



O-93105

Vurdering av miljøeffekter
ved endring av utslippsdyp
for prosessvann ved

**Falconbridge
Nikkelverk A/S**

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-93105	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
2916	

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen	Akvaplan-NIVA A/S
Postboks 69, Korsvoll	Televeien 1	Rute 866	Thormøhlensgt 55	Søndre Tollbugate 3
0808 Oslo 8	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5008 Bergen	9000 Tromsø
Telefon (47) 22 18 51 00	Telefon (47) 37 04 30 33	Telefon (47) 62 57 64 00	Telefon (47 5) 32 56 40	Telefon (47 83) 85 280
Telefax (47) 22 18 52 00	Telefax (47) 37 04 45 13	Telefax (47) 62 57 66 53	Telefax (47 5) 32 88 33	Telefax (47 83) 80 509

Rapportens tittel: Vurdering av miljøeffekter ved endring av utslippsdyp for prosessvann ved Falconbridge Nikkelverk A/S.	Dato:	Trykket:
	30/6-93	NIVA 1993
Forfatter(e): Tone Jacobsen	Faggruppe:	Geografisk område:
	Industriforurensninger	Vest-Agder
	Antall sider:	Opplag:
	13	50

Oppdragsgiver: Falconbridge Nikkelverk A/S, Kristiansand	Oppdragsg. ref. (evt. NTFN-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt:

Effektene av å senke utslippsdypet til fem ulike avløpsledninger for prosessvann/kjølevann fra Falconbridge Nikkelverk A/S er vurdert. Senking av utslippsdypet vil sannsynligvis gi lavere miljøgiftkonsentrasjoner i overflatevannet og dermed bidra til bedre levevilkår for organismer på grunt vann. Det er idag overkonsentrasjoner av bl.a. kobber, nikkel og dioksiner i organismer som fisk, krabber og tang, samt i bunnsedimentene. Det ventes ikke større endringer i forholdene på dypt vann. Ett samlet utslipp på 30 m dyp og bruk av diffusor på avløpsledningen anbefales for å sikre best innlagring og fortynning.

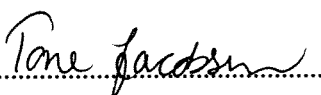
4 emneord, norske

1. Kristiansandsfjorden
2. Miljøgifter
3. Dyputslipp
4. Miljøeffekter

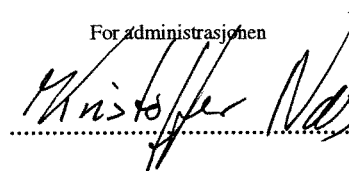
4 emneord, engelske

1. Kristiansandsfjorden
2. Pollutants
3. Dep water discharge
4. Environmental effects

Prosjektleder



For administrasjonen



ISBN 82-577-2332-0

NIVA Sørlandsavdelingen

O-93105

Vurdering av miljøeffekter ved endring av utslippsdyp for prosessvann ved Falconbridge Nikkelverk A/S.

Grimstad 30/6/93

Prosjektleder: Tone Jacobsen

Medarbeidere: Jarle Molvær

Jon Knutzen

Kristoffer Næs

INNHold

1. BAKGRUNN.....	4
1.2. Utslipp fra Falconbridge Nikkelverk A/S.	4
1.3. Effekter av miljøgifter på marine organismer.....	7
Kobber og nikkel.....	7
Klororganiske miljøgifter	7
1.4. Miljøforholdene i Vesterhavn.....	8
Organismer i gruntvannsområdene.....	8
Bløtbunnsorganismer	9
Miljøgifter i sedimenter og organismer.....	9
2. EFFEKTER VED DYKKING AV UTSLIPPSLEDNINGENE.....	9
2.1. Grunnlag for vurderingene.....	9
2.2. Alternativ A. Felles utslipp på Nordodden.....	10
2.3. Alternativ B. Fem separate utslipp med utslippsdyp på 10-20 meter.	11
3. KONKLUSJONER	11
4. REFERANSER.....	13
5. APPENDIKS	14

FORORD

Falconbridge Nikkelverk A/S er pålagt av SFT å vurdere miljøeffektene av å senke utslippene for prosessvann fra overflatesjiktet til 10 eventuelt 20 - 30 m dyp.

I det foreliggende arbeidet er det vurdert hvilke effekter man kan vente på grunnavvanns- og dyppområdene ved flytting av utslippsdypet. Vurderingene er basert på kunnskaper om miljøforholdene fra tidligere undersøkelser i Vesterhavn og rapport om alternative utslippsteder fra Østlandskonsult A/S (Berg-Christiansen 1992). Arbeidet fra Østlandskonsult omfatter bl.a. dimensjonering av ledninger, forslag til utslippsdyp og beregning innlagringsdyp og fortynning.

1. BAKGRUNN

1.2. Utslipp fra Falconbridge Nikkelverk A/S.

Blant utslippene fra Falconbridge Nikkelverk A/S i Kristiansand er det 5 utslipp av kjølevann/prosessvann til overflatesjiktet i Vesterhavn (Figur 1). Utslippsvannet har temperaturer på 17 - 33°C og inneholder bl.a. kobber (Cu), nikkel (Ni) og klororganiske miljøgifter. Metallene i avløpsvannet angis å være i løst form, og er potensielt biotilgjengelige.

