

HiT skrift nr 3/2010

**Tilførsler av næringsstoffer, metaller og andre
miljøgifter til grenlandsfjordene 2008**

Espen Lydersen, Anne Trasti og Jostein Sageie

Avdeling for allmennvitenskapelige fag (Bø)

**Høgskolen i Telemark
Porsgrunn 2010**

HiT skrift nr 3/2010
ISBN 978-82-7206-311-4 (trykt)
ISBN 978-82-7206-312-1 (elektronisk)
ISSN 1501-8539 (trykt)
ISSN 1503-3767 (elektronisk)

Serietittel: *HiT skrift* eller *HiT Publication*

Høgskolen i Telemark
Postboks 203
3901 Porsgrunn

Telefon 35 57 50 00
Telefaks 35 57 50 01
<http://www.hit.no/>

Trykk: Kopisenteret. HiT-Bø

© Forfatterne/Høgskolen i Telemark

Det må ikke kopieres fra rapporten i strid med åndsverkloven og fotografiloven, eller i strid med avtaler om kopiering inngått med KOPINOR, interesseorganisasjon for rettighetshavere til åndsverk

Sammendrag

Hovedhensikten med denne rapporten har vært å oppdatere tilførselsberegningene av næringsstoffer, metaller og andre miljøgifter til grenlandsfjordene. Hovedfokus har vært på utslipp i 2008, og er derfor en oppdatering av tilførselsestimatene i Helland m. fl. fra 2004. Det har vært fokusert på følgende hovedtilførselskilder:

- Vassdragene med Skienselva som hovedbidragsyter
- Landbasert konsesjonsbelagt industri
- Renseanlegg
- Avrenning fra urbane tette flater
- Forurenset grunn og deponier, inkludert skipsverft.

Fra Skienselva, landbasert konsesjonsbelagt industri og renseanlegg finnes relativt god utslippsdokumentasjon på en rekke relevante komponenter, primært næringsstoffer og metaller. Dette gir trolig et relativt godt bilde av disse kildenes bidrag av næringsstoffer (N og P) og metaller til grenlandsfjordene. Også tilførselene av tilsvarende komponenter fra urbane tette flater, vil en anta gir et relativt bra tilførselsestimat, selv om beregningene baseres seg på relativt begrenset faktadokumentasjon. Fra forurenset grunn og deponier finnes en del kvalitativ dokumentasjon på ulike forurensingskomponenter, men svært begrenset informasjon om tilførselsmengder fra disse kildene til vann og vassdrag. Bedre dokumentasjon på dette bør prioriteres framover. Det samme kan sies om skipsverft hvis en ønsker bedre oversikt over metalltilførsler, inkludert tributyltinn (TBT) til grenlandsfjordene.

For PCB og lindan, som bla. måles i Skienselva, har analysene i 2008 vært under deteksjonsgrensa for metoden. Ved å bruke deteksjonsgrensen som utgangspunkt for beregningene blir tilførselene fra vassdragene trolig betydelig høyere enn de faktiske forhold. Det er derfor store begrensinger i bruk av disse tallene.

Tilførselsberegningene av næringsstoffer, metaller og organiske miljøgifter (som er analysert) viser at Skienselva er klart største tilførselskilde for de fleste komponenter, hvor det finnes analysedokumentasjon som muliggjør evaluering av ulike kilder. Nedstrøms Skotfoss i Skiensvassdraget, kommer et betydelig tilførselsbidrag til grenlandsfjordene fra industri, renseanlegg og urbane tette flater, både når det gjelder metaller og enkelte andre miljøgifter som PCB og PAH. En vil også anta at tilførsler fra forurenset grunn og deponier er en viktig kilde, men mer omfattende undersøkelser må til for å verifisere dette.

De totale tilførselene av metaller og organiske miljøgifter til grenlandsfjordene viser en betydelig nedgang i 2008 sammenliknet med hva som ble rapportert i 2004 (Helland m. fl. (2004)). Størst er nedgangen i tilførselene av Hg (91 %) og dioksiner (88 %), men også nedgangen i tilførsler av mange metaller har vært stor, Pb (87 %), Cd (69 %), Cu (46 %) og Zn (53 %). Kun tilførselene av Ni og Cr har økt i 2008 sammenliknet med det som ble estimert av Helland m. fl. (2004).

Mht andre organiske miljøgifter, vil en anbefale at det gjennomføres en screening av disse i sedimenter i Norsjø og grenlandsfjordene, samt i avløpsvann eller suspendert materiale fra renseanleggene. En bør da i større grad en tidligere fokusere på nye stoffer, i forhold til det som tidligere har vært undersøkt, hvorav flere stoffer har vært forbudt brukt i flere 10år allerede. Også nye sprøytemidler i landbruket bør en være oppmerksom på, spesielt stoffer som i dag brukes i svært lave konsentrasjoner pr. m². De lave dosene tyder på at disse stoffene er meget biologisk effektive, men hvor det kan ta tid før disse godt kan dokumenteres analytisk. I forbindelse med påvisning, kvantifisering og overvåking av organiske miljøgifter

med lav vannløselighet, bør en i framtiden prioritere og fokusere på analyse av disse i følgende matrikser:

- Sedimenter
- Suspendert stoff i vannfasen
- Fisk (primært rovfisk – fiskespisende fisk)

Dette er viktig fordi disse stoffene er svært partikkelassosierte og bioakkumulerer i næringskjeden. Det er i dag under utvikling nye prøvetakingsmetoder for suspendert stoff i vann, f.eks. bruk av sentrifuger, passive prøvetakere, "torpedorør" etc., for å fange opp partikkelfasen. Det er viktig at disse metodene standardiseres.

Nøkkelord: Miljøgifter, tilførsler, grenlandsfjordene

Abstract

The main goal of this report is updating discharge estimates of nutrients, metals and some organic micro-pollutants from various sources to the Grenland fiords. Main focus has been on the 2008 discharge data, and is an updating of a similar study from 2004 (Helland et al. 2004). The following main contributors have been focused on:

- Water courses with River Skienselva as the main contributor
- Land based industry with national, regional concessions
- Sewage treatment plants
- Discharge from impermeable areas
- Polluted land and waste disposal sites

From River Skienselva, land based industry with national and regional concessions and sewage treatment plants, relatively good background data exists, regarding discharge of nutrients (N and P) and metals. Thus, the contributions of these chemicals compounds from these sources to the Grenland fiords are relatively good. Also the contributions from impermeable areas in the city areas, give relatively applicable discharge estimates, even though the estimates are based on relatively restricted documentation. Contribution from polluted land and waste disposal sites is very deficient. Thus, better documentation of contributions from these sources should have high priority in the years to come. The same is the case regarding discharges from shipyards, especially if a better overview of the discharge of tributyltin is wanted.

Regarding PCB and lindane (hexachlorocyclohexan), monitored in the River Skienselva, all analyses in 2008 have been below the detection limit. Thus, by using the detection limit concentration for discharge estimates of these compounds, the estimates are too high, and thus most likely irrelevant.

Discharge estimates of nutrients, metals and some organic micro pollutants show that the River Skienselva is the outstanding contributor of most compounds to the Grenland fiords, for those compounds where comparisons of sources are possible. Downstream, the site Skotfoss

in the River Skienselva, significant contributions to the Grenland fiords derives from land based industry, sewage treatment plants and discharge from impermeable surfaces in the city areas, both regarding metals and organic pollutants as PCB and PAH. We also assume discharges of these compounds from polluted land and waste disposal sites as being important, but so far data from these sources are insufficient.

The total supply of metals and organic pollutants to the Grenland fiords shows a significant decline in 2008 compared with earlier reported data (Helland et al. 2004). Largest declines are documented for Hg (91 %) and dioxins (88 %), but also the declines in discharge of many other metals are significant, i.e. Pb (87 %), Cd (69 %), Cu (46 %) and Zn (53 %). Only the supplies of Ni and Cr have shown an increase in 2008 compared with the supply estimates in Helland et al. (2004).

Regarding other micro-pollutants, we will recommend an implementation of a screening survey in sediments in the Lake Norsjø (upstream the Skotfoss site in River Skienselva) and in the Grenland fiords, and in water or in the suspended particle fraction from sewage treatment plants discharge. If so, one should focus on “new” micro-pollutants compared with what monitored today, of which several compounds have been banned for several decades already. Also new agricultural pesticides should be incorporated, particularly those which are used in very low concentration due to their high toxicity. Regarding documentation, quantification and monitoring of organic micro-pollutants with low water solubility, one should focus on analyses in the following matrixes:

- Sediments
- Suspended particles in water
- Fish (primary piscivorous fish)

This is important as these micro-pollutants are lipophilic and thus very strongly associated to particle and also strongly biomagnify in the food web. Today several new sampling methods are developed to better collect suspended particles in water, by use of centrifuges, passive samplers, “torpedo” sampling devices etc. Accordingly it is also highly important that these methods are standardized.

Keyword: Environmental pollutants, discharges, the Grenland fiords

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	3
Abstract	4
Innholdsfortegnelse	7
Forord	8
1 Innledning	9
2 Metoder	10
2.1 Vannføring i Skiensvassdraget	10
2.1.1 Vannføring ved Skotfoss og vannuttak fra Norsjø til Rafnes og Porsgrunn fabrikker.....	10
2.1.2 Vannføring i ulike vassdrag i vassdragsområde 016	12
2.1.3 Andre tilførsler av vann til Skiensvassdraget og grenlandsfjordene	13
2.2 Fysisk-kjemisk overvåking i vassdragsområde 016	14
2.2.1 Beregning av stofftransport i vassdragene	18
2.3 Stofftransportberegninger fra konsesjonsbelagt landfast industri	19
2.4 Stofftransportberegninger fra renseanlegg	21
2.5 Stofftransportberegninger fra urbane tette flater	23
2.6 Stofftransportberegninger fra forurenset grunn og deponier, inkludert skipsverft	24
2.7 Stofftransportberegninger fra diffuse kilder	29
3 Resultater	30
3.1 Vannføring i vassdragsområde 016	30
3.2 Konsentrasjoner av ulike stoffer i naturlige vassdrag og nedbørfelt	31
3.3 Tilførsler fra naturlige vassdrag/nedbørfelt	33
3.4 Tilførsler fra konsesjonsbasert landbasert industri	35
3.5 Tilførsler fra renseanlegg	39
3.6 Tilførsler fra urbane tette flater	41
3.7 Tilførsler fra forurenset grunn og deponier	42
4 Diskusjon	43
5 Konklusjon	48
6 Referanser	50
Vedlegg	51

Forord

Beregninger av tilførsler av næringsstoffer, metaller og andre miljøgifter til grenlandsfjordene er utført på oppdrag fra Fylkesmannen i Telemark. Vannføringsdata er primært hentet fra Norges Vassdrags og Energidirektorat (NVE), med hjelp fra bla Frode Kvernhaugen og Lars Evan Pettersen. Kjemiske data er primært hentet fra Statens Klima og Forurensningsdirektorat (KLIF) på <http://www.vannmiljo.klif.no> hvor Dag Rosland (KLIF) har vært svært imøtekommende og hjelpsom. Industridata er samlet inn fra <http://www.norskeutslipp.no>, men vi har også vært i samtaler med ulike personer på de aktuelle industribedriftene for ulike klargjøringer der dette har vært nødvendig. Paul Windt, SWECO Seljord har bidratt med utslippsdata fra renseanlegg. Data fra forurenset grunn og deponier er hentet fra <http://www.miljostatus.no/Kart-og-miljodata/kart/>.

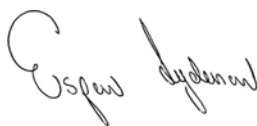
Mange takk til dere alle for positiv imøtekommenhet, som har gjort dette arbeidet langt lettere enn det ellers kunne ha vært. Pga til dels betydelig mangel på analysedata, er det i rapporten gjort mange antakelser/simuleringer. Vi har forsøkt å redegjøre for dette i rapportens metodekapittel, slik at andre skal kunne evaluere de resultatene vi har kommet fram til.

I tillegg til at vi primært har fokusert på utslippsdata fra 2008, har vi i Appendix lagt ved data fra 3-4 år tilbake i tid, der dette har vært mulig. Dette er gjort for å kunne vise til tidsprofiler for de seneste år mht utslipp fra ulike kilder til grenlandsfjordene.

I den repporten har Anne Trasti hatt ansvaret for innsamling av data og systematisering av dette, Jostein Sageie bidratt med kartframstillinger, mens Espen Lydersen har vært prosjektleder og hatt hovedansvaret for bearbeiding av data og rapportskrivning.

Bilde på framsiden er tatt av Hege Granli, NRK, <http://www.picsearch.com>

Bø, 1. mars 2010



Espen Lydersen

1 Innledning

På oppdrag fra Fylkesmannen i Telemark fikk vi i oppdrag og gjennomføre følgende aktiviteter:

1. Gjennomgang av Tiltaksplan for forurensede sedimenter i Telemark- Fase 1. (Helland m. fl. 2004).
2. Oppsporing og gjennomgang av relevant litteratur tilkommet etter ovenfor nevnte Fase 1 rapport.
3. Oppdatering av kilde og tilførselsdokumentasjon i Fase 1 basert på aktivitet 2
4. Utarbeidelse av rapport med oppdatert kilde og tilførselsdokumentasjon basert på de 3 ovenfor nevnte aktiviteter. Rapporten vil også inneholde vurdering av datakvalitet og usikkerhet og utsagnskraft av datagrunnlaget, samt vurdering av behov for ny kunnskap for å styrke kunnskapsgrunnlaget mht sporing og kvantifisering av ulike kilder av næringsalter og miljøgifter til grenlandsfjordene.

Følgende tilførselskilder til grenlandsfjordene er vurdert

- Skienselva
- Andre vassdrag i vassdragsområde 016
- Landbasert konsesjonsbelagt industri
- Renseanlegg
- Urban tette flater
- Avrenning forurenset grunn og deponier
- Skipsverft
- Eventuelt andre kilder

2 Metoder

2.1 Vannføring i Skiensvassdraget

Skienselva er en av de 10 elvene i Norge som månedlig overvåkes gjennom RID-programmet (Riverine Inputs and Direct Discharges). Programmet er en del av den internasjonale OSPAR-konvensjonen som omhandler tilførsler av næringssalter, tungmetaller og enkelte miljøgifter til Skagerrak, Nordsjøen, Norskehavet og Barentshavet. Tilførsler fra områder som drenerer til disse havområdene og som ikke inngår i selve elvetilførselsovervåkingen blir beregnet/modellert. For modellering av tilførsler av næringsstoffer fra disse områdene, har modellen Teotil vært benyttet (Tjomsland og Bratli, 1996). Vannføringen i Skienselva overvåkes kontinuerlig ved Skotfoss, utløpet av innsjøen Norsjø.

Vannkjemiske overvåkingen av Skiensvassdraget, utløp Norsjø, har foregått mer eller mindre månedlig siden 1990. Denne stasjonen ligger noe nedstrøms vannføringsstasjonen. Fysisk-kjemiske vannparametre som overvåkes ved Skotfoss finnes i Tabell 2.2.1. I den rapporten presenteres primært data f.o.m. 2005 t.o.m. 2008, med hovedfokus på 2008. De andre årene, 2005-2007, er primært presentert i Appendiks for å kunne ha en viss oversikt over tidsprofilen i utslippene de senere år.

2.1.1 Vannføring ved Skotfoss og vannuttak fra Norsjø til Rafnes og Porsgrunn fabrikker

Vannføringen i Skienselva (ID: 16.153) som inngår i RID-rapporten, baserer seg på daglig vannføringsmålinger ved Skotfoss, Q_{Skotfoss} (Lokalisering: N6562942, E531818). I tillegg overvåkes et vannuttak, både mengde og kjemisk sammensetning, på ca 40 meters dyp i sydenden av Norsjø. Her ledes vann gjennom fjelltunnel til industriområdene på Rafnes og Porsgrunn fabrikker. Summen av vannføring i Skienselva i RID-rapportene beregnes da på følgende måte:

$$Q_{\text{Skienselva}} = Q_{\text{Skotfoss}} + Q_{\text{Rafnes}} + Q_{\text{Porsgrunn fabrikker}}$$

Siden vannprøvetakingen gjennomføres noe lengre ned i Skiensvassdraget enn vannføringsmålingene (Lokalisering UTM: N 6562370, E 534900), har vannføringen ved Skotfoss ($Q_{\text{Skienselva}}$, se likning over) blitt justert i forhold til denne arealforskjellen i RID-rapportene (se bla KLIF, 2008). Nedbørfeltarealet oppstrøms stasjon for vannkjemiprøvetaking er $10\,722\text{ km}^2$, mens nedbørfeltarealet oppstrøms stasjon for vannføringsmålinger er $10\,390\text{ km}^2$. I RID-rapporten justeres vannføring i Skienselva ($Q_{\text{Skienselva}}$) i forhold til denne arealforskjellen slik at vannføring ved stasjon for vannprøvetaking for kjemiske analyse (Q_{kjemi}) bergenes på følgende måte:

$$Q_{\text{kjemi}} = Q_{\text{Skienselva}} * 10\,722\text{ km}^2 / 10\,390\text{ km}^2$$

I vår rapport har vi valgt og operere med faktiske målte vannføringer for Skotfoss (Q_{Skotfoss}), Rafnes (Q_{Rafnes}) og Porsgrunn fabrikker ($Q_{\text{Porsgrunn fabrikker}}$) av følgende grunner:

- Vannuttaket i Norsjø til industriområdene kalt Porsgrunn fabrikker og Rafnes, brukes til kjølevann og prosessvann for bedrifter i disse områdene. Dette vannet tilføres derfor resipienten (vann/sjø) nær disse industriområdene. Vannmengder og kjemisk sammensetning av dette prosessvannet rapporterer bedriftene til forurensningsmyndighet. Vi finner det derfor mer korrekt å ta disse utslippene inn som belastning på resipienten der belastningen finner sted.
- Skiensvassdraget oppstrøms vannføringsstasjonen på Skotfoss er gjennomregulert, i tillegg til å ha en rekke svært store og dype innsjøer. Dette betyr at nedbørfeltet oppstrøms Skotfoss er svært flomdempende i forhold til områdene i Skiensvassdraget nedstrøms vannføringsstasjonen. Vi har derfor valgt å ta nedbørfeltarealet mellom vannføringsstasjonen på Skotfoss og vannprøvetakingsstasjonen nedstrøms Skotfoss inn i de vannføringsberegninger NVE har utført for oss, for nedbørfeltene nedstrøms vannføringsstasjonen på Skotfoss.

Uttak av vann fra Norsjø til Rafnes går i hovedsak til følgende fabrikker:

- Ineos Norge AS (klorbensen),
- Ineos Bamble (Borealis)
- Ineos Noretyl (etylenfabrikken).

Uttak av vann fra Norsjø til Porsgrunn fabrikker (Herøya Industripark) går bl.a. til følgende fabrikker:

- SMA Mineral, Magnesia AS
- Addcon Nordic
- INEOS Norge AS (PVC fabrikk)
- REC ScanWafer AS
- Yara Norge AS
- SiC Processing AS

2.1.2 Vannføring i ulike vassdrag i vassdragsområde 016.

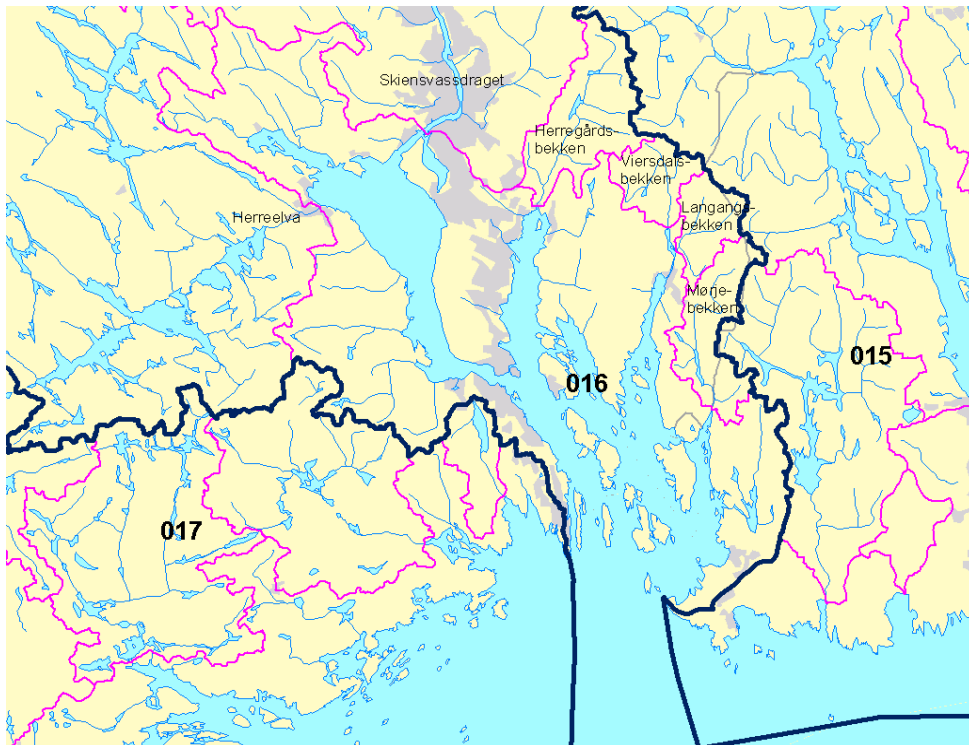
Vassdragsområdet 016 er på 11 279 km² (Figur 2.1.1), hvor Skiensvassdraget alene utgjør 10 812 km². For Skiensvassdraget ved utløp Norsjø (totalt nedbørfeltareal på 10 393 km²), benyttes observerte vannførings data fra målestasjonen 16.133 Skotfoss, jfr. Kap. 2.1.1. Etter det NVE opplyser (Lars Evan Petterson, pers. med.) finnes ikke vannføringsmålinger i andre tilførselver/bekker til grenlandsfjordene enn de vi allerede har. For alle andre vassdrag i vassdragsområde 016, Falkumelva, Leirkup (utløp elv fra Børsesjø til Skiensvassdraget), resterende restfelt i Skiensvassdraget nedstrøms Skotfoss, samt alle andre vassdrag som drenerer til grenlandsfjordene har vi derfor simulert vannføringen i disse nedbørfeltene/sidevassdrag, basert på NVE sin målestasjon i Brusetbekken (ID 16.154). Brusetbekken ligger på vestsiden av Norsjø og har et relativt lite nedbørfelt (Tabell 2.1.1, Figur 2.3.1). Beregningene baserer seg på følgende datagrunnlag:

- Gjennomsnittlig årsavløp for aktuelle nedbørfelt/vassdrag med bakgrunn i avrenningskart for Norge for perioden 1961 – 1990.
- Observerte data og forlenget serie for gjennomsnittlig årsavløp for Brusetbekken tilbake til 1961.

Videre er det forutsatt at fordeling av vannføring gjennom året i Falkumelva, Leirkup og restfeltet til Skiensvassdraget, samt alle andre nedbørfelt/vassdrag som drenerer til grenlandsfjordene, er lik vannføringsfordelingen gjennom året ved Brusetbekken. Basert på ovenfor nevnte data og forutsetninger, kan vannføringen i disse vassdrag simuleres ved bruk av en arealbasert skaleringsfaktor, som er forholdet mellom normalvannføring i det simulerte vassdraget og Brusetbekken (Tabell 2.1.1). Simulert vannføring blir da beregnet som målt vannføring i Brusetbekken multiplisert med aktuell skaleringsfaktor for de enkelte vassdragsavsnitt (nedbørfelt). Restfeltet for vassdragsområde 016, utenom Skiensvassdraget, som til sammen utgjør et nedbørfeltareal på 165,1 km² (Tabell 2.1.1), er svært vanskelig å dele opp i mindre enheter. Dette område består av landarealer mellom elvene/bekkene og fjordene, og av øyer innen vassdragsområde (Figur 2.1.1).

Tabell 2.1.1 Nedbørfeltareal (km²), årlig avrenning (mill m³), gjennomsnittlig vannføring (m³/s), spesifikk avrenning (L/s/km²) i ulike deler av Skiensvassdraget og Herreelva, samt skaleringsfaktor for de simulerte feltene nedstrøms Skotfoss samt Herreelva, basert på Brusetbekken.

Vassdragsavsnitt	km ²	mill. m ³	m ³ /s	L/s/km ²	Sk.faktor
Skotfoss	10 393,3	8 378,3	265,7	25,56	
Falkumelva	304,2	218,94	6,94	22,82	50,675
Leirkup	69,5	33,32	1,06	15,20	7,712
Restfelt Skienvassdraget	45,0	15,84	0,50	11,16	3,666
Skiensvassdraget	10 812,0	8 646,4	274,2	25,36	
Herreelva	255,0	110,18	3,49	13,70	25,502
Herregårdsbekken	18,2	9,06	0,29	15,78	2,097
Viersdalsbekken	7,9	4,27	0,14	17,05	0,988
Langangsbekken	7,5	3,97	0,13	16,76	0,919
Mørjebekken	13,3	6,43	0,20	15,38	1,488
Restfelt vassdragsområde 016	165,1	78,4	2,49	15,06	18,317
Vassdragsområde 016	11 279,0	8 858,7	280,9	24,91	
Brusetbekken	7,54		0,137	18,17	1,000



Figur 2.1.1 Kart over nedre del av vassdragsområde 016.

