



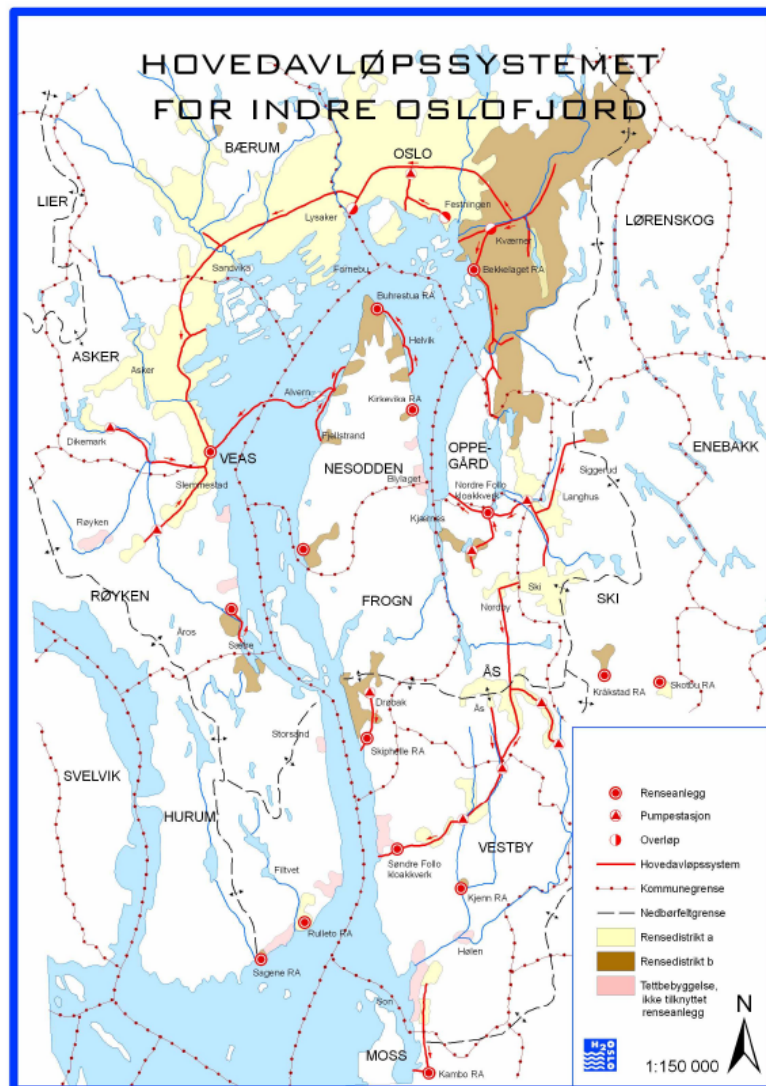
Fagrådet
for vann- og avløpsteknisk
samarbeid i indre Oslofjord



STRATEGI 2010

– Strategiplan –

Fagrådsrapport nr. 107



Forfattere Christian Vogelsang, Oddvar Lindholm, John Arthur Berge, Eirik Førland, Jan Magnusson, Birger Bjerkeng, Dag Juvkam, Tone Merete Muthanna, Ingun Tryland, Zuliang Liao og Helge Liltved	Oppdragsgiver Fagrådet for indre Oslofjord
	Fagrådsrapportnr. 107 År: 2010

Forord

Vann- og avløpssektoren i regionen rundt indre Oslofjord står overfor store utfordringer i årene framover. Den største og mest håndfaste utfordringen er befolkningsøkningen, som er forventet å være på 20-36 % innen 2020 og på 58-70 % innen 2050. Samtidig ser vi at fjorden ikke tåler dagens utslipp, og at rensekapasiteten til flere av renseanleggene i regionen er nådd. Sammen med større forventninger og strengere krav til vannmiljøet i fjorden fra befolkningen og myndigheter legger dette press på spillvanns- og overvannshåndteringen i regionen. Og utfordringene forsterkes av de prognoser som foreligger i forhold til fremtidige klimaendringer. I tillegg vil sektoren måtte tilpasse seg en framtid som i større grad enn nå ivaretar knappe naturressurser. Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord, heretter kalt Fagrådet, er en samlende sektorinstans for alle kommunene i regionen og initierte i 2008 arbeidet med å legge en strategi for hvordan regionen samlet kan møte disse utfordringene og spesielt befolkningsøkningen. Prosjektet fikk arbeidstittelen STRATEGI 2010.

Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Universitet for miljø og biovitenskap (UMB), Norsk institutt for by- og regionforskning (NIBR) og meteorologisk institutt (met.no), heretter kalt Rådgivningskonsortiet, inngikk en toårig rammeavtale med Fagrådet, med start høsten 2009. Rådgivningskonsortiet fikk oppdraget med å utarbeide en strategi for arbeidet med å løse de utfordringene som vann- og avløpssektoren står overfor.

STRATEGI 2010 ble innledningsvis organisert i tre delprosjekter:

- Delprosjekt 1, som skulle omhandle utfordringer knyttet til klimaendringer ute på ledningsnett;
- Delprosjekt 2, som skulle ha et hovedfokus på nødvendige kapasitetsutvidelser på renseanleggene og krav til utslippene fra disse for å møte krav stilt til fjordmiljøet;
- Delprosjekt 3, som skulle omhandle behov for overvåkningsdata og regionalt samarbeid rundt dette.

Delprosjekt 1 og 2 har vært prioritert fra Fagrådets side i første omgang, men også momenter som naturlig hører inn under delprosjekt 3 er omtalt i det arbeidet som presenteres her.

Rådgivningskonsortiets mål med dette dokumentet er å gi faglig godt funderte anbefalinger til Fagrådet og dets medlemskommuner inn i det videre arbeidet med å møte de omtalte utfordringene.

Det faglige arbeidet som ligger til grunn for anbefalingene er i hovedsak presentert gjennom 8 ulike underleveransedokumenter. Leveransene ble ferdigstilt i løpet av høsten 2009 og våren 2010 (se tabellen under), og er produkter av internt arbeid i Rådgivningskonsortiet samt bidrag fra Fagrådet og dets medlemskommuner gjennom arbeidsmøter og tilbakemeldinger via e-post og telefon.

Dette dokumentet oppsummerer hovedfunnene fra disse underleveransene og hvilke anbefalinger vi har kommet fram til på bakgrunn av dette arbeidet. Tidsperspektivet er viktig i forhold til tiltak. Vi har derfor forsøkt å gruppere våre anbefalinger mht dette tentative tidsperspektivet.

Lev. nr.	Tittel	Sist oppdatert
2	Miljømål	6.10.2009
3	Miljøstatus, tilførselsbudsjett og utsatte områder	6.10.2009
4	Klimaprognoser	17.11.2009
6	Tiltak mot forurensningsutslipp fra avløpsnett og oversvømmelser i avløpssystemet	30.11.2009
7	Status for overvannshåndteringen	22.1.2010
9	Kapasitet på rensenanleggene; status, behov og mulige tiltak fram mot 2050	28.12.2009
11	Prioritering av tilførsler til fjorden	2.2.2010
12	Ressursbruk og -gjenvinning ved rensenanleggene	4.2.2010
9B	Forventet befolkningsutvikling i region indre Oslofjord fram mot 2020 og betydning for avløpsrensanleggene	14.4.2010

Arbeidsdelingen i Rådgivningskonsortiet har vært følgende:

- Helge Liltved, NIVA: prosjektleder
- Christian Vogelsang, NIVA: koordinator, redaktør for hovedrapporten, hovedansvarlig for leveransene nr. 9, 9B, 11 og 12 og bidratt til leveransene nr. 2, 3 og 7.
- Oddvar Lindholm, UMB: hovedansvarlig for leveransene nr. 6 og 7 og bidratt til hovedrapporten og leveransene nr. 2, 3, 4, 9 og 11.
- John Arthur Berge, NIVA: hovedansvarlig for leveransene nr. 2 og 3.
- Eirik Førland, met.no: hovedansvarlig for leveranse nr. 4.
- Jan Magnusson, NIVA: Bidratt til hovedrapporten og leveransene nr. 9 og 11.
- Birger Bjerkeng, NIVA: Bidratt til hovedrapporten og leveransene nr. 9 og 11.
- Dag Juvkam, NIBR: Bidratt til leveransene nr. 9 og 9B.
- Tone Merete Muthanna, NIVA: Bidratt til leveranse nr. 7.
- Ingun Tryland, NIVA: Bidratt til leveranse nr. 11.
- Zuliang Liao, NIVA: Bidratt til leveranse nr. 12.

Vi ønsker å rette en takk til Fagrådet for tilliten og for anledningen til å arbeide med disse sentrale og krevende utfordringene som regionen står overfor.

Vi ønsker også å takke alle i Fagrådet, i kommunene og ved rensesanleggene som har bidratt med engasjement og konstruktive tilbakemeldinger.

Helge Liltved
prosjektleder

INNHALDSFORTEGNELSE

OPPSUMMERING

Hovedutfordringer for VA-sektoren	7
Målsetninger for fjorden og VA-sektorens arbeid	10
Anbefalt strategi for å møte utfordringene	10
1. EN TIDSREISE GJENNOM GAMLE SYNDER VIA DAGENS UTFORDRINGER TIL FRAMTIDENS VISJONER.....	17
1.1 Erfaringer med gårsdagens løsninger på gårsdagens synder	17
1.2 Dagens miljøutfordringer i indre Oslofjord	19
1.2.1 Sikring av god økologisk og kjemisk vannkvalitet som innbyr til rekreasjonsaktiviteter	19
1.2.2 Sikring av god økologisk status i dypvannet i alle fjordens bassenger	22
1.3 Morgendagens utfordringer – eller hvor ønsker vi å være og hvordan skal vi komme dit?.....	25
2. KVANTIFISERING AV UTFORDRINGENE MED BEFOLKNINGSØKNINGEN FRAM MOT 2050	27
2.1 Befolkningsutviklingen.....	27
2.2 Kapasitetsbehov og forventet belastning på renseanleggene.....	28
2.3 Status mht kapasiteten på renseanleggene	32
2.4 Tilførselskilder for fosfor, nitrogen og organiske stoffer til fjorden	32
2.5 Kilder til oksygenforbruk i dypvannet under 20 meter.....	34
2.6 TOF-belastning i 2020, 2030 og 2050	37
3. KLIMAEFFEKTER OG UTFORDRINGER FOR VA-SEKTOREN OG FJORDEN.....	39
3.1 Forventet endring i klima fram mot 2100.....	39
3.2 Fremmedvann inn på ledningsnettet og betydning for overløp og renseanlegg	40
3.3 Betydning av forventet havnivåstigning	41
3.4 Klimaets betydning for avrenning til fjorden via elver og bekker.....	41
3.5 Klimaendringenes sannsynlige betydning for dypvannsutsiftningen	42
4. TILTAK.....	43
4.1 Tiltak med målsetning om å oppnå en økologisk og kjemisk vannkvalitet som innbyr til rekreasjonsaktiviteter.....	43
4.2 Tiltak for å oppnå god økologisk status i dypvannet i alle fjordens bassenger	47

4.2.1 Tiltaksløsning for Bunnefjorden	52
4.2.2 Forslag til scenarier for uttesting med NIVAs fjordmodell	53
4.3 Tiltak for å møte det økte renskapasitetsbehovet.....	55
4.3.1 Tiltak på rensanleggene	56
4.3.2 Tiltak i forhold til hydraulisk belastning på rensanleggene	57
4.4 Tiltak for energiøkonomisering og resirkulering av ressurser	58
4.4.1 Tiltak for resirkulering av fosfor	59
4.4.2 Tiltak for energigjenvinning.....	60
Referanser	63

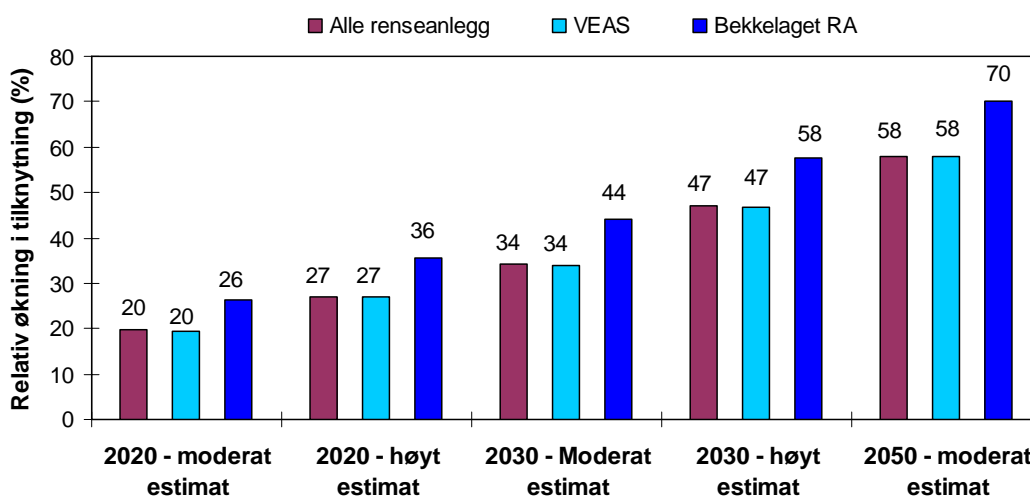
VEDLEGG i separat rapport

OPPSUMMERING

Hovedutfordringer for VA-sektoren

En betydelig befolkningsøkning i regionen gir behov for å utvide renskapasiteten

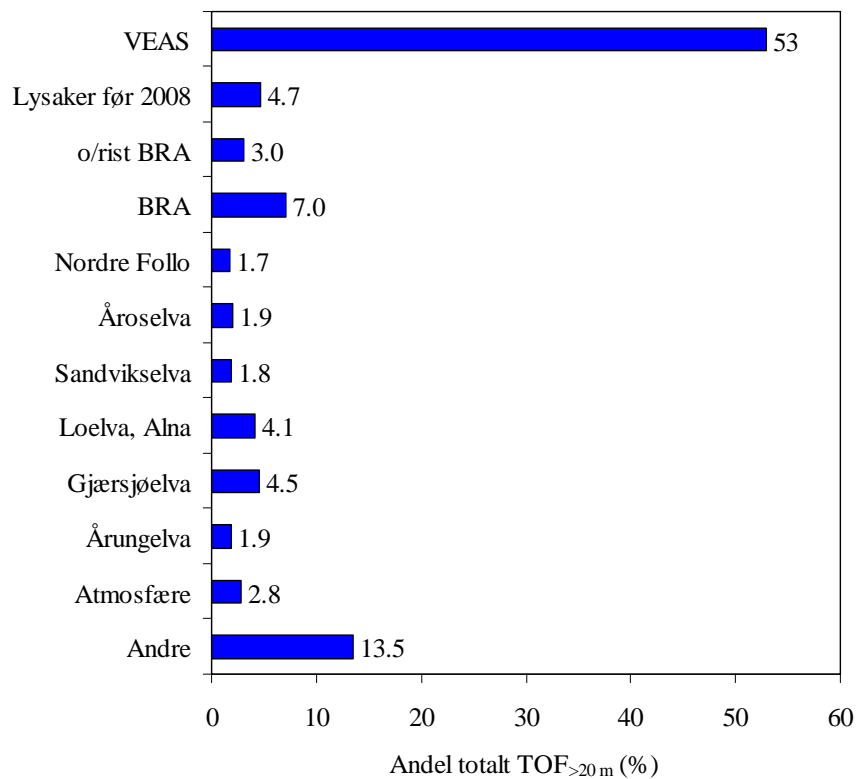
- Flere av avløpsrenseanleggene i regionen blir allerede, eller vil snart bli, belastet sterkere enn de er dimensjonert for.
- Stoffbelastningen på det biologiske rensetrinnet på de to største rensanleggene (VEAS og Bekkelaget RA) er forventet å øke med 20-36 % innen 2020, 34-58 % innen 2030 og 58-70 % innen 2050. Se **Figur 1**.
- Oppgradering av rensing må vurderes på kvalitet og kapasitet ut fra et helhetsperspektiv på fjorden. Risiko- og sårbarhetsaspekter bør være en integrert del av den fremtidige avløpshåndteringen.



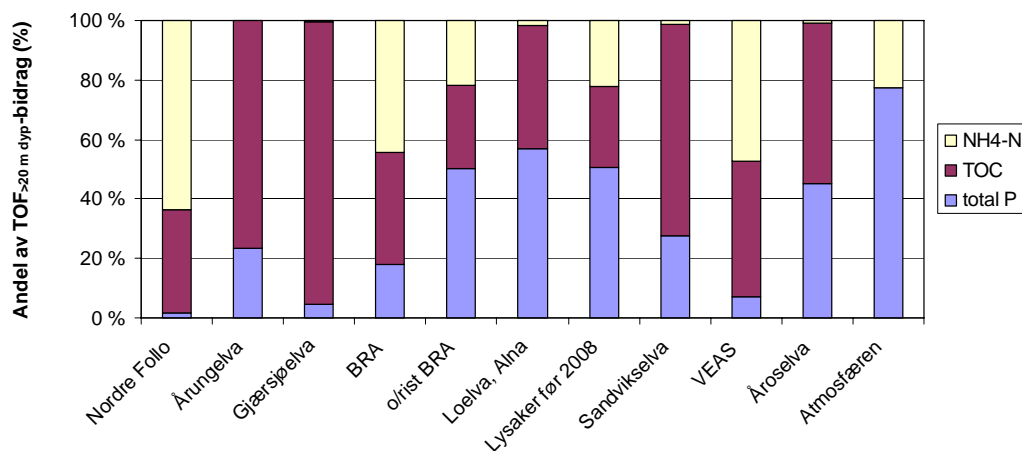
Figur 1. Forventet økt belastning på rensanleggene i regionen i 2020, 2030 og 2050 etter 2009; høyt og moderat estimat for alle rensanleggene samlet og for hvert av de to største rensanleggene.

Nye miljøkrav og publikums forventninger

- Med utbyggingen av Fjordbyen er det skapt forventninger til en innbydende fjord og friluftsbading helt inn i de indre havneområdene. Dette stiller krav til hygienisk vannkvalitet og siktedyp i de øvre vannmasser.
- Vanddirektivet krever god økologisk status i alle vannforekomster innen 2021. På grunn av belastningen fra utslipp av oksygenforbrukende stoffer og begrenset dypvannsutsiftning innenfor terskelen ved Drøbak, er det ingen av indre Oslofjords dypvannsområder som tilfredsstillende dette kravet i dag. Størst utfordring er det knyttet til Bunnefjorden, som ser ut til å trenge ekstraordinære tiltak for at kravet om god økologisk status skal nås. Med forventet økt belastning fra renseanleggene vil disse utfordringene øke. Den antatt største kilden til oksygenforbruket i dypvannet er renseanlegget VEAS med over 50 %, men også Bekkelaget og Nordre Follo renseanlegg, hovedoverløp på ledningsnett og de store elvene har store tilførsler av oksygenforbrukende stoffer til fjorden (se **Figur 2**). Betydningen av fosfor, organisk stoff og nitrogen fra de ulike kildene varierer betydelig (se **Figur 3**).
- Vanddirektivet innebærer et økt fokus på miljøgifter, og det blir viktig å identifisere og håndtere de viktigste kildene til disse på en hensiktsmessig måte. Fravær av kostholdsråd for fangst fra fjorden er en naturlig langsiktig målsetning.



Figur 2. Estimert andel av de samlede tilførslene av totalt oksygenforbruk (TOF) som belaster vannmassene under 20 m dyp for hele fjorden. Alle kilder som utgjør mer enn 1,5 % av den samlede TOF-belastningen under 20 m er inkludert.



Figur 3. Estimert bidragsandel fra $\text{NH}_4\text{-N}$, organisk stoff (TOC) og total P til $\text{TOF} > 20$ m dyp fra hver enkelt kilde som utgjør mer enn 1,5 % av den samlede TOF-belastningen under 20 m.

Klimaendringer og mindre forutsigbarhet

- Økt usikkerhet; man kan forvente endringer utover historiske erfaringer.
- Økt fortetting i byene sammen med økt nedbørintensitet øker risikoen for flomskader.
- Flere og mer intensive nedbørsepisoder vil uten kompenserende tiltak gi økte overløp på fellesledningsnett med utslipp av sykdomsfremkallende mikroorganismer, partikler og avløpssjøppel og dermed forsterke utfordringene med å sikre et attraktivt vannmiljø i bl.a. Fjordbyen.
- Økte tilførsler av oksygenforbrukende stoffer til fjorden på grunn av økt avrenning, samt forventninger om lengre perioder med ugunstige forhold for dypvannsutsiftning i fjorden, forsterker utfordringene med å sikre god økologisk status i alle fjordens bassenger.

Økonomisering og resirkulering av ressurser

- Det er et økende krav i samfunnet til ressursøkonomisering og en bærekraftig utvikling, både med tanke på effektivisering og som ledd i tiltak mot utslipp av klimagasser. I årtiene framover vil sannsynligvis knapphet på livsviktig naturressurser i langt større grad enn vi ser i dag sette sitt preg på hvordan vi forvalter disse. Per i dag ser fosfor og olje ut til å være de ressursene som først blir en alvorlig mangelvare globalt, og dermed også lokalt. Knappheten vil mest sannsynlig føre med seg store samfunnsstrukturelle endringer på mange områder, også innenfor VA-sektoren. Det vil derfor være nødvendig å se på oppgraderingen av renseanleggene i et ressursperspektiv i tillegg til et rent rense- og miljøperspektiv.