De samla metallutslippene fra bedriften i 1992 omfattet ca. 2,5 tonn av både kobber og nikkel pr. år, og 65 kg kobolt pr. år. Mengdene tilsvarer et årsmiddel på ca. 118 µg/l for kobber og nikkel og ca. 3 µg/l for kobolt. Det var tildels store forskjeller i metallkonsentrasjonen mellom de fem utslippene. Kobberkonsentrasjonen varierte fra 20 µg/l i utslipp fra 'KL-anlegg' og 'Elektrolyttrens' (utslipp 4 og 5) til 810 µg/l i utslipp fra 'Bryggebakken' (utslipp 2). Nikkel konsentrasjonen varierte fra 20 µg/l (Utslipp1, 'Syrekaia') til 630 µg/l (Utslipp 2, 'Bryggebakken'). Fordeling av utslippsmengder på de fem utslippsstedene er vist i Tabell 1. For 1993 er det antatt at de samla utslippene blir i størrelsesorden 50 - 80 µg/l for kobber og 100 - 150 µg/l for nikkel.

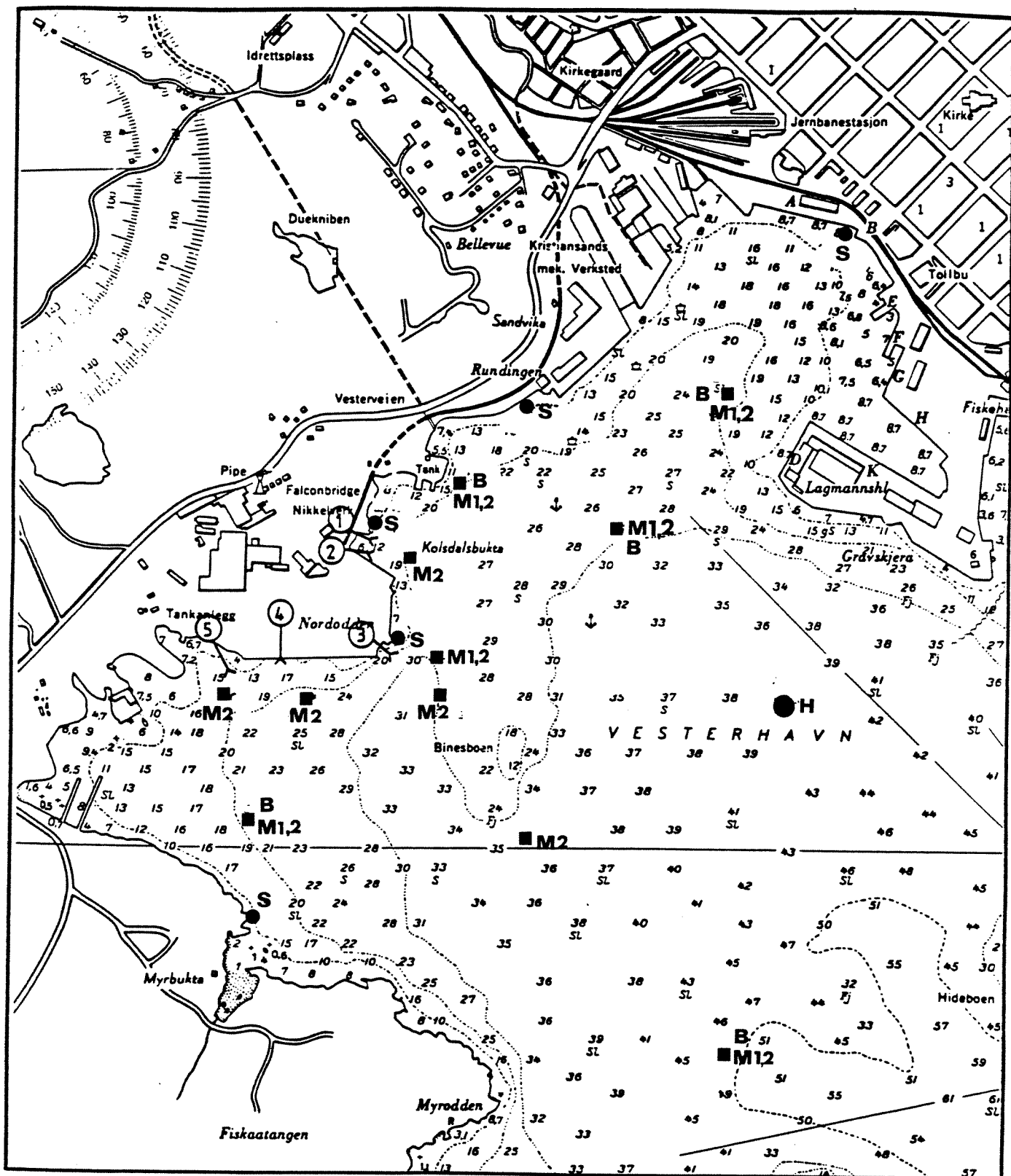
Utslippene av organiske miljøgifter omfatter både persistente klor-, og bromorganiske forbindelser. Samlebetegnelsen EPOCl (ekstraherbart persistent organisk bundet klor) og EPOBr (ekstraherbart persistent organisk bundet brom) omfatter klororganiske og bromorganiske forbindelser med egenskaper som lav nedbrytbarhet og markert tendens til akkumulering i organismer. I 1990 var utslippene av EPOCl fra Falconbridge Nikkelverk A/S ca. 0,3 kg/døgn mens utslippene av EPOBr var ca 3,5 kg/døgn i første halvår og ca. 0,4 kg/døgn annet halvår. Tidligere utgjorde heksaklorbenzen (HCB) hovedkomponenten av de klororganiske miljøgiftene i utslippene (Knutzen et al. 1991). Utslippstall for 1992 er ikke oppgitt.