2.1.3 Andre tilførsler av vann til Skiensvassdraget og grenlandsfjordene

I tillegg til de vannmengder som naturlig drenerer ut i vassdragsområde 016, hvor mye er beregnet, tilføres også vassdragsområde vann fra andre kilder som kommunale renseanlegg og industri. Hvis dette vannet er tatt innenfor vassdragsområde, vil det ikke tilføre området ytterligere vann enn det som er målt og beregnet basert på Kap. 2.1.1 og 2.1.2, men kommer det fra kilder utenom vassdragsområde blir dette en tilleggstilførsel av vann til området. Ved at en beregner total mengde vann som drenerer til grenlandsfjordene og antar konsentrasjoner av ulike komponenter i dette vannet, vil transportmengde av næringsstoffer, metaller osv bli noe forhøyet, hvis vannet som slippes ut fra bedrifter og renseanlegg tas fra vann innen nedbørfeltet. Vi vil anta at denne overlappingen utgjør en liten del av de totale utslipp til grenlandsfjordene, slik at de vil ligge innenfor de usikkerhetene som allikevel ligger inne i stofftransportberegningene, hvor en rekke forutsetninger og simuleringer ligger bak.

2.2 Fysisk-kjemisk overvåking i vassdragsområde 016

Selv om det finnes en del vannkjemiske data fra ulike steder i Skiensvassdraget før 2005, har vi i denne rapporten primært fokusert på 2008, men har også tatt med vannkjemiske analyser og gjort stofftransportberegninger for perioden 2005-2008 (4 års periode), for å synliggjøre mulige tidstrender i senere år. Informasjon for hele 4-årsperioden finnes primært i Appendiks B. Både hvilke overvåkningsparametre som inngår og prøvetakingsfrekvens/periode varierer mye mellom de ulike vassdragsavsnittene (Tabell 2.2.1, 2.2.2 og 2.2.3), men enkelte parametre som Tot-N og Tot-P og delvis TOC er relativt godt overvåket alle steder.

Vi har delt Skiensvassdraget inn i følgende delvassdrag mht transportberegninger:

- Skienselva oppstrøms Skotfoss
- Falkumelva
- Leirkup (Børsesjøvassdraget)
- Restfelt (Det resterende nedbørfelt av Skiensvassdraget nedstrøms Skotfoss)
- Rafnes og Porsgrunn fabrikker

I Skienselva ved Skotfoss finnes månedlige vannkjemisk analyse av næringsstoffer og metaller samt 4 prøver pr. år for organiske miljøgifter som PCB₇ og lindan (Tabell 2.2.1), for hele den undersøkte perioden (2005-2008). I tillegg finnes kontinuerlig vannføringsmålinger. Transportberegningene for dette delnedbørfeltet er derfor kun basert på sanne observasjoner. Det bør presiseres at for Hg er > 80 % av målingene ved Skotfoss (som også Rafnes og Porsgrunn fabrikker baseres på) i perioden 2005-2008, under deteksjonsgrena (0,001 µg/L). For Cr er ca 60 % av målingene under deteksjonsgrensen (0,1 µg/L), mens for As, Cd og Ni er hhv 8 % (As) og 2 % (Cd, Ni) under deteksjonsgrensene. Deteksjonsgrenser: As og Ni: 0,05 µg/L; Cd: 0,005 µg/L. Total antall målinger ved Skotfoss i perioden er 49. Videre er samtlige analyser av alle 7 PCB kongenerer (PCB₇) i perioden 2005-2008 under deteksjonsgrensen for metoden, mens for lindan er samtlige analyser i 2007 og 2008 under deteksjonsgrensen. For å få et begrep om transportmengden av lindan og PCB₇ fra vassdrag/nedbørfelt til grenlandsfjordene har vi allikevel valgt å beregne dette. Dette er gjort på følgende måte:

Tilførsel: $C_{Skotfoss2008} * Q_v / Q_{Skotfoss}$

Likning 2.2.1

hvor

$C_{Skotfoss2008}$: konsentrasjon av hhv lindan og PCB₇ i 2008, (0,1929 ng/L og 1,712 ng/L, jfr. Tabell 3.2.3)

Q_v = årlig vannføring i aktuelt vassdrag

$Q_{Skotfoss}$: årlig vannføring i Skienselva ved Skotfoss

I Falkumelva finnes vannkjemiske analyser av næringsstoffer fra 6-8 prøvetidspunkter i perioden april – oktober for perioden 2005-2008 (Tabell 2.2.2). Fordi det ikke finnes metallanalyser fra vassdraget, har vi valgt å bruke middelverdiene for metallanalysene fra Grønnerødbekken (N 6560730, E 538138) og Kjerrabekken v/ Mustvedt (N 6565845, E

536025). Disse bekkene ligger i Børsesjøvassdraget (Leirkup) og er prøvetatt 3 ganger i 2009. For transport av Hg, lindan og PCB₇ er analysedata fra Skotfoss benyttet. Vannføringen i Falkumelva er simulert på basis av vannføringen i Brusetbekken (Jfr. Kap 2.1.2). Stofftransportberegningene er derfor basert på både sanne verdier, overførte verdier fra Leirkup (metaller ÷ Hg) og Skotfoss (Hg), samt simulert vannføring.

I Leirkup (utløp Børsejøvassdraget, N 6555877, E 537819) finnes en del vannkjemiske data, primært før 2000, samt 6 og 4 prøver fra hhv 2000 og 2004. Prøvene er tatt i perioden mai-oktober og er primært analysert mhp eutrofibelastning (bla N og P). I 2009 finnes data for ulike eutrofiparametre, samt metallanalyser fra 2 bekker i vassdraget, Grønnerødbekken og Kjerrabekken v/Mustvedt. Disse er prøvetatt 3 ganger i 2009. Vannføringen i Leirkup er simulert på basis av vannføringen i Brusetbekken (Jfr. Kap 2.1.2). Kun data fra 2009 og 2004 er benyttet for stofftransportberegninger for årene 2005-2008. Fordi det kun finnes fargeverdier (ikke TOC) for 2009, har vi omregnet farge til TOC etter følgende empiriske formel, basert på de data som foreligger fra tidligere målinger, hvor begge parametre er analysert i vassdraget samtidig:

$$\text{TOC} = 0,071 * \text{Farge} + 5,162 \quad (r^2 = 0,35)$$

Stofftransportberegningene for 2005-2008 er derfor basert på analyserverdier fra vassdraget fra andre tidsperioden enn for denne perioden (hhv 2004 og 2009), overførte verdier fra bekker i vassdraget (metaller basert på 2009 målinger), samt simulert vannføring. Hg data er hentet fra Skotfoss.

Restfelt-Skiensvassdraget er det resterende nedbørfeltareal i Skiensvassdraget, nedstrøms Skotfoss, som ikke er en del av Falkum- eller Børsesjø-vassdraget (Leirkup). Stofftransporten fra dette området baserer seg på konsentrasjonene av næringsstoffer og metaller målt i Leirkup i 2009, med unntak av Hg som er tatt fra Skotfoss, samt simulert vannføring basert på NVE sin målestasjon i Brusetbekken.

Rafnes og Porsgrunn Fabrikker får bla vann gjennom overføringstunell fra Norsjø. Vannkjemiske data fra Skotfoss, samt målt vannføring til hhv Rafnes og Porsgrunn forligger. Transportberegningene er derfor basert på målte konsentrasjoner av overflatevann og vannføringsmålinger i tunellen. Vi har ingen data som eventuelt kan dokumentere vannkjemiske forskjeller mellom overflatevann fra Norsjø (Skotfoss) og vanninntaket for overføringen på 40 m dyp i innsjøen. Transportberegningene fra Rafnes og Porsgrunn fabrikker er tatt med i tilførselsberegningen for Skiensvassdraget, men er skilt ut slik at det er mulig å legge inn disse tilførslene der de faktisk finner sted, utløp Skienselva/Frierfjorden og Rafnes/Frierfjorden. Transportberegningene for Rafnes og Porsgrunn fabrikker er derfor basert på sanne observasjoner, enten basert på målte vannmengder (i tunellen) og konsentrasjoner i overflatevann ved Skotfoss.

De resterende nedbørfeltene i vassdragsområde 016, utenom Skiensvassdraget, er delt inn i følgende delvassdrag mht transportberegninger:

- Herreelva (N 6551900, E 532300)
- Herregårdsbekken (N 6552600, E 540700)
- Viersdalsbekken (N 6552300, E 545750)

- Langangsbekken (N 6551350, E 546200)
- Mørjebekken (N 6545300, E 548150)
- Resterende restfelt

I Herreelva finnes 5 kjemiske målinger fra midten av Hellestveitvatn (ID: 016-31663) prøvetatt i perioden 1979-1982, hvor bla Tot-N, NO₃ og Tot-P er analysert. Denne innsjøen er siste innsjø i vassdraget før utløp til Frierfjorden. Vi har benyttet disse verdiene for stofftransportberegninger av disse komponentene. For transportberegninger av metaller har vi benyttet analyseverdiene for Skotfoss for årene 2005-2008, da vi antar at disse metallnivåene er mest relevante å bruke for Herreelva. Vannføringen i Herreelva er simulert på basis av vannføringen i Brusetbekken (Jfr. Kap 2.1.2), selv om mange innsjøer i vassdraget trolig gir noe mindre vannføringsfluktuasjoner enn det denne simuleringen tilkjenner. Stofftransportberegningene for 2005-2008 er derfor basert på analyserverdier fra vassdraget fra andre tidsperioden enn for denne perioden (næringsstoffer), overførte verdier fra Skotfoss (metaller), samt simulert vannføring basert på NVE sin målestasjon i Brusetbekken.

For Herregårdsbekken, Viersdalsbekken, Langangsbekken, Mørjebekken, samt resterende restfelt i vassdragsområde 016 har vi beregnet vannføringer basert på basis av vannføringen i Brusetbekken (Jfr., Kap.2.1.2). Videre har vi for Herregårdsbekken benyttet Tot-N, og Tot-P data fra Lundevannet (016-31591) fra 1982 (www.vannmiljo.klif, lest januar 2010). Dette vannet ligger i Herregårdsbekkens nedbørfelt. Gjennomsnittskonsentrasjoner fra 4 målinger i 1982 er: Tot-N: 660 µg N/L; Tot-P: 16,5 µg P/L. Vi har også benyttet fargetallene fra 1982 og antatt et forhold mellom farge og TOC (Farge (mg Pt/L)/TOC (mg C/L) på 10, dvs. at gjennomsnittlig fargetall målt (33,8 mg Pt/L) tilsvarer 3,38 mg C/L. For tungmetallene, har vi benyttet 2009 gjennomsnittet for målingene i Grønnerød-bekken og Kjerrabekken v/ Mustvedt i Børsesjøvassdraget, med unntak av Hg hvor en har benyttet tall fra Skotfoss (Se kjemiske data i Tabell 3.2.2). En vil anta at de målte N og P verdiene fra 1982 vil kunne medføre noe forhøyede stofftransportverdier, da dataene er gamle og en vil forvente lavere konsentrasjoner av disse komponentene i dag. En vil også anta at metalltransportene fra disse vassdragene blir noe for høye ved å bruke data fra Leirkup, da en vil forvente at Leirkup er mer påvirket av menneskelig aktivitet enn disse bekkene. Kun framtidige målinger vil kunne verifisere dette.

Tabell 2.2.1. Vannkjemiske parametre som overvåkes i Skiensvassdraget i fm RID programmet. G-HCH: hexaklorsykloheksan/Lindan; PCB₇: Summen av følgende 7 kongenerer av klorerte bifenyler: PCB₂₈, PCB₅₂, PCB₁₀₁, PCB₁₁₈, PCB₁₃₈, PCB₁₅₃, PCB₁₈₀. SPM: Suspendert partikulært materiale; TOC: Totalt organisk karbon.

Næringsstoffer	Tungmetaller	Organiske miljøgifter	Andre parametre
Tot-P	As, Pb, Cd,	g-HCH	Vannføring
PO ₄	Cu, Zn, Cr,	PCB ₇	Turbiditet
Tot-N	Ni, Hg		pH
NH ₄ ⁺			SPM
NO ₃ ⁻			TOC
Silisium			

Tabell 2.2.2. Vannkjemiske parametre i Falkumelva.. SPM: Suspendert partikullært materiale; TOC: Totalt organisk karbon.

Næringsstoffer	Tungmetaller	Organiske miljøgifter	Andre parametre
Tot-P Tot-N			Turbiditet pH SPM TOC Gløderest <i>E.coli</i>

Tabell 2.2.3. Vannkjemiske parametre i Leirkup Børsesjøvassdraget. SPM: Suspendert partikullært materiale; TOC: Totalt organisk karbon. Metallanalyser finnes kun for 2009.

Næringsstoffer	Tungmetaller	Organiske miljøgifter	Andre parametre
Total-P ¹ PO ₄ ² Total-N ¹ NH ₄ ^{+ 3} NO ₃ ^{- 3}	As Pb Cd Cu Zn Cr Ni		Turbiditet ⁴ pH ⁵ SPM ⁶ Konduktivitet ⁵ Farge ⁷ TOC ⁸ E.coli ⁹ BOF ¹⁰ Gløderest ¹¹

¹ 1984-1985, 1989-1995, 2000, 2004 og 2009; ² 1991-1993; ³ 1984, 1990-1994, 2009; ⁴ 1984-1985, 1989-1995, 2009; ⁵ 1984-1985, 2009; ⁶ 1985, 1989-2000, 2004; ⁷ 1984, 1991-1993, 2009; ⁸ 1991-1995; ⁹ 2009, ¹⁰ 1989-1990; ¹¹ 1985, 1989-1994.

2.2.1 Beregning av stofftransport i vassdragene

Årlig tilførselsmengder av ulike komponenter til grenlandsfjordene fra Skiensvassdraget er beregnet på samme måte som i RID rapporten (SFT, 2008), dvs. volumveid årlig middelveid for en komponent multiplisert med årlig vannføring. Dette gjøres på følgende måte:

$$Tilførsel = Q_r \frac{\sum_{i=1}^n (C_i \cdot Q_i)}{\sum_{i=1}^n (Q_i)}$$

C_i = målt konsentrasjon i prøve i

Q_i = vannføring i aktuelt vassdrag når vannprøve i ble tatt

Q_r = årlig vannføring

n = antall prøver i prøvetakingsperioden

For Herreelva, Herregårdsbekken, Viersdalsbekken, Langangsbekken, Mørjebekken og restfelt for vassdragsområde 016 har vi kun multiplisert gjennomsnittskonsentrasjoner for en målt periode med aktuell årlig vannføring. Der vannføring og/eller vannkjemisk data mangler har vi valgt å bruke data fra vassdrag der dette finnes etter en skjønnsmessig vurdering. Dette framkommer i Kap.2.2.

2.3 Stofftransportberegninger fra konsesjonsbelagt landfast industri

Konsesjonsbelagt landfast industri med utslipp til vann/sjø innen vassdragsområde 016 er angitt i Tabell 2.3.1, samt kartoversikt i Figur 2.3.1. Transport av stoffer fra disse bedriftene er basert på innrapporterte mengder av konsesjonsbelagte parametre til forurensningsmyndighet. Dataene er primært hentet fra www.norskeutslipp.no, men vi har også vært i samtaler med ulike personer på de aktuelle industribedriftene for enkelte opplysninger der dette har vært nødvendig.

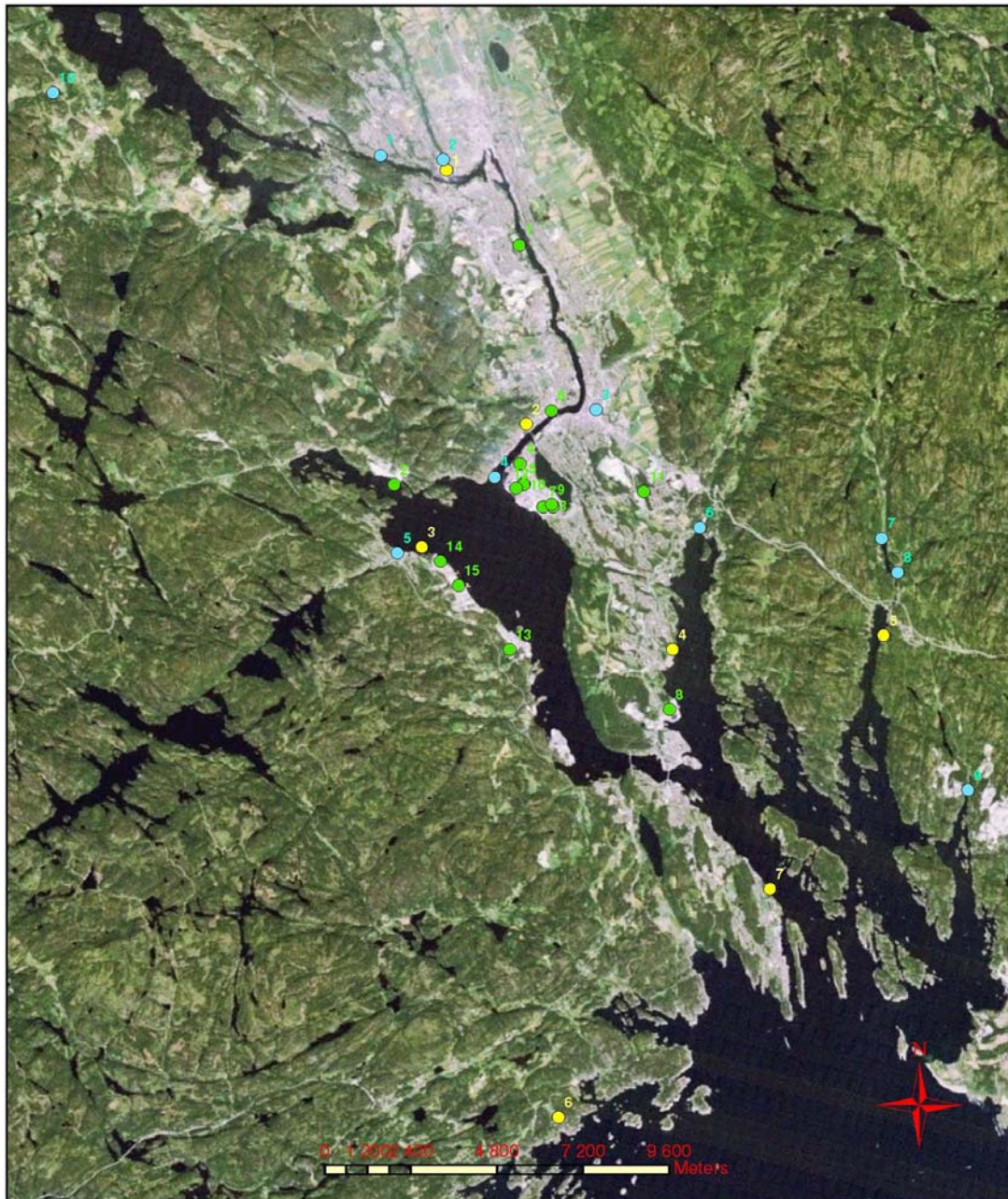
Tabell 2.3.1 Oversikt over aktuell konsesjonsbelagt industri i Bamble, Skien og Porsgrunn med tilførsler av næringsstoffer, metaller og andre mulige miljøgifter til grenlandsfjordene i 2008.

Navn	Kommune	N	E	Bransje
Norsk Metallretur-Raset	Skien	6560451	535689	Sortering/bearbeiding/gjennvinning avfall
Norsk Metallretur-Vold	Skien	6553791	532202	Sortering/bearbeiding/gjennvinning avfall
Addcon Nordic	Porsgrunn	6553176	536622	Produksjon org. kjemiske råvarer
Eramet Norge AS	Porsgrunn	6554374	535709	Produksjon ferrolegeringer
INEOS Norge AS	Porsgrunn	6553819	535792	Produksjon basisplast
Porsgrund's Porselænsfab.	Porsgrunn	6555845	536576	Produksjon keramiske artikler
REC ScanWafer AS	Porsgrunn	6553177	536340	Produksjon uorg. kjemikalier
Renor AS, Brevik	Porsgrunn	6547535	539853	Behandling/ disponering farlig avfall
SiC Processing AS	Porsgrunn	6553236	536575	Sortering/bearbeiding/gjennvinning avfall
SMA Magnesium AS	Porsgrunn	6553794	535810	Produksjon magnesiumoksider
Veolia ¹	Porsgrunn	6553600	539150	Innsamling farlig avfall
Yara Norge AS	Porsgrunn	6553688	535588	Produksjon gjødsel og vekstjord
INEOS Bamble AS	Bamble	6549206	535420	Produksjon av basisplast
INEOS Norge AS	Bamble	6551660	533492	Produksjon org. kjemiske råvarer
INEOS-Noretyl AS	Bamble	6550988	533988	Produksjon org. kjemiske råvarer

¹ Påslipp til kommunalt nett, behandlet på Heistad renseanlegg (Veolia, egne opplysninger)

Legend

- Vassdrag
- Renseanlegg
- Landbasert_industri



Figur 2.3.1 Oversikt over lokalisering av vassdrag, renseanlegg og landfast konsesjonsbelagt industri med tilførsler til grenlandsfjordene. Navn på lokalitetene følger nummereringene (Lnr) i tabellene 2.3.1 (industri), 2.4.1 (renseanlegg), samt figur 2.1.1 (vassdrag).

2.4 Stofftransportberegninger fra renseanlegg

7 vannrensanlegg inngår i transportberegningene i denne rapporten (Tabell 2.4.1, Figur 2.3.1), og målinger er innhentet fra Paul Windt, Sweco Seljord. Transportberegningene baserer seg på rapporterte konsentrasjoner og vannmengder, hvor en har multiplisert månedsmiddelkonsentrasjonen av ett stoff etter rensing med vannmengden som er behandlet denne måneden. Der det er rapportert inn mengde overvann som ikke er behandlet, er denne vannmengden multiplisert med månedsmiddelkonsentrasjonen for ubehandlet vann. Følgende formel er benyttet:

$$\text{Tilførsel} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (C_{bi} \cdot Q_{bi}) + (C_{ui} \cdot Q_{ui})}{n} \right) \cdot 12 \quad \text{Likning 2.4.1}$$

C_{bi} : månedsmiddelkonsentrasjon i behandlet vann i måned n

Q_{bi} : mengde behandlet vann i måned n

C_{ui} : månedsmiddelkonsentrasjon i ubehandlet vann i måned n

Q_{ui} : mengde ubehandlet vann i måned n (overløp)

n = antall månedsprøver pr. år

I tillegg har vi beregnet årlige transportmengder på følgende måte:

$$\text{Tilførsel} = C_b \cdot Q_b + C_u \cdot Q_u \quad \text{Likning 2.4.2}$$

C_b : årsmiddelkonsentrasjon av aktuelt stoff i behandlet vann

Q_b : årlig mengde behandlet vann

C_u : årsmiddelkonsentrasjon av aktuelt stoff i ubehandlet vann

Q_u : årlig mengde ubehandlet vann

Ved svært begrenset analysedokumentasjon har vi tatt gjennomsnittskonsentrasjon av et enkelt stoff for perioden 2006-2008 og multiplisert dette med de ulike vannmengdene som er innrapportert fra renseanleggene for hhv behandlet og ubehandlet vann.

Vi har sammenlignet forskjeller i transportmengder beregnet etter likning 2.4.1 og 2.4.2, og funnet at disse ikke avviker vesentlig fra hverandre. Disse dataene finnes i appendiks D-1 og D-2.

For Heistad, Rakkestad og Salen er det ikke innrapportert vannmengder i overløp, noe som innebærer en underrapportering av utslipp fra disse anlegg hvis de i perioder har overløp uten at dette er innrapportert.

Knardalstrand har kun rapportert antall timer med overløp, uten at mengder vann i overløp er angitt. I dette tilfelle har vi beregnet vannmengde i overløp på følgende måte:

$$\text{Tilførsel overløp} = (Q_{\text{månedsmiddel}}/24) * T_{\text{overløp}}$$

Likning 2.4.3

$Q_{\text{månedsmiddel}}$: gjennomsnittlig månedsvannføring i m³/døgn

$T_{\text{overløp}}$: antall innrapporterte timer i overløp for aktuell måned

For Knardalstrand har det også vært problemer med at de høyeste vannføringene ikke har blitt registrert, da måleinstrumentet ikke har vært i stand til å måle over en gitt vannføring på ca 55 550 m³/døgn). Dette skal nå være rettet på, i følge informasjon Paul Windt (Sweco Seljord), men for alle data vi har, fra 2006-2008, synes denne målefeilen å foreligge.

