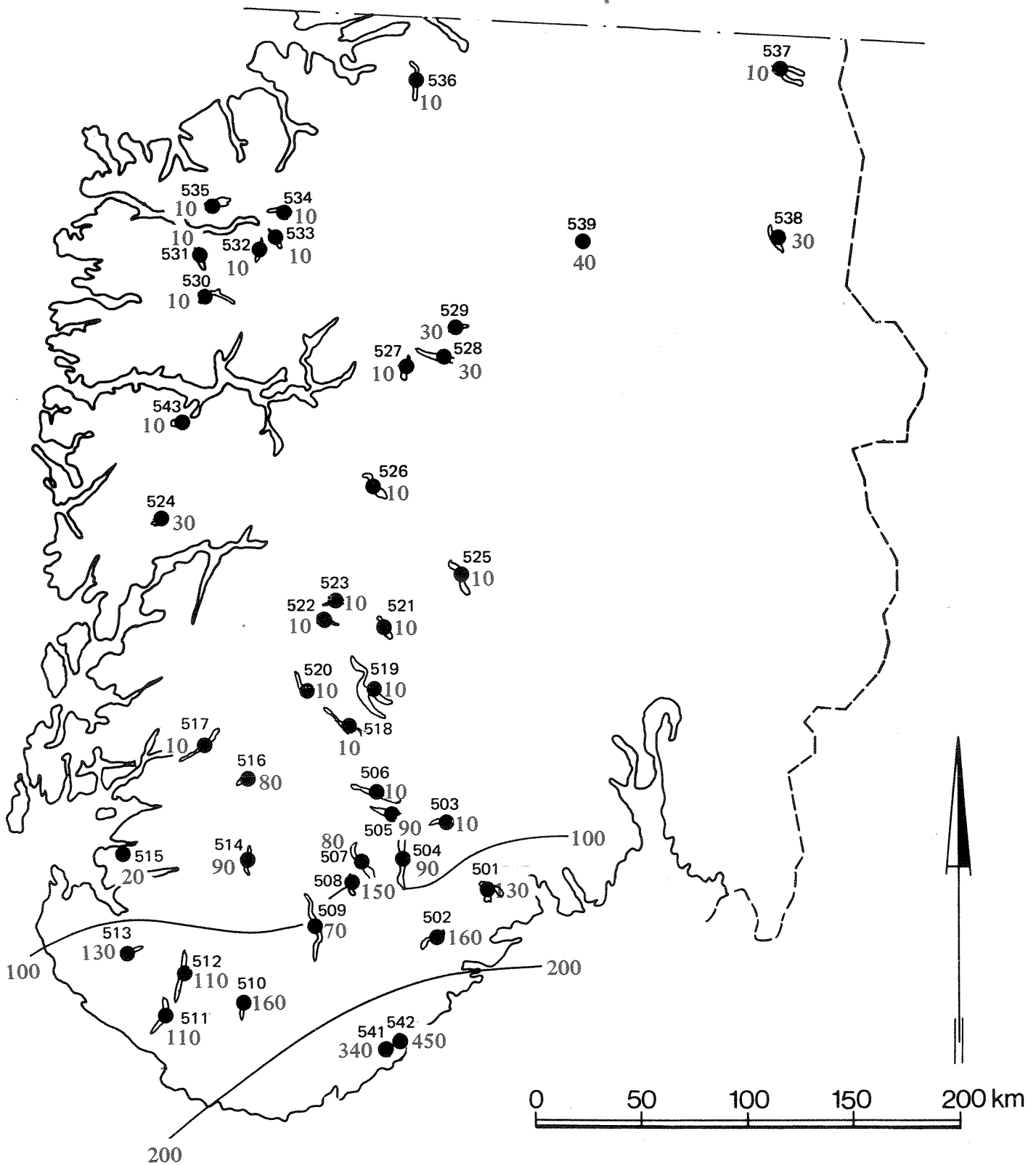


Fig. 13. Aluminiumkonsentrasjoner ($\mu\text{g Al/l}$) i store innsjøer vinteren 1981. Tallene angir prøver fra 2 meters dyp.

Snøundersøkelser

Snøprøvene er analysert med hensyn til pH, SO_4 , NO_3 , Mg, NH_4 og TOC (DOC). Samtlige data er gitt i tabell 4. Tabellen angir også snødybde på vedkommende prøvestasjon samt smeltevolum for snøsøyle med flate 50 cm^2 . Prøvestedenes plassering er gitt i tabell 1.

På figurene 14, 15 og 16 er den regionale konsentrasjonsfordeling av henholdsvis pH, sulfat og nitrat illustrert. I hovedtrekk viser disse tre figurene det samme konsentrasjonsfordelingsbildet. Snøen i kyststrøkene har den høyeste konsentrasjon; dette gjelder særlig Østlands- og Sørlandsområdene. For nitrat og pH gjelder også at det indre Østland er påvirket i nesten samme grad som den sørligste landsdelen.

Det er også verdt å merke seg at løst organisk karbon (DOC) i snø har den høyeste konsentrasjon i de sørligste deler (figur 17). Bestemmelse av organisk stoff i snø gir imidlertid i regelen for lave verdier, fordi det er et betydelig tap ved adsorpsjon av organisk stoff til emballasje etter tining.

Sammenlignet med 1978, er det et lavere innhold av sure komponenter i snøen i de sørlige og østlige deler av Sør-Norge. På den annen side synes snøen i kyststrøkene på Vestlandet å være mer forurenset enn tidligere år.

Tabell 4. Analyseresultater for regionale snøundersøkelser 1981

BLK: Blokk nr.
 LOK: Lokalitet
 SNØ DYP: cm
 SNØ VOLUM: ml
 MG: Mg(mg/l)

SULF: SO_4 (mg/l)
 NH4N: NH_4N (μ g/l)
 NO3N: NO_3N (μ g/l)
 TOC: mg^C/l
 M: mindre enn

BLK	LOK	A M D R N G	SNEDYP SNEVOL	PH	MG	SULF	NH4N	NO3N	TOC
4	1	810319		4.29	.10	2.9	340.	440.	
5	2	810303	20 145	4.17	.09	5.2	750.	590.	1.2
6	2	810303	58 850	5.14	.13	.6	50.	50.	0.9
7	1	810218	40 620	4.96	.78	2.2	70.	80.	M 0.5
8	1	810303	22 275	4.94	.60	1.9	60.	140.	M 0.5
9	1	810217	48 670	4.78	.13	1.0	125.	160.	M 0.5
10	2	810303	20 200	4.59	.10	2.8	390.	310.	1.3
11	1	810218	35 435	4.99	.96	2.6	50.	60.	M 0.5
12	1	810217	50 920	5.54	.03	.2	M 10.	M 10.	M 0.5
13	1	810218	45 780	5.53	.12	.3	20.	30.	0.9
15	1	810217	30 350	4.61	.02	.9	140.	210.	0.5
17	2	810324	20 270	4.34	.04	1.7	20.	360.	1.0
18	1	810218	45 560	5.13	.86	2.3	30.	40.	1.1
19	2	810218	150 2770	5.43	.07	.3	20.	60.	M 0.5
20	1	810218	49 560	5.04	.02	.3	30.	100.	M 0.5
21	1	810218	25 350	5.02	.03	.3	40.	70.	1.6
24	1	810320	34 330	4.53	.02	1.1	145.	350.	M 0.5
30	3	810320	40 320	4.52	.01	.9	120.	340.	M 0.5
32	3	810320	60 640	4.61	.01	.8	120.	270.	M 0.5
34	1	810317	80 1190	4.65	.13	.9	75.	150.	0.6
36	1	810223	56 870	5.12	.10	1.0	M 10.	20.	M 0.5
40	1	810320	55 1070	4.52	.09	1.2	65.	330.	1.1
42	1	810224	40 500	4.95	.45	1.5	40.	70.	1.0
43	1	810224	45 565	5.30	.32	1.0	20.	40.	0.9
46	2	810320	45 500	4.77	.01	.4	70.	210.	M 0.5
47	1	810320	51 585	4.74	.02	.5	50.	200.	M 0.5
49	1	810224	59 1050	5.18	.29	1.4	55.	80.	0.6
50	1	810224	55 650	6.21	.14	.9	45.	80.	M 0.5
57	1	810223	65	5.17	.49	1.6	20.	50.	M 0.5
58	1	810223	48	5.20	.50	1.6	M 10.	30.	0.5
59	1	810223	64	5.38	.31	1.0	20.	10.	M 0.5
65	2	810223	40	5.20	.73	2.4	M 10.	20.	1.3
81	2	810303	25 250	3.95	.16	6.8	830.	880.	1.6
82	1	810303	29 315	4.36	.13	2.1	235.	370.	1.1
83	1	810218	40 440	4.92	.91	3.0	155.	130.	0.5
85	2	810324	20 330	4.39	.06	1.8	220.	420.	1.1
86	1	810217	32 425	4.79	.06	.7	110.	160.	M 0.5
87	2	810217	53 840	5.24	.12	.4	20.	40.	M 0.5
88	1	810218	33 1380	5.47	.48	1.1	10.	20.	M 0.5
89	1	810218	35 425	4.78	1.06	3.7	80.	100.	M 0.5
95	1	810224	63 970	4.79	.25	1.9	130.	160.	M 0.5
111	1	810223	35 500	8.48	.54	1.9	30.	60.	0.6
113	2	810223	27 325	4.99	.22	.5	70.	60.	M 0.5
115	1	810223	49 550	6.76	.92	1.5	50.	40.	M 0.5