Målsetninger for fjorden og VA-sektorens arbeid

- A. Sikre en god økologisk og kjemisk vannkvalitet i fjorden som innbyr til rekreasjonsaktiviteter.**
- B. Sikre vannkvaliteten i de dypereliggende vannmassene ved å sørge for tilstrekkelig rensing av avløpsvannet før utslipp og en lokalisering av utslippet som optimaliserer vannkvaliteten lokalt og totalt sett i fjorden.**
- C. Sikre nødvendig rensekapasitet på avløpsrenseanleggene for å møte belastningen fra en økende befolkning og krav som må settes til utslippet basert på resipientens behov.**
- D. Sikre at VA-sektoren bidrar til et bærekraftig samfunn ved nødvendig økonomisering og resirkulering av ressurser.**

Anbefalt strategi for å møte utfordringene

A. Strategi for å sikre en god økologisk og kjemisk vannkvalitet som innbyr til rekreasjonsaktiviteter

Overløp på fellesledningsnett under kraftige nedbørsepisoder og lekkasjer fra ledningsnett er antatt å være de dominerende kildene til fekal forurensning og avløpsforsøpling. Sammen med elver og bekker er de også viktige kilder til fosfor- og partikkelutslipp til de øvre vannmassene i fjorden. Høye fosforutslipp gir opphav til sterke algeoppblomstringer og medfølgende redusert siktedyp, mens høye partikkelutslipp gir tilslamming og et uestetisk vannmiljø. For å sikre et vannmiljø som er attraktivt for rekreasjonsaktiviteter må det settes inn tiltak for å redusere tilførselskildene.

1) Felles overordnet strategi for overvann og avløpsnett

Det er nødvendig med en felles overordnet strategi for fornying/oppgradering av ledningsnett og systematisk utvikling i retning av en bærekraftig lokal håndtering av overvannet. Det viktigste prinsippet i denne strategien er at overvann og spillvann i størst mulig grad forsøkes separert ved lokal infiltrering om det er mulig, bortkobling av takvann samt separering av fellesavløp når det er hensiktsmessig. I sentrumsområdene kan det være riktig å lede overvann opp til en viss mengde til ledningsnett. Det må da sørges for at det finnes fordrøyningskapasitet tilgjengelig som klarer å håndtere dette på en hensiktsmessig måte. Ved planlegging av anlegg for overvann og overløpsvann, bør anbefalte prognoser for økning i nedbørintensiteter brukes, samt prognosene for befolkningsutvikling. Prognosene bør representere situasjonen på slutten av den perioden anleggene er ment å være operative, hvilket vil si klimasituasjonen fra 2070- 2100. Det bør planlegges og

forberedes for åpne og trygge flomveier for opp til et 100-års regn, for den overvannsføringen som overstiger det vanlige avløpssystemets kapasitet. Planleggingen av flom- og overvannshåndteringen må samordnes med arealplanleggingen i kommunene.

2) *Tiltak mot landbruksavrenning*

Miljøtilpasset jordbearbeiding, bedre balansert fosfortilførsel og bedre gjødslingsrutiner i jordbruket er viktige tiltak.

3) *Tiltak mot avrenning fra småskala renseanlegg i spredt bebyggelse*

Bedre kontroll med tilstanden til små private avløpsanlegg og krav til utbedring ved påvisning av mangler og feil er viktig for å redusere avrenningen fra disse til vassdragene.

4) *Dypvannsutslipp av hovedoverløp og rensed avløpsvann*

Ved å slippe renseanleggenes rensede avløpsvann og urensede hovedoverløp ut på dyp som gir innlagring under sprangsjiktet i fjorden, vil man sikre at resterende forurensinger i dette vannet i begrenset grad gjøres tilgjengelig for algevekst.

B. Strategi for å oppnå god økologisk status i dypvannet i alle fjordens bassenger

Oksygen er identifisert som superparameter for tolkning av dypvannets miljøtilstand og befolkningens belastning på denne. Et grovt estimat basert på historiske miljødata antyder at fjorden tåler en belastning av oksygenforbrukende stoffer i vannmassene under sprangsjiktet (under 20 m dyp) på i størrelsesorden 6500 tonn O₂/år. Allerede i dag overskrides denne tentative utslippsgrensen med drøyt 10 % (ca 800 tonn O₂/år), en overskridelse som vil øke med den økte belastningen av renseanleggene med mindre det settes inn kompensierende tiltak.

Vår anbefalte hovedstrategi for valg av tiltak er som følger:

- a) Det gjennomføres tiltak som reduserer de samlede utslippene av oksygenforbrukende stoffer til fjorden minst ned til et nivå som tillater god økologisk status i fjordens dypvannsområder.
- b) Tiltakene prioriteres etter kostnyttverdi, bærekraftighet og et helhetsfokus på fjordens behov (jf. strategien for å møte et økt rensekapasitetsbehov over).
- c) Størrelsen og lokaliseringen av tilførslene til de ulike fjordbassengene tilpasses både den lokale resipientens tålegrense og hele fjordens tålegrense.
- d) For å bedre forholdene i dypvannet i Bunnefjorden, som ser ut til å trenge tiltak utover rene utslippsreduksjoner, vurderes nedpumping av ferskvann eventuelt kombinert med overflatevann fra fjorden.

I **Tabell 1** har vi forslagsvis sammenstilt tiltak for å redusere den totale oksygenforbruksbelastningen på dyp større enn 20 m i fjorden ($TOF_{>20\text{ m dyp}}$) i takt med den forventede befolkningsøkning fram mot 2020, 2030 og 2050. Tiltakene er satt opp i prioritert rekkefølge, der tiltak mot høye utslipp av ammonium og organisk stoff fra VEAS er fått førsteprioritet (jf. **Figur 2** og **Figur 3**). Estimert effekt på $TOF_{>20\text{ m dyp}}$ er også anført og samlet sett gir den en belastning i nærheten av den tentative målsetningen på 6500 tonn O_2 /år.

Å redusere fremmedvannsmengden i avløpsvannet inn til VEAS og Bekkelaget RA (**Tiltak nr. 20**) har fått høy prioritet, selv om vi ikke har forsøkt oss på noen estimerer på den kvantitative betydningen av dette (markert med "???" i tabellen). Som nevnt ovenfor (under **punkt C**) har fremmedvannsmengden stor betydning for både kapasitetsutnyttelsen og renseseffekten på VEAS.

Enkelte av tiltakene er allerede (**Tiltak nr. 28**), eller er i ferd med å bli (**Tiltak nr. 22**), gjennomført, men såpass nylig (2008-2010) at de ikke har gitt utslag på estimatene av dagens tilførsler.

Tabell 1. Forslagsvis sammenstilling og prioritering av tiltak for å redusere $TOF_{>20\text{ m dyp}}$ -belastningen i indre Oslofjord i takt med forventet befolkningsøkning fram mot 2020, 2030 og 2050. Tiltakene er satt opp slik at den estimerte samlede belastningen vil ligge i nærheten av den tentative målsetningen på 6500 tonn O_2 /år.

		2009	2020	2030	2050
		tonn O_2 /år	tonn O_2 /år	tonn O_2 /år	tonn O_2 /år
Tentative målsetning:		6500	6500	6500	6500
Betydning befolkningsøkning:					
Estimert $TOF_{>20\text{ m dyp}}$ uten tiltak utover kapasitetsøkning		7300	8200-8500	8800-9400	9900
Estimert nødvendig reduksjon		800	1700-2000	2300-2900	3400
Nr.	Tiltak i prioritert rekkefølge				
29	Optimalisering av NH_4 -andel i utløp (VEAS)	-	800	1500 ¹	900 ¹
30	Optimalisering av organisk stoff i utløp (VEAS)	-	?	?	?
20	Økt separering av overvann og spillvann	-	?	?	?
25	Miljøtilpasset jordbearbeiding				
26	Bedre balansert P-tilførsel og gjødslingsrutiner	0	300	500	500
27	Bedret ettersyn små private avløpsanlegg				
24	Urinseparering	-	115	400	1500
28	RVR på VEAS (gjennomført)	200	200	200	200
28	Kjemisk kapasitetsøkning BRA (gjennomført)	70	70	70	70
21	Fordrøyning på overflaten	-			
22	Fordrøyning ledningsnett. Bl.a. Midgardsormen	40	40	40	100
23	Sammenkobling av tunnelsystemet rundt fjorden	-			
Forventet samlet effekt av tiltak (samlet tilførsel av $TOF_{>20\text{ m dyp}}$)		7000	6700-7000	6100-6700	6400

1) Estimaten gjelder for en NH_4 -N-andel av totalnitrogen på 10-15 % og er korrigert ned fra 1700 tonn O_2 /år for redusert tilførsel av fosfor og nitrogen pga urinseparering.

Den sammenstilte effekten i fjorden av tiltakene vist i **Tabell 1** er basert på forenklinger og grove antagelser og må derfor benyttes med stor forsiktighet. Simuleringer med NIVAs fjordmodell vil gi et mer reelt bilde av effekten av tiltakene, og sammenstillingen er derfor i første omgang tenkt benyttet som et hjelpemiddel til å identifisere et begrenset antall aktuelle scenarier som kan testes ut med denne fjordmodellen.

Vi anbefaler at følgende scenarier blir testet:

1. Dagens situasjon i fjorden.
2. Forventet status i 2020, 2030 og 2050 uten tiltak.
3. Optimalisert plassering av utslipp fra Bekkelaget RA (Tiltak nr. 31) og nødvendig ferskvannsnedpumping til dypet i Bunnefjorden (Tiltak nr. 32) for å gi tilstrekkelig dypvannsutskiftning.
4. Nødvendig ferskvannsnedpumping til dypet i Bærumsbassenget (Tiltak nr. 22) for å gi tilstrekkelig dypvannsutskiftning.
5. Effekt av ingen utslipp til indre Oslofjord (Tiltak nr. 31)
6. Effekt av utslipp fra VEAS på Bunnefjorden
7. Effekt av tiltak mot overløp (Tiltak nr. 20-23 og 28) og tiltak i vassdrag (Tiltak nr.25-27)
8. Effekt av optimaliseringstiltak på renseanleggene (Tiltak nr. 29-30) og urinseparering (Tiltak nr. 24)
9. Effekt av klimaendringer

Før disse simuleringene kan kjøres trengs følgende avklaringer:

i) Måleprogram for bestemmelse av betydning av organisk stoff på TOF_{>20 m dyp}-belastningen

Det ligger stor usikkerhet bak estimatene av det faktiske bidraget fra organisk stoff til TOF-belastningen i fjorden. Usikkerheten ligger både på hvor mye organisk stoff som tilføres (gjelder elvene) og på hvor tilgjengelig dette organiske stoffet er for omsetning og dermed for oksygenforbruk i fjorden (gjelder både elvene og avløpsrensaneanleggene). Det anbefales derfor at det gjennomføres et måleprogram for å kvantifisere det umiddelbart omsettelige og det langsomt nedbrytbare organiske stoffet både i elvene og i rensed avløpsvann rett før tilførsel til fjorden. For de største elvene burde måleprogrammet dekke minst ett år og fange opp ulike faser av avrenningssituasjonene med antatt størst betydning.

ii) Algenes sesongmessige nærings saltbegrensning i indre Oslofjord

Vi anbefaler at det gjennomføres undersøkelser av algenes sesongmessige nærings saltbegrensning i indre Oslofjord for å oppdatere studier gjort på 1980-tallet og bringe på det rene dagens status på dette feltet. Som grunnlag for en slik undersøkelse gjøres en innledende vurdering av hvordan de bør legges opp for å kunne bidra til en kvalitetssikring og forbedring av NIVAs Oslofjordmodellbeskrivelse.

iii) *Tilgjengelig ferskvann for nedpumping på stort dyp i Bunnefjorden*

Det undersøkes hvor mye ferskvann (renset avløpsvann eller overvann) som er tilgjengelig for utslipp på stort dyp i Bunnefjorden.

C. Strategi for å møte det økte renskapasitetsbehovet

De to største rensanleggene i regionen har begrenset ledig renskapasitet. Den forventede økte stoffbelastningen på anleggene, vist i **Figur 1**, må det kompenseres for. Aktuelle kompenseringstiltak vil være:

- *Kapasitetsøkning på Bekkelaget rensanlegg (BRA):* Her kan kapasitetsøkningen skje ved utbygging av den biologiske renskapasiteten innover i fjellet der anlegget ligger.
- *Redusert fremmedvannsmengde inn til rensanleggene:* Fremmedvann utgjør i størrelsesorden 50 % av avløpsvannet inn til VEAS og ca. 35 % av avløpsvannet inn til BRA. Ved å redusere denne andelen vil det frigjøres hydraulisk kapasitet, oppnås mer stabil drift og høyere rensgrad på de fleste rensprosessene, samt anleggene vil redusere utslippene til fjorden. Den hydrauliske belastningen på VEAS er estimert å øke med drøyt 50 % av tørrvårsbelastningen innen 2050 som følge av befolkningsøkningen.
- *Kapasitetsøkning på VEAS:* VEAS har mulighet til å utvide den biologiske renskapasiteten fra 6 til 8 linjer innenfor eksisterende byggmasse ved å bygge om to linjer som i dag sporadisk benyttes til kjemisk behandling. Dette kan de gjøre da det nye regnevannrensanlegget (RVR) kan ta over funksjonen disse to linjene har hatt til nå.
- *Kapasitetsøkning ved å bygge et nytt sentralrensanlegg sør (SRØ):* Dette vil være et anlegg på størrelse med VEAS og BRA som erstatter Nordre Follo rensanlegg (NFR) og som vil behandle avløpsvann fra områder sørøst i regionen.
- *Optimalisert kapasitetsutnyttelse ved belastningsutjevning mellom de store anleggene:* Ved ulik grad av sanntidskontroll på ledningsnettene kan utnyttelsen av ledig lagringskapasitet på ledningsnettene optimaliseres og støtbelastninger av rensanleggene minimeres. Ved å knytte hele tunnelsystemet rundt indre Oslofjord sammen til ett felles ledningsnett vil utnyttelsen av den samlede kapasiteten på ledningsnettene og på rensanleggene kunne koordineres slik.
- *Avlastning av stoffbelastningen på rensanleggene ved etablering av storskala urinseparering:* Det foreslås at det etableres urinseparering for fosfor- og nitrogenavlastning av rensanleggene. Etableringen bør skje trinnvis, forslagsvis med oppstart av pilotprosjekt i 2013 og målsetning om innsamling av 5 % i 2020, 15 % i 2030 og 50 % i 2050.

Det vil sannsynligvis være en kombinasjon av et knippe av disse tiltakene som samlet sett gir størst kostnytteeffekt. Hvilke tiltak som bør velges og deres dimensjonering må baseres på en helhetsvurdering av fjordens behov (nytte), tiltakets bærekraftighet (nytte) og investerings- og driftskostnadene knyttet til

hvert enkelt tiltak og samlet sett (kost). Dette krever at følgende avklaringer er gjort:

i) Optimal fordeling av rensed avløpsvann mellom fjordbassengene

Det må avklares hvor mye de enkelte fjordbassengene tåler av belastning. Dette har betydning for fordeling av belastningsøkningen mellom VEAS og BRA. Bygging av SRØ fordrer at en vesentlig andel av avløpsvannet kan bidra til å bedre dypvannsutsiftningen i Bunnefjorden, eventuelt at det rensede avløpet herfra ledes til ytre Oslofjord. Dette krever simuleringer med NIVAs fjordmodell (se punkt B over).

ii) Betydningen av fremmedvann for renseseffekten på VEAS og BRA

Det bør estimeres hvor stor betydning fremmedvannsinntrengning har å si for rensingen på VEAS og BRA. Dette for å kunne kvantifisere effekten av tiltak på ledningsnett og for å kunne estimere kosteffektiviteten av disse tiltakene sammenlignet med tiltak inne på rensesanleggene.

iii) Kvantifisere potensialet for optimalisert kapasitetsutnyttelse ved belastningsutjevning

Betydningen av fremmedvannsinntrengningen for renskapasiteten på VEAS bør følges opp med en kvantitativ estimering av potensialet for å belastningsutjevning mellom rensesanleggene. Den må ta høyde forventet tilgjengelig fordrøyningskapasitet på ledningsnett og på rensesanleggene. Den bør også inkludere en statistisk analyse av sjansene for at en nedbørhendelse belaster én begrenset del av området meget sterkt, men i liten grad de øvrige områdene.

iv) Potensialet for urinutnyttelse i regionen og betydning for rensesanleggenes renskapasitet

Det bør gjennomføres en mulighetsstudie for å kartlegge potensielle anvendelsesområder for urin og det kommersielle potensialet på kort (3-5 år) og lang (30-40 år) sikt. Viktige drivere for økt bruk av urin bør identifiseres. Et effektivt innsamlings- og transportsystem for separert urin tilpasset lokale forhold bør også identifiseres og kostnadsberegnes. Nødvendig etterbehandling av urinen må avklares. Potensielle positive og negative effekter av den reduserte stoffbelastningen på rensesanleggene, som urinseparering innebærer, bør identifiseres og forsøksvis kvantifiseres.

D. Strategi for energiøkonomisering og resirkulering av ressurser

Slik vi ser det, må man på sikt gjennom en grunnleggende ideologisk endring; bort fra dagens praktisering av sentralisert avløpsvannrensing der det først forspilles verdifulle ressurser som fosfor/næringsssalter og rent drikkevann og der man i neste trinn (på rensesanleggene) forbruker ressurser på en delvis reetablering av de første, og med fare for forspillelse av resipientmiljøet grunnet lav gjenvinningsgrad.

Vi finner at den grunnleggende endringen må gå i retning av å bringe alle livsviktige/essensielle ikke-fornybare ressurser inn i et sluttet kretsløp som ivaretar menneskelige og økologiske behov.

Dette er et arbeid som sektoren på visse områder har kommet godt i gang med allerede, bl.a. ved tilbakeføring av næringssalter og mineraler via slamdisponering, uthenting av energi fra biogassproduksjon og varmegjenvinning fra avløpet. Dette er utvilsomt et arbeid som fortsatt må prioriteres høyt.

Likevel skiller *resirkulering av fosfor* seg ut som den viktigste og største utfordringen. Det er en klar utfordring at dagens utstrakte bruk av kjemisk fosforutfelling (dette gjelder for alle de større rensesanleggene i regionen) sterkt reduserer fosforets tilgjengelighet for plantene (<30 %). Arbeidet med å gjøre dette fosforet mer tilgjengelig bør fortsette, men en mer langsiktig løsning vil være å unngå at fosforet bindes sterkt kjemisk til slammet. En løsning vil da være urinseparering (se omtale under **punkt B**). En slik praksis tenker vi er i tråd med den nødvendige ideologiske endringen nevnt ovenfor.

Utover dette anbefaler vi at det gjennomføres mulighetsstudier av følgende ressurs sparende tiltak:

- i) Gassdrevet pramtransport av slam og kjemikalier til og mellom rensesanleggene.
- ii) Autotrof nitrogenfjorning for behandling av vann fra slamavvanningen før retur til innløpet på rensenanlegget.
- iii) Utnytte ren snø fra veiene som avkjølingsmedium sommerstid.

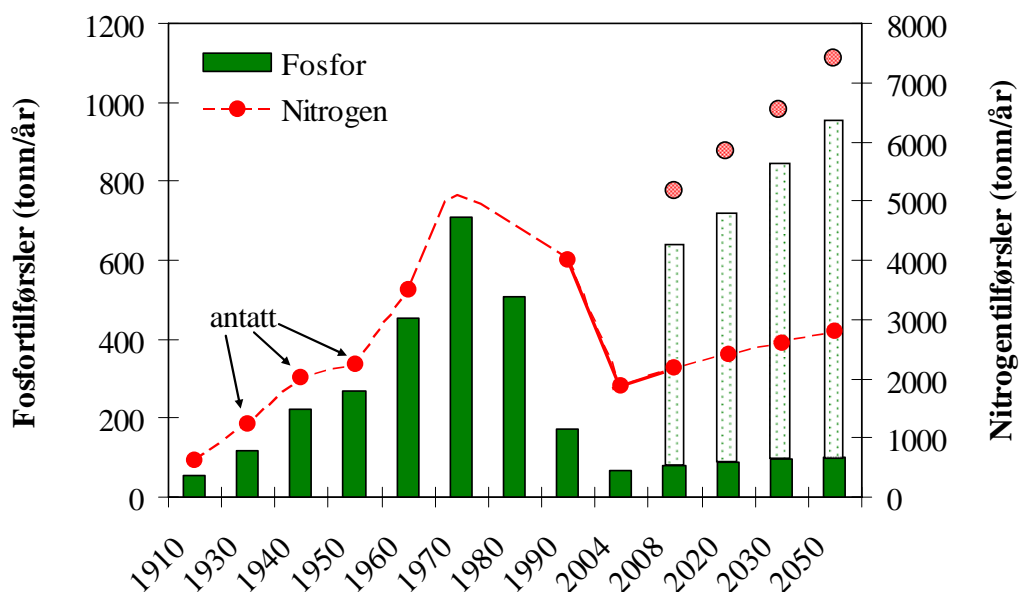
1. EN TIDSREISE GJENNOM GAMLE SYNDER VIA DAGENS UTFORDRINGER TIL FRAMTIDENS VISJONER

1.1 Erfaringer med gårsdagens løsninger på gårsdagens synder

Fra midten av 1800-tallet til 1970-tallet utviklet Oslo seg til å bli en viktig industriby (trelast, tekstil, bryggeri, kjemisk). Sammen med en sterkt voksende befolkning og svært begrenset rensing av kommunalt og industrielt avløpsvannet, førte utslippene av sykdomsfremkallende mikroorganismer, næringssalter, organisk stoff og en organiske og uorganiske miljøgifter til en langt fra akseptabel miljøsituasjon i byvassdragene og i fjorden. Bading ble periodevis frarådet, overgjødningen førte til stor algeoppblomstring og påfølgende ”misfarget vann”, mens miljøgiftene førte til kostholdsrestriksjoner på fangst.

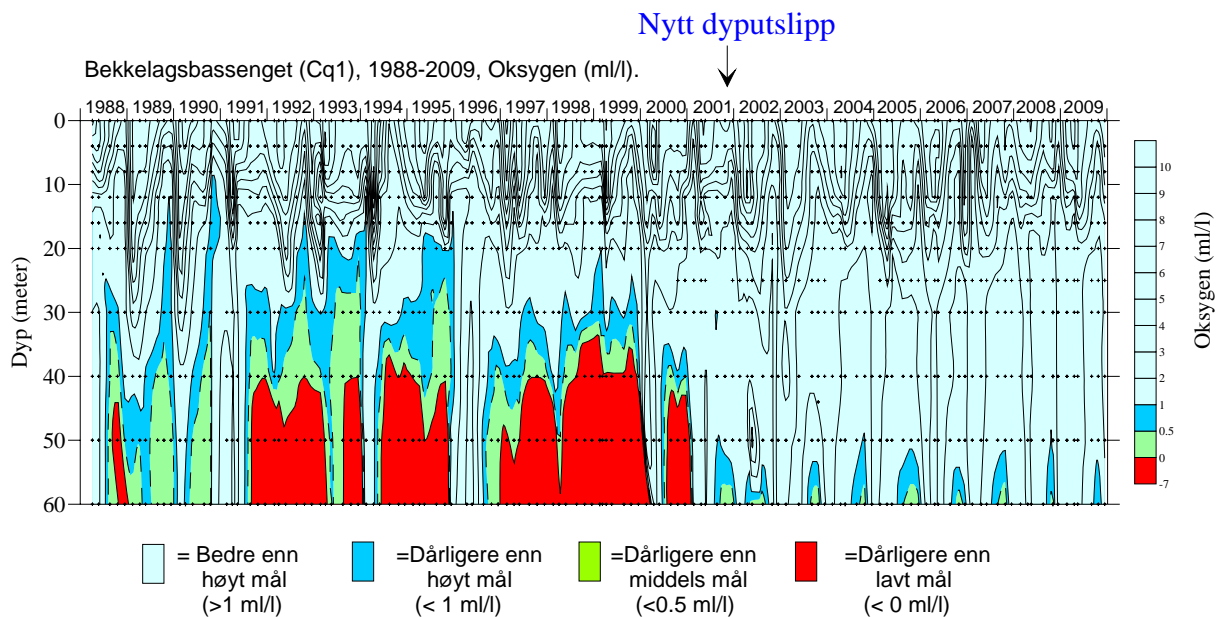
Gjennom store utbyggingsprosjekter på 80- og 90-tallet ble avløpsvannet fra befolkningen rensert, i første omgang kun kjemisk for fjerning av fosfor deretter også biologisk for fjerning av nitrogen, og utslippene ble flyttet fra overflaten til 40-50 meters dyp i fjorden. Industrien ble pålagt å betale for vannuttaket, og svarte med å flytte (Baalsrud og Magnusson 2002). I samme periode ble det forbudt å omsette vaskemidler med fosfat. Resultatet av disse tiltakene kan blant annet leses av grafene for årlige utslipp av fosfor og nitrogen til indre Oslofjord i perioden fra 1910, vist i **Figur 4**. I 2004 var utslippene av fosfor <10 % av det de var i 1970.

For befolkningen var resultat også synlig gjennom et mer attraktivt fjordmiljø og rene badestrender. Men fremdeles er det kostholdsråd for noe fangst (ål og lever fra fisk) (Berge m.fl. 2010).



Figur 4. Årlige utslipp av fosfor og nitrogen til indre Oslofjord. Tallene for årene etter 2008 er estimert ut fra forventet befolkningsutvikling. Grønnprykkete stolper og diffuse røde punkter angir utslippene av hhv fosfor og nitrogen uten noen rensing.

Et kanskje minst like viktig tiltak som å rense avløpsvannet fra befolkningen var å slippe dette vannet ut på stort dyp (40-50 m) i fjorden, slik at restene av næringssalter i vannet i begrenset grad ble gjort tilgjengelig for algeoppblomstringer i den delen av vannmassene som var synlig for publikum. I Bekkelagsbassenget har man sett en tilleggseffekt når det lette avløpsvannet fra Bekkelaget rensesanlegg blandet seg med det tynge sjøvannet i dypet; man fikk økt utskifting av dypvannet i bassenget og dermed bedre oksygenforhold her, noe som kan leses ut av **Figur 5**.



Figur 5. Oksygenkonsentrasjonen i Bekkelagsbassenget (Cq 1) 1988 – 2009 sammenlignet med tentative mål for konsentrasjonen. Bassenget oppfyller i dag nesten kravet til middels mål.

1.2 Dagens miljøutfordringer i indre Oslofjord

1.2.1 Sikring av god økologisk og kjemisk vannkvalitet som innbyr til rekreasjonsaktiviteter

Utfordringer for badevannskvaliteten i fjorden

Publikum forventer å kunne ta seg et friluftsbad hver godværstdag gjennom hele sommerhalvåret. Med utbyggingen av Fjordbyen, eksemplifisert med tentative planer for Filipstad i **Figur 6**, gjelder disse forventningene også fjordområdene helt inn i de mer belastede delene av indre havnebasseng. EUs badevannsdirektiv blir sannsynligvis retningsgivende for norske krav til friluftsbad i framtiden. VAV har funnet at ”denne klassifiseringen gir et tydeligere bilde om et sted er egnet som badeplass eller ikke”. Siktedyb, som ikke inngår i dette nye direktivet, kan likevel være en nyttig parameter å overvåke for å gjenspeile hvor attraktivt vannet vil være for ulike rekreasjonsformål.

Badevannskvaliteten er i dag stort sett god på de avsatte badeplassene i fjorden. Den viktigste årsaken til uakseptabel vannkvalitet på badeplassene antas å være nylige overløp på avløpsnett i nærområdet. En større utfordring ligger i å sikre akseptabel vannkvalitet på aktuelle badeplasser i den nye Fjordbyen. For Tjuvholmen sin del ser det ut til at man vil kunne oppnå akseptabel

badevannskvalitet hvis overløpene stoppes, men for Bjørvika har man uakseptabel vannkvalitet også i periodene uten nedbør. Her kan lekkasjer fra ledningsnett og tømming av septiktanker fra båter også ha negativ innvirkning på vannkvaliteten. Også våtværsavrenning fra tette flater i byområder, som kan føre med seg fugle-, hunde- og hesteavføring, kan bidra til dette.



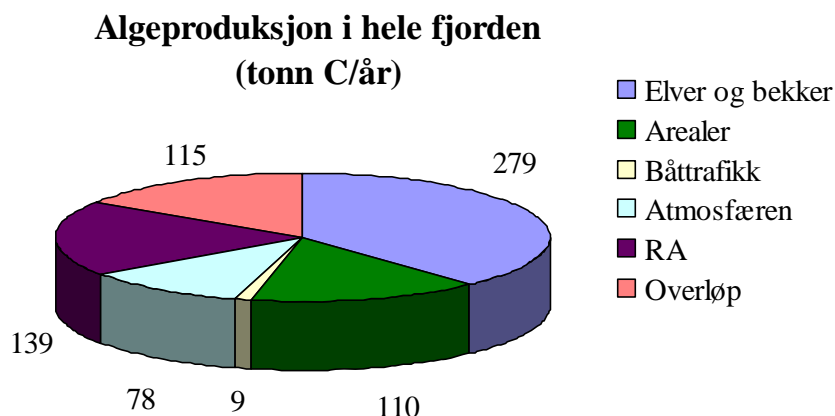
Figur 6. Filipstad [Oslo kommune, Fjordbyen]

VA-sektoren bidrar til algeoppblomstringer

På 1980-tallet ble nitrogen funnet å være begrensende nærings salt for algenes våroppblomstring (februar – april) i indre Oslofjord, mens fosfor var det resten av året. Det har siden den gang blitt gjennomført store rensetiltak med hovedvekt på å bedre fjerningen av nitrogen. Til tross for dette antyder de årlige tilførsler av nitrogen og fosfor til fjorden at algeveksten fremdeles begrenses av fosfor mesteparten av året. Studiene fra 1980-tallet har ikke blitt oppdatert. En oppdatering vil kunne ha stor betydning mht modellsimuleringer av den dynamiske responsen til algene på nærings salttilførsler til fjorden. *Vi anbefaler derfor at det gjennomføres undersøkelser av algenes sesongmessige nærings saltbegrensning i indre Oslofjord for å oppdatere studiene fra 1980-tallet og bringe på det rene dagens status på dette feltet.*

Ut fra våre tilførselsestimer (**Figur 7**) er VA-sektoren den største bidragsyteren til algeoppblomstringer i fjorden. Renset utslipp fra renseanleggene (19 %), urensset utslipp via hovedoverløpene (16 %) og store elver (ca. 36 %) påvirker oppblomstringen. Store elver mottar betydelige bidrag fra lekkasjer på ledningsnett og avrenning fra dårlig fungerende små renseanlegg i spredt bebyggelse. Men også jordbruket er en viktig bidragsyter (ca. 12 %).

Avtakende fosforkonsentrasjoner i fjorden har økt risikoen for oppblomstring av skadelige alger siden 1993, men siden 2002 har tendensen til lavere nitrogenskonsentrasjoner redusert denne risikoen noe.



Figur 7. Estimert algeproduksjon i hele fjorden under ett, fordelt på kildene til algetilgjengelig fosfor (fosfat).

Det mangler et samlet miljøgiftbudsjett for fjorden

Det har i mange år vært kjent at en har miljøgiftproblemer i indre Oslofjord. Bidraget av tungmetaller og organiske miljøgifter fra tette flater i urbane områder er ganske betydelig. Disse miljøgiftene bygger seg opp i tørrværsperioder fra kilder som atmosfærisk nedfall, avgasser fra kjøretøy og maskiner, fying og forbrenning av organisk stoff, nedslitning og korrosjon av produkter fra kjøretøy, bygninger, vegdekker og andre konstruksjoner, samt rester fra produkter. Når avrenning fra overflatene skjer p.g.a. nedbør eller snøsmelting spyles de avsatte stoffene ned i overvannsledninger eller kombinerte fellesavløpssystemledninger. Det foreligger ikke noe fullstendig tilførselsbudsjett for miljøgifter for hele indre Oslofjord. Det er imidlertid observert avtagende miljøgiftkonsentrasjoner i sedimentet i deler av indre Oslofjord. For bunnsedimentene i Bekkelagsbassenget er rensed avløp fra Bekkelaget RA og tilførsler fra luft funnet å være de viktigste kildene til miljøgifter. Som et grovt anslag har det vært vanlig å anta at ca. 1/3 av miljøgiftene i avløpsslam fra avløpsrensaneanlegg kommer fra overvann som er tilført via fellesavløpsledningene. Videre, at 1/3 stammer fra spillvannet fra husholdninger og 1/3 kommer fra næringslivet og sykehus o.l.

På grunnlag av miljøgiftinnholdet i organismer fra indre Oslofjord har Mattilsynet utformet kostholdsrad for fjorden. Når det gjelder VA-sektoren så er det tilførsler av vannløslige forbrukerprodukter og legemidler som i dag potensielt utgjør det største problemet for fjorden fordi dette er forbindelser som i mindre grad fanges opp i slammet. Men per i dag er det uvisst hvor stor reell risiko det er forbundet med disse forbindelsene.

1.2.2 Sikring av god økologisk status i dypvannet i alle fjordens bassenger

God økologisk status på 1930-tallet som utgangspunkt for tentative utslippsmål

Forholdene i fjorden rundt 1930 er funnet å kunne tilsvare kravene VD setter til god økologisk status (Bjerkeng m.fl. 2009). De estimerte utslippene av fosfor og nitrogen var den gang på hhv 55 tonn P/år og 1200 tonn N/år, mens utslippene i 2008 er estimert til 81 tonn P/år og 2200 tonn N/år. Se **Figur 4**. Vi har ingen sikre tall for utslippene av organisk stoff, men utslippene via urensset råkloakk er estimert til 1600 tonn C/år og utslippet fra industrien (treforedling, bryggeri, tekstil) er foreløpig anslått til å være i samme størrelsesorden. I motsetning til i dag, da all rensset avløpsvann i hovedsak slippes ut på 40-50 m dyp i fjorden, skjedde alle utslipp i 1930 til de øvre vannmasser nær bykjernen. Disse tallene danner grunnlaget for de tentative utslippsmålene definert i **Kapittel 2**.

Oksygen som superparameter for miljøtilstanden i fjordens dypvann

Det foreligger ingen politisk fastlagte kvalitetsmål for miljøet i indre Oslofjord. Det pågår et arbeid med utvikling av nye kriteriesett for vannkvalitet. Arbeidet er forankret i EUs satsning på et nytt klassifiseringsdirektiv for vannkvalitet som er manifestert i Vanddirektivet (VD). Norge er forpliktet til å følge de krav og mål som settes for vannkvalitet i dette direktivet. Hovedmålsetningen er at man skal oppnå god økologisk status i alle vannforekomster innen 2015, med mulighet for forlengelse til 2021.

Oksygen er den parameteren hvor miljømålene er klarest definert og fungerer som en "superparameter", siden den er styrende for miljøforholdene på dypere vann og påvirkes av næringssalttilførslene. Vi foreslår at de foreliggende tentative miljømålene for oksygenkonsentrasjonen i de dypere vannmasser i indre Oslofjord (se **Tabell 2**) legges til grunn for vurderingene av miljøstatusen i fjorden og ved videre vurderinger av nødvendig tiltak. Det middels ambisiøse målet vil sannsynligvis tilfredsstillende kravet til god økologisk status i indre Oslofjord.

Tabell 2. Tentative miljømål for oksygenkonsentrasjonen i de dypere vannmasser i indre Oslofjord. 85 % av observasjonene skal overstige denne grense over et tidsrom på 12 år.

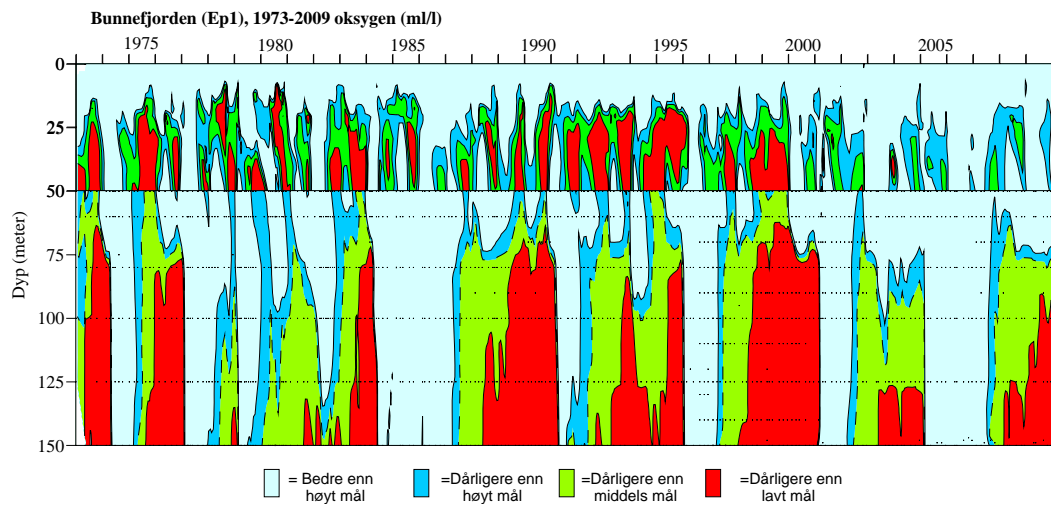
Fjordområde	Dyp (m)	Ambisjonsnivå			Referanse
		Lavt (ml/l)	Middels (ml/l)	Høyt (ml/l)	
Bunnefjorden	20-50	>1,0	>1,5	>2,0	Bjerkeng mfl. (2009)
Bunnefjorden	>50	>0	>0,5	>1,0	
Bekkelagsbassenget ¹	>50	>0	>0,5	>1,0	
Indre havn	>20	>0	>1,0	>2,0	Baalsrud mfl. (1986)
Lysakerfjorden	>20	>0,5	>1,5	>2,0	
Bærumsbassenget	>20	>0,5	>1,0	>1,5	
Vestfjorden	>20	>1,5	>2,0	>2,4	
Vestfjorden	80-90	>1,5	>2,0	>2,5	Berge mfl. (2009)

1) Bekkelagsbassenget har ikke fått noe tentativt miljømål, men blir i NIVAs årlige overvåkningsrapporter sammenlignet med miljømålene for Bunnefjorden <50 m dyp

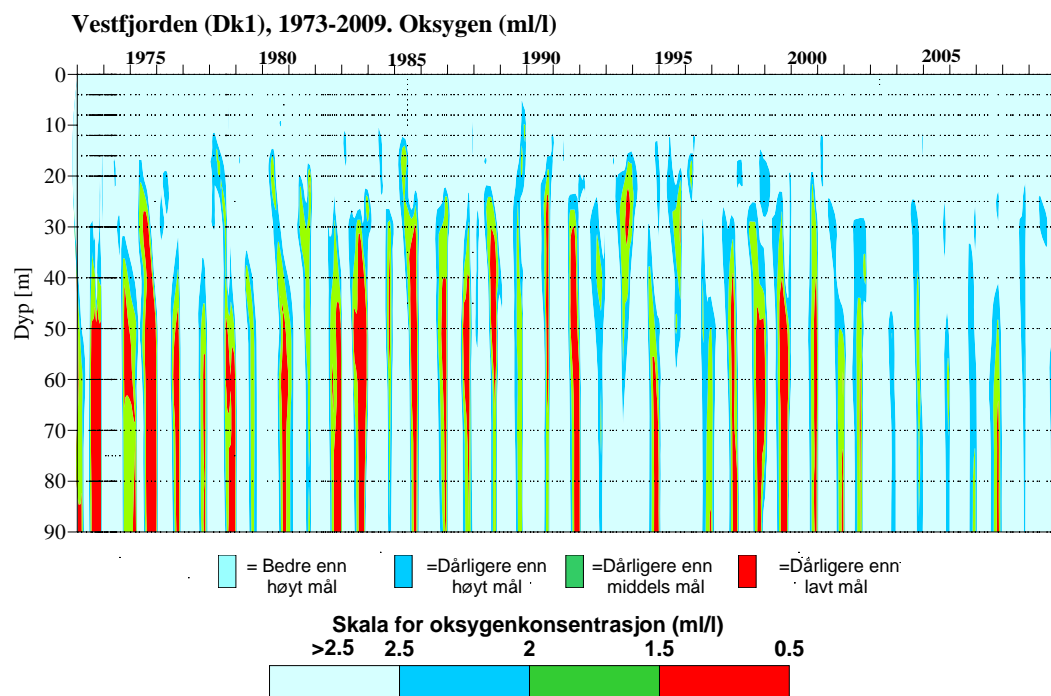
Oksygenkonsentrasjonen i fjordens dypvann er ikke tilfredsstillende

Siden 1980-tallet har rensetiltakene forbedret oksygenforholdene i indre Oslofjord. Foreløpig unntak er Bunnefjordens dypvann (60 meters dyp til bunnen) og Bærumsbassengets dypvann (16 meters dyp til bunnen). Årsaken til at forbedring i Bunnefjordens dypvann har uteblitt kan skyldes redusert dypvannsfornyelse.

Forurensningsovervåkingen av fjorden har vist at ingen av områdene i indre Oslofjord har kapasitet til å få økt belastning av stoffer som forbruker oksygen. Per i dag ser det ikke ut til at det største dypet i Bunnefjorden vil kunne klare det laveste miljømålet for oksygenkonsentrasjoner, og at middelsmålet overskrides fra tid til annen for vannmassene 20-50 m (se **Figur 8**). I Vestfjorden har man ligget helt på grensen ned mot middelsmålet for vannmassene under 20 m, målt som et gjennomsnitt siden 2000, men i 2008 klarte man ikke å nå dette målet (se **Figur 9**). For Bekkelagsbassenget har man ligget på oksygenkonsentrasjoner ned mot det lave miljømålet, og godt under middelsmålet, for hele perioden fra 2000.



Figur 8. Oksygenkonsentrasjonen i Bunnefjorden (Ep 1) 1973-2009 sammenlignet med miljømålene (Bjerkeng mfl., 2009). Det er høyere krav til oksygen fra 20-50 meters dyp enn fra 50-150 meters dyp.



Figur 9. Oksygenkonsentrasjonen i Vestfjorden (Dk 1) 1973-2009 sammenlignet med tentative mål for konsentrasjonen (Baalsrud mfl. 1986).

1.3 Morgendagens utfordringer – eller hvor ønsker vi å være og hvordan skal vi komme dit?

Som vi vil se i de to neste kapitlene ligger det en betydelig utfordring i å møte den forventede befolkningsveksten i regionen (**Kapittel 2**) og i å forberede VA-sektoren for et mer ekstremt klima (**Kapittel 3**). Den førstnevnte av disse utfordringene er meget håndgripelig og nær forestående, i den grad at det innen få år trengs tiltak på avløpsrensaneanleggene for å sikre tilstrekkelig rensekapasitet og tilfredsstillende gjeldende krav til utslipp. Dette vil mest sannsynlig være tradisjonelle VA-tekniske tiltak der man i hovedsak tar i bruk kjente og godt uttestede løsninger.

Men det kan være at de mest tjenlige og kostnadseffektive løsningene på utfordringene som ligger noe lenger fram i tid ser annerledes ut siden nye, og kanskje uventede, utfordringer dukker opp og hvor kravene samtidig vil kunne endres. Det er to sider ved dette vi ønsker å trekke fram her:

1) Den VA-tekniske siden:

Det kan (og bør) stilles spørsmål ved hvor bærekraftig dagens sentraliserte avløpsvannbehandling. Hva vil den framtidige verdien av de ressursene som helt eller delvis forspilles (næringsalter, varme, organisk stoff og rent drikkevann) være? Hvor effektivt vil vi klare å reetablere disse pårensaneanleggene i framtiden? Det synes fornuftig og nødvendig for VA-sektoren å starte tilpasningen mot en ”ny” virkelighet med knapphet på ressurser nå. Det er da naturlig at sektoren fokuserer på de områdene der den har mest å bidra med;

- Resirkulering av fosfor, som de mest pessimistiske spår vil bli en global knapphetsressurs i løpet av 2030-tallet.
- Ivaretagelse av de ressursene som ligger i avløpsvannet og i produsert slam. Dette gjelder i første omgang energien og næringen som ligger iboende i slammet, samt varmen i avløpsvannet. Men også vannets potensialenergi ute på ledningsnettet er en mulig ressurs å utnytte.
- Ivaretagelse av rent drikkevann, urin og feces som ressurser.

Vi kan kalle dette for **tiltak for energiøkonomisering og resirkulering av ressurser**. Som for alle typer tiltak må disse planlegges og gjennomføres bevisst, trinnvis og tilpasset lokale forhold. Av den grunn anbefaler vi at det gjennomføres lokale pilotforsøk med ulike lovende nye løsninger og at endelige valg av løsninger av en viss størrelse fattes på bakgrunn av en samlet bærekraftsanalyse.

2) Den generelle samfunnsutviklingen:

Innenfor et tidsperspektiv på 100 år kan det norske samfunnet forvente betydelige utfordringer på områder man i dag kun i svært begrenset grad har vurdert konsekvensene av:

- Overgangen til et samfunn uten olje i tillegg til tap av oljeinntekter
- Overgangen til et samfunn tilpasset minimale utslipp av klimagasser
- Klimaflyktninger på vei nordover

- Overgangen til et samfunn som i langt større grad resirkulerer fosfor for å motvirke at den global jordbruksproduksjonen begrenses av tilgangen på fosfor

Dette er utfordringer som omfavner hele det norske og internasjonale samfunn og som må løses i fellesskap. Det er uråd å anslå når, hvordan og med hvilken tyngde disse utfordringene vil slå inn over Norge. Men også for VA-sektoren er det viktig å ha dem i mente når man legger en strategiplan for tiltak med en forventet levetid på 100 år og for på lang sikt gå i en bærekraftig retning.

Mer detaljer rundt identifisering og kvantifisering av målsetninger for arbeidet med vann- og avløp i indre Oslofjord finnes i **Vedlegg 1**.

Mer detaljer rundt status for fjorden finnes i **Vedlegg 3**.

2. KVANTIFISERING AV UTFORDRINGENE MED BEFOLKNINGSØKNINGEN FRAM MOT 2050

2.1 Befolkningsutviklingen

Det vil trolig bo i størrelsesorden 1,1 millioner innbyggere i regionen (inkludert Nittedal kommune) i 2020. Det tilsvarer en befolkningsøkning på 18-25 % siden 2009 (**Figur 10** og **Figur 11**).

Det er en generell tendens til at kommunene har bygget sine hovedplaner på en noe lavere befolkningsvekst (samlet ca. 9 %) enn framskrivningene til Statistisk sentralbyrå (SSB). Oslo kommune har for eksempel lagt opp til en gjennomsnittlig årlig økning på 1,07 % (jf. hovedplan vedtatt i juni 2008) mot SSBs prognose på 1,7-2,2 % årlig vekst.

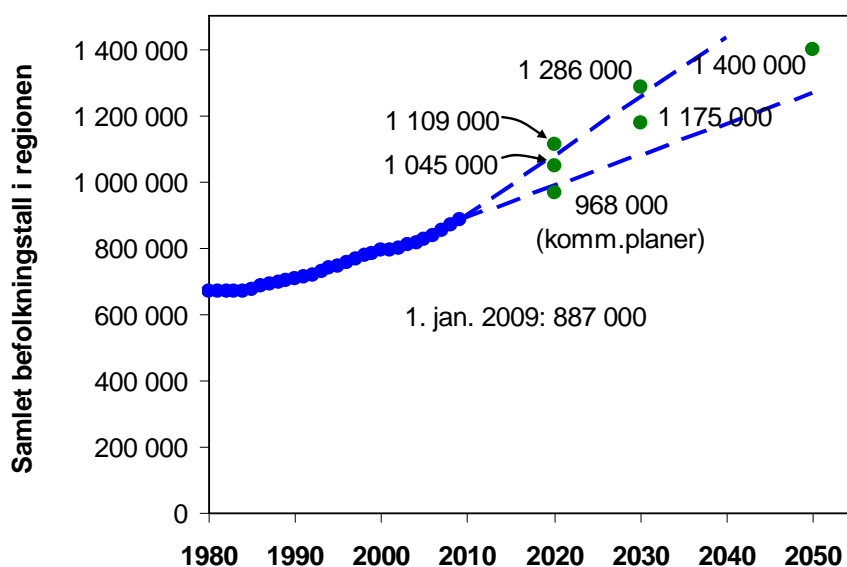
Våre estimater tilsier at ca. 2/3 av befolkningsveksten vil skje innenfor Oslo kommune. Fordelingen her antas å være følgende: ca. 50 % av veksten vil skje i sentrumsområdene; ca. 35 % vil skje øst og nordøst i byen (se **Figur 12**). For 2030 tilsier estimatene at det vil bo 1,2-1,3 millioner innbyggere i regionen. Et usikkert, men sannsynligvis konservativt, estimat antyder at det vil bo ca. 1,4 millioner innbyggere i regionen i 2050.

2.2 Kapasitetsbehov og forventet belastning på renseanleggene

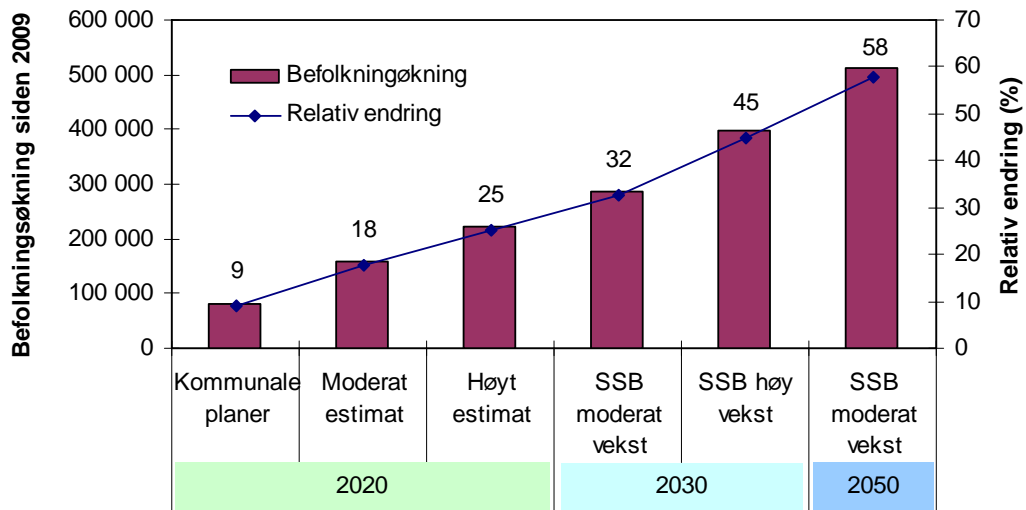
Med dagens arealfordeling mellom renseanleggene ser det ut til at den relative belastningen i det store og hele vil fortsette. Dette til tross for at en vesentlig del av befolkningsøkningen er planlagt til området der dagens fordelingslinje mellom de to største renseanleggene (VEAS og Bekkelaget RA (BRA)) ligger (**Figur 12**).

Våre estimater er vist i **Figur 13** og indikerer at:

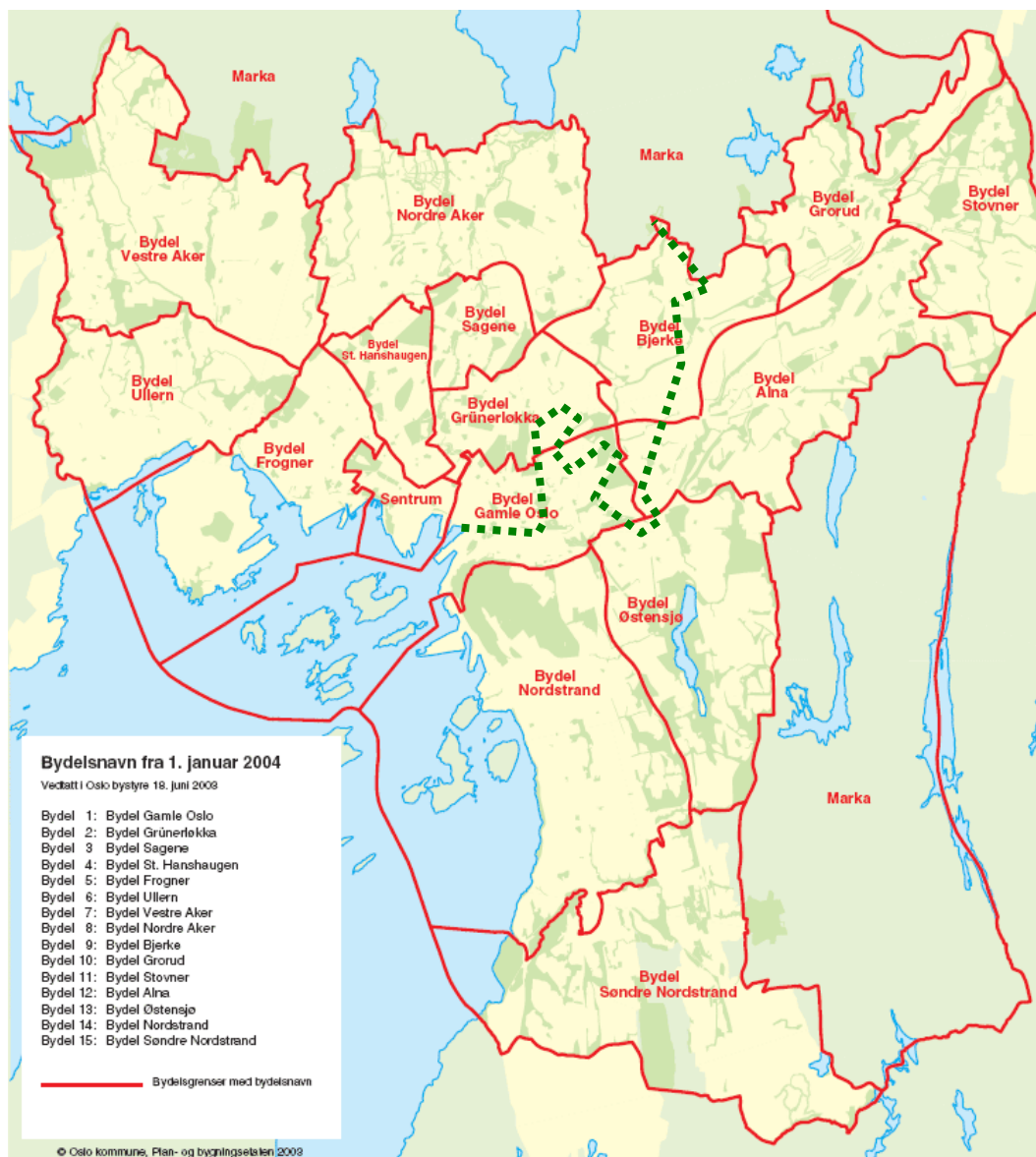
- VEAS vil få økt sin tilknytning fra 486 000 personekvivalenter (pe) i 2009 til ca. 580-620 000 pe i 2020 (20-27 % økning), til ca. 650-710 000 pe i 2030 (34-47 % økning) og til ca. 765 000 pe i 2050 (58 % økning). Den hydrauliske belastningen vil øke i størrelsesorden 19 % fram mot 2050.
- BRA vil trolig få økt sin tilknytning fra 289 000 i 2009 til ca. 370-390 000 pe i 2020 (26-36 % økning), til ca. 130-170 000 pe i 2030 (44-58 % økning) og til ca. 490 000 pe (70 % økning). Den hydrauliske belastningen vil øke i størrelsesorden 36 % fram mot 2050.
- Nordre Follo RA (NFR), som allerede er overbelastet, ser ut til få økt sin tilknytning fra dagens 36 000 til ca. 44-45 000 i 2020 (22-24 % økning) og til 47-51 000 i 2030 (29-39 % økning).



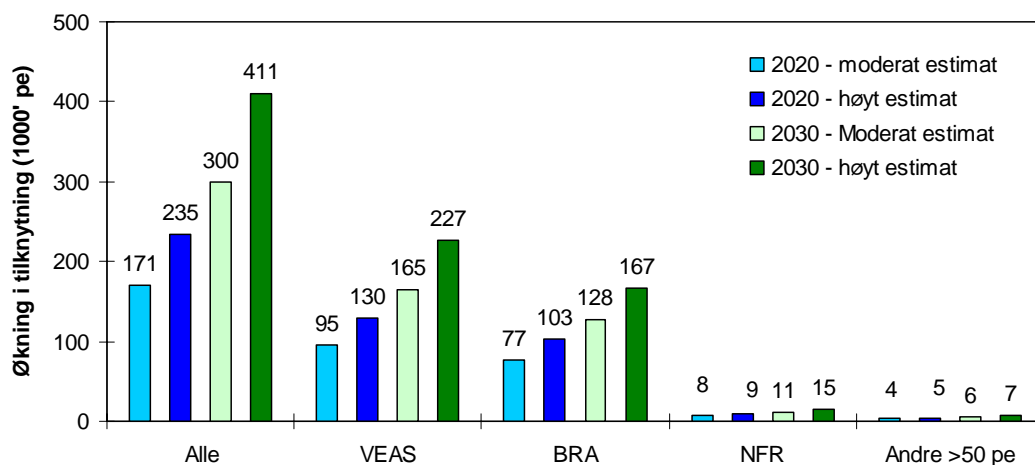
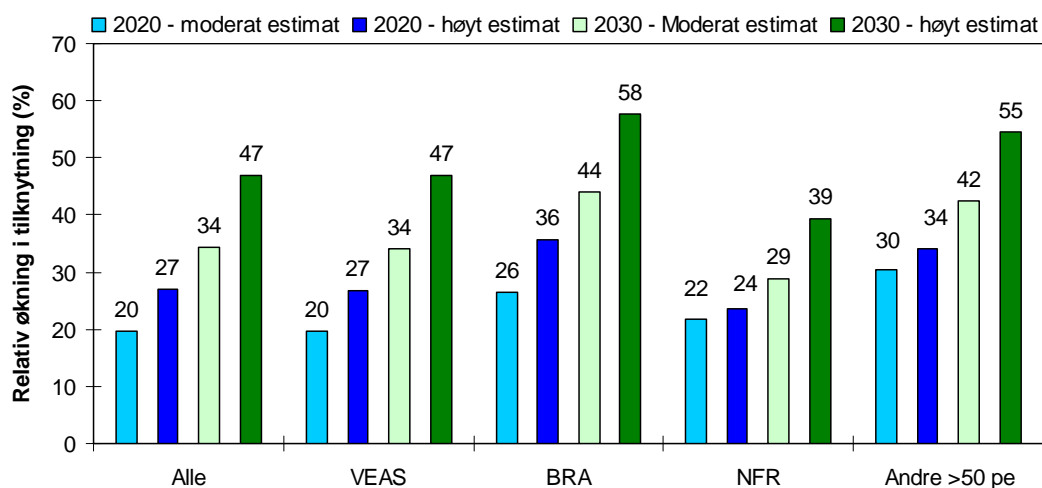
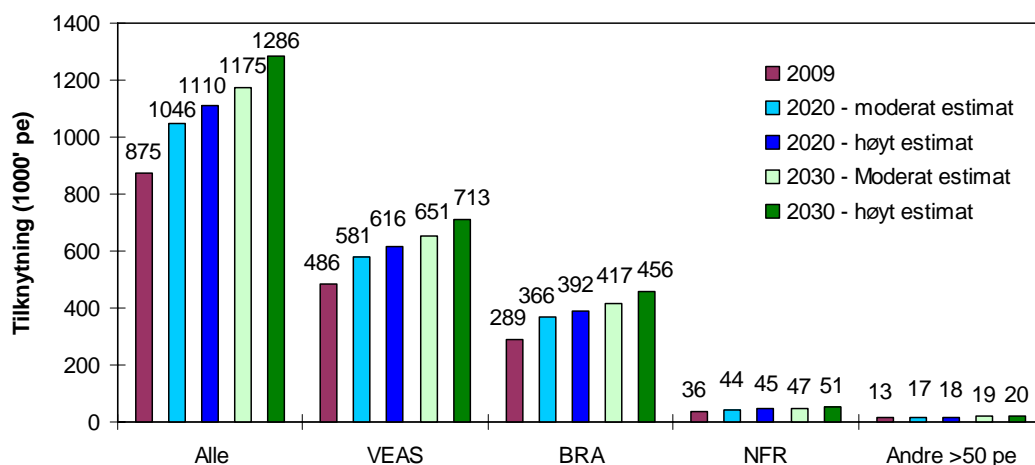
Figur 10. Befolkningsutvikling i regionen (inkludert Nittedal kommune) mellom 1980 og 2009; forventet utvikling fram mot 2020 (som planlagt i hht kommuneplanene og moderat og høyt estimat), 2030 (moderat og høyt estimat) og 2050 (moderat estimat). Øvre stiplet linje viser utvikling hvis utviklingen siste 5 år videreføres, mens nedre stiplet linje viser utviklingen hvis utviklingen følger gjennomsnittet siden midten av 80-tallet.



Figur 11. Samlet befolkningsøkning og relativ befolkningsendring i regionen siden 2009; estimater for 2020 (som planlagt i hht kommuneplanene, "nest høyeste estimat" og "høyeste estimat"), 2030 (moderat og høyt estimat) og 2050 (moderat estimat).



Figur 12. Bydeler i Oslo med angivelse av gruppering for regional fordeling av befolkningsutviklingen. Grønn linje indikerer eksisterende fordelingslinje mellom VEAS (vestover) og Bekkelaget RA (sørøstover).



Figur 13. Øverste delfigur: Forventet tilknytning i personekvivalenter (pe) til samtlige renseanlegg og de største renseanleggene i regionen i 2020 og 2030; Midterste delfigur: Økningen dette tilsvarer i pe, og; Nederste delfigur: Den prosentvise økningen dette tilsvarer.

2.3 Status mht kapasiteten på renseanleggene

Utfordringen for de tre store anleggene mht rensekrav ligger i å tilfredsstillere kravet til minimum 70 % fjerning av totalnitrogenet (medregnet overløp). Hovedanlegget (det biologiske rensetrinnet) på VEAS har en estimert rensegrad på 75-80 % for nitrogen. Andelen er noe lav i forhold til hva som kunne vært forventet ut fra denne typen renseprosess (etter-denitrifisering). Årsaken er sannsynligvis knyttet til den store andelen fremmedvann som kommer inn til VEAS i tillegg til at anlegget er driftsoptimalisert for å klare utslippskravet.

På BRA er den estimerte nitrogenfjerningen på det biologiske rensetrinnet (fordenitrifisering) på ca. 73 %. I perioden 2002-2008 har den gjennomsnittlige rensegraden for nitrogen for hele anlegget vært 69,3 % og i størrelsesorden 95 % av alt innkommende nitrogen har gjennomgått biologisk rensing. Våre estimater indikerer at hver 5 % økning i belastningen vil redusere rensegraden for nitrogen med ca. 0,3-0,4 %. Det er derfor i utgangspunktet ikke rom for noen vesentlig belastningsøkning på BRA.

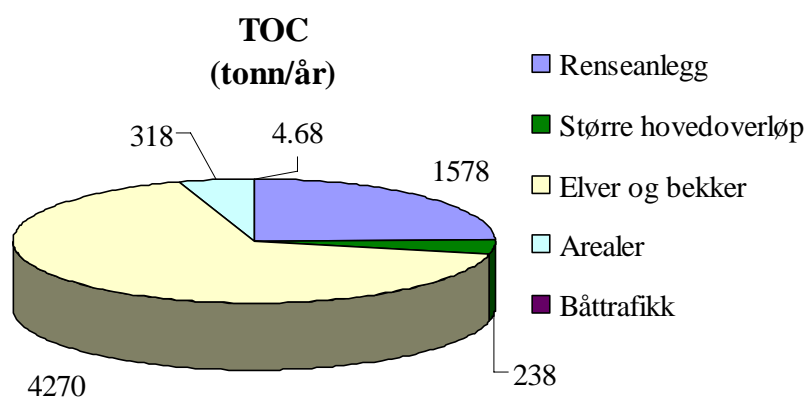
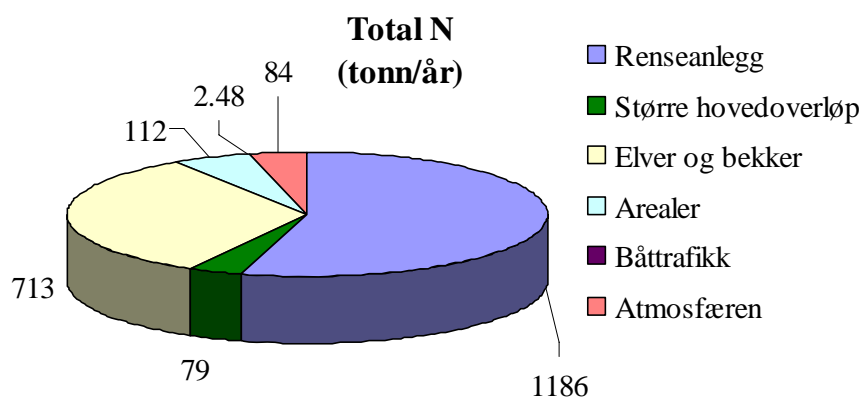
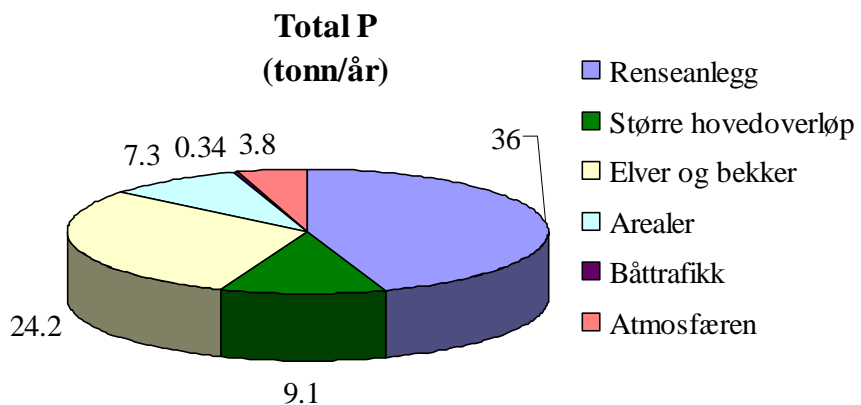
Likevel har både VEAS og BRA tilsynelatende en betydelig hydraulisk restkapasitet på nitrogenrensetrinnet grunnet variabel belastning. For hele perioden 2002-2009 sett under ett har restkapasiteten ved VEAS teoretisk sett¹ vært på ca. 35 % (ca. 139.000 m³/d), mens den på BRA har vært på ca. 31 % (ca. 42.500 m³/d). Samtidig må det poengteres at selv om det er ledig hydraulisk kapasitet på anleggene er det ikke gitt at det er ledig hydraulisk kapasitet på ledningsnett (gjelder VEAS) eller til nitrogenfjerning. Sistnevnte avhenger blant annet av avløpsvannets temperatur, alkalitet og konsentrasjon. I praksis er det heller ikke mulig å ta ut hele restkapasiteten, ettersom dette ville krevd et svært stort utjevningvolum. I **Kapittel 4.1 og 4.3** diskuteres det hvordan restkapasiteten potensielt kan utnyttes.

2.4 Tilførselskilder for fosfor, nitrogen og organiske stoffer til fjorden

Som **Figur 14** viser, er renseanleggene de viktigste kildene til de samlede tilførselene til fjorden: 81 tonn totalfosfor per år (ca. 44 %) og 2200 tonn totalnitrogen per år (ca. 55 %). Elver og bekker utgjør en god nr. 2 (ca. 30 % av P og ca. 33 % av N). Det må poengteres at tallene for organisk stoff er meget usikre.

Hovedoverløpene er også viktige bidragsytere til totalfosfor (ca. 11 %), i tillegg til at mindre overløp på ledningsnett og tilsig fra små rense- og infiltreringsanlegg bidrar til elvenes/bekkenes andel. Tidligere estimater for PURA-området antyder at lekkasjer fra ledningsnett kan utgjøre i hvert fall 10 % av de totale tilførselene av fosfor som kommer til fjorden via elvene. De svært usikre estimatene for de samlede tilførselene av organisk stoff (6400 tonn/år) antyder at elvene og bekkene bidrar mest; i størrelsesorden 2/3 av tilførselene.

¹ Basert på døgngjennomsnittlige vannføringsverdier, som ikke vil fange opp kortere støtbelastninger på anleggene og som dermed normalt vil overestimere restkapasiteten til en viss grad.



Figur 14. Tilførsler av total fosfor (Total P), total nitrogen (Total N) og organisk karbon (TOC) via ulike transportveier til indre Oslofjord.

2.5 Kilder til oksygenforbruk i dypvannet under 20 meter

Det totale oksygenforbruket i dypvannet på dyp større enn 20 m ($\text{TOF}_{>20 \text{ m dyp}}$) forårsaket av tilførselene av fosfor, nitrogen og organisk stoff er grovt estimert. Estimatet er basert på tilførselskildenes størrelse, forbindelsenes biotilgjengelighet eller nedbrytbarhet og medfølgende algeproduksjon i overflatelaget (over 20 m), samt enkle anslag rundt de fysiske transportprosessene som fører forbindelsene ned til dypvannet ($>20 \text{ m dyp}$ og $>50 \text{ m dyp}$) og inkludering av oksygenforbrukende prosesser i dypvannet. Se **Vedlegg 4**.

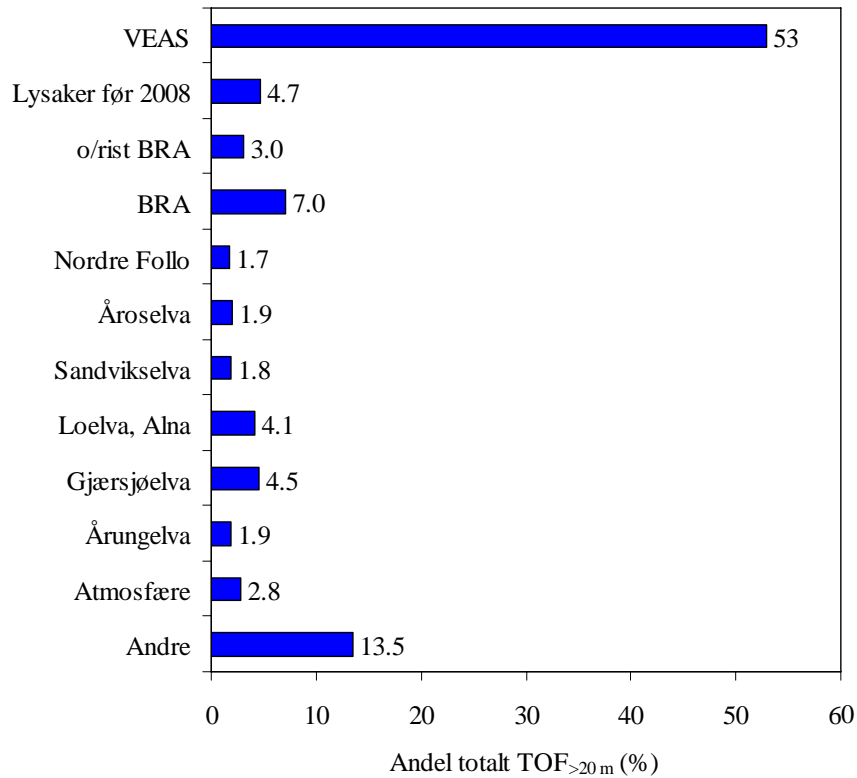
Transportprosessene og den sesongavhengige dynamikken i stoffomsetning har ikke blitt adressert på en tilfredsstillende måte. Dette begrenser tolkningsstyrken til våre estimater. Likevel mener vi at følgende funn må kunne anses som retningsledende:

TOF_{>20 m dyp}-bidrag (se **Figur 15** og **Figur 16**):

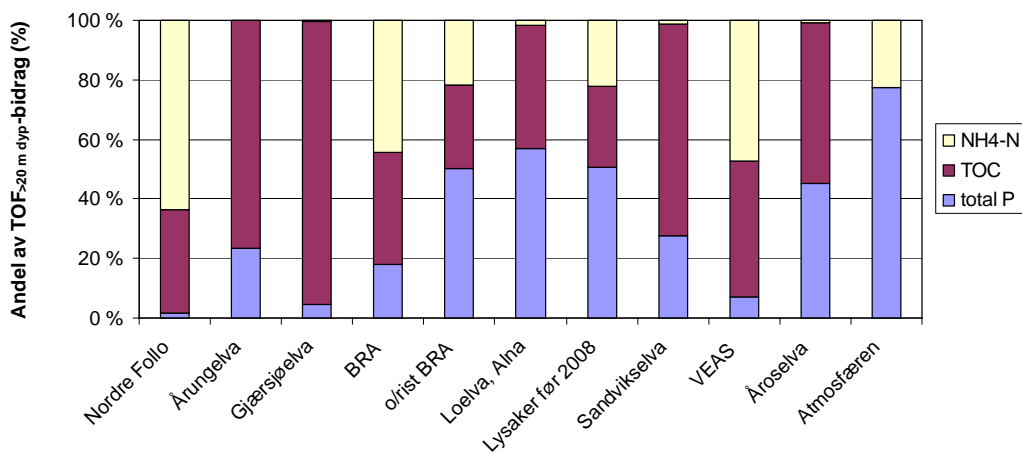
- En tentativ øvre utslippsgrense av $\text{TOF}_{>20 \text{ m dyp}}$ for å sikre god økologisk status i fjorden er estimert til 6500 tonn $\text{O}_2/\text{år}$.
- Det samlede $\text{TOF}_{>20 \text{ m dyp}}$ -bidraget er estimert til ca. 7270 tonn $\text{O}_2/\text{år}$, 770 tonn $\text{O}_2/\text{år}$ (11 %) over det tentative utslippsmålet.
- Renseanleggene bidrar med anslagsvis 64 % av $\text{TOF}_{>20 \text{ m dyp}}$, hvorav VEAS bidrar med hele 53 % og BRA med ca. 7 %. De relative bidragene fra organisk stoff og ammonium er tilnærmet like store både fra VEAS og BRA.
- Elvene og bekkene bidrar med ca. 21 %, der Gjersjøelva, Loelv, Årungelva, Åroselva og Sandvikselva alle bidrar med mer enn 1,5 % av total-TOF-tilførselen. For de fleste store elvetilførselene dominerer bidraget fra organisk stoff.
- Hovedoverløpene bidrar med ca. 5 % (Lysaker) og ca. 3 % (BRA over rist).
- Selv om VEAS har et lavere utslipp av total nitrogen per m^3 avløpsvann behandlet enn BRA (7,0 mot 9,2 tonn/mill. m^3), så er mengden ammonium utslippet per år vesentlig høyere (8 x høyere på VEAS) forårsaket av den høye andelen ammonium i utslippsvannet ($\text{NH}_4\text{-N}/\text{total N} = 0,60$ på VEAS og 0,15 på BRA). TOF-bidraget fra organisk stoff er 5-7 ganger høyere fra VEAS enn fra BRA.

Det er knyttet en viss usikkerhet til de faktiske utlippene av ammonium fra VEAS, ettersom disse er basert på kun 20 døgnblandprøver. Men størst usikkerhet er det knyttet til det faktiske bidraget fra organisk stoff til TOF-belastningen i fjorden. Usikkerheten ligger både på hvor mye organisk stoff som tilføres (gjelder elvene) og på hvor tilgjengelig dette organiske stoffet er for omsetning og dermed for oksygenforbruk i fjorden (gjelder både elvene og avløpsrenseanleggene). Det anbefales derfor at det gjennomføres et måleprogram for å kvantifisere det

umiddelbart omsettelige og det langsomt nedbrytbare organiske stoffet både i elvene og i renset avløpsvann rett før tilførsel til fjorden. For de største elvene burde måleprogrammet dekke minst ett år og fange opp ulike faser av avrennings situasjonene med antatt størst betydning.



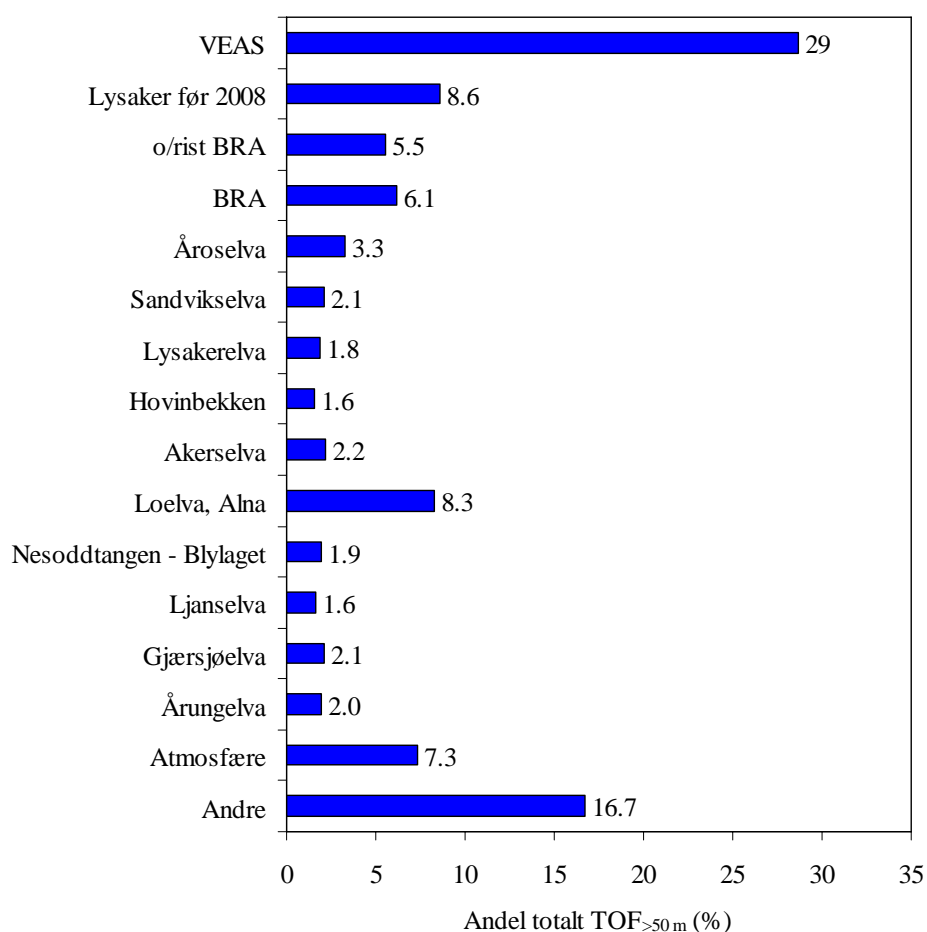
Figur 15. Estimert andel av de samlede tilførslene av totalt oksygenforbruk (TOF) som belaster vannmassene under 20 m dyp for hele fjorden. Alle kilder som utgjør mer enn 1,5 % av den samlede TOF-belastningen under 20 m er inkludert.



Figur 16. Estimert bidragsandel fra NH₄-N, organisk stoff (TOC) og total P til TOF > 20 m dyp fra hver enkelt kilde som utgjør mer enn 1,5 % av den samlede TOF-belastningen under 20 m.

*TOF*_{>50 m dyp}-bidrag (se **Figur 17**):

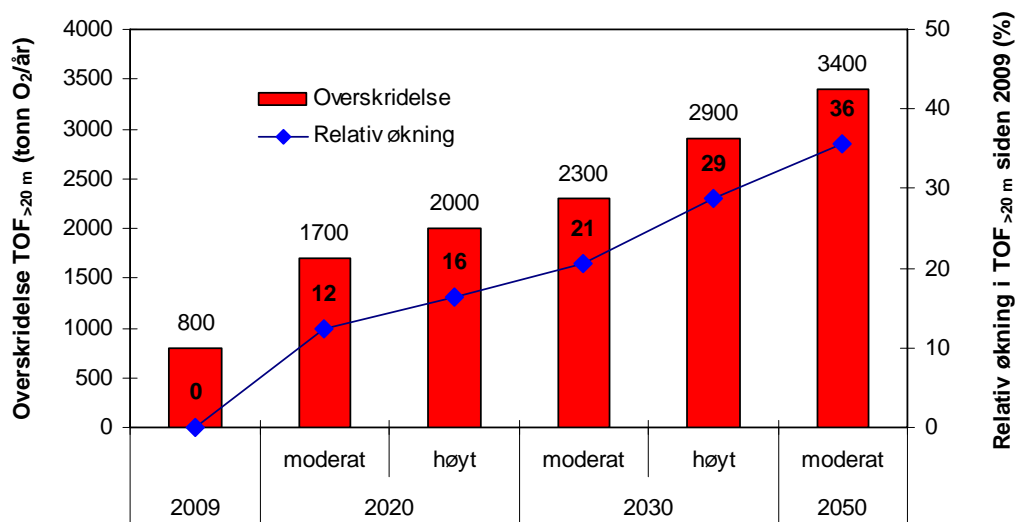
- VEAS er fremdeles den viktigste enkeltkilden til TOF (ca. 29 %), men bidragsandelen fra elver (ca. 30 %), hovedoverløp (ca. 15 %), arealavrenning (ca. 10 %) og atmosfærisk avsetning (ca. 7 %) har økt pga sekundærbelastningen fra algeproduksjonen i overflatelaget (døde alger synker ned og det forbrukes oksygen under nedbrytningen).
- De dominerende VA-bidragene ser ut til å være VEAS, Lysakeroverløpet (ca. 9 %), den sterkt avløppspåvirkede Loelva (ca. 8 %) og Bekkelaget RA med overløp over rist (ca 12 % til sammen).



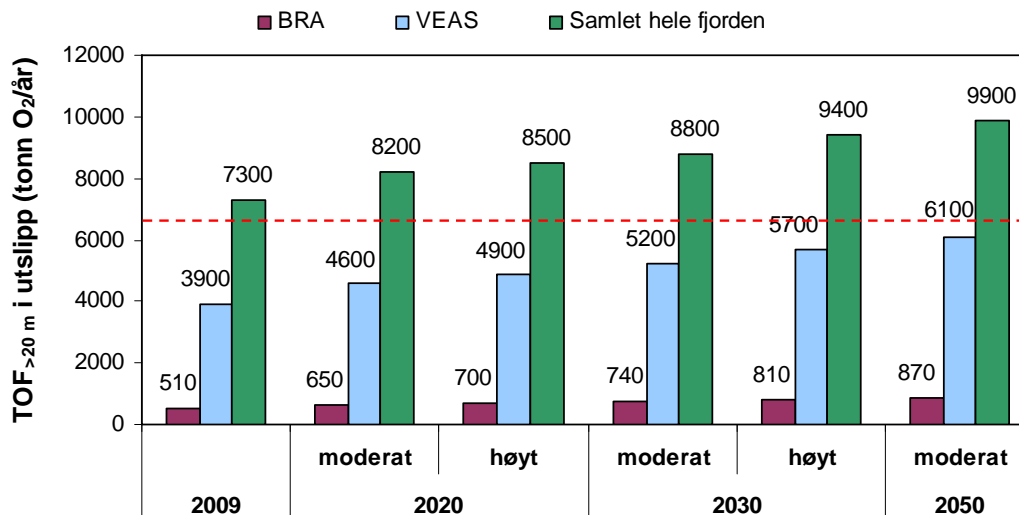
Figur 17. Estimert andel av de samlede tilførslene av totalt oksygenforbruk (TOF) som belaster vannmassene under 50 m dyp for hele fjorden. Alle kilder som utgjør mer enn 1,5 % av den samlede TOF-belastningen under 20 m er inkludert.

2.6 TOF-belastning i 2020, 2030 og 2050

- Med utgangspunkt i den estimerte ekstrabelastningen på VEAS og BRA ble overskridelsen av det tentative utslippsmålet for $TOF_{>20\text{ m}}$ på 6500 tonn O_2 /år estimert å øke fra 770 tonn O_2 /år i 2009 til ca. 1700-2000 tonn O_2 /år i 2020, til ca. 2300-2900 tonn O_2 /år i 2030 og til anslagsvis 3400 tonn O_2 /år i 2050. Se **Figur 18**.
- Det er illustrativt for betydningen av avløpsbehandlingen på VEAS at den anslagsvise belastningen på BRA i 2050 nesten vil tilsvare den på VEAS i dag, samtidig som bidraget til $TOF_{>20\text{ m}}$ fra BRA da vil være drøyt 20 % av dagens $TOF_{>20\text{ m}}$ -bidrag fra VEAS. Se **Figur 19**.



Figur 18. Relativ økning i samlet $TOF_{>20\text{ m}}$ til fjorden og overskridelse av det tentative utslippsmålet for $TOF_{>20\text{ m}}$ på 6500 tonn O_2 /år ved estimerte bidrag til $TOF_{>20\text{ m}}$ i indre Oslofjord fra VEAS og Bekkelaget RA i 2009, 2020, 2030 og 2050.



Figur 19. Estimert bidrag til det totale oksygenforbruket under 20 m ($TOF_{>20 m}$) i indre Oslofjord fra VEAS og Bekkelaget RA (BRA) i 2009, 2020, 2030 og 2050. Estimatenes er bygget på forutsetningen at de to rensanleggene belastes som angitt i **Figur 13** (samt 58 % og 70 % økt belastning på hhv VEAS og BRA i 2050) og at alt annet beholdes uendret ift 2009.

Mer detaljer rundt kvantisering av utfordringene med befolkningsøkningen fram mot 2050 finnes i **Vedlegg 4**.

3. KLIMAEFFEKTER OG UTFORDRINGER FOR VA-SEKTOREN OG FJORDEN

3.1 Forventet endring i klima fram mot 2100

De forventede endringene i de ulike klimafaktorene er oppsummert i **Tabell 3**.

Tabell 3. Forventet endring i utvalgte klimafaktorer.

klimafaktor	Forventet endring
Temperatur	Innen 2100, midlere økning i årlig middeltemperatur på omtrent 3 °C; mest om vinteren og høsten (hhv 3 °C og 3,5 °C), minst om sommeren (2,5-3 °C).
Nedbør	Årsnedbøren i Osloregionen ventes å øke noe og kraftige regnskyll vil skje hyppigere. Høstnedbøren antas å øke med omtrent 20 prosent, mens sommernedbøren anslås å synke med om lag 15 prosent. Dagens maksimale døggnedbør, basert på perioden 1961-1990, forventets å forekomme 1,5-2,5 ganger så ofte om 100 år. Videre forventes maksimalnedbør med 100 års gjentaksintervall å kunne øke med mellom 15 og 30 prosent.
Vind	Klimamodellene viser at vindforholdene ikke vil endre seg i særlig grad, men vindforhold har vist seg svært vanskelig å beregne.
Havnivåstigning	Den relative havnivåstigningen (inkludert forventet landheving) i indre Oslofjord er forventet å være 7-11 cm (-8 til +14 cm usikkerhet) fram mot 2050 og 41-51 cm (-20 til +35 cm usikkerhet) fram mot 2100. Stormflonivået med 100 års returintervall er estimert til 167-197 cm i 2050 og 210-236 cm i 2100 relativt til NN1954 (null-koten på landkart).

3.2 Fremmedvann inn på ledningsnett og betydning for overløp og renseanlegg

I dag utgjør fremmedvann i størrelsesorden 50 % av avløpsvannet inn til VEAS og ca. 35 % på Bekkelaget RA. De projiserte klimaendringene vil ytterligere kunne øke fremmedvannmengden på spillvannsnett ved (se **Tabell 4**);

- grunnvannsinntrengning med årsak i et generelt høyere grunnvannsnivå,
- ved nedbørsavhengig innlekking pga feilkoblinger av sluk, taknedløp, drenering og overvann fra tette kummer øker (i følge NORSK VANNs rapport 2009/168, antydningssvis 3-30 ganger spillvannsmengden) og
- ved at overvann ledes til spillvannsnett.

I prosjektet er det et langsiktig strategisk mål å komme ned til en grunnvannsinntrengning på maksimum 0,2 l/s per km av spillvannsledningsnett.

Tiltakene vi foreslår har som målsetning å minimere den hydrauliske belastningen på ledningsnett, samtidig som at man tar høyde for at det kan være nødvendig at det mest forurensede overvannet renses. Se **Kapittel 4.1**.

Det er intensiteten og volumet til korttidsnedbøren som har størst betydning for belastningen på avløpsnett. Norske myndigheter har foreløpig ikke gitt noen anbefalinger om framtidig dimensjonerende regnintensiteter. Vi anbefaler derfor at man benytter svenske anbefalinger som sier at innen år 2020 vil intensiteten i sterke regn øke med 20 % og med 50 % innen år 2100, i forhold til dagens regnintensitetskurver.

Også økte overløp og lekkasjer fra ledningsnett kan forventes, hvis det ikke gjøres tiltak. Vi anbefaler imidlertid at håndteringen av overvannet i regionen blir gjort mer bærekraftig i årene framover, og vi har derfor ikke vurdert dette nærmere i denne sammenheng. *Merk likevel at analyser av overløpsutslipp i utenlandske og norske byer har vist at klimaendringene kan føre til 50 – 100 % større utslipp i enkelte nett som har stor belastning allerede.*

Ved siden av å bidra med næringsstoffer og organisk stoff til overflatelaget, representerer overløpsutslipp et hygienisk problem, bl.a. for badevann.

Om klimaendringene vil bidra til betydelige økte utslipp fra avløpsanlegg av miljøgifter, er ennå uklart.

Tabell 4. Forventet økning (+) eller reduksjon (-) i forventet belastning på ledningsnett for sentrale klimatiske faktorer og befolkningsøkning. Svak-moderat-sterk økning/reduksjon: fra +/- til +++/---, ingen endring: 0.

Påvirkningsfaktor	Forventet utvikling	Kommentar
Spillvannsmengden	+++	Vil sannsynligvis være tilnærmet lineær med befolkningstilveksten.
Lekkasjemengden <u>ut fra</u> ledningsnett	-	Forventet forbedring pga fornyelse av det dårligste nettet.
Grunnvannsinntrengningen	-	Høyere grunnvannsstand virker negativt, mens fornying av ledningsnett virker positivt. Forventer samlet sett en forbedring.
Nedbørsavhengig innlekking	+/--	Forutsetter at forslag til overordnet strategi for overvannshåndteringen gjennomføres.
Tilført overvann	+/--	Forutsetter at forslag til overordnet strategi for overvannshåndteringen gjennomføres.
Utjevning av hydraulisk belastning	--	Midgardsormen vil dempe støtbelastninger både på BRA og VEAS.

3.3 Betydning av forventet havnivåstigning

Havnivået vil stige som følge av termisk utviding og økte tilførsler av smeltevann. Dette senker den hydrauliske kapasiteten i enkelte avløpsnett. Stormflo kan komme på toppen av springflo. Stormflo skyldes at vinden skyver vannet foran seg og stuver dette opp mot land.

Når stormflo kommer på toppen av et høyt tidevann/springflo vil mye avløpsvann kunne stuve seg opp i avløpsnett og øke flomskadene og overløpsmengdene utover det normale. Dette gjelder særlig dersom det er et betydelig regn samtidig.

3.4 Klimaets betydning for avrenning til fjorden via elver og bekker

Lokale prognoser for vannføring i elver i Oslofjordområdet har indikert en økt vannføring på 50-200 % vinterstid, noe svakere økning på høsten (ca. 20-25 %) og noe redusert (ca. -5 til -30 %) vannføring på våren og sommeren for perioden 2071-2100. Estimatenes bygger på sammenligning med perioden 1961-1990.

Indre Oslofjord har relativt lite lokal ferskvannstilførsel slik at en økning vinterstid i første rekke vil ha helt lokale effekter (nær elveutløp etc.). Kombinert med mildere vær vil det gi en økt transport av leire, humus og næringssalter. Vi har per i dag for lite data og kunnskap om hvordan klimaet vil kunne påvirke den

lokale avrenningen i området. Som følge kan vi ikke gi noen gode kvantitative estimater på denne. Sannsynligvis vil endrede jordbruksrutiner (pløying, gjødsling) og tiltak mot avrenning fra spredt bebyggelse, lekkasjer og overløpshendelser (se **Kapittel 4.1 og 4.2**) også redusere betydningen av eventuell økt avrenning forårsaket av klimaendringene. Det er imidlertid vanskelig å kvantifisere denne betydningen.

3.5 Klimaendringenes sannsynlige betydning for dypvannsutskiftningen

Som vi diskuterer i **Vedlegg 10-4**, vil spådommene om en økende grad av vinder fra sørvest og økende frekvens av sterke vinder fra sørvest (mer enn 6 m/s) om vinteren kunne gi dårligere dypvannsfornyelse. Dette vil redusere oksygentilførslene til dypvannet i indre Oslofjord.

Økt vannføring vinterstid i Drammenselva og Glomma øker brakkvannsmengden i området. Et tykt brakkvannslag i Beiangen og Drøbaksundet kan blokkere for en dypvannsfornyelse. Hvis dypvannstemperaturen også blir høyere øker oksygenreduksjonen i vannet. Resultatet kan bli enda dårligere dypvannsfornyelse.

Hvor stor den endelige effekten på Oslofjorden vil bli, er ikke kjent. Det er her nødvendig å bruke modeller for å kunne estimere den samlede effekten. Dette er tidligere gjort for Egersund-området ved å koble NIVAs fjordmodell med ulike tilførselsmodeller og fremtidige scenarier (ca 100 år) fra meteorologisk institutt (Kaste m.fl. 2006).

Mer detaljer rundt klimaeffekter og utfordringer for VA-sektoren og fjorden finnes i **Vedlegg 10**.

4. TILTAK

4.1 Tiltak med målsetning om å oppnå en økologisk og kjemisk vannkvalitet som innbyr til rekreasjonsaktiviteter

Overløp på fellesledningsnett under kraftige nedbørsepisoder og lekkasjer fra ledningsnett antas å være de dominerende kildene til fekal forurensning og avløpsforsøpling. Sammen med elver og bekker er de også viktige kilder til fosfor- (jf. **Figur 7**) og partikkelutslipp til de øvre vannmassene i fjorden. Disse typene forurensninger kan gjøre fjordens overflatevann lite attraktivt for rekreasjonsaktiviteter.

I **Tabell 5** har vi listet tiltak med angitt prioritering som er rettet mot å redusere forurensningen. Den viktigste tiltakstypen for å redusere overløpene er økt separering av overvann og spillvann ved lokal infiltrering om det er mulig, bortkobling av takvann samt separering av fellesavløp når det er hensiktsmessig. Dette følger den anbefalte overordnede strategien for håndtering av overvann og avløpsnett, vist i **Boks 1**.

Overvannshåndteringen i sterkt urbaniserte områder vil vanligvis måtte bli meget forskjellig fra overvannshåndteringen i mindre urbaniserte områder. I mindre urbaniserte områder er mulighetene til infiltrasjon direkte i grunnen, bruk av vegetasjon, anlegg av åpne renner og åpne dammer mye større enn i sentrale bystrøk. I sentrale bystrøk kan det være riktig å sende det mest forurensede overvannet til rensanlegg, anlegge lukkede fordrøyningsmagasiner under overflaten og ikke separere fellesavløpssystem. Imidlertid krever enhver konkret situasjon en egen analyse for å finne de optimale lokalt tilpassede tiltak. Byggingen av den 50.000 m³ store tunnelen Midgardsormen (**Tiltak nr. 6** i **Tabell 5**) fra gamlebyen ut mot Bekkelaget rensanlegg (BRA) er et konkret eksempel på en slik tilnærming. Det er også regnvannrensanlegget på Vestfjorden avløpsseksjon (VEAS) og utvidelsen av kapasiteten til det kjemiske rensetrinnet på BRA (**Tiltak nr. 11**), som har som målsetning å redusere overløpsutslippene fra fellesavløpsnett til fjorden ved kraftig regn.

Tabell 5. Tiltak med målsetning om å oppnå vannkvalitet som innbyr til rekreasjonsaktiviteter. Antydnet prioritering.

Tiltakssted	Nr.	Beskrivelse	Forventet effekt	Pri.
Overflatetiltak (LOD)	1	Økt separering av overvann og spillvann ved lokal infiltrering om mulig, bortkobling av takvann.	Mindre overløp på fellesnett. Effekt avhengig av omfang av tiltak.	1
	2	Fordrøyning på overflaten før tilførsel til avløpsnettet.	Svakere flomtopper på ledningsnettet mindre overløp. Effekt avhengig av omfang av tiltak.	2
	3	Innarbeide gode rutiner for fjerning av hunde-/hesteavføring og generelt renhold av belastede gater og torg.	Redusert tilførsel av fugle-, hunde- og hesteavføring og avløpssjøppel til fjorden.	1
Ledningsnett	4	Optimalisert fornyingstakt av ledningsnettet.	Reduserte lekkasjer med mindre utslipp til byvassdragene. Effekt avhengig av omfang av tiltak.	1
	5	Minimalisere utilsiktede utslipp fra større og utsatte overløp og avløpspumpestasjoner ved elektronisk overvåking eller hyppig ettersyn	Mindre overløp på fellesnett.	1
	6	Fordrøyning i ledningsnettet. Eksempel Midgardsormen.	Utjevning av flomtopper og mindre i overløp. Estimert til 33 % redusert overløp fra BRA i nåsituasjon.	2
	7	Sammenkobling av tunnelsystemet rundt fjorden sammen med elektronisk overvåking og sanntidskontroll for å utjevne toppbelastningen på anlegg med restkapasitet.	Mer effektiv utnyttelse av restkapasiteten på renseanleggene. Mindre i overløp. Ikke forsøkt kvantifisert her.	3?
Vassdrag	8	Bedre kontroll med tilstanden til små private avløpsanlegg og krav til utbedring ved påvisning av mangler/feil.	Redusert tap av partikler, næringssalter og fekal forurensning til vassdrag. Effekt avhengig av omfang av tiltak.	2
	9	Miljøtilpasset jordbearbeiding		2
	10	Bedre balansert fosfortilførsel og bedre gjødslingsrutiner i jordbruket		2
Renseanlegg	11	Økt kjemisk rensekapasitet for vannmasser som overskrider kapasiteten på hovedanlegget. Eksempel regnvannsrenseanlegget på VEAS og økt kapasitet på kjemisk felling på BRA.	Er gjennomført. Reduserte hovedoverløp estimert til ca. 72 % (VEAS) og ca. 60 % (BRA) i nå-situasjon.	1-2

Boks 1.

Overordnet strategi for overvann og avløpsnett

Lokale systemanalyser av avløpsnettene i den enkelte kommune er avgjørende for valg av tiltak. Følgende generelle betraktninger kan likevel gjøres:

- Økt separering av overvann og spillvann er av overordnet betydning og kan oppnås ved å minke tilførslene til fellesavløpssystemet. Separering av fellesavløp bør også vurderes der det er hensiktsmessig.
- For all fortetting av eksisterende områder og nyutbygninger bør overvannet ikke ledes direkte til avløpsnett, men infiltreres til grunnen om mulig. Det som ikke kan infiltreres bør forsinkes eller fordrøyes på overflatene eller i lokale fordrøyningsvolumer, før det føres til avløpsnett.
- Det bør planlegges og forberedes for åpne og trygge flomveier for opp til et 100-års regn, for den overvannsføringen som overstiger avløpsnettets kapasitet.
- Det overvannet fra tak som i dag er koblet rett til fellesavløpssystemet bør kobles bort og ledes ut på marken, hvis dette kan gjøres uten for store ulemper og kostnader.
- NORSK VANNs forslag for dimensjonerende gjentakintervall for tillatt oversvømmelse og for dimensjonering av kapasiteten til anleggene, bør følges. (Anleggene bør klare påkjenningen fra det nye klimaregimet og den fremtidige befolkningsstrukturen i hele den perioden de er ment å være operative).
- Ved planlegging og dimensjonering av anlegg for håndtering av overvann og annet avløpsvann, bør anbefalte prognoser for økning i nedbørintensiteter og havstigning brukes, samt prognosene for befolkningsutvikling og bosetning. Prognosene bør representere situasjonen på slutten av den perioden anleggene er ment å være operative.
- For å minimalisere utilsiktede utslipp fra større og utsatte overløp og avløpsspumpestasjoner, bør det gjennomføres elektronisk overvåking eller hyppig tilsyn. Sentrale overløpsutslipp av stor betydning for resipienten bør ha utstyr som kan måle utslippene. Alternativt kan slike utslipp beregnes med kalibrerte modeller.
- Ved hjelp av lokale beregninger av de aktuelle avløpsnettene i den enkelte kommune, bør man finne de mest kosteffektive tiltak som kan minimere overløpsutslipp, minke fremmedvannmengden i avløpsnett og øke tilføringsgraden til avløpsrensaneanleggene. Det bør lages tiltaksplaner for hvilke tiltak som kommunen mener bør gjennomføres, basert på en helhetlig bedømmning.

Det vil være nyttig å kunne optimalisere fordelingen av avløpsvannet mellom tunnelsystemer og rensenanlegg med ledig kapasitet. Dette vil være spesielt tjenlig under nedbørsepisoder der noen deler av ledningsnettets vil bli veldig kraftig hydraulisk belastet, mens andre vil bli belastet i svært liten grad. Dette kan tenkes gjort ved å knytte hele ledningsnettets rundt indre Oslofjord sammen til ett felles ledningsnett. Fordelingen til de enkelte rensanleggene kan da styres etter hvilke tunnelsystem og anlegg som har ledig kapasitet sammen med en sanntidsstyring av pumper (**tiltak nr. 7**). **Figur 20** skisserer hvordan dette kan se ut.



Figur 16. Forslagsvis plassering av ny tunnel for å koble tunnelsystemet sørøst i regionen med hovedledningsnettets nord og vest i regionen. Midgardsormen er også vist på kartet.

Ved planlegging av anlegg for overvann og overløpsvann, bør anbefalte prognoser for økning i nedbørintensiteter brukes, samt prognosene for befolkningsutvikling. Prognosene bør representere situasjonen på slutten av den perioden anleggene er ment å være operative, hvilket vil si klimasituasjonen fra 2070- 2100. Det bør planlegges og forberedes for åpne og trygge flomveier for opp til et 100-års regn for den overvannsføringen som overstiger det vanlige avløpssystemets kapasitet.

For å nå målene om en bærekraftig håndtering av overvann må planlegging av flom- og overvannshåndteringen samordnes med arealplanleggingen i

kommunene. Det vil si at prinsipper eller løsninger for håndtering av overvann vurderes og fastsettes i kommuneplaner, i kommunedelplaner, reguleringsplaner og bebyggelsesplaner. Ved større tiltak som medfører økt overflateavrenning, bør dette være spesielt godkjent i forbindelse med behandling av tiltaket etter Plan- og bygningsloven. I kommuneplanens arealdel eller i tematiske kommunedelplaner bør det fastsettes generelle krav i form av retningslinjer til hvordan overvann skal håndteres i kommunen. I reguleringsplan og bebyggelsesplan fastsettes konkrete krav for det enkelte området, forankret i arealbruk, bestemmelser og retningslinjer i kommuneplanens arealdel.

Det foreligger ingen lokal vurdering for regionen av hvilken kvantitativ effekt de projiserte klimaendringene vil ha på overløpsutslippene. Erfaringer fra andre byer tilsier at klimaendringer kan føre til 50-100 % økte utlipp i enkelte nett som har stor belastning allerede. Med andre ord kan de estimerte effektene av **Tiltak nr. 7** og **Tiltak nr. 11** i **Tabell 5**, som har tatt utgangspunkt i nå-situasjonen, reduseres av klimateffektene. Den økte belastningen forårsaket av en økende befolkning er da ikke tatt med i regnskapet.

4.2 Tiltak for å oppnå god økologisk status i dypvannet i alle fjordens bassenger

I **Kapittel 1.2.2** identifiserte vi oksygen som en superparameter for å vurdere fjordens økologiske status, og i **Kapittel 2.5** ga vi et grovt estimat for hvilket utslippsnivå for oksygenforbrukende stoffer som vil kunne bringe oksygenivået i fjordens dypvann (> 20 m dyp) i overensstemmelse med de tentative oksygenmålene (se **Tabell 2**). Vi identifiserte hovedkildene til dette oksygenforbruket (se **Figur 15** i **Kapittel 2.5**) og vi estimert også hvilken ekstra belastning fjorden vil kunne møte som følge av den forventede befolkningsveksten i regionen (se **Figur 18** i **Kapittel 2.6**). I forrige **Kapittel 3** så vi på hvilke ekstra utfordringer regionen vil kunne møte i forhold til de forespeilte klimaendringene. Nå vil vi se på aktuelle tiltak som hver for seg kan bidra til å redusere belastningen på fjorden, med et særskilt fokus på å redusere de viktigste kildene til totalt oksygenforbruk under 20 meters dyp ($TOF_{>20 \text{ m dyp}}$) til fjorden.

I **Tabell 7** har vi oppsummert og sortert disse tiltakene etter hvor tiltaket er tenkt satt inn, forventet effekt og tiltakets prioritering. Denne effekten er også uttrykt som et grovt estimat for mulig reduksjon i $TOF_{>20 \text{ m dyp}}$. De viktigste tiltakene (prioritet 1) er tiltak på VEAS som reduserer utslippene av ammonium (**Tiltak nr. 14**) og organisk stoff (**Tiltak nr. 15**) og som optimaliserer lokaliseringen av utslippene i fjorden (**Tiltak nr. 17**). Som nevnt er estimatene av det faktiske bidraget fra organisk stoff til TOF-belastningen i fjorden svært usikker, noe som også delvis kan maskere betydningen av kildene slik de nå fremgår av **Figur 15**. Det vil derfor være naturlig og nødvendig å kartlegge betydningen av organisk stoff på $TOF_{>20 \text{ m dyp}}$ før det gjøres modellsimuleringer (se **Kapittel 4.2.2**) og gjennomføres tiltak.

Estimatene, slik de foreligger nå, antyder de at man med dagens N-krav på 70 % fjerning og med samme ammoniumandel i utslippet fra VEAS som fra BRA (15 %), vil kunne nå det tentative utslippsmålet for TOF_{>20 m dyp} i 2020. Men for situasjonen i 2030 vil kanskje selv ikke 95 % N-fjerning og 15 % ammonium i utslippet fra rensesanleggene være tilstrekkelig, og det må derfor sannsynligvis gjøres noe med utslippene av fosfor og organisk stoff fra rensesanleggene og/eller noen av de øvrige foreslåtte tiltakene. Dette er omtalt nærmere i **Vedlegg 11-4.2**.

Tiltakene på rensesanleggene (**Tiltak 13-17**) blir også nærmere omtalt i **Kapittel 4.3** som omhandler tiltak for å øke renskapasitetsbehovet. **Tiltak 17**, etterpolering vil også nevnes i **Kapittel 4.4** om energiøkonomisering og resirkulering av ressurser, siden etterpoleringen muligvis kan knyttes til ressurs- og energigjenvinning.

Vi har også gitt urinseparering (**Tiltak nr. 12**) prioritet 1-2, noe vi argumenterer nærmere for i **Kapittel 4.4**. Urinseparering vil redusere tilførslene av ammonium og fosfor til rensesanleggene og vil således også redusere utslippene av disse.

For tiltakene i fjorden (**Tiltak nr. 17-19**) er det ikke relevant å sette en kvantitativ målsetning i form av redusert bidrag til TOF_{>20 m dyp}, da disse tiltakenes hovedmålsetning er å legge til rette for at fjorden best mulig skal tåle belastningen fra utslippene.

Tiltak nr. 18 har som målsetning å bedre dypvannsutskiftningen i Bunnefjorden i tilstrekkelig grad til at god økologisk status kan oppnås i denne indre delen av fjorden. Denne har vi beskrevet spesielt nedenfor (**Kapittel 4.21**). Et lignende tiltak (**Tiltak nr. 19**) i Bærumsbassenget er kort beskrevet i samme kapittel.

I **Tabell 6** har vi forelått milepæler for tiltakene med utgangspunkt i den forventede befolkningsøkningen i regionen, og de påfølgende estimerte TOF-tilførslene.

Tabell 6. Forslagsvis sammenstilling av tiltak for å redusere $TOF_{>20\text{ m dyp}}$ -belastningen i indre Oslofjord i takt med forventet befolkningsøkning fram mot 2020, 2030 og 2050. Tiltakene er satt opp slik at den estimerte samlede belastningen vil ligge i nærheten av den tentative målsetningen på 6500 tonn O_2 /år.

		2009	2020	2030	2050
		tonn O_2 /år	tonn O_2 /år	tonn O_2 /år	tonn O_2 /år
Tentative målsetning:		6500	6500	6500	6500
Betydning befolkningsøkning:					
Estimert $TOF_{>20\text{ m dyp}}$ uten tiltak utover kapasitetsøkning		7300	8200-8500	8800-9400	9900
Estimert nødvendig reduksjon		800	1700-2000	2300-2900	3400
Nr.	Tiltak i prioritert rekkefølge				
29	Optimalisering av NH_4 -andel i utløp (VEAS)	-	800	1500 ¹	900 ¹
30	Optimalisering av organisk stoff i utløp (VEAS)	-	?	?	?
20	Økt separering av overvann og spillvann	-	?	?	?
25	Miljøtilpasset jordbearbeiding				
26	Bedre balansert P-tilførsel og gjødslingsrutiner	0	300	500	500
27	Bedret ettersyn små private avløpsanlegg				
24	Urinseparering	-	115	400	1500
28	RVR på VEAS (gjennomført)	200	200	200	200
28	Kjemisk kapasitetsøkning BRA (gjennomført)	70	70	70	70
21	Fordrøyning på overflaten	-			
22	Fordrøyning ledningsnett. Bl.a. Midgardsormen	40	40	40	100
23	Sammenkobling av tunnelsystemet rundt fjorden	-			
Forventet samlet effekt av tiltak (samlet tilførsel av $TOF_{>20\text{ m dyp}}$)		7000	6700-7000	6100-6700	6400

1) Estimaten gjelder for en NH_4 -N-andel av totalnitrogen på 10-15 % og er korrigert ned fra 1700 tonn O_2 /år for redusert tilførsel av fosfor og nitrogen pga urinseparering.

Tabell 7. Tiltak som har som målsetning å oppnå god økologisk status i dypvannet i alle fjordens bassenger. Tentativ målsetning for tiltaket og foreslått prioritering.

Tiltakssted	Nr	Beskrivelse	Forventet effekt	Målsetning TOF _{>20 m} dyp	Pri.
Bakkenivå	1	Økt separering av overvann og spillvann ved lokal infiltrering om mulig, bortkobling av takvann og separering av fellesavløp når hensiktsmessig.	Reduserte fremmedvannmengder i avløpsvannet som når renseanleggene og dermed mer stabil rensing og lavere hydraulisk belastning, noe som frigjør kapasitet til spillvannsrensing på anleggene (gjelder spesielt VEAS). Reduserte overløp.	-	3
	2	Fordrøyning på overflaten før tilførsel til avløpsnett.	Svakere flomtopper på ledningsnett, mindre i (hoved-)overløp. Effekt avhengig av omfang av tiltak.	100 ¹	3
Ledningsnett	6	Fordrøyning på ledningsnett. Eksempel Midgardsormen.	Utjevning av flom- og belastningstopper inn på renseanleggene og mindre i hovedoverløp.		100 ¹
	7	Sammenkobling av tunnelsystemet rundt fjorden sammen med elektronisk overvåking og sanntidskontroll.	Mer effektiv utnyttelse av restkapasiteten på renseanleggene.	3	
Husstander	12	Separering av urin og videre utnyttelse.	Reduserte tilførsler av næringssalter til renseanleggene. Foreslått opptrappingsplan innebærer 5 % innsamling i 2020, 15 % i 2030 og 50 % i 2050.	150-1500	1-2
Vassdrag	8	Bedre kontroll med tilstanden til små private avløpsanlegg og krav til utbedring ved påvisning av mangler/feil.	Redusert tap av næringssalter og organisk stoff til påvirkede vassdrag. Effekt avhengig av omfang av tiltak.	300-500	2
	9	Miljøtilpasset jordarbeiding.	Redusert tap av jord og næringsstoffer til jordbrukspåvirkede vassdrag. Effekt avhengig av omfang av tiltak.		2
	10	Bedre balansert P-tilførsel og bedre gjødslingsrutiner i jordbruket.	Redusert tap av næringsstoffer til jordbrukspåvirkede vassdrag. Effekt avhengig av omfang av tiltak.		2

1) Et veldig grovt overslag, som ikke tar høyde for potensiell effekt i et endret klima.

Tabell 7. forts.

Tiltakssted	Nr	Beskrivelse	Forventet effekt	Målsetning TOF _{>20 m} dyp	Pri.
Renseanlegg	13	Økt kjemisk renskapasitet for vannmasser som overskrider kapasiteten på hovedanlegget. Eksempel RVR på VEAS og økt kapasitet på kjemisk felling på BRA.	Reduserte hovedoverløp og god ivaretagelse av P-fjerning, noe redusert C-fjerning, men vesentlig svakere N-fjerning på vannet som behandles kjemisk.	300 ²	2
	14	Optimalisering av dagens renseprosess på VEAS for å minimere andelen ammonium i utløpet med samme N-fjerning.	Redusert ammoniumandel i utslippet: 30-35 % NH ₄ -N/total N. Redusert ammoniumandel i utslippet: 10-15 % NH ₄ -N/total N.	800 1700	1
	15	Optimalisering av dagens renseprosess på VEAS for fjerning av organisk stoff.	Reduserte konsentrasjoner av organisk stoff som bidrar til oksygenforbruk i fjorden i utslippet: 30-35 %	800	1
	16	Etterpolering	Reduksjon av N og P	-	2
Fjorden	17	Optimalisert utslippspunkt (innlagringsdyp og bassengfordeling) av behandlet avløpsvann til fjorden.	Kapasiteten fjorden har til å absorbere utslippene uten at fjordmiljøet tar skade av utslippene vil utnyttes så hensiktsmessig og praktisk som mulig.	-	1
	18	Nedpumping av behandlet avløpsvann og/eller overflatevann på 140 m dyp i Bunnefjorden.	Bedre dypvannsutsifting i Bunnefjorden med mulighet for å oppnå god økologisk status i dypvannet. Krever i størrelsesorden 2-3 m ³ /s ferskvann. Ved ca. 4 m ³ /s ferskvann er det håp om å få tilbake rekefisket i Bunnefjorden. Ved behov for nedpumping av overflatevann øker vannføringsbehovet.	-	1
	19	Nedpumping av ferskvann på 30-35 m dyp i Bærumsbassenget.	Bedre utsifting i vannmassene over 30 m vil kunne hindre dannelse av uønsket H ₂ S-gassutvikling her og muliggjøre at god økologisk status kan nås i dette naturlig anoksiske bassenget (under ca. 30 m).	-	2

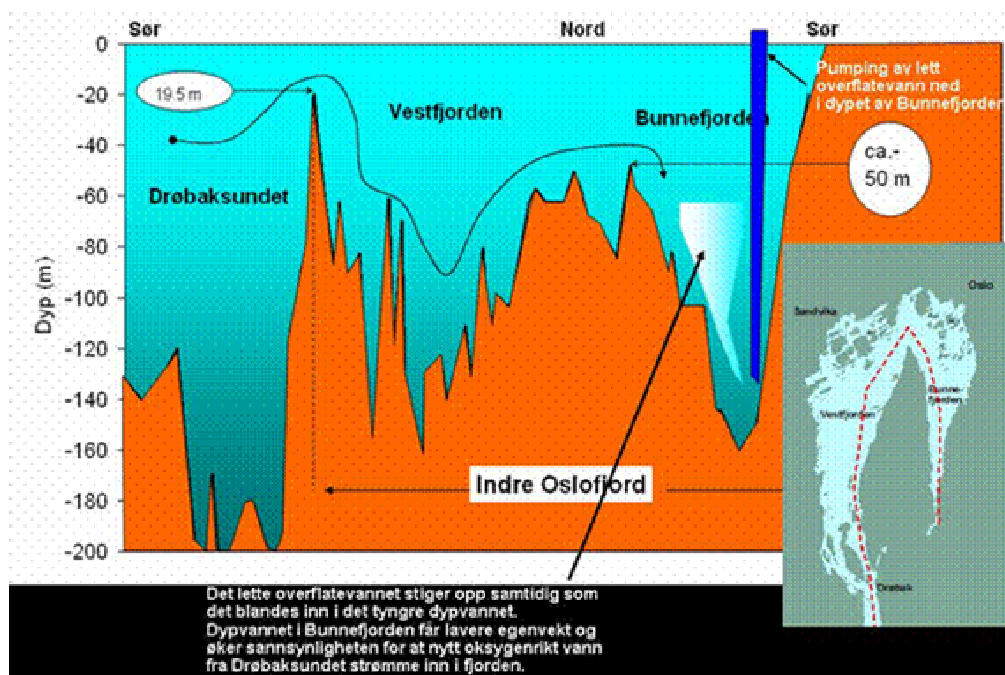
2) Antatt effekt av allerede gjennomførte tiltak.

4.2.1 Tiltaksløsning for Bunnefjorden

Situasjonen i Bunnefjorden er et avgjørende punkt for valg av tiltaksløsninger. Beregninger har vist at en ikke vil oppnå god økologisk status i Bunnefjorden selv om tilførsler av næringssalter og organisk stoff reduseres til samme størrelse som ved begynnelsen av 1900-tallet. Bunnefjorden hadde da tilstrekkelig med oksygen i dypvannet for bl.a. rekefiske. Årsaken til dette er at vannkvaliteten i vannmassene utenfor indre Oslofjord i mellomtiden har blitt dårligere, dvs. det er redusert oksygeninnhold i det innstrømmende vannet (Bjerkeng m.fl., 2008). En bedret utskiftning av bunnvannet i Bunnefjorden vil kunne rette opp dette. Dette kan skje ved nedpumping av overflatevann (se **Figur 21**), der estimatene antyder at det behøves i størrelsesorden $8 \text{ m}^3/\text{s}$ for å få god økologisk status og $12 \text{ m}^3/\text{s}$ for å få tilbake rekebestanden i denne delen av fjorden. Hvis derimot ferskvann kan benyttes, antyder foreløpige estimater at det trengs ca. $4 \text{ m}^3/\text{s}$ for å få tilbake rekefisket og $2\text{-}3 \text{ m}^3/\text{s}$ for å oppnå god økologisk status i fjorden. Utslippet av overflatevann/ferskvann bør skje via diffusor så nær bunn på 150 meter som er praktisk mulig.

Fordelingen mellom ferskvann (renset avløpsvann og overvann) og overflatevann i fjorden for nedpumping til dypet er avhengig av hvor mye ferskvann som vil være tilgjengelig for nedpumping. Som snitt over året mottar Bekkelaget RA i dag i størrelsesorden $1,3 \text{ m}^3/\text{s}$, Nordre Follo RA mottar ca. $0,14 \text{ m}^3/\text{s}$, mens VEAS mottar ca. $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Våre estimater antyder at den hydrauliske belastningsøkningen på Bekkelaget renseanlegg vil kunne være i samme størrelsesorden som den økte stoffbelastningen (27-36 % innen 2020 og ca. 70 % innen 2050). For VEAS, som mottar så mye fremmedvann, antyder estimatene at den hydrauliske belastningen vil bli noe lavere enn den relative økningen i den forventede stoffbelastningen som følge av befolkningsøkningen (anslagsvis 38 % fram mot 2050). Samtidig forventes overvannsmengdene på sikt å kunne øke vesentlig som et resultat av klimaendringene (se **Tabell 3**). Som et ledd i å øke tilgjengelig ferskvannsmengder for nedpumping kan det benyttes noe overvann til dette. Dette er indirekte planlagt ved etableringen av Midgardsormen (**Tiltak nr. 6**), som fanger opp mye overvann fra områder i Gamlebyen og Grünerløkka og sender dette sammen med spillvann til Bekkelaget RA for rensing før planlagt utslipp på 50 m dyp. Det kan også være mulig å lede annet mindre forurenset overvann direkte til stort dyp i fjorden.

Det har også vært foreslått å direkte pumpe luft ned på stort dyp i Bunnefjorden, slik man i dag gjør i Kolbotnvannet på 15 m dyp (Oredalen m.fl. 2006). Vi har ikke vurdert dette nøye, men det er tvilsomt om det vil ha mer enn en svært lokal effekt, samtidig som det er en viss risiko for gassovermetning pga det store trykket på dette store dypet.



Figur 21. Nedpumping av lettere overflatevann i Bunnefjordens dypvann.

4.2.2 Forslag til scenarier for uttesting med NIVAs fjordmodell

Sammenstillingen av tiltak i **Tabell 6** for å redusere $TOF_{>20 \text{ m dyp}}$ -belastningen i indre Oslofjord i takt med framtidig forventet befolkningsøkning er basert på forenklinger og grove antagelser. Sammenstillingen er kun ment som et bilde på mulige kvantitative effekter som tiltak kan medføre. Bildet denne sammenstillingen gir må derfor benyttes med stor forsiktighet. En uttesting av tiltak med NIVAs fjordmodell (omtalt nærmere i **Vedlegg 4**) vil sannsynligvis gi et mer reelt bilde av effekten. Estimatenes kan således brukes som verktøy for å identifisere et begrenset antall aktuelle scenarier som kan testes ut med fjordmodellen. I det følgende har vi satt opp et knippe scenarier som vi mener det vil være fornuftig å undersøke nærmere med fjordmodellen.

1. Dagens situasjon i fjorden

Fjordmodellen oppdateres mht dagens belastning av fosfor, organisk stoff og nitrogen fra rensanlegg, overløp, elver, bekker, arealavrenning osv, slik den fremgår av **Figur 14**. De modellerte forholdene i fjorden knyttet til oksygen og næringssalter sammenstilles med måledata for de siste års overvåking (2006-2009). Dette muliggjør eventuelle justeringer av modellens parametrisering slik at modellen best mulig kan beskrive virkning av belastninger.

2. Forventet status i 2020, 2030 og 2050 uten tiltak

I modellen legges det inn ekstra belastninger som tilsvarer hvordan tilførselene av fosfor, organisk stoff og nitrogen (jf. **Figur 20**) vil øke frem til de angitte årstallene, dersom det ikke blir satt inn særskilte tiltak; a) kun kapasitetsutvidelse

som ivaretar dagens rensekrav og rensepraksis, og b) uten noen kapasitetsutvidelse på renseanleggene. Det siste alternativet anses ikke som reelt, men kan være av interesse som et hypotetisk alternativ for å belyse viktigheten av å følge opp utviklingen med tiltak. Modellen kan enten kjøres for en gradvis økende belastning i løpet av en simulering, eller simulere forholdene over tid, dersom de ulike utslippssituasjonene betraktes som varige. De modellerte oksygenforholdene sammenlignes med de tentative oksygenkonsentrasjonsmålene for ulike dyp i fjordbassengene og synliggjør slik hvilke belastningsøkninger som kan tåles i denne sammenheng.

3. Optimalisert plassering av utslipp fra Bekkelaget RA (Tiltak nr. 17) og nødvendig ferskvannsnedpumping til dypet i Bunnefjorden (Tiltak nr. 18) for å gi tilstrekkelig dypvannutsiftning

Utslipp av rensset avløpsvann i **Scenario 2** på 50, 100 og 150 meters dyp for å studere effekten av dette på dypvannsfornyelsen med dagens utslippsplasseringer, samt omplassering av alle utslipp til Vestfjorden, Bekkelagsbassenget eller Bunnefjorden for å studere ekstremendringer i utslipp av rensset avløpsvann. Det kan være aktuelt å justere fordeling av utslipp etter at resultatene fra slike modellkjøringene foreligger ved å variere utslippsmengder mellom bassengene for å oppnå optimale forhold i hele fjorden.

4. Nødvendig ferskvannsnedpumping til dypet i Bærumsbassenget (Tiltak nr. 19) for å gi tilstrekkelig dypvannutsiftning

Effekten av ferskvannutslipp i Bærumsbassenget modelleres der målsetningen er å oppnå oksiske forhold i vannmassene over ca. 30 m dyp gjennom hele året. Dette kan gjøres ved å skille ut Bærumsbassenget som eget vannvolum i NIVAs fjordmodell og kjøre modellen med ulike scenarier for ferskvannstilførsler til dypvannet. Det er aktuelt å se både på bruk av dagens utslipp av overvann utenfor Høvikodden og ved Holtekilen og henting av ferskvann fra Sandvikselva.

5. Effekt av ingen utslipp til indre Oslofjord (Tiltak nr. 17)

Et scenario som innebærer plassering av dyputslipp av alt avløpsvann fra indre Oslofjord i ytre Oslofjord lar seg ikke kjøre uten å inkludere også ytre Oslofjord i modellen, med oppdeling i flere delområder. Dette lar seg ikke gjøre i løpet av høsten 2010. Vi foreslår i stedet å kjøre et scenario hvor utslipp til indre Oslofjord fjernes, for å belyse den potensielle forbedringer ved å flytte utslippene fra indre til ytre Oslofjord. Det er spesielt for utslippene til Bunnefjorden det kan bli aktuelt å vurdere flytting til dyputslipp på utsiden av Drøbaksterskelen, og scenarioet

6. Effekt av utslipp fra VEAS på Bunnefjorden

Simuleres ved å se på forskjellene i Bunnefjorden med og uten utslippet fra VEAS, mens utslipp fra Nordre Follo og Bekkelaget r.a. holdes uendret som for perioden 2006-2009.

7. Effekt av tiltak mot overløp (Tiltak nr. 1, 2, 5-7 og 11) og tiltak i vassdrag (Tiltak nr.8-10)

Med utgangspunkt i modellsimuleringene fra **Scenarium nr. 3** modelleres effekten av tiltak mot overløp og tiltak i vassdrag.

8. Effekt av optimaliseringstiltak på renseanleggene (Tiltak nr. 14, 15 og 20-24; se Kapittel 4.3.2) og urinseparering (Tiltak nr. 12)

Med utgangspunkt i modellsimuleringene fra **Scenarium nr. 5** modelleres effekten av optimaliseringstiltak på renseanleggene og ulik grad av urinseparering i regionen.

9. Effekt av klimaendringer

En mulighet er å kjøre en modellsimulering begrenset til å omfatte betydningen for dypvannsutskiftningen i indre Oslofjord. Bakgrunn for simuleringen vil være et "worst case" scenario med a) økende grad av vinder fra sørvest og økende frekvens av sterke vinder fra sørvest (mer enn 6 m/s) om vinteren og b) økt vannføring vinterstid i Drammenselva og Glomma med dannelse av et mer utpreget brakkvannslag i Breiangen og Drøbaksundet. Begge faktorer kan bidra til blokkering for dypvannsfornyelser om vinteren. Klimascenariet kan eventuelt også omfatte forventet økt vinteravrenning til indre Oslofjord. Dette må eventuelt vurderes nærmere.

4.3 Tiltak for å møte det økte renskapasitetsbehovet

I **Kapittel 3** så vi at den forventede befolkningsøkningen fram mot 2050 ville føre med seg økte tilførsler av fosfor, nitrogen og organisk stoff i størrelsesorden 58-70 % og til en økning i hydraulisk belastning på 19-36 % for VEAS og Bekkelaget renseanlegg (BRA). Gitt den samme arealmessig fordelingen mellom renseanleggene i 2020 og 2030 som i dag, antyder våre estimater at VEAS vil få økt sin stoffbelastning med henholdsvis 20-27 % og 34-47 %. De tilsvarende estimatene for BRA er 26-36 % økning fram til 2020 og 44-58 % økning fram til 2030. Denne økte belastningen må møtes for å ivareta hensynet til fjordmiljøet. Hensynet til ressursbruk må også inkluderes her.

Tabell 8 oppsummerer tiltak som vil kunne ha betydning for tilgjengelig renskapasitet i regionen. De er gitt prioritering fra 1-3 etter hva vi anser som hensiktsmessig strategi;

1. å minimere den hydrauliske volum- og støtbelastningen ved å redusere fremmedvanninntrengningen på avløpsnett (Tiltak nr. 1 og 4),
2. optimaliseringstiltak og eventuell utvidelse på renseanleggene (Tiltak nr. 20-23) og
3. å redusere stoffbelastningen på renseanleggene ved kildesortering i husholdningene (urinseparering; Tiltak nr. 12).

Urinseparering er nok det mest kontroversielle tiltaksforslaget i **Tabell 6**. Dette argumenterer vi nærmere for i **Kapittel 4.4** om energiøkonomisering og ressursresirkulering.

4.3.1 Tiltak på renseanleggene

Av de tre største renseanleggene i regionen er det kun VEAS som ser ut til å kunne ha ledig kapasitet. Men VEAS belastes kraftig hydraulisk grunnet den tidvis store mengden fremmedvann inn til anlegget (se **Kapittel 3.2**). Av miljøhensyn er det viktigst å fokusere på tiltak mot å fjerne fosfor, nitrogen og organisk stoff. Kapasiteten til disse renseanleggene er normalt begrenset av kapasiteten til det biologiske rensetrinnet, med primærfokus på å fjerne nitrogen og lett omsettelig organisk stoff. Skal rensekapasiteten økes er det her innsatsen bør legges. Dette kan gjøres ved å

- a. optimalisere og modernisere disse renseprosessene innenfor dagens anleggsstruktur (**Tiltak 20 og 21 i Tabell 6**),
- b. utvide de fysiske rammene for den biologiske behandlingen, enten på det enkelte anlegget eller ved å bygge et nytt (**Tiltak 22-24 i Tabell 6**), og
- c. redusere stoffmengden som kommer inn til renseanleggene (**Tiltak 12 i Tabell 6**).

En kombinasjon av disse tre strategiene antas å være tjenlig i en første fase. På lengre sikt og i et ressursperspektiv (se **Kapittel 4.4**) kan det imidlertid være mest hensiktsmessig å unngå å sende næringsstoffer til renseanleggene, hvor de først og fremst er en kilde til et stort ressursbruk, og til resipienten, hvor de utgjør et miljøproblem. Valg av strategi og lokaliseringen av kapasitetsøkningene vil også være styrt av krav og aktuelle tiltak i resipienten, som vi omtalte i forrige delkapittel.

Tiltak nr. 23 i Tabell 6 tar opp igjen tankene rundt et sentralrenseanlegg øst (SRØ), som først ble lansert på 1960-70-tallet og igjen vurdert i forbindelse med den store utvidelsen av BRA på slutten av 1990-tallet, og da som en mulig erstatning for Nordre Follo renseanlegg (NFR). Planene ble skrinlagt fordi et slikt anlegg ville bli for kostbart. Et SRØ vil med stor fordel kunne kobles til det foreslåtte tunnelsystemet rundt indre Oslofjord (se **Kapittel 4.1**), som da vil knytte de tre store renseanleggene (VEAS i vest, BRA i nord og SRØ i øst) sammen i ett felles tunnelsystem, der renseanleggene vil kunne avlaste hverandre ved behov. Ved en eventuell etablering av SRØ vil det være naturlig å legge ned NFR samt mindre anlegg i området (Buhrestua, Kirkevika) og overføre avløpene herfra til det nye anlegget.

Et sentralt moment ved SRØ vil være å utnytte det rensede vannet herfra til å bedre dypvannsutskiftningen i Bunnefjorden.

Tiltak nr. 20 i Tabell 6 omhandler hvordan det biologiske rensetrinnet kan avlastes ved å behandle vann som sendes i retur fra slamavvanningen. Dette vannet inneholder gjerne høye ammoniumkonsentrasjoner. Et ressurs sparende alternativ er å benytte autotrof nitrogenfjerning der *Anammox*-bakterien vil kunne være en sentral aktør. I motsetning til tradisjonell biologisk nitrogenfjerning trenger denne ikke lett nedbrytelig organisk stoff tilstede, samtidig som den klarer seg med svært lave oksygenkonsentrasjoner for å få til en fullstendig omdanning av ammonium til nitrogengass.

4.3.2 Tiltak i forhold til hydraulisk belastning på renseanleggene

Som nevnt belastes VEAS tidvis sterkt hydraulisk grunnet tilførsel av mye fremmedvann inn til anlegget. Dette gjør at vannet blir tynt, og under vinter/vår også vesentlig kaldere, noe som påvirker rensingen negativt fordi belastningen på enhetsprosessene blir uforholdsmessig stor i anlegget. Separering av overvann og spillvann (**Tiltak 1 i Tabell 6**), samt fornying av spillvannsledningsnett (**Tiltak nr. 4 i Tabell 6**), vil redusere fremmedvannsmengden på avløpsnett og således bidra til å øke anleggets renskapasitet. Den faktiske kvantitative betydningen av dette bør undersøkes nærmere.

En utjevning av flomtoppene og optimal fordeling mellom renseanleggene, som nevnt i **Kapittel 4.1**, vil også kunne bidra til at kapasiteten på renseanleggene utnyttes bedre.

Tabell 6. Tiltak som har som målsetning å møte det økte kapasitetsbehovet for avløpsvannrensing i regionen. Foreslått prioritering.

Tiltakssted	Nr	Beskrivelse	Forventet effekt	Pri.
Bakkenivå	1	Økt separering av overvann og spillvann ved lokal infiltrering om mulig, bortkobling av takvann og separering av fellesavløp når hensiktsmessig.	Reduserte fremmedvannmengder i avløpsvannet som når renseanleggene og dermed mer stabil rensing og lavere hydraulisk belastning, noe som frigjør kapasitet til spillvannsrensing på anleggene (gjelder spesielt VEAS).	1
Ledningsnett	4	Optimalisert fornyingstakt av ledningsnett.	Mer effektiv utnyttelse av restkapasiteten på renseanleggene.	1
	7	Sammenkobling av tunnelsystemet rundt fjorden sammen med elektronisk overvåking og sanntidskontroll.		3
Husstander	12	Separering av urin og videre utnyttelse.	Reduserte tilførsler av næringssalter til renseanleggene.	1
Renseanlegg	16	Etterpolering	Reduksjon i N og P	2
	19	Avlastning av biofilteret på BRA/NFR ved autotrof nitrogenfjerning av slamavvanningsvannet.	Øker kapasiteten til biotrinnet slik at det kan ta i mot en større belastning fra innkommende avløpsvann.	2
	20	Optimalisering av dagens nitrogenfjerning ved en modernisering av anlegget.	Økt nitrogenrensegrad.	1/2
	21	Utvidelse av biologisk renskapasitet på VEAS innenfor eksisterende byggmasse.	Ca. 33 % økning av kapasitet ved valg av samme renses tekniske løsning.	1/2
	22	Utvidelse av biologisk renskapasitet på BRA.	Avhengig av omfanget av utvidelsen.	1/2
	23	Etablering av et sentralrenseanlegg sørøst i regionen.	Anlegget vil erstatte Nordre Follo RA og avlaste BRA.	2/3

4.4 Tiltak for energiøkonomisering og resirkulering av ressurser

Som vi skrev i **Kapittel 1.3** må nødvendigvis også VA-sektoren tilpasse seg en ”ny” virkelighet med knapphet på ressurser. Slik det ser ut nå har sektoren mest å bidra med innenfor følgende områder:

- Resirkulering av fosfor, som de mest pessimistiske spår vil bli en global knapphetsressurs i løpet av 2030-tallet.
- Ivaretagelse av de ressursene som ligger i avløpsvannet og i produsert slam. Dette gjelder i første omgang energien og næringen som ligger iboende i slammet, samt varmen i avløpsvannet. Vannets potensialenergi ute på ledningsnettet er imidlertid også en mulig ressurs å utnytte.
- Ivaretagelse av rent drikkevann, urin og feces som ressurser.

Slik vi ser det, må man på sikt gjennom en grunnleggende ideologisk endring; bort fra dagens praktisering av sentralisert avløpsvannrensing der det forspilles flere livsviktige ressurser som fosfor/næringssalter og rent drikkevann. Videre leder rensingen til en etterfølgende ressursbruk ved en delvis reetablering av disse (på rensaneanleggene) og med fare for forspillelse av resipientmiljøet grunnet lav gjenvinningsgrad.

Vi finner at den grunnleggende endringen må gå i retning av å bringe alle livsviktige/essensielle ikke-fornybare ressurser inn i et sluttet kretsløp som ivaretar menneskelige og økologiske behov.

Dette er et arbeid som sektoren har kommet godt i gang med allerede, bl.a. ved tilbakeføring av næringssalter og mineraler via slamdisponering, uthenting av energi fra biogassproduksjon og varmegjenvinning fra avløpet.

Likevel skiller *resirkulering av fosfor* seg ut som den viktigste og største utfordringen. I motsetning til olje/gass finnes det ikke noe alternativ til bruk av fosfor. En global mangel på fosfor vil kunne ha en katastrofal innvirkning på verdens matvareproduksjon. Siden avløpsrenseanleggene er en viktig brikke i resirkuleringen av fosfor til jordbruket i Norge, er det viktig at sektoren er seg dette ansvaret bevisst og setter inn nødvendige tiltak.

Det er en klar utfordring at dagens utstrakte bruk av kjemisk fosforutfelling (dette gjelder for alle de større rensaneanleggene i regionen) sterkt reduserer fosforets tilgjengelighet for plantene (<15 %) (Krogstad 2010). Det pågår prosjekter som ser på muligheter for å øke tilgjengeligheten av utfelt fosfor, men en mer langsiktig løsning vil være å unngå at fosforet bindes sterkt kjemisk til slammet. En løsning vil da være urinseparering. En slik praksis tenker vi er i tråd med den nødvendige ideologiske endringen nevnt ovenfor. Urinseparering har vi omtalt nærmere i **Kapittel 5.4.1**.

Også jordbruket selv må ta dette meget alvorlig. Miljøtilpasset jordarbeiding (**Tiltak nr. 25**) samt bedre balansert P-tilførsel og gjødslingsrutiner i jordbruket (**Tiltak nr. 26**) vil være viktige bidrag for å motvirke effekten. Øvrige tiltak vi har foreslått, som reduserer tap av fosfor til resipienten, vil i prinsippet også kunne bidra positivt til økt resirkulering av fosfor.

4.4.1 Tiltak for resirkulering av fosfor

Tilgjengeliggjøring av kjemisk utfelt fosfor for plantevekst

Det er gjort noe forskning for å finne ut hvilke fellingskjemikalier og -prosesser som bidrar til å gjøre det utfelte fosforet mer tilgjengelig for plantene enn andre. Det synes som om etterfølgende kalkbehandling bidro til å gjøre fosforet mer tilgjengelig; fra 3 % og 8 % etter hhv felling med Al og Fe til 15 % ved etterbehandling med kalk (Krogstad 2010). Disse lavene PAL-tallene ble ikke funnet ved forsøk gjort i England (Johnston og Richards 2004), men dette kan skyldes den korte lagringstiden som ble benyttet i disse forsøkene. Det er antatt at den høye pH-en etter kalkingen bidrar til å løseliggjøre fosfatene. Krogstad (2010) refererer også til forsøk som har vist at utnyttelsen av fosforet i slam øker dersom man bruker det i kombinasjon med mineralgjødning. Han foreslår også at Fe-felt slam tilsettes kalk før anaerob utråtning, noe som både løser ut fosforet og gjør at det felles ut som lett plantetilgjengelig kalsiumfosfat.

Det synes viktig at renseanleggene både optimaliserer den plantetilgjengelige delen av fosforet i slammet og gjør mottakerne av slammet oppmerksom på hvor mye som er plantetilgjengelig under gitte forhold (jordtype, pH), slik at fosforet kom til nytte der det skal og ikke ender opp ute i resipientene.

Etablering av urinseparering for å spare kapasitet på renseanleggene og som ledd i effektivisering av fosforresirkuleringen

Vannklosettet tilfører ca. 90 % av nitrogenet og ca. 75-85 % av fosforet som gjenfinnes i avløpssystemet. Ved kun urinseparering, der man av erfaring fanger opp i størrelsesorden 65-85 % av urinen, vil man ta ut 50-70 % av nitrogenet og 35-50 % av fosforet før det tilføres avløpsvannet (Palm m.fl. 2002). Dette har en rekke vesentlige fordeler:

- Man trenger ikke bruke ressurser på å fjerne dette nitrogenet og fosforet på renseanlegget.
- Man kan oppnå tilnærmet samme "rensegrad" for nitrogen uten behandling som man får med høygradig biologisk-kjemisk rensing, noe som sparer både investeringer og driftsutgifter i tillegg til at utslippene av nitrogen reduseres. Ettersom urinseparering sannsynligvis er enklest å få etablert i mindre tettbygde strøk, vil urinsepareringen her gjerne erstatte rensing med lav N-rensegrad.
- Nitrogenet og fosforet er lett tilgjengelig for videre bruk som for eksempel gjødning. Alle de større renseanleggene rundt indre Oslofjord baserer i dag fosforfjerningen på kjemisk felling, noe som gjør fosforet i slammet mindre tilgjengelig for plantene (<30 %).
- Det kan se ut til at det resterende avløpsvannet er bedre balansert næringsstoffmessig (økt BOF/P- og BOF/N-forhold) med hensyn til etterfølgende "enkel" biologisk rensing.

- Hovedandelen av resterende nitrogen og fosfor i avløpsvannet er partikkelbundet, noe som gir stoffene lengre oppholdstid i rensetrinnet ved ulike typer biologisk rensing.

Samtidig, det er en del viktige forutsetninger og avklaringer som må være på plass før urinseparering kan tas i bruk i stor skala:

- Tilstrekkelig etterspørsel etter urin, for eksempel som gjødsel eller som energikilde.
- Et effektivt innsamlings- og transportsystem for separert urin.
- Selv om urinen normalt er steril, må urinen lagres i 1-6 måneder før den kan benyttes for å redusere sjansen for overføring av patogene mikroorganismer.
- Mange legemiddelrester skilles ut via urinen og det er en viss bekymring for at dette kan gi uheldige konsekvenser ved bruk som gjødsel.

I Sverige har man kommet relativt langt med å teste ut urinseparering for enkelthushold og små boområder. Gjennom INTERREG-prosjektet Rent Vatten (www.rent-vatten.com) har det i 2005 blitt laget en egen håndbok om urinseparering (http://www.rent-vatten.com/download/Interreg_WRS_.pdf), som en nyttig introduksjon og for tips ved etablering av urinseparering i liten skala. Erfaringene til nå tilsier også at det er mest kostnadseffektivt, sett i forhold til reduksjon av fosfor til miljøet, at urinseparering settes inn som et tiltak for å erstatte eksisterende dårlige avløpsrensingsløsninger uten særskilt P-fjerning (Naturvårdsverket 2003). I slike tilfeller ble kostnadene for tiltaket anslått å ligge på ca. sek 6000,-/kg P og år. Hvis urinseparering skal erstatte mer avansert rensing ved mellomstore anlegg, ligger kostnadene for tiltakene på nærmere sek 100.000,-/kg P og år. Dette hvis det kun blir tatt hensyn til reduksjonen av fosfor til miljøet ved beregningene. Investeringskostnadene er anslått å ligge på sek 5.000-20.000,- i Rent Vatten-håndboken, mens Naturvårdsverket (2003) har satt investeringskostnadene til sek 60.000,- per hushold. Sistnevnte angir også driftskostnadene å ligge i området sek 500-2800,- og en livslengde på anlegget på 15-30 år.

For mer detaljer knyttet til urinseparering, se **Kapittel 11-4.6.2 i Vedlegg 11**.

4.4.2 Tiltak for energigjenvinning

Energi- og ressursutnyttelse ved renselanleggene

Det gjøres i dag et stort arbeid på renselanleggene i regionen på å utnytte den potensielle energien som ligger i slammet som tas ut via biogassproduksjon internt på anlegget. Biogassen går i hovedsak til å dekke eget strømforbruk, men ved VEAS har man noe overskuddsstrøm. Ved Bekkelaget RA har man nå gått et skritt videre og produserer fra våren 2010 foredlet biogass til bruk som drivstoff til 80 busser i Oslo.

Ved ulike former for termisk hydrolyse er det mulig å forbedre utbyttet ved biogassproduksjonen. Det kan også være at en kombinasjon med matavfall ville

vært gunstig. Hvordan dette skulle skje i praksis er ikke diskusjon vi ønsker å ta her.

Ved VEAS tar man også ut noe overskuddsvarme fra avløpsvannet via en varmpumpe, noe man også gjør ute på ledningsnettet, bl.a. ved Lysaker. Her er det sannsynligvis et relativt stort uutnyttet potensial for varmegjenvinning.

Det pågår et tørre prosjekt for å se på hvor renseanleggene i regionen kan spare inn på ressursbruken og vinne miljøgevinster. Vi ønsker å støtte opp om og poengterer viktigheten av at det arbeidet som legges ned i dette blir tatt hensyn til i planleggingen av tiltak på anleggene.

Biogassproduksjon fra alger dyrket på avløpsvann

FREVAR renseanlegg i Fredriksstad deltar i et større Forskningsrådfinansiert prosjekt der alger skal bli dyrket opp på næringsalter fra avløpsvannet. Algene er tenkt benyttet som biomasse i biogassanlegget til FREVAR, og CO₂ fra avgassen her blir en viktig innsatsfaktor i algeproduksjonen for å slutte CO₂-kretsløpet. Dette er et interessant konsept, også da dette sannsynligvis vil fungere best som et etterpoleringstrinn. Forsøkene starter opp i sommer (2010) i pilotskala.

Slam og kjemikalietransport mellom renseanleggene med pram

Trailertransporten av kjemikalier og slam er et miljøproblem som er knyttet til renseanleggene ved fjorden. Ved produksjon av gass fra slam ved Bekkelagets renseanlegg vil Oslobusser kunne kjøres på gass, noe som ville være en klar miljøforbedring sett i lys av dagens diesel drevne busser. Et alternativ som bør vurderes er å gjennomføre transporten av slam og kjemikalier på sjøen ved å bruke gass fra rensanlegget til å drive båtene. Det vil være en innlysende avlastning av nærtrafikken og gi miljøgevinst ved bruk av fartøy drevet av biogass.

Utnytte ren snø fra veiene til avkjøling sommerstid

De tidvis store snømengdene som har måttet bli transportert bort fra veier og sentrumsområder i regionen har bydd på problemer. Etter at tidligere praksis med dumping på sjøen ikke lenger er akseptert har man kjørt snøen til deponiet på Åsland. Dette har noen år gått fullt, i tillegg til at avrenningen fra området forurensrer området nedstrøms. Samferdselsetaten i Oslo ser etter alternative løsninger, og vurderer blant annet et konsept fra NCC. Tanken er å rense snøen i en leker ute i fjorden (se **Figur 18**), noe som både reduserer transportkostnadene og bidrar til at potensielt overvann fjernes fra veiene.

Man kan imidlertid tenke seg at dette først og fremst er et egnet konsept for skitten, sentrumsnær snø. En alternativ anvendelse av den noe renere snøen er å lagre den i store deponier i bakken hvor den kan fungere som kjølelager. Plasseres de på strategiske plasser, for eksempel i tilknytning til industribygg med stort kjølebehov, kan vann fra byggenes kjølesystem varmeveksles med snødeponiet. Snødeponiet kan dimensjoneres slik at det vil fungere gjennom en (framtidig) lang

og varm sommer. Kravet er at snøen er relativt ren og at den tildekkes av et lyst lag som minimerer uønsket varmetilførsel.



Figur 18. Fra Teknisk Ukeblad 21.10.2009. LEKTER: Betonglekteren måler 25x50 meter og smelter og renser snøen i flere trinn. Nå gjenstår kun mindre justeringer og tillatelser før bygging kan starte. NCC har fått tilsagn om plass på Akershuskaia. Foto: NCC

Mer detaljer rundt tiltak finnes i **Vedlegg 11**.

Referanser

(Øvrige referanser bakerst i dokumentet/Vedlegg 11)

Baalsrud K. og Magnusson J. (2002) Indre Oslofjord. Natur og miljø. *Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord*. ISBN 82-996325-1.

Baalsrud K., Lystad J. og Vråle L. (1986) Vurdering av Oslofjorden. NIVA-rapport 1922.

Berge J.A., Andersen T., Amundsen R., Bjerkeng B., Bjerknes E., Gitmark J.K., Gjøsæter J., Johnsen T., Lømsland E.R., Magnusson J., Nilsson H.C., Paulsen Ø., Rohrlack T., Sørensen K. og Walday M. (2009) Overvåkning v forurensningssituasjonen i Indre Oslofjord 2008. NIVA-rapport 5814-2009.

Berge J.A., Amundsen R., Bjerkeng B., Bjerknes E., Espeland S.H., Gitmark J.K., Holth T.F., Hylland K., Imrik C., Johnsen T., Lømsland E.R., Magnusson J., Nilsson H.C., Rohrlack T., Sørensen K. og Walday M. (2010) Overvåkning v forurensningssituasjonen i Indre Oslofjord 2009. NIVA-rapport 5985-2010.

Bjerkeng B., Berge J.A., Magnusson J., Molvær J., Pedersen A. og Schaaning M. (2009) Miljømål Bunnfjorden. Rapport fase 3. PURA-prosjektet. NIVA-rapport 5766-2009.

Johnston A.E. og Richards I.R. Effectiveness of different precipitated phosphates as phosphorous sources for plants. *Phosphorous Research Bulletin*, 15, 52-59.

Kaste, Ø, Wright, R.F., Barkved, L.J., Bjerkeng, B., Engen – Skaugen, T., Magnusson, J., Sælthun, N.R. 2006. Linked models to assess the impacts of climate change on nitrogen in a Norwegian river basin and fjord system. *Science of the Total Environment*. 365, 200-222.

Krogstad T. (2010) Hvordan kan slam bli en bedre kilde for fosfor I matproduksjonen? Innlegg på fgtreff i Norsk vannforening 8. mars 2010. VANN 2, s 251-256.

Naturvårdsverket (2003) Åtgärds- och konsekvensanalys för införandet av miljö kvalitetsnormer för fosfor i sjöar. Underlagsrapport (1) till *Miljö kvalitetsnormer för fosfor i sjöar – redovisning av ett regeringsuppdrag (NV-rapport 5288)*. NV-rapport 5289.

Oredalen T.J., Rohrlack T. og Tjomsland T. (2006) Tiltaksvurdering i Kolbotnvannet. NIVA-rapport 5147-2006.

Palm O., Malmén L. og Jönsson H. (2002) Robusta, uthålliga små avløpssystem. En kunnskapssammanställning. Naturvårdsverket Rapport nr 5224. 119 s.

Rent vatten (2005).Grahns Tryckeri AB, Lund. http://www.rent-vatten.com/download/Interreg_WRS_.pdf