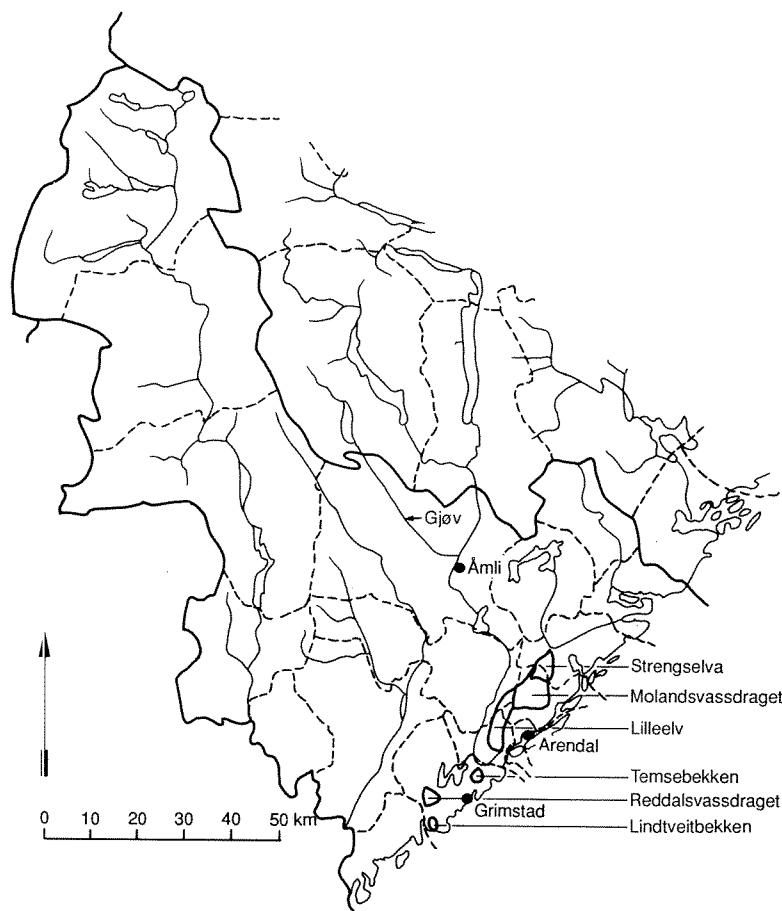




O-89171

Arealavrenning av nitrogen og fosfor til vassdrag i Aust-Agder



NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Hovedkontor

Postboks 333
0314 Oslo 3
Telefon (02) 23 52 80

Sørlandsavdelingen

Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041) 43 033

Østlandsavdelingen

Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065) 76 752

Vestlandsavdelingen

Breiviken 2
5035 Bergen - Sandviken
Telefon (05) 25 97 00

Prosjektnr.:

0-89171

Undernummer:

Løpenummer:

2375

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Arealavrenning av nitrogen og fosfor til vassdrag i Aust-Agder.	Dato: Februar 1990
	Prosjektnummer: 0-89171
Forfatter (e): Atle Hindar	Faggruppe: Sur nedbør
	Geografisk område: Aust-Agder
	Antall sider (inkl. bilag): 51

Oppdragsgiver: Fylkesmannen i Aust-Agder.	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
--------------------------------------------------	----------------------------------

Ekstrakt:

Tilførsler av nitrogen og fosfor til vassdrag i Aust-Agder er undersøkt på to måter:

- 1) Teoretiske avrenningskoeffisienter er brukt til å lage tradisjonelle stoffregnskaper for seks kystvassdrag og ett innlandsvassdrag.
- 2) Tilførselskoeffisienter for forskjellige arealtyper og kilder er simulert for å få samsvar mellom målte og beregnede tilførsler.

Det ser ut til å være en betydelig nitrogen-"lekkasje" fra terrenget av nitrogen fra forurenset nedbør. Det er funnet i kystvassdragene, men ikke i innlandsvassdraget.

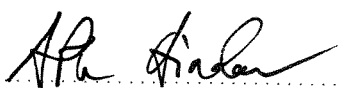
4 emneord, norske:

1. Nitrogen
2. Sur nedbør
3. Arealavrenning
4. Vassdrag

4 emneord, engelske:

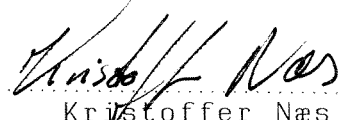
- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Prosjektleder:




Atle Hindar

For administrasjonen:


Kristoffer Næs

ISBN 82-577-1663-4


Tor Bokn

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
SØRLANDSAVDELINGEN
GRIMSTAD

O - 89171

Arealavrenning av nitrogen og fosfor
til vassdrag i Aust-Agder

Saksbehandler: Atle Hindar
Medarbeidere: Jorunn Skram Pedersen
Rolf Høgberget

FORORD

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) tok i 1989 initiativ til en undersøkelse av arealavrenning i Aust-Agder. Bakgrunnen var diskusjonen omkring nitrogen-avrenningens betydning for vassdrag og for Skagerrak.

En vesentlig del av datainnsamlingen har skjedd som del av et tilgrensende prosjekt (Hindar 1990). På grunn av begrenset antall vannkjemiske analyser, må det arbeidet som rapporteres her betraktes som forundersøkelser.

Undersøkelsene er finansiert av Fylkesmannen i Aust-Agder. I tillegg har NIVA bidratt med egne midler.

Jorunn Skram Pedersen har vært praktikant ved NIVA-Sørlandsavdelingen sommeren 1989. Hun har samlet inn og bearbeidet alle opplysninger om fosfor- og nitrogenproduksjon fra jordbruksaktiviteter og husholdningskloakk. NIVA vil takke Jorunn for dyktighet og entusiasme.

De vannkjemiske data er analysert ved ATIK-vannlaboratorium i Grimstad.

Grimstad, februar 1990

Atle Hindar

INNHold

	SIDE:
1. SAMMENDRAG	4
2. INNLEDNING	6
3. MATERIALE OG METODER	7
3.1. Vassdragene	7
3.2. Vannkjemi	9
3.3. Jordbruksaktivitet og kloakk	10
4. RESULTATER	12
4.1. Tilførsler av nitrogen og fosfor beregnet etter kjente avrenningskoeffisienter	12
4.2. Tilførsler av nitrogen og fosfor beregnet ved hjelp av simulering	24
5. DISKUSJON	36
6. REFERANSER	40
7. VEDLEGG	42
7.1. Primærdata	42
7.2. Vassdragenes nedbørfelt	45

1. SAMMENDRAG

Bruk av avrenningskoeffisienter for å komme fram til vannkvaliteten i vassdrag er egnet til å undersøke tilførselskildenes innbyrdes betydning for vannkvaliteten. Koeffisientene tar imidlertid ikke hensyn til varierende grad av retensjon av nitrogen og fosfor i nedbørfeltet.

I denne undersøkelsen er det gjennomført standard beregninger av tilførsler av fosfor og nitrogen til sju vassdrag i Aust-Agder. Seks vassdrag langs kysten er sammenliknet med Gjøv, som er en tilløpselv til Nidelva ved Åmli.

Det er funnet tildels betydelig avvik mellom beregnede middelkonsentrasjoner av fosfor og nitrogen og målte konsentrasjoner i vassdragene. Dels skyldes avvikene at næringsstoffer holdes tilbake i nedbørfeltet, dels skyldes de at det er større tilførsler av næringsstoffer enn de som er beregnet.

Det er gjennomført simuleringer av tilførselsfaktorer for hvert enkelt vassdrag for å undersøke hvilke tilførselskilder som kan forklare de avvik som er observert.

Beregningene av avrenning fra jordbruksarealer ved hjelp av avrenningskoeffisienter gir tilførsler av nitrogen og fosfor som i flere vassdrag blir svært lave i forhold til produksjon av naturgjødsel og bruk av kunstgjødsel. Simuleringene viser at det i Molandsvassdraget og Temsevassdraget er betydelig retensjon av fosfor og delvis nitrogen.

Tilført mengde husholdningskloakk som resultat av simuleringene varierer sterkt. For fosfor er tilførslene under 10 % av produsert mengde for Gjøv, Strengselva, Molandsvassdraget og Temsebekken. Her ser det ut til å være betydelig retensjon av fosfor fra denne kilden i nedbørfeltet. Bare Molandsvassdraget kan oppvise tilsvarende forhold for nitrogen. Her kommer bare 5 % av produksjonen fram til utløpet av Molands-

vannet, ifølge beregningene.

Avrenning fra skog- og fjellområder bidrar i varierende grad til transporten av nitrogen og fosfor. I Gjøv er denne bakgrunnsavrenningen eneste kilde av betydning for fosfor.

Forurenset nedbør bidrar til 40-80 % av nitrogentransporten i de sju vassdragene. I Gjøv, Strengselva, Molandsvassdraget og Temsebekken er bidraget 40 %. I hele Reddalsvassdraget og i Lindtveitbekken er bidraget hhv. 50 og 65 %. I Lilleelv og øvre del av Reddalsvassdraget er bidraget 80 %.

Gjøv får en relativt lav belastning av nitrogen fra forurenset nedbør. Her er "lekkasjen", dvs. den andel av nitrogen-nedfallet på nedbørfeltet som renner ut i vassdraget, 4-5 %. I Molandsvassdraget er bildet omtrent det samme som for Gjøv. I Temsebekken kommer omlag 20 % av nedfallet ut i vassdraget. I de 4 andre vassdragene er det funnet at 50-70 % av nitrogen-nedfallet føres ut i vassdragene.

Det er grunn til å tro at den situasjonen som man fryktet kunne oppstå på bakgrunn av resultatene fra 1000-sjøersundersøkelsen i 1986 gjør seg sterkt gjeldende i mindre vassdrag langs kysten av Aust-Agder.

2. INNLEDNING

Avrenning av fosfor og nitrogen beregnes ofte ved hjelp av kjente avrenningskoeffisienter for de enkelte arealtyper, se f.eks. Hindar og Lindstrøm (1989). Koeffisientene har fram til idag vært de samme for alle landsdeler, selvom viktige styreparametre som hydrologi, klima, topografi og løsavsetninger kan variere sterkt. Retensjon av fosfor og nitrogen kan være betydelig, spesielt for fosfor, men inngår ikke i koeffisientene. Bruk av avrenningskoeffisientene kan imidlertid gi tilstrekkelig informasjon til å avgjøre hvilke tiltak som bør settes i verk om belastningen av næringsstoffer skal begrenses i et vassdrag.

Vassdrag i Aust-Agder er kjennetegnet av større og mer variert avrenning enn vassdrag på Østlandet. I mange områder er det svært spredt bosetting, slik at nitrogen og fosfor-produksjon i nedbørfeltet er begrenset. Dette gjør det mulig å se nærmere på avrenning fra upåvirkede arealer.

Aust-Agder er også kjennetegnet ved et svært stort nedfall av nitrogen fra forurenset nedbør (SFT 1989). Nedfallet bidrar til økt nitrogentransport i vassdrag på Sørlandet (Hindar et al. 1989). Det er en sterk gradient i nedfallet fra kyst til indre områder (SFT 1989). Det er grunn til å tro at avrenning fra skog- og fjellområder i Aust-Agder er økt pga nitrogen fra forurenset nedbør (Henriksen et al. 1988). Indikasjoner på dette er også funnet i Sverige (Westling 1990).

Flere vassdrag langs kysten av Aust-Agder har sine kildeområder i områder med svært spredt bosetting, men renner inn i jordbruksområder før de når kysten. Dette gjør det mulig å 1) beregne avrenning fra upåvirkede områder og 2) beregne tilførsler fra menneskelige aktiviteter.

I denne rapporten er det gjort forsøk på å sammenlikne resultatet av tradisjonelle tilførselsregnskap med målte konsentra-

sjoner i vassdrag. Det er gjort simuleringer av tilførselsfordelingen mellom de ulike kildene. Det er satt opp sannsynlige tilførselskoeffisienter for ulike arealtyper på bakgrunn av simuleringene.