Utslippene av metaller og organiske miljøgifter fra bedriften er flere ganger blitt redusert. I 1982 og årsskiftet 1984/1985 var det tildels store reduksjoner av de fleste metall-utslippene, men også i de senere årene har det vært reduksjoner (Tabell 2 og 3). Dagens kobber- og nikkelkonsentrasjoner er hhv. 9 % og 2% av 1982 nivået .

Avløpsvannet fra bedriften har tildels høye metall-konsentrasjoner i forhold til kjente bakgrunnsverdier. I Skagerrak og Kattegat er bakgrunnskonsentrasjonen av kobber 0,2 - 0,5 µg/l og av nikkel 0,3 - 0,6 µg/l i overflatevannet (Knutzen og Skei 1990). For vern av marint liv anbefaler Water Research Center (UK) at den kroniske belastningen av løst kobber er under 5 µg/l og at den akutte belastningen ikke overskrider 40 µg/l (Mance et al. 1984). Grenseverdien for den kroniske belastningen av nikkel er 30 µg/l (Tabell 4). Utslippsdataene fra Falconbridge Nikkelverk i 1992 viser tildels høye overkonsentrasjoner i enkelte utslipp, med konsentrasjoner på opptil 160 x grenseverdien for kobber (= 1600 x bakgrunnsverdi) og 20 x grenseverdien for nikkel (= 1000 x bakgrunnsverdi). Overkonsentrasjonene for utslippene samlet var 24 x grenseverdien for kobber (240 x bakgrunnsverdi) og 4 x grenseverdien for nikkel (200 x bakgrunnsverdi). I 1993 blir de samla utslippene trolig noe lavere, og den antatte utslippsmengden gir konsentrasjoner på 10 - 16 x grenseverdi for kobber (100 - 160 x bakgrunnsverdi) og 3 - 5 x grenseverdi for nikkel (170 - 250 x bakgrunnsverdi) (se appendiks).

Grenseverdi for innhold av den organiske miljøgiften HCB i ferskvann er satt til 0,0065 µg/l mens for saltvann foreligger det ikke grenseverdier pga. få data (Knutzen & Skei 1990). Det er heller ikke kjent hvor store HCB-utslippene er fra bedriften ettersom utslippsmengdene er angitt som EPOCl.

Grenseverdiene for organiske miljøgifter oppgis for hver enkelt forbindelse. Ut fra dette er det vanskelig å kommentere utslippmengdene i forhold til satte grenseverdier. Innholdet av HCB i skrubbe og blåskjell var hhv. 50-100 ganger og 10-20 ganger bakgrunnsnivået i 1990 (Knutzen et al. 1991).



Figur 1. Plassering av de fem utslippene ved Falconbridge Nikkelverk og stasjoner fra utvalgte undersøkelser i den senere tid.

- = Utslippssteder. Linjen ut fra sirkelene indikerer planlagt plassering av dypvannsutslipp.
- S = Undersøkte strandsonelokaliteter i 1992/1993.
- H = Målestasjon for hydrografi ved beregning av innlagringsdyp og fortykning
- B = Bløtbunnsundersøkelse 1983.
- M1 = Undersøkelse av metaller i vannmassene og metaller og organiske miljøgifter i sedimentene i 1983.
- M2 = Undersøkelse av miljøgifter i sedimenter og organismer 1988 - 1990.

Tabell 1. Utslippsdata for 1992. Årsmidler for konsentrasjoner av løst kobber, nikkel og kobolt ($\mu\text{g/l}$) samt utslippsmengder i kg/døgn . Tallene er hentet fra Falconbridge Nikkelverk A/S.

Utslippssted	Vannføring m^3/d	Temp-eratur $^{\circ}\text{C}$	Cu		Ni		Co	
			($\mu\text{g/l}$)	(kg/døgn)	($\mu\text{g/l}$)	(kg/døgn)	($\mu\text{g/l}$)	(kg/døgn)
Utslipp nr. 1 Svovelsyrefabrikken	30 414	27 $^{\circ}\text{C}$	40	0,85	20	0,52	< 10	-
Utslipp nr. 2 Bryggebakken	5 322	23 $^{\circ}\text{C}$	810	4,67	630	3,66	140	0,62
Utslipp nr. 3 ML-anlegg	9 290	17 $^{\circ}\text{C}$	110	1,08	170	1,69	20	0,18
Utslipp nr. 4 KL-anlegg	10 347	26 $^{\circ}\text{C}$	20	0,23	90	0,96	<10	-
Utslipp nr. 5 Elektrolyttrens	2 637	33 $^{\circ}\text{C}$	20	0,05	60	0,019	<10	-
Utslippene samlet	58 017		118 $\mu\text{g/l}$	6,88 kg/døgn	118 $\mu\text{g/l}$	6,85 kg/døgn	3 $\mu\text{g/l}$	0,18 kg/døgn
Totalt, årlige utslipp				2,5 tonn	2,5 tonn			65 kg

* Antatt utslipp i 1993 er på 50 - 80 $\mu\text{g/l}$ for kobber og 100 - 150 $\mu\text{g/l}$ for nikkel.