For renseanlegg finnes normalt analysedata for Tot-P, Tot-N, kjemisk oksygenforbruk (KOF) og biologisk oksygenforbruk (BOF₅). Enkelte måler også på fosfat, samt tungmetaller, PAH-forbindelser (PAH₁₈), PCB forbindelser (PCB₇), samt 4-n-nonylfenol, iso-nonylfenol og dietylheksyltalat (DEHP), samt dioksiner angitt som toksiske TCCD ekvivalenter (TEQ i ng/L). For å kunne få et best mulig totalbilde av utslipp fra renseanlegg har vi for de anleggene som har ”mangelfullt” analyseprogram, brukt konsentrasjoner fra de renseanlegg hvor disse parameterne er analysert. Dette framgår av Tabellene 2.4.2 og Tabell 2.4.3. For dioksiner finnes kun 2 analyser fra uke 43 og 44 i 2005 fra Knardalstrand og Heistad, data som er mottatt fra FM i Telemark (jfr. brev av 21.09.2005, ref. 2005/225). Disse analysene er kun fra utløpsvann. Dette betyr at analyser av urensset vann ikke finnes. Fordi vi også har lagt TEQ-verdiene for utløpsvann (renset) inn som konsentrasjonsverdier for urensset vann vil tilførselene av dioksiner (angitt som TEQ/år) bli underestimert for alle renseanlegg. TEQ-konsentrasjonene for Knardalstrand (Tabell 2.4.2) er benyttet for beregningen av TEQ-tilførselene fra Elstrøm renseanlegg, mens TEQ-konsentrasjonene fra Heistad er benyttet for beregningene av TEQ tilførsler fra de andre renseanleggene.

I appendiks D finnes tilførselsberegninger basert på både likning 2.4.1 og 2.4.2. Fordi de 2 beregningssmåtene ikke gir dramatisk forskjellige resultater, er alle 2008 data presentert i hovedrapporten basert på beregninger etter likning 2.4.2.

Tabell 2.4.1 Navn, lokalisering og resipient for ulike renseanlegg som har avløp til grenlandsfjordene.

ID	Renseanlegg	Kommune	X-koordinat E	Y-koordinat N	Resipient
0806AL30	Elstrøm RA	Skien	533650	6562535	Farelva
0805AL01	Knardalsstrand	Porsgrunn	535884	6555474	Frierfjorden
0814AL38	Herre	Bamble	532970	6552050	Frierfjorden
0805AL29	Heistad RA	Porsgrunn	539950	6549207	Eidangerfjorden
0805AL18	Langangen RA	Porsgrunn	545812	6549600	Langangsfjorden
0814AL00	Rakkestad	Bamble	536770	6536200	Melbyfjorden
0814AL37	Salen - Langesund	Bamble	542650	6542550	Langesundsfjorden

Tabell 2.4.2 Konsentrasjonsgjennomsnitt for Tot-N, BOF₅, PAH₁₆, PCB₇, isononylfenol, DEHP, og dioksiner (angitt som TEQ) for de renseanlegg som har analysert disse parameterne. For Tot-N, BOF₅ er gjennomsnittet basert på 2008 målingene, mens for PAH₁₈, PCB₇, isononylfenol, DEHP og dioksiner, er gjennomsnittet basert på alle målinger i

perioden 2006-2008, pga svært få målinger. PCB₇ i behandlet vann (Knardalstrand-ut) er lavere enn deteksjonsgrense, < 0,007 µg/L. Her har vi lagt inn en verdi tilsvarende 50 % av deteksjonsgrensen, 0,0035 µg/L. Totale gjennomsnitt i behandlet (ut) og ubehandlet vann (inn) er angitt nederst (grått felt). Konsentrasjonene angitt i grått felt er benyttet til å simulere utslipp fra renseanlegg som ikke måler på disse stoffene.

Renseanlegg	Tot-N mg/L	BOF ₅ mg O ₂ /L	PAH ₁₆ µg/L	PCB ₇ µg/L	Isononylfenol µg/L	DEHP µg/L	TEQ ng/L
Knardalstrand-inn	26,06	42,12	0,199	0,0036	1,24	12,37	0,000945
Knardalstrand-ut	24,19	16,62	0,022	0,0035	0,60	2,17	0,000945
Elstrøm-inn	35,65	113,92					
Elstrøm-ut	25,78	15,96					
Heistad-inn	20,79	51,78					0,00206
Heistad-ut	17,15	7,56					0,00206
Salen-inn	15,43	58,08					
Salen-ut	13,53	9,50					
Inn	24,48	66,47	0,199	0,0036	1,24	12,37	
Ut	20,16	12,41	0,022	0,0035	0,60	2,17	

Tabell 2.4.3 Konsentrasjonsgjennomsnitt for ulike metaller fra renseanlegg som har analysert disse parameterne. Gjennomsnittet er basert på 2008 målingene. Gjennomsnittskonsentrasjon i behandlet (ut) og ubehandlet vann (inn) er angitt nederst (grå felt). Konsentrasjonene angitt i grått felt er benyttet til å simulere utslipp fra renseanlegg som ikke måler på disse metallene.

Renseanlegg	As µg/L	Pb µg/L	Cd µg/L	Cu µg/L	Zn µg/L	Cr-tot µg/L	Ni µg/L	Hg µg/L
Knardalstrand -inn	1,61	2,06	0,184	24,9	74,6	5,25	6,12	0,241
Knardalstrand -ut	0,97	0,48	0,016	4,8	26,5	3,09	11,15	0,010
Elstrøm-inn	1,27	2,37	0,146	45,7	93,6	7,00	12,44	0,076
Elstrøm-ut	0,88	0,60	0,175	4,4	25,7	2,59	6,12	0,055
Inn	1,44	2,22	0,17	35,26	84,08	6,13	9,28	0,16
Ut	0,92	0,54	0,10	4,58	26,10	2,84	8,64	0,03

2.5 Stofftransportberegninger fra urbane tette flater

Stofftransportberegningene for utslipp av metaller og andre miljøgifter fra urbane tette flater bygger på data fra 2005 (Pettersen, 2005). Disse estimatene er basert på analyserte konsentrasjoner av miljøgifter i sandfang og kummer i Porsgrunn. Det er analysert på følgende komponenter:

- Metaller: As, Pb, Cd, Cu, Zn, Cr-tot, Ni og Hg
- Organiske stoffer: Olje C5-C35, TBT, PAH₁₆ inkludert BAP, PCB₇ og dioksiner.

2.6 Stofftransportberegninger fra forurenset grunn og deponier, inkludert skipsverft

Data omkring forurenset grunn/deponier er hentet fra Statens klima og forurensningsdirektorat (KLIF) hjemmeside, <http://www.miljostatus.no/Kart-og-miljodata/kart/>. Her inngår også skipsverft. Databasen inneholder informasjon om mistanke om ulike typer forurensninger og dokumenterte tilstedeværelse av ulike forurensningstyper og mulig forurensning fra disse områdene til ytre miljø. Lokalitetene grupperes i en høyt prioritert liste, A-liste, med rask gjennomføring av tiltak, og en B-liste der tiltak eventuelt gjennomføres etter nærmere undersøkelser. I Telemark inngår 8 lokaliteter i A-listen, som alle er fulgt opp av KLIF og 46 i B-listen, hvorav 31 lokaliteter er fulgt opp av KLIF, 13 av Fylkesmannen i Telemark. I Telemark er 107 lokaliteter med forurenset grunn registrert (<http://www.miljostatus.no>, lest februar 2010) hvorav 52 fra Skien, Porsgrunn og Bamble er oppført i Tabell 2.6.1, Tabell 2.6.3 og 2.6.5. Disse er igjen inndelt i 3 kategorier i forhold til hvor alvorlig forurensningen er. Følgende 3 kategorier foreligger:

- Kategori 1: Lokaliteter hvor det er fastslått at det er liten eller ingen påvirkning av miljø og helse, og ikke behov for restriksjoner for areal- og resipientbruk
- Kategori 2: Lokaliteter hvor det er fastslått forurensning på eiendommen, men dokumentert at forurensningen ikke medfører uakseptabel risiko for miljø og helse ved dagens arealbruk.
- Kategori 3: Lokaliteter hvor forurensningsgraden enten foreløpig er uavklart eller det er behov for fysiske tiltak for å sikre lokaliteten.

For forurenset grunn og deponier har KLIF valgt å dele forurensningene inn i 8 ulike forurensningskategorier: **1:** metaller, inkludert organiske metallkomplekser som TBT; **2:** Alifatiske hydrokarboner; **3:** Aromatiske hydrokarboner, PAH; **4:** Aromatiske hydrokarboner, BTEX: benzen, toluen, etylbenzen, xylen; **5:** Klororganiske forbindelser, PCB; **6:** Andre klororganiske forbindelser; **7:** Andre; **8:** Forurensningstype (r) ikke kjent. Oversikt over forurenset grunn og deponier i Skien, Porsgrunn og Bamble er presentert i Figur 2.6.1 og tabellene f.o.m. Tabell 2.6.1. t.o.m. Tabell 2.6.6

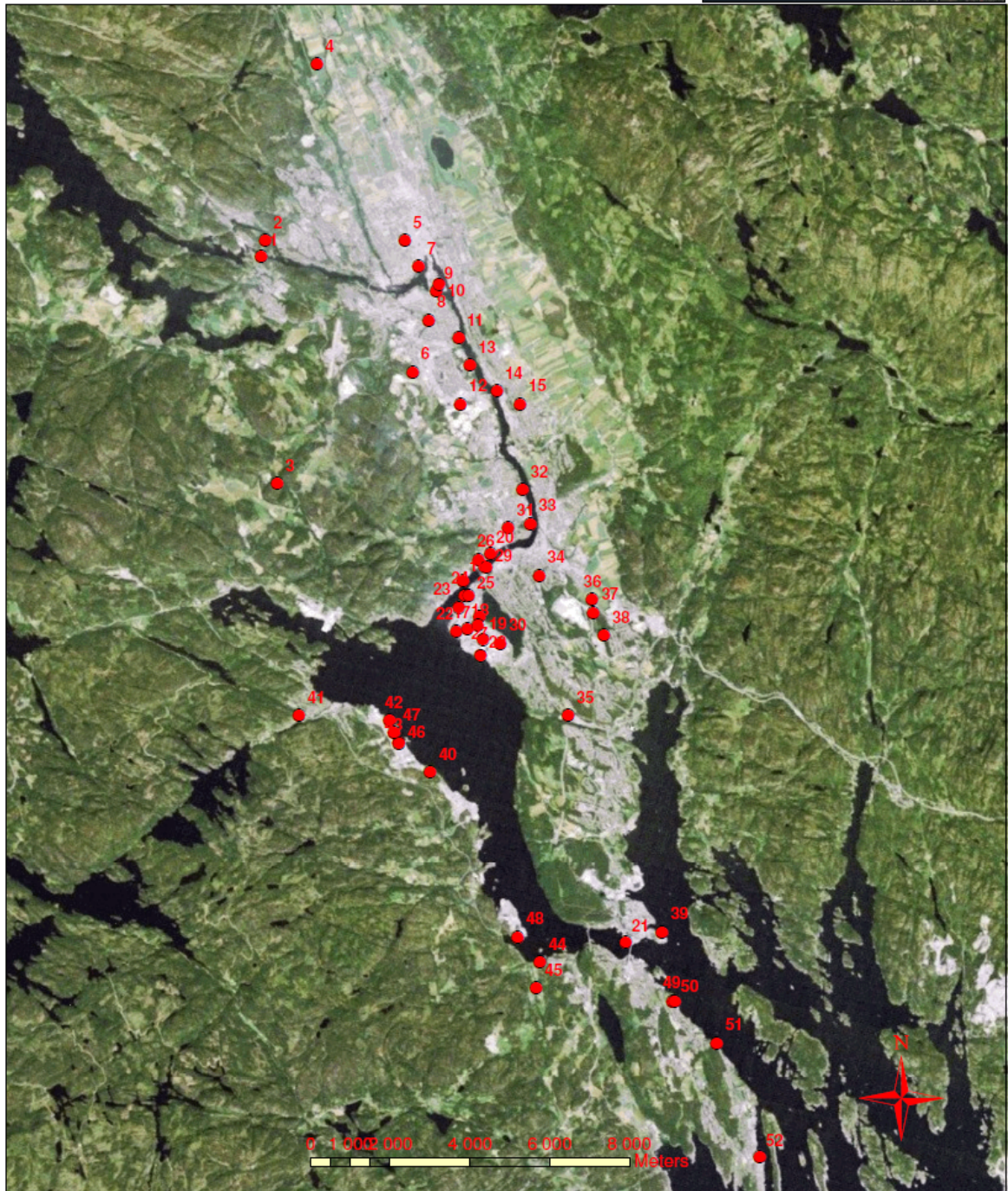
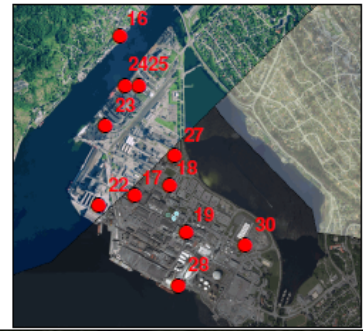
Tabell 2.6.1 Lokalisering, areal (m²) og usikkerhet mht forurensningspotensial, samt kontrollmyndighet for ulike deponier (kommunale, K.dep. og andre deponier, Dep.) og forurenset grunn i Skien kommune. Løpenr. (Lnr) er referanse til kart i Figur 6.1.1. Uthevet skrift er deponier/forurenset grunn på KLIF sin A-liste.

Lnr	Navn	N	E		Areal	Usikkerhet	Myndighet
1	Skotfoss III	6563100	530550	Dep.	4000	Høy	KLIF
2	Skotfoss II	6563500	530650	Dep.	2500	Høy	KLIF
3	Norske Skog, Findalen barkdeponi	6557400	530950	Dep.	20000	Middels	KLIF
4	DDT-deponi, Løvenskiold-Fossum	6567918	531953	Dep.	130	Høy	KLIF
5	Lundedalen	6563500	534150	K. Dep.	43000	Lav	Fylke
6	Kjørbekk II	6560200	534350	K. Dep.	120000	Lav	Fylke
7	Vetlesentomta	6562850	534500	For.gr.	10000	Middels	Fylke
8	Gjemsø	6561500	534750	K. Dep.	0	Lav	Fylke
9	Norske skog - Feie	6562233	534937	For.gr.	15000	Middels	KLIF
10	Norske skog - Klosterøya	6562405	535008	For.gr.	145000	Lav	KLIF
11	Skien Tankanlegg, Gråtenmoen	6561050	535500	For.gr.	11000	Høy	KLIF
12	Kjørbekk I	6559400	535550	K. Dep.	85000	Lav	Fylke
13	Raset tankanlegg	6560378	535786	For.gr.	3000	Middels	KLIF
14	Bøle tønneponi	6559715	536463	Dep.	150	Høy	KLIF
15	Menstad	6559400	537050	Dep.	3000	Høy	KLIF

Tabell 2.6.2 Forurensningsstatus (Status) og type forurensning (F) fra ulike deponier og forurenset grunn i Skien kommune. Angående påvirkningsgrad/status og type forurensning (F), se rapportteksten, Kap. 2.6).

Navn	Status				F							
	Mistanke	Bekreftet	Påvirkningsgr.	Liste	1	2	3	4	5	6	7	8
Skotfoss III	x		2	B	x	x		x	x	x		
Skotfoss II	x		2		x	x		x	x	x		
Norske Skog, Findalen barkdeponi		x	2	A	x							x
DDT-deponi, Løvenskiold-Fossum		x	2									x
Lundedalen		x	2	B								
Kjørbekk II		x	2	B	x	x		x				
Vetlesentomta		x	2		x		x		x			
Gjemsø			2									x
Norske skog - Feie		x	2		x	x	x	x		x		
Norske skog - Klosterøya		x	3		x	x	x	x		x		
Skien Tankanlegg, Gråtenmoen	x	x	1			x		x	x			
Kjørbekk I		x	2	B	x			x				
Raset tankanlegg			2			x		x	x			
Bøle tønneponi		x	2	B	x	x	x		x			
Menstad			2									x

Forstørra utsnitt rundt Herøya



Figur 2.6.1 Oversikt over ulike områder med forurenset grunn/deponier i grenlandsområdet. Navn på lokalitetene følger nummereringene (Lnr) i tabellene 2.6.1, 2.6.3 og 2.6.5.

Tabell 2.6.3 Lokalisering, areal (m²) og usikkerhet mht forurensningspotensial, samt kontrollmyndighet for ulike deponier (kommunale, K.dep.. og andre deponier, Dep.) og forurenset grunn i Porsgrunn kommune. Løpenr. (Lnr) er referanse til kart i Figur 6.1.1. Uthevet skrift er deponier/forurenset grunn på KLIF sin A-liste.

Lnr	Navn	N	E		Areal	Usikkerhet	Myndighet
16	Knardalstrand, slip og verft	6554967	535608	For.gr.	0	Høy	Fylke
17	Magnesiumfab.- Herøya	6553772	535719	For.gr.	70000	Middels	KLIF
18	Klorfabrikken – Herøya	6553850	535983	For.gr.	7000	Middels	KLIF
19	VCM - Herøya	6553497	536110	For.gr.	7000	Middels	KLIF
20	Porsgrunn mek. verksted	6555649	536296	For.gr.	0	Høy	Fylke
21	Trosvik verksted	6545922	539691	For.gr.	0	Høy	Fylke
22	Friertippen, Herøya, Hydro	6553700	535450	Dep.	1000	Middels	KLIF
23	Friertippen - Elkem, Eramet	6554300	535500	Dep.	22000	Høy	KLIF
24	Oljelekkasje Elkem. Eramet	6554600	535650	For.gr.	0	Lav	KLIF
25	Gammelt slamdeponi - Eramet	6554600	535750	Dep.	2000	Høy	KLIF
26	Porsgrunn næringspark	6555500	536000	For.gr.	13000	Lav	Fylke
27	Ammoniakkfabrikken	6554074	536017	For.gr.	150000	Middels	KLIF
28	Saltlageromr. - Herøya	6553100	536050	For.gr.	30000	Middels	KLIF
29	Kulltangen	6555300	536200	K. Dep	3000	Høy	Fylke
30	Gunnekleivtippen - Herøya	6553400	536550	Deponi	65000	Middels	KLIF
31	Kirketjernet	6556300	536750	K. Dep	5000	Høy	Fylke
32	Telemark treimpregnering	6557250	537100	For.gr.	16000	Lav	KLIF
33	Porsgrunn tankanlegg, Texaco	6556400	537300	For.gr.	0	Lav	KLIF
34	Pumpedalen	6555100	537524	K. Dep	6000	Middels	Fylke
35	Skjelsvikdalen, Eramet	6551600	538250	Dep.	15000	Middels	KLIF
36	Norsefjellhall-Tipplass	6554500	538850	Dep.	500	Høy	Fylke
37	Fjellhammer brug	6554175	538881	For.gr.	100	Høy	KLIF
38	Pasadalen	6553600	539150	K. Dep	60000	Lav	KLIF
39	Blikkevaren deponi	6546170	540600	K. Dep	1500	Middels	Fylke

Tabell 2.6.4 Forurensningsstatus (Status) og type forurensning (F) fra ulike deponier og forurenset grunn i Porsgrunn kommune. Angående påvirkningsgrad/status og type forurensning (F), se rapportteksten, Kap. 2.6).

Navn	Status				F							
	Mistanke	Bekreftet	Påvirkningsgr.	Liste	1	2	3	4	5	6	7	8
Knardalstrand, slip og verft	x											X
Magnesiumfab.- Herøya	x	x	2		x	x	x	x	x			
Klorfabrikken - Herøya			2	A	x							
VCM - Herøya - Hydro	x	x	2	A	x		x			x	x	
Porsgrunn mek. verksted		x	X		x	x	x	x				
Trosvik verksted	x	x	X		x	x						X
Friertippen, Herøya	x	x	2		x					x	x	
Friertippen - Elkem, Eramet	x		2	B			x					
Oljelekkasje Elkem. Eramet	x		1	B			x					
Gammelt slamdeponi - Eramet		x	2	B	x		x					
Porsgrunn næringspark		x	2			x		x				
Ammoniakkfabrikken	x	x	2	A	x	x	x	x			x	x
Saltlageromr. - Herøya			2	A	x							
Kulltangen	x		2		x	x		x	x	x		
Gunnekleivtippen - Herøya	x	x	2	A	x	x		x		x	x	
Kirketjernet			2									X
Telemark treimpregnering		x	2	B	x	x						
Porsgrunn tankanlegg, Texaco	x		1				x					
Pumpedalen		x	2	B	x		x	x				
Skjelsvikdalen, Eramet	x	x	2	B	x	x	x	x	x	x		
Norsem fjellhall-Tipplass	x		2									X
Fjellhammer brug	x		2									X
Pasadalen		x	3	B	x	x	x	x	x		x	
Blikkevaren deponi			1	B						x	x	

Tabell 2.6.5 Lokalisering, areal (m²) og usikkerhet mht forurensningspotensial, samt kontrollmyndighet for ulike deponier (kommunale, K.dep.. og andre deponier, Dep.) og forurenset grunn i Bamble kommune. Løpenr. (Lnr) er referanse til kart i Figur 6.1.1. Uthevet skrift er deponier/forurenset grunn på KLIF sin A-liste.

Lnr	Navn	N	E		Areal	Usikkerhet	Myndighet
40	Tønne deponi – Borealis	6550166	534785	Dep.	100	Middels	KLIF
41	Bamble cellulose	6551590	531500	Dep.	900	Høy	KLIF
42	INEOS Norge AS	6551468	533762	For.gr.	2000	Lav	KLIF
43	Noretyl AS	6550900	534000	For.gr.	1000	Lav	KLIF
44	Svarthol forbrenningsovn	6545410	537540	K. Dep	100	Middels	Fylke
45	Findalen avfallsfylling	6544770	537450	K. Dep	500	Høy	Fylke
46	Noretyl AS-gammelt deponi	6550900	534000	Dep.	5000	Lav	KLIF
47	Hydro Polymers - gammelt deponi	6551161	533877	Dep.	5000	Lav	KLIF
48	Grenland båtbyggeri	6546047	536977	For.gr.	0	Høy	Fylke
49	Hansen og Arntzen	6544440	540875	For.gr.	0	Høy	Fylke
50	Larsen Nils Edw.	6544425	540913	For.gr.	0	Høy	Fylke
51	Langesund	6543392	541971	For.gr.	3500	Lav	KLIF
52	Langesund Verft	6540545	543052	For.gr.	0	Høy	Fylke

Tabell 2.6.6 Forurensningsstatus (Status) og type forurensning (F) fra ulike deponier og forurenset grunn i Bamble kommune. Angående påvirkningsgrad/status og type forurensning (F), se rapportteksten, Kap. 2.6).

Navn	Status				F							
	Mistanke	Bekreftet	Påvirkningsgr.	Liste	1	2	3	4	5	6	7	8
Tønne deponi – Borealis		x	2	A	x							
Bamble cellulose	x		2									x
INEOS Norge AS -klorbensen	x	x	2	A	x					x	x	
Noretyl AS		x	2			x		x				
Svarthol forbrenningsovn	x		2									x
Findalen avfallsfylling	x		2									x
Noretyl AS-gammelt deponi	x		2									x
Hydro Polymers – gammelt deponi	x	x	2		x					x	x	
Grenland båtbyggeri	x	x	x									
Hansen og Arntzen	x	x	x		x	x		x				
Larsen Nils Edw.	x	x	x		x	x						
Langesund	x	x	1			x						
Langesund Verft	x	x	x		x	x	x	x	x			

2.7 Stofftransportberegninger fra diffuse kilder

I denne rapporten mener vi å ha tatt med alle de viktigste tilførselskildene til grenlandsfjordene, slik at når alle disse kildene er lokalisert og kvantifisert, vil ikke dokumenterbare, diffuse kilder trolig utgjøre en ubetydelig andel av tilførslene. Diffuse kilder er derfor utelatt i denne rapporten.

3 Resultater

3.1 Vannføring i vassdragsområde 016

Normalavrenning basert på perioden 1961-1990 (Jfr. Kap. 2.1.2), er følgende for de ulike vassdragsavsnitt innen vassdragsområde 016:

- Skotfoss: 22 954 192 m³ dag⁻¹.
- Falkumelva: 599 836 m³ dag⁻¹.
- Leirkup: 91 288 m³ dag⁻¹.
- Restfelt, Skiensvassdraget: 43 397 m³ dag⁻¹.
- Herreelva: 301 863 m³ dag⁻¹.
- Herregårdsbekken: 24 822 m³ dag⁻¹.
- Viersdalsbekken: 11 699 m³ dag⁻¹.
- Langangsbekken: 10 877 m³ dag⁻¹.
- Mørjebekken: 17 616 m³ dag⁻¹.
- Restfelt, Vassdragsområde 016: 214 795 m³ dag⁻¹.

Som det framgår av Tabell 3.1.1, er vannføring i 2008 ved Skotfoss 25 % over normalen, mens for alle simulerte vassdrag/nedbørfelt er vannføringen/avrenningen i 2008, 21 % over normalen.

Tabell 3.1.1 Gjennomsnittlig døgnlign middelvannføring (10³ m³/dag) for de ulike delnedbørfeltene i Skiensvassdraget for årene 2005 til 2008. Disse vannføringsverdiene er benyttet for å estimere årlige transportmengder av ulike komponenter til grenlandsfjordene. Kun vannføringstallene fra Skotfoss baseres seg på målte verdier, de andre er beregnet basert på NVE sine måledata fra Brusetbekken, jfr. kap. 2.2.

