

► Nitrogenavrenning fra PURA-området til Bunnefjorden, 2017 - 2022



Foto: Norconsult. Utløp av Fålebekken til Bunnefjorden.

Sammendrag/konklusjon

Norconsult utfører på oppdrag for PURA (vannområdet Bunnefjorden med Årungen- og Gjersjøvassdraget) overvåking av 8 innsjøer og 29 elver og bekker. I denne undersøkelsen har vi benyttet målinger av total nitrogen i perioden 2017 – 2022 for å estimere den årlige nitrogenavrenningen fra PURA – området til Bunnefjorden. Vi har også beregnet bidraget fra alle bekkene som inngår i overvåkingsprogrammet til PURA.

For denne 6-årsperioden har vi estimert at nitrogentilførselen til Bunnefjorden i form av total nitrogen i gjennomsnitt var på 174 tonn N per år. Av dette bidro Årungenvassdraget med 44%, Gjersjøvassdraget med 33%, mens 11 bekker med direkte utløp til Bunnefjorden (vassdrag Bunnefjorden) bidro med 23%. Den arealspesifikke nitrogenavrenningen var i Årungenvassdraget på ca. 1,5 tonn N per år per kvadratkilometer, noe som over det dobbelte av hva vi fant i de to andre områdene.

Det er store usikkerheter i anslagene for nitrogentilførsel. Nitrogeninnholdet i bekkene i PURA-området er i de fleste tilfeller basert på 25 – 30 målinger, vi har estimert transport kun ut fra størrelse på nedbørfelt og vi har ikke sett på innholdet av ammonium eller nitrat, men kun total nitrogen. Likevel mener vi at en slik sammenstilling kan ha en viss verdi, både for å estimere den totale nitrogentilførselen fra PURA-området til Bunnefjorden, og for å vurdere den relative betydningen av de enkelte bekkene i transporten av dette nitrogenet til fjorden.

Det synes å være en nær sammenheng mellom medianverdien for total nitrogen i de undersøkte bekkene og andelen dyrket mark i nedbørfeltet. Kaksrubbekken i vannområde Bunnefjorden og Fåleslora i Gjersjøvassdraget hadde imidlertid begge langt høyere nitrogeninnhold enn landbruksaktiviteten i nedbørfeltet skulle tilsi. Bølstadbekken er den klart største tilførselsbekken til Årungen, og samtidig var konsentrasjonen av total nitrogen i bekken meget høy. Vi anbefaler at ytterligere undersøkelser i disse bekkene prioriteres. Dette for å fastslå hva som er de viktigste nitrogenkildene der. Til tross for betydelig usikkerhet antyder det foreliggende datamaterialet at en reduksjon på 20 - 25% reduksjon i avrenningen av nitrogen fra store deler av PURA-området er realistisk.

J02	2023-12-05	Til bruk	Trond Stabell	Annelene Pengerud	Trond Stabell
B01	2023-10-30	Til gjennomsyn	Trond Stabell	Annelene Pengerud	Trond Stabell
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

1 Innledning

Norconsult utfører på oppdrag for PURA (vannområdet Bunnefjorden med Årungen- og Gjersjøvassdraget) undersøkelser i innsjøene Kolbotnvann, Tussetjern, Nærevann, Midtsjøvann, Gjersjøen, Østensjøvann, Årungen og Pollevann i Viken fylke. Formålet er å vurdere tilstanden i innsjøene ut fra påvirkningen eutrofiering (økt tilførsel av næringsstoffer). Dette gjøres ved analyse av planteplankton i innsjøene og en del vannkjemiske målinger. I tilløpsbekker til disse innsjøene, og i bekker som har utløp til Bunnefjorden, er det foretatt måling av næringsstoffer (nitrogen og fosfor) og en del andre vannkjemiske parametere. Både innsjøene og bekkene inngår i en årlig overvåking. Overvåkingsprogrammet som nå følges, ble opprinnelig etablert ved oppstart av PURA i 2008 og deretter justert med jevne mellomrom frem til dagens overvåkingsprogram.

Vannforekomstene i PURA-området har utløp i Bunnefjorden og Bunnebotn (heretter omtalt som Bunnefjorden), og de vil dermed ha betydning for vannkvaliteten der. Det sentrale i årsrapportene for vannovervåkingen i PURA er en vurdering av den økologiske tilstanden i bekkene og innsjøene¹. I ferskvannforekomster er det nesten alltid fosfor som er begrensende næringsstoff for alger og cyanobakterier, og dermed er det i disse årsrapportene lite omtale av nitrogen. Det er imidlertid et økende fokus på nitrogentilførseler til marine områder, da nitrogen ofte er begrensende næringsstoff for primærproduksjon i saltvann. Avrenning av nitrogen til Oslofjorden kan derfor gi økt algevekst, og generelt forverre den økologiske tilstanden der.

I denne rapporten sammenfatter vi målingene i tidsperioden 2017-2022 av total nitrogen (N-TOT) som er utført i vannforekomstene som PURA dekker. Prøvetakingsfrekvensen har i den perioden i hovedsak ligget fast. På bakgrunn av målingene i denne 6-års perioden forsøker vi å estimere den totale avrenningen av nitrogen til Bunnefjorden, og også vurdere den relative betydningen til de ulike elvene og bekkene som inngår i overvåkingen.

2 Prøvestasjoner og metodikk for beregning av nitrogenavrenning

Overvåkingsprogrammet til PURA omfatter 8 innsjøer og 29 bekker og elver.

Innsjøene er; Østensjøvann (ØSTE) og Årungen (ÅRUN) i Årungenvassdraget og Kolbotnvann (KOLB), Gjersjøen (GJER), Tussetjern (TUSS), Nærevann (NÆRE) og Midtsjøvann (MIDT) i Gjersjøvassdraget. Pollevann (POLL) har utløp mot Bunnefjorden (figur 2-1)