Tabell 2. Utslipp i kg pr. døgn (årsmiddel) av arsen og metaller fra Falconbridge Nikkelverk A/S i perioden 1981-1993. Opplysninger for 1981 - 1990 er hentet fra Knutzen et al. (1991). Tall for 1992 er oppgitt fra Falconbridge Nikkelverk A/S.

	Før ca.1/7-82	Ca.1/7-82-31/12-84	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1992
Nikkel, partikler (kg/d)	200	-	-	-	-	-	-	-	-
" løst	300	210	72	56	44	29	16	13	6,85
Kobber, partikler (kg/d)	80	-	-	-	-	-	-	-	-
" løst	80	53	20	22	22	17	10	8	6,88
Kobolt, partikler (kg/d)	10	-	-	-	-	-	-	-	-
" løst	10	10	5,6	4,4	2,7	2,5	1,7	1,2	0,18
Jern, hydroksydslam (kg/d)	5000	-	-	-	-	-	-	-	-
" løst	1000	120	120	78	55	46	33	27	
Bly, totalt ¹⁾ (kg/d)	100	2	2	1,3	1,6	0,8 ²⁾	0,7	0,7	
Sink, totalt ¹⁾ (kg/d)	10-15	10-15	10-15	5,8	4,7	5,2	3,4	1,7	
Arsen ¹⁾ (kg/d)	450	2,5	2,5	5,1	2,8	2,1 ³⁾	3,5	1,5	

¹⁾ Etter 1/7-1987 vesentlig som løst

²⁾ 1. halvår 1988 (driftsforstyrrelser på laboratoriet)

³⁾ Januar - november

Tabell 3. Utslipp av EPOCl og EPOBr fra Falconbridge Nikkelverk 1986 - 1990, kg/år . Tallene gjelder for koboltraffineriet og i tillegg var det mindre mengder fra hovedkloakken. (Knutzen et al. 1991).

	1986 (kg/år)	1987 (kg/år)	1988 (kg/år)	1989 (kg/år)	1990 ($\text{kg pr første halvår}$)	1990 ($\text{kg pr. annet halvår}$)
EPOCl	400	280	100	80	50	
EPOBr	< 2500 ?	90	60	400	650	75

Tabell 4. Bakgrunnsverdier og anbefalte grenseverdier for metallinnhold (løst) i saltvann (μ g/l). Grenseverdiene er satt av Water Research Center, Storbritannia, og gjelder for vern av marine organismer (Knutzen og Skei 1990).

Stoffer	Målte verdier i Skagerrak	Grenseverdi (WRC)	
Cu	Kobber (μ g/l)	0,2 - 0,5	5
Ni	Nikkel (μ g/l)	0,3 - 0,6	30
Zn	Sink (μ g/l)	0,5 - 1,0	40
Fe	Jern (μ g/l)	2,8 -	10 000
Pb	Bly (μ g/l)	0,04 - 0,2	25

Tabell 5. Foreslåtte kvalitetskriterier for kobber og nikkel i sjøvann (Knutzen et al. in prep).

Metaller i sjøvann	TILSTANDSKLASSE				
	I	II	III	IV	V
	God	Mindre god	Nokså dårlig	Dårlig	Meget dårlig
Kobber (μ g/l)	<0,3	0,3-0,7	0,7-1,5	1,5-3	>3
Nikkel (μ g/l)	<0,5	0,5-2	2-5	5-10	>10

1.3. Effekter av miljøgifter på marine organismer

Kobber og nikkel

Både kobber og nikkel er toksiske ved større doser og relativt lett tilgjengelige for organismer. Kobber er et av de mest giftige metallene for mange marine organismer, og for enkle livsformer som mikroalger og sopp er kobber giftig selv ved svært lave konsentrasjoner (Ringdal & Julshamn 1992). Giftvirkningen er imidlertid sterkt avhengig av metallens tilstandsform og av type organisme. Veksthemming hos mikroalger har vært observert ved 5 μ g/l (Cu^{2+}), og hos de to makroalgene brunli (*Ectocarpus siliculosus*) og havpyrd (*Callithamnion hookeri*) er veksthemming vist ved kobberkonsentrasjoner mellom 10-500 μ g/l (Cu^{2+}) (Mance et al. 1984). Bløtdyr som mollusker akkumulerer kobber og kan ha kobber-konsentrasjoner som er mange tusen ganger høyere enn vannets konsentrasjon (Ringdal & Julshamn 1992). Akutt dødelighet (96 t LC50) hos blåskjell (*Mytilus edulis*) opptrer ved 280 μ g/l (Mance et al. 1984) mens det er registrert 50 % reduksjon i vekstrate ved 3-4 μ g Cu l^{-1} (Gray 1992).