Vassdragsavsnitt	2005	2006	2007	2008
Skotfoss	22644,2	24731,1	24428,5	28877,2
Falkumelva	410,6	814,7	570,7	726,7
Leirkup	62,5	124	86,8	110,6
Restfelt-Skiensvassdraget	29,7	58,9	41,3	52,6
Skienselva¹	23147	25729	25127	29767
Rafnes	534,2	566,8	533,2	550,1
Porsgrunn	603,9	564,7	551,1	607,6
Skienselva²	24285	26860	26212	30925
Herreelva	206,6	410	287,2	365,7
Herregårdsbekken	17,0	33,7	23,6	30,1
Viersdalsbekken	8,0	15,9	11,1	14,2
Langangsbekken	7,4	14,8	10,3	13,2
Mørjebekken	12,1	23,9	16,8	21,3
Restfelt vassdragområde 016	147	291,6	204,2	260,1
Vassdragsområde 016	24683	27650	26765	31629

¹ Summen av vannføring fra utløp Norsjø, Falkum, Leirkup og resterende nedbørfelt nedstrøms Norsjø (Restfelt)

² Skienselva utløp, pluss overføring av vann fra Norsjø til Rafnes og Porsgrunn.

3.2 Konsentrasjoner av ulike stoffer i naturlige vassdrag og nedbørfelt

Årstransportberegninger av ulike næringsstoff-komponenter, metaller, PCB₇ og lindan fra naturlige vassdrag til grenlandsfjordene i 2008 baserer seg på de konsentrasjoner som er angitt i Tabell 3.2.1, 3.2.2 og 3.2.3 og vannføringstallene i Tabell 3.1.1. I Appendiks A-1, A-2 og A-3 finnes også tilsvarende konsentrasjonsberegninger for 2005, 2006 og 2007. Konsentrasjonene har ikke endret seg vesentlig gjennom perioden (2005-2008), kanskje med unntak av Tot-P som var betydelig høyere ved Skotfoss i 2008 enn tidligere år. Dette henger trolig sammen med vannføringen som var 25 % over normalen, og det faktum at høy vannføring gir høy partikkeltransport. I landbruksområder betyr dette normalt høye Tot-P verdier. Spesielt høye Tot-P verdier ble målt i september og oktober 2008, hhv 11 og 15 µg P/L. Normalt ligger konsentrasjoner av Tot-P mellom 3-5 µg P/L, som tilsvarer nær *referansenivåer* eller *svært god* til *god* vannkvalitet for kalkfattig/klare elver, hhv i høyfjell og i skogsområder, basert på den nyeste klassifiseringsveilederen (www.vannportalen.no/veileder, lest 12.02.10).

Iht eldre klassifisering (Andersen m. fl. 1997), faller Tot-P verdiene i Skiensvassdraget inn under kategorien *meget god* vannkvalitet. Også Tot-N verdiene gir samme vannkvalitetsvurdering som Tot-P iht til disse klassifiseringsveilederne. Konsentrasjonen av alle metallene som er målt i Skienselva er så lave at de alle faller inn under kategorien *ubetydelig forurenset* iht Andersen m. fl. (1997).

For Leirkup (Børsesjøvassdraget) er Tot-P og Tot-N konsentrasjonene så høye at vannkvaliteten karakteriseres som *dårlig* til *svært dårlig* (www.vannportalen.no/veileder, lest 12.02.10). Vassdraget er *markert forurenset* mht Cu, og *moderat forurenset* mht Cr og Ni (Andersen m. fl. 1997).

I Herrevassdraget finnes 5 kjemiske målinger fra midten av Hellestveitvatn (ID: 016-31663) i perioden 1979-1982, hvor bla Tot-N, NO₃ og Tot-P er analysert. Gjennomsnittskonsentrasjonen basert på disse analysene er: 518 µg N/L (Tot-N), 339 µg N/L (NO₃) og 6,3 µg P/L (Tot-P). Basert på simulert vannføring i vassdraget med bakgrunn i målt vannføring i Brusetbekken, er konsentrasjonene fra 1982 benyttet for å beregne årlige transport mengder av disse komponenter ut av Herreelva i 2008. Iht www.vannportalen.no/veileder (lest 12.02.10) tilsvarer Tot-N verdiene en *moderat/dårlig* vannkvalitet, mens den er *svært god/god* mht Tot-P verdiene. Fordi analysene er fra 1982, vil en anta at vannkvaliteten er bedre i dag enn det som ble målt for snart 30 år siden.

Tabell 3.2.1 Gjennomsnittlig døgnvannføring samt volumveide årlige middelkonsentrasjoner av ulike næringsstoffparametre ved Skotfoss (utløp Norsjø), i tunneluttaket til hhv Rafnes og Porsgrunnsfabrikker, samt i Falkumelva og Leirkup (Børsesjøvassdraget) i 2008. Data er fra KLIF vannmiljødatabase (www.vannmiljo.no, lest januar 2010) og vannføringsdata er mottatt fra NVE.

Sted	Vannføring (1000 m ³ /d)	SPM mg/L	TOC mg C/L	Tot-P µg P/L	PO ₄ -P µg P/L	Tot-N µg N/L	NO ₃ -N µg N/L	NH ₄ -N µg N/L	Si mg SiO ₂ /L
Skotfoss	28877	0,98	2,3	5,1	1,44	285	169	9,5	2,2
Rafnes	550	1,04	2,3	5,8	1,59	286	161	12,2	2,1
Porsgr.fabr.	608	1,08	2,3	5,8	1,66	289	162	12,7	2,1
Falkumelva	727	2,03	8,5	15,2		399			
Leirkup	111	6,07 ²	9,5 ¹	58,3 ¹		1767 ¹	808 ¹	151 ¹	

¹ Baserer seg på målinger fra 2009 (Jfr. Tabell 2.2.3)

² Baserer seg på målinger fra 2004 (Jer Tabell 2.2.3)

Tabell 3.2.2 Gjennomsnittlig døgnvannføring samt volumveide årlige middelkonsentrasjoner av ulike metaller ved Skotfoss (utløp Norsjø), i tunneluttaket til hhv Rafnes og Porsgrunnsfabrikker, samt i Falkumelva og Leirkup (Børsesjøvassdraget) i 2008. Data er fra KLIF vannmiljødatabase (www.vannmiljo.no, lest januar 2010) og vannføringsdata er mottatt fra NVE. Data fra Leirkup (Børsesjøvassdraget) baserer seg på middelverdier fra 2009 for 2 bekker i vassdraget, Grønnerødbekken og Kjerrabekken. For Hg er 10 av 12 målinger ved Skotfoss (som også Rafnes, Porsgrunnsfabrikker og Herreelva baseres på) under deteksjonsgrena (0,001 µg/L). For Cr er 7 av 12 målinger under deteksjonsgrensen (0,1 µg/L), mens for Cd er 1 måling under deteksjonsgrensen (0,005 µg/L).

Sted	Vannføring (1000 m ³ /d)	As µg/L	Pb µg/L	Cd µg/L	Cu µg/L	Zn µg/L	Cr-tot µg/L	Ni µg/L	Hg µg/L
Skotfoss	28877	0,100	0,064	0,009	0,397	2,23	0,143	0,21	0,00100
Rafnes	550	0,101	0,074	0,009	0,445	2,34	0,151	0,23	0,00100
Porsgr.fabr.	608	0,100	0,075	0,009	0,459	2,35	0,149	0,23	0,00100
Falkumelva	727								
Leirkup	111	0,200	0,131	0,014	3,333	2,553	0,707	0,750	

Tabell 3.2.3 Gjennomsnittlig døgnvannføring samt volumveide årlige middelkonsentrasjoner av lindan (g-HCH) og PCB₇ ved Skotfoss (utløp Norsjø), i tunneluttaket til hhv Rafnes og Porsgrunnsfabrikker, samt i Falkumelva og Leirkup (Børsesjøvassdraget) i 2008. Data er fra KLIF vannmiljødatabase (www.vannmiljo.no, lest januar 2010) og vannføringsdata er mottatt fra NVE. For samtlige 4 analyser av lindan og 7 PCB kongenerer er under deteksjonsgrensen for disse metodene i 2008. Deteksjonsgrenseverdiene er derfor benyttet, noe som betyr maksimalkonsentrasjoner av disse i 2008.

Sted	Vannføring (1000 m ³ /d)	g-HCH ng/L	PCB ₇ ng/L
Skotfoss	28877	0,1929	1,712
Rafnes	550	0,2000	1,915
Porsgr.fabr.	608	0,2000	1,966
Falkumelva	727		
Leirkup	111		

3.3 Tilførsler fra naturlige vassdrag/nedbørfelt

Beregninger av årlige transportmengder av næringsstoffer, metaller og organiske miljøgifter er utført slik beskrevet i Kap. 2.1.1 og 2.2.2, mens årlige transportmengder for årene 2005-2008 finnes i Appendiks B-1, B-2 og B-3. Som det framgår av Tabellene 3.3.1, 3.3.2 og 3.3.3 er stofftransportbidraget av ulike komponenter fra Skiensvassdraget totalt dominert av det som renner ut av Norsjø (stasjon Skotfoss). Dette henger selvsagt sammen med at mesteparten av vannføringen i Skiensvassdraget er bestemt av hva som renner ut av Norsjø. Basert på tilførselsberegninger til grenlandsfjordene basert på innrapporterte data, kommer 99 % av suspendert tørrstoff (STS), 97,4 % av TOC, 69,9 % av Tot-N og 73,5 % av Tot-P % fra Skiensvassdraget (Tabell 4.1.1 og 4.1.3), mens ytterligere 2,5 % (TOC), 3,2 % (Tot-N) og 3,4 % (Tot-P) kommer fra andre vassdrag/nedbørfelt i vassdragsområde 016. Vi har ikke beregnet tørrstoff transporten for disse delvassdragene, da dette er så vassdragsspesifikt at vi ikke har valgt å beregne dette basert på data fra andre vassdrag. Det klart relativt lavere bidraget av NH_4^+ fra Skotfoss sammenliknet med bidrag fra andre næringsstoffer i Skiensvassdraget, nedstrøms Skotfoss (Se Appendiks, Tabell B1), antyder en relativt høyere NH_4^+ tilførsel nedstrøms Skotfoss. Dette skyldes mest sannsynlig høyere påvirkning av husdyrhold og kloakk i Skiensvassdragene nedstrøms Skotfoss.

Basert på de tilførselsberegningene som er utført på basis av de forutsetninger som er angitt i rapporten, bidrar Skiensvassdraget med mellom 72,1 % (Ni) til 93,4 % (As) av metalltilførslene til grenlandsfjordene (Tabell 4.1.2). Tar en også med bidragene fra de resterende vassdrag/nedbørfelt i vassdragsregion 06 utgjør dette mellom 75,5 % (Ni) til 96,5 % (As) av totale tilførsler til grenlandsfjordene. Det samlede bidraget av Hg fra vassdragene (totalt > 82 %) til grenlandsfjordene er svært usikre. Det er primært 2 grunner til dette:

- Kun Hg data foreligger fra Skotfoss
- 10 av 12 målinger av Hg ved Skotfoss i 2008 var under deteksjonsgrensa (0,001 $\mu\text{g/L}$)

Samtlige 4 analyser av lindan og 7 PCB kongenerer er under deteksjonsgrensen for disse metodene i 2008. Deteksjonsverdiene er derfor benyttet. Dette betyr for høye konsentrasjoner og tilførselsestimer av disse stoffene fra Skiensvassdraget til grenlandsfjordene i 2008. For å få bedre kontroll over transport av lite vannløselige stoffer som PCB₇ og lindan, som er svært partikkelassosierte, bør en i større grad fokusere på analyse av disse komponentene i suspenderte tørrstoff, for å få et riktigere bilde av tilførsler av disse komponentene fra vassdragene som drenerer ut i grenlandsfjordene.

Tabell 3.3.1 Gjennomsnittlig døgnvannføring samt årlige transportmengder av ulike næringsstoffparametre fra ulike vassdrag/nedbørfelt til grenlandsfjordene i 2008. Hvilke forutsetninger som ligger til grunn for beregningene fra de ulike vassdrag/nedbørfelt er angitt i Kap. 2.2.

Sted	Vannføring (1000 m ³ /d)	TOC tonn/år	Tot-P tonn/år	Tot-N tonn/år
Skotfoss	28877	24496	53,7	3010
Falkumelva	727	2262	4,04	106
Leirkup	111	383	2,36	72
Restfelt –Skienselva	53	182	1,12	34
Skienselva-utløp	29767	27323	61,2	3222
Rafnes	550	469	1,17	58
Porsgrunn fabrikker	608	521	1,28	64
Overført via tunell	1158	990	2,45	122
Herreelva	366	309	0,84	69
Herregårdsbekken	30	37	0,18	7,3
Viersdalsbekken	14	17	0,09	3,4
Langangsbekken	13	16	0,08	3,2
Mørjebekken	21	26	0,13	5,2
Restfelt - vassdragsomr- 016	260	320	1,57	63
ΣAndre vassdrag i vannomr.016	705	727	2,89	151
Total tilførsler fra vassdrag/nedbørfelt	31629	29040	66,6	3495

Tabell 3.3.2 Årlige transportmengder av ulike metaller (tonn/år, unntak Hg som er i kg/år) fra ulike vassdrag/nedbørfelt til grenlandsfjordene i 2008. Hvilke forutsetninger som ligger til grunn for beregningene fra de ulike vassdrag/nedbørfelt er angitt i Kap. 2.2.

Sted	As	Pb	Cd	Cu	Zn	Cr-tot	Ni	Hg
Skotfoss	1,062	0,678	0,100	4,198	23,591	1,507	2,227	10,57
Falkumelva	0,053	0,035	0,004	0,884	0,679	0,188	0,199	0,278
Leirkup	0,008	0,005	0,001	0,135	0,103	0,029	0,030	0,042
Restfelt -Skienselva	0,004	0,003	0,000	0,064	0,049	0,014	0,014	0,020
Skienselva-utløp	1,127	0,721	0,104	5,281	24,423	1,738	2,471	10,91
Rafnes	0,020	0,015	0,002	0,090	0,471	0,030	0,045	0,200
Porsgrunn fabrikker	0,022	0,017	0,002	0,102	0,524	0,033	0,050	0,220
Overført via tunell	0,043	0,032	0,004	0,192	0,995	0,063	0,095	0,42
Herreelva	0,013	0,009	0,001	0,053	0,299	0,019	0,028	0,134
Herregårdsbekken	0,002	0,001	0,001	0,037	0,028	0,008	0,008	0,011
Viersdalsbekken	0,001	0,001	0,001	0,017	0,013	0,004	0,004	0,005
Langangsbekken	0,001	0,001	0,001	0,016	0,012	0,003	0,004	0,005
Mørjebekken	0,002	0,001	0,001	0,026	0,020	0,006	0,006	0,008
Restfelt - vassdragsomr- 016	0,019	0,012	0,012	0,317	0,243	0,067	0,071	0,095
ΣAndre vassdrag i vannomr.016	0,038	0,025	0,017	0,467	0,615	0,107	0,121	0,26
Total tilførsler fra vassdrag/nedbørfelt	1,207	0,777	0,125	5,939	26,033	1,908	2,688	11,59

Tabell 3.3.3 Årlige transportmengder av lindan (g-HCH) og PCB₇ fra ulike vassdrag nedbørfelt til vassdragsområde 016. i 2008. Samtlige 4 analyser av lindan og 7 PCB kongenerer under deteksjonsgrensen for disse metodene i 2008, men vi har likevel valgt å beregne tilførslene på basis av likning 2.2.1. Data er fra KLIF vannmiljødatabase (www.vannmiljo.no, lest januar 2010).

	Vannføring (1000 m ³ /d)	g-HCH kg/år	PCB ₇ kg/år
Skienselva v/Skotfoss	28877	2,108	18,713
Falkumelva	727	0,053	0,471
Leirkup	111	0,008	0,072
Restfelt	52,6	0,004	0,034
Skienselva, utløp	29767	2,173	19,289
Rafnes	550	0,040	0,384
Porsgrunn fabrikker	608	0,044	0,436
ΣRafnes/Porsg.fabr	1158	0,085	0,820
Herreelva	366	0,027	0,237
Herregårdsbekken	30	0,002	0,019
Viersdalsbekken	14	0,001	0,009
Langangsbekken	13	0,001	0,009
Mørjebekken	21	0,002	0,014
Restfelt vassdragsområde 016	260	0,019	0,169
Totalt	31629	2,31	20,6

3.4 Tilførsler fra konsesjonsbasert landbasert industri

Innrapporterte utslipp fra konsesjonsbelagt landfast industri i Skien, Porsgrunn og Bamble som slipper ut næringsstoffer, metaller og andre uorganisk/organiske miljøgifter er grunnlaget for stofftransportberegninger fra denne sektoren til grenlandsfjordene. Utslipptall er primært hentet fra www.norskeutslipp.no, lest i januar 2010. Utslippstall for perioden 2005-2008 finnes i Appendiks C. Om en sammenlikner tilførsler av næringsstoffer og metaller fra landbasert industri med tilførsler fra andre kilder, så bidrar denne industrien med < 2 % av tilførslene til grenlandsfjordene, med unntak av nikkel (16,1 %, Tabell 4.1.2). For metaller, hvor tilstandsform er avgjørende for toksisk virkning på biologien, så gir ikke analysene noe informasjon om dette, da kun totalverdier er innrapportert fra alle tilførselskildene. En bør også merke seg høye Mn tilførsler fra Eramet (6 229 kg i 2008) og høye vanadiumverdier fra Yara (842 kg i 2008), metaller som ikke inngår i analyseprogrammet fra andre kilder. Når det gjelder belastninger av organisk stoff fra industriene, utenom TOC, bør en videre være klar over at bla KOF og metanol er stoffer som også bidrar til økt O₂-forbruk, som sekundært kan påvirke eutrofieringssituasjonen i grenlandsfjordene.

I Tabell 3.4.7 har en presentert tilførselsmengder av ulike komponenter i 2008 basert på de verdier som bygger på vannmengder og analyseverdier av ulike komponenter i tunellvannet fra Norsjø til Rafnes og Porsgrunn fabrikker (Tabell 3.3.1 og Tabell 3.3.2), samt innrapporterte årlige utslippsmengder fra bedrifter i 2008 som bruker dette prosessvannet (Tabellene f.o.m. 3.4.1 t.o.m. 3.4.5). Pga at flere bedrifter ikke rapporterer på alle de kjemiske komponentene som er analysert i tunellvann, samt vannmengde, er det for flere komponenter ikke mulig og vurdere bedriftenes tilleggsbidrag. Av det som er innrapportert fra landbasert

industri som mottar tunellvann fra Norsjø, har tilførslene av følgende komponenter økt i prosessvannutslippet fra industrien sammenliknet med prosessvanninntaket (tunellvannet): Tot-N, NH₄⁺, Tot-P, Cd og Ni (Jfr. Tabell 3.4.6 og Tabell 3.4.7). For andre komponenter som, SPM, TOC, NO₃⁻, As, Pb, Cu, Zn, Cr og Hg er tilførselsmengdene til grenlandsfjordene høyere om en kun tar med direkte tilførsler av rent tunellvann fra Norsjø. Årsaken til dette er ”ufullstendig rapportering”. I tilførselsberegningene for prosessvann til grenlandsfjordene har vi derfor valgt å legge inn alle tilførslene av analyserte stoffer fra tunellvann basert på analyse og vannføringsmålinger ved Skotfoss, i de totale tilførselsberegningene, uten å justere dette i forhold til konsesjonsrapporteringene fra bedriftene. Dette betyr at både totale innrapporterte utslippsdata fra industrien og totale tilførsler fra tunellvannet fra Norsjø er tatt inn i tilførselsberegningene. I sum vil dette bety en noe forhøyet tilførsler av enkelte stoffer til grenlandsfjordene fra prosessvann med kilde Norsjø.

Når det gjelder Eramet, så har det vært en betydelig økning av flere komponenter som vannmengde, partikler og enkelt metaller f.o.m. 2007 (Se appendiks C). Dette henger sammen med at bedriften også har innrapportert avrenning fra tette flater på industriområdet f.o.m. 2007.

Tabell 3.4.1. Mengder utslipp av ulike næringsstoffer til grenlandsfjordene fra konsesjonsbelagt landfast industri i 2008, basert på www.norskeutslipp.no (lest januar 2010).

Kilde	Vannmengde m ³ /år	TOC tonn/år	Tot-P tonn/år	NH ₄ -N tonn/år	Tot-N tonn/år	Tot-N ¹ tonn/år	STS tonn/år
Norsk Metallretur Skien Raset	6586						
Norsk Metallretur Skien Vold							
Addcon Nordic				12,86		12,86	
Eramet Norway AS	3495000						26,0
INEOS Norge AS		30,6					27,5
Porsgrunds Porselænsfabrik	7714						3,32
REC ScanWafer AS							53,1
Renor AS, Brevik	15767	0,25					
SiC Processing AS							10,8
SMA Magnesium AS		0,72					
Veolia							
Yara Norge AS	128785000		8,03		726	726	
INEOS Bamble AS		2,00					
INEOS Norge AS		4,65		0,61		0,61	
INEOS-Noretyl AS		2,60	0,65		0,52	0,52	
Sum	132310067	40,8	8,7	13,5	727	740	121

¹ Summen av Tot-N og NH₄ i tabellen

Tabell 3.4.2 Kjemisk oksygenforbruk (KOF) og utslipp av andre uorganiske forbindelser (A-UORG) og saltsyre (HCl) fra konsesjonsbelagt landfast industri i 2008, basert på www.norskeutslipp.no (lest januar 2010.)

Kilde	KOF tonnO ₂ /år	A.UORG tonn/år	HCl tonn/år
Norsk Metallretur Skien Raset			
Norsk Metallretur Skien Vold			
Addcon Nordic			
Eramet Norway AS			
INEOS Norge AS			
Porsgrunds Porselænsfabrik A.S			
REC ScanWafer AS	166		
Renor AS, Brevik			
SiC Processing AS	360		
SMA Magnesium AS			
Veolia	2,89	0,003	
Yara Norge AS			32,73
INEOS Bamble AS			
INEOS Norge AS		195,5	
INEOS-Noretyl AS			
Sum	529	196	32,7

Tabell 3.4.3 Mengder utslipp av ulike metaller til grenlandsfjordene fra konsesjonsbelagt landfast industri i 2008, basert på www.norskeutslipp.no (lest januar 2010.)

Kilde	As kg/år	Pb kg/år	Cd kg/år	Cu kg/år	Zn kg/år	Cr-tot kg/år	Ni kg/år	Hg kg/år
Norsk Metallretur Skien Raset	0,13	0,07	0,01	0,06	0,82	0,01	0,08	0,00
Norsk Metallretur Skien Vold	0,05	1,41	0,04	0,88	22,5	0,13	0,50	0,01
Addcon Nordic								
Eramet Norway AS	5,0	14,0	0,80	70,0	89,0	11,0	24,0	0,20
INEOS Norge AS								
Porsgrunds Porselænsfabrik								
REC ScanWafer AS								
Renor AS, Brevik								
SiC Processing AS								
SMA Magnesium AS								
Veolia	0,03	0,01	0,00	0,03	0,57		0,48	
Yara Norge AS							549	
INEOS Bamble AS								
INEOS Norge AS				30,2			13,2	
INEOS-Noretyl AS								
Sum	5,2	15,5	0,85	101	113	11,1	587	0,21

Tabell 3.4.4. Mengder utslipp av ulike metaller til grenlandsfjordene fra konsesjonsbelagt landfast industri i 2008, basert på www.norskeutslipp.no (lest januar 2010.)

Kilde	Co kg/år	Fe kg/år	Mn kg/år	Mo kg/år	V kg/år	Ag kg/år
Norsk Metallretur Skien Raset		12,6				
Norsk Metallretur Skien Vold		59,3				
Addcon Nordic						
Eramet Norway AS	28,0		6229,0	7,0		
INEOS Norge AS						
Porsgrunds Porselænsfabrik						
REC ScanWafer AS						
Renor AS, Brevik						
SiC Processing AS						
SMA Magnesium AS						
Veolia				0,14	0,04	0,003
Yara Norge AS					842	
INEOS Bamble AS						
INEOS Norge AS		196				
INEOS-Noretyl AS						
Sum	28,0	268	6229	7,1	842	0,003

Tabell 3.4.5 Mengder utslipp av ulike organiske miljøgifter til grenlandsfjordene fra konsesjonsbelagt landfast industri i 2008, basert på www.norskeutslipp.no (lest januar 2010.)
I tillegg har Ineos Norge AS, Porsgrunn, utslipp av 90 kg vinylkloridmonomer (VCM).

