



Saksfremlegg til Nasjonalt råd for forurensede sedimenter

Utarbeidet av : SFT

Dato: 07.02.05

Tema: Erfaringsnotat fra pilotprosjekt i Kristiansand

☐

Drøftingssak

☒

Realitetsbehandling

Hvorfor saken fremmes:

Erfaringsnotatet fra pilotprosjektet i Kristiansand ble lagt fram og diskutert på forrige møte. Rådet kom med en rekke tilbakemeldinger (jf referat fra forrige møte) og ba om at endelig versjon ble fremlagt på rådets møte 15.02.05.

Erfaring

Erfaringene fra prosjektet viser:

- Enkel lavkostnads tildekking av forurensede sedimenter med løsmasser har fungert etter planen
- Denne type prosjekter bør deles i tre uavhengige oppdrag (selve anleggsarbeidet, dokumentasjon på teknisk utførelse, miljøoppfølging) med ulike utførende firmaer.
- Alle tillatelser og krav etter forurensningsloven må foreligge før anbudsgrunnlag og kontrakter utarbeides.
- Sedimenter er et nytt arbeidsfelt i miljøvernpolitikken, og det er viktig å bruke tid på å etablere en riktig og felles rolleforståelse rundt prosjektene.
- Behov for bedre modell for miljøovervåkingen i anleggsperioden og oppfølging av denne.
- Grundige kartlegginger av sedimentene vil ofte avdekke ukjente aktive tilførsler fra land.
- Grundig vurdering av randsoneproblematikk og avgrensningen av tiltaksområder før tiltak starter er viktig.

Kunnskapshull

Følgende kunnskapshull er identifisert:

- langsiktig miljømessig utvikling
- teknisk holdbarhet av tiltakene
- geoteknisk utvikling
- ankring, propellerskade, andre menneskeskapte skader på tildekking
- vedlikeholdsbehov
- effekt på miljøtilstanden i fjorden - kostholdsråd

Hovedkonklusjoner i prosjektet

Stikkordene nøyaktighet, dokumentasjon og kontroll synes sentrale og vesentlige i en helt kort oppsummering av erfaringene fra sedimentarbeidet til nå. Våre anbefalinger er bl.a.:

- Det er viktig å planlegge prosjektene omhyggelig, og ha en kritisk og detaljorientert holdning på forhånd. Det må tas høyde for uforutsette hendelser og problemer.
- Detaljert kartlegging av sedimenter vil ofte avdekke ukjente aktive tilførsel fra land. Det bør tas høyde for dette i framdriftsplanene.
- Dokumentasjon av teknisk gjennomføring av undervannsarbeider bør settes ut som egen entreprise/oppdrag.
- Miljøovervåking før – under – etter tiltak bør settes ut som egen entreprise, inkludert løpende oppfølging av ”senior” med bred kompetanse!
- Miljøoppryddingsprosjekter synes å stille større krav til nøyaktighet underveis i anleggsarbeidet enn i annet undervannsarbeid. Dette skaper utfordringer både for utførelsen av selve tiltaket og for overvåkingen.
- Det er viktig å bruke tilstrekkelig tid på å etablere en felles rolleforståelse.

Basert på erfaringene fra prosjektet anbefaler prosjektet å betrakte tildekking med billige masser som en nærmest kontinuerlig aktivitet for framtida – og at dette vil kunne gi god effekt på lang sikt.

Begrunnelse:

Rådet finner erfaringene og konklusjonene fra pilotprosjektet i Kristiansand interessante. Rådet påpeker videre viktigheten av at dette formidles og blir tilgjengelig for interesserte i fagmiljøet og bland myndigheter og problemeiere slik at erfaringene kan nyttes nasjonalt og at også andre enn de involverte i Kristiansandsprosjektet kan bidra til å dekke kunnskapshullene.

Eventuell videre oppfølging:

Det er planlagt oppfølging framover for å besvare spørsmålene under ”kunnskapshull” gjennom etterundersøkelser som matcher foreliggende forundersøkelser. Arbeidet med optimalisering av et dioksinovervåkingsprogram for fisk og skalldyr er i gang.

Erfaringsnotat om tildekking av forurensede sedimenter (Oppdatert 20/1-05)

Notatet formidler erfaringer fra "Pilotprosjekt for opprydding i forurensede sedimenter i Kristiansandsfjorden". Det bygger i hovedsak på erfaringene fra delprosjektene Hannevika med kaiene til Falconbridge Nikkelverk AS, men tar også med erfaringer fra de andre delprosjektene.

SAMMENDRAG

Innen pilotprosjektet i Kristiansand er det gjennomført 4 ulike varianter av tildekking samt et mindre gravearbeid for å sikre seilingsdybde før tildekking:

1. Enkel tildekking med minimum 25 cm sand (330.000 m², 15 kr/m²)
2. Tildekking med plastarmert fiberduk og pukk (7.500 m², 200 kr/m²)
3. Tildekking med minimum 25 cm sand + 20-30 cm pukk (1.500 m²)
4. Tildekking med betongmadrass (2.700 m² + 1.200 m², 400-600 kr/m²)
5. Graving og redeponering av sediment (3.000 m³) nær kai før tildekking med metode 1 og 2.

I hovedtiltaket er sanden lagt ut fra fallbunnslekter i fart, i 3-5 kryssende lag. I alt er 330.000 m² meget sterkt forurenset sjøbunn dekket med i snitt knapt 50 cm ren masse. Et ca 5-10 cm lag med sand av god kvalitet ble lagt ut først. Dårligere masser av silt og leiraktige masser med noe sprengstein innblandet gav mer ujevn spredning og ble lagt ut i senere lag. Dette er utført som et frivillig spleiselag mellom kommunen, nikkelverket og SFT. Øvrige tiltak er utført av nikkelverket i 50-m sonen nærmest kaia til bedriften, for å avgrense tiltak mot land og sikre mot oppvirvling av forurenset sediment ved skipstrafikk.