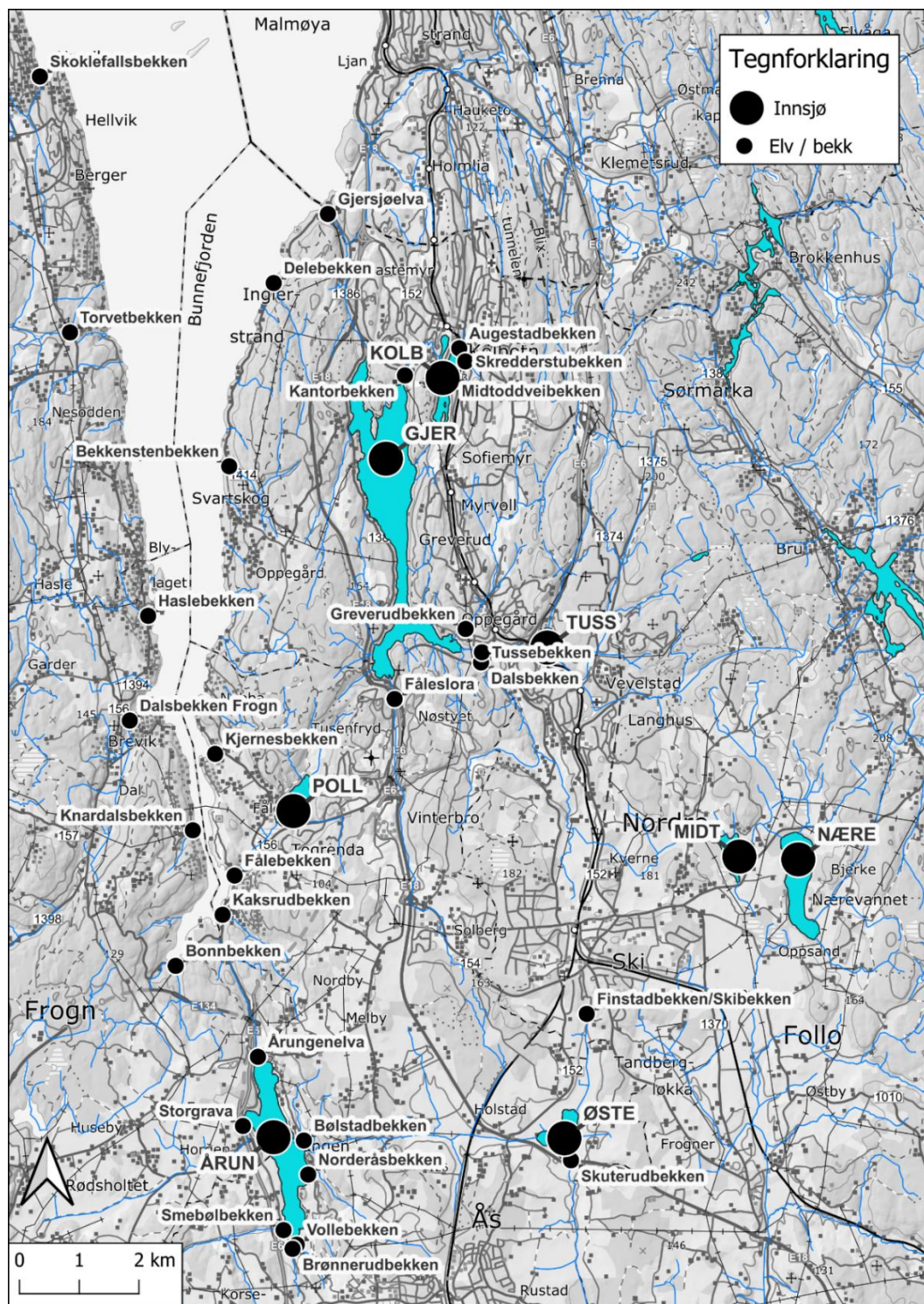
Av de 29 elvene og bekkene er 16 tilløpsbekker til innsjøene i Årungenvassdraget og Gjersjøvassdraget. I tillegg har det blitt foretatt målinger i Gjersjøelva og Årungenelva, som samler avrenningen fra disse vassdragene, samt fra 11 andre bekker som har direkte utløp til Bunnefjorden (figur 2-1).

Datagrunnlaget for konsentrasjoner av total nitrogen er hentet fra portalen Vannmiljø. Som mål på sentraltendens² for nitrogeninnholdet i de ulike vannforekomstene har vi for hver lokalitet beregnet både gjennomsnitt og median. Totalt antall målinger i 6-årsperioden 2017-2022 varierte mellom 22 og 32 for de enkelte prøvestasjonene. Vannprøvene er i hovedsak tatt i perioden april til november, men enkelte målinger fra februar og mars er også inkludert. I innsjøene er det tatt månedlige prøver fra blandings sjiktet i perioden mai – oktober. Vi har ikke tatt hensyn til vannføring i våre beregninger, men med prøver tatt på ulik vannføring gjennom store deler av året og i en periode over seks år, forventer vi at verdiene for sentraltendens² gir oss et relativt godt bilde på den forventede nitrogenkonsentrasjonen i hver av vannforekomstene. I tørkeperioder eller i perioder med svært høy vannføring, kan vi få målinger som er sterkt avvikende fra det som vanligvis

¹ <https://pura.no/publikasjoner/arsrapporter-for-overvakingen/>

² Sentraltendens er den "typiske" verdien for en variabel. Sentraltendensen kan måles ved ulike sentralmål, som gjennomsnitt, median eller modus.

registreres. I våre beregninger for nitrogenavrenning benytter vi derfor medianverdien for hver lokalitet heller enn gjennomsnittet.



Figur 2-1. Oversikt over elver, bekker og innsjøer som inngår i overvåkingsprogrammet til PURA.

For å beregne nitrogentransport fra de ulike bekkene trenger vi i tillegg til nitrogenkonsentrasjon også informasjon om vannføring. I PURA-overvåkingen utføres imidlertid ikke måling av vannføring i elvene og bekkene som inngår i programmet. For å beregne den relative betydningen til hver bekk har vi derfor basert oss på beregnet avrenning i NVE sitt verktøy for nedbørfeltanalyse, NEVINA³, og antatt at vannføringen i bekkene er proporsjonal med størrelsen på nedbørfeltet.

Skuterudbekken er en tilførselsbekk til Østensjøvannet. Siden 1992 har den inngått i NIBIO-programmet «Jord og vannovervåking i landbruket» («JOVA»), hvor både vannføring og avrenning har blitt målt. Avrenningen representerer andelen vann fra nedbøren som renner fra nedslagsfeltene og ut i vassdragene. Som middelverdi for hele overvåkingsperioden var avrenningen i Skuterudfeltet på 550 mm (Bechmann og medarb, 2021). Nedbørfeltet til bekken har et areal på 2,6 km². Dette gir en avrenning på 17,4 L/(sek x km²). Beregningen fra NEVINA for nedbørfeltet til Skuterudbekken ga en verdi på 17,2 L/(sek x km²), altså svært nær den verdien NIBIO fant basert på målinger i sitt JOVA-program. Ved beregning av nitrogentilførsel fra de de ulike elvene og bekkene i PURA-overvåkingen vil trolig avrenningsverdiene som oppgis i NEVINA gi en god tilnærming. I mangel av data for vannføring har vi derfor benyttet disse verdiene i beregningene av nitrogentransport fra hver av bekkene.

I JOVA-programmet har NIBIO også undersøkt nitrogenavrenning fra arealer de definerte som ikke-jordbruksareal og som utmark. I PURA-området vil det i all hovedsak være skog og myr som faller inn under utmark. I avrenning fra skogsområdene i Skuterud-feltet ble det i gjennomsnitt registrert en konsentrasjon av total nitrogen i på 1,2 mg/l, mens gjennomsnittet for alle de undersøkte feltene i JOVA var på 0,6 mg/l (Vandsemb, 2006). Uten eksterne tilførsler fra landbruk, industri og avløp, er det dermed rimelig å anta at vi innenfor PURA-området burde finne en konsentrasjon av total nitrogen i elver og bekker i intervallet 0,6 – 1,2 mg/l.