Kilde	Olje C5-C35 kg/år	Metanol kg/år	PAH kg/år	Fenol kg/år	PCB ₇ g/år	Dioksiner TEQ(g/år)	TBBFA mg/år
Norsk Metallretur Skien Raset	5,5				1		
Norsk Metallretur Skien Vold	6						
Addcon Nordic							
Eramet Norway AS			1,00	1,00			
INEOS Norge AS							
Porsgrunds Porselænsfabrik							
REC ScanWafer AS							
Renor AS, Brevik	10		0,00		0	0,0001	
SiC Processing AS							
SMA Magnesium AS							
Veolia	6						
Yara Norge AS		1340					
INEOS Bamble AS							
INEOS Norge AS						0,03	
INEOS-Noretyl AS				9,2			8,95
Sum	27,5	1340	1,0	10,2	1,0	0,030	8,95
Landbasert industri 2004 ¹	i.d.	i.d.	2,5	i.d.	2	0,6	i.d.

¹ Helland m.fl. 2004

Tabell 3.4.6. Årlig tilførsel av vann, suspendert materiale, samt ulike næringsstoffer i 2008, basert på analyser og vannføringsmengder av prosessvann (tunellvann Norsjø) til industribedriftene på Rafnes og Porsgrunn Fabrikker, samt innrapporterte utslippsdata fra samme industri i 2008. Grønne felt angir parametre hvor tilførslene fra tunellvann alene er høyere enn innrapportert utslippstall fra industrien. Se kommentar, kap. 3.4.

Sted	Vannføring (1000 m ³ /d)	SPM tonn/år	TOC tonn/år	Tot-P tonn/år	Tot-N tonn/år	NO ₃ -N tonn/år	NH ₄ -N tonn/år
Rafnes	550	210	469	1,17	58	32,4	2,5
Porsgrunn fabrikker	608	241	521	1,28	64	36,1	2,8
Totalt via tunell	1158	451	990	2,45	122	68,4	5,30
Landbasert industri	362	319 ¹	40,8	8,7	740		13,5

¹ SPM landbasert industri er summen av innrapportert STS (121 tonn/år) og andre uorganiske forbindelser (A-UORG: 198 tonn/år) i Tabell 3.4.1 og 3.4.2)

Tabell 3.4.7. Årlig tilførsel av metaller basert på analyser og vannføringsmengder av prosessvann (tunellvann Norsjø) til industribedriftene på Rafnes og Porsgrunn Fabrikker, samt innrapporterte utslippsdata fra samme industri i 2008. Grønne felt angir parametre hvor tilførslene fra tunellvann alene er høyere enn innrapportert utslippstall fra industrien. Se kommentar, kap. 3.4.

Sted	As tonn/år	Pb tonn/år	Cd tonn/år	Cu tonn/år	Zn tonn/år	Cr-tot tonn/år	Ni tonn/år	Hg kg/år
Rafnes	0,020	0,015	0,0019	0,090	0,47	0,030	0,045	0,20
Porsgrunn fabrikker	0,022	0,017	0,0020	0,102	0,52	0,033	0,050	0,22
Overført via tunell	0,043	0,032	0,0039	0,19	0,99	0,063	0,095	0,42
Landbasert industri 2008	0,0052	0,0155	0,0085	0,101	0,113	0,0111	0,587	0,21

3.5 Tilførsler fra renseanlegg

Utslippsdata fra de 7 renseanleggene med tilførsler til grenlandsfjordene for perioden 2006-2008 finnes i Appendiks D.

Av de 7 renseanleggene som bidrar med tilførsler av næringsstoffer, metaller og andre miljøgifter til grenlandsfjordene, er Knardalstrand den klart største bidragsyter, fulgt av Elstrøm og Heistad (Tabell 3.5.1, 3.5.2 og 3.5.3). Basert på de beregninger som gjort, bidrar renseanleggene med hhv 13,1 % og 11,5 % av de total Tot-P og Tot-N tilførslene til grenlandsfjordene (Tabell 4.1.1). For metaller, med unntak av Ni, er tilførslene av metaller fra renseanleggene til grenlandsfjordene, klart høyere enn tilførslene av metaller fra landbasert konsesjonsbelagt industri, men små i forhold til de samlede tilførslene av metaller fra vassdragene. Tilførslene av dioksiner (TEQ) fra renseanleggene i Grenland ligger i samme størrelsesområde som de samlede tilførslene fra landbasert industri, men det er viktig å være klar over at dette baserer seg på et svært begrenset datamateriale. Renseanleggene er de eneste som har analysedata på nonylfenoler og dietylheksyltalat (DEHP), med tilførsler av isononylphenol på 17,6 kg/år og DEHP på 105 kg/år. Konsentrasjonene av disse synes å være på linje med det en finner i andre norske vannrenseanlegg (Liltved m. fl., 2005).

Tabell 3.5.1. Vannmengder og tilførsler av næringsstoffer, organisk stoff (uttrykt som KOF og BOF) til grenlandsfjordene fra renseanlegg i 2008, basert på tilførselsberegninger etter likning 2.4.1 og konsentrasjonsestimater basert på Tabell 2.4.2. Tall med uthevet skrift er beregnet verdier.

Renseanlegg	Vann behandlet m ³	Vann ubehandlet m ³	Tot-P tonn/år	Tot-N tonn/år	KOF tonn/år	BOF ₅ tonn/år
Elstrøm	2402857	211508	1,075	65	224	63
Knardalstrand	11369621	5011267	9,490	401	1653	362
Herre	491480	8279	0,123	10	13	6,6
Heistad	2127664	0	0,200	36	122	16
Rakkestad	140368	5275	0,039	3,0	4,5	2,1
Langangen	92769	0	0,009	1,9	4,1	1,2
Salen	1808551	0	0,421	34	92	22
Totalt	18433310	5236329	11,4	551	2112	472

Tabell 3.5.2 Tilførsler av metaller (kg/år) til grenlandsfjordene fra renseanlegg i 2008, basert på tilførselsberegninger etter likning 2.4.2 og konsentrasjonsestimater basert på Tabell 2.4.3. Tall med uthevet skrift er beregnet verdier.

Renseanlegg	As	Pb	Cd	Cu	Zn	Ct-tot	Ni	Hg
Elstrøm	2,37	1,94	0,45	20,20	81,46	7,69	17,34	0,15
Knardalstrand	19,10	15,80	1,10	178,81	675,53	61,41	157,44	1,32
Herre	0,47	0,28	0,05	2,54	13,52	1,44	4,32	0,02
Heistad	1,96	1,15	0,20	9,74	55,53	6,04	18,37	0,41
Rakkestad	0,14	0,09	0,01	0,83	4,11	1,26	1,26	0,03
Langangen	0,09	0,05	0,01	0,42	2,42	0,26	0,80	0,00
Salen	1,67	0,98	0,17	8,28	47,20	5,13	15,62	0,06
Totalt	25,8	20,3	2,0	221	880	83,2	215	2,0

Tabell 3.5.3 Tilførsler av organiske miljøgifter (kg/år) til grenlandsfjordene fra renseanlegg i 2008, basert på tilførselsberegninger etter likning 2.4.2 og konsentrasjonsestimater basert på Tabell 2.4.2. Tall med uthevet skrift er beregnet verdier.

Renseanlegg	PAH ₁₈ kg/år	PCB ₇ kg/år	Isononylfenol kg/år	DEHP kg/år	TEQ mg/år
Elstrøm	0,095	0,009	1,706	7,822	2,471
Knardalstrand	1,247	0,058	13,065	86,610	15,480
Herre	0,012	0,002	0,305	1,167	1,030
Heistad	0,047	0,007	1,278	4,610	4,383
Rakkestad	0,004	0,001	0,091	0,369	0,300
Langangen	0,002	0,000	0,056	0,201	0,191
Salen	0,040	0,006	1,086	3,918	3,726
Totalt	1,45	0,08	17,6	105	27,6

3.6 Tilførsler fra urbane tette flater

Tilførselsberegninger av metaller og organiske miljøgifter fra urbane tette flater til grenlandsfjordene er basert på undersøkelse utført av Pettersen (2005). Disse estimatene er basert på analyserte konsentrasjoner av miljøgifter i sandfang og kummer i Porsgrunn by (Tabell 3.6.1 og 3.6.2). Data viser at avrenning fra urbane tette flater er en betydelig tilførselskilde for metaller, olje og PAH forbindelser (Tabell 4.1.2, 4.1.3). Det er også påvist avrenning av TBT (42,2 g/år) fra urbane tette flater (Tabell 3.6.2), men fordi vi ikke har data på TBT fra andre kilder (inkludert skipsverft) er det umulig å sammenlikne ulike utslippskilder for TBT.

Tabell 3.6.1 Tilførsler av metaller til grenlandsfjordene fra tette urbane flater. Data fra Pettersen (2005).

	As kg/år	Pb kg/år	Cd kg/år	Cu kg/år	Zn kg/år	Cr-tot kg/år	Ni kg/år	Hg kg/år
Skienselva	11,1	46,0	0,91	109,4	394	81,7	60,9	0,173
Frierfjorden, Langesundsfjorden	2,0	8,1	0,16	19,2	69,3	14,4	10,7	0,030
Totalt grenlandsfjordene	13,1	54,10	1,07	128,60	463,3	96,1	71,6	0,203

Tabell 3.6.2 Tilførsler av organiske miljøgifter til grenlandsfjordene fra tette urbane flater. Data fra Pettersen (2005).

	Olje C5-C35 kg/år	TBT g/år	PAH ₁₆ g/år	BaP g/år	PCB ₇ g/år	Dioksiner (TEQ) g/år
Skienselva	1301	35,8	1143	38,7	23,9	0,011
Frierfjorden, Langesundsfjorden	2290	6,4	201	6,8	4,2	0,002
Totalt grenlandsfjordene	3591	42,20	1344	45,5	28,10	0,013

3.7 Tilførsler fra forurenset grunn og deponier

Det finnes svært lite data på tilførsel av miljøgifter til grenlandsfjordene fra forurenset grunn og deponier, inkludert skipsverft, som vi har valgt å legge under denne kategori, fordi data i stor grad også mangler for denne kilden. På oppdrag fra KLIF og Fylkesmannen i Telemark er mange områder med forurenset grunn og deponier undersøkt og forurensningen dokumentert, men data og avrenning av miljøgifter fra disse områdene til ytre miljø er svært mangelfull. På oppdrag fra KLIF fikk Herøya industripark i oppdrag å avklare forurensningsrisikoen. I den forbindelse finnes noe data basert på analyser i perioden 2003-2005. Resultatene fra disse undersøkelsene finnes i Tabell 3.7.1. Også Norske Skog fikk i oppdrag fra KLIF å gjennomføre miljøtekniske undersøkelser på Klosterøya og Feie etter nedleggelsen av Norske Skog Unions virksomhet i 2006 (KLIF- brev à 30.03.06, ref.nr. 2002/1077 408/89-024, samt KLIF-brev à 11.11.08, ref.nr.2008/94 408/89-024). I det siste brevet, datert 11.11.08, ber KLIF om at undersøkelsene omkring mulig spredning av miljøgifter til resipient skal rapporteres innen 1. mars 2010. Vi har derfor ikke tilførselsdata fra dette området. Eneste dokumentasjon på avrenning fra forurenset grunn og deponier i denne rapporten er derfor data fra Herøya industripark, hvor 5 forurensningslokaliteter på KLIFs A-lista og 3 på KLIFs B-lista inngår (Figur 2.6.1, Tabell 2.6.4). Data fra dette området er presentert i Tabell 3.7.1 og Tabell 3.7.2.

Tabell 3.7.1. Oversikt over årlig avrenning av metaller (kg/år, Hg i g/år) fra Herøya industripark til grenlandsfjordene (Gunnkleivfjorden og Frierfjorden)

Kilde	As	Pb	Cd	Cu	Zn	Cr-tot	Ni	Hg
Herøya industripark	i.d.	13	i.d.	5	50	i.d.	i.d.	160

Tabell 3.7.2 Oversikt over årlig avrenning av ulike miljøgifter (g/år; dioksiner i mg/år) fra Herøya industripark til grenlandsfjordene (Gunnkleivfjorden og Frierfjorden)

Kilde	TBT	PAH	PCB	HCB	Dioksiner (TEQ)
Herøya industripark	i.d.	350	70	5	50

4 Diskusjon

Når en skal vurdere effekten av tilførsler av ulike næringsstoffer og miljøgifter i en resipient, er dette primært avhengig av forurensningskildenes størrelse i forhold til resipientens tålegrense eller fortynningskapasitet, fordi det er konsentrasjonene av stoffer som er avgjørende for biologisk effekter, ikke mengder. De viktigste faktorene mht tålegrense/kapasitet er resipientens volum og oppholdstid, samt kjemiske naturtilstand. Dette er svært godt illustrert i denne rapporten, hvor hovedtilførslene av næringsstoffer og metaller kommer fra naturlige vassdrag, med Skienselva som helt dominerende tilførselskilde. Vurderer en konsentrasjonene av næringsstoffer (Tot-N, Tot-P) i Skienselva i forhold til vannklassifiseringsveilederen (www.vannportalen.no/veileder, lest 12.02.10) vil vannkvaliteten i elva kategoriseres som *svært god* til *god*, for kalkfattig/klare elver, hhv i høyfjell og i skogsområder i Norge. Konsentrasjonene av metaller i Skienselva er så lave at de alle faller inn under kategorien *ubetydelig forurensset* iht Andersen m. fl. (1997). Dette betyr at hovedgrunnen til at Skienselva står for mesteparten av tilførslene av næringsstoffer og metaller til grenlandsfjordene, ikke skyldes høye konsentrasjoner, men at vannføringen i elva er stor, slik at hovedtransporten av vann til grenlandsfjordene kommer med Skiensvassdraget. Lokale utslipp som påvirker mindre sidevassdrag, utslipp fra industri, renseanlegg og andre punktkilder, vil derfor kun ha lokale negative effekter på akvatisk miljø, fordi Skienselva primært vil virke fortynnende på alle slike utslipp før de kommer ut i grenlandsfjordene. Det ”negative” med at Skienselva er en så stor og dominerende transportkilde til grenlandsfjordene, er at den spiller en sentral rolle mht spredning av miljøgifter i grenlandsfjordene.

I Skienselva viser overvåkingen en nedgang i konsentrasjonen av Tot-N, NO₃⁻, Cd, Cu, Ni, Pb og Zn i perioden 1990-2007 (Skarbøvik m. fl., 2008), mens vannføringen har vist en oppadgående trend. Den økte vannføringen er trolig også hovedårsaken til at konsentrasjonen av Tot-P ikke viser tilsvarende nedadgående tidstrend, da Tot-P er nært knyttet opp mot suspendert stoff som igjen er positivt korrelert med vannføring (Skarbøvik m. fl., 2008). En kan til en viss grad generalisere dette med å si at vannmengden i Skiensvassdraget er positivt korrelerte med transporten av stoffer fra Skiensvassdraget til grenlandsfjordene. Dette er viktig å være klar over, da denne rapporten primært fokuserer på tilførsler til grenlandsfjordene i 2008, et år hvor vannføringen i Skiensvassdraget var 25 % over normalen (1961-1990). Dette er hovedårsaken til at tilførslene av næringsstoffer og metaller blir ”unormalt” høye i 2008, sammenliknet med årene 2005-2007 (Se appendiks B-1 og B-2).

Fra Skienselva er transporten av Pb og Cr betydelig høyere i 2008 (Tabell 4.1.2) sammenliknet med 2001 dataene fra Helland m. fl., 2004 (Tabell 4.1.7). For Cd og spesielt Hg er transportmengdene i 2008 betydelig lavere enn i 2001, hhv 28 % og 92 % lavere. Beregnet transport av PCB fra Skienselva til grenlandsfjordene i 2008 (ca 20 kg/år) er ca dobbelt så høyt som det som ble rapportert i 2004 (tabell 4.1.3). Fordi PCB₇ analysene i Skienselva i 2008 var under deteksjonsgrensen for samtlige 7 kongenerer, og deteksjonsgrensen er benyttet i transportberegningene for 2008, blir en slik sammenlikningen lite relevant, og bør derfor ikke refereres til uten at disse forutsetningene også tas med. Det er derfor god grunn til å anta at både konsentrasjonen og transporten av PCB₇ i Skiensvassdraget i 2008 også er lavere enn hva som ble rapportert i 2004 (Helland m. fl., 2004).

Fra industrien er det en økning i årlige tilførsler av samtlige analyserte metaller i 2008 sammenliknet med data fra Helland m.fl., 2004 (Tabell 4.1.2 og 4.1.7). Vi har ingen konkrete forklaringer til dette, men kan skyldes bedre og mer omfattende rapportering i senere år, uten at vi kan verifisere dette. For PAH, PCB og dioksiner er tilførslene fra industrien til grenlandsfjordene svært mye lavere i 2008 sammenliknet med Helland m.fl., (2004) (Tabell 4.1.3, 4.1.4 og 4.1.8). Dataene viser at industrien er en betydelig tilførselskilde for nitrogen (15,5 % av totale tilførsler) og fosfor (10 % av totale tilførsler) til grenlandsfjordene (Tabell 4.1.1), med Yara som klart største enkeltkilde (Tabell 3.4.1)

Fra renseanleggene er Pb, Zn, Cr og Ni tilførslene til grenlandsfjorden i 2008 høyere enn det som ble rapportert i Helland m. fl. (2004), mens Cd, Cu og Hg er lavere (Tabell 4.1.2 og Tabell 4.1.7.). For PCB og PAH er tilførslene betydelig lavere i 2008 enn i Helland m.fl. (2004), mens tilsvarende sammenlikning ikke kan gjøres for dioksiner pga mangel på data i Helland m. fl. (2004) (Tabell 4.1.3, 4.1.4 og 4.1.8). Renseanleggene er også betydelig tilførselskilder for nitrogen (11,5 % av totale tilførsler) og fosfor (13,1 % av totale tilførsler) til grenlandsfjordene (Tabell 4.1.1). Når en gjør disse sammenlikningene er det også viktig å påpeke at dataene fra 2008 i stor grad baseres seg på analyser, mens tilførselsbergingene i Helland m. fl. (2004), er antatte estimater basert på Lindholm m. fl.(2003).

Fra urbane tette flater er tilførslene av alle metaller, med unntak av Cr, lavere i 2008 enn i Helland m. fl. (2004), som bygger på estimater angitt i Lindholm, 2004 (se Tabellene 4.1.2, 4.1.5 og 4.1.7). Data for 2008 bygger på Pettersen (2005), og er basert på analyserte konsentrasjoner av miljøgifter i sandfang og kummer i Porsgrunn by. For Cr er tilførslene høyere i 2008 enn i Helland m. fl., 2004. Også for PAH og PCB er tilførslene fra urbane flater betydelig lavere i 2008 enn i Helland m. fl (2004). (Se Tabellene 4.1.3 og 4.1.7, 4.1.7). Urbane tette flater er en relativt betydelig kilde for tilførsler av metaller, PAH og delvis også PCB til grenlandsfjordene.

Fra forurenset grunn og deponier forligger pr. dato relativt lite dokumentasjon på tilførsler til grenlandsfjordene, men unntak av en undersøkelse fra Herøya industripark. Kun data fra dette området inngår i tilførselsbergingene. Mer omfattende undersøkelser av tilførsler fra disse kilder er nødvendig for å kvantifisere bidragene av miljøgifter fra forurenset grunn og deponier til grenlandsfjordene. Dette inkluderer også bidrag fra skipsverft.

De totale tilførslene av metaller og organiske miljøgifter til grenlandsfjordene viser en betydelig nedgang i 2008 sammenliknet med hva som ble rapportert i 2004 (Helland m. fl., 2004). Størst er nedgangen i tilførslene av Hg (91 %) og dioksiner (88 %), men også nedgangen i tilførsler av mange metaller har vært stor, Pb (87 %), Cd (69 %), Cu (46 %) og Zn (53 %). Kun tilførslene av Ni og Cr har økt i 2008 sammenliknet med det som ble estimert Helland m. fl. (2004).

Når en vurderer tilførsler av miljøgifter til grenlandsfjordene er det også viktig å være klar over at vi kun har oversikt over de miljøgifter som er analysert. I Grenlandsområdet, som resten av landet, finnes det i dag en rekke nye miljøgifter i miljøet, som en ikke har god oversikt over. En vil derfor anbefale at det gjennomføres en screeninganalyse av en rekke ”nyere miljøgifter” i sedimenter og fisk både fra Norsjø og i grenlandsfjordene, for å

kartlegge nivåer og kilder oppstrøms og nedstrøms industri og befolkningsentra i Grenlandsregionen.

Tabell 4.1.1 Tilførsler av næringsstoffer (tonn/år) i 2008 fra vassdrag/nedbørfelt til grenlandsfjordene i 2008. Landbasert industri har mangelfull innrapportering på vannmengde

Kilde	TOC	Tot-P	Tot-N	KOF	BOF ₅
Skienselva, inkl. Rafnes/PP	28313	64	3344	i.d.	i.d.
ΣAndre vassdrag i vannomr.016	727	3	151	i.d.	i.d.
Landbasert industri	40,8	8,7	740	529	i.d.
Renseanlegg	i.d.	11,4	551	2112	472
Urbane tette flater	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.
Avrenning deponier	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.
Skipsverft	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.
Totalt	29081	87,1	4786	2641	472

Tabell 4.1.2 Tilførsler av metaller (kg/år) i 2008 fra vassdrag/nedbørfelt til grenlandsfjordene i 2008. Røde felt indikerer en økning, grønne felt en nedgang og gule felt tilnærmet uendret (<5 % endring) tilførselsmengder av metaller i 2008, sammenliknet med Helland m. fl. 2004. Grå felt viser data hvor en slik sammenlikning ikke kan gjøre pga mangel på data.

Kilde	As	Pb	Cd	Cu	Zn	Cr-tot	Ni	Hg
Skienselva, inkl. Rafnes/PP	1169	753	108	5473	25418	1801	2567	11,33
ΣAndre vassdrag i vannomr.016	38	25	17	467	615	107	121	0,26
Landbasert industri	5,2	15,5	0,85	101	113	11,1	587	0,21
Renseanlegg	25,8	20,3	2	221	880	83,2	215	1,98
Urbane tette flater	13,1	54,1	1,07	128,6	463,3	96,1	71,6	0,203
Avrenning deponier ¹	i.d.	13	i.d.	5	50	i.d.	i.d.	0,16
Skipsverft	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.
Totalt	1251	881	129	6396	27539	2098	3562	14,1

¹ Kun data fra Herøya

Tabell 4.1.3. Tilførsler av partikler, samt tilførsel av ulike miljøgifter til grenlandsfjordene i 2008.

Kilde	STS/SPM tonn/år	Olje C5-C35 kg/år	TBT g/år	PAH ₁₆ g/år	PCB ₇ g/år
Skienselva, inkl. Rafnes/PP	11760	i.d.	i.d.	i.d.	20110
ΣAndre vassdrag i vannomr.016	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	457
Landbasert industri ¹	120,6	27,5	i.d.	1000	1
Renseanlegg	i.d.	i.d.	i.d.	1450	80
Urbane tette flater	i.d.	3591	42,2	1344	28,1
Avrenning deponier ²	i.d.	i.d.	i.d.	350	70
Skipsverft	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.
Totalt	11881	3619	42	4144	20746

¹ I tillegg er det innrapportert andre uorganiske forbindelser på 196 tonn/år i 2008, uten at dette er spesifisert; ² Kun data fra Herøya

Tabell 4.1.4 Tilførsler av ulike miljøgifter til grenlandsfjordene i 2008.

Kilde	Dioksiner (TEQ) mg/år	Lindan kg/år	Isononylfenol kg/år	DEHP kg/år	TBBFA mg/år
Skienselva, inkl. Rafnes/PP	i.d.	2,26	i.d.	i.d.	i.d.
ΣAndre vassdrag i vannomr.016	i.d.	0,051	i.d.	i.d.	i.d.
Landbasert industri	30	i.d.	i.d.	i.d.	8,95
Renseanlegg	27,6	i.d.	17,6	105	i.d.
Urbane tette flater	13	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.
Avrenning deponier ¹	1,5	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.
Skipsverft	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.
Totalt	72,1	2,3	17,6	105	8,95

¹ Kun data fra Herøya

Tabell 4.1.5 Årlige tilførsler av metaller (kg/år) til grenlandsfjordene basert data fra Helland m. fl. 2004.

Kilde	As	Pb	Cd	Cu	Zn	Cr-tot	Ni	Hg
Skienselva	i.d.	440	150	5790	27500	690	2600	147
Industri	i.d.	1	0,28	63	44	i.d.	83,9	0,1
Renseanlegg	i.d.	10	2	240	398	47	126	2
Overløp	i.d.	6	0,2	47	63	3	6	0,1
Urbane tett flater	i.d.	157	4	390	1071	46	81	1
Diffuse kilder	i.d.	3216	261	5386	29412	i.d.	i.d.	i.d.
Totalt	i.d.	3830	417	11916	58488	786	2897	150

Tabell 4.1.6 Årlige tilførsler av organiske miljøgifter (g/år) til grenlandsfjordene basert på data fra Helland m. fl. 2004. HCH: lindan. Dioksiner er angitt i mg/år.