For dyr og mennesker er de fleste nikkel-forbindelsene mindre giftige enn kobber. Planter, derimot, kan bli skadet ved selv lave konsentrasjoner. Enkelte nikkelforbindelser er carcinogene (kreftfremkallende) (Ringdal & Julshamn 1992).

Det er utarbeidet miljøkvalitetskriterier for innhold av miljøgifter i vann og sedimenter for norske forhold (Knutzen et al. in prep.). De foreslåtte kvalitetskriteriene for kobber og nikkel i vannmassene er vist i tabell 5.

Klororganiske miljøgifter

Høye konsentrasjoner av klororganiske forbindelser er akutt toksisk for de fleste arter. I vann er disse stoffene lite løslige, og den største faren er derfor forbundet med kronisk eksponering og bioakkumulering. Klororganiske miljøgifter tas lett opp av organismer, og hos pattedyr kan de gi kreft, forsterke effekten av andre carcinogener (kreftfremkallende stoffer) og svekke immunforsvaret. Hos fisk og andre akvatiske organismer kan de klororganiske miljøgiftene bl.a. påvirke reproduksjonsevnen, hemme vekst og svekke immunforsvaret.

Det kritiske nivået i Vesterhavn vil være dioksininnholdet i de fisk og skalldyr som konsumeres av mennesker.

1.4. Miljøforholdene i Vesterhavn

Vannmassene

For fastsittende organismer er miljøgift-konsentrasjonene på voksestedet avgjørende for vekst og overlevelse. Fortynningshastigheten av avløpsvannet avgjør hvor stort influensområdet er. I 1983 ble det foretatt målinger av metaller i vannmassene nær Falconbridge Nikkelverk som viste overkonsentrasjoner av løst nikkel på 80 ganger bakgrunnsverdi, og kobber på 5 - 10 ganger bakgrunnsverdi (Næs 1985). Høye verdier ble også observert for bly og kvikksølv. Utslippsmengdene var betydelig større enn i dag (se tabell 2).

Organismer i gruntvannsområdene

En undersøkelse av gruntvannsområdene i bl.a. Vesterhavn ble foretatt sommeren 1992. Resultatene av denne undersøkelsen viste at strandsamfunnet på Nordodden ved Falconbridge var betydelig påvirket. Algesamfunnet bestod av små eksemplarer av grønnalgen tarmgrønske (*Enteromorpha sp.*) samt grønneddott (*Acrosiphonia sp.*) og diatomeekolonier. Det ble funnet én liten blæretangplante (*Fucus vesiculosus*). Ved Myrbukta og ved KMV vest (Rundingen) var forholdene bedre med bl.a. tangvegetasjon. Tabell 6 viser antall registrerte arter på de ulike stasjonene i Vesterhavn samt en stasjon i Korsvikfjorden 1992. Korsvikfjorden er ikke spesielt påvirket.

Observasjoner gjort ved snorkling i begynnelsen av februar 1993 tyder på at det heller ikke vokser tang eller andre større alger rundt utløpet ved syrekaia (utløp 1 og 2) i Kolsdalsbukta. Det var tette lag med små blåskjell (<0,5 cm) på de fleste steiner og fjell rundt syrekaia. Det var også enkelte store eksemplarer av blåskjell, men disse var delvis overgrodd av mindre blåskjell. Enkelte blæretangplanter vokste spredt på steinene fra syrekaia og nordover.

At tilstanden i strandsonen er dårligst nær bedriften tyder på at utslippene har en avgjørende betydning for forholdene i overflatelaget. Tester av avløpsvann fra Falconbridge Nikkelverk A/S i 1984 viste at avløpsvannet dengang hadde giftvirkning på planktonalger (Molvær et al. 1986). Utslippene er redusert betydelig siden da, men det kan ikke utelukkes at vannet fremdeles har giftvirkning. I tillegg til giftvirkning av metaller og organiske miljøgifter kan de høye temperaturene i avløpsvannet samt det mekaniske stresset ved utslippene påvirke strandsamfunnet i negativ retning.

Under vanlige forhold (uten større forurensninger fra industri eller by) ville man forvente et velutviklet tangsamfunn på Nordodden, med grisetang, blæretang, sagtang, og flere små rød- brun og grønnalger. Av dyr ville man forvente bl.a. blåskjell, rur, sjøstjerner, hydroider, mosdyr, strandkrabber, strandsnegl og andre snegl. Dette er m.a.o arter som man kan forventes at etablerer seg i strandsonen hvis forholdene i overflatelaget blir tilstrekkelig gode.

Tabell 6. Antall arter i registrert i Vesterhavn sommeren 1992.

	Myrbukta	Nordodden	KMV vest	Europakaia	Dybingen	Korsvikfj. (referanse)
Antall makroalger	12	8*	13	10	15	26
Antall dyr	7	7	13	13	10	18

* Kun 3 av de 8 registrerte algene ble funnet med mer enn ett eksemplar.