Hovedresultatet av arbeidet er at enkel, lavkostnads tildekking med løsmasser av et større forurenset område har fungert som planlagt. En betydelig del av området er blitt helt rent. De problemene som har oppstått med et tynt "fluffy" lag av ny forurensing oppå deler av det tildekkede området, tyder på aktive tilførsler etter tildekking. I følge NIVA kan kildene være tilførsler fra utildekket sediment på innsiden i Essobukta, ukjente tilførsler fra land, utvasking av finstoff under Vestre kai, uhell med siltskjørt under arbeidene langs kaiene, tilførsler fra utildekkede "sedimenttopper" etter mudring, inntransport fra utenforliggende, utildekkede områder og direkte tilførsler fra Falconbridge Nikkelverk. Det er vanskelig å avgjøre hva som er viktigst, men vi håper etterkontrollen framover kan belyse dette. God planlegging på forhånd for å sikre en optimal rekkefølge av tiltak bør uansett etterstrebes i nye prosjekter. Supplerende tildekking av alle udekkede arealer på innsiden er gjennomført i ettertid. Praktiske erfaringer er gitt i notatet.

Andre erfaringer fra sedimentarbeidet¹:

- Prosjektene bør deles i tre uavhengige oppdrag (selve anleggsarbeidet, dokumentasjon på teknisk utførelse, miljøoppfølging) med ulike utførende firmaer.
- Alle tillatelser og krav etter forurensningsloven må foreligge før anbudsgrunnlag og kontrakter utarbeides.
- Sedimenter er et nytt arbeidsfelt i miljøvernpolitikken, og det er viktig å bruke tid på å etablere en riktig og felles rolleforståelse rundt prosjektene.
- Behov for bedre modell for miljøovervåkingen i anleggsperioden og oppfølging av denne.
- Grundige kartlegginger av sedimentene vil ofte avdekke ukjente aktive tilførsler fra land.

¹ Dette er generelle erfaringer fra sedimentarbeidet i Vest-Agder, og går ikke spesielt på Hannevika.

- Grundig vurdering av randsoneproblematikk og avgrensningen av tiltaksområder før tiltak starter er viktig.

Det er viktig å dokumentere effektene før/etter tiltak med god nok kvalitet på data.

Opplysninger bør være objektive, dokumenterte og etterprøvbare. Eksempelvis må dykkeren før en kontroll ha et spesifisert oppdrag med klare kriterier, og dokumentere dette med tids-, retnings-, dybde- og koordinat-bestemte stillbilder og video-opptak.

Se vedlegg for kart over området og bilder av sedimentene. Ytterligere dokumentasjon med rapporter og tillatelser mm. finnes på <http://www.kristiansandsfjorden.no>.

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning.....	3
2	Beskrivelse av prosjektet.....	3
2.1	Bakgrunn for prosjektet/initiativtakere/historikk	3
2.2	Forundersøkelser/beslutningsgrunnlag/valg av tiltak.....	3
2.3	Mål	4
2.4	Informasjonsstrategi	4
2.5	Kostnader og finansiering	5
2.6	Beskrivelse av tiltakene.....	5
2.7	Kontroll og oppfølging.....	8
2.8	Resultater.....	8
3	Viktig lærdom fra prosjektet	12
3.1	Faglige problemstillinger	12
3.2	Praktisk gjennomføring	15
3.3	Kommunikasjon/informasjon/myndighetskontakt	16
3.4	Økonomi.....	16
4	Gjenstående kunnskapshull	17
5	Oppsummering – hovedkonklusjon:	18
6	Referanser.....	19
7	Vedlegg	20

1 INNLEDNING

Dette erfaringsnotatet er skrevet for det nasjonale rådet for sedimentsaker, og framstillingen følger en mal fra Statens forurensningstilsyn (SFT). Erfaringene bygger i hovedsak på arbeidet med å gjennomføre de to første delprosjektene i ”Pilotprosjekt for opprydding i forurensede sedimenter i Kristiansandsfjorden”, men vi har også tatt noe hensyn til erfaringer fra de øvrige delprosjektene i Kristiansand og fra sedimentarbeidet i Farsund, Kvinesdal og Flekkefjord. Notatet er skrevet av Fylkesmannen i Vest-Agder, Miljøvern avdelingen, men baserer seg på innspill fra, og er etter en høringsrunde omforent med, samarbeidspartnerne i pilotprosjektet (Elkem, Falconbridge, Forsvarsbygg/Skifte eiendom, Kristiansand kommune, Kristiansand havn).

For en mer omfattende framstilling av pilotprosjektet i Kristiansand, vil vi anbefale vår internettpresentasjon på adressen <http://www.kristiansandsfjorden.no>.

2 BESKRIVELSE AV PROSJEKTET

2.1 Bakgrunn for prosjektet/initiativtakere/historikk

Den alvorlige situasjonen med forurensning av miljøgifter (dioksin, HCB, PAH m. fl.) i Kristiansandsfjorden har vært kjent lenge, og det har vært kostholdsråd og omsetningsforbud for fisk siden 1980-tallet. Sterkt reduserte industriutslipp har ikke resultert i like store forbedringer i fisk og skalldyr. Sedimentene er trukket fram som sannsynlig årsak til dette. Fra tidlig på 90-tallet har det vært arbeidet med ulike planer for miljøsikring av forurenset sediment.