Kilde	PAH	PCB	HCB	Dioksiner
Skienselva	i.d.	7000	i.d.	i.d.
Industri	2500	2000	700	600
Renseanlegg	5000	160	0,0	0,0
Overløp	600	3	0	0
Urbane tett flater	7000	110	0	0
Diffuse kilder	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.
Totalt	15100	9300	700	600

Tabell 4.1.7 Endringer i tilførsel av metaller i 2008 i forhold til 2001 (Helland m. fl. 2004). Røde felt indikerer en økning, grønne felt en nedgang og gule felt tilnærmet uendret (<5 % endring) tilførselsmengder av metaller i 2008 sammenliknet med Helland m. fl. (2004). Grå felt viser data hvor en slik sammenlikning ikke kan gjøre pga mangel på data.

Kilde	As	Pb	Cd	Cu	Zn	Cr-tot	Ni	Hg
Skienselva	i.d.	1,71	0,72	0,95	0,92	2,61	0,99	0,08
Industri	i.d.	15,50	3,04	1,60	2,57	i.d.	7,00	2,10
Renseanlegg	i.d.	1,27	0,91	0,77	1,91	1,66	1,63	0,94
Overløp ¹								
Urbane tett flater	i.d.	0,34	0,27	0,33	0,43	2,09	0,88	0,20
Diffuse kilder	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.
Skipsverft	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.
Totalt	i.d.	0,23	0,31	0,54	0,47	2,67	1,23	0,09

¹ I 2008 er overløp fra renseanlegg tatt inn i tilførselsberegningene fra renseanleggene

Tabell 4.1.8 Endringer i tilførsel av PAH, PCB og dioksiner (TEQ) i 2008 i forhold til 2001 (Helland m. fl. 2004). Røde felt indikerer en økning, grønne felt en nedgang og gule felt tilnærmet uendret (<5 % endring), sammenliknet med Helland m. fl. (2004). Grå felt viser data hvor en slik sammenlikning ikke kan gjøre pga mangel på data.

Kilde	PAH	PCB	Dioksiner
Skienselva	i.d.	2,87	i.d.
Industri	0,40	0,0005	0,05
Renseanlegg	0,26	0,49	i.d. ²
Overløp			
Urbane tett flater	0,19	0,26	i.d. ²
Diffuse kilder	i.d.	i.d.	i.d. ²
Skipsverft	i.d.	i.d.	i.d. ²
Totalt	0,27	2,24	0,12

¹ I 2008 er overløp fra renseanlegg tatt inn i tilførselsberegningene fra renseanleggene.² Forutsetter at "0" i konsentrasjon i Helland m. fl. (2004), betyr at det ikke finnes data.

5 Konklusjon

Hovedhensikten med denne rapporten har vært å oppdatere tilførselsberegningene av næringsstoffer, metaller og andre miljøgifter til grenlandsfjordene. Hovedfokus har vært på utslipp i 2008, og er derfor en oppdatering av tilførselsestimatene i Helland m. fl., fra 2004. Det har vært fokusert på følgende hovedtilførselskilder:

- Vassdragene med Skienselva som hovedbidragsyter
- Landbasert konsesjonsbelagt industri
- Renseanlegg
- Avrenning fra urbane tette flater
- Forurenset grunn og deponier, inkludert skipsverft.

Fra Skienselva, landbasert konsesjonsbelagt industri og renseanlegg finnes relativt god utslippsdokumentasjon på en rekke relevante komponenter, primært næringsstoffer og metaller. Dette gir trolig et relativt godt bilde av disse kildenes bidrag av næringsstoffer og miljøgifter til grenlandsfjordene. Også tilførslene av tilsvarende komponenter fra urbane tette flater, vil en anta gir et relativt bra tilførselsestimat, selv om beregningene baseres seg på relativt begrenset faktadokumentasjon. Fra forurenset grunn og deponier finnes en del kvalitativ dokumentasjon på ulike forureningskomponenter, men svært begrenset informasjon om tilførselsmengder fra disse kildene til vann og vassdrag. Bedre dokumentasjon på dette bør prioriteres framover. Det samme kan sies om skipsverft hvis en ønsker bedre oversikt over metalltilførsler, inkludert tributyltinn (TBT) til grenlandsfjordene.

For PCB og lindan, som bla måles i Skienselva, har analysene i 2008 vært under deteksjonsgrensa for metoden. Ved å bruke deteksjonsgrensen som utgangspunkt for beregningene blir tilførslene fra vassdragene trolig betydelig høyere enn de faktiske forhold. Det er derfor store begrensinger i bruk av disse tallene.

Tilførselsberegningene av næringsstoffer, metaller og organiske miljøgifter (som er analysert) viser at Skienselva er klart største tilførselskilde for de fleste komponenter, hvor det finnes analysedokumentasjon som muliggjør evaluering av ulike kilder. Nedstrøms Skotfoss i Skiensvassdraget, kommer et betydelig tilførselsbidrag til grenlandsfjordene fra industri, renseanlegg og urbane tette flater, både når det gjelder metaller og enkelte andre miljøgifter som PCB og PAH. En vil også anta at tilførsler fra forurenset grunn og deponier er en viktig kilde, men kun mer omfattende undersøkelser må til for å verifisere dette.

Mht andre organiske miljøgifter, vil en anbefale at det gjennomføres en screening av disse i sedimenter i Norsjø og grenlandsfjordene, samt i avløpsvann eller suspendert materiale fra renseanleggene. En bør da i større grad en tidligere fokusere på nye stoffer, i forhold til det som tidligere har vært undersøkt, hvorav flere stoffer har vært forbudt brukt i flere 10år allerede. Også nye sprøytemidler i landbruket bør en være oppmerksom på, spesielt stoffer som i dag brukes i svært lave konsentrasjoner pr. m². De lave dosene tyder på at disse stoffene er meget biologisk effektive, men hvor det kan ta tid før disse godt kan dokumenteres analytisk. I forbindelse med påvisning, kvantifisering og overvåking av organiske miljøgifter

med lav vannløselighet, bør en i framtiden prioritere og fokusere på analyse av disse i følgende matrikser:

- Sedimenter
- Suspendert stoff i vannfasen
- Fisk (primært rovfisk – fiskepisende fisk)

Dette er viktig fordi disse stoffene er svært partikkelassosierte og bioakkumulerer i næringskjeden. Det er i dag under utvikling nye prøvetakingsmetoder for suspendert stoff i vann, f.eks. bruk av sentrifuger, passive prøvetakere, "torpedorør" etc., for å fange opp partikkelfasen. Det er viktig at disse metodene standardiseres.

6 Referanser

- Andersen, J.R.,** Bratli, J.L., Fjeld, E., Faafeng, B., Grande, M., Hem, L., Holtan, H., Krogh, T., Lund, V., Rosland, D., Rosseland, B.O., Aanes, K.J. (1997). Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Veiledning 97:04. KLIF-rapport, TA-nummer: 1468,1997, 31 s.
- Helland, A.,** Olsen, M., Lindholm, O., Uriansrud, F., Traaen, T., Rygg, B. (2004). Tiltaksplan for forurensede sedimenter i Telemark. Fase-1 – Miljøtilstand, kilder og prioriteringer. Revisjon 2. NIVA-rapport, LNR: 4898-2004, 56 s.
- KLIF** (2008). Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters – 2007. Report-TA-2452/2008.
- Liltved H.,** Vogelsang C., Tollefsen K. E., Grung M. og Jantsch T. G. (2005). Hva skjer med organiske miljøgifter i norske avløpsrensaneanlegg? Resultater basert på kjemiske analyser. VANN nr. 4, 310-321
- Lindholm, O.,** Engan, J.A., Rapp, Ø., Øverleir, P.A., Markhus, E. (2003). Revurdering av beregningskriterier for avløpssystemer, flom i kommunale avløpssystem. NIVA-rapport, LNR OR-4652, 106 s.
- Lindholm, O.** (2004). Miljøgifter i overvann fra tette flater. NIVA-rapport, LNR OR-4775, 42 s.
- Pettersen, A.** (2005). Forurensede sedimenter – Tiltaksplan I Grenland. Avrenning fra tette flater, Porsgrunn. Norsk geoteknisk Institutt. Teknisk Notat, 2005-11-24.
- Skarbøvik, E.,** Stålnacke, P. G., Kaste, Ø., Selvik, J.R., Tjomsland, T., Høgåsen, T., Pengerud, A., Aakerøy, P.A., Fjeld, E., Beldring, S. (2008). Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters – 2007. OSPAR Commission. KLIF-report: TA-2452/2008, SPFO -1039, 90 s + appendiks.
- Tjomsland, T.** Bratli, J.L. (1996). Bruerveiledning og dokumentasjon for TEOTIL. Modell for teoretisk beregning av fosfor- og nitrogentilførsler i Norge. O-94060. NIVA-rapport, L.nr. 3426-96. 84 s.

Vedlegg

Tabell A-1 Gjennomsnittlig døgnvannføring samt volumveide årlige middelkonsentrasjoner av ulike næringsstoffparametre ved Skotfoss (utløp Norsjø), i tunneluttaket til hhv Rafnes og Porsgrunnfabrikker, samt i Falkumelva og Leirkup (Børsesjøvassdraget) for perioden 2005-2008. Data er fra KLIF vannmiljødatabase (www.vannmiljo.no, lest januar 2010) og vannføringsdata er mottatt fra NVE. Si konsentrasjonen i 2005 er angitt som Si/L, mens senere data er angitt som SiO₂/L. Konsentrasjonen i 2005 må derfor multipliseres med 60,1 (atomvekt SiO₂)/28,1(atomvekt Si). For andre vassdrag/nedbørfelt, se Kap. 2.2. for klargjøring av hvilke konsentrasjoner som er benyttet for stofftransportberegninger.

Sted	År	Vannføring (1000 m ³ /d)	SPM mg/L	TOC mg C/L	Tot-P µg P/L	PO ₄ -P µg P/L	Tot-N µg N/L	NO ₃ -N µg N/L	NH ₄ -N µg N/L	Si mg SiO ₂ /L
Skienselva v/Skotfoss	2005	22644	1,08	2,3	3,94	1,19	274	180	11,1	1,0
	2006	24731	0,88	2,8	3,76	1,20	278	163	9,3	2,1
	2007	24429	1,14	2,6	3,60	1,42	279	166	8,5	2,2
	2008	28877	0,98	2,3	5,08	1,44	285	169	9,5	2,2
Rafnes	2005	534	1,08	2,3	3,8	1,18	271	175	10,8	1,0
	2006	567	0,83	2,7	3,7	1,17	276	156	10,1	2,0
	2007	533	0,88	2,6	3,5	1,17	277	161	9,9	2,2
	2008	550	1,04	2,3	5,8	1,59	286	161	12,2	2,1
Porsgr.fab.	2005	604	1,00	2,2	3,8	1,10	264	162	13,2	0,9
	2006	565	0,82	2,7	3,8	1,19	276	157	10,0	2,0
	2007	551	0,91	2,7	3,5	1,19	278	162	10,1	2,2
	2008	608	1,08	2,3	5,8	1,66	289	162	12,7	2,1
Falkumelva	2005	411	1,21	6,2	12,1		467			
	2006	815	1,36	7,6	12,2		665			
	2007	571	1,80	7,4	5,9		327			
	2008	727	2,03	8,5	15,2		399			
Leirkup	2005	62,5	6,07 ²	9,5 ¹	58,3 ¹		1767 ¹	808 ¹	151 ¹	
	2006	124	6,07 ²	9,5 ¹	58,3 ¹		1767 ¹	808 ¹	151 ¹	
	2007	86,8	6,07 ²	9,5 ¹	58,3 ¹		1767 ¹	808 ¹	151 ¹	
	2008	111	6,07 ²	9,5 ¹	58,3 ¹		1767 ¹	808 ¹	151 ¹	

¹ Baserer seg på målinger fra 2009 (Jfr. Tabell 2.2.3); ² Baserer seg på målinger fra 2004 (Jfr. Tabell 2.2.3)

Tabell A-2 Gjennomsnittlig døgnvannføring samt volumveide årlige middelkonsentrasjoner av ulike metaller ved Skotfoss (utløp Norsjø) i tunneluttaket til hhv Rafnes og Porsgrunnsfabrikker, samt i Falkumelva og Leirkup (Børsesjøvassdraget) for perioden 2005-2008. Data er fra KLIF vannmiljødatabase (www.vannmiljo.no, lest januar 2010) og vannføringsdata er mottatt fra NVE. Data fra Leirkup (Børsesjøvassdraget) baserer seg på middelveier fra 2009 for 2 bekker i vassdraget, Grønnerødbekken og Kjerrabekken. For Hg er > 80 % av målingene ved Skotfoss (som også Rafnes og Porsgrunn fabrikker baseres på) under deteksjonsgrena (0,001 µg/L). For Cr er ca 60 % av målingene under deteksjonsgrensene (0,1 µg/L), mens for As, Cd og Ni er hhv 8 % (As) og 2 % (Cd, Ni) under deteksjonsgrensene. Deteksjonsgrenser: As og Ni: 0,05 µg/L; Cd: 0,005 µg/L. Total antall målinger ved Skotfoss i perioden er 49. For andre vassdrag/nedbørfelt, se Kap. 2.2. for klargjøring av hvilke konsentrasjoner som er benyttet for stofftransportberegninger.

Sted	År	Vannføring (1000 m ³ /d)	As µg/L	Pb µg/L	Cd µg/L	Cu µg/L	Zn µg/L	Cr-tot µg/L	Ni µg/L	Hg µg/L
Skienselva v/Skotfoss	2005	22644	0,107	0,076	0,009	0,488	2,46	0,117	0,23	0,00105
	2006	24731	0,089	0,059	0,010	0,481	2,52	0,142	0,24	0,00167
	2007	24429	0,123	0,082	0,011	0,631	2,60	0,103	0,22	0,00100
	2008	28877	0,100	0,064	0,009	0,397	2,23	0,143	0,21	0,00100
Rafnes	2005	534	0,108	0,074	0,009	0,489	2,39	0,109	0,23	0,00104
	2006	567	0,092	0,057	0,010	0,517	2,59	0,146	0,24	0,00138
	2007	533	0,113	0,071	0,010	0,758	2,62	0,108	0,23	0,00100
	2008	550	0,101	0,074	0,009	0,445	2,34	0,151	0,23	0,00100
Porsgr.fabr.	2005	604	0,105	0,068	0,009	0,460	2,24	0,113	0,20	0,00103
	2006	565	0,091	0,058	0,010	0,508	2,57	0,143	0,24	0,00142
	2007	551	0,117	0,074	0,010	0,808	2,66	0,109	0,23	0,00100
	2008	608	0,100	0,075	0,009	0,459	2,35	0,149	0,23	0,00100
Falkumelva	2005	411								
	2006	815								
	2007	571								
	2008	727								
Leirkup	2005	62,5	0,200	0,131	0,014	3,333	2,553	0,707	0,750	
	2006	124	0,200	0,131	0,014	3,333	2,553	0,707	0,750	
	2007	86,8	0,200	0,131	0,014	3,333	2,553	0,707	0,750	
	2008	111	0,200	0,131	0,014	3,333	2,553	0,707	0,750	

Tabell A-3 Gjennomsnittlig døgnvannføring samt volumveide årlige middelkonsentrasjoner av lindan (g-HCH) og PCB₇ ved Skotfoss (utløp Norsjø) i tunneluttaket til hhv Rafnes og Porsgrunn fabrikker i 2005-2008. For PCB₇ er samtlige analyser av alle PCB kongenerer i perioden 2005-2008 under deteksjonsgrensen for metoden, mens for lindan er samtlige analyser i 2007 og 2008 under deteksjonsgrensen. Data er fra KLIF vannmiljødatabase (www.vannmiljo.no, lest januar 2010) og vannføringsdata er mottatt fra NVE.

Sted	År	Vannføring (1000 m ³ /d)	g-HCH ng/L	PCB ₇ ng/L
Skienselva v/Skotfoss	2005	22644	0,2745	1,163
	2006	24731	0,2028	3,759
	2007	24429	0,1929	1,350
	2008	28877	0,1929	1,712
Rafnes	2005	534	0,2826	1,203
	2006	567	0,2153	2,825
	2007	533	0,2000	1,400
	2008	550	0,2000	1,915
Porsgr.fabr.	2005	604	0,2769	1,294
	2006	565	0,2140	2,998
	2007	551	0,2000	1,400
	2008	608	0,2000	1,966

Tabell B-1 Gjennomsnittlig døgnvannføring ($10^3 \text{ m}^3/\text{d}$) samt årlige transportmengder av ulike næringsstoffparametre (tonn/år) fra ulike vassdrag/nedbørfelt innen vannområde 016 for årene 2005-2008. Hvilke forutsetninger som ligger til grunn for de ulike tilførselsbergninger fra ulike vassdrag/nedbørfelt, se Kap. 2.2. for presisering.

Sted	År	Vannføring	SPM	TOC	Tot-P	PO ₄ -P	Tot-N	NO ₃ -N	NH ₄ -N
Skienselva ved Skotfoss	2005	22644	8948	18955	32,6	9,8	2262	1486	92
	2006	24731	7919	25565	33,9	10,8	2508	1468	84
	2007	24429	10199	23349	32,1	12,6	2487	1482	75
	2008	28877	10408	24496	53,7	15,2	3010	1782	101
Falkumelva	2005	411	182	929	1,82		69,9	121	23
	2006	815	405	2254	3,6		198	240	45
	2007	571	375	1545	1,2		68,2	168	31
	2008	727	539	2262	4,0		106	215	40
Leirkup	2005	62,5	138	216	1,3		40,3	18,4	3,4
	2006	124	274	428	2,6		79,9	36,6	6,8
	2007	86,8	192	300	1,9		56,0	25,6	4,8
	2008	111	245	383	2,4		71,5	32,7	6,1
Restfelt	2005	29,7	66	102	0,6		19,2	8,8	1,6
	2006	58,9	130	203	1,3		38,0	17,4	3,2
	2007	41,3	91	142	0,9		26,6	12,2	2,3
	2008	52,6	117	182	1,1		34,0	15,6	2,9
Skienselva Utløp	2005	23147	9334	20203	36,3	9,8	2392	1634	120
	2006	25729	8730	28449	41,4	10,8	2824	1762	139
	2007	25127	10857	25336	36,0	12,6	2638	1688	114
	2008	29767	11309	27323	61,2	15,2	3222	2046	150
Rafnes	2005	534	211	445	0,74	0,23	53	34,2	2,1
	2006	567	172	568	0,78	0,24	57	32,2	2,1
	2007	533	171	514	0,68	0,23	54	31,4	1,9
	2008	550	210	469	1,17	0,32	58	32,4	2,5
Porsgrunn fabrikker	2005	604	220	489	0,83	0,24	58	35,6	2,9
	2006	565	169	549	0,78	0,24	57	32,3	2,1
	2007	551	182	534	0,70	0,24	56	32,5	2,0
	2008	608	241	521	1,28	0,37	64	36,1	2,8
Rafnes/Porsg.fabr Overført via tunell	2005	1138	431	933	1,58	0,47	111	69,8	5,02
	2006	1132	341	1117	1,56	0,49	114	64,5	4,14
	2007	1084	353	1048	1,38	0,47	110	63,9	3,96
	2008	1158	451	990	2,45	0,69	122	68,4	5,30
Herreelva	2005	207		173	0,48		39,0	25,6	
	2006	410		424	0,94		77,5	50,8	
	2007	287		274	0,66		54,3	35,6	
	2008	366		309	0,84		69,3	45,4	
Herregårdsbekken	2005	17		21	0,10		4,1		
	2006	34		42	0,20		8,1		
	2007	24		29	0,14		5,7		
	2008	30		37	0,18		7,3		
Viersdalbekken	2005	8		10	0,05		1,9		
	2006	16		20	0,10		3,8		
	2007	11		14	0,07		2,7		
	2008	14		17	0,09		3,4		

Tabell B-1 fortsetter

Sted	År	Vannføring	SPM	TOC	Tot-P	PO ₄ -P	Tot-N	NO ₃ -N	NH ₄ -N
Langangsbekken	2005	7		9	0,04		1,8		
	2006	15		18	0,09		3,6		
	2007	10		13	0,06		2,5		
	2008	13		16	0,08		3,2		
Mørjebekken	2005	12		15	0,07		2,9		
	2006	24		29	0,14		5,8		
	2007	17		21	0,10		4,0		
	2008	21		26	0,13		5,2		
Restfelt	2005	147		181	0,89		35,4		
	2006	292		359	1,76		70,3		
	2007	204		252	1,23		49,2		
	2008	260		320	1,57		62,9		
Totalt	2005	24683	9765	21545	39,5	10,3	2588	1730	124,7
	2006	27650	9071	30458	46,2	11,3	3107	1878	143,2
	2007	26765	11210	26986	39,7	13,1	2866	1788	117,9
	2008	31629	11760	29040	66,6	15,9	3495	2160	155,1

Tabell B-2 Årlige transportmengder av ulike metaller (tonn/år, unntak Hg som er i kg/år) fra ulike vassdrag/nedbørfelt innen vannområde 016. Hvilke forutsetninger som ligger til grunn for de ulike tilførselsberginger fra ulike vassdrag/nedbørfelt, se Kap. 2.2. for presisering.

Sted	År	As	Pb	Cd	Cu	Zn	Cr-tot	Ni	Hg
Skienselva ved Skotfoss	2005	0,88	0,63	0,077	4,03	20,4	0,97	1,93	8,65
	2006	0,81	0,53	0,087	4,35	22,8	1,28	2,13	15,08
	2007	1,10	0,74	0,100	5,62	23,1	0,92	1,98	8,92
	2008	1,06	0,68	0,10	4,20	23,59	1,51	2,23	10,57
Falkumelva	2005	0,030	0,020	0,002	0,500	0,383	0,106	0,112	0,16
	2006	0,059	0,039	0,004	0,991	0,759	0,210	0,223	0,31
	2007	0,042	0,027	0,003	0,694	0,532	0,147	0,156	0,22
	2008	0,053	0,035	0,004	0,884	0,679	0,188	0,199	0,28
Leirkup	2005	0,005	0,003	0,000	0,076	0,058	0,016	0,017	0,02
	2006	0,009	0,006	0,001	0,151	0,116	0,032	0,034	0,05
	2007	0,006	0,004	0,000	0,106	0,081	0,022	0,024	0,03
	2008	0,008	0,005	0,001	0,135	0,103	0,029	0,030	0,04
Restfelt	2005	0,002	0,001	0,000	0,036	0,028	0,008	0,008	0,01
	2006	0,004	0,003	0,000	0,072	0,055	0,015	0,016	0,02
	2007	0,003	0,002	0,000	0,050	0,038	0,011	0,011	0,02
	2008	0,004	0,003	0,000	0,064	0,049	0,014	0,014	0,02
Skienselva Utløp	2005	0,92	0,65	0,080	4,64	20,8	1,10	2,07	8,65
	2006	0,88	0,58	0,092	5,56	23,7	1,54	2,41	15,08
	2007	1,15	0,77	0,103	6,47	23,8	1,10	2,17	8,92
	2008	1,127	0,72	0,104	5,28	24,4	1,74	2,47	10,57
Rafnes	2005	0,021	0,014	0,0018	0,095	0,47	0,021	0,045	0,20
	2006	0,019	0,012	0,0020	0,107	0,54	0,030	0,050	0,28
	2007	0,022	0,014	0,0019	0,147	0,51	0,021	0,044	0,19
	2008	0,020	0,015	0,0019	0,090	0,47	0,030	0,045	0,20
Porsgrunn fabrikker	2005	0,023	0,015	0,0021	0,101	0,49	0,025	0,045	0,23
	2006	0,019	0,012	0,0020	0,105	0,53	0,030	0,050	0,29
	2007	0,024	0,015	0,0020	0,163	0,54	0,022	0,047	0,20
	2008	0,022	0,017	0,0020	0,102	0,52	0,033	0,050	0,22
Rafnes/Porsg.fabr Overført via tunell	2005	0,044	0,029	0,0039	0,20	0,96	0,046	0,090	0,43
	2006	0,038	0,024	0,0040	0,21	1,07	0,060	0,100	0,58
	2007	0,046	0,029	0,0039	0,31	1,04	0,043	0,091	0,40
	2008	0,043	0,032	0,0039	0,19	0,99	0,063	0,095	0,42
Herreelva	2005	0,008	0,006	0,001	0,037	0,186	0,009	0,018	0,079
	2006	0,013	0,009	0,001	0,072	0,378	0,021	0,035	0,250
	2007	0,013	0,009	0,001	0,066	0,272	0,011	0,023	0,105
	2008	0,013	0,009	0,001	0,053	0,299	0,019	0,028	0,134
Herregårdsbekken	2005	0,001	0,001	0,001	0,021	0,016	0,004	0,005	0,006
	2006	0,002	0,002	0,002	0,041	0,031	0,009	0,009	0,012
	2007	0,002	0,001	0,001	0,029	0,022	0,006	0,006	0,009
	2008	0,002	0,001	0,001	0,037	0,028	0,008	0,008	0,011
Viersdalbekken	2005	0,001	0,000	0,000	0,010	0,007	0,002	0,002	0,003
	2006	0,001	0,001	0,001	0,019	0,015	0,004	0,004	0,006
	2007	0,001	0,001	0,001	0,014	0,010	0,003	0,003	0,004
	2008	0,001	0,001	0,001	0,017	0,013	0,004	0,004	0,005

Tabell B-2 fortsetter

Sted	År	As	Pb	Cd	Cu	Zn	Cr-tot	Ni	Hg
Langangsbekken	2005	0,001	0,000	0,000	0,009	0,007	0,002	0,002	0,003
	2006	0,001	0,001	0,001	0,018	0,014	0,004	0,004	0,005
	2007	0,001	0,000	0,000	0,013	0,010	0,003	0,003	0,004
	2008	0,001	0,001	0,001	0,016	0,012	0,003	0,004	0,005
Mørjebekken	2005	0,001	0,001	0,001	0,015	0,011	0,003	0,003	0,004
	2006	0,002	0,001	0,001	0,029	0,022	0,006	0,007	0,009
	2007	0,001	0,001	0,001	0,020	0,016	0,004	0,005	0,006
	2008	0,002	0,001	0,001	0,026	0,020	0,006	0,006	0,008
Restfelt	2005	0,011	0,007	0,007	0,179	0,137	0,038	0,040	0,054
	2006	0,021	0,014	0,014	0,355	0,272	0,075	0,080	0,106
	2007	0,015	0,010	0,010	0,248	0,190	0,053	0,056	0,075
	2008	0,019	0,012	0,012	0,317	0,243	0,067	0,071	0,095
Totalt	2005	0,988	0,696	0,094	5,108	22,150	1,205	2,229	9,23
	2006	0,958	0,627	0,116	6,306	25,508	1,717	2,646	16,04
	2007	1,226	0,818	0,121	7,172	25,356	1,225	2,361	9,51
	2008	1,207	0,777	0,125	5,939	26,033	1,908	2,688	11,25

Tabell B-3 Årlige transportmengder av lindan (g-HCH) og PCB₇ fra ulike vassdrag nedbørfelt til vassdragsområde 016. i 2008. Samtlige 4 analyser av lindan og 7 PCB kongenerer er under deteksjonsgrensen for disse metodene i 2005-2008, men vi har likevel valgt å beregne tilførslene på basis av likning 2.2.1. Simulerte data er angitt med uthevet skrift. Data er fra KLIF vannmiljødatabase (www.vannmiljo.no, lest januar 2010).