Bløtbunnsorganismer

Det foreligger rapport fra en bløtbunnsundersøkelse i Kristiansandsområdet i 1983, som inkluderer Vesterhavn (Rygg 1985). Undersøkelsen viste at området Vesterhavn - Fiskaabukta var dominert av forurensningstolerante børstemarkar. På stasjonene nærmest Falconbridge Nikkelverk var faunaen nærmest utslettet. Skadevirkningene ble karakterisert til å være på linje med forholdene i Sørfjorden og Orkdalsfjorden. Det må tillegges at utslippene er kraftig redusert siden undersøkelsen ble utført (se Tabell 2).

Miljøgifter i sedimenter og organismer

En undersøkelse foretatt i 1988 - 1990 viste meget høye overkonsentrasjoner av klor- og bromorganiske stoffer i sedimentene (50 - 50 000 x bakgrunnsnivå). Det var også overkonsentrasjoner av flere metaller, som arsen (10-2000 x), nikkel (100-1000 x), kobber (10 - 500 x), kadmium (1-30 x), kobolt (4-100 x) og krom (1-50x). Vesterhavn /Hanneviksbukta ble betegnet som sterkt til ekstremt forurenset.

I spiselige organismer fra Vesterhavnområdet, som skrubbe, torsk, krabbe og blåskjell var det tildels høyt dioksin-innhold (Knutzen et al. 1991). Overkonsentrasjonene var i antatt størrelsesorden 3-50 ganger bakgrunnsnivå. Det er ingen indikasjoner på direkte giftvirkninger hos organismer i Vesterhavn, selv om det ikke kan utelukkes.

Metallkonsentrasjoner i blåskjell og tang ble målt i Kolsdalsbukta vinteren 1993 og viste overkonsentrasjoner på 2-8x bakgrunnsnivå for kobber. Til sammenligning ble det målt 2x bakgrunnsnivå ved Fiskåtangen mens ved Flekkerøya var det ikke tegn på overkonsentrasjoner. Ifølge klassifiseringstabeller utarbeidet for metallinnhold i organismer (Knutzen & Skei 1990) er Kolsdalsbukta markert forurenset av kobber. Analyseresultatene for nikkel ventes, men foreligger ikke på dette tidspunkt.

2. EFFEKTER VED DYKKING AV UTSLIPPSLEDNINGENE

2.1. Grunnlag for vurderingene

Østlandskonsult A/S har vurdert to separate løsninger ved dykking av utslippsledningene (Berg-Christiansen 1992). Den ene løsningen er å samle de fem hovedutslippene til et felles utslipp på Nordodden ('ML-anlegget'). Utslippsdyp på både 20 og 30 meter er vurdert.

Den andre løsningen er å beholde de fem utslippstedene som de er idag, men forlenge utslippledningene slik at utslippet kommer på 10-20 m dyp.

Østlandskonsult har beregnet innlagring og fortykning for hvert utslippsted og utslippsdyp, både med og uten diffusor på avløpsledningen. Beregningene er basert på én sommersituasjon (data fra 18. juli 1984) og én vintersituasjon (data fra 2. november 1983). Vurderingene i det foreliggende arbeidet bygger videre på beregningene fra Østlandskonsult, men siden de hydrografiske forholdene varierer gjennom sesongene hadde det vært ønskelig med beregninger fra flere situasjoner. Beregninger fra flere situasjoner ville belyse variasjonen rundt de to valgte situasjonene.

2.2. Alternativ A. Felles utslipp på Nordodden

Ett felles utslipp på Nordodden vil medføre en Cu og Ni-konsentrasjon i avløpsvannet på ca. 118 µg/l for begge metallene hvis utslippene er på 1992 nivå. For kobber tilsvarer det en konsentrasjon som er over 24 ganger den akseptable verdien for saltvann (5 µg/l) og 240 ganger bakgrunnsnivå (0,5 µg/l). For de organiske miljøgiftene har vi ikke mottatt utslippstall for 1992 og det er derfor usikkert hvilken konsentrasjon man kan vente i et felles utslipp. Tar man utgangspunkt i utslippstallene for 1990 tilsvarer det konsentrasjoner på 4.72 µg/l EPOCl og 34 µg/l EPOBr. Det er ikke kjent hvor stor andel HCB utgjør av EPOCl.

Beregningene fra Østlandskonult A/S viser at det er nødvendig med diffusor på den felles avløpsledningen for å få innlagring av avløpsvannet ved den vintersituasjonene som er vurdert (2/11-83). Det er imidlertid uklart hvor mye tettheten varierer gjennom sesongen og hvor ofte det kan bli gjennomslag til overflaten. Uten bruk av diffusor vil nok avløpsvannet ofte legge seg i overflaten om vinteren, selv om det også kan være situasjoner hvor avløpsvannet innlagres. Ved den sommersituasjonen som er vurdert (18/7-84) innlagres avløpsvannet like over utslippsdypet både med og uten diffusor.

Ved dyputslipp vil avløpsvannet vanligvis fortynnes ved innlagring. I beregningene fra vintersituasjonen ved Falconbridge er primærfortynningen størst ved utslipp til 30 m med diffusor (1 : 16,3). Fortynningen tilsvarer at Cu og Ni konsentrasjonen reduseres fra 118 µg/l i avløpsvannet til ca. 7 µg/l i innlagringsvannet. Konsentrasjonen er nær grenseverdien for vern av marine organismer, som er satt til 5 µg/l. Utslipp til 20 m dyp uten diffusor gir den minste fortynningen og tilsvarer en Cu og Ni konsentrasjon på ca. 11 µg/l i innlagringsvannet (2x grenseverdi for kobber).

I sommersituasjonen medfører den svake tetthetsforskjell mellom avløpsvannet og vannmassene liten primærfortynning. Den største fortynningen (1 : 5,2) oppnås ved utslipp til 30 m med diffusor, og tilsvarer at Cu og Ni konsentrasjon blir ca. 23 µg/l i innlagringsvannet (ca. 5 x grenseverdien for kobber). Det vil være variasjoner i fortynning og innlagring rundt denne ene situasjonen som er vurdert.

Østlandskonult påpeker at utslipp til 30 m dyp kan gi innlagring rundt bedriftens kjølevanninntak ved Nordodden og at dette taler mot å føre et utslipp til 30 m dyp. Det nye utslippet vil imidlertid komme langt ut i forhold til inntakstedet og avløpsvannet vil være fortynnet hvis det kommer inn i inntaksvannet. Dessuten kan man ikke utelukke at man også får resirkulering av avløpsvannet ved utslipp til 20 m dyp. Innlagringsdypet er beregnet til 19,2 - 19,8 m i sommersituasjonen, men variasjoner gjennom sesongen kan gi perioder med innlagring rundt inntaksvannet. Det bør vurderes om, og i tilfelle i hvilken grad, resirkulering av avløpsvannet representerer et problem.

Ved valg av ett felles avløp blir utslippet konsentrert om ett område, og man får avlastet kantområdene til fabrikken som Hannevikbukta og de indre deler av Kolsdalsbukta. Dette vil gi positive utslag for de nevnte områdene.

Utslippet blir ført noe lenger ut enn i dag, men ikke så langt ut at det får større innvirkning på de øvrige deler av Kristiansandsfjorden. Effektene på bløtbunn ventes ikke å bli vesentlig endret ved et fellesutslipp til 20 eller 30 m dyp. Det kan imidlertid ikke utelukkes at undervannsstrømmer kan føre noe avløpsvann innover mot land hvor miljøgiftene kan sedimentere. For bløtbunn kan dette oppveie noe av effektene ved fjerning av utslippene ved Kolsdalsbukta og ved Hanneviksbukta.

Man kan forvente at et felles dyputslipp gir klart positive effekter i overflatelaget. Metallkonsentrasjonene i innlagringsdypet om vinteren kan komme ned mot grensen som er satt for vern av marine organismer.

2.3. Alternativ B. Fem separate utslipp med utslippsdyp på 10-20 meter.

De fem utslippene vil ha samme utslippsmengde som idag, men utslippene vil være på 10 - 20 m dyp.

For den vurderte vintersituasjonen (data fra 2/11-83) vil avløpsvann fra alle fem utslippene slå igjennom til overflaten uten bruk av diffusor. Med diffusor på ledningen innlagres vannet, om enn på grunt vann (Berg-Kristiansen 1992). Variasjoner i vannets tetthet gjennom vinteren kan imidlertid medføre situasjoner hvor avløpsvannet trenger igjennom til overflaten også med bruk av diffusor på ledningen. Utslippsvannet fra de fem utslippstedene vil derfor fortsatt kunne påvirke strandsamfunnene.

I sommersituasjonen (18/7-84) innlagres vannet ved alle utslippene, både med og uten diffusor. Ved utslippene i Kolsdalsbukta (Utslipp 1 og 2) er innlagringen på så grunt vann at det sannsynligvis vil bli gjennomslag til overflaten i enkelte situasjoner.

Fortynningsberegningene viser at avløpsvannet fra Bryggebakken (Utslipp nr 2) kan få redusert kobber konsentrasjonen fra 810 $\mu\text{g/l}$ ved avløpet til 115 - 130 $\mu\text{g/l}$ i innlagringsdypet om sommeren og 90 - 100 $\mu\text{g/l}$ om vinteren ved liknende sommer- og vintersituasjoner. Konsentrasjonene er i størrelsesorden 18 - 26 ganger den anbefalte grenseverdien for kobber (5 $\mu\text{g/l}$). Ved to av utslippstedene (utslipp nr. 4 og nr. 5) kan konsentrasjonen i innlagringsdypet komme under grenseverdien for vern av marine organismer.

Ved fem separate utslipp blir utslippene spredd over et større geografisk område, men avløpsvannet innlagres på grunnere vann enn ved samlet utslipp og kan slå igjennom til overflaten om vinteren. Dette vil spesielt ha betydning for Kolsdalsbukta hvor det største utslippet er.

3. KONKLUSJONER

Avløpsvannet fra Falconbridge Nikkelverk inneholdt i 1992 konsentrasjoner av løst kobber og nikkel fra under grenseverdi til 160 ganger grenseverdi (1600 ganger bakgrunnsverdi), samt klor- og bromorganiske forbindelser. Utslippene representerer derfor et potensielt problem i påvirkningsområdet.

Strand- og bløtbunnsamfunnet nær bedriften er i dag svært fattig og tydelig påvirket, mens forholdene er klart bedre mot Kristiansand havn og Myrodden. Det tyder på at utslippene fra Falconbridge har betydning for organismsamfunnene. Det er overkonsentrasjoner av metaller og organiske miljøgifter i organismer og sedimenter i Vesterhavn.