I fbm. planer for ny E18 gjennom byen, ble det klart at det ville bli et betydelig overskudd av sand- og siltmasser. Det ble bestemt å se på muligheten til å få gjennomført en enkel og billig ”miljøtildekking” av bunnen i Hannevika, og i 1998 ble det gjennomført et prøveprosjekt med tildekking av et mindre areal, for å prøve ut den aktuelle metoden.

På dette stadiet var tiltaket tenkt å være enkelt og billig. Det var liten miljøpolitisk interesse for sedimenter. Spørsmål vedrørende effekt og varighet av tiltaket, avgrensning av tiltaket mot strandkanten, ev. problemer med ankring og oppvirvling ved skipstrafikk mm. var ikke berørt. Som følge av økt satsing på sedimentarbeidet ble det nødvendig med en betydelig oppgradering av det faglige opplegget i perioden like før igangsetting. I tillegg ble det nødvendig med egne og mer kostbare tiltak langs kaiene til Falconbridge, for å sikre at ikke tildekkingen skulle bli ødelagt gjennom erosjon og oppvirvling av forurenset slam ved skipsanløp. Begge delprosjektene ble fra 2002 innlemmet i pilotprosjektet for Kristiansandsfjorden.

2.2 Forundersøkelser/beslutningsgrunnlag/valg av tiltak

Høsten 1998 ble det gjennomført prøvedumping av løsmasser med fallbunnslekter på et prøvefelt i Hannevika. Forsøket viste at bløte bunnsedimenter kunne tildekkes med løsmasser uten vesentlig oppvirvling og spredning av forurensede sedimenter. Det ble allerede da besluttet å bruke denne metoden for tildekking av hele Hannevika. Bruk av fiberduk² ble

² En alternativ utførelse er å legge ut en geotekstilduk på bunnen før sanden legges ut. Dette gir økt beskyttelse av de forurensede sedimentene under sanden, og bedre geoteknisk stabilitet, men gjør tildekkingen mer sårbar for skader ved ankring eller andre fysiske inngrep.

vurdert som uaktuelt pga. store ødeleggelser ved ankring. Området ligger sentralt i havna, og er sterkt trafikkert med store og små skip. Ankring kan i praksis ikke unngås helt. Andre metoder for opprydding som mudring og deponering var ikke ansett som realistiske alternativer i den perioden prosjektet ble utviklet.

I forbindelse med at Det Norske Veritas (DNV) i 2001 utarbeidet en tiltaksplan for hele fjorden ble alternative tiltaksmuligheter vurdert, og kostnader anslått ut fra grove erfaringstall. Ut fra dimensjonene og tilgangen på gratis tildekkingsmasse ble mudring ansett som økonomisk umulig, i alle fall på relativt kort sikt. De praktiske og miljømessige aspektene ved avvanning og deponering av de potensielle mudringsmassene, er ut fra nikkilverkets erfaringer med massene før utslipp antatt svært problematisk og krevende.

Det ble utført betydelige miljøfaglige og geotekniske undersøkelser før igangsetting av tildekkingen.

2.3 Mål

Det har ikke vært vedtatt egne mål for prosjektene i Hannevika i noe formelt forum. Tiltaksplanen for hele Kristiansandsfjorden (DNV 2001) drøfter følgende ambisjonsnivåer:

Ambisjonsnivå 0. Ingen tiltak

Ambisjonsnivå 1. Stanse spredning av miljøgifter fra de mest forurensede arealene

Ambisjonsnivå 2. Oppheve kostholdsråd innen 10 år etter at tiltak er gjennomført

Ambisjonsnivå 3. Ingen økologiske effekter

Bystyret i Kristiansand behandlet denne planen i 2002, og vedtok da ambisjonsnivå 2. Administrasjonens innstilling var ambisjonsnivå 1, og Fylkesmannen hadde gitt råd om det samme. Tildekkingen i Hannevika vurderes som et viktig og nødvendig første skritt for å nå ambisjonsnivå 2, men antas ikke å være tilstrekkelig i seg selv. Forberedelser til en mulig videre tildekking er startet opp ved en utredning om mulig bruk av sand fra Hirtshals, jf. referanselisten. Det er ikke truffet noen beslutninger om ytterligere tiltak.

Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) har satt opp følgende faglige suksesskriterier for å kunne bedømme om de aktuelle tildekkingstiltakene i Hannevika er vellykket eller ikke ut fra en isolert vurdering:

- Ikke spredning av miljøgifter under tildekkingsoperasjonen
- Geoteknisk stabilitet
- Ikke utlekking gjennom tildekkingslag
- Konsentrasjoner av miljøgifter i overflatesediment ikke over klasse II
- Ikke akkumulering av miljøgifter i nyetablerte byttedyr
- Økt diversitet av bunnlevende fauna
- Minimal spredning av miljøgifter ved oppankring på fast oppankringssted

Kriteriene er ikke formelt vedtatt, men er benyttet som faglig grunnlag for utformingen av overvåkingen og etterkontrollen i pilotprosjektet.

2.4 Informasjonsstrategi

Informasjon og forhold til media kom høyere på dagsorden i Kristiansand etter at det oppsto problemer med protestaksjoner og medieomtale i Sandefjordsprosjektet. Det var enighet om full åpenhet som strategi, og miljøvernorganisasjonene ble informert om arbeidet ved kopier av pålegg og tillatelser mm. Bortsett fra klager fra Naturvernforbundet og Natur og Ungdom

(NU) på tillatelsen til tildekking i Hannevika, har vi fått lite respons på dette. Vi har gitt innspill til en trykksak produsert av NU.