3 Nitrogenavrenning 2017 - 2022

3.1 Sammenheng mellom nitrogenkonsentrasjon og andel dyrket mark i nedbørfeltet

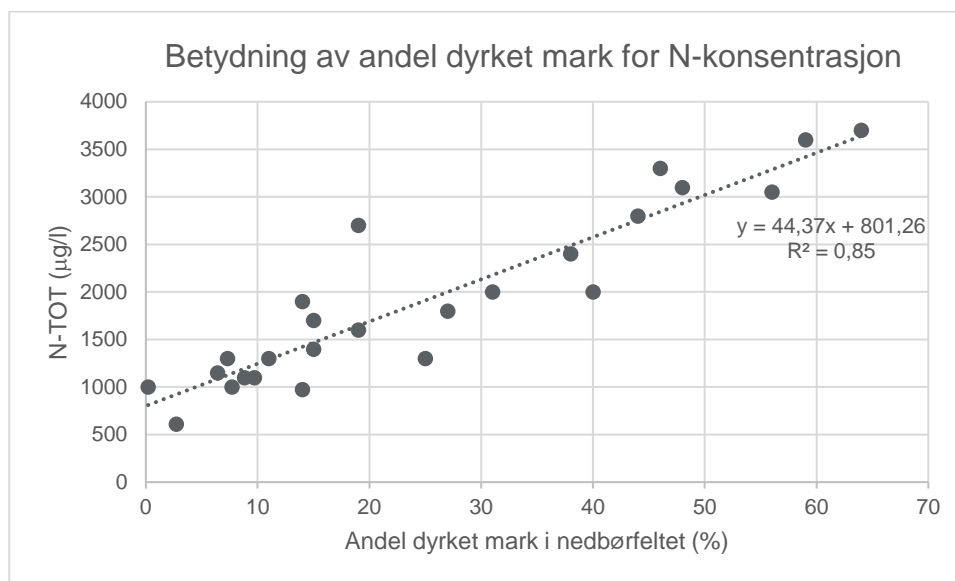
Konsentrasjon av total nitrogen i vannprøver vil variere mye gjennom året. Det er en rekke årsaker til dette, blant andre varierende nedbørforhold, varierende opptak fra primærprodusenter, og gjødslingsperioder. For å få et godt bilde av nitrogenbelastningen til en vannforekomst er det derfor behov målinger som dekker ulike perioder av året over flere år. I PURA – overvåkingen har total nitrogen i tidsperioden 2017 – 2022 i hovedsak blitt målt 5 ganger pr. år. I noen bekker ble nitrogen bare målt to ganger i 2018 og 2019, og en del tilfeller har prøver ikke blitt tatt på grunn av is. I de undersøkte bekkene er det totalt gjort fra 22 til 32 målinger av nitrogenkonsentrasjonen. Prøvetaking i innsjøene har foregått månedlig fra mai til oktober, så her er det tatt 6 prøver per år, og dermed totalt 36 prøver i denne 6-års perioden.

Nitrogen er et betydningsfullt element i gjødsel. Samtidig er nitrogensalter relativt lett løselige i vann. Dette medfører at landbruksvirksomhet i et nedbørfelt som oftest fører til økt avrenning av nitrogen til vannforekomstene. I figur 3-1 har vi sett på sammenhengen mellom prosentandel dyrket mark i nedbørfeltet til bekkene som inngår i PURA-overvåkingen og bekkenes mediankonsentrasjon av total nitrogen i perioden 2017 – 2022. Vi ser da at det er en svært god sammenheng, hvor andelen dyrket mark forklarer ca. 85% av variasjonen i nitrogenkonsentrasjon i de ulike bekkene. Regresjonslinjen skjærer y-aksen ved en nitrogenkonsentrasjon på 0,8 mg/l. Dette punktet indikerer forventet nitrogenkonsentrasjon uten dyrket mark i

³ <https://nevina.nve.no/>

nedbørfeltet, og er i god overensstemmelse med det NIBIO fant som gjennomsnitt for ikke-jordbruksareal (0,6 mg/l) (Vandsemb, 2006).

De undersøkte bekkene i PURA – overvåkingen dekker ikke hele nedbørfeltet til innsjøene de renner inn i. I Gjersjøvassdraget og Årungenvassdraget benytter vi regresjonslinjen i figur 3-1 til å estimere nitrogenavrenningen fra det arealet som ikke dekkes av bekkene. Andelen dyrket mark i dette området finner vi ved å subtrahere arealene av dyrket mark i nedbørfeltene til bekkene fra det totale arealet dyrket mark i innsjøens nedbørfelt. Data for dette finner vi ved bruk av verktøyet NEVINA.



Figur 3-1. Sammenhengen mellom nitrogenkonsentrasjon (som median for perioden 2017 - 2022) i elver og bekker i PURA-området og andelen dyrket mark i nedbørfeltene. Verdien for Kaksrudbekken ble definert som en ekstremverdi (outlier), og er ikke inkludert i datasettet. NEVINA klarer ikke beregne nedbørfeltparametere i tilførselsbekkene til Kolbotnvann (Augestadbekken, Skredderstubekken og Midtoddveibekken), og disse bekkene er derfor heller ikke inkludert i datasettet.

3.2 Gjersjøvassdraget

3.2.1 Tilførsler til Kolbotnvann

Medianverdien for total nitrogen i de tre undersøkte tilførselsbekkene til Kolbotnvann var relativt lik med ca. 2000 µg/l. NEVINA klarer ikke å beregne avrenningen fra tilførselsbekkene til Kolbotnvann fordi disse i stor grad går i rør under bakken. Vi har her derfor benyttet gjennomsnittet av avrenningen fra alle de øvrige bekkene i PURA-området, noe som ga 15,8 liter per sekund per kvadratkilometer (tabell 3-1). I Midtoddveibekken varierte målingene av total nitrogen (N-TOT) fra 1400 til 29000 µg/l. Noen ekstremt høye verdier ga her vesentlig høyere gjennomsnittsverdi enn medianverdi. I de to andre bekkene var forskjellen mellom gjennomsnitt og median liten (tabell 3-1). I henhold til NEVINA er andelen dyrket mark i de områdene som ikke dekkes av de undersøkte bekkene bare på 1,3%. Ved bruk av regresjonen i figur 3-1, har vi estimert medianverdien for N-TOT i dette dyrkede området til 859 µg/l. Dette i hovedsak skogdekte arealet utgjør hele 45% av nedbørfeltet til Kolbotnvann, mens nitrogenbidraget herfra anslagsvis utgjør 25%. Nesten halvparten

av nitrogentilførselen kommer fra Skredderstubekken, mens Augestadbekken bidrar med ca. 20% og Midtoddveibekken ca. 5% (tabell 3-1).

Tabell 3-1. Tilløpsbekker til Kolbotnvann, nedbørfeltparametere og nitrogeninnhold. N-TOT = Total nitrogen. * Estimert verdi (ikke målt).

Tilførsel	Areal (km ²)	Nedbørfelt		Avrenning (L/sek x km ²)	N-TOT, 2017 – 2022 (µg/l)		Bidrag, N-TOT	
		Leire, %	Dyrket mark, %		Gj.snitt	Median	% av N-tilførsel	Kg N/år km ²
Augestadbekken	0,42			15,8	2318	2250	21	1122
Skredderstubekken	1,08			15,8	1996	2000	48	997
Midtoddveibekken	0,14			15,8	3743	2000	6	997
Øvrige tilførsler	1,32		1,3	15,8		859*	25	428

3.2.2 Tilførsler til Gjersjøen

I alle de undersøkte tilførselsbekkene til Gjersjøen lå medianverdien for målingene av total nitrogen i perioden 2017-2022 noe lavere enn gjennomsnittsverdien. Forskjellen var imidlertid ikke stor, som forteller at det ikke ble registrert noen ekstremverdier i disse bekkene. Dalsbekken og Tussebekken har de klart største nedbørfeltene, men konsentrasjonen av N-TOT i Tussebekken var bare omtrent halvparten av det vi fant i Dalsbekken. Mens Dalsbekken bidro med over 40% av den totale nitrogentilførselen til Gjersjøen, bidro Tussebekken bare med ca. 20%. I Kantorbekken og Greverudbekken var konsentrasjonen av N-TOT på samme nivå som i Tussebekken, og samlet utgjorde nitrogentilførselen til Gjersjøen fra disse to bekkene ca. 13%. Nitrogenavrenningen per arealenhet var klart høyest i Fåleslora (figur 3-2) med ca. 1300 kg N per år per kvadratkilometer, og nitrogenbidraget fra denne bekken lå på ca. 15% av de totale tilførslene til Gjersjøen (tabell 3-2).

Av Gjersjøens nedbørfelt på 82 km² er det i overkant av 14 km² som ikke dekkes av de undersøkte tilførselsbekkene. Ut fra beregninger i NEVINA var andelen dyrket mark i dette området på 6,8%. Ved bruk av regresjonen i figur 3-1 estimerte vi en nitrogenkonsentrasjon fra dette området på 1103 µg/l, noe som ga et nitrogenbidrag til Gjersjøen på 12% (tabell 3-2)



Figur 3-2. Fåleslora. Foto: Norconsult

Tabell 3-2. Tilløpsbekker til Gjersjøen, nedbørfeltparametere og nitrogeninnhold. N-TOT = Total nitrogen. * Estimert verdi (ikke målt).

Tilførsel	Areal (km ²)	Nedbørfelt		Avrenning (L/sek x km ²)	N-TOT, 2017 – 2022 (µg/l)		Bidrag, N-TOT	
		Leire, %	Dyrket mark, %		Gj.snitt	Median	% av N-tilførsel	Kg N/år km ²
Fåleslora	7,1	43	19	15,6	2903	2700	14	1329
Kantorbekken	3,7	7,1	0,2	14,9	1105	1000	3	470
Greverudbekken	10,2	29	7,3	15,4	1381	1300	10	632
Dalsbekken	26,0	47	31	16,8	2214	2000	42	1060
Tussebekken	20,5	23	6,4	16,3	1393	1150	19	592
Øvrige tilførsler	14,4		6,8	15,6		1103*	12	543

3.3 Årungenvassdraget

3.3.1 Tilførsler til Østensjøvann

Nedbørfeltet til Skuterudbekken er nesten dobbelt så stort som det til Skibekken. For perioden 2017-2022 var også medianverdien for N-TOT nesten det dobbelte i Skuterudbekken. Det resulterer i at over 40% av nitrogentilførselene til Østensjøvann kommer via denne bekken, mens bare noe over 10% kommer fra Skibekken. Disse to bekkene dekker bare litt over halvparten av nedbørfeltet til Østensjøvann. Ut fra beregninger basert på data fra NEVINA utgjorde dyrket mark hele 60% av arealet som ikke inngår i nedbørfeltene til de undersøkte bekkene. Nitrogenkonsentrasjonen her ble dermed estimert til omtrent det samme som vi fant i Skuterudbekken, noe som tilsier at omtrent 45% av nitrogentilførselene til Østensjøvann kom herfra (tabell 3-3).

Tabell 3-3. Tilløpsbekker til Østensjøvann, nedbørfeltparametere og nitrogeninnhold. N-TOT = Total nitrogen. * Estimert verdi (ikke målt).

Tilførsel	Areal (km ²)	Nedbørfelt		Avrenning (L/sek x km ²)	N-TOT, 2017 – 2022 (µg/l)		Bidrag, N-TOT	
		Leire, %	Dyrket mark, %		Gj.snitt	Median	% av N-tilførsel	Kg N/år km ²
Skibekken	2,6	52	14	17,5	2166	1900	13	1049
Skuterudbekken	4,7	52	59	17,2	5163	3600	42	1954
Øvrige tilførsler	5,6		60	16,1		3459*	45	1757

3.3.2 Tilførsler til Årungen

Bølstadbekken, Storgrava og Smebølbekken er de tre klart største tilførselsbekkene til Årungen. Samtidig var det disse som i perioden 2017-2022 hadde høyest konsentrasjon av total nitrogen. Medianverdien for målingene lå for alle disse tre bekkene på over 3000 µg/l, og samlet utgjorde de 85% av nitrogentilførselene til Årungen. Andelen av nedbørfeltet til Årungen som ikke var dekket av de undersøkte tilførselsbekkene utgjorde bare ca. 10%. Ut fra data i NEVINA beregnet vi at andelen dyrket mark i dette området var på 30%.

Basert på regresjonen i figur 3-1, ga det en estimert medianverdi for nitrogen på 1536 µg/l. Tilførslene fra dette arealet ble beregnet til å utgjøre ca. 6% av totalt tilført nitrogen til Årungen (tabell 3-4).

Tabell 3-4. Tilløpsbekker til Årungen, nedbørfeltparametere og nitrogeninnhold. N-TOT = Total nitrogen. * Estimert verdi (ikke målt).

Tilførsel	Areal (km ²)	Nedbørfelt		Avrenning (L/sek x km ²)	N-TOT, 2017 – 2022 (µg/l)		Bidrag, N-TOT	
		Leire, %	Dyrket mark, %		Gj.snitt	Median	% av N-tilførsel	Kg N/år km ²
Bølstadbekken	23,9	68	46	16,4	3239	3300	52	1708
Norderåsbekken	3,2	51	44	15,7	3270	2800	6	1387
Vollebekken	2,1	50	40	15,9	2499	2000	3	1004
Brønnerudbekken	0,6	82	38	14,7	2931	2400	1	1113
Smebølbekken	7,1	74	56	15,1	3162	3050	13	1453
Storgrava	8,5	64	64	15,4	3944	3700	20	1798
Øvrige tilførsler	4,6		30	13,9		1536*	6	943

3.4 Vassdrag Bunnefjorden

I overvåkingsprogrammet til PURA inngår 11 bekker som har direkte utløp til Bunnefjorden. Samlet omtaler vi disse bekkene som vassdrag Bunnefjorden. På østsiden av Bunnefjorden ligger de undersøkte bekkene i området fra Ingierstrand og sørover, mens de på Nesodden går nordover til Ursvik. Totalt dekker nedbørfeltene til disse bekkene et areal på 53,5 km². Halvparten av nitrogentilførselen fra bekkene kommer fra Kaksrudbekken og Haslebekken. I Haslebekken var ikke nitrogeninnholdet veldig høyt i perioden 2017 – 2022, med en medianverdi for N-TOT på 1600 µg/l. Denne bekken har imidlertid et stort nedbørfelt. Kaksrudbekken (figur 3-3) har derimot et relativt lite nedbørfelt, men konsentrasjonen av total nitrogen var meget høy. Med en medianverdi på 4700 µg/l var dette den bekken i overvåkingsprogrammet til PURA med klart høyest nitrogeninnhold. Nitrogenkonsentrasjonen var lavest i Delebekken, med en medianverdi på 610 µg/l, mens denne lå i intervallet 975 – 1700 µg/l for de øvrige bekkene (tabell 3-5).



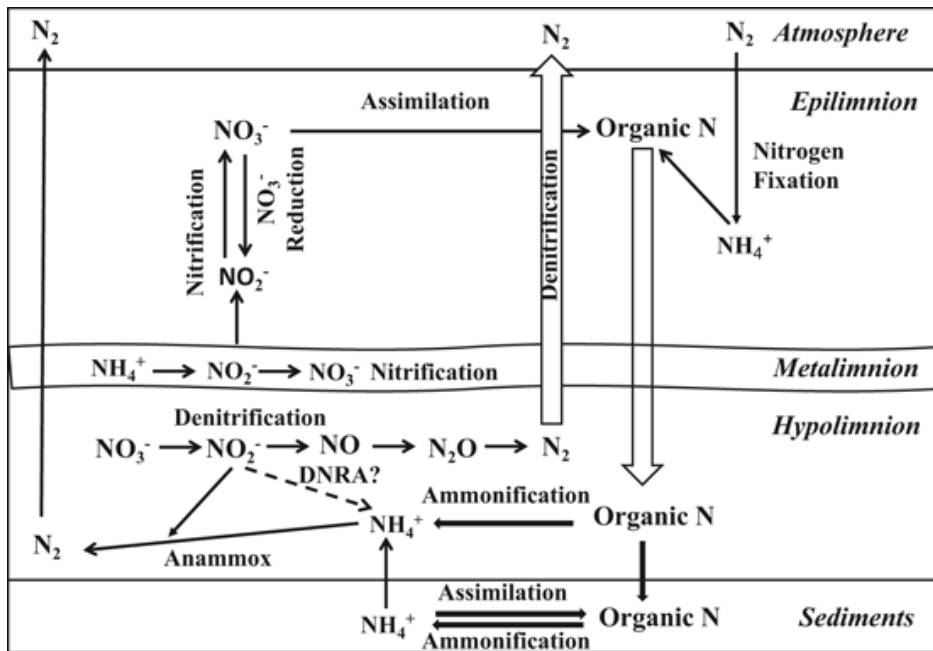
Figur 3-3. Kaksrudbekken. Foto: Norconsult

Tabell 3-5. Tilløpsbekker til Bunnfjorden, nedbørfeltparametere og nitrogeninnhold. N-TOT = Total nitrogen.

Tilførsel	Areal (km ²)	Nedbørfelt		Avrenning (L/sek x km ²)	N-TOT, 2017 – 2022 (µg/l)		Bidrag, N-TOT	
		Leire, %	Dyrket mark, %		Gj.snitt	Median	% av N-tilførsel	Kg N/år km ²
Delebekken	1,6	10	2,7	12,8	713	610	1	246
Bekkenstenbekken	1,5	39	7,7	13,7	1178	1000	2	432
Kjernesbekken	0,5	49	25	12,0	1475	1300	1	492
Fålebekken	7,4	43	9,7	13,1	1133	1100	8	455
Kaksrudbekken	4,0	47	38	15,5	4744	4700	23	2299
Bonnbekken	6,7	38	27	14,0	2215	1800	13	795
Knardalsbekken	0,9	9,8	14	14,2	1027	975	1	437
Dalsbekken (Frogn)	5,0	19	15	13,7	1809	1700	9	735
Haslebekken	14,4	38	19	14,4	1735	1600	26	727
Torvetbekken	6,5	38	11	13,9	1426	1300	9	570
Skoklefallsbekken	5,0	16	8,8	13,1	1227	1100	6	455
<i>Samlet areal</i>	53,5							

4 Nitrogen i innsjøer

Nitrogen som tilføres en innsjø vil omsettes. Det vil hovedsakelig foreligge i form av nitrat (NO₃-N) eller ammonium (NH₄-N), eller nitrogenet er organisk bundet. Nitrogen kan assimileres av planter eller planteplankton, eller det kan oksideres eller reduseres til andre former. Noe av nitrogenet kan akkumuleres i sedimentene eller det kan omdannes til nitrogengass som avgis til atmosfæren. Sedimentene kan imidlertid også være en nitrogenkilde til vannmassene. Et eksempel på nitrogenomsetning innad i en innsjø er vist i figur 4-1 (Hadas, 2014). Den viser tydelig at vi ikke kan forvente at målt nitrogenkonsentrasjon i innsjøen vil være i samsvar med en beregnet verdi basert på innholdet av nitrogen i tilførselene til innsjøen. Så lenge vi ikke har et nitrogenbudsjett for en innsjø kan en sammenlikning mellom målte verdier og en slik teoretisk beregnet verdi likevel gi oss noe nyttig informasjon. I det minste kan det gi et inntrykk av i hvilken grad nitrogen holdes tilbake i innsjøen.



Figur 4-1. Nitrogenomsetning i en innsjø. Eksempel fra Genesaretsjøen (Hadas, 2014).

Vannets oppholdstid i en innsjø varierer, og unntatt i sirkulasjonsperioder vil ikke nitrogenkonsentrasjonen være lik fra overflate til bunn. I PURA-overvåkingen måles nitrogenkonsentrasjonen i innsjøens blandingssjikt en gang i måneden i vekstperioden. Ved første og siste prøvetaking, det vil si i mai og oktober, vil som regel mesteparten eller hele vannmassen sirkulere. I sommerperioden tas prøvene fra blandingssjiktet, det vil si fra de øverste meterne. Flesteparten av nitrogenmålingene i bekkene gjennomføres også i vekstperioden fra april til oktober, men her inkluderes også prøver fra februar/mars og november. Med 25 – 35 målinger av total nitrogen tatt på forskjellig tid av sesongen over en 6-årsperiode, er det rimelig å tro at medianverdien gir et rimelig godt inntrykk av det typiske nitrogeninnholdet både i bekkene og innsjøene.

Ved å benytte informasjonen i tabell 3-1 – tabell 3-4 kan vi estimere hva nitrogenkonsentrasjonen i innsjøen ville ha vært dersom prosessene i innsjøene ikke ga noe netto tilskudd eller tap. Dette er ikke relevant for Nærevann, Midtsjøvann, Tussetjern eller Pollevann, der det ikke utføres målinger av nitrogen i tilførselsbekker. Østensjøvann har få tilløpsbekker, og vi benytter derfor den for å vise hvordan vi kan estimere en teoretisk nitrogenverdi for innsjøen. Nitrogenbidraget fra hver tilførselskilde er beregnet fra nedbørfeltets areal, avrenningen og mediankonsentrasjonene av nitrogen. Fra tabell 3-3 får vi da:

$$N-TOT(\varnothing_{STE}) = N-TOT_{Skibekken} \times A_n + N-TOT_{Skuterudbekken} \times A_n + N-TOT_{\varnothingvrige\ tilf\varnothingrsler} \times A_n$$

A_n representerer andel av total nitrogentilførsel. Vi får da:

$$N-TOT(\varnothing_{STE}) = 1900 \times 0,1254 + 3600 \times 0,4222 + 3459 \times 0,4524 = 3323 \mu g\ N/l$$

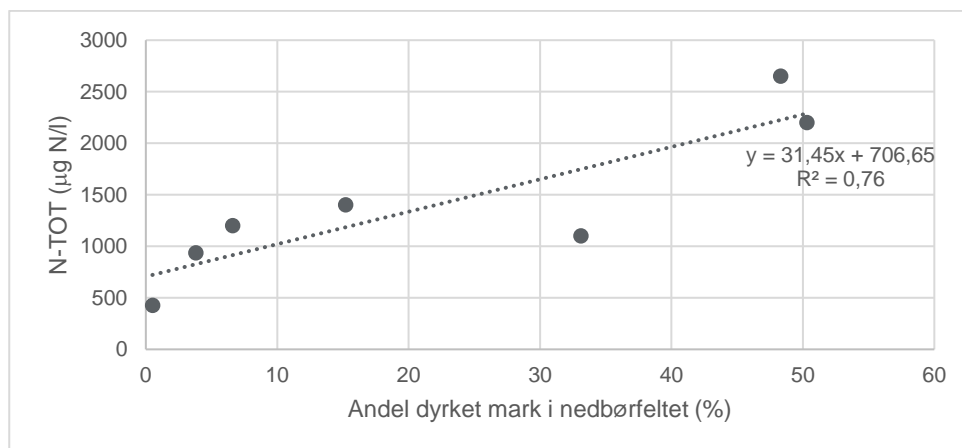
Av de fire øvrige innsjøene er det Kolbotnvann som klart skiller seg ut. Der finner vi en nitrogenkonsentrasjon som er vesentlig lavere enn vi skulle forvente ut fra nitrogeninnholdet i tilløpsbekkene. Hvor mye av det tilførte nitrogenet som holdes tilbake i innsjøbassenget betegnes gjerne som *retensjon*. Retensjonen av nitrogen i Kolbotnvann synes dermed å være høy. Hva som er årsakene til dette kjenner vi ikke. I Årungen og Gjersjøen

indikerer resultatene at retensjonen av nitrogen er lav siden målt konsentrasjon bare er noe lavere enn estimert konsentrasjon ut fra nitrogeninnholdet i tilførslene til innsjøene (tabell 4-1).

Tabell 4-1. Innsjøer i PURA-området, nedbørfeltparametere og nitrogeninnhold. N-TOT = Total nitrogen.

Tilførsel	Areal (km ²)	Nedbørfelt		Avrenning (L/sek x km ²)	N-TOT, 2017 – 2022 (µg/l)			
		Leire, %	Dyrket mark, %		Gj.snitt	Median	Estimert N-TOT	N-TOT i % av estimert
Tussetjern	20	22	6,6	16,3	1251	1200		
Nærevann	9,3	46	31	17,2	1025	845		
Midtsjøvann	13	47	33	17,0	1347	1100		
Kolbotnvann	3,0			15,8	461	425	1766	24
Gjersjøen	82	31	15	15,6	1419	1400	1740	80
Østensjøvann	13	69	50	15,5	2561	2200	3323	66
Årungen	50	66	48	15,7	2969	2650	3210	83
Pollevann	5,2	42	3,8	14,2	924	935		

Som for bekkene er det et godt samsvar mellom nitrogenkonsentrasjon i innsjøene og andelen dyrket mark i nedbørfeltet. Over 70% av nedbørfeltet til Midtsjøvann og Nærevann er felles, og i regresjonen i figur 4-2 er disse derfor slått sammen til ett punkt. De innsjøene som ligger godt under regresjonslinjen, og som dermed har et lavere nitrogeninnhold enn forventet ut fra andel dyrket mark i nedbørfeltet, er Nærevann, Midtsjøvann og Kolbotnvann. Dette kan skyldes at avrenningen av nitrogen til innsjøene er mindre enn vi kunne vente, eller at retensjonen av nitrogen i disse innsjøene er større enn i de øvrige. For Kolbotnvann ser det ut til at det siste er tilfellet, i og med at vi der har data fra tilløpsbekkene, mens vi ikke har mulighet til å vurdere årsaken til dette i Nærevann og i Midtsjøvann.



Figur 4-2. Sammenheng mellom andelen dyrket mark i nedbørfeltet og konsentrasjonen av total nitrogen (N-TOT) i innsjøene i PURA-området. Verdien for Nærevann er utelatt, siden nedbørfeltet i stor grad overlapper med Midtsjøvann, og ga tilnærmet samme verdi. For Kolbotnvann er andelen dyrket mark estimert til 0,5%. Data som median for perioden 2017-2022.

5 Nitrogentilførsel til Bunnefjorden

Overvåkingsprogrammet til PURA omfatter Gjersjøvassdraget, Årungenvassdraget og vassdraget Bunnefjorden. Vassdrag Bunnefjorden inkluderer også Årungenelva og Gjersjøelva, men i denne sammenhengen er det naturlig å omtale disse som del av Gjersjøvassdraget og Årungenvassdraget. Her benytter vi dermed vassdrag Bunnefjorden som et fellesnavn på de 11 bekkene PURA overvåker som har direkte utløp til Bunnefjorden. I de foregående avsnittene har vi sett på den relative betydningen for den totale nitrogentransporten fra de ulike bekkene. Nitrogen er et meget mobilt grunnstoff, og retensjonen av dette elementet i innsjøer er vanligvis på mindre enn 30% (Staalstrøm og medarb., 2022). Dette betyr at utslipp høyt oppe i nedbørfeltet kan ha nær samme negative effekt i et marint miljø som direkte utslipp til havet. Gjennom beregningene utført i denne rapporten er det indikasjoner på at nitrogenretensjonen i Kolbotnvann er langt høyere enn 30%, men innsjøen utgjør bare en liten del av nedbørfeltet til Gjersjøen. En sammenlikning av nitrogeninnhold i tilførselsbekker og innsjøer over en 6-årsperiode antyder at nitrogenretensjonen i Årungen og Gjersjøen kun er på ca. 20%.

Informasjon om den relative betydningen for hver enkelt bekk som nitrogenkilde kan være viktig ved prioritering av tiltak, men den totale nitrogentilførselen fra Gjersjøvassdraget og Årungenvassdraget domineres klart av tilførselen fra henholdsvis Gjersjøelva og Årungenelva. Den totale nitrogentilførselen fra PURA-området til fjorden utgjøres av bidraget fra Gjersjøelva, Årungenelva og de 11 øvrige bekkene med direkte utløp til Bunnefjorden. Vi ser fra tabell 5-1 at bidraget fra disse 11 bekkene samlet utgjør 23% av den totale nitrogentilførselen, mens Gjersjøelva bidrar med 33% og Årungenelva med 44%. Det er verdt å merke seg at vi har beregnet nitrogentilførselen fra hele Gjersjøvassdraget og Årungenvassdraget, mens vassdrag Bunnefjorden kun inkluderer arealet til nedbørfeltene til de 11 bekkene som inngår.

For 6-års perioden 2017-2022 blir vårt beste estimat at samlet nitrogentilførsel til Bunnefjorden fra PURA-området er på 174 tonn N per år. Avrenning av nitrogen per arealenhet var nesten dobbelt så stor i Årungenvassdraget som i andre undersøkte områdene. En arealspesifikk avrenning på 650 – 1500 Kg N/år km² er langt høyere enn det vi finner i de store vassdragene våre. I Glomma ble denne for eksempel beregnet til ca. 300 Kg N/år km² (Engesmo og medarb., 2022).

Tabell 5-1. Tilløp til Bunnefjorden, nedbørfeltparametere og nitrogeninnhold. N-TOT = Totalt nitrogen.

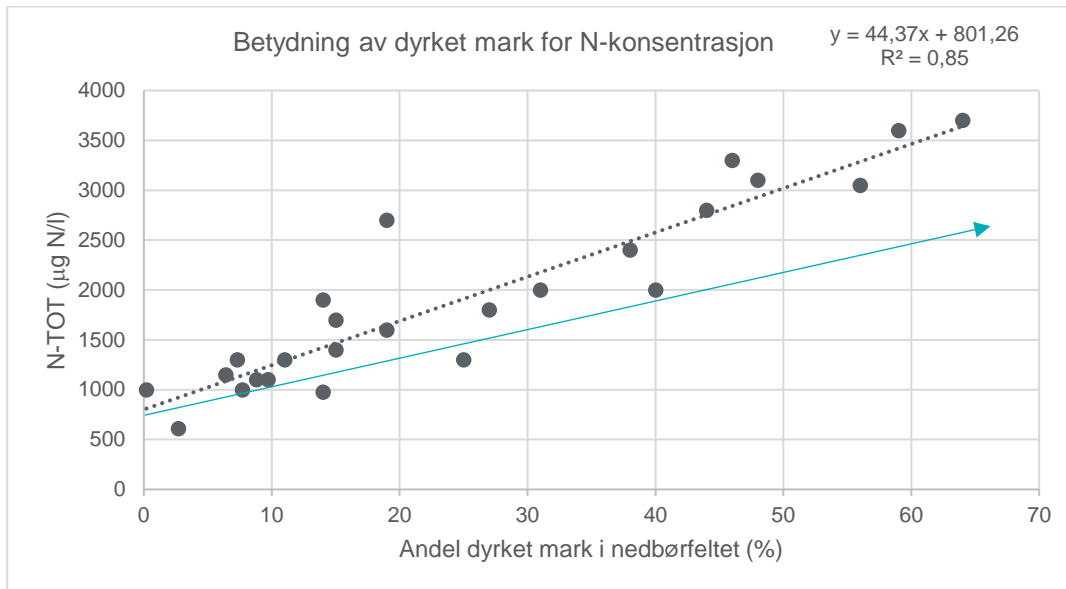
Tilførsel	Areal (km ²)	Nedbørfelt		Avrenning (L/sek x km ²)	N-TOT, 2017 – 2022 (µg/l)		Bidrag, N-TOT	
		Leire, %	Dyrket mark, %		Gj.snitt	Median	% av N-tilførsel	Kg N/år km ²
Gjersjøelva, utløp	85,0	30	15	15,5	1416	1400	33	657
Årungenelva, utløp	52,0	65	47	15,7	3050	3030	44	1502
Vassdrag Bunnefjorden	53,5						23	742

I tabell 5-2 har vi sortert alle de undersøkte bekkene fra høy til lav nitrogentransport. De tre øverste linjene i tabellen viser tilførselene til Bunnefjorden, mens resten av tabellen rangerer alle bekkene som inngår i PURA-overvåkingen. Av disse ser vi at nitrogentransporten er klart størst i Bølstadbekken. Bekken kommer fra Østensjøvann, men nitrogeninnholdet er mye høyere i bekken enn i innsjøen (se tabell 4-1). Det kan bety at det er betydelig avrenning av nitrogen til Bølstadbekken i området mellom Østensjøvann og Årungen. I Gjersjøvassdraget er Dalsbekken viktigst. Omtrent 30% av nitrogenavrenningen fra Gjersjøvassdraget transporteres gjennom denne bekken.

Tabell 5-2. Nitrogentilførsel til Bunnefjorden fra PURA-området. Data er sortert etter estimert nitrogentransport i bekker, fra høyest til lavest.

Lokalitet	Vassdrag	N-TOT (median)	Tonn N /år	kg N /år km ²
Årungenelva, utløp	ÅRU	3030	78	1502
Gjersjøelva, utløp	GJE	1400	58	685
Vassdrag Bunnefjorden	BUN		40	742
Bølstadbekken	ÅRU	3300	41	1708
Dalsbekken (DAL)	GJE	2000	28	1060
Storgrava	ÅRU	3700	15	1798
Tussebekken	GJE	1150	12	592
Haslebekken	BUN	1600	10	727
Smebølbekken	ÅRU	3050	10	1453
Fåleslora	GJE	2700	9,4	1329
Kaksrudbekken	BUN	4700	9,2	2299
Skuterudbekken	ÅRU	3600	9,2	1954
Greverudbekken	GJE	1300	6,4	632
Bonnbekken	BUN	1800	5,3	795
Norderåsbekken	ÅRU	2800	4,4	1387
Torvetbekken	BUN	1300	3,7	570
Dalsbekken (DBK)	BUN	1700	3,7	735
Fålebekken	BUN	1100	3,4	455
Skibekken	ÅRU	1900	2,7	1049
Skoklefallbekken	GJE	1100	2,3	455
Vollebekken	ÅRU	2000	2,1	1004
Kantorbekken	GJE	1000	1,7	470
Skredderstubekken	GJE	2000	1,1	997
Brønnerudbekken	ÅRU	2400	0,7	1113
Bekkenstensbekken	BUN	1000	0,6	432
Augestadbekken	GJE	2250	0,5	1122
Delebekken	BUN	610	0,4	246
Knardalbekken	BUN	975	0,4	437
Kjernesbekken	BUN	1300	0,2	492
Midtoddveibekken	GJE	2000	0,1	997

For et så mobilt grunnstoff som nitrogen, er det ikke realistisk å forvente like lave nitrogenkonsentrasjon i vannforekomster med mye landbruksvirksomhet i nedbørfeltet som i vannforekomster hvor det ikke er noen slik virksomhet. I PURA – området så vi at det var en nær sammenheng mellom andelen dyrket mark i nedbørfeltet og nitrogeninnhold i bekkene (figur 3-1). I figur 5-1 har vi kopiert figur 3-1, men lagt inn en linje som antyder en nedre grense for datasettet. Vi har ikke utført detaljerte analyser av de ulike nedbørfeltene, og det kan være naturlige årsaker til at enkelte bekker har høyere nitrogenkonsentrasjon enn andre, selv om andelen dyrket mark i nedbørfeltet er den samme. Dersom vi likevel benytter punktene som ligger lavest i diagrammet i figur 5-1 som en indikasjon på hva slags nitrogenkonsentrasjon som kan være mulig å oppnå med dagens drift, tilsier det at en reduksjon i nitrogenavrenning på 20-25% bør være mulig.



Figur 5-1. Sammenhengen mellom nitrogenkonsentrasjon (som median for perioden 2017 - 2022) i elver og bekker i PURA-området og andelen dyrket mark i nedbørfeltene. Blå linje antyder en nedre grense for dette datasettet.

I en forvaltningssammenheng er det trolig mer interessant å vite hvor stor nitrogenavrenningen er fra et område sammenliknet med det vi burde forvente. Dette er informasjon som kan bidra til å gjøre en hensiktsmessig prioritering av hvor eventuelle tiltak bør settes inn. I tabell 5-3 har vi beregnet forventet nitrogenkonsentrasjon ut fra regresjonen i figur 5-1 og sortert bekkene etter hvor stort avvik de har fra denne regresjonslinjen. I tilførselsbekkene til Kolbotnvann klarer ikke NEVINA å beregne nedbørfeltparametere. Disse bekkene ligger imidlertid i et urbant område, praktisk talt uten noe dyrket mark. Nitrogenkonsentrasjoner i bekkene på ca. 2000 $\mu\text{g/l}$ er derfor over det dobbelte av hva vil få fra regresjonen i figur 5-1. Forhøyet nitrogeninnhold i disse bekkene kommer med stor sannsynlighet fra kommunalt avløp. Det samme gjelder for Skibekken og Kantorbekken, og kan forklare at nitrogeninnholdet i de er klart høyere enn andelen dyrket mark i nedbørfeltet skulle tilsi (tabell 5-3).

Det er selvsagt store usikkerheter i disse anslagene. Nitrogeninnholdet i bekkene er i de fleste tilfeller basert på 25 – 30 målinger, vi har estimert transport kun ut fra størrelse på nedbørfelt og vi har ikke sett på innholdet av ammonium eller nitrat, men kun total nitrogen. Likevel mener vi at en slik sammenstilling kan ha en viss verdi dersom vi ser betydelige utslag. I dette materialet mener vi det er grunnlag for å gjøre ytterligere undersøkelser for å avdekke nitrogenkildene til Kaksrubbekken og til Fåleslora. Dette er to bekker hvor nitrogeninnholdet er vesentlig høyere enn forventet. Det kan bety at avrenningen fra dyrket mark her er høyere enn ellers, eller det finnes andre betydningsfulle kilder til nitrogen i nedbørfeltet. Etter vår mening bør det også utføres nærmere undersøkelser i området mellom Østensjøvann og Årungen. Bølstadbekken er en stor og betydningsfull bekk (figur 5-2). Nitrogeninnholdet i den er høyere enn forventet, og nitrogenkonsentrasjonen ser ut til å være klart høyere ved innløpet til Årungen enn den er i Østensjøvann.

Tabell 5-3. Nitrogentilførsel til Bunnefjorden fra PURA-området. Data er sortert etter avvik fra regresjonslinjen som indikerer en forventet nitrogenkonsentrasjon ut fra andelen dyrket mark i nedslagsfeltet.

Lokalitet	Vassdrag	N-TOT (median)	Estimert N-TOT	Avvik (%)	tonn N /år	kg N /år km ²
Skredderstubekken	GJE	2000			1,1	997
Augestadbekken	GJE	2250			0,5	1122
Midtoddveibekken	GJE	2000			0,1	997
Kaksrudbekken	BUN	4700	2487	89	9,2	2299
Fåleslora	GJE	2700	1644	64	9,4	1329
Skibekken	ÅRU	1900	1422	34	2,7	1049
Kantorbekken	GJE	1000	810	23	1,7	470
Bølstadbekken	ÅRU	3300	2842	16	41	1708
Dalsbekken (DBK)	BUN	1700	1467	16	3,7	735
Greverudbekken	GJE	1300	1125	16	6,4	632
Tussebekken	GJE	1150	1085	6	12	592
Årungenelva	ÅRU	3100	2931	6	77	1536
Skuterudbekken	ÅRU	3600	3419	5	9,2	1954
Norderåsbekken	ÅRU	2800	2754	2	4,4	1387
Storgrava	ÅRU	3700	3641	2	15	1798
Torvetbekken	BUN	1300	1289	1	3,7	570
Haslebekken	BUN	1600	1644	-3	10	727
Brønnerudbekken	ÅRU	2400	2487	-4	0,7	1113
Gjersjøelva	GJE	1400	1467	-5	58	685
Smebølbekken	ÅRU	3050	3286	-7	10	1453
Skoklefallbekken	BUN	1100	1192	-8	2,3	455
Dalsbekken (DAL)	GJE	2000	2177	-8	28	1060
Bonnbekken	BUN	1800	1999	-10	5,3	795
Fålebekken	BUN	1100	1232	-11	3,4	455
Bekkenstensbekken	BUN	1000	1143	-13	0,6	432
Vollebekken	ÅRU	2000	2576	-22	2,1	1004
Knardalbekken	BUN	975	1422	-31	0,4	437
Kjernesbekken	BUN	1300	1911	-32	0,2	492
Delebekken	BUN	610	921	-34	0,4	246

6 Referanser

Bechmann, M., Stenrød, M., Kværnø, S.H. og Eggestad, H.O. (2021). *Erosjon og tap av næringsstoffer og plantevernmidler fra jordbruksdominerte nedbørfelt - Sammendragsrapport fra Program for jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA) for 1992—2019*. NIBIO rapport vol. 7, nr. 135.

Engesmo, A., Staalstrøm, A., Gran, S. og Kaste, Ø. (2022). *Overvåking av Ytre Oslofjord 2019-2023. Tilførsler og undersøkelser i vannmassene i 2021. Fagrapport*. NIVA rapport 7759-2022.

Hadas, O. (2014). *Microbial Processes Within the Nitrogen Cycle*. I: Zohary, T., Sukenik, A., Berman, T., Nishri, A. (red) Lake Kinneret. Aquatic Ecology Series, vol 6. Springer, Dordrecht.

Staalstrøm, A., Walday, M., Vogelsang, C., Frigstad, H., Borgersen, G., Albretsen, J. og Naustvoll, L-J. (2022). *Utredning av behovet for å redusere tilførslene av nitrogen til Ytre Oslofjord*. NIVA rapport 7723-2022.

Vandsemb, S.M. (2006). *Kvantifisering av tap av nitrogen, fosfor og erosjon fra ikke-jordbruksarealer i JOVA-programmet (Jord og vannovervåking i landbruket). Fokus på utmarksavrenning*. Bioforsk rapport vol. 1, nr.56