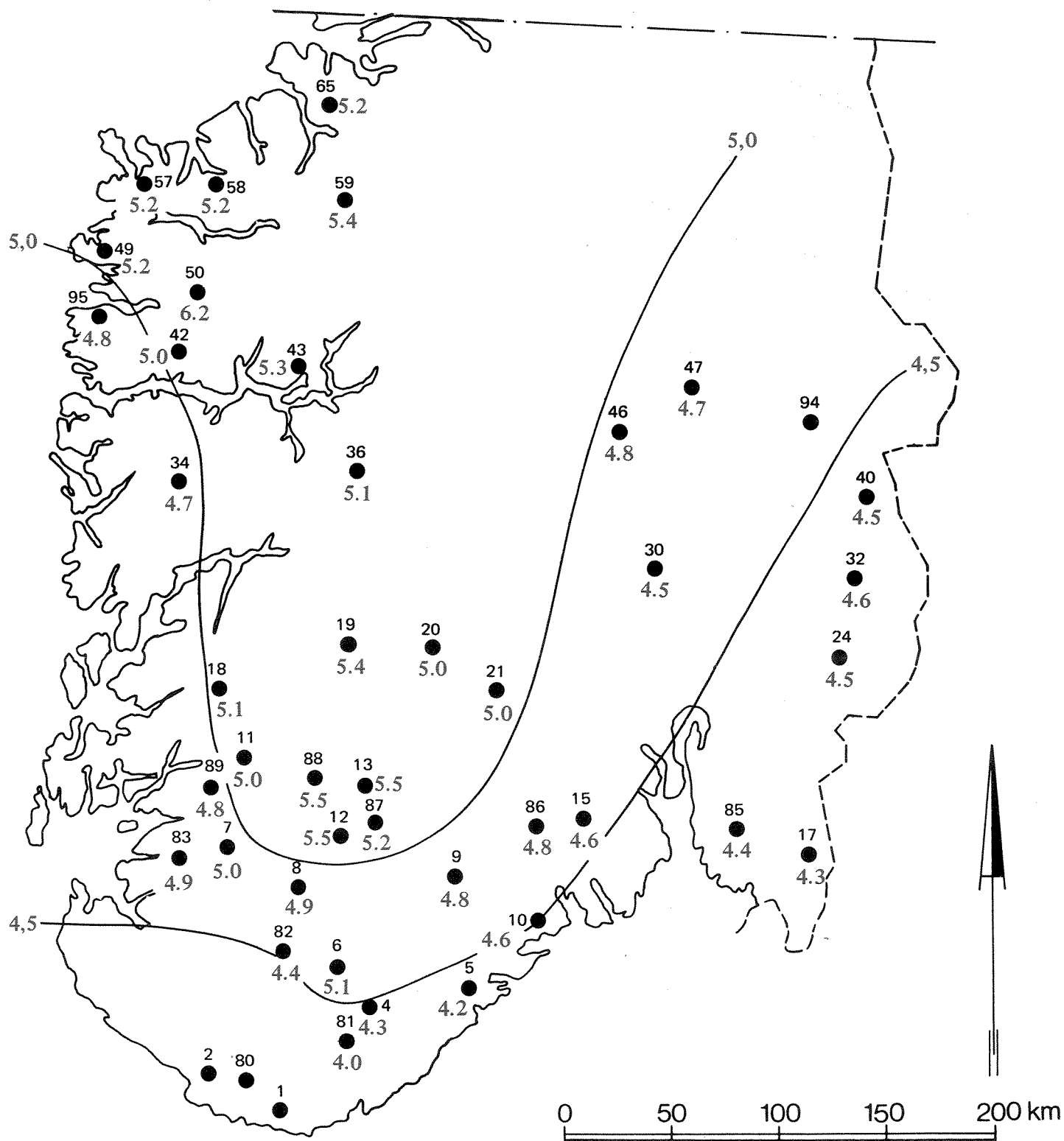


Fig. 14. pH i smeltede snøprøver vinteren 1981.