Etter at pilotprosjektet ble organisert i sin nåværende form fra sommeren 2002, har det vært lagt mye ressurser i prosjektets hjemmeside på internett. Her ligger en omfattende dokumentasjon med beskrivelser og bilder, pålegg, tillatelser, fagrapporter, framdriftsrapporter og kart. Vi har videre informert om resultatene på seminarer mm.

2.5 Kostnader og finansiering

2.5.1 Tildekking i Hannevika

Kristiansand kommune var tiltakshaver og oppdragsgiver for tildekkingsprosjektet. NIVA (metode, effekt, overvåking) og NGI (geoteknikk) var engasjert som faglige rådgivere, mens Sørlandskonsult as var prosjektsekretær. Agder Marine AS var entreprenør med ansvar for opplasting, transport og spredning av løsmasser.

Det opprinnelige budsjettet for tildekkingen var på 2,5 mill. kr basert på en lik fordeling mellom kommunen, SFT og nikkerverket. Fordelen ved å få gratis sand levert fra Statens vegvesen er anslagsvis verdsatt til 6 mill kr. Senere ble forutsetningene for dette budsjettet endret, både ved momsreformen (+24% i alle de statlige og kommunale kostnadene) og ved ny miljøvernpolitisk satsing på sedimenter. Den endelige kostnaden over det felles prosjektbudsjettet koordinert av kommunen ble om lag 3,2 mill kr. Overskridelsen her er dekket av kommunen. Utover dette er det brukt 660.000 kr til i hovedsak geotekniske forundersøkelser finansiert 50/50 av SFT og nikkerverket. Til etterkontroll og overvåking i 2003-04 er det brukt 2-300.000 kr. Et tilsvarende beløp er brukt til supplerende tildekkingstiltak høsten 2004.

2.5.2 Tiltak ved industrikaier - Falconbridge

Falconbridge Nikkelverk AS var ansvarlig for tiltakene i en 50 meter bred sone (1,5 * bredden av største skip) ut fra sine kaier. Både bedriften og kommunen hadde i sine tillatelser klare vilkår om samordning og overlapp av tiltakene. Bedriften benyttet i stor grad de samme konsulenter og til dels entreprenører som kommunen. Etterkontrollen er i hovedsak samordnet. Bedriften har hatt direkte utgifter til sedimentrelaterte tiltak minst i størrelsesorden 7-8 mill kr. I tillegg kommer administrasjon og egeninnsats.

2.6 Beskrivelse av tiltakene

2.6.1 Tildekking Hannevika.

Prosjektet omfattet tildekking av et areal på 330.000 m² sterkt forurensset sediment. Krav til tildekking var at alle deler av arealet skulle dekkes med minst 25 cm sand. Dette var definert som tilstrekkelig til å unngå at gravende bunndyr skulle bringe forurensset sediment opp over tildekkingslaget. Metoden ble brukt for tildekking av forurensede bunnsedimenter i områder uten påvirkning av vann-strømmer, bølger eller skipstrafikk. Av kostnadmessige årsaker, og av hensyn til mulig oppankring, ble det ikke benyttet geotekstilduk i Hannevika.

Tildekking ble utført med fallbunnlekter trukket av slepebåt med differensiert GPS som navigasjonsutstyr. Tildekking skjedde etter en spredningsplan hvor lagene ble lagt ut parallelt

fra dypere til grunnere vann. For å oppnå en jevnest mulig tildekking, må de ulike lagene helst legges med spredningsretning vinkelrett på hverandre. Langs land måtte dette tilpasses med hvordan det var mulig å manøvrere slepebåt og lekter. Med en lekter på ca 100 m³ volum, 5 m lukebredde og slepefart 2 – 3 knop, spres massen på et bunnareal på ca 30 x 100 m på 20 m dyp. Dette gir et teoretisk lag på 3 - 4 cm tykkelse. Målinger viser at sandlaget blir jevnt i 20 m bredde med avtagende tykkelse i ca 5 m brede striper på sidene.

Stabiliteten til sedimentene i Hannevika har satt visse begrensninger på metoden. Geotekniske forundersøkelser og vurderinger ble gjennomført i forkant. Sedimentene var bløte med ekstremt liten skjærstyrke, og tildekking medførte fare for undersjøiske ras. Ved tildekking med tynne lag, og konsolideringsperiode mellom hver tildekking, ble denne risikoen sterkt redusert. I tillegg ble det lagt ut masser i de bratteste partiene av sjøbunnen først, slik at ev. mindre ras skulle framprovoseres tidlig, og kunne overdekkes raskt etterpå. Ingen ras er observert. For tildekking med min. 25 cm sand, bør det ved den aktuelle metode regnes med å legge ut ca 50 % mer masse enn teoretisk nødvendig, det vil si nesten 40 cm sand. Den beste massen (rene masser av sand) ble benyttet til de tidligste lagene, mens mer siltige masser og masser med noe innblandet sprengstein ble benyttet i de øverste lagene.

2.6.2 Tiltak ved industrikaier - Falconbridge

Tildekking med sand vil være sårbart i forhold til ytre påvirkning som oppankring og propellstrømmer fra skipstrafikk. Siden tiltaksområdet i Hannevika ligger i direkte tilknytning til nikkelverkets kaier med betydelig skipstrafikk, og det ble dokumentert oppvirkning og spredning av forurenset sediment ved skipsanløp, måtte ulike forsterkede tiltak benyttes langs kaiene. Tiltakene omfatter samlet et areal på 12.000 m², og bedriften har innført ankringsforbud i dette området med en sikkerhetssone rundt.