Dykking av utslippene bør gi klart positive effekter i overflatelaget ved Falconbridge, og kobber og nikkelkonsentrasjonene i vannmassenen kan nærme seg nivåene i diffust påvirket havneområder. Redusert miljøgift-konsentrasjoner i overflatelaget vil sannsynligvis føre til at strandsamfunnene tar seg opp i nærområdet til bedriften. Forurensninger fra andre kilder kan fortsatt påvirke samfunnet.

Hvis utslippene skal dykkes, anbefales diffusor på avløpsledningen(e) for å sikre best innlagring. Et samlet utslipp med diffusor gir den beste fortynningen og den sikreste innlagringen av avløpsvannet. Utslipp på 30 m dyp er av samme grunn mer gunstig for overflatevannet enn utslipp ved 20 m. Ved separate utslipp kommer avløpsvannet høyere opp i vannsøylen, og faren for gjennomslag til overflaten er større.

Ved å velge felles utslipp fremfor fem separate utslipp som idag, vil man forsterke avlastningen i områdene rundt Hannevikbukta og spesielt Kolsdalsbukta. Kolsdalsbukta har idag svært lite vegetasjon.

Forholdene på dypt vann vil trolig ikke endre seg stort ved dykking av utslippene. Man forventer ikke økt sedimentering eller påvirkninger i et større område enn i dag som kan endre forholdene for bløtbunnsorganismene.

Både før og etter flytting av utslippsledningene bør metall-konsentrasjonene i vannmassene nær bedriften måles for å kunne dokumentere eventuelle endringer i overflatelaget. Det bør også gjøres undersøkelser av organismesamfunn i strandsonen for å dokumentere de biologiske effektene.

4. REFERANSER

Berg-Christensen, L. 1992. Falconbridge Nikkelverk A/S. Dyputslipp for prosessvann. Forprosjekt. Rapport, Østlandskonsult. 16 pp.

Gray, J.F. 1992. Effects of pollutants on populations, communities and ecosystems. In: Skei., J & L. Berg (eds.). Trace metals in the marine environment: State of the art and research needs. Programme on Marine Pollution (PMF). NTNF rapport. ISBN 82-7224-337-7. Pp 145-169.

Knutzen, J., K. Martinsen, K. Næs, M. Oehme og E. Oug 1991. Tiltaksorientert overvåking av miljøgifter i organismer og sedimenter fra Kristiansandsfjorden 1988 og 1990. NIVA-rapport 2554. 183 pp.

Knutzen, J. og J. Skei 1990. Kvalitetskriterier for miljøgifter i vann, sedimenter og organismer samt foreløpige forslag til klassifikasjon av miljøkvalitet. NIVA-rapport 2540. 139 pp.

Knutzen, J., B. Rygg og I. Thélin in prep. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Virkninger av miljøgifter. SFT-veiledning.

Mance, G., V.M.Brown og J.Yates 1984. Proposed environmental quality standards for list II. Substances in water. Copper. Technical report TR 210. Water Research Centre.

Molvær, J., H.I.Solheim, T.Källquist 1986. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden. Delrapport V. Vannutskiftning og vannkvalitet. NIVA-rapport 1993. 78pp.

Næs, K. 1985. Basisundersøkelse i Kristiansandsfjorden. Delrapport II. Metaller i vannmassene, metaller og organiske miljøgifter i sedimentene. NIVA-rapport 1754. 62 pp.

Ringdal, O. og K. Julshamn 1992. Metals in marine organisms. In: Skei., J & L. Berg (eds.). Trace metals in the marine environment: State of the art and research needs. Programme on Marine Pollution (PMF). NTNF rapport. ISBN 82-7224-337-7. Pp 72-97..

Rygg, B. 1985. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden. Delrapport I. Bløtbunnfaunaundersøkelser 1983. NIVA-rapport 1711. 60 pp.

5. APPENDIKS

Appendikstabell. Utslippsmengder og overkonsentrasjoner i 1992 og 1993.

1992	Vann- føring	MENGDENE (kg/d)		KONSENTRASJON µg/l		OVERKONSENTRASJONER x grenseverdi (x bakgrunnsverdi)	
		Cu	Ni	Cu	Ni	Cu	Ni
Utslipp nr. 1 Svovelsyrefabrikken	30 414	0,85	0,52	40	20	8 (80)	- (33)
Utslipp nr. 2 Bryggebakken	5 322	4,67	3,66	810	630	162 (1600)	21 (1000)
Utslipp nr. 3 ML-anlegg	9 290	1,08	1,69	110	170	22 (220)	6 (280)
Utslipp nr. 4 KL-anlegg	10 347	0,23	0,96	20	90	4 (40)	3 (150)
Utslipp nr. 5 Elektrolyttrens	2 637	0,05	0,019	20	60	4 (40)	2 (100)
Utslippene samlet	58 017	6,88 kg/døgn	6,85 kg/døgn	118 µg/l	118 µg/l	24 (240)	4 (195)
1993							
(antatte verdier)							
Utslippene samlet				50 - 80 µg/l	100 - 150 µg/l	10 - 16 (100 - 160)	3 - 5 (166 - 250)

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo
Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2332-0