Sted	År	Vannføring (1000 m ³ /d)	g-HCH kg/år	PCB ₇ kg/år
Skienselva v/Skotfoss ved Skotfoss	2005	22644	2,35	10,0
	2006	24731	1,90	35,2
	2007	24429	1,78	12,5
	2008	28877	2,11	18,7
Falkumelva	2005	411	0,043	0,18
	2006	815	0,063	1,16
	2007	571	0,042	0,29
	2008	727	0,053	0,47
Leirkup	2005	62	0,006	0,03
	2006	124	0,010	0,18
	2007	87	0,006	0,04
	2008	111	0,008	0,07
Restfelt	2005	29,7	0,003	0,01
	2006	58,9	0,005	0,08
	2007	41,3	0,003	0,02
	2008	52,6	0,004	0,03
Skienselva, utløp Utløp	2005	23147	2,40	10,19
	2006	25729	1,97	36,59
	2007	25127	1,83	12,84
	2008	29767	2,17	19,29
Rafnes	2005	534	0,055	0,23
	2006	567	0,045	0,58
	2007	533	0,039	0,27
	2008	550	0,040	0,38
Porsgrunn fabrikker	2005	604	0,061	0,29
	2006	565	0,044	0,62
	2007	551	0,040	0,28
	2008	608	0,044	0,44
Sum:Rafnes/Porsg.fabr Overført via tunell	2005	1138	0,116	0,52
	2006	1132	0,089	1,20
	2007	1084	0,079	0,55
	2008	1158	0,085	0,82
Herreelva	2005	207	0,021	0,09
	2006	410	0,031	0,58
	2007	287	0,021	0,15
	2008	366	0,027	0,24
Herregårdsbekken	2005	17	0,002	0,01
	2006	34	0,003	0,05
	2007	24	0,002	0,01
	2008	30	0,002	0,02
Viersdalbekken	2005	8	0,001	0,00
	2006	16	0,001	0,02
	2007	11	0,001	0,01
	2008	14	0,001	0,01

Tabell B-3 fortsetter

Sted	År	Vannføring (1000 m ³ /d)	g-HCH kg/år	PCB ₇ kg/år
Langangsbekken	2005	7	0,001	0,00
	2006	15	0,001	0,02
	2007	10	0,001	0,01
	2008	13	0,001	0,01
Mørjebekken	2005	12	0,001	0,01
	2006	24	0,002	0,03
	2007	17	0,001	0,01
	2008	21	0,002	0,01
Restfelt vassdragsområde 016	2005	147	0,015	0,06
	2006	292	0,022	0,41
	2007	204	0,015	0,10
	2008	260	0,019	0,17
Totalt	2005	24683	2,56	10,9
	2006	27650	2,12	38,9
	2007	26765	1,95	13,7
	2008	31629	2,31	20,6

Tabell C-1 Mengder utslipp av ulike næringsstoffer til grenlandsfjordene fra konsesjonsbelagt landfast industri i 2005-2008, basert på www.norskeutslipp.no (lest januar 2010).

Kilde	År	Vannmengde 10 ³ m ³ /år	TOC tonn/år	Tot-P tonn/år	NH ₄ -N tonn/år	Tot-N tonn/år	STS tonn/år
Norsk Metallretur Skien Raset	2005	4,40					
Norsk Metallretur Skien Raset	2006	5,91					
Norsk Metallretur Skien Raset	2007	5,13					
Norsk Metallretur Skien Raset	2008	6,59					
Norsk Metallretur Skien Vold	2007						
Norsk Metallretur Skien Vold	2008						
Addcon Nordic	2005				14,7		
Addcon Nordic	2006				11,92		
Addcon Nordic	2007				12,07		
Addcon Nordic	2008				12,86		
Eramet Norway AS	2005	23,8					0,20
Eramet Norway AS	2006	23,5					2,15
Eramet Norway AS	2007						1,00
Eramet Norway AS	2008	3495					26,00
INEOS Norge AS	2005	8000	34,2				39,4
INEOS Norge AS	2006	8000	48,1				22,8
INEOS Norge AS	2007		36,9				23,6
INEOS Norge AS	2008		30,6				27,5
Porsgrunds Porselænsfabrik	2005	28,4					5,00
Porsgrunds Porselænsfabrik	2006	19,7					4,00
Porsgrunds Porselænsfabrik	2007	19,7					5,12
Porsgrunds Porselænsfabrik	2008	7,71					3,32
REC ScanWafer AS	2005						39
REC ScanWafer AS	2006						59
REC ScanWafer AS	2007						44,83
REC ScanWafer AS	2008						53,1
Renor AS, Brevik	2005	7,31	0,03				
Renor AS, Brevik	2006	16,0	0,23				
Renor AS, Brevik	2007	13,0	0,18				
Renor AS, Brevik	2008	15,8	0,25				
SiC Processing AS	2006						44,95
SiC Processing AS	2007						26,51
SiC Processing AS	2008						10,8
SMA Magnesium AS	2005		0,17				
SMA Magnesium AS	2006		0,20				
SMA Magnesium AS	2007		0,34				
SMA Magnesium AS	2008		0,72				
Veolia	2005						
Veolia	2006						
Veolia	2007						
Veolia	2008						
Yara Norge AS	2005	127839		10,3		632	
Yara Norge AS	2006	126896		9,3		677	
Yara Norge AS	2007	118733		6,1		708	
Yara Norge AS	2008	128785		8,0		726	

Tabell C-1 fortsetter.

Kilde	År	Vannmengde 10 ³ m ³ /år	TOC tonn/år	Tot-P tonn/år	NH ₄ -N tonn/år	Tot-N tonn/år	STS tonn/år
INEOS Bamble AS	2005		1,30				
INEOS Bamble AS	2006		1,30				
INEOS Bamble AS	2007		1,30				
INEOS Bamble AS	2008		2,00				
INEOS Norge AS	2005		6,62	0,46		1,05	
INEOS Norge AS	2006		6,51	0,27		1,19	
INEOS Norge AS	2007		8,77		0,51		
INEOS Norge AS	2008		4,65		0,61		
INEOS-Noretyl AS	2005		3,30	0,28		0,07	
INEOS-Noretyl AS	2006		3,10	0,17		0,16	
INEOS-Noretyl AS	2007		3,07	0,76		0,57	
INEOS-Noretyl AS	2008		2,60	0,65		0,52	
Totalt	2005	135903	46	11	15	633	84
Totalt	2006	134961	59	10	12	679	133
Totalt	2007	118771	51	7	13	709	101
Totalt	2008	132310	41	9	13	727	121

Tabell C-2 Mengder utslipp av ulike metaller til grenlandsfjordene fra konsesjonsbelagt landfast industri i 2005-2008, basert på www.norskeutslipp.no (lest januar 2010.)

Kilde	År	As kg/år	Pb kg/år	Cd kg/år	Cu kg/år	Zn kg/år	Cr-tot kg/år	Ni kg/år	Hg kg/år
Norsk Metallretur Skien Raset	2005	0,0126	0,37	0,01	0,33	4,51	0,00	0,15	0,0005
Norsk Metallretur Skien Raset	2006	0,0099	0,55	0,02	0,23	4,92	0,00	0,18	0,0013
Norsk Metallretur Skien Raset	2007	0,1027	0,05	0,01	0,01	0,36	0,01	0,03	0,00
Norsk Metallretur Skien Raset	2008	0,132	0,07	0,01	0,06	0,82	0,01	0,08	0,0001
Norsk Metallretur Skien Vold	2007	0,04	0,02	0,0035	0,01	0,68	0,03	0,01	0,00
Norsk Metallretur Skien Vold	2008	0,05	1,41	0,037	0,88	22,46	0,13	0,50	0,01
Addcon Nordic	2005								
Addcon Nordic	2006								
Addcon Nordic	2007								
Addcon Nordic	2008								
Eramet Norway AS	2005	0,60	13	0,03	66	12	7,0	12	0,00
Eramet Norway AS	2006	4,90	11	0,10	82	19	4,3	17	0,01
Eramet Norway AS	2007	3,00	14	1,00	50	110	15	18	0,30
Eramet Norway AS	2008	5,00	14	0,80	70	89	11	24	0,20
INEOS Norge AS	2005								
INEOS Norge AS	2006								
INEOS Norge AS	2007								
INEOS Norge AS	2008								
Porsgrunds Porselænsfabrik	2005								
Porsgrunds Porselænsfabrik	2006								
Porsgrunds Porselænsfabrik	2007								
Porsgrunds Porselænsfabrik	2008								
REC ScanWafer AS	2005								
REC ScanWafer AS	2006								
REC ScanWafer AS	2007								
REC ScanWafer AS	2008								
Renor AS, Brevik	2005								
Renor AS, Brevik	2006								
Renor AS, Brevik	2007								
Renor AS, Brevik	2008								
SiC Processing AS	2006								
SiC Processing AS	2007								
SiC Processing AS	2008								
SMA Magnesium AS	2005								
SMA Magnesium AS	2006								
SMA Magnesium AS	2007								
SMA Magnesium AS	2008								
Veolia	2005								
Veolia	2006								
Veolia	2007								
Veolia	2008	0,03	0,005	0,001	0,030	0,57		0,48	
Yara Norge AS	2005	0,05	0,02	0,001	1,0	0,2		182	0,0001
Yara Norge AS	2006	0,05	0,02	0,001	1,0	0,2		401	0,0001
Yara Norge AS	2007				0,001			694	
Yara Norge AS	2008							549	
INEOS Bamble AS	2005								
INEOS Bamble AS	2006								
INEOS Bamble AS	2007								
INEOS Bamble AS	2008								

Tabell C-2 fortsetter

Kilde	År	As kg/år	Pb kg/år	Cd kg/år	Cu kg/år	Zn kg/år	Cr-tot kg/år	Ni kg/år	Hg kg/år
INEOS Norge AS	2005				31,4			73,3	0,07
INEOS Norge AS	2006				28,7			53,0	0,15
INEOS Norge AS	2007				30,8			19,5	
INEOS Norge AS	2008				30,2			13,2	
INEOS-Noretyl AS	2005								
INEOS-Noretyl AS	2006								
INEOS-Noretyl AS	2007								
INEOS-Noretyl AS	2008								
Totalt	2005	0,7	13	0,04	99	17	7,0	267	0,07
Totalt	2006	5,0	12	0,12	112	24	4,3	471	0,16
Totalt	2007	3,1	14	1,01	81	111	15,0	731	0,30
Totalt	2008	5,2	15	0,85	101	113	11,1	587	0,21

Tabell C-2 Mengder utslipp av ulike metaller til grenlandsfjordene fra konsesjonsbelagt landfast industri i 2005-2008, basert på www.norskeutslipp.no (lest januar 2010.)

Kilde	År	Co kg/år	Fe kg/år	Mn kg/år	Mo kg/år	V kg/år	Ag kg/år
Norsk Metallretur Skien Raset	2005		33,4				
Norsk Metallretur Skien Raset	2006		41,2				
Norsk Metallretur Skien Raset	2007		14,7				
Norsk Metallretur Skien Raset	2008		12,6				
Norsk Metallretur Skien Vold	2007		0,79				
Norsk Metallretur Skien Vold	2008		59,3				
Addcon Nordic	2005						
Addcon Nordic	2006						
Addcon Nordic	2007						
Addcon Nordic	2008						
Eramet Norway AS	2005			15	4,0		
Eramet Norway AS	2006	30		62	7,0		
Eramet Norway AS	2007	24		7000	5,0		
Eramet Norway AS	2008	28		6229	7,0		
INEOS Norge AS	2005						
INEOS Norge AS	2006						
INEOS Norge AS	2007						
INEOS Norge AS	2008						
Porsgrunds Porselænsfabrik	2005						
Porsgrunds Porselænsfabrik	2006						
Porsgrunds Porselænsfabrik	2007						
Porsgrunds Porselænsfabrik	2008						
REC ScanWafer AS	2005						
REC ScanWafer AS	2006						
REC ScanWafer AS	2007						
REC ScanWafer AS	2008						
Renor AS, Brevik	2005						
Renor AS, Brevik	2006						
Renor AS, Brevik	2007						
Renor AS, Brevik	2008						

Tabell C-2 fortsetter

Kilde	År	Co kg/år	Fe kg/år	Mn kg/år	Mo kg/år	V kg/år	Ag kg/år
SiC Processing AS	2006						
SiC Processing AS	2007						
SiC Processing AS	2008						
SMA Magnesium AS	2005						
SMA Magnesium AS	2006						
SMA Magnesium AS	2007						
SMA Magnesium AS	2008						
Veolia	2005						
Veolia	2006						
Veolia	2007						
Veolia	2008				0,14	0,040	0,003
Yara Norge AS	2005					329	
Yara Norge AS	2006					1059	
Yara Norge AS ¹	2007					1022	
Yara Norge AS ¹	2008					842	
INEOS Bamble AS	2005						
INEOS Bamble AS	2006						
INEOS Bamble AS	2007						
INEOS Bamble AS	2008						
INEOS Norge AS	2005		135				
INEOS Norge AS	2006		214				
INEOS Norge AS	2007		178				
INEOS Norge AS	2008		196				
INEOS-Noretyl AS	2005						
INEOS-Noretyl AS	2006						
INEOS-Noretyl AS	2007						
INEOS-Noretyl AS	2008						
Totalt	2005	0	168	15	4,0	329	0,000
Totalt	2006	30	255	62	7,0	1059	0,000
Totalt	2007	24	193	7000	5,0	1022	0,000
Totalt	2008	28	268	6229	7,1	842	0,003

¹ Vanadium utslippene for 2007 og 2008 er ikke rapportert på www.norskeutslipp.no, men beregnet basert på døgnutslipp mottatt fra bedriften.

Tabell C-3. Mengder utslipp av KOF, andre uorganiske forbindelse(A.uorg) og HCl til grenlandsfjordene fra konsesjonsbelagt landfast industri i 2005-2008, basert på www.norskeutslipp.no (lest januar 2010.)

Kilde	År	KOF tonnO ₂ /år	A.uorg tonn/år	HCl kg/år
Norsk Metallretur Skien Raset	2005			
Norsk Metallretur Skien Raset	2006			
Norsk Metallretur Skien Raset	2007			
Norsk Metallretur Skien Raset	2008			
Norsk Metallretur Skien Vold	2007			
Norsk Metallretur Skien Vold	2008			
Addcon Nordic	2005			
Addcon Nordic	2006			
Addcon Nordic	2007			
Addcon Nordic	2008			
Eramet Norway AS	2005		0,01	
Eramet Norway AS	2006		0,02	
Eramet Norway AS	2007		0	
Eramet Norway AS	2008		0	
INEOS Norge AS	2005			
INEOS Norge AS	2006			
INEOS Norge AS	2007			
INEOS Norge AS	2008			
Porsgrunds Porselænsfabrik	2005			
Porsgrunds Porselænsfabrik	2006			
Porsgrunds Porselænsfabrik	2007			
Porsgrunds Porselænsfabrik	2008			
REC ScanWafer AS	2005	96		
REC ScanWafer AS	2006	47		
REC ScanWafer AS	2007	45		
REC ScanWafer AS	2008	166		
Renor AS, Brevik	2005			
Renor AS, Brevik	2006			
Renor AS, Brevik	2007			
Renor AS, Brevik	2008			
SiC Processing AS	2006	107		
SiC Processing AS	2007	623		
SiC Processing AS	2008	360		
SMA Magnesium AS	2005			
SMA Magnesium AS	2006			
SMA Magnesium AS	2007			
SMA Magnesium AS	2008			
Veolia	2005			
Veolia	2006			
Veolia	2007			
Veolia	2008	2,89	0,003	
Yara Norge AS	2005		57,5	35500
Yara Norge AS	2006		60,5	39550
Yara Norge AS	2007			25800
Yara Norge AS	2008			32725
INEOS Bamble AS	2005			
INEOS Bamble AS	2006			
INEOS Bamble AS	2007			
INEOS Bamble AS	2008			

Tabell C-3.) fortsetter

Kilde	År	KOF tonnO ₂ /år	A.UORG tonn/år	HCl kg/år
INEOS Norge AS	2005		50,4	
INEOS Norge AS	2006		104	
INEOS Norge AS	2007		202	
INEOS Norge AS	2008		196	
INEOS-Noretyl AS	2005			
INEOS-Noretyl AS	2006			
INEOS-Noretyl AS	2007			
INEOS-Noretyl AS	2008			
Totalt	2005	96	108	35500
Totalt	2006	154	165	39550
Totalt	2007	669	202	25800
Totalt	2008	529	196	32725

Tabell C-4. Mengder utslipp av ulike organiske forbindelser til grenlandsfjordene fra konsesjonsbelagt landfast industri i 2005-2008, basert på www.norskeutslipp.no (lest januar 2010.)

Kilde	År	Olje(C5-C35) kg/år	Metanol kg/år	PAH kg/år	Fenol kg/år	VCM ¹ kg/år	EDC ² kg/år
Norsk Metallretur Skien Raset	2005	20,4					
Norsk Metallretur Skien Raset	2006	23,5					
Norsk Metallretur Skien Raset	2007	1,6					
Norsk Metallretur Skien Raset	2008	5,5					
Norsk Metallretur Skien Vold	2007	0,7					
Norsk Metallretur Skien Vold	2008	6,0					
Addcon Nordic	2005						
Addcon Nordic	2006						
Addcon Nordic	2007						
Addcon Nordic	2008						
Eramet Norway AS	2005			0,30			
Eramet Norway AS	2006			0,40			
Eramet Norway AS	2007			1,00	0,50		
Eramet Norway AS	2008			1,00	1,00		
INEOS Norge AS	2005					90	
INEOS Norge AS	2006					90	
INEOS Norge AS	2007					350	
INEOS Norge AS	2008					90	
Porsgrunds Porselænsfabrik	2005						
Porsgrunds Porselænsfabrik	2006						
Porsgrunds Porselænsfabrik	2007						
Porsgrunds Porselænsfabrik	2008						
REC ScanWafer AS	2005						
REC ScanWafer AS	2006						
REC ScanWafer AS	2007						
REC ScanWafer AS	2008						
Renor AS, Brevik	2005	5		0			
Renor AS, Brevik	2006	12		0,1			
Renor AS, Brevik	2007	12		0,1			
Renor AS, Brevik	2008	10		0			
SiC Processing AS	2006						
SiC Processing AS	2007						
SiC Processing AS	2008						
SMA Magnesium AS	2005						
SMA Magnesium AS	2006						
SMA Magnesium AS	2007						
SMA Magnesium AS	2008						
Veolia	2005						
Veolia	2006						
Veolia	2007						
Veolia	2008	6					
Yara Norge AS	2005		1870				
Yara Norge AS	2006		560				
Yara Norge AS	2007		470				
Yara Norge AS	2008		1340				

¹VCM: Vinylkloridmonomer; ²EDC: 1,2 dikloreten

Tabell C-4. fortsetter

Kilde	År	Olje(C5-C35) kg/år	Metanol kg/år	PAH kg/år	Fenol kg/år	VCM ¹ kg/år	EDC ² kg/år
INEOS Bamble AS	2005						
INEOS Bamble AS	2006						
INEOS Bamble AS	2007						
INEOS Bamble AS	2008						
INEOS Norge AS	2005						70
INEOS Norge AS	2006						0
INEOS Norge AS	2007						0
INEOS Norge AS	2008						0
INEOS-Noretyl AS	2005	150	260		8,1		
INEOS-Noretyl AS	2006	140	600		6,2		
INEOS-Noretyl AS	2007		1050		10,5		
INEOS-Noretyl AS	2008		10		9,2		
Totalt	2005	175	2130	0	8	90	70
Totalt	2006	176	1160	1	6	90	0
Totalt	2007	14	1520	1	11	350	0
Totalt	2008	28	1350	1	10	90	0

¹VCM: Vinylkloridmonomer; ² EDC: 1,2 dikloretan

Tabell C-5. Mengder utslipp av ulike organiske forbindelser til grenlandsfjordene fra konsesjonsbelagt landfast industri i 2005-2008, basert på www.norskeutslipp.no (lest januar 2010).

Kilde	År	CH-Cl ¹ kg/år	Aox ² kg/år	PCB ₇ kg/år	Dioksiner TEQ(g/år)	TBBFA ³ mg/år
Norsk Metallretur Skien Raset	2005			0,002		
Norsk Metallretur Skien Raset	2006			0		
Norsk Metallretur Skien Raset	2007			0,0002		0,27
Norsk Metallretur Skien Raset	2008			0,001		8,95
Norsk Metallretur Skien Vold	2007					
Norsk Metallretur Skien Vold	2008					
Addcon Nordic	2005					
Addcon Nordic	2006					
Addcon Nordic	2007					
Addcon Nordic	2008					
Eramet Norway AS	2005					
Eramet Norway AS	2006					
Eramet Norway AS	2007					
Eramet Norway AS	2008					
INEOS Norge AS	2005					
INEOS Norge AS	2006					
INEOS Norge AS	2007					
INEOS Norge AS	2008					

¹ CH-Cl: Klororg. Forb. ² AOX: Absorb. Klororg. Forb. ³ TBBFA: tetrabrombisfenol-A

Tabell C-5 fortsetter

Kilde	År	CH-Cl ¹ kg/år	Aox ² kg/år	PCB ₇ kg/år	Dioksiner TEQ(g/år)	TBBFA ³ mg/år
Porsgrunds Porselænsfabrik	2005					
Porsgrunds Porselænsfabrik	2006					
Porsgrunds Porselænsfabrik	2007					
Porsgrunds Porselænsfabrik	2008					
REC ScanWafer AS	2005					
REC ScanWafer AS	2006					
REC ScanWafer AS	2007					
REC ScanWafer AS	2008					
Renor AS, Brevik	2005		0,00	0,30	0	
Renor AS, Brevik	2006		0,10	0,00	0	
Renor AS, Brevik	2007		0,10	0,50	0,0001	
Renor AS, Brevik	2008		0,00	0,00	0,0001	
SiC Processing AS	2006					
SiC Processing AS	2007					
SiC Processing AS	2008					
SMA Magnesium AS	2005					
SMA Magnesium AS	2006					
SMA Magnesium AS	2007					
SMA Magnesium AS	2008					
Veolia	2005					
Veolia	2006					
Veolia	2007					
Veolia	2008					
Yara Norge AS	2005					
Yara Norge AS	2006					
Yara Norge AS	2007					
Yara Norge AS	2008					
INEOS Bamble AS	2005					
INEOS Bamble AS	2006					
INEOS Bamble AS	2007					
INEOS Bamble AS	2008					
INEOS Norge AS	2005	13,24			0,08	
INEOS Norge AS	2006	0,39			0,11	
INEOS Norge AS	2007	0			0,05	
INEOS Norge AS	2008	0			0,03	
INEOS-Noretyl AS	2005					
INEOS-Noretyl AS	2006					
INEOS-Noretyl AS	2007					
INEOS-Noretyl AS	2008					
Totalt	2005	13	0,000	0,302	0,080	0,000
Totalt	2006	0	0,100	0,000	0,110	0,000
Totalt	2007	0	0,100	0,500	0,050	0,267
Totalt	2008	0	0,000	0,001	0,030	8,950

¹ CH-Cl: Klororg. Forb. ² AOX: Absorb. Klororg. Forb. ³ TBBFA: tetrabrombisfenol-A

D-1 Tilførselsberegninger av Tot-P, Tot-N, samt kjemisk (KOF) og biologisk (BOF) O₂ forbruk fra ulike renseanlegg i perioden 2006-2008. De første 3 årsberegningene fra hvert renseanlegg baserer seg på beregninger iht likning 2.4.1, de 3 siste iht likning 2.4.2. Tall med uthevet skrift er ikke målt men beregnet på basis av konsentrasjoner angitt i Tabell 2.3.2

Renseanlegg	Vann behandlet m ³	Vann ubehandlet m ³	Tot-P tonn/år	Tot-N tonn/år	KOF tonn/år	BOF ₅ tonn/år
Elstrøm						
2006	2312087	207223	1,223	65,4	249,3	73,6
2007	2290972	132999	0,841	65,0	234,6	66,0
2008	2402857	211508	1,075	65,2	223,5	62,7
2006	2312087	207223	1,445	68,0	275,0	87,8
2007	2290972	132999	0,965	67,0	253,8	73,2
2008	2402857	211508	1,214	69,5	245,8	62,4
Knardalstrand						
2006	2442407	459899	1,731	72,7	327,0	105,6
2007	7951238	1950080	3,962	202,1	883,8	216,2
2008	11369621	5011267	9,490	401,4	1653,2	361,6
2006	2442407	459899	1,672	54,8	282,4	81,2
2007	7951238	1950080	4,928	233,1	1044,0	285,7
2008	11369621	5011267	11,065	405,6	1890,7	400,0
Herre						
2006	431994	190	0,107	8,7	15,5	5,4
2007	374397	3536	0,132	7,6	23,3	4,9
2008	491480	8279	0,123	10,1	12,6	6,6
2006	431994	190	0,108	8,7	16,8	5,4
2007	374397	3536	0,129	7,6	21,2	4,9
2008	491480	8279	0,117	10,1	12,6	6,6
Heistad						
2006	2188535	0	0,496	39,6	112,4	31,5
2007	2047761	0	0,284	42,6	137,8	29,1
2008	2127664	0	0,200	35,7	122,1	16,2
2006	2188535	0	0,653	38,6	128,0	38,8
2007	2047761	0	0,303	48,8	152,7	28,9
2008	2127664	0	0,199	36,5	125,8	16,1
Rakkestad						
2006	132381	7815	0,053	2,9	9,9	2,2
2007	96767	3731	0,021	2,0	5,4	1,4
2008	140368	5275	0,039	3,0	4,5	2,1
2006	132381	7815	0,069	2,9	10,5	2,2
2007	96767	3731	0,033	2,0	6,3	1,4
2008	140368	5275	0,041	3,0	4,6	2,1

D-1 fortsetter.

Renseanlegg	Vann behandlet m ³	Vann ubehandlet m ³	Tot-P tonn/år	Tot-N tonn/år	KOF tonn/år	BOF ₅ tonn/år
Langangen						
2006	104963	0	0,016	2,1	4,3	1,3
2007	112443	0	0,007	2,3	3,6	1,4
2008	92769	0	0,009	1,9	4,1	1,2
2006	104963	0	0,018	2,1	4,5	1,3
2007	112443	0	0,007	2,3	3,6	1,4
2008	92769	0	0,009	1,9	4,2	1,2
Salen						
2006	2263293	0	0,436	40,5	127,8	29,0
2007	2014688	0	0,400	45,8	126,4	21,2
2008	1808551	0	0,421	33,6	92,0	21,6
2006	2263293	0	0,374	44,0	155,8	22,5
2007	2014688	0	0,557	37,2	116,7	27,7
2008	1808551	0	0,259	24,5	59,5	17,2
Totalt						
2006	9875660	675127	4,1	232	846	249
2007	14888266	2090346	5,6	367	1415	340
2008	18433310	5236329	11,4	551	2112	472
2006	9875660	675127	4,3	219	873	239
2007	14888266	2090346	6,9	398	1598	423
2008	18433310	5236329	12,9	551	2343	506

D-2 Tilførselsberegninger av tungmetaller fra ulike renseanlegg i perioden 2006-2008. De første 3 årsberegningene fra hvert renseanlegg baserer seg på beregninger iht likning 2.4.1, de 3 siste iht likning 2.4.2. For Cd og Hg gir transportberegningene etter likning 2.4.1 for Knardalstrand mangelfull informasjon fordi mange målinger < deteksjonsgrensen, spesielt på rensert vann (ut). Deteksjonsgrense for Cd er 0,1 µg/L, for Hg er 0,01 µg/L. Tall med uthevet skrift er ikke målt men beregnet på basis av konsentrasjoner angitt i Tabell 2.3.3.

Renseanlegg	As kg/år	Pb kg/år	Cd kg/år	Cu kg/år	Zn kg/år	Ct-tot kg/år	Ni kg/år	Hg kg/år
Elstrøm								
2006	2,23	2,84	0,34	21,29	97,67	6,08	11,35	0,074
2007	1,80	1,41	0,20	10,42	52,03	5,43	19,72	0,018
2008	2,21	1,39	0,25	16,77	68,54	6,40	15,71	0,166
2006	1,43	2,32	0,28	17,55	80,04	5,14	9,26	0,056
2007	2,06	2,01	0,25	17,44	72,89	6,84	26,25	0,028
2008	2,37	1,94	0,45	20,20	81,46	7,69	17,34	0,147
Knardalstrand								
2006	5,67	17,92		95,98	328,99	8,82	103,26	0,17
2007	4,77	8,23		58,61	222,28	35,58	99,86	
2008	17,22	11,15		150,17	591,68	70,81	156,05	
2006	2,39	7,45	0,33	39,53	155,67	7,32	39,16	0,07
2007	9,23	12,52	1,11	96,01	348,41	47,24	114,68	0,32
2008	19,10	15,80	1,10	178,81	675,53	61,41	157,44	1,32
Herre								
2006	0,40	0,23	0,04	1,98	11,29	1,23	3,73	0,01
2007	0,35	0,21	0,04	1,84	10,07	1,08	3,27	0,01
2008	0,47	0,28	0,05	2,54	13,52	1,44	4,32	0,02
2006	0,40	0,23	0,04	1,98	11,29	1,23	3,73	0,01
2007	0,35	0,21	0,04	1,84	10,07	1,08	3,27	0,01
2008	0,47	0,28	0,05	2,54	13,52	1,44	4,32	0,02
Heistad								
2006	2,02	1,18	0,21	10,02	57,12	6,21	18,90	0,42
2007	1,89	1,11	0,20	9,38	53,44	5,81	17,68	0,39
2008	1,96	1,15	0,20	9,74	55,53	6,04	18,37	0,41
2006	2,02	1,18	0,21	10,02	57,12	6,21	18,90	0,42
2007	1,89	1,11	0,20	9,38	53,44	5,81	17,68	0,39
2008	1,96	1,15	0,20	9,74	55,53	6,04	18,37	0,41
Rakkestad								
2006	0,13	0,09	0,01	0,88	4,11	1,19	1,22	0,03
2007	0,09	0,06	0,01	0,57	2,84	0,87	0,87	0,02
2008	0,14	0,09	0,01	0,83	4,11	1,26	1,26	0,03
2006	0,13	0,09	0,01	0,88	4,11	1,19	1,22	0,03
2007	0,09	0,06	0,01	0,57	2,84	0,87	0,87	0,02
2008	0,14	0,09	0,01	0,83	4,11	1,26	1,26	0,03

D-2 , fortsetter

Renseanlegg	As kg/år	Pb kg/år	Cd kg/år	Cu kg/år	Zn kg/år	Ct-tot kg/år	Ni kg/år	Hg kg/år
Langangen								
2006	0,10	0,06	0,01	0,48	2,74	0,30	0,91	0,00
2007	0,10	0,06	0,01	0,51	2,93	0,32	0,97	0,00
2008	0,09	0,05	0,01	0,42	2,42	0,26	0,80	0,00
2006	0,10	0,06	0,01	0,48	2,74	0,30	0,91	0,00
2007	0,10	0,06	0,01	0,51	2,93	0,32	0,97	0,00
2008	0,09	0,05	0,01	0,42	2,42	0,26	0,80	0,00
Salen								
2006	2,09	1,22	0,22	10,36	59,07	6,42	19,55	0,07
2007	1,86	1,09	0,19	9,23	52,58	5,71	17,40	0,07
2008	1,67	0,98	0,17	8,28	47,20	5,13	15,62	0,06
2006	2,09	1,22	0,22	10,36	59,07	6,42	19,55	0,07
2007	1,86	1,09	0,19	9,23	52,58	5,71	17,40	0,07
2008	1,67	0,98	0,17	8,28	47,20	5,13	15,62	0,06
Totalt								
2006	12,6	23,5	0,83	141	561	30,2	159	0,78
2007	10,9	12,2	0,65	90,6	396	54,8	160	0,51
2008	23,8	15,1	0,70	189	783	91,3	212	0,68
2006	8,6	12,6	1,10	80,8	370	27,8	92,7	0,66
2007	15,6	17,1	1,81	135	543	67,9	181	0,84
2008	25,8	20,3	2,00	221	880	83,2	215	1,98

D-3 Tilførselsberegninger av ulike organiske miljøgifter i perioden 2006-2008. Pga svært begrenset data mengde (kun noe data fra Knardalstrand) har vi kun benyttet likning 2.4.2 til transportberegninger av disse stoffene. Tall med uthevet skrift er ikke målt men beregnet på basis av konsentrasjoner angitt i Tabell 2.3.2.

Renseanlegg	Vann behandlet m ³	Vann ubehandlet m ³	PAH ₁₈ kg/år	PCB ₇ kg/år	Isononylfenol kg/år	DEHP kg/år	TEQ mg/år
Elstrøm							
2006	2312087	207223	0,092	0,009	1,646	7,572	2,381
2007	2290972	132999	0,077	0,008	1,541	6,608	2,291
2008	2402857	211508	0,095	0,009	1,706	7,822	2,471
Knardalstrand							
2006	2442407	459899	0,145	0,010	2,039	10,980	2,743
2007	7951238	1950080	0,563	0,035	7,202	41,345	9,357
2008	11369621	5011267	1,247	0,058	13,065	86,610	15,480
Herre							
2006	431994	190	0,010	0,002	0,260	0,938	0,890
2007	374397	3536	0,009	0,001	0,229	0,855	0,779
2008	491480	8279	0,012	0,002	0,305	1,167	1,030
Heistad							
2006	2188535	0	0,048	0,008	1,314	4,742	4,508
2007	2047761	0	0,045	0,007	1,230	4,437	4,218
2008	2127664	0	0,047	0,007	1,278	4,610	4,383
Rakkestad							
2006	132381	7815	0,004	0,000	0,089	0,383	0,289
2007	96767	3731	0,003	0,000	0,063	0,256	0,207
2008	140368	5275	0,004	0,001	0,091	0,369	0,300
Langangen							
2006	104963	0	0,002	0,000	0,063	0,227	0,216
2007	112443	0	0,002	0,000	0,068	0,244	0,232
2008	92769	0	0,002	0,000	0,056	0,201	0,191
Salen							
2006	2263293	0	0,050	0,008	1,359	4,904	4,662
2007	2014688	0	0,044	0,007	1,210	4,365	4,150
2008	1808551	0	0,040	0,006	1,086	3,918	3,726
Totalt							
2006	9875660	675127	0,35	0,037	6,8	29,7	15,7
2007	14888266	2090346	0,74	0,060	11,5	58,1	21,2
2008	18433310	5236329	1,45	0,083	17,6	104,7	27,6

HiT skrift / HiT Publication

Espen Lydersen, Anne Trasti og Jostein Sageie: Tilførsler av næringsstoffer, metaller og andre miljøgifter til grenlandsfjordene 2008. 74 s. (HiT-skrift 3/2010)

Per Mangset og Espen S. Matheussen (red.): Kulturrikets tilstand 2009. 93 s. (HiT-skrift 2/2010)

Ragnar Prestholdt: Fotomotivundersøkelsen i Vrådal og Tinn 2008. 48 s., 1 cd (HiT-skrift 1/2010)

Kirsten Palm og Hein Lindquist: Læring i en flerspråklig skole. Tospråklig opplæring på barnetrinnet – et eksempel på en organiseringsmodell. 60 s. (HiT-skrift 3/2009)

Jan Heggenes, Jostein Sageie og Jostein Kristiansen: Rehabilitering av elvehabitat i Tokkeåi, Dalen i Telemark: Tilstand og tiltak. 85 s. (HiT-skrift 2/2009)

Sigrun Hvalvik: "Skal vi dele en historie"? Personlige erfaringer som inntak til forståelse i eldreomsorgen. 20 s. (HiT-skrift 1/2009)

Inger M. Oellingrath, Martin V. Svendsen, Michael Reinboth: Kostholds- og måltidsmønster, fysisk aktivitet og vektutvikling hos barn i grunnskolen i Telemark, del 1, 4. klassetrinn. 26 s. (HiT-skrift 4/2008)

Anne Svånaug Haugan, Niels Kayser Nielsen og Peter Stadius (red.): Musikk og nasjonalisme i Norden. 162 s. (HiT-skrift 3/2008)

Niklas Kreander, Vivien Beattie & Ken McPhail: Charity ethical investment: Policy practice and disclosure. 49 s. (HiT Publication 2/2008)

Ragnar Prestholdt: Fotomotivundersøkelsen på Geilo, Hovden og i Rauland 2007. 54 s., 1 cd (HiT-skrift 1/2008)

Anne Aasmundsen, Per Isaksen og Ragnar Prestholdt: Reiselivsundersøking i Setesdal 2006. 47 s., vedlegg. (HiT-skrift 1/2007)

Jan Heggenes og Jostein Sageie: Rehabilitering av Måna, Tinn i Telemark: Tilstand og tiltak. 73 s. (HiT-skrift 6/2006)

Nils Per Hovland: Bygg nettverk – stå på! En studie av entreprenørielle prosesser i Buskerud, Telemark og Vestfold. 45 s. (HiT-skrift 5/2006)

Sigrun Hvalvik og Ellinor Young: "Et sted hvor hun kan finne seg til rette og bo...". Om ugifte mødre og fødehjem i Telemark i perioden 1916-1965. 36 s. (HiT-skrift 4/2006)

Halvor Kleppen: Etikette i golf. 71 s. (HiT-skrift 3/2006)

Arne Hjeltnes: Kartlegging av habitater til hjort i deler av 4 kommuner i Telemark. Utprøving av objektbasert klassifikasjon på Landsat 5 satellittdata. 35 s., 1 kart. (HiT-skrift 2/2006)

Arne Hjeltnes: Høyoppløselige bilder som grunnlag for overvåking av endringer i fjellvegetasjon. Skisse til nytt registreringssystem. 47 s. (HiT-skrift 1/2006)

Ole Martin Høystad: Tempo og paradoks i MENTALITETSHISTORISKE ENDRINGAR. Undset-Elias-Foucault. 40 s. (HiT-skrift 7/2005)

- Ole Martin Høystad:** Hjertet i hjernen. Det biologiske grunnlaget for kjenslene. 49 s. (HiT-skrift 6/2005)
- Else Marie Halvorsen:** Forskning gjennom skapende arbeid? 61 s. (HiT-skrift 5/2005)
- Synne Kleiven:** Overvåking av Prestevju rensesepark. Sluttrapport 2002-2004. 15 s., vedlegg. (HiT-skrift 4/2005)
- Anne Aasmundsen, Per Isaksen og Ragnar Prestholdt:** Reiselivsundersøking i Setesdal 2004. 48 s. (HiT-skrift 3/2005)
- Bjørn Egeland, Norvald Fimreite and Olav Rosef:** Liver element profiles of red deer with special reference to copper, and biological implications. 32 s. (HiT Publication 2/2005)
- Arne Lande, Kjell Lande og Torstein Lauvdal (2005):** Fiskeundersøking i 4 kalka vatn på Gråhei, Bygland kommune, Aust-Agder. 22 s. (HiT-skrift 1/2005)
- Oddvar Hollup (2004):** Educational policies, reforms and the role of teachers unions in Mauritius. 37 s. (HiT Publication 8/2004)
- Bjørn Kristoffersen (2004):** Introduksjon til databaseprogrammering med Java. 33 s. (HiT-skrift7/2004)
- Inger M. Oellingrath (2004):** Kosthold, kroppslig selvbilde og spiseproblemer blant ungdom i Porsgrunn. 45 s. (HiT-skrift 6/2004)
- Svein Roald Moen (2004):** Knud Lyne Rahbeks Dansk Læsebog og Exempelsamling til de forandrede lærde Skolers Brug. 491 s. (HiT-skrift 5/2004)
- Tangen, Jan Ove, red. (2004)** Kyststien – tre perspektiver. 27 s. (HiT-skrift 3/2004)
- Jan Ove Tangen (2004):** Idrettsanlegg og anleggsbrukere-tause forventninger og taus kunnskap. 59 s. (HiT-skrift 2/2004)
- Greta Hekneby (2004):** Fonologisk bevissthet og lesing. 43 s. (HiT-skrift 1/2004)
- Ingunn Fjørtoft og Tone Reiten (2003):** Barn og unges relasjoner til natur og friluftsliv. 83 s. (HiT-skrift 10/2003)
- Else Marie Halvorsen (2003):** Teachers' understanding of culture and of transference of culture. 40 s. (HiT-skrift 9/2003)
- P.G. Rathnasiri and Magnar Ottøy (2003):** Oxygen transfer and transport resistance across Silicone tubular membranes. 31 s. (HiT Publication 8/2003)
- Else Marie Halvorsen (2003):** Den estetiske dimensjonen og kunstfeltet - ulike tilnærminger. 17 s. (HiT-skrift 7/2003)
- Else Marie Halvorsen (2003):** Estetisk erfaring. En fenomenologisk tilnærming i Roman Ingardens perspektiv. 12 s. (HiT-skrift 6/2003)
- Steinar Kjosavik (2003):** Fra forming til kunst og håndverk, fagutvikling og skolepolitikk 1974-1997. 48 s. (HiT-skrift 5/2003)
- Olav Solberg, Herleik Baklid, Peter Fjågesund, red. (2003):** Tekst og tradisjon. M. B. Landstad 1802-2002. 106 s. (HiT-skrift 4/2003)

Ella Melbye (2003): Hovedfagsoppgaver i forming Notodden 1976-1999. Faglig innhold sett i lys av det å forme. 129 s. 1 CD-rom. (HiT-skrift 3/2003)

Olav Rosef m.fl. (2003): Escherichia coli-bakterien som alle har –men som noen blir syke av – en oversikt. 22 s. (HiT-skrift 2/2003)

Olav Rosef m.fl. (2003) Forekomsten av *E.coli* O157 ("hamburgerbakterien") hos storfe i Telemark og i kjøttdeig fra Trøndelag (2003) 25 s. (HiT-skrift 1/2003)

Roy Istad (2002): Oppretting av polygon. 24 s. (HiT-skrift 3/2002)

Ella Melbye, red. (2002): Hovedfagsstudium i forming 25 år. 81 s. (HiT-skrift 2/2002)

Olav Rosef m.fl.(2001): Hjorten (*Cervus elaphus atlanticus*) i Telemark. 29 s. (HiT-skrift 1/2001)

Else Marie Halvorsen (2000): Kulturforståelse hos lærere i Telemark anno 2000. 51 s. (HiT-skrift 4/2000)

Norvald Fimreite, Bjarne Nenseter and Bjørn Steen (2000) : Cadmium concentrations in limed and partly reacidified lakes in Telemark, Norway. 16 s. (HiT-skrift 3/2000)

Tåle Bjørnvold (2000): Minimering av omstillingstider ved produksjon av høvellast. 65 s. (HiT-skrift 2/2000)

Sunil R. de Silva, ed. (2000): International Symposium. Reliable Flow of Particulate Solids III Proceedings. 11- 13. August 1999, Porsgrunn, Norway. Vol. 1-2 (HiT-skrift 1/2000)

HiT notat / HiT Working Paper

Heidi Haukelien (2008) I velferdsstatens randsone. Evaluering av Boteam, Porsgrunn. 75 s. (HiT-notat 3/2008)

Olav Tangvald-Pedersen , red. (2008) "Å komme seg". Pasientformulert rehabilitering. 50 s. (HiT-notat 2/2008)

Jan Heggenes (2008) Tinfos I – kanalisering av undervannet, fiskebiologiske vurderinger. 14 s. (HiT-notat 1/2008)

Olav Dalland og Kjersti Røsvik (2007) Fra intensjon til realitet og tilbake til intensjonen igjen. Evaluering av fleksibelt bachelorstudium i sykepleie. 77 s. (HiT-notat 3/2007)

Per Gunnar Disch m.fl. (2007) Feltarbeid på nett. En oppsummering av erfaringer fra feltarbeid på fleksibel sykepleierutdanning kull 2002. 11 s. (HiT-notat 2/2007)

Per Gunnar Disch og Anne K. Malme, red. (2007) Selvevaluering av fleksibelt bachelorstudium i sykepleie. Fra intensjon til realitet. 77 s. (HiT-notat 1/2007)

Sidsel Beate Kløverød (2004) Tap av verdighet i møte med offentlig forvaltning. 135 s. (HiT-notat 2/2004)

Roy M. Istad (2004): Tettere studentoppfølging? Undervegsrapport fra et HiT-internt prosjekt. 15 s.(HiT-notat 1/2004)

Eli Thorbergesen m.fl. (2003): "Kunnskapens tre har røtter..." Praksisfortellinger fra barnehagen. En FOU-rapport. 42 s. (HiT-notat 5/2003)

Per Arne Åsheim , ed. (2003) : Science didactic. Challenges in a period of time with focus on learning processes and new technology. 54 s. (HiT Working Paper 4/2003)

Roald Kommedal and Rune Bakke (2003): Modeling Pseudomonas aeruginosa biofilm detachment. 29 s. (HiT Working Paper 3/2003)

Elisabeth Aase (2003): Ledelse i undervisningssykehjem. 27 s., vedlegg. (HiT-notat 2/2003)

Jan Heggenes og Knut H. Røed (2003): Genetisk undersøkelse av stamfisk av ørret fra Måna, Tinnsjø. 10 s. (HiT-notat 1/2003)

Erik Halvorsen, red. (2002): Bruk av Hypermedia og Web-basert informasjon i naturfagundervisningen. Presentasjon og kritisk analyse. 69 s. (HiT-notat 2/2002)

Harald Klempe (2002): Overvåking av grunnvannsforurensning fra Revdalen kommunale avfallsfylling, Bø i Telemark. Årsrapport 2000. 24 s. (HiT-notat 1/2002)

Jan Ove Tangen (2001): Kompetanse og kompetansebehov i norske golfklubber. 12 s. (HiT-notat 6/2001)

Øyvind Risa (2001): Evaluering av Musikk 1. 5 vektall. Desember 2000. Høgskolen i Telemark, Allmennlærerutdanninga på Notodden. 39 s. (HiT-notat 5/2001)

Harald Klempe (2001): Overvåking av grunnvannsforurensning fra Revdalen kommunale avfallsfylling, Bø i Telemark. Årsrapport 1999. 22 s. (HiT-notat 4/2001)

Harald Klempe (2001): Overvåking av grunnvannsforurensning fra Revdalen kommunale avfallsfylling, Bø i Telemark. Årsrapport 1998. 22 s. (HiT-notat 3/2001)

Sigrun Hvalvik (2001): Tolking av historisk tekst – et hermeneutisk perspektiv. Et vitenskapsteoretisk essay. 28 s. (HiT-notat 2/2001)

Sigrun Hvalvik (2001): Georg Henrik von Wright. Explanation of the human action : an analysis of von Wright's assumptions from the perspective of theory development in nursing history. 27 s. (HiT-notat 1/2001)

Arne Lande og Ralph Stålberg, red. (2000): Bruken av Hardangervidda – ressurser, potensiale, konflikter. Bø i Telemark 8.-9. april 1999. Seminarrapport. 57 s. (HiT-notat 3/2000)

Nils Per Hovland (2000): Studentar i oppdrag: ein rapport som oppsummerer utført arbeid og røynsler frå prosjektet "Nyskaping som samarbeidsprosess mellom SMB og HiT", 1998-2000. 24 s. (HiT-notat 2/2000)

Jan Heggenes (2000): Undersøkelser av gyteplasser til ørret i Tinnelvas utløp fra Tinnsjø (Tinnoset), Notodden i Telemark, 1998. 7 s. (HiT-notat 1/2000)

HiT-skrift og HiT-notat kan bestilles fra Høgskolen i Telemark, kopisenteret i Bø:
e-post: kopi-bo@hit.no, tlf. +47 35952834

HiT Publications and HiT Working Papers can be ordered from the Copy Centre,
Telemark University College, Bø Campus:
email: kopi-bo@hit.no, tel.: +47 35952834

De fleste HiT-skrift og HiT-notat finnes elektronisk i TEORA -Telemark Open Research Archive
<http://teora.hit.no/dspace/>

You will find most of the HiT Publications and HiT Working Papers in full-text in TEORA -
Telemark Open Research Archive <http://teora.hit.no/dspace/>