2.6.2.1 Tildekking av sediment med armert fiberduk og pukkestein

Denne delen av kaiområdet var primært utsatt for strømmer fra baugpropell og taubåtpropell ved anløp av større båter. Bunnsedimentene måtte her gis en beskyttelse som motstår propellstrømmer på opptil 0,5 m/sek. Det ble valgt en løsning med tildekking med kraftig geotekstilduk med et armeringsnett i stiv plast overdekket med et min. 30 cm lag pukkestein (20 – 200 mm). Bunnen her er relativt flat med dybder fra 11 – 15 m, og arealet ca. 7.500 m². Tiltaket ble gjennomført i august-september 2003. Duken ble levert i rull, og sydd sammen på kaiområdet før den gradvis ble ”fløtet” ut på fjordoverflaten. Grove armeringsjern ble sydd inn i ytterkant av duken som synkeelement. Etter at duken var ferdig sydd og lagt i posisjon, ble den senket ned til bunnen og dekket med pukkestein. Pukkestein ble dels fylt over fra kaia, og dels fra lekter. Et annet område ble dekket med 20-30 cm pukke over 25 cm sand uten duk. Her ble pukke spreidd med lekter på samme måte som sanden.



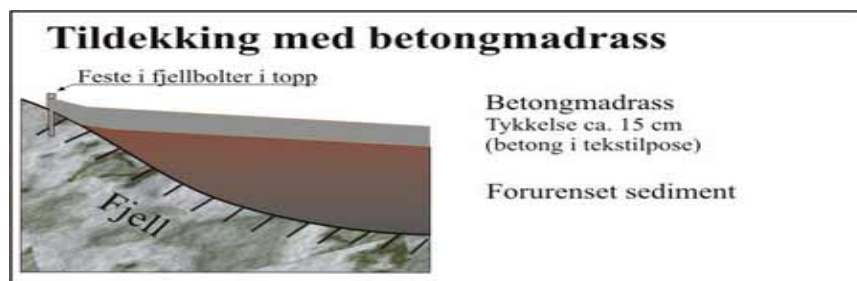
2.6.2.2 Flytting av sediment før tildekking

Ved den innerste delen av vestre kai hadde bedriften behov for økt seilingsdyp. Her ble det mudret fra dagens ca 9 m til minst 11 m dyp. Det ble valgt en metode med flytting av sedimentene fra grunnere til større dyp med en lukket grabb. Rundt hele graveområdet ble det spent opp et siltgardin fra bunn til overflate, for å hindre spredning av sedimenter under gravingen. Totalt volum mudret masse var ca 3.000 m³. Etter mudring ble bunnen tildekket med armert fiberduk og pukk nærmest kaia, og med sand utenfor dette med samme metode som ellers i Hannevika.

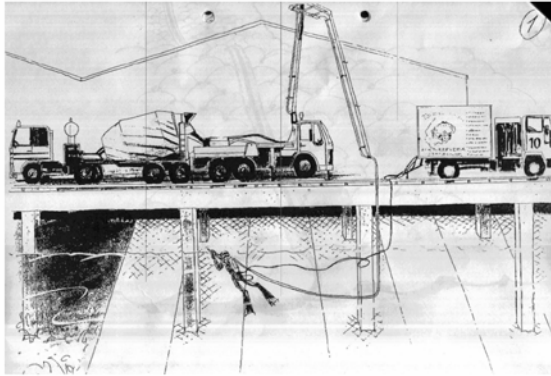


2.6.2.3 Tildekking av sediment med betongmadrasser

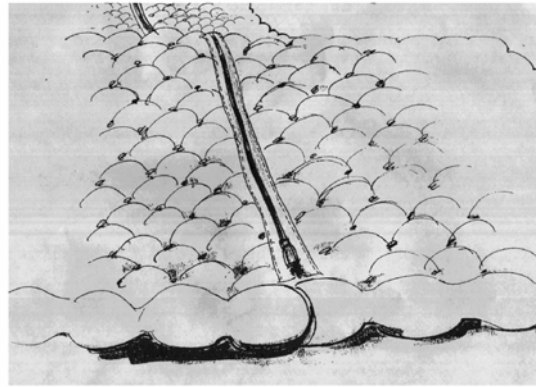
Denne metoden ble benyttet i to områder: Først ble metoden benyttet på den ytterste delen av vestre kai, der de store skipene har hovedpropellen. Sedimentene her er sterkt utsatt for erosjon fra propellstrøm (opp til 6 m/sek). En stor ferdigsydd pose av fiberduk ble spent ut på bunnen og fylt med sprøytebetong etterpå. Den ble plassert ut på skrånende bunn fra 15 til 27 m dyp og er forankret i toppen med fjellbolter og wire. I tillegg er det lagt ut store steinblokker i det dypeste hjørnet for å hindre at madrassen skal "pumpe" ved skipsanløp. Metodevalget bygget på anbefalinger fra NGI.



Deretter ble metoden benyttet under selve kaia. Tiltaket under kai ble gjennomført som et korrigerende tiltak etter at øvrige tiltak var avsluttet. Her ble det benyttet smalere striper med tekstilpose, som ble koplet sammen til større flak ved industriglidelås, før ifylling av betong. Prinsippsskisser er vist under:



Figur 2: Flere mindre lengder duk settes i sammen og fylles med betong



Figur 3 - Matteskjot med industrigidelås

2.7 Kontroll og oppfølging

Forståelsen av temaet kontroll og oppfølging har utviklet seg sterkt gjennom prosjektet, og planer og krav på dette området har stadig endret seg. Dette er drøftet inngående i neste kapittel. Vi skiller mellom følgende typer undersøkelser og kontroll:

- Dokumentasjon av tilstanden før tiltak
 - kjemisk og biologisk – sediment og kilder
 - geoteknisk
- Dokumentasjon under arbeidet
 - anleggsteknisk
 - miljøvirkninger
- Dokumentasjon straks etter arbeidet
 - teknisk gjennomføring og kvalitet
 - geoteknisk status
 - randsonene
 - miljøstatus
- Dokumentasjon på noe lengre sikt
 - miljøstatus – kjemisk og biologisk
 - teknisk status / skader
 - geoteknisk utvikling

Etterkontrollen i Hannevika omfatter geoteknisk oppfølging, undervannsfilming, sedimentprøver, blåskjellanalyser mm., for å så langt som mulig dokumentere de faktiske resultatene ifht suksesskriteriene. En videre oppfølging over tid samt i forhold til det faglige grunnlaget for kostholdsrådene i hele fjorden er planlagt.