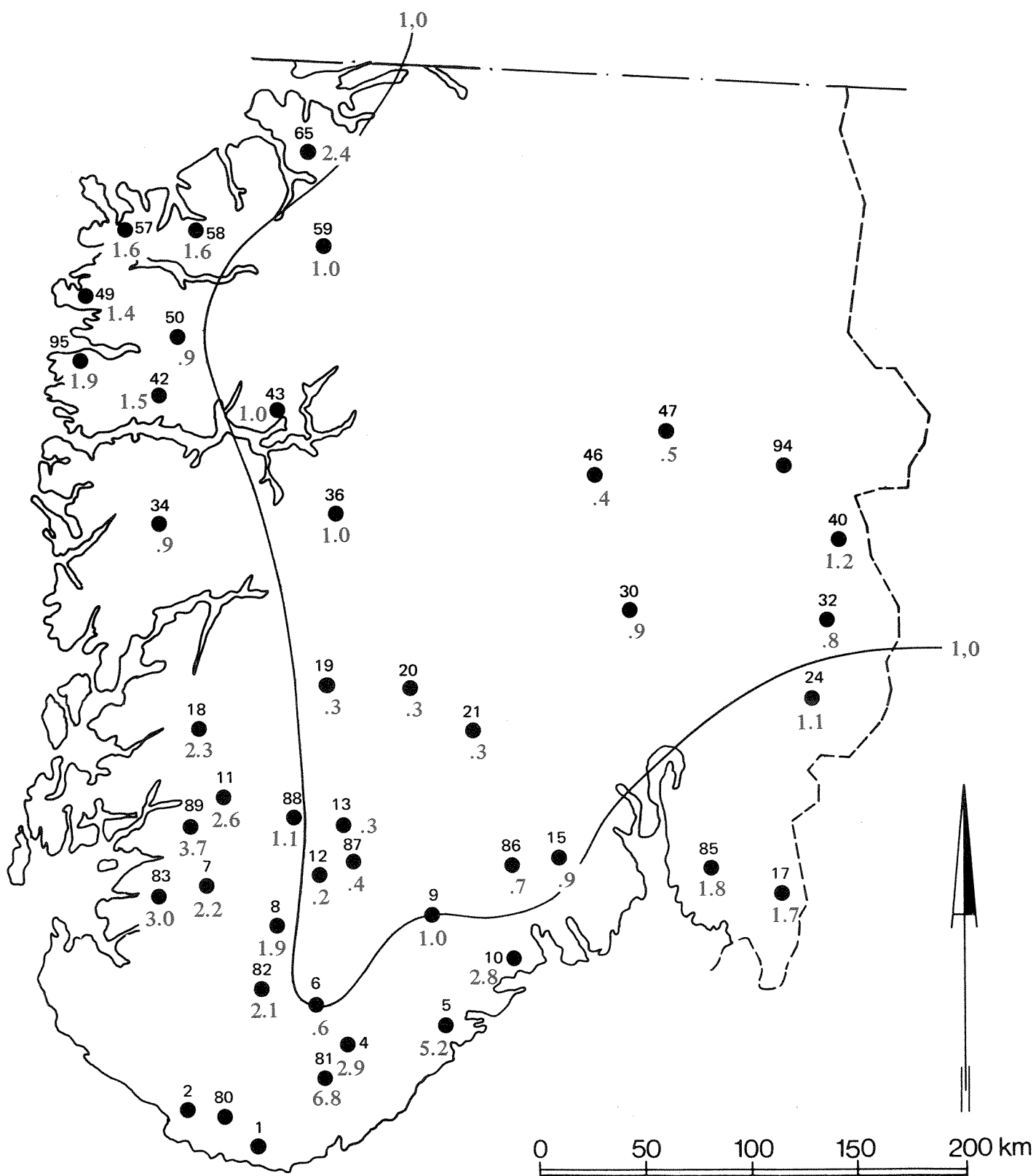


Fig. 15. Total konsentrasjon av sulfat (mg SO₄/l) i smeltede snøprøver vinteren 1981.

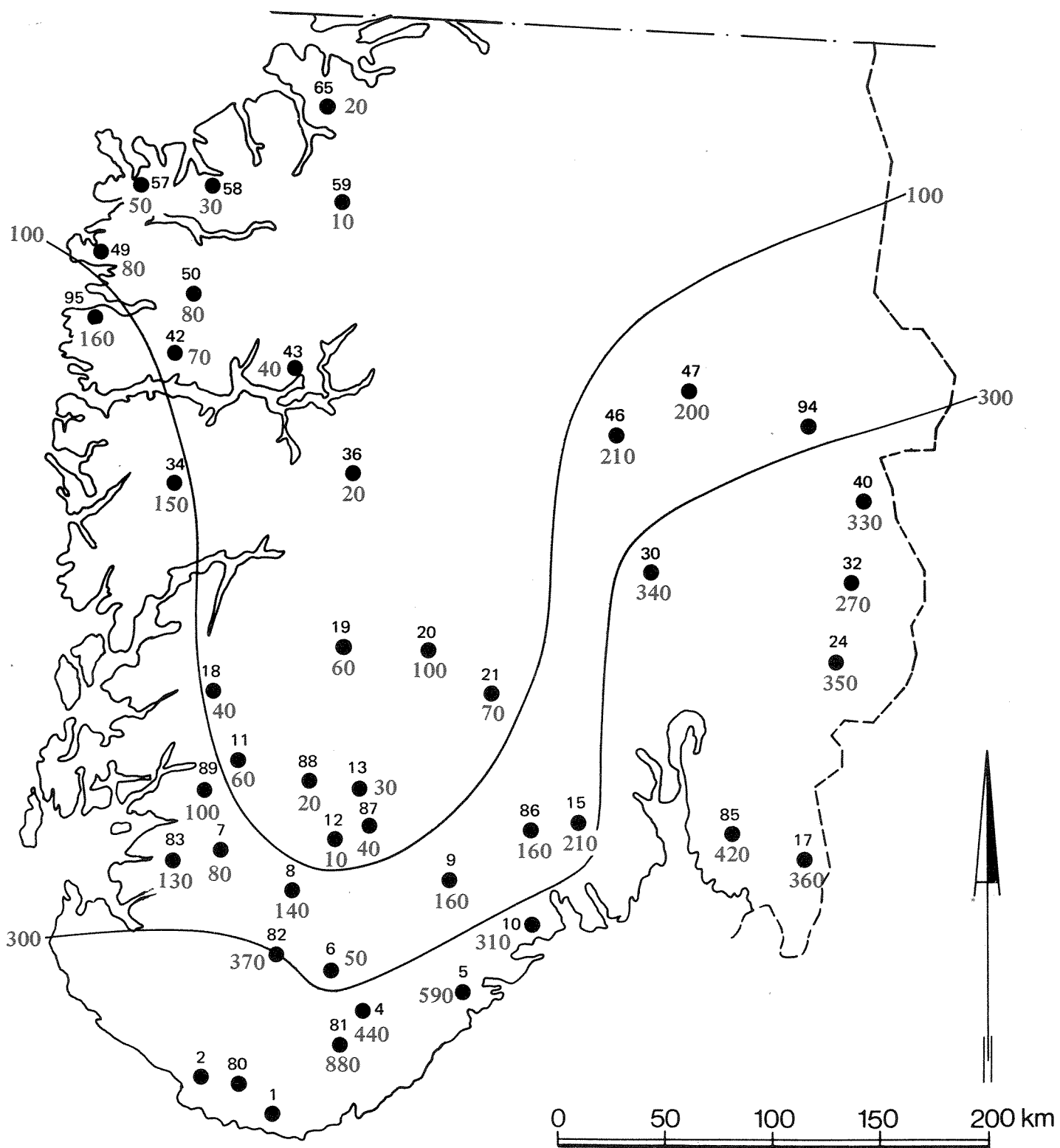


Fig. 16. Nitratkonsentrasjoner ($\mu\text{g N/l}$) i smeltede snøprøver vinteren 1981.

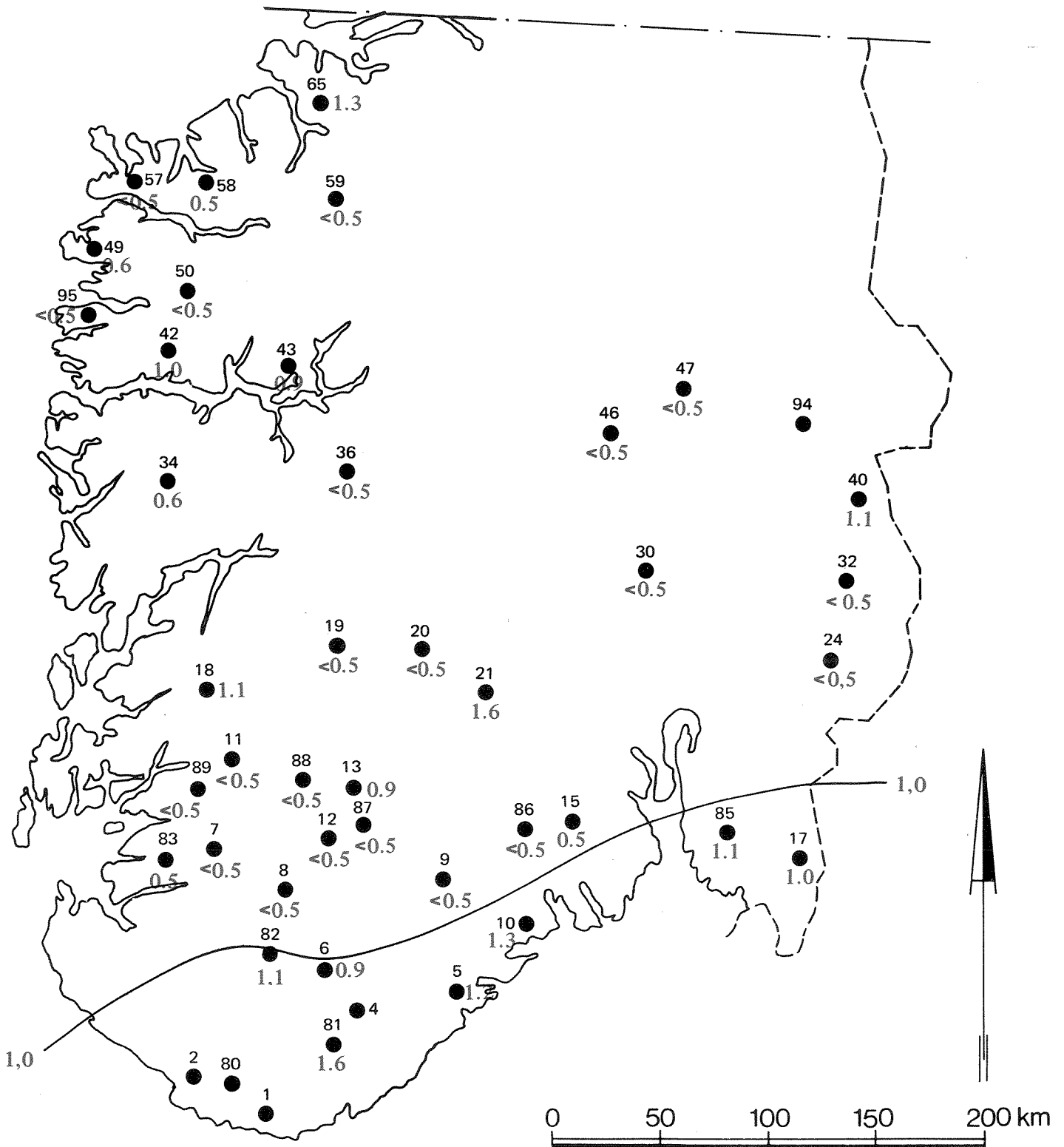


Fig. 17. Innhold av totalt organisk karbon (mg C/l) i smeltede snøprøver vinteren 1981.

4. RESULTATENE I 1981 SAMMENLIGNET MED TIDLIGERE ÅR

Med utgangspunkt i "forsuringsgraden" av små og store innsjøer i 1981 illustrert på figur 8 og figur 10 og ved sammenligning med tilsvarende data fra 1978 og 1979, gitt i parentes (sort skrift) på figurene, er det klart at graden av forsurening i 1981 er gjennomgående redusert når denne karakteriseringsmetode legges til grunn. For enkelte av de små innsjøene er denne parameteren redusert til nesten det halve i forhold til 1978.

Dette understøttes forøvrig av andre data. På figur 18 og 19 er forandringer av hydrogenion konsentrasjonen (H^+) i forhold til foregående måleår gitt. Sorte tall betyr en redusert surhet i forhold til tidligere, mens røde tall betyr en økning. Det fremgår av denne figuren at det i tidligere år har vært en økende tendens mange steder. I 1981 er det imidlertid, med få unntak, ikke påvist noen slik økning i H^+ -konsentrasjonen i forhold til foregående måleår (1978).

Konduktivitet

Figur 20 og 21 viser forandringene i konduktivitet i forhold til foregående måleår.

Det fremgår av figuren at det langs kysten av Sørlandet og på Østlandet har vært en relativt markert reduksjon i elektrolyttinnholdet i løpet av de siste 2-3 år.

Det er verdt å påpeke at det i flere av de små innsjøene i Telemark synes å være en økning i konduktivitet i forhold til 1978. Den mest markante økning i konduktivitet er forøvrig i Movatn i blokk 58 i Sogn og Fjordane, fra ca. 20 i 1978 til ca. 30 i 1981. Det er usikkert om dette er en reell økning, men denne målte konduktivitet understøttes av en del av de typiske "konduktivitetsparametre". Den entydige reduksjonen av konduktivitet i prøvene fra små innsjøer i kystsonene på Sørlandet og på Østlandet i 1981 i forhold til 1978 følges av tilsvarende reduksjon i sulfat, hydrogenion- og aluminiumskonsentrasjon.

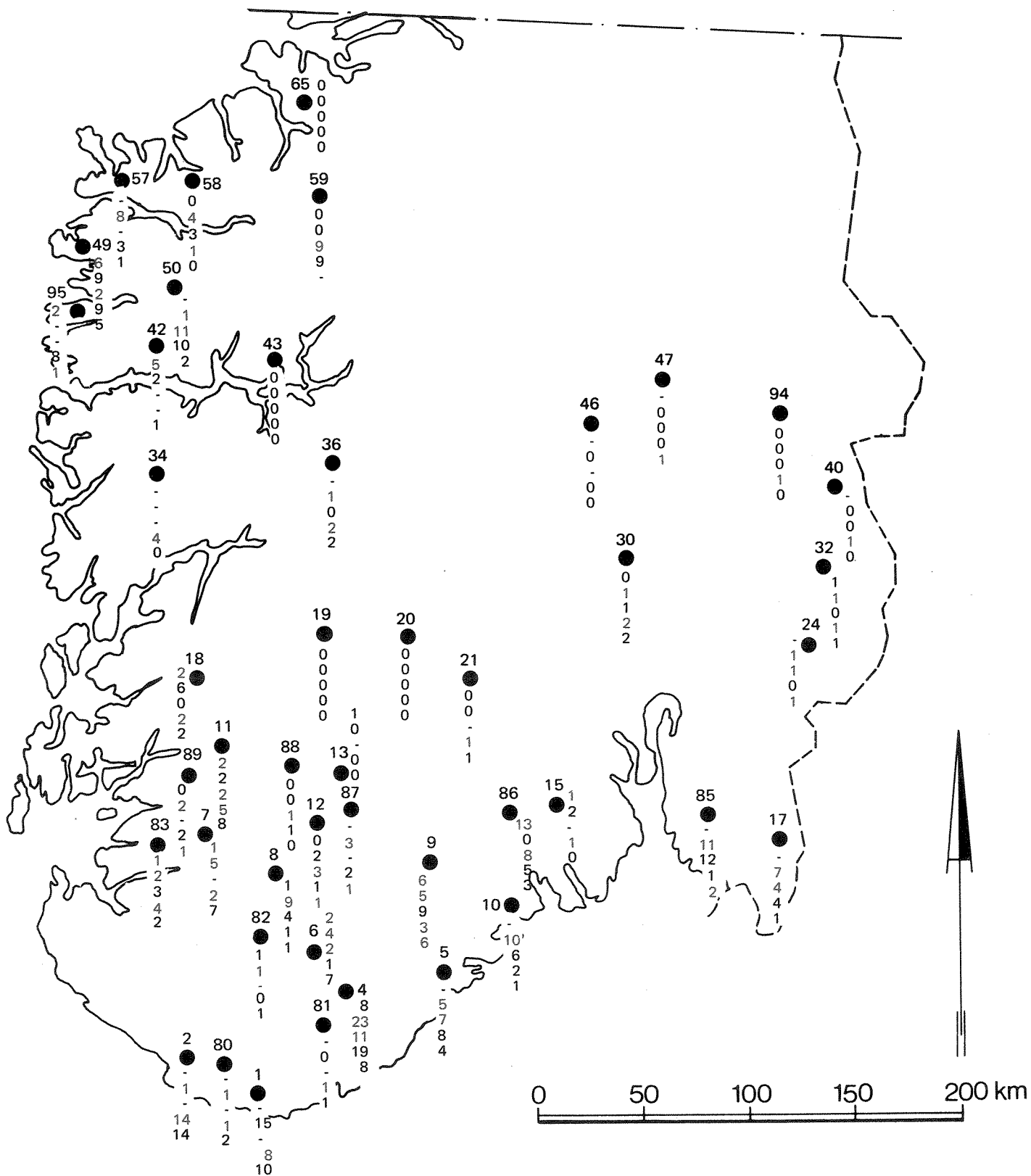


Fig. 18. Forandringer i H⁺ konsentrasjoner (μ ekv./l) i små innsjøer fra 1974 til 1975 (øverste tall) 1975-1976, 1976-1977, 1977-1978 og fra 1978 til 1981 (nederste tall). Sort farge indikerer mindre H⁺-ioner enn året før. Rød farge indikerer flere H⁺-ioner enn året før.

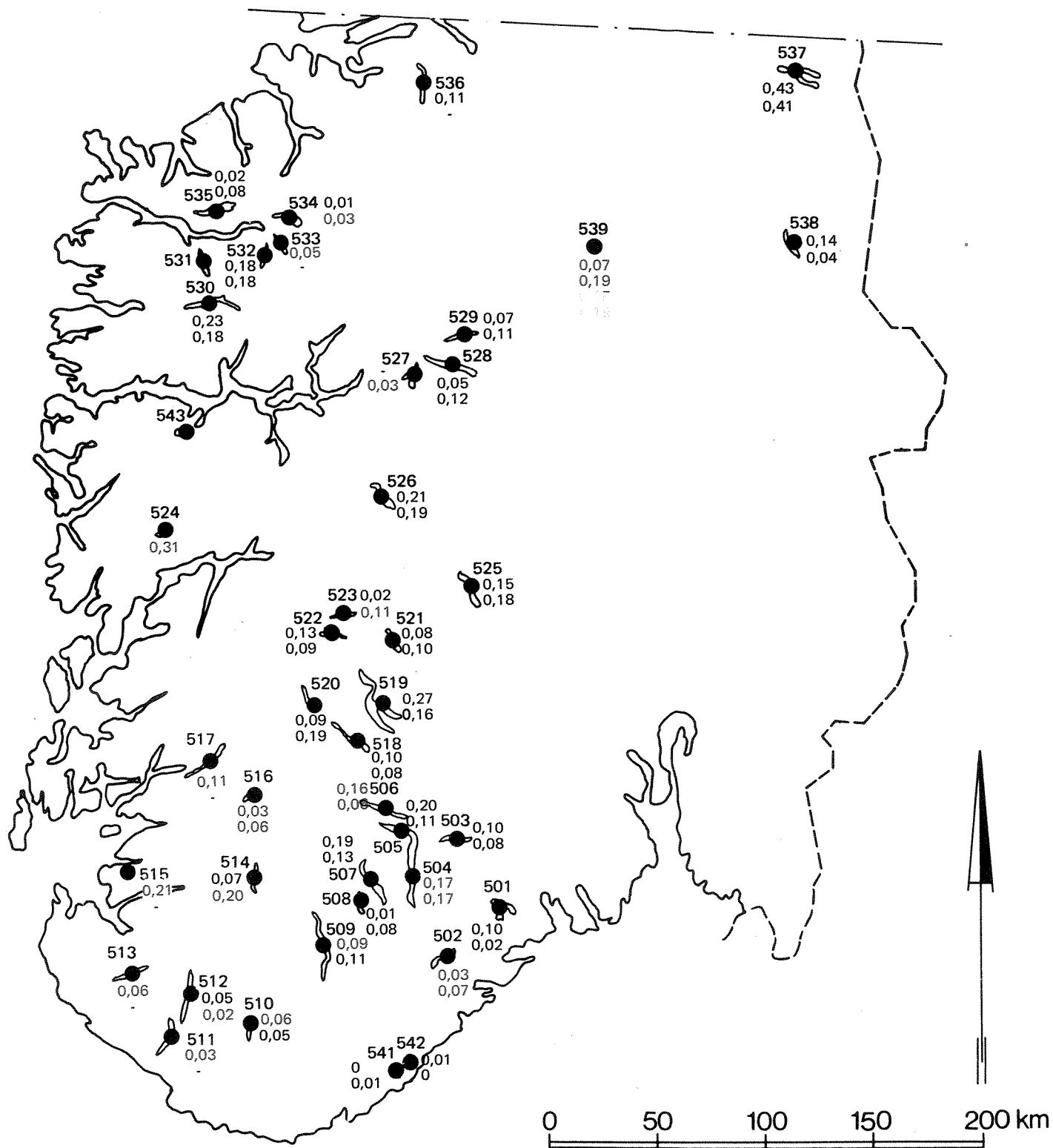


Fig. 19. Forandringer av pH (ΔpH) i store innsjøer fra 1979 til 1981. Øverste tall er prøve fra 2 meters dyp, nederste tall er prøve fra ca. 40 meters dyp.

Sort farge indikerer en økning av PH i forhold til i 1979. Rød farge indikerer en tilsvarende reduksjon av PH.

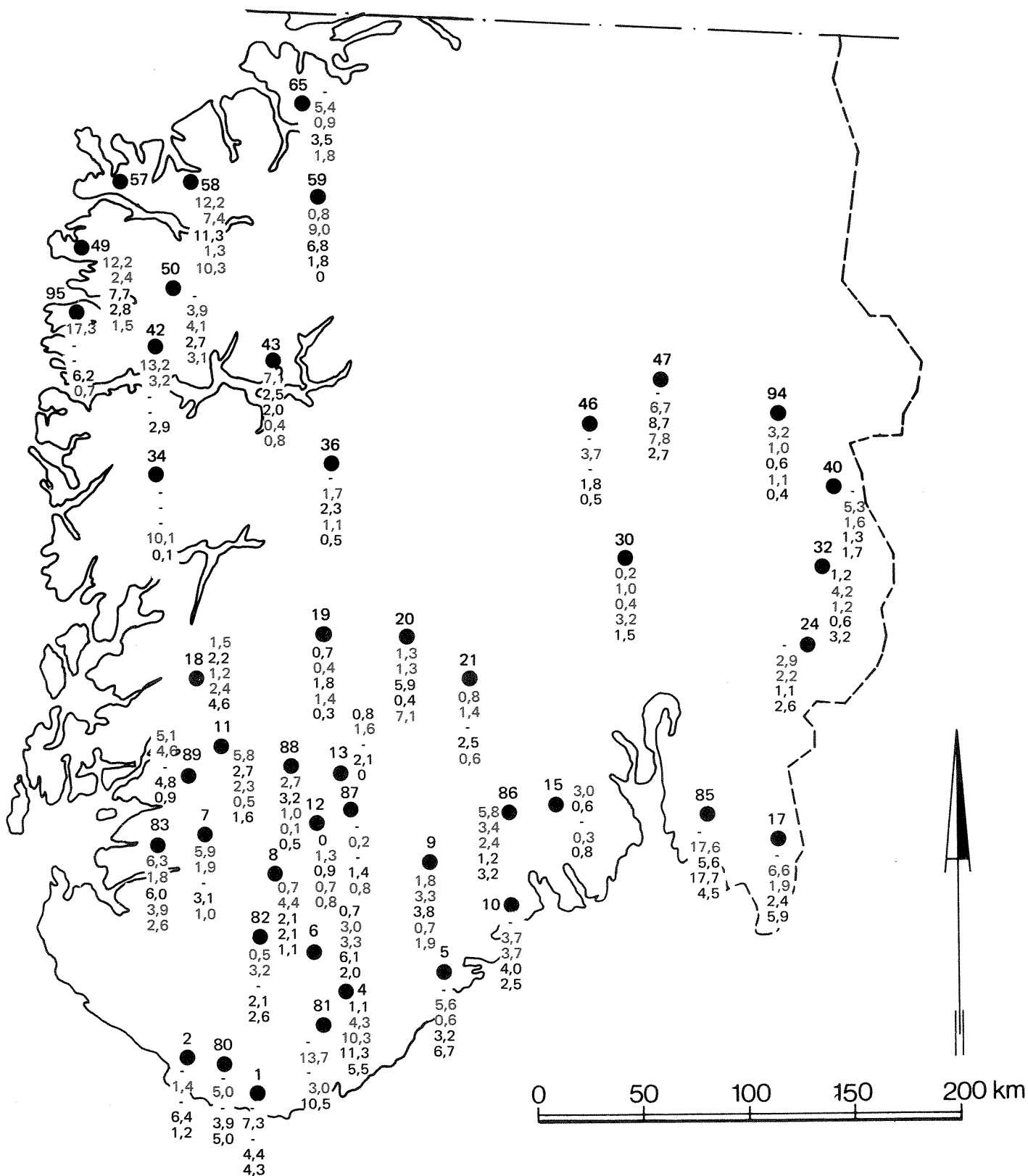


Fig. 20. Forandringer konduktivitet (Δ kond.) i små innsjøer fra 1974 til 1975. (øverste tall) 1975-1976, 1976-1977, 1977-1978 og fra 1978 til 1981 (nederste tall). Sort farge indikerer lavere konduktivitet enn året før. Rød farge indikerer høyere konduktivitet enn året før.

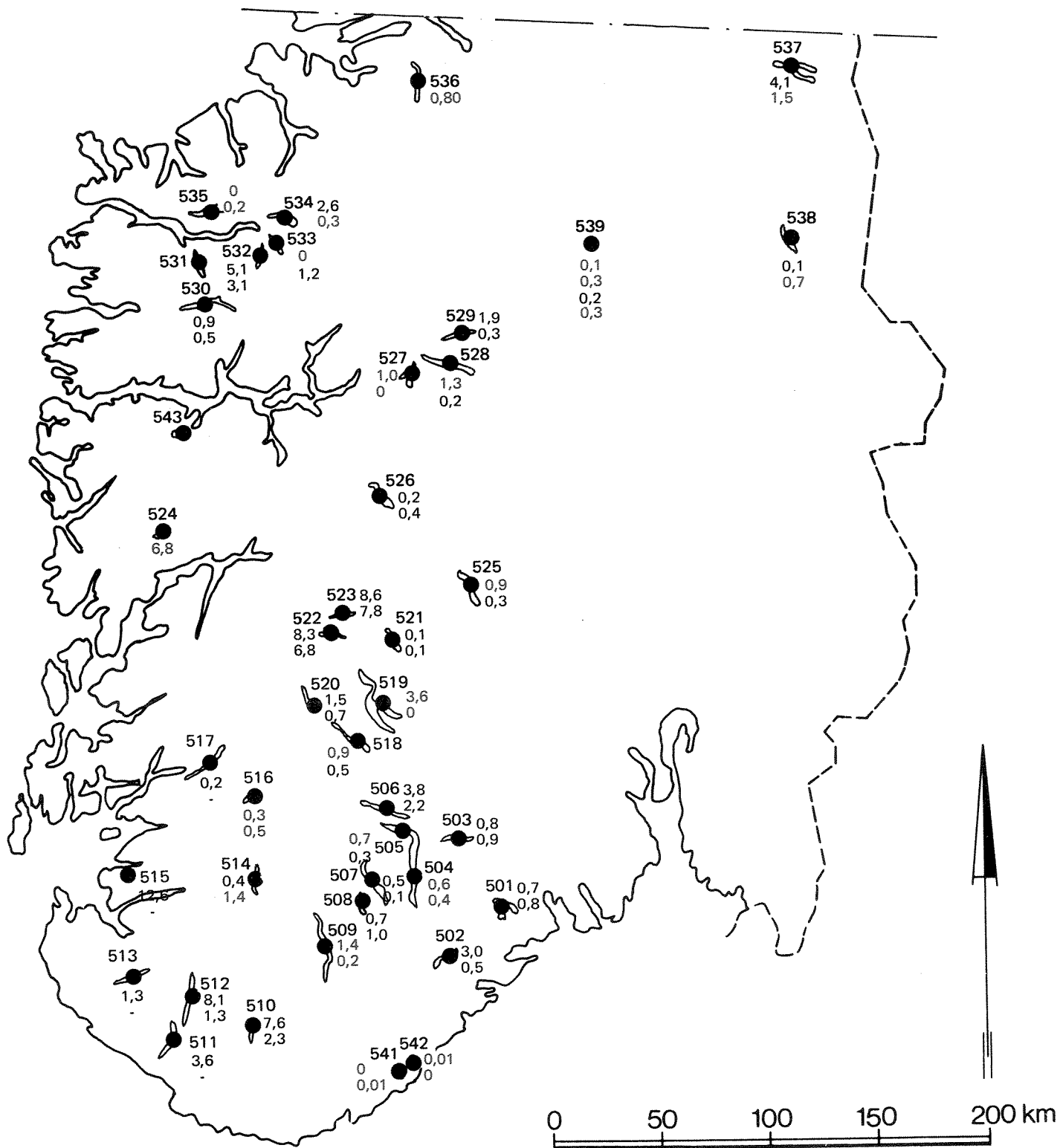


Fig. 21. Forandringer av konduktiviteten (Δ kond.) i store innsjøer. Øverste tall er prøve fra 2 meters dyp, nederste tall er prøve fra ca. 40 meters dyp. Sort farge indikerer lavere konduktivitet i 1981 enn i 1979. Rød farge indikerer høyere konduktivitet i 1981 enn i 1979.

Sulfat

Forandringene av sulfatkonsentrasjonene i små og store innsjøer i forhold til foregående måleår er illustrert på figur 22 og 23. Ser vi på det siste tallet i hver tallkolonne på figur 22 og tallene på figur 23 som altså angir forandringen fra henholdsvis 1978 og 1979 til 1981, så er det klart at det gjennomgående er en reduksjon i sulfatkonsentrasjonen. I de nordlige deler av Agderfylkene og Telemark og midtre deler av Sør-Norge er det stort sett ingen forandringer eller eventuelt en svak økning i sulfatkonsentrasjon i forhold til foregående måletidspunkt.

Aluminium

Forandringene i aluminiumskonsentrasjon i små og store innsjøer illustrert på figur 24 og 25 viser i 1981 praktisk talt uten unntak enten en reduksjon eller ingen signifikant forandring i forhold til 1978-79.

Unntaket gjelder innsjøer i blokk 32 i Hedemark fylke. Her kan det i hele måleperioden ha vært en økning i aluminiumsutløsningen.

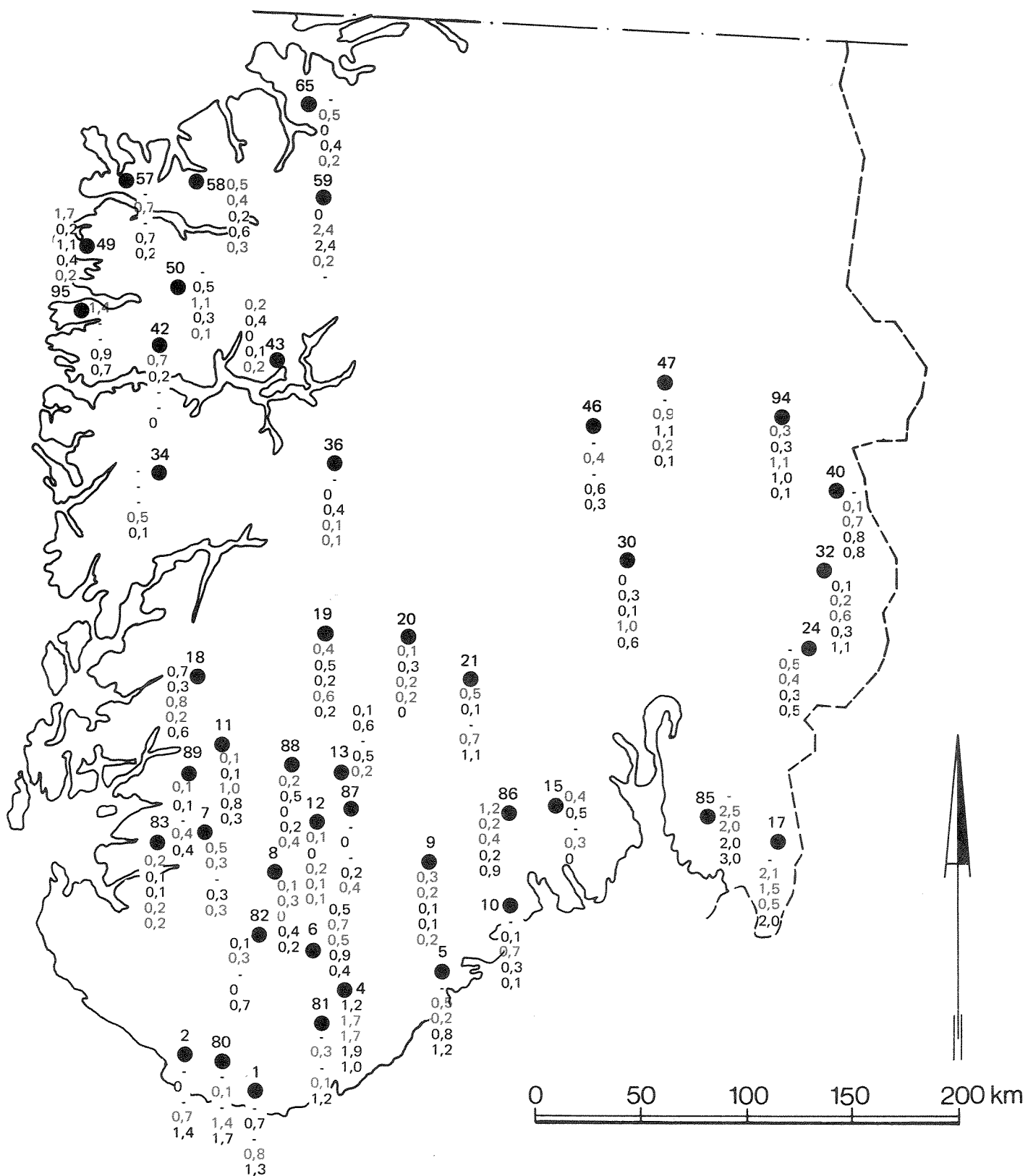


Fig. 22. Forandringer av sulfatkonentrasjoner (ΔSO_4) i små innsjøer fra 1974 til 1975, (øverste tall) 1975-1976, 1976-1977, 1977-1978 og fra 1978 til 1981 (nederste tall). Sort farge indikerer lavere sulfatinnhold enn året før. Rød farge indikerer høyere sulfatinnhold enn året før.

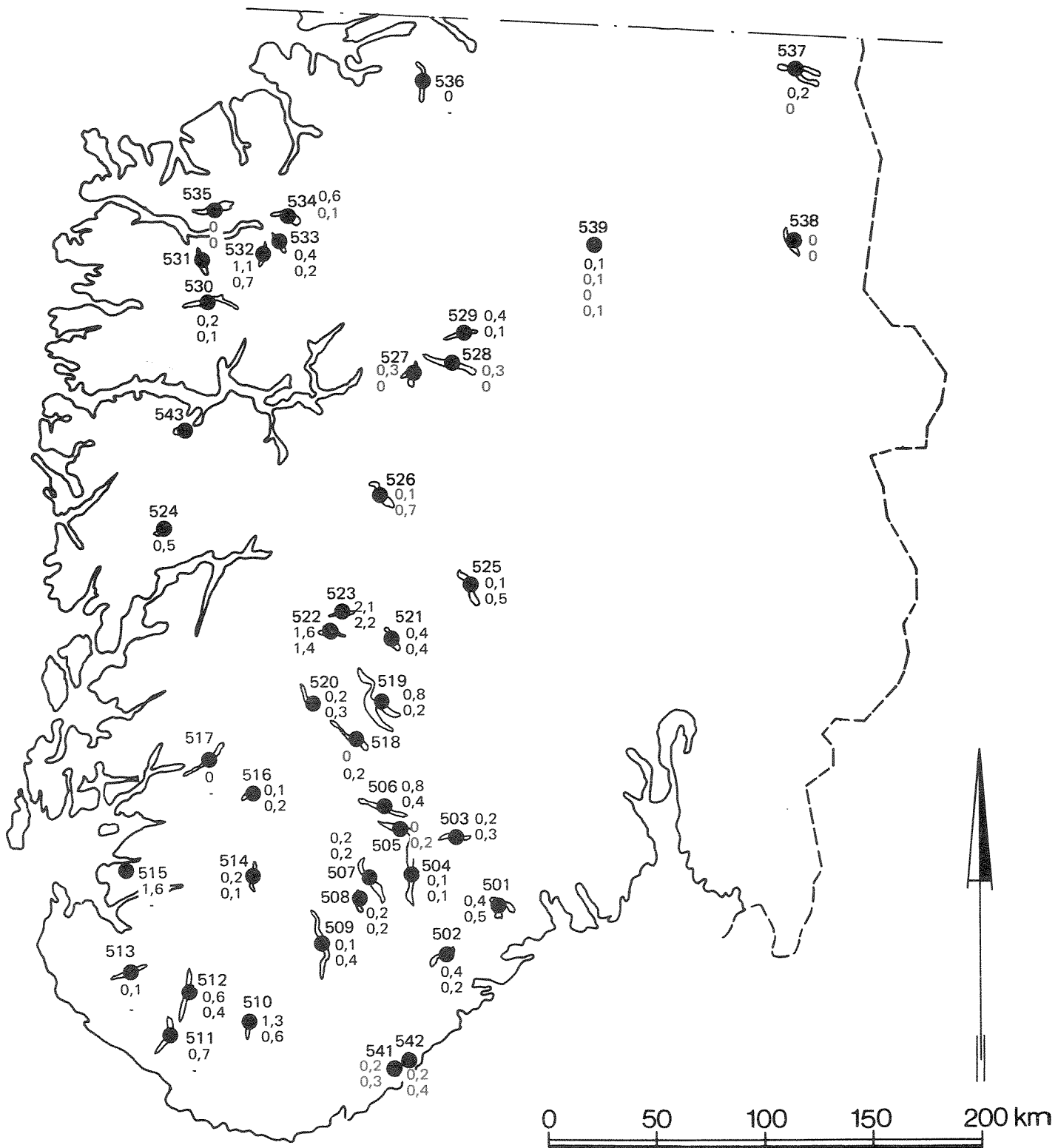


Fig. 23. Forandringer av sulfatkonsentrasjoner (ΔSO_4) i store innsjøer fra 1979 til 1981. Øverste tall er prøve fra 2 meters dyp og nederste tall er prøve fra ca. 40 meters dyp. Sort farge indikerer lavere sulfatinhold i 1981 enn i 1979. Rød farge indikerer høyere sulfatinhold i 1981 enn i 1979.

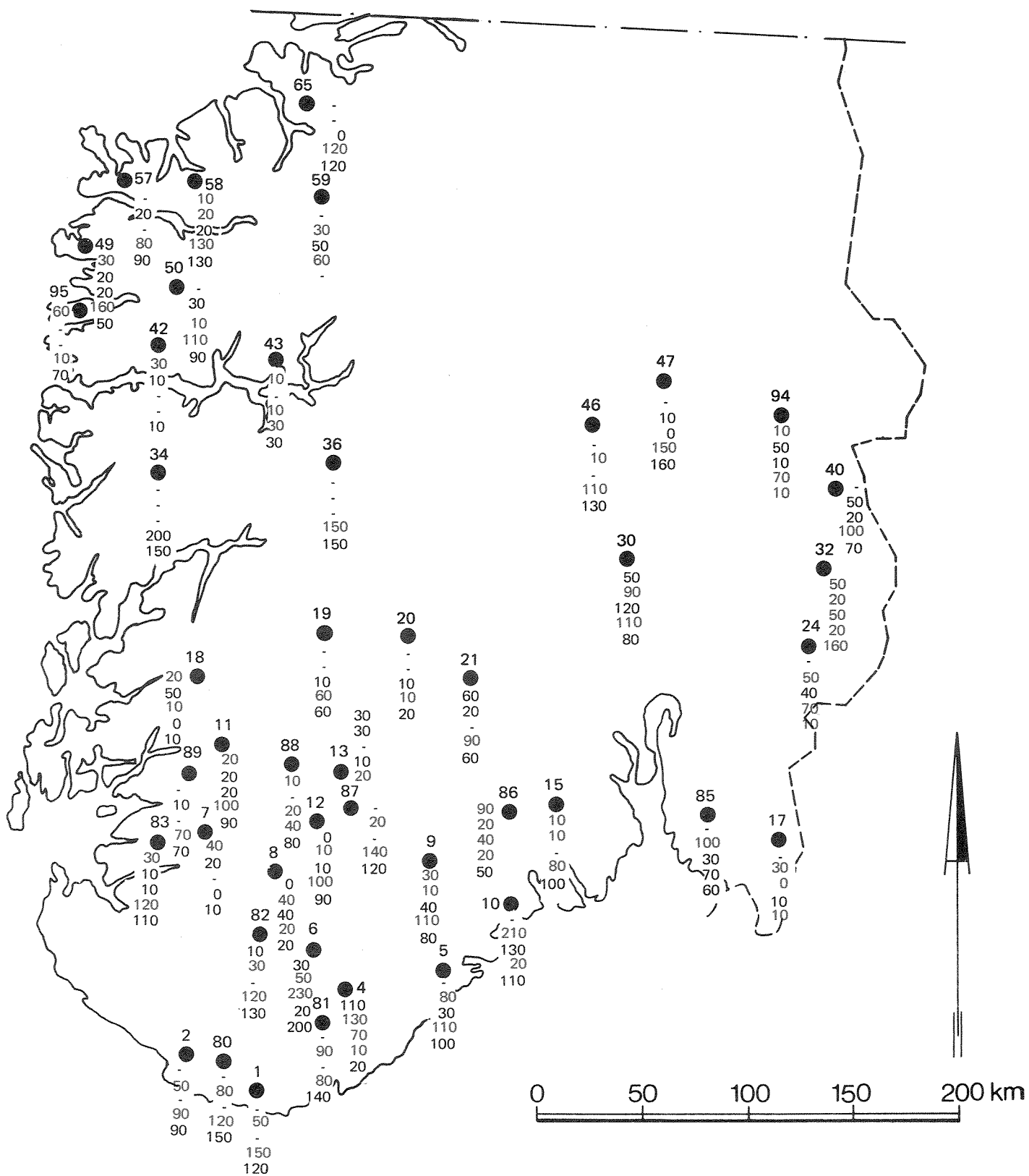


Fig. 24. Forandringer av aluminiumskonsentrasjoner (ΔAl) i små innsjøer fra 1974 til 1975, (øverste tall) 1975-1976, 1976-1977, 1977-1978 og fra 1978 til 1981 (nederste tall). Sort farge indikerer lavere aluminiumsinnhold enn året før. Rød farge indikerer høyere aluminiumsinnhold enn året før.

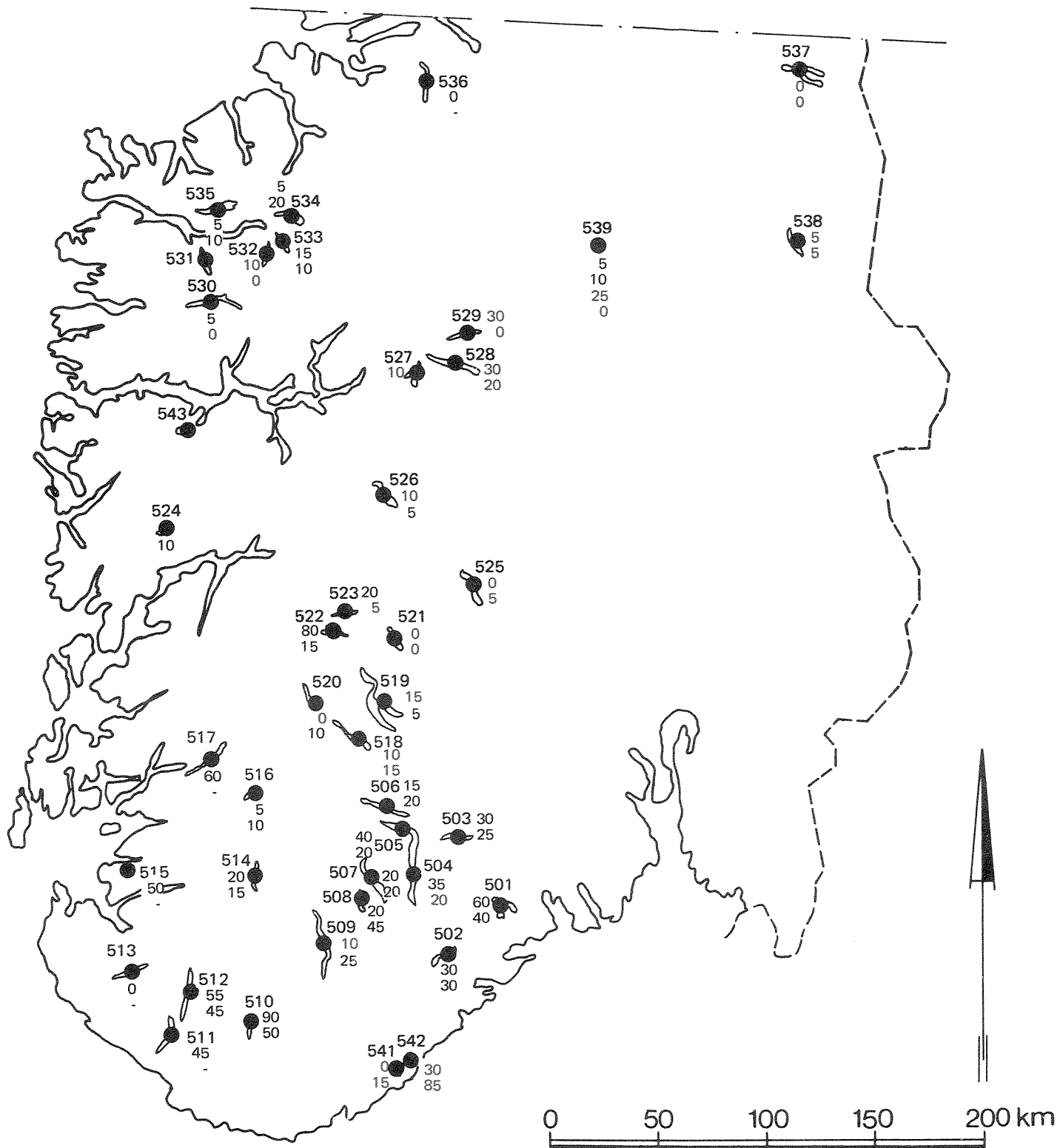


Fig. 25. Forandringer av aluminiumskonsentrasjoner (Δ Al) i store innsjøer fra 1979 til 1981. Øverste tall er prøve fra 2 meters dyp, og nederste tall er prøve fra ca. 40 meters dyp. Sort farge indikerer lavere aluminiumsinnhold i 1981 enn i 1979. Rød farge indikerer høyere aluminiumsinnhold i 1981 enn i 1979.

6. LITTERATURLISTE OG REFERANSER

Dale, T., Henriksen, A. og Gjessing, Y., 1974.

Regionale snøundersøkelser vinteren 1972/73
Faginnlegg på kontaktmøte i SNSF-prosjekt 8. februar 1974
SNSF-prosjekt: IR 2/74, pp. 38-62.

Gjessing, E.T., Dale, T., Johannessen, M., Lysholm, Chr. og
Wright, R.F., 1976. Regionale snøundersøkelser vinteren 1974-1975.
SNSF-prosjekt: TN 22/76, 65 s.

Henriksen, A., 1980.

"Acidification of freshwater, a large scale situation" i Proceedings
from International Conference on ecological impact of acid
precipitation". Sandefjord 1980. E.O. Drabløs og A. Tollan Oslo/As.
SNSF 1980, pp. 68-74.

Henriksen, A., 1979 (a)

Regionale vann- og snø-undersøkelser 1976/77 og 1977/78
SNSF-prosjekt: TN 46/79, 24 s.

Henriksen, A., 1979 (b)

Regionale undersøkelser av store innsjøers kjemi i Sør-Norge vinteren 1979
SNSF-prosjekt: TN 50/79, 24 s.

Henriksen, A. og Bergmann-Paulsen, I.-M., 1975

"An automatic method for determining aluminium in natural waters"
Vatten Vol. 31 (1975) No. 4, pp. 339-342.

Henriksen, A. og Bergmann-Paulsen, I.-M., 1974

"An automatic method for determining sulphate in natural soft water and
precipitation"
Vatten Vol. 30 (1974) No. 2, pp. 187-192.

Henriksen, A., 1966

"Application of the Auto-Analyzer in routine water analysis"
Teknicon Symposia, New York, 1966, Automation in analytical chemistry.
Vol. 1, New York, Mediad Incorporated, 1967, pp. 568-572.

Henriksen, A. og Selmer-Olsen, A.R., 1970

"Automatic methods for determining nitrate and nitrite in water and soil
extracts"
Analyst. Vol. 95 (1970), pp. 601-608.

Wright, R.F. og Henriksen, A., 1978

"Chemistry of small Norwegian lakes with special references to acid pre-
cipitation"
Limnol. Oceanog. 23, pp. 487-498.

14.4.82

GJE/ANN