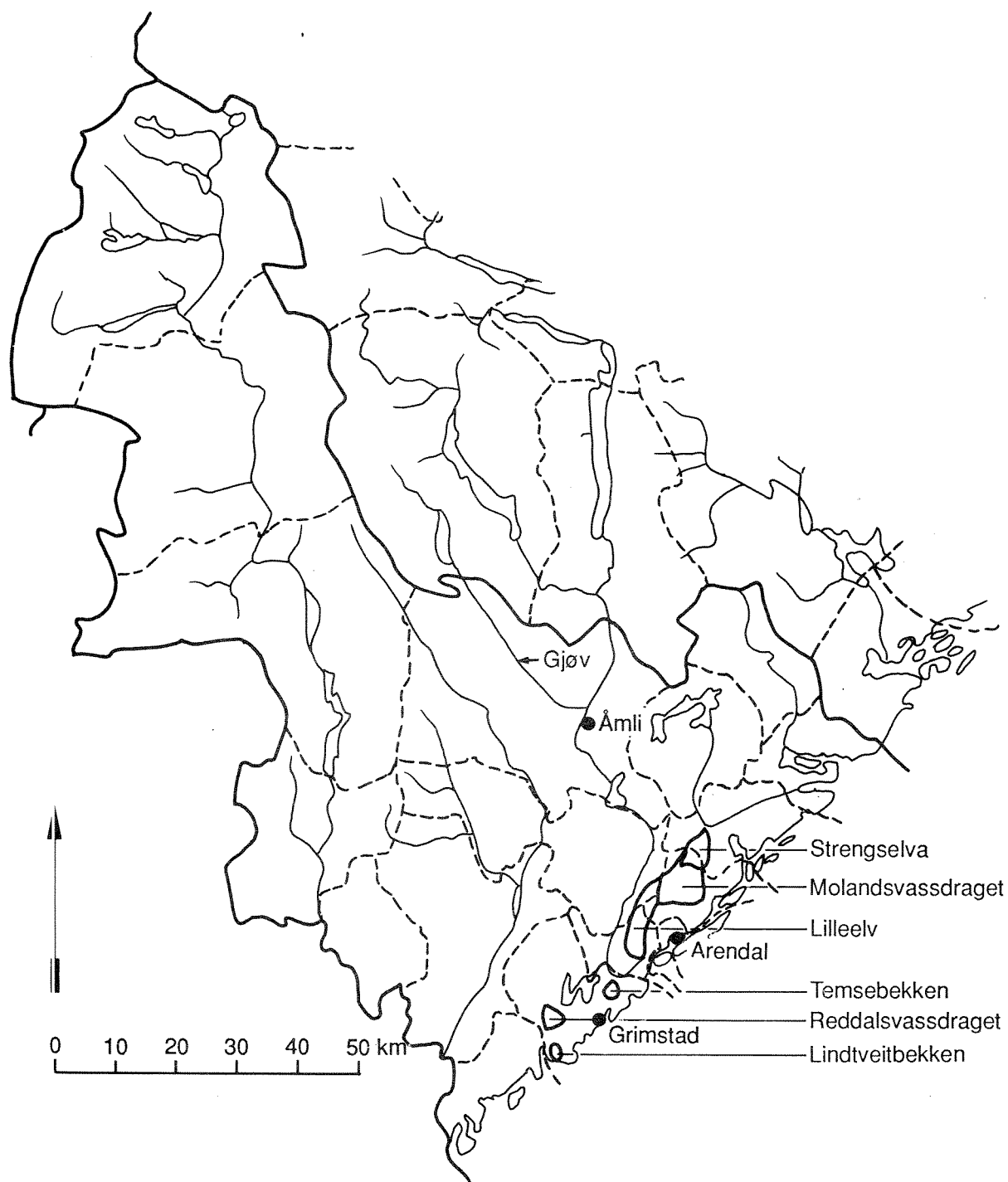
3. MATERIALE OG METODER

3.1. Vassdragene

Følgende vassdrag i Aust-Agder er med i undersøkelsen:

- Gjøv (sidevassdrag til Nidelva i Åmli kommune)
- Strengselva (sidevassdrag til Storelva i Tvedestrand kommune)
- Molandsvassdraget (renner til kysten i Moland kommune)
- Lilleelv (sidevassdrag til Nidelva i Øyestad kommune)
- Temsebekken (sidevassdrag til Nidelva i Grimstad kommune)
- Reddalsvassdraget (renner til kysten i Grimstad kommune)
- Lindtveitbekken (renner til kysten i Grimstad kommune)

Plasseringen av vassdragene er vist i figur 1. Avgrensing av nedbørfeltene er vist i vedlegg bak i rapporten. Samlet nedbørfeltareal for vassdragene er 605 km², hvorav 485 km² utgjøres av Gjøv. Arealfordeling innenfor hvert enkelt vassdrag framgår i resultatkapittelet. UTM-kode for prøvetakingssted er gitt som primærdata (vedlegg).



Figur 1. Plassering av de vassdragene som er med i undersøkelsen. Avgrensingen av nedbørfeltene er indikert.

3.2. Vannkjemi

NIVA samlet inn vannprøver i Gjøv i 1985-1986 (Hindar og Lindstrøm 1989). Miljøvernavdelingen i Aust-Agder samlet inn vannkjemiske data fra de seks vassdragene i perioden 28.06.88-17.07.88. I tillegg ble det tatt enkelte tilleggsprøver i perioden 11.08.88-16.08.88.

Det datagrunnlaget som forelå for hvert enkelt vassdrag, med unntak av Gjøv, var svært lite. I de relativt små og uregulerte vassdragene langs kysten er det store variasjoner i vannføring og sannsynligvis i tilførsler fra nedbørfeltet. Det er å vente at variasjonene i de enkelte analyseparametre er betydelige over året. Det ble derfor gjennomført et noe utvidet prøvetakingsopplegg i 1989 (prøvetakingssteder i parentes):

- 13. Strengselva (utløp Jostadvann, før Holt, utløp Storelva)
- 14. Molandsvassdraget (utløp Molandsvann)
- 17. Lilleelv (utløp i Nidelva)
- 18. Temsebekken (utløp i Nidelva)
- 22. Reddalsvassdraget (etter samløp av to delfelt i øvre del og utløp til Reddalsvann)
- 24. Lindtveitbekken (utløp til sjøen)

Det ble analysert følgende parametre: pH, konduktivitet, fargetall, total fosfor, total nitrogen, nitrat, ammonium og organisk innhold (KOF-Mn). Pga en svært tørr sommer ble det ikke tatt prøver i perioden 07.06.89 - 25.09.89.

Vannprøvene er analysert etter standard metoder. Parametervalget framgår av datalistene bak i rapporten. Alle vannkjemiske data og øvrige feltopplysninger fra de feltskjemaene som er benyttet er lagt inn på programmet dbase og bearbeidet videre i lotus 1-2-3.

Det er ikke grunnlag i datamaterialet til å beregne middelværdier eller sannsynlig variasjonsområde for enkeltparametre.

Prøvetakingstidspunkt og vannføring under prøvetaking ligger til grunn for fastsettelsen av det som er kalt "målt konsentrasjon" i tabellene i teksten.

3.3. Jordbruksaktivitet og kloakk

Jordbruksaktiviteter og kilder til utslipp av husholdningskloakk er kartlagt i detalj.

Opplysninger om dyrehold, gjødselproduksjon, gjødseldisponering og arealbruk var ikke tilgjengelige gjennom Miljøvern-avdelingen i Aust-Agder eller Fylkeslandbrukskontoret. Registreringen av slike opplysninger i forbindelse med landbruks-tellinga er lagt til landbrukskontorene i kommunene, men disse var ikke kommet særlig langt i arbeidet. NIVA har derfor i stor grad innhentet nødvendige opplysninger direkte fra de enkelte gårdsbruk. Opplysninger er omregnet til nitrogen- og fosforproduksjon etter Vennerød (1984) og Aspmo (1986).

Opplysninger om avløpsdata fra enkelthusholdninger er hentet fra teknisk etat i kommunene.

Tilførsler av nitrogen og fosfor til vassdragene er behandlet på to måter:

- 1) Tilførsler er beregnet på grunnlag av kjente avrenningskoeffisienter for skog-, fjell- og jordbruksområder (Vennerød 1984).

Det er beregnet nedfall av nitrogen fra forurenset nedbør direkte på innsjøoverflater på bakgrunn av årsrapporter fra Statens forurensningstilsyn. Nedfallet av fosfor er svært usikkert. Det er grunn til å tro at mengdene er helt ubetydelige (Semb, NILU, pers. oppl.), men Rognerud et al. (1979) fant 34 kg P/km²*år for 18 stasjoner i Telemark. Vennerød (1984) oppgir variasjonsområdet for fosfor i nedbør til 1-10

kg P/km²*år. Måling av fosfor i nedbør inngår ikke som del av den statlige overvåkingen av forurenset luft og nedbør. Fosfor i luft og nedbør er sannsynligvis vesentlig partikkelbundet.

Avrenning av nitrogen som skyldes forurenset nedbør er satt til 5 % av nedfallet på Birkenes på bakgrunn av resultater fra Hindar et al. (1989). For Gjøv er data fra Treungen brukt.

I tabell 1 er avrenningsfaktorene og andre faktorer satt opp.

Tabell 1. Avrenningskoeffisienter og andre faktorer for beregning av nitrogen- og fosfortilførsler.

Kilde:	Fosfor	Nitrogen	Benevning
Fjell	6.0	110	kg/km ² *år
Skog	6.5	220	kg/km ² *år
Jordbruksarealer	70	2000	kg/km ² *år
Nedbør på innsjøer ^{*)}	10	1700	kg/km ² *år
Nedbør som avrenning	0	85 ^{**)}	kg/km ² *år
Rensegrad hush.kloakk	20	10	% av prod.

^{*)} For Gjøv er tallene 10 og 900 kg/km²*år for hhv. fosfor og nitrogen.

^{**)} Tilsvarer 5 % av nedfallet.

2) Avrenning fra forskjellige arealtyper er simulert for å finne fram til de mest sannsynlige koeffisienter i forhold til de data som eksisterer.

Siden tilførslene er sammenliknet med målte konsentrasjoner et visst sted i vassdraget, inngår retensjon i beregningen av koeffisientene. Det er derfor mere korrekt å bruke et begrep

som tilførselskoeffisienter. Tilførselskoeffisientene er da et uttrykk for nettoavrenning i målepunktet fra en spesiell arealtype. Hvis retensjonen i vassdraget er betydelig, vil tilførselskoeffisientene være lave i forhold til avrenningskoeffisientene.

4. RESULTATER

4.1. Tilførsler av nitrogen og fosfor beregnet etter kjente avrenningskoeffisienter

All vesentlig produksjon av nitrogen og fosfor i nedbørfeltene til de sju vassdragene er beregnet. Dette omfatter først og fremst produksjon innenfor jordbruk og av husholdningskloakk. Tilførsler av nitrogen og fosfor fra gjødsellagre og siloanlegg er en så liten del av de totale tilførsler at tallene er utelatt i oversiktene.

Tilførslene av nitrogen og fosfor er beregnet på grunnlag av koeffisienter som det er redegjort for under kap. 3.

Produksjon og tilførsler er satt opp i tabellene 2-9. Tabellene inneholder også opplysninger om arealfordeling og beregnede og målte konsentrasjoner av fosfor og nitrogen.

Det som her er kalt "beregnet middelkonsentrasjon" er resultatet av beregnede tilførsler i løpet av ett år dividert med midlere totalvannføring i vassdraget i ett år.

Tabell 2. Nitrogen- og fosfordata for:

Vassdragsnavn	Gjøv
Innsjøareal	37.5 km ²
Skog	188 km ²
Fjell	260 km ²
Jordbruk	2.1 km ²
Feltstørrelse	487 km ²

Kilo prod. eller tilført stoff for hele feltet:

Kilder	P-prod.	N-prod.	P-tilf.	N-tilf.
Naturgjødsel	3300	19500		
Kunstgjødsel	3200	15900		
Jordbruksareal			150	4200
Spredd bosetting	530	2500	420	2300
Tett bosetting				
Skog			1200	41300
Fjell			1550	28600
Nedbør	4500	411700	0	20600
Nedbør på innsjøer			380	34500
Totalt	11530	449600	3700	131500

	P	N
Beregnet middelkons.	7	260 mg/m ³
Målt konsentrasjon	4	255 mg/m ³

Tabell 3. Nitrogen- og fosfordata for:

Vassdrag: 13 Vassdragsnavn: Strengselva
 UTM: 928-984

 Innsjøareal 0.63 km²
 Skog 11.5 km²
 Fjell 1.52 km²
 Jordbruk 1.53 km²
 Feltstørrelse 15.2 km²

Kilo prod. eller tilført stoff for hele feltet:

Kilder	P-prod.	N-prod.	P-tilf.	N-tilf.
Naturgjødsel	3350	19500		
Kunstgjødsel	3950	28000		
Areal			110	3050
Spredt bosetting	270	1300	220	1200
Tett bosetting	230	1100	180	990
Skog			70	2500
Fjell			10	170
Nedbør	150	25700	0	1300
Nedbør på innsjøer			5	1050
Totalt	7950	75600	595	10260

	P	N	
Beregnet middelkons.	45	770	mg/m ³
Målt konsentrasjon	25	2900	mg/m ³

Tabell 4. Nitrogen- og fosfordata for:

Vassdrag: 14 Vassdragsnavn: Molandsvassdraget

Innsjøareal	3.00 km ²
Skog	29.9 km ²
Fjell	2.72 km ²
Jordbruk	3.12 km ²
Feltstørrelse	38.7 km ²

Kilo prod. eller tilført stoff for hele feltet:

Kilder	P-prod.	N-prod.	P-tilf.	N-tilf.
Naturgjødning	6350	37900		
Kunsgjødning	5900	36600		
Areal			220	6200
Spredd bosetting	580	2800	460	2500
Tett bosetting				
Skog			190	6600
Fjell			15	300
Nedbør	390	65400	0	3300
Nedbør på innsjøer			30	5050
Totalt	13220	142700	915	23950

	P	N	
Beregnet middelkons.	30	780	mg/m ³
Målt konsentrasjon	12	580	mg/m ³

Tabell 5. Nitrogen- og fosfordata for:

Vassdrag: 17 Vassdragsnavn: Lilleelv

Innsjøareal	1.54 km ²
Skog	37.5 km ²
Fjell	2.08 km ²
Jordbruk	0.4 km ²
Feltstørrelse	41.5 km ²

Kilo prod. eller tilført stoff for hele feltet:

Kilder	P-prod.	N-prod.	P-tilf.	N-tilf.
Naturgjødning	370	2200		
Kunstgjødning	620	2400		
Areal			30	800
Spredt bosetting	470	2200	370	2000
Tett bosetting	150	720	120	650
Skog			240	8250
Fjell			10	230
Nedbør	420	70100	0	3500
Nedbør på innsjøer			15	2600
Totalt	2030	77620	785	18030

	P	N	
Beregnet middelkons.	23	530	mg/m ³
Målt konsentrasjon	28	2000	mg/m ³

Tabell 6. Nitrogen- og fosfordata for:

Vassdrag:	18	Vassdragsnavn:	Temsebekken

Innsjøareal	0.59 km ²		
Skog	6.75 km ²		
Fjell	0.46 km ²		
Jordbruk	1.35 km ²		
Feltstørrelse	9.15 km ²		

Kilo prod. eller tilført stoff for hele feltet:

Kilder	P-prod.	N-prod.	P-tilf.	N-tilf.

Naturgjødsel	3100	18600		
Kunsgjødsel	3550	16400		
Areal			90	2700
Spredt bosetting	320	1500	250	1360
Tett bosetting	200	940	160	850
Skog			40	1480
Fjell			0	50
Nedbør	90	15500	0	770
Nedbør på innsjøer			5	1000

Totalt	7260	52940	545	8210

	P	N	

Beregnet middelkons.	80	1140	mg/m ³
Målt konsentrasjon	30	1450	mg/m ³

Tabell 7. Nitrogen- og fosfordata for:

Vassdrag:	22	Vassdragsnavn:	Reddalsvassdraget
		UTM:	669-685

Innsjøareal	0.25	km ²	
Skog	7.2	km ²	
Fjell	1.1	km ²	
Jordbruk	0.0	km ²	
Feltstørrelse	8.5	km ²	

Kilo prod. eller tilført stoff for hele feltet:

Kilder	P-prod.	N-prod.	P-tilf.	N-tilf.
Spredt bosetting	10	50	8	40
Skog			54	1850
Fjell			8	150
Nedbør	400	16900	0	840
Nedbør på innsjøer			10	420
Totalt	410	16950	80	3300

	P	N	
Beregnet middelkons.	9	390	mg/m ³
Målt konsentrasjon	8	1200	mg/m ³

Tabell 8. Nitrogen- og fosfordata for:

Vassdrag:	22	Vassdragsnavn:	Reddalsvassdraget
		UTM:	685-657

Innsjøareal	0.25 km ²		
Skog	10.6 km ²		
Fjell	1.35 km ²		
Jordbruk	1.35 km ²		
Feltstørrelse	13.5 km ²		

Kilo prod. eller tilført stoff for hele feltet:

Kilder	P-prod.	N-prod.	P-tilf.	N-tilf.
Naturgjødsel	3050	18700		
Kunstgjødsel	6500	18700		
Areal			90	2700
Spredt bosetting	120	550	90	490
Tett bosetting				
Skog			70	2300
Fjell			10	150
Nedbør	140	22800	0	1140
Nedbør på innsjøer			0	420
Totalt	9810	60750	260	7200

	P	N	
Beregnet middelkons.	20	530	mg/m ³
Målt konsentrasjon	20	2200	mg/m ³

Tabell 9. Nitrogen- og fosfordata for:

Vassdrag: 24 Vassdragsnavn: Lindtveitbekken
 UTM: 692-587

 Innsjøareal 0.0 km²
 Skog 2.0 km²
 Fjell 0.12 km²
 Jordbruk 0.2 km²
 Feltstørrelse 2.32 km²

Kilo prod. eller tilført stoff for hele feltet:

Kilder	P-prod.	N-prod.	P-tilf.	N-tilf.
Naturgjødsel	260	1550		
Kunstgjødsel	450	1500		
Jordbruksareal			10	400
Spredt bosetting	90	440	70	390
Tett bosetting				
Skog			10	440
Fjell			0	10
Nedbør	20	3900	0	200
Nedbør på innsjøer				
Totalt	820	7390	90	1440

	P	N	
Beregnet middelkons.	60	860	mg/m ³
Målt konsentrasjon	50	2500	mg/m ³

I nedbørfeltet til Gjøv er de vesentlige kildene til fosfortilførsler avrenning fra skog- og fjellområder (tabell 2). Nedbør og husholdningskloakk bidrar langt mindre og jordbruksavrenningen er ubetydelig (4 %). Målte fosforkonsentrasjoner er vesentlig lavere enn de som er beregnet. Det tyder på en tilbakeholdelse av fosfor i vassdraget. Det er ikke tilfellet for nitrogen.

Nitrogentilførslene til Gjøv er fordelt på flere kilder. Tilførsler fra husholdningskloakk og jordbruk er helt ubetydelig (5 %). Det ser ut til at den naturlige avrenning fra skog og fjellområder utgjør omlag halvparten av tilførslene. Forurenset nedbør står for resten av bidraget.

I nedbørfeltet til Strengselva er bildet et helt annet. I dette lavlandsvassdraget utgjør jordbruksarealer 10 % av totalt nedbørfelt og de menneskeskapte fosfor- og nitrogen-tilførsler er dominerende. Tilførsler av fosfor fra husholdningskloakk og fra jordbruksarealer utgjør 85 %. For nitrogen utgjør disse kildene omlag halvparten av totale tilførsler.

I Strengselva ser det ut til å være en vesentlig retensjon av fosfor. Målte konsentrasjoner utgjør bare halvparten av de som er beregnet. Beregnet konsentrasjon av nitrogen er imidlertid langt lavere enn det som er målt i elva. Et bedre datagrunnlag ville gitt grunnlag for nærmere tolkninger. En beregning av nitrogenproduksjonen i jordbruket (47 tonn N/år) tyder imidlertid på at tilførslene fra denne kilden er langt større enn det den teoretiske beregningen tilsier. Avrenningen av nitrogen fra forurenset nedbør kan også være større enn de 5 % det er regnet med her. Dette er diskutert i avsnitt 4.2.

I Molandsvassdraget er situasjonen svært lik den i Strengselva, men tilførslene fra husholdningskloakk og jordbruk som prosent av alle tilførsler er sannsynligvis mindre her. Det ser ut til å være en meget sterk tilbakeholdelse av fosfor i Molandsvannet. Det gjør at fosforkonsentrasjonene i utløpet av

vannet er langt lavere enn beregningene skulle tilsi. Dette er til en viss grad også tilfelle for nitrogen. Også i dette vassdraget er produksjonen av nitrogen i jordbruket betydelig større enn det som den beregnede arealavrenningen skulle tilsi.

I Lilleelv er tilførslene fra jordbruket ubetydelig (4 %) for både fosfor og nitrogen. Bare en prosent av nedbørfeltet er jordbruksareal. Husholdningskloakk utgjør imidlertid omlag 60 % av fosfortilførslene, men bare 15 % av nitrogentilførslene. Avrenningen av nitrogen fra skog står for nesten halvparten av nitrogentilførslene til Lilleelv. Forurenset nedbør bidrar med omlag en tredel av nitrogentilførslene, ifølge beregningene.

Forholdet mellom målte og beregnede konsentrasjoner av fosfor i Lilleelv, viser at det er brukbart samsvar mellom bidraget fra tilførselskildene og transporten i elva. Det er imidlertid målt langt høyere nitrogenkonsentrasjoner i vassdraget enn beregningene av tilførsler skulle tilsi. Som tabell 5 viser, er det bare nitrogen fra nedbør som kan forklare de høye konsentrasjonene som er målt. Denne kilden er svært stor.

Temsebekken er preget av menneskenes aktivitet. Jordbruksarealer utgjør 15 % av nedbørfeltet (tabell 6). Tilførsler fra husholdningskloakk og avrenning fra jordbruksarealer står for den langt største delen (90 %) av fosfortilførslene. Disse kildene står for 60 % av nitrogentilførslene.

Det er lavere målte fosforkonsentrasjoner i Temsebekken enn tilførselsberegningene tilsier. Her spiller sannsynligvis Temsevannet en betydelig rolle for fosforretensjon. De målte konsentrasjonene av nitrogen er noe høyere enn de beregnede.

Beregningene for Reddalsvassdraget er delt inn i to for å markere at her har vi et vassdrag som skifter karakter fra kildeområder til utløp. Vassdraget er på mange måter et typevassdrag for kystområdet i Aust-Agder. Det er svært surt og

lite påvirket av menneskelige aktiviteter i nedbørfeltet helt ned til det flate landskapet ved Reddalsvann. Her er det intensivt jordbruk.

Den øvre delen av Reddalsvassdraget består vesentlig av skog (tabell 7). Avrenning fra skog er da også den viktigste kilden for fosfor- og nitrogentilførsler til vassdraget ifølge beregningene. Det er et meget godt samsvar mellom målte og beregnede fosforkonsentrasjoner.

De beregnede nitrogentilførsler til øvre del av Reddalsvassdraget er bare omlag en firedel av de målte. Laveste konsentrasjon av fem er målt til 930 mg N/m^3 . Her er det åpenbart en langt større lekkasje av nitrogen fra forurenset nedbør via terrenget enn de 5 % det er operert med i beregningene.

I den nedre del av Reddalsvassdraget kommer tilførsler fra menneskelig aktivitet inn som en vesentlig kilde til fosfor- og nitrogentransporten (tabell 8). Avrenning fra jordbruksarealer og husholdningskloakk utgjør 70 % av fosfortilførslene og 40-50 % av nitrogentilførslene.

Også her er det meget godt samsvar mellom målte og beregnede fosforkonsentrasjoner. Og også her er det et stort gap mellom målte og beregnede nitrogenkonsentrasjoner. Forholdet mellom tilførsler av nitrogen fra gjødsel og produksjon av gjødsel er lite (tilførsler er 7 % av produksjon).

I Lindtveitbekken er forholdene på mange måter de samme som for Reddalsvassdraget. Menneskelige aktiviteter i nedbørfeltet står for 80-90 % av fosfortilførslene og 50-60 % av nitrogentilførslene. Det er et brukbart samsvar mellom målte og beregnede fosforkonsentrasjoner, men det er stor variasjon i målte fosforkonsentrasjoner.

Det er åpenbart større nitrogenkilder i Lindtveitbekken enn de

som er beregnet. Avrenningen fra jordbruksarealer er 12-13 % av det som blir produsert i nedbørfeltet, slik at det sannsynligvis ikke er så mye å hente fra den kilden. Eneste sannsynlige kilde er nitrogen fra forurenset nedbør, se diskusjonen i avsnitt 4.2.

4.2. Tilførsler av nitrogen og fosfor beregnet ved hjelp av simulering

Data om nedbørfeltene, produksjon og tilførsler er satt opp i tabellene 10-17. De faktorer som er brukt for å komme fram til balanse mellom målte og beregnede konsentrasjoner av total fosfor og total nitrogen er også med i disse tabellene.

Simuleringene er gjort ved å holde avrenningskoeffisientene for skog- og fjellområder faste. Dette gjelder for alle beregningene med unntak av beregningene for Gjøv. Lekkasje fra silo- og melkeromsanlegg utgjør i alle tilfeller en så liten del av totaltilførslene av nitrogen og fosfor at de i de fleste tilfeller er holdt konstante. Det er regnet med 30 % lekkasje fra både silo- og melkeromsanlegg.

De faktorer som er forandret i simuleringene er:

- andel av produsert naturgjødsel som når vassdraget ved målepunktet
- andel av spredt kunstgjødsel som når vassdraget
- andel av produsert kloakk som når vassdraget
- andel av nitrogen fra nedbør som renner ut i vassdraget fra terrenget

Det er ikke regnet med at fosfor fra nedbør kommer ut i vassdragene fra terrenget. Det nitrogen og fosfor som faller direkte ned på vannoverflater er med i regnestykkene i sin helhet og er holdt fast.

Tabell 10. Tilførte mengder av nitrogen og fosfor ved simulering

Vassdragsnavn: Gjøv

		Koeffisienter:	
Innsjøareal	37.5 km ²	N	P
Skog	188 km ²	220	5 kg/km ² *år
Fjell	260 km ²	110	4 kg/km ² *år
Jordbruk	2.1 km ²		
Totalt	487 km ²		

Nedbør		900	0 kg/km ² *år

Middelvannf.	15.8 m ³ /s		
		N	P
Målt middelkons.		255	4 mg/m ³
Simulert middelkons.		256	4 mg/m ³

Kilo tilført stoff for hele feltet:

Kilder	P-tilf.	N-tilf.
Naturgjødsel	0	1950
Kunstgjødsel	0	1590
Silosaft	0	60
Spredt bosetting	0	1000
Skog	940	41300
Fjell	1040	28600
Nedbør	0	18500
Nedbør på innsjøer	0	34500

Totalt	1980	127500

Faktorer:	P	N

Naturgjødsel	0.0	0.1
Kunstgjødsel	0.0	0.1
Spredt bosetting	0.0	0.4
Avrenning fra nedbør	0.0	0.045
Silosaft	0.0	0.3

Tabell 11. Tilførte mengder av nitrogen og fosfor ved simulering

Vassdragsnavn	Strengselva		
UTM-kode	928-984		
		Koeffisienter:	
Innsjøareal	0.63 km ²	N	P
Skog	11.5 km ²	220	6.5 kg/km ² *år
Fjell	1.52 km ²	110	6 kg/km ² *år
Jordbruk	1.53 km ²		
Totalt	15.2 km ²		

Nedbør		1700	10 kg/km ² *år

Middelvannf.	0.43 m ³ /s		
		N	P
Målt konsentrasjon		2900	25 mg/m ³
Simulert middelkons.		2920	24 mg/m ³

Kilo tilført stoff for hele feltet:

Kilder	P-tilf.	N-tilf.
Naturgjødsel	80	7800
Kunstgjødsel	100	9800
Silosaft	20	160
Melkerom	5	5
Spredt bosetting	15	1180
Tett bosetting	10	990
Instit	30	140
Skog	75	2530
Fjell	10	170
Nedbør	0	15400
Nedbør på innsjøer	5	1070

Totalt	350	39245

Faktorer:	P	N
Naturgjødsel	0.025	0.4
Kunstgjødsel	0.025	0.35
Spredt bosetting	0.05	0.9
Tett bosetting	0.05	0.9
Avrenning fra nedbør	0	0.6
Silosaft	0.1	0.3
Melkerom	0.3	0.3

Tabell 12. Tilførte mengder av nitrogen og fosfor ved simulering.

Vassdragsnavn	Molandsvassdraget	Koeffisienter:	
Innsjøareal	3.00 km ²	N	P
Skog	29.9 km ²	220	6.5 kg/km ² *år
Fjell	2.72 km ²	110	6 kg/km ² *år
Jordbruk	3.12 km ²		
Totalt	38.7 km ²		
<hr/>			
Nedbør		1700	10 kg/km ² *år
<hr/>			
Middelvannf.	0.97 m ³ /s		
		N	P
Målt konsentrasjon		580	12 mg/m ³
Simulert middelkons.		580	11 mg/m ³

Kilo tilført stoff for hele feltet:

Kilder	P-tilf.	N-tilf.
Naturgjødning	30	1900
Kunsgjødning	30	1830
Silosaft	30	170
Melkerom	5	20
Spredt bosetting	5	140
Skog	190	6570
Fjell	15	300
Nedbør	0	1630
Nedbør på innsjøer	30	5050
<hr/>		
Totalt	335	17610
<hr/>		

Faktorer:	P	N
Naturgjødning	0.005	0.05
Kunsgjødning	0.005	0.05
Spredt bosetting	0.01	0.05
Avrenning fra nedbør	0	0.025
Silosaft	0.1	0.2
Melkerom	0.3	0.3
<hr/>		

Tabell 13. Tilførte mengder av nitrogen og fosfor ved simulering.

Vassdragsnavn	Lilleelv	Koeffisienter	
Innsjøareal	1.54 km ²	N	P
Skog	37.5 km ²	220	6.5 kg/km ² *år
Fjell	2.08 km ²	110	6 kg/km ² *år
Jordbruk	0.4 km ²		
Totalt	41.5 km ²		

Nedbør		1700	10 kg/km ² *år

Middelvannf.	1.08 m ³ /s		
		N	P
Målt konsentrasjon		1990	28 mg/m ³
Beregnet middelkons.		1960	25 mg/m ³

Kilo tilført stoff for hele feltet:

Kilder	P-tilf.	N-tilf.
Naturgjødsel	5	220
Kunstgjødsel	10	240
Silosaft	5	20
Melkerom	0	0
Spredt bosetting	420	2010
Tett bosetting	135	650
Skog	240	8250
Fjell	10	230
Nedbør	0	52600
Nedbør på innsjøer	15	2600

Totalt	840	66820

Faktorer:	P	N
Naturgjødsel	0.02	0.1
Kunstgjødsel	0.02	0.1
Spredt bosetting	0.9	0.9
Tett bosetting	0.9	0.9
Avrenning fra nedbør	0.0	0.75
Silosaft	0.3	0.3
Melkerom	0.3	0.3

Tabell 14. Tilførte mengder av nitrogen og fosfor ved simulering

Vassdragsnavn	Temsebekken	Koeffisienter	
Innsjøareal	0.59 km ²	N	P
Skog	6.75 km ²	220	6.5 kg/km ² *år
Fjell	0.46 km ²	110	6 kg/km ² *år
Jordbruk	1.35 km ²		
Totalt	9.15 km ²		

Nedbør		1700	10 kg/km ² *år
		-----	-----
Middelvannf.	0.23 m ³ /s	N	P
Målt konsentrasjon		1450	30 mg/m ³
Simulert middelkons.		1450	26 mg/m ³

Kilo tilført stoff for hele feltet:

Kilder	P-tilf.	N-tilf.
Naturgjødsel	30	1870
Kunstgjødsel	35	1640
Silosaft	15	40
Melkerom	0	0
Spredt bosetting	30	600
Tett bosetting	20	380
Skog	45	1480
Fjell	0	50
Nedbør	0	3400
Nedbør på innsjøer	5	1000
	-----	-----
Totalt	180	10460
	-----	-----

Faktorer:	P	N
	-----	-----
Naturgjødsel	0.01	0.1
Kunstgjødsel	0.01	0.1
Spredt bosetting	0.1	0.4
Tett bosetting	0.1	0.4
Avrenning fra nedbør	0	0.22
Silosaft	0.3	0.3
Melkerom	0.3	0.3
	-----	-----

Tabell 15. Tilførte mengder av nitrogen og fosfor ved simulering

Vassdragsnavn	Reddalsvassdraget		
UTM-kode	669-685		
		Koeffisienter	
Innsjøareal	0.25 km ²	N	P
Skog	7.2 km ²	220	6.5 kg/km ² *år
Fjell	1.1 km ²	110	6 kg/km ² *år
Jordbruk	0.0 km ²		
Totalt	8.5 km ²		

Nedbør		1700	10 kg/km ² *år

Middelvannf.	0.32 m ³ /s		
		N	P
Målt konsentrasjon		1200	8 mg/m ³
Simulert middelkons.		1170	8 mg/m ³

Kilo tilført stoff for hele feltet

Kilder	P-tilf.	N-tilf.
Arealavrenning, eng	7	200
Spredt bosetting	6	40
Skog	50	1600
Fjell	7	120
Nedbør	0	7800
Nedbør på innsjøer	3	420
	-----	-----
Totalt	70	10180
	-----	-----

Faktorer:	P	N
	-----	-----
Spredt bosetting	0.6	0.8
Avrenning fra nedbør	0.0	0.55
	-----	-----

Tabell 16. Tilførte mengder av nitrogen og fosfor ved simulering.

Vassdragsnavn	Reddalsvassdraget	Koeffisienter	
UTM-kode	685-657	N	P
Innsjøareal	0.25 km ²		
Skog	10.6 km ²	220	6.5 kg/km ² *år
Fjell	1.35 km ²	110	6 kg/km ² *år
Jordbruk	1.35 km ²		
Totalt	13.5 km ²		

Nedbør		1700	10 kg/km ² *år

Middelvannf.	0.43 m ³ /s		
		N	P
Målt konsentrasjon		2200	20 mg/m ³
Simulert middelkons.		2170	20 mg/m ³

Kilo tilført stoff for hele feltet:

Kilder	P-tilf.	N-tilf.
Naturgjødsel	60	5600
Kunstgjødsel	65	5600
Silosaft	15	45
Melkerom	0	0
Spredt bosetting	45	490
Skog	70	2320
Fjell	10	150
Nedbør	0	14800
Nedbør på innsjøer	0	420

Totalt	265	29425

Faktorer:	P	N

Naturgjødsel	0.02	0.3
Kunstgjødsel	0.01	0.3
Spredt bosetting	0.4	0.9
Avrenning fra nedbør	0.0	0.65
Silosaft	0.3	0.3
Melkerom	0.3	0.3

Tabell 17. Tilførte mengder av nitrogen og fosfor ved simulering.

Vassdragsnavn	Lindtveitbekken		Koeffisienter	
UTM-kode	692-587		N	P
Innsjøareal	0.0	km ²		
Skog	2.00	km ²	220	6.5 kg/km ² *år
Fjell	0.12	km ²	110	6 kg/km ² *år
Jordbruk	0.2	km ²		
Totalt	2.32	km ²		

Nedbør			1700	10 kg/km ² *år

Middelvannf.	0.053	m ³ /s		
			N	P
Målt konsentrasjon			2500	50 mg/m ³
Simulert middelkons.			2500	50 mg/m ³

Kilo tilført stoff for hele feltet:

Kilder	P-tilf.	N-tilf.
Naturgjødning	5	310
Kunstgjødning	9	296
Spredt bosetting	55	394
Skog	13	438
Fjell	1	13
Nedbør	0	2733

Totalt	83	4184

Faktorer:	P	N
Naturgjødning	0.02	0.2
Kunstgjødning	0.02	0.2
Spredt bosetting	0.6	0.9
Avrenning fra nedbør	0.0	0.7

Størrelsen på tilførselsfaktorer for forskjellige kilder er forandret til det er oppnådd samsvar mellom målte og beregnede konsentrasjoner av total nitrogen og total fosfor i vassdragene. Tilførselsfaktorene er forandret til de mest sannsynlige verdiene. Oversikten over disse faktorene i tabellene 10-17 viser at de avviker tildels sterkt fra de avrenningskoeffisientene som ble brukt til beregningene i avsnitt 4.1. Det er dessuten stor variasjon mellom vassdragene.

For å få samsvar mellom målte og beregnede konsentrasjoner av total fosfor i Gjøv (tabell 10) er alle menneskeskapte tilførsler først satt til null. I tillegg er avrenning fra skog- og fjellområder redusert fra hhv. 6.5 og 6 kg P/km²*år til hhv. 5 og 4 kg P/km²*år.

Hvis nedfallet av nitrogen på innsjøoverflater i Gjøvs nedbørfelt holdes fast, viser simuleringene at avrenning av nedbørnitrogen gjennom terrenget blir 4-5 % av det som faller ned.

I Strengselva tyder målte fosforkonsentrasjoner på en vesentlig retensjon i vassdraget. Simuleringene gir som resultat at fosfortilførsler fra jordbruksarealer utgjør 2-3 % av produsert mengde. Tilførsler fra husholdningskloakk utgjør 5 % av produsert mengde. Datagrunnlaget bør imidlertid økes fordi spredningen på målte konsentrasjoner er stor.

For å komme opp i de svært høye nitrogenkonsentrasjonene, er det nødvendig å sette nitrogenavrenningen fra jordbruksarealer til 30-40 % av produsert mengde, sette tilførsler av nitrogen fra husholdningskloakk til 90 % av produsert mengde og slippe 60 % av nitrogennedfall fra nedbør via terreng ut i vassdraget. Dette synes svært drastisk og tyder på at målte konsentrasjoner ikke er representative for vassdraget.

I Molandsvassdraget er retensjonen av både fosfor og nitrogen betydelig. Fosfortilførsler fra menneskelige aktiviteter må settes nesten til null for å få balanse mellom målte og be-

regnede fosforkonsentrasjoner. Nitrogenavrenning fra jordbruksarealer må settes til 5 % av produsert mengde. Det samme er tilfellet for nitrogen fra husholdningskloakk. Bare 2-3 % av nitrogen fra forurenset nedbør kommer med i regnestykket. Nedfallet direkte på Molandsvannet er imidlertid holdt konstant.

Beregningene for Lilleelv viser et godt samsvar mellom avrenningskoeffisienter for fosfor og de tilførselskoeffisienter det opereres med her. 10 % av fosfor i produsert gjødsel må med i regnestykket. 80 % av fosfor fra husholdningskloakk transporteres i vassdraget.

For nitrogen må 20 % av nitrogen fra gjødsel, 90 % av nitrogen fra husholdningskloakk og hele 75 % av nitrogen fra nedbør med i regnestykket. Selvom de nitrogenkonsentrasjonene som er målt i vassdraget kan være for høye, tyder disse beregningene på at nitrogenmengdene fra forurenset nedbør som kommer via terrenget (lekkasje) er langt større enn de 5 % det ble operert med i avsnitt 4.1.

I nedbørfeltet til Temsebekken ser det ut til at det er betydelig retensjon av fosfor. Bare ubetydelige mengder fosfor fra jordbruksavrenning og husholdningskloakk (hhv. 1 og 10 % av produsert mengde) inngår i beregningen. For nitrogen er det satt opp mere typiske verdier, hhv. 10 og 40 % av produsert mengde. I tillegg er nitrogenavrenning fra nedbør via terrenget satt til 20-25 % av nedfallet.

I øvre del av Reddalsvassdraget er det bare spredt bosetting og avrenning fra forurenset nedbør som er ekstra kilder til nitrogen og fosfor. Beregningene for fosfor balanserer med fosfortilførsler fra husholdningskloakk svarende til 60 % av produksjonen.

I denne delen av Reddalsvassdraget er totalnitrogen analysert ved 5 anledninger. Laveste konsentrasjon er 930 mg N/m³. Her

har vi altså et nærmest upåvirket vassdrag, der nitrogenkonsentrasjonene er mer enn tredoblet i forhold til det en kan forvente i et slikt vassdrag. For å forklare denne høye konsentrasjonen må 55 % av det nitrogenet som faller ned over nedbørfeltet føres ut i vassdraget. Dette må betegnes som dramatisk og bør følges opp.

I nedre del av Reddalsvassdraget ser det ut til å være en relativt betydelig retensjon av fosfor i forhold til det som produseres (tabell 16). Bare 1-2 % av fosfor fra gjødsel er med i regnestykket, mens 40 % av fosfor fra husholdningskloakk er tatt med.

For nitrogenberegningene måtte de relative tilførslene fra alle kilder settes langt høyere, hhv. 30 og 90 % av produksjonene for jordbruksavrenning og husholdningskloakk. Til tross for dette var det ikke mulig å komme lavere med nitrogen fra forurenset nedbør enn nitrogenmengder svarende til hele 65 % av nitrogennedfallet.

For Lindtveitbekken er forholdene omtrent som i nedre del av Reddalsvassdraget. Her må nitrogen fra forurenset nedbør via terrenget settes til 70 % av nedfallet.

5. DISKUSJON

Bruk av avrenningskoeffisienter for å komme fram til vannkvaliteten i vassdrag vil i mange tilfeller ikke gi samsvar mellom beregnede middelkonsentrasjoner for vassdraget og de målte konsentrasjoner. Det er fordi man i beregningene ikke tar hensyn til retensjon i nedbørfeltet.

Hvis formålet derimot er å undersøke tilførselskildenes innbyrdes betydning for vannkvaliteten, kan bruk av avrenningskoeffisienter være formålstjenlig.

I denne undersøkelsen er det gjennomført standard beregninger av tilførsler av fosfor og nitrogen til sju vassdrag i Aust-Agder. Seks vassdrag langs kysten er sammenliknet med Gjøv, som er en tilløpselv til Nidelva ved Åmli.

Det er funnet tildels betydelig avvik mellom beregnede middelkonsentrasjoner av fosfor og nitrogen og målte konsentrasjoner i vassdragene (tabell 2-10). Dels skyldes avvikene at næringsstoffer holdes tilbake i nedbørfeltet, dels skyldes de at det er større tilførsler av næringsstoffer enn de som er beregnet.

Det er gjennomført simuleringer for hvert enkelt vassdrag for å undersøke hvilke tilførselskilder som kan forklare de avvik som er observert. De nye faktorene, som er oppgitt som prosent av produsert stoffmengde, er kalt tilførselskoeffisienter. De er uttrykk for netto tilførsler av et stoff fra en enkeltkilde og til et visst punkt i vassdraget.

Lekkasjer fra siloanlegg og gjødsellagre utgjør en så liten del av tilførselskildene i samtlige vassdrag at de ikke er tatt med i oversiktene i tabellene 2-10. Det er i de fleste tilfeller regnet med 30 % lekkasje fra slike anlegg. Det er et middeltall for siloanlegg for Aust-Agder og er hentet fra Miljøvernavdelingen i Aust-Agder.

Beregningene av avrenning fra jordbruksarealer ved hjelp av avrenningskoeffisienter gir tilførsler av nitrogen og fosfor som i flere vassdrag blir svært lave i forhold til brukte mengder av naturgjødning og kunstgjødning. I tabell 18 er disse beregningene vist.

Tabell 18. Tilførsler av nitrogen og fosfor fra gjødning (beregnet vha avrenningskoeffisienter) i vassdrag i Aust-Agder som prosent av brukte mengder. Brukte mengder for Norge er hentet fra Aspmo (1986).

Vassdrag	Tilført/Brukt (%)	
	P	N
Gjøv	2.3	11.8
Strengselva	1.5	6.4
Molandsvassdraget	1.8	8.4
Lilleelv	2.8	17.7
Temsebekken	1.4	7.7
Reddalsvassdraget	1.0	7.2
Lindtveitbekken	2.0	13.2
Middel (std.avvik)	1.8 (0.6)	10.3 (4.1)
Norge	1.7	14

For Norge totalt blir avrent mengde fosfor og nitrogen som prosent av fosfor og nitrogen fra husdyrgjødning+kunstgjødning (Aspmo 1986, s.80) i gjennomsnitt hhv. 1.7 og 14 (tabell 18). I fire av vassdragene ser det ut til at forbruket av nitrogen i gjødning er betydelig større enn landsgjennomsnittet. Gjødning som kilde til nitrogen kan derfor være underestimert i disse vassdragene. Dette gjelder til en viss grad også for fosfor, særlig for Reddalsvassdraget. I Lilleelv og Gjøv er det lite jordbruksaktivitet. Der kan det se ut til at beregnet avrenning av fosfor er overestimert fordi forholdet mellom beregnet avrenning og brukte mengder er høyt.

Mens 5-40 % av nitrogen fra gjødsel kommer ut i vassdragene som jordbruksavrenning ifølge simuleringene, er bidraget fra fosfor 0-2.5 %. Analysene av nitrogen i enkelte av vassdragene (Strengselva og Lindtveitbekken) viser så stor variasjon at det må tas forbehold om grunnlaget for simuleringene. Avrenning av 30-40 % av tilført gjødselmengde virker lite sannsynlig selvom det blir overgjødslet.

Tilført mengde husholdningskloakk som resultat av simuleringene varierer sterkt. For fosfor er tilførslene helt nede i under 10 % av produsert mengde for Gjøv, Strengselva, Molandsvassdraget og Temsebekken. Her er det betydelig retensjon av fosfor fra denne kilden i nedbørfeltet. Bare Molandsvassdraget kan oppvise tilsvarende forhold for nitrogen. Her kommer bare 5 % av produksjonen fram til utløpet av Molandsvannet ifølge beregningene.

I mange av vassdragene gir nitrogen fra nedbør et så stort bidrag til nitrogentransporten at det er vanskelig å beregne bidraget fra mindre kilder, som husholdningskloakk.

Avrenning fra skog- og fjellområder bidrar i varierende grad til transporten av nitrogen og fosfor. I Gjøv er denne bakgrunnsavrenningen eneste kilde av betydning for fosfor.

I Molandsvassdraget er avrenning fra skog- og fjellområder tilsynelatende dominerende, men det er fordi denne kilden er holdt konstant. Det må her understrekes at simuleringene gir tilførselskoeffisienter. Selvom arealavrenningen fra skog- og fjellområder er riktig, vil det være betydelig retensjon også av fosfor fra denne kilden i en innsjø som Molandsvannet. Det samme gjelder for nitrogen i Molandsvassdraget.

Forurenset nedbør bidrar til 40-80 % av nitrogentransporten i de sju vassdragene. I Gjøv, Strengselva, Molandsvassdraget og Temsebekken er bidraget 40 %. I hele Reddalsvassdraget og i

Lindtveitbekken er bidraget hhv. 50 og 65 %. I Lilleelv og øvre del av Reddalsvassdraget er bidraget 80 %. Selvom datagrunnlaget kunne vært bedre, gir spesielt dataene fra øvre del av Reddalsvassdraget grunn til å tro at disse beregningene langt på vei gir et riktig bilde av situasjonen.

Resultatene viser at forurenset nedbør er viktig for å forklare nitrogentransporten i vassdrag på Sørlandet. Dette er også vist for Arendalsvassdraget og Otra (Hindar et al. 1989). Det synes imidlertid som om de kystnære vassdragene mottar et langt større bidrag fra den arealavrenning av nitrogen som kan tilskrives forurenset nedbør.

I Gjøv, som får en relativt lav belastning av nitrogen fra forurenset nedbør, er "lekkasjen", dvs. den andel av nedfallet som renner ut i vassdraget, 4-5 %. Det er det samme Hindar et al. (1989) fant for Arendalsvassdraget. I Molandsvassdraget, der det er funnet meget stor retensjon av både fosfor og nitrogen, er bildet omtrent det samme som for Gjøv. I Temsebekken, hvor det også er funnet betydelig retensjon, kommer omlag 20 % av nedfallet ut i vassdraget. I de 4 andre vassdragene er det funnet at 60-75 % av nitrogennedfallet føres ut i vassdragene. Alle de andre kildene er også satt høyt i enkelte simuleringer slik at det ikke skulle være tvil om at de høye tallene er reelle.

Det er ikke gjort slike beregninger for små vassdrag i Agder tidligere. Henriksen (1988) fant høye avrenningstall for vassdrag i Rogaland. Hans "nitratmobiliseringsfaktor" økte sterkt fra øst mot vest i det forsurede området av Sør-Norge. I små feltforskningsområder på Risdalsheia ved Grimstad (RAIN-prosjektet) fant Wright (1988,1989) høye avrenningstall for nitrogen i referansefeltene. Avrent nitrogen som prosent av tilført nitrogen varierte i perioden 1986-1988 mellom 22 og 65 %.

Westling (1990) viser at nitratkonsentrasjonen i markvann var korrellert med nitrogendeposisjonen. Over et visst deposisjonsnivå (1000-1500 kg N/km²*år) økte nitratkonsentrasjonene eksponentielt. De kystnære vassdragene i denne undersøkelsen ligger over dette nivået (1700 kg N/km²*år), mens Gjøv ligger under (920 kg N/km²*år).

Det er grunn til å tro at den situasjonen som man fryktet kunne oppstå på bakgrunn av resultatene fra 1000-sjøersundersøkelsen i 1986 gjør seg gjeldende i mindre vassdrag langs kysten av Aust-Agder.

6. REFERANSER

Aspmo, R. (red.) 1986. Forurensning fra landbruket - ressurser på avveie. Studiebok, Landbruksforlaget. ISBN 82-529-1169-2. 95 s. + vedlegg.

Henriksen, A. 1988. Critical loads of nitrogen to surface waters. In: Nilsson, J. and Grennfelt, P. (efd.): Critical loads for sulphur and nitrogen. Report from a workshop held at Skokloster, Sweden 19-24 MARCH, 1988. Nord. Ministerråd. Miljørappport 1988: 15, s. 385-412.

Henriksen, A., Lien, L., Traaen, T., Sevaldrud, I.H. and Brakke, D.F. 1988. Lake acidification in Norway - present and predicted chemical status. *Ambio*: 17 (4): 259-266.

Hindar, A. 1990. Vurdering av vannkvaliteten i kystnære småvassdrag i Aust-Agder - grunnlag for tiltak. Manus.

Hindar, A. og Lindstrøm, E.A. 1989. Vannkvalitet og forureningskilder i Nidelva, Aust-Agder - Konsekvenser av manøvreringer for drikkevannskvaliteten i innsjøen Rore. O-88137, NIVA, Grimstad.

Hindar, A., Næs, K. og Molvær, J. 1989. Betydningen av sur nedbør for økte nitrogenkonsentrasjoner til fjordområder. Forprosjekt. O-88035, NIVA, Grimstad. 45 s.

Rognerud, S., Berge, D. og Johannessen, M. 1979. Telemarkvassdraget. Hovedrapport fra undersøkelsene i perioden 1975-1979. O-70112, NIVA. 82 s.

SFT 1989. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport. Overvåkingsrapport 375/89. Statens forurensningstilsyn. 274 s.

Vennerød, K. 1984. Håndbok i innsamling av data om forurensningstilførsler til vassdrag og fjorder. O-82014/F-82436, NIVA, Oslo. 48 s.

Westling, O. 1990. Kväve som förorening-effekter och spridning. Deposition och avrinning. Foredrag ved IVL-konferansen 1990. IVL-Stockholm, Rapport, 40 s.

Wright, R.F. 1988. RAIN project. Annual report for 1987. Acid Rain Research O-82073, NIVA, Oslo. 77 s.

Wright, R.F. 1989. RAIN project. Preliminary results for 1988. NIVA. 51 s. Manus.

7. VEDLEGG

7.1. Primærdata

Page No. 1
02/20/90

Kystnære småvassdrag
Rapport 1.

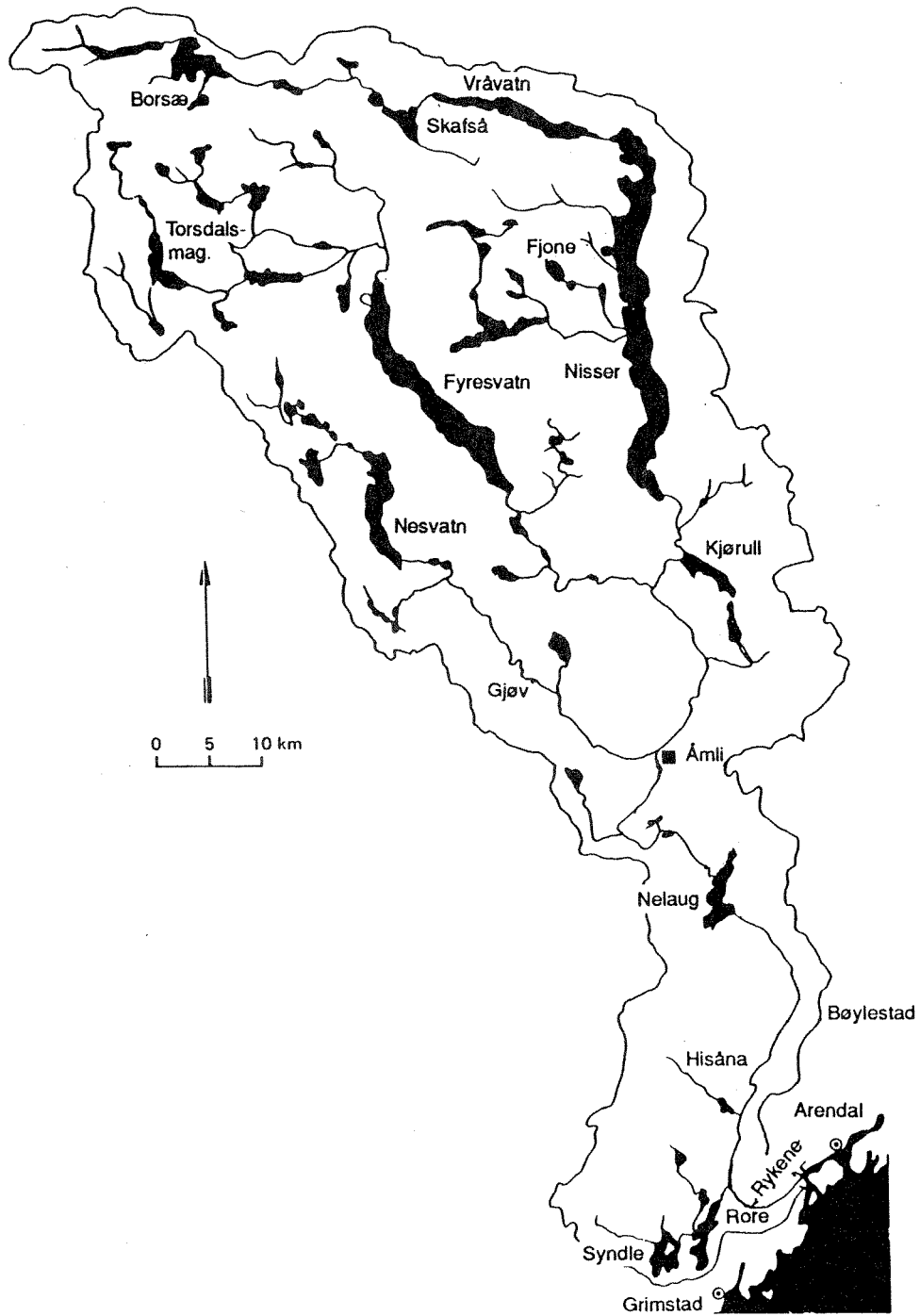
Vassdrag	Ny nr.	Gml. nr.	Dato	UTM ØV	UTM NS	Kart nr.
Strengselva	13	14	07/05/88	928	984	16122
Strengselva	13	14	07/05/88	931	966	16122
Strengselva	13	14	07/05/88	917	945	16122
Strengselva	13	14	07/17/88	927	988	16122
Strengselva	13	14	06/07/89	917	945	16122
Strengselva	13	14	06/07/89	931	966	16122
Strengselva	13	14	06/07/89	928	984	16122
Strengselva	13	14	10/09/89	931	966	16122
Strengselva	13	14	10/09/89	928	984	16122
Strengselva	13	14	10/24/89	928	984	16122
Strengselva	13	14	10/24/89	931	966	16122
Strengselva	13	14	10/24/89	917	945	16122
Molandsvassdr.	14	15	07/14/88	922	888	16122
Molandsvassdr.	14	15	06/07/89	922	888	16122
Molandsvassdr.	14	15	10/09/89	922	888	16122
Molandsvassdr.	14	15	10/26/89	922	888	16122
Lilleelv	17	39	07/06/88	826	775	16114
Lilleelv	17	39	06/07/89	826	775	16114
Lilleelv	17	39	09/25/89	826	775	16114
Lilleelv	17	39	10/09/89	826	775	16114
Lilleelv	17	39	10/26/89	826	775	16114
Temsebekken	18	18	07/06/88	794	723	16114
Temsebekken	18	18	07/06/88	795	737	16114
Temsebekken	18	18	06/07/89	795	737	16114
Temsebekken	18	18	09/25/89	795	737	16114
Temsebekken	18	18	10/09/89	795	737	16114
Temsebekken	18	18	10/26/89	795	737	16114
Reddalsvassdr.	22	22	07/11/88	685	657	15111
Reddalsvassdr.	22	22	07/11/88	677	667	15111
Reddalsvassdr.	22	22	07/11/88	669	685	15111
Reddalsvassdr.	22	22	06/07/89	669	685	15111
Reddalsvassdr.	22	22	06/07/89	685	657	15111
Reddalsvassdr.	22	22	09/25/89	685	657	15111
Reddalsvassdr.	22	22	09/25/89	669	685	15111
Reddalsvassdr.	22	22	10/09/89	669	685	15111
Reddalsvassdr.	22	22	10/09/89	685	657	15111
Reddalsvassdr.	22	22	10/27/89	685	657	15111
Reddalsvassdr.	22	22	10/27/89	669	685	15111
Lindtveitbekken	24	24	07/11/88	692	587	16114
Lindtveitbekken	24	24	07/11/88	687	598	15111
Lindtveitbekken	24	24	06/07/89	692	587	16114
Lindtveitbekken	24	24	09/25/89	692	587	16114
Lindtveitbekken	24	24	10/09/89	692	587	16114
Lindtveitbekken	24	24	10/26/89	692	587	16114

Page No. 1
02/20/90

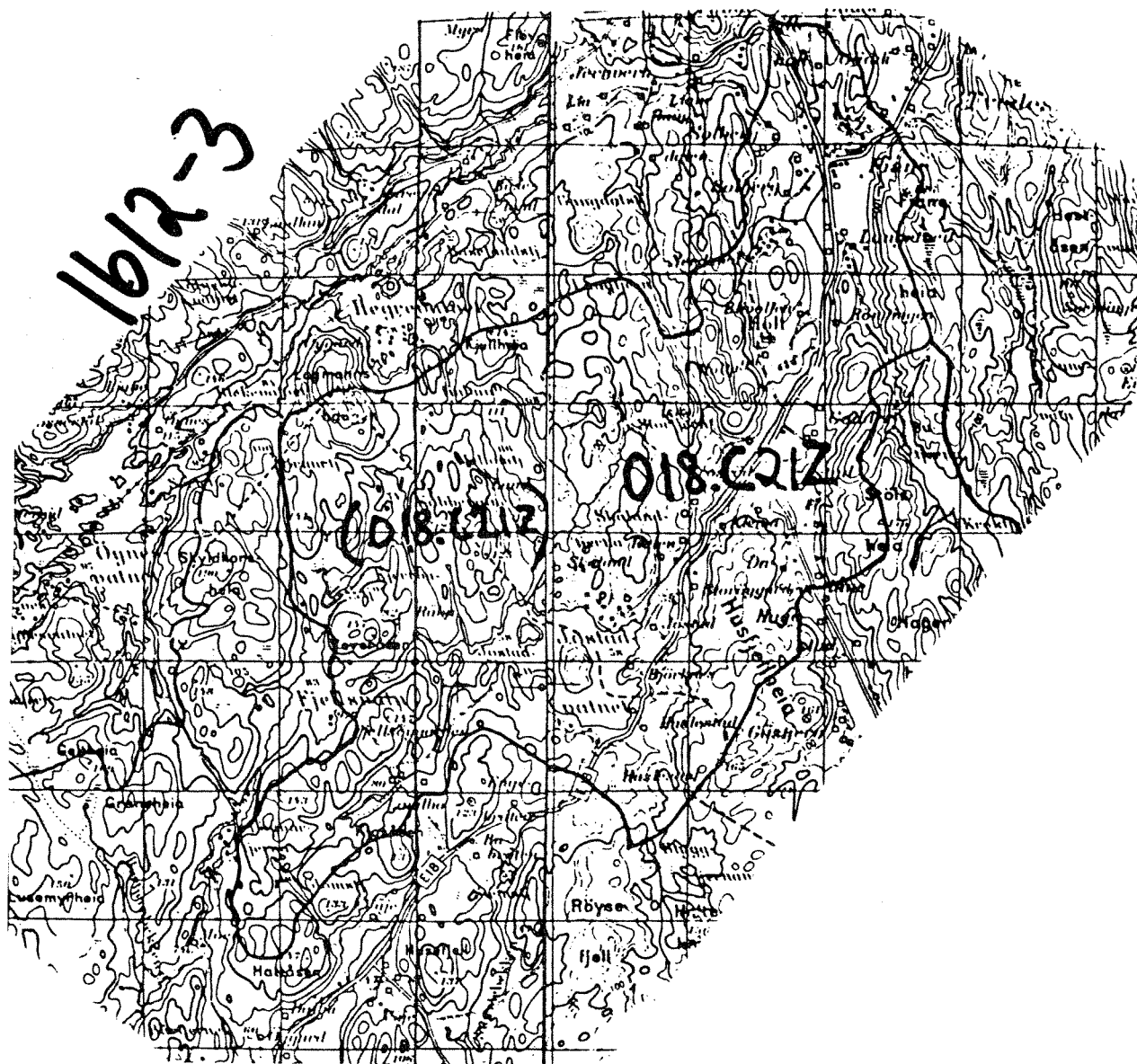
Kystnære småvassdrag
Rapport 3.

Nr.	pH	Kond mS/m	Farge mg Pt/l	Tot P ug P/l	NO3 ug N/l	NH4 ug N/l	Tot N ug N/l	Perm mg O/l	Ca mg Ca/l
13	6.68	13.8	45	82	2790	900	4200	5.5	9.32
13	6.56	12.1	46	105	2040	490	3000	6.5	9.38
13	6.18	4.1	21	8	215	48	510	3.9	2.39
13	6.70	5.8	23	20	720	60	970	3.6	3.62
13	6.33	0.0	0	7	280	13	450	0.0	0.00
13	6.90	0.0	0	46	555	145	900	0.0	0.00
13	7.18	0.0	0	26	1750	470	3000	0.0	0.00
13	6.66	0.0	0	42	2930	160	3500	0.0	0.00
13	6.74	0.0	0	40	3560	280	4250	0.0	0.00
13	6.57	0.0	0	15	1430	105	1960	0.0	0.00
13	6.33	0.0	0	13	645	25	890	0.0	0.00
13	6.30	0.0	0	7	260	30	510	0.0	0.00
14	6.68	5.0	23	22	335	20	560	4.2	0.00
14	6.54	0.0	0	10	395	17	550	0.0	0.00
14	6.67	0.0	0	8	270	9	460	0.0	0.00
14	6.62	0.0	0	9	495	40	760	0.0	0.00
17	7.09	16.5	46	54	1700	190	3070	6.3	14.90
17	6.71	0.0	0	13	395	30	650	0.0	0.00
17	7.10	0.0	0	34	1085	120	2370	0.0	0.00
17	6.67	0.0	0	26	2130	100	3230	0.0	0.00
17	6.55	0.0	0	12	370	40	630	0.0	0.00
18	6.45	8.9	38	50	1030	140	1730	3.6	5.24
18	6.74	17.2	48	89	1170	140	2070	5.7	8.98
18	6.88	0.0	0	86	260	14	880	0.0	0.00
18	6.89	0.0	0	30	210	14	550	0.0	0.00
18	6.57	0.0	0	36	1350	65	2740	0.0	0.00
18	6.63	0.0	0	23	640	40	1030	0.0	0.00
22	4.58	5.7	64	81	1340	30	1700	10.2	3.02
22	4.30	5.4	84	52	835	35	1470	11.7	1.89
22	4.30	5.0	62	33	760	35	1070	9.7	1.50
22	5.97	0.0	0	8	775	5	930	0.0	0.00
22	6.38	0.0	0	23	1900	52	2240	0.0	0.00
22	6.17	0.0	0	25	1220	78	2210	0.0	0.00
22	4.73	0.0	0	4	755	20	970	0.0	0.00
22	4.65	0.0	0	6	950	55	2150	0.0	0.00
22	4.95	0.0	0	16	1510	70	2500	0.0	0.00
22	5.32	0.0	0	14	1750	75	2200	0.0	0.00
22	4.75	0.0	0	10	705	65	940	0.0	0.00
24	6.10	10.0	53	50	865	150	1630	9.0	5.87
24	5.34	8.1	52	37	910	50	1400	8.8	4.42
24	7.10	0.0	0	96	1500	140	2520	0.0	0.00
24	7.19	0.0	0	110	310	9000	10700	0.0	0.00
24	6.33	0.0	0	53	1290	220	2840	0.0	0.00
24	6.42	0.0	0	21	1140	125	1600	0.0	0.00

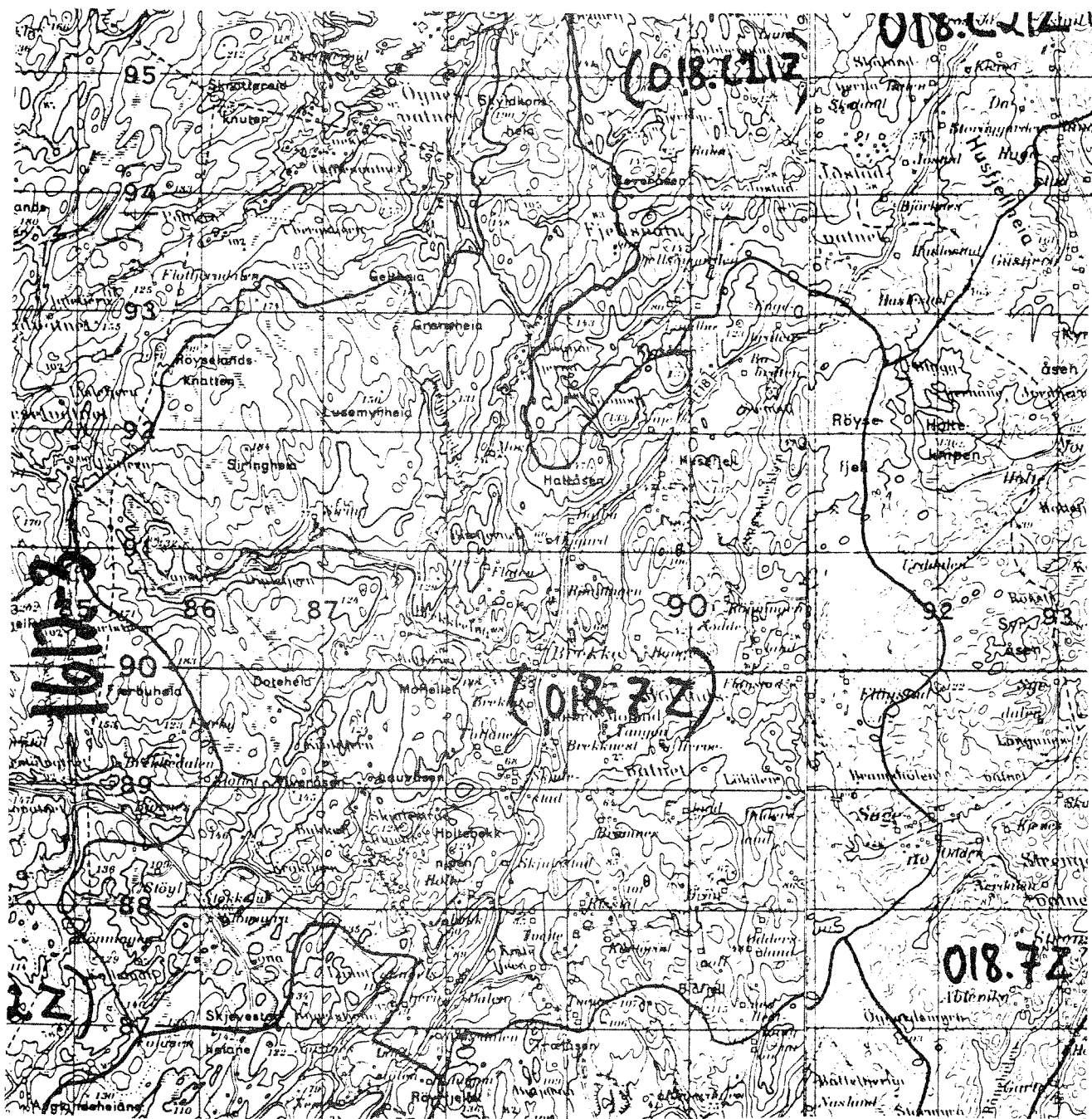
7.2. Vassdragenes nedbørfelt



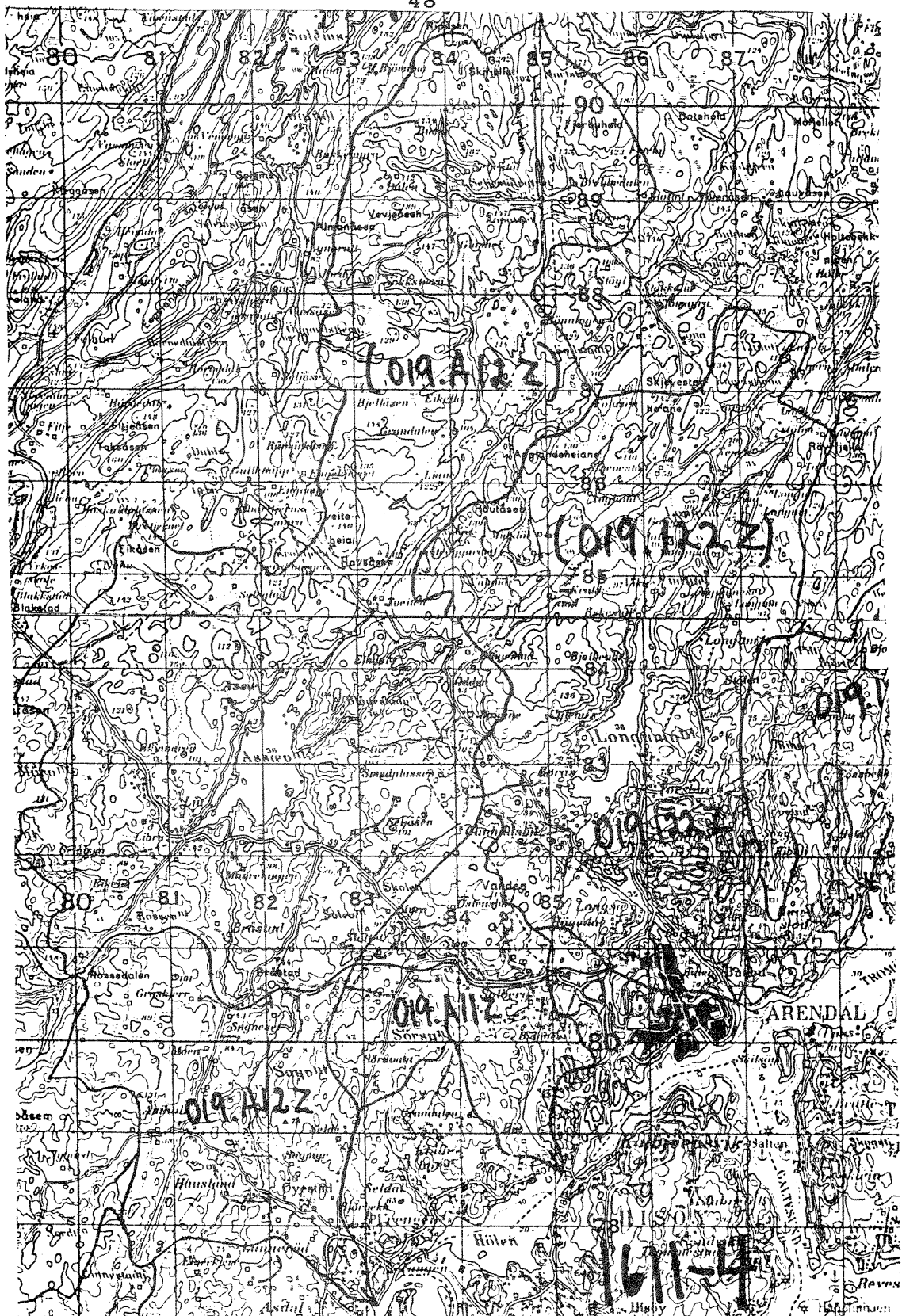
Gjøv er sidevassdrag til Nidelva i Arendalsvassdraget.



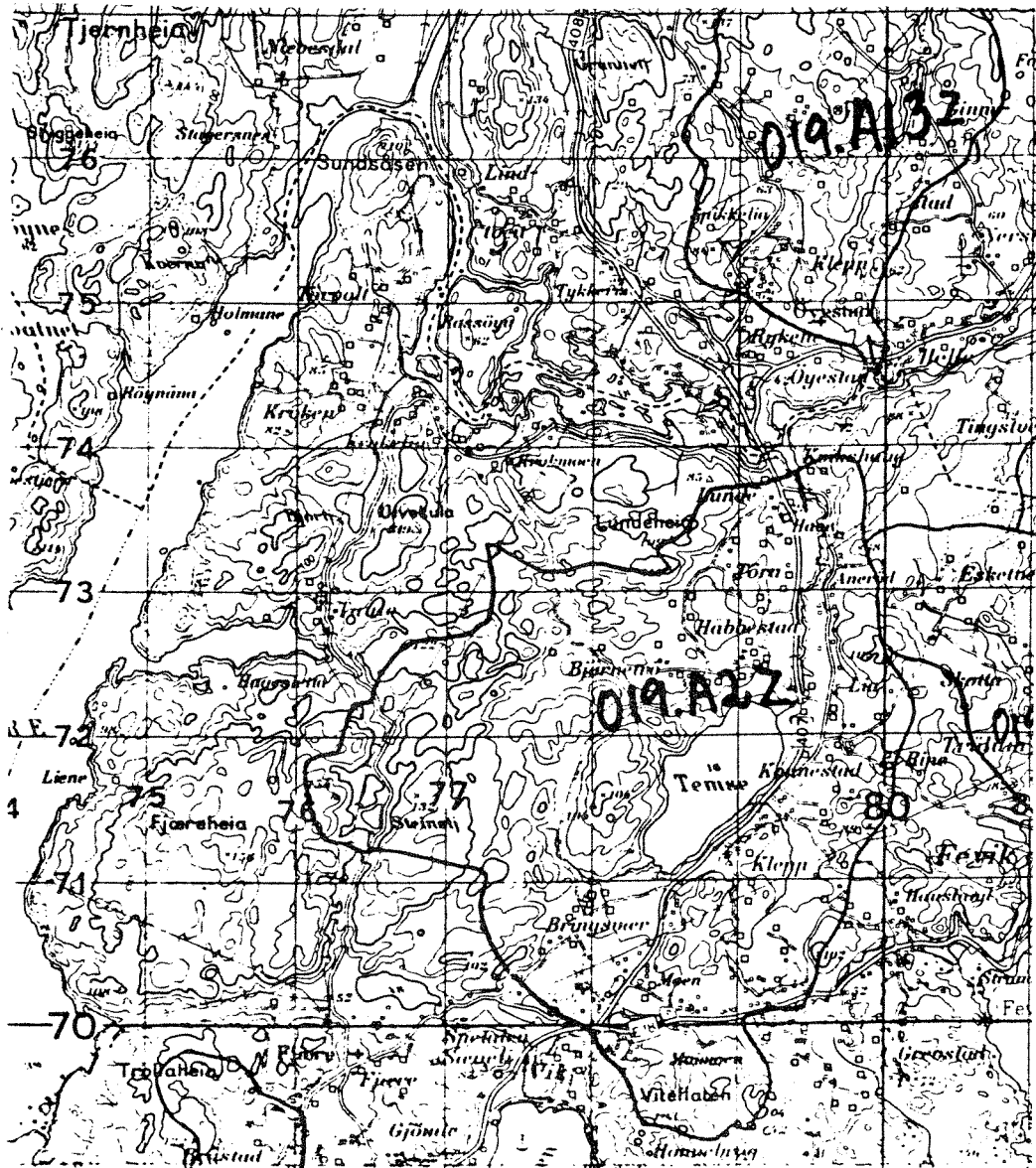
Strengselva renner nordover mot Storelva i Tvedestrand kommune.



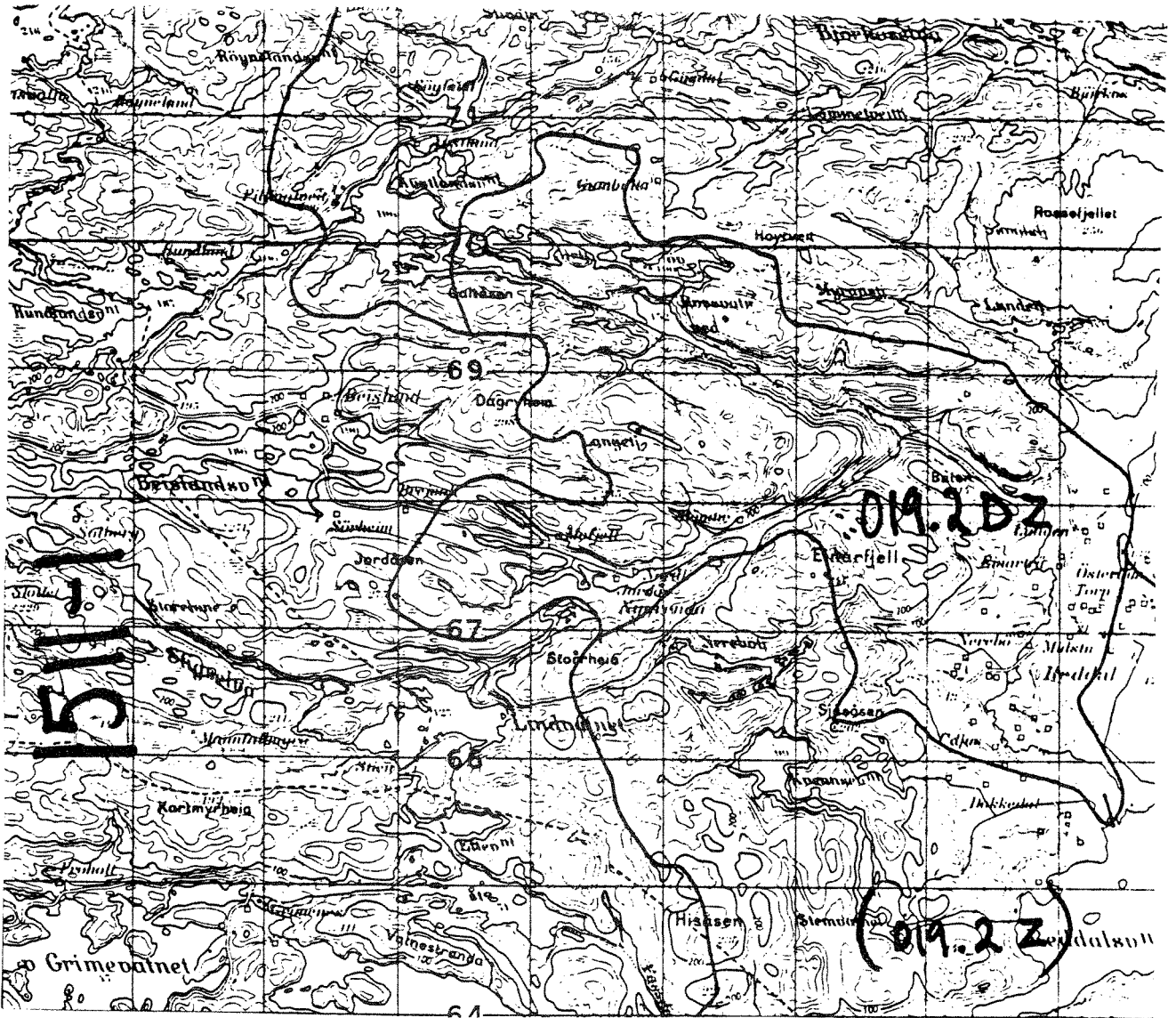
Molandsvassdraget grenser til Strengselvas nedbørfelt i nord-øst.



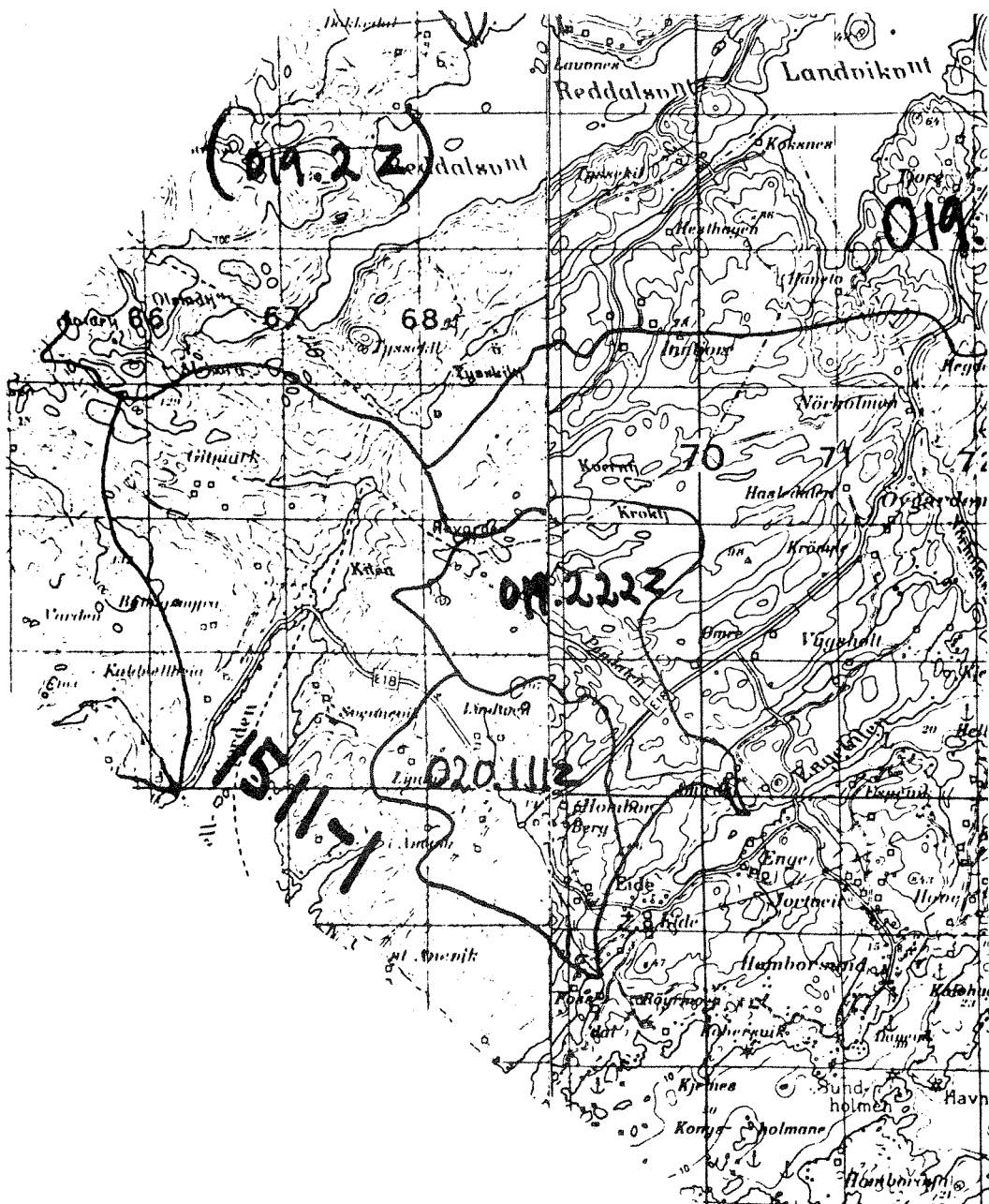
Lilleelv renner sørover mot nedre del av Nidelva i Arendalsvassdraget. Vassdraget grenser mot Molandsvassdraget i nord-øst.



Temsebekken renner fra Temse og nordover mot Nidelva i Arendalsvassdragets nedre del.



Reddalsvassdraget renner ut i Reddalsvatnet vest for Grimstad.



Lindtveitbekken renner ut i sjøen mellom Grimstad og Lillesand
5-6 km sør for Reddalsvassdraget.