2.8 Resultater

2.8.1 Gjennomføring og fremdrift

Tildekkingsarbeidet startet i april 2002, og hovedprosjektet ble avsluttet sent på høsten 2003. Det er som planlagt dekket til et område på ca 330.000 m², med en gjennomsnittlig tykkelse på 50 cm. Massen kom fra bygging av ny tunnel for E18 gjennom Oddemarka. Prosjektet gjennomføres med følgende fremdriftsplan

Hovedtildekking	Etterkontroll	Korrigerende tiltak	Sluttkontroll
Apr 02 – Nov 03	Des 03 – Mai 04	Aug 04 -	2005-2006

2.8.2 Resultater

Tildeckingsprosjektet er gjennomført med godt resultat. En ny, enkel og billig metode har vist seg å fungere som planlagt, og et stort avfallsdeponi med aktive tilførsler av miljøgifter til fjordsystemet er med dette forseglet.

Det har vært store utfordringer knyttet til geoteknisk stabilitet. Dette er løst ved at tildekkingsmasse er lagt på gradvis i 3 – 5 tynne lag, slik at sedimentet er konsolidert før ny påføring av dekkmasse. Dykkerkontroll ved Bioconsult og kontroll av fastmerker ved NGI, viser at hovedområdet har fått en tilfredsstillende overdekning. I et par felt var tildekkingen noe snau, slik at det har vært behov for korrigerende tiltak. I tillegg har et par grunne buker i vest ikke vært tildekket. Også her har det vært behov for korrigerende tiltak.

Resultatoppnåelse basert på suksesskriteriene som ble satt opp i forkant av prosjektet er pr november 2004 slik:

Kriterium	Suksess	Merknad
Ikke spredning av miljøgifter under tildeckingsoperasjonen	Ja	Ikke påvist spredning ved tildekking.
Geoteknisk stabilitet	Ja	Pga ekstrem lav skjærspenning måtte det tas spesielle hensyn ved valg av metode
Ikke utlekking gjennom tildekkingslag	Avklares senere	Avvente ytterligere etterkontroll
Konsentrasjoner av miljøgifter i overflatesediment ikke over klasse II	Delvis	Lengst vekk fra nikkerverket var overflaten ren pr januar 2004. På ca halve arealet, nærmest Falconbridge Nikkelverk, er det påvist for høye verdier. Aktuelle årsaker er drøftet nedenfor.
Ikke akkumulering av miljøgifter i nyetablerte byttedyr	Avklares senere	Avvente ytterligere etterkontroll
Økt diversitet av bunnlevende fauna	Avklares senere	Avvente ytterligere etterkontroll
Minimal spredning av miljøgifter ved oppankring på fast oppankringssted	Avklares senere	Eget prosjekt for oppankring. Rapport trinn 1 foreligger. Prosjekt videreføres i 2005.

Konsentrasjonen av miljøgifter på halvdelen av overflatelaget var ikke tilfredsstillende etter avslutning av hovedprosjektet. Årsaken til dette var at det i området nærmest Falconbridge Nikkelverk ble påvist et tynt sjikt (1-2 mm) med rødbrunt slam med høyt innhold av miljøgifter på toppen av tildekkingslaget. I følge NIVA kan kildene være tilførsler fra utildekket sediment på innsiden i Essobukta, ukjente tilførsler fra land, utvasking av finstoff under Vestre kai, uhell med siltskjørt under arbeidene langs kaiene, tilførsler fra utildekkede "sedimenttopper" etter mudring, inntransport fra utenforliggende, utildekkede områder og direkte tilførsler fra Falconbridge Nikkelverk. Det er vanskelig å avgjøre med sikkerhet hva som er viktigst, men vi håper etterkontrollen framover kan belyse dette.

Da tiltakene ble avsluttet høsten 2003, ble et område på ca 1.000 m² med betydelig forurenset bunnslam under kaia til nikkerverket liggende utildekket. Det sto også igjen en gravekant i sjøbunnen på 0,5 – 1,5 m høyde langsetter kaifronten der hvor mudringsarbeidet var avsluttet.

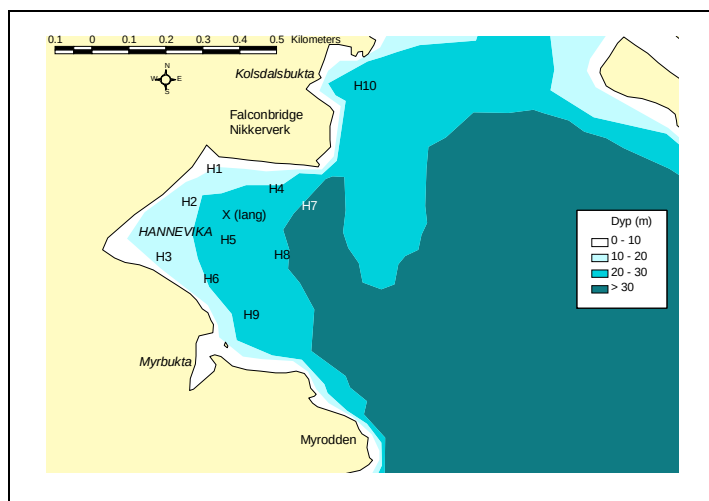
Det er mudret til 10,5 m seilingsdyp . Massene i gravekanten består av gammelt deponert jernslam med betydelig innhold av bla. a. HCB og nikkel. Denne gravekanten sto åpen for propellerrosjon mm. fra august 2003 til august 2004, da tildekking med betongmadrass ble gjennomført. Fylkesmannen antar at dette kan ha vært en viktig årsak til spredning av forurensning, men det foreligger ikke noen kvantifisering eller annen dokumentasjon på dette.

Det er i august 2004 gjennomført korregerende tiltak for å stanse alle tilførsler. For hovedprosjektet i Hannevika er det gjennomført ekstra tildekking av to små, grunne bukter mot vest som tilleggsoppdrag. Ved Falconbridge er det i tillegg til betongmadrass under kaia gjennomført supplering av tildekkingslag (delvis som reklamasjon). Det er også så vidt startet arbeid med korregerende tiltak for hovedprosjektet. Dette vil kunne fortsette i 2005 ved tilgang på egnede dekkmasser og økonomiske midler.

Det foreligger flere rapporter med erfaringer fra prosjektet, og vi viser spesielt til de tekniske sluttrapportene. Disse finnes på vår hjemmeside.

2.8.3 Resultater på kart

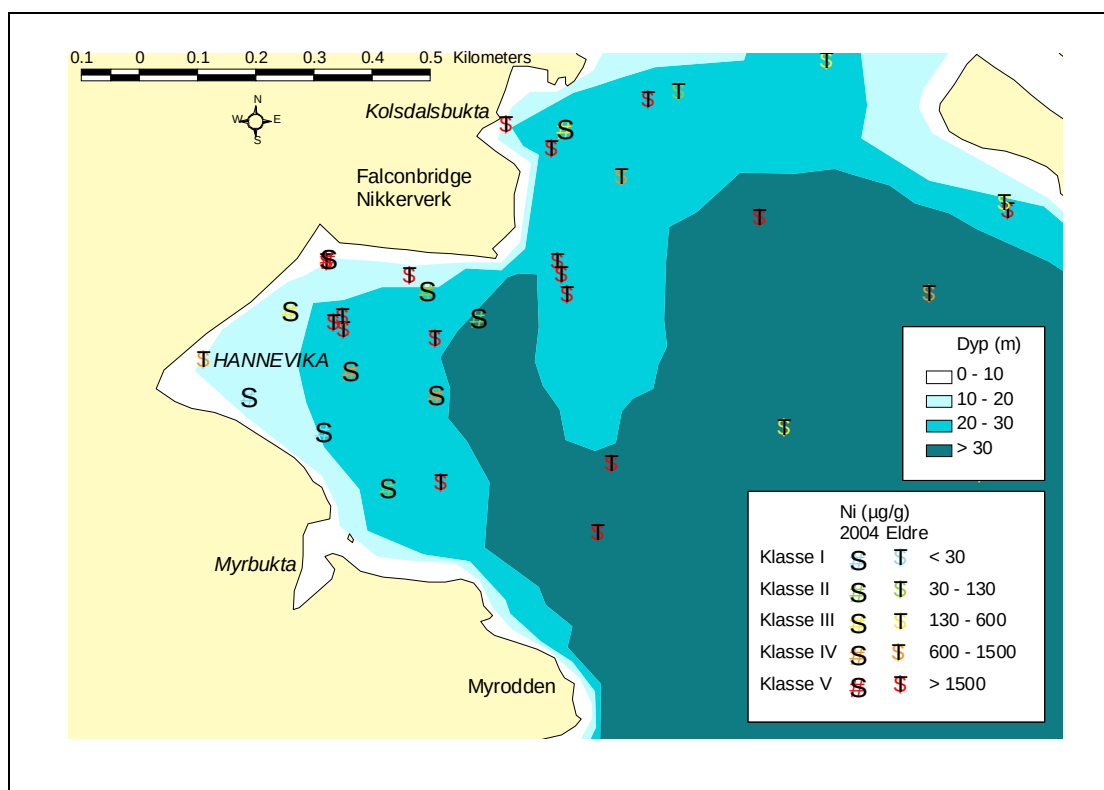
NIVA tok 10 sedimentprøver av topplaget i tildekket område i januar 2004, dvs. etter at tildekkingen var ferdig, men før supplerende tiltak sommeren 2004. Stasjonsnummer går fram av kart 1. Det er analysert på en rekke stoffer på alle 10 stasjoner, og for dioksin på stasjon 5.



Kart 1: Stasjonsplassering – sedimentprøver etter tildekking.

Resultatene for nikkel (kart 2) er representativt for de mest typiske ”Falconbridge-stoffene”, dvs, Cu, Pb, og HCB. Trekanter viser før-tilstanden. Konklusjonene her er:

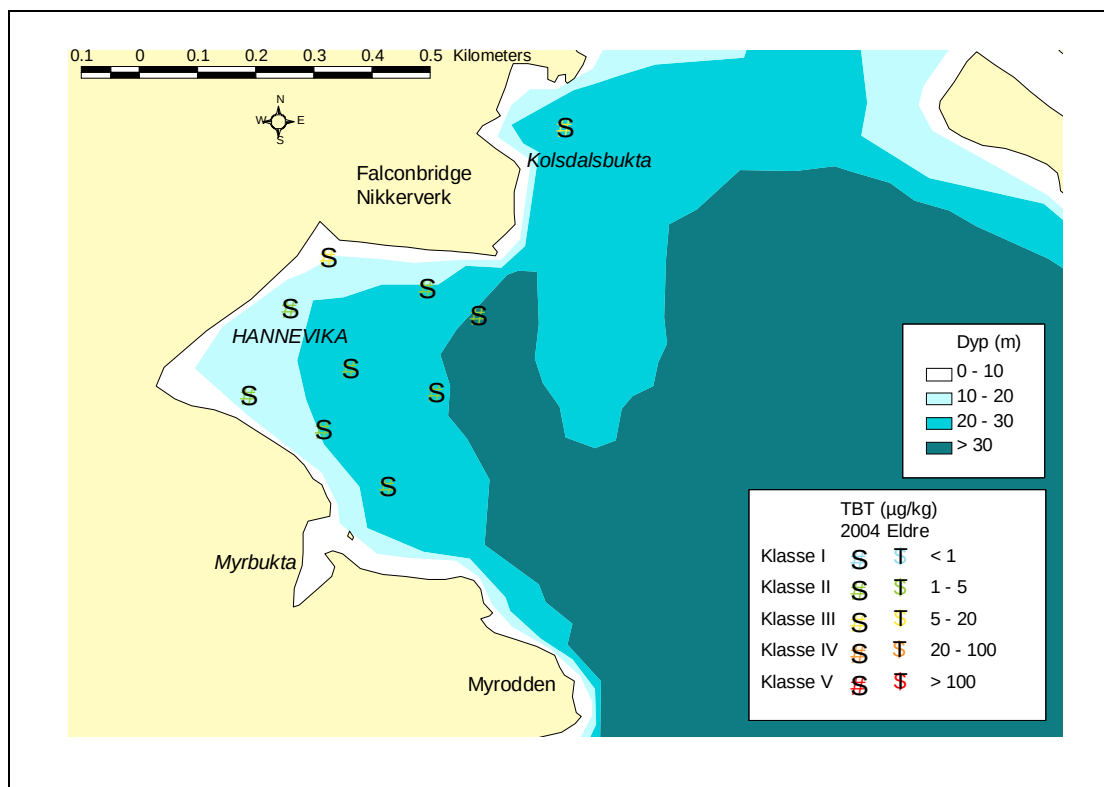
- Stasjonene 3, 6 og 9 viser at tildekking har fungert – her er det blitt rent!
- Stasjon 1 avdekker et hull i tildekking – opprinnelig overflate er prøvetatt. Bekreftet ved dukking med video-opptak.
- Øvrige stasjoner i hovedbukta: Det er kommet et tynt nytt forurenset lag oppå tildekkingen, jf. omtale ovenfor. Stasjon 5 viser klasse IV for dioksin. Stasjon 4 og 7 er minst skadet, muligens pga. utlegging av noe ren masse her svært sent i prosjektet.
- Stasjon 10 i Kolsdalsbukta – tildekkingen har virket, men ikke nådd lenger ned enn til kl III. Antatt årsak er randsoneproblemer, jf. kart D i vedlegget.



Kart 2: Fordeling av nikkell i overflatesedimentene (0-2 cm) i Hannevika etter tildekking basert på SFTs klassifisering av miljøtilstand.

Kartet for TBT (kart 3) viser situasjonen for øvrige stoffer som ikke er relatert til nikkellverket (Hg, Cd, og Cr, samt forsåvidt PCB7). Det samme antas å gjelde for PAH, som ikke er analysert. For disse stoffene er det blitt rent (klasse I og II) på alle stasjonene. Eneste unntak er klasse III for TBT på stasjon 1 (ikke tildekket) og stasjon 10 (randsone).

PCB7 opptrer i dette materialet på samme måte som de stoffene som ikke er relatert til nikkellverket. Før-situasjonen i Hannevika for PCB7 var i hovedsak klasse III, mens det nå er klasse I. Nikkellverket har hatt og har fortsatt små utslipp av PCB-er, bl.a. av de såkalte non-ortho-variantene som virker på samme måte som dioksin, og inngår i toksisitetsekvivalenten for dioksin. Disse utslippene inneholder ikke store mengder av de 7 molekyl-variantene som inngår i analysemetoden "seven dutch" (PCB7). Det er 210 mulige molekyler i gruppen PCB.



Kart 3: Fordeling av TBT i overflatesedimentene (0-2 cm) i Hannevika etter tildekking basert på SFTs klassifisering av miljøtilstand. (Det eksisterer noen få tidligere data fra havnebassenget som ikke er med i dette kartet. Disse viser kl III – V for TBT.)

3 VIKTIG LÆRDOM FRA PROSJEKTET

3.1 Faglige problemstillinger

3.1.1 Planlegging av prosjektet – helhet og riktig rekkefølge

I Hannevika-prosjektet har det vært en spesiell kompliserende faktor at ”spillereglene” for sedimentrettede tiltak ble dramatisk endret gjennom ny miljøpolitisk satsing midt i overgangen mellom planlegging og iverksetting av tiltaket. Samtidig var gjennomføringen bundet opp av tidsfristene i arbeidet med ny E18. Vi tror likevel at våre erfaringer på dette området er verd å merke seg også mer generelt, og at de fleste prosjekter kan bli rammet av ulike typer uheldige rammebetingelser. Vår erfaring ut fra sammenligning av flere ulike sedimentprosjekter, og ikke bare Hannevika spesielt er:

- Helhetlig plan. Sedimenttiltak er et nytt arbeidsfelt, og det er en hel rekke kompliserende og til dels uklare forhold. Grundig arbeid med planleggingen av tiltaket, og klare svar på utfordringene på forhånd er nødvendig, og vil spare kostnader. Det bør avsettes mer tid og ressurser i denne fasen enn praksis hittil.
- Kontroll med landbaserte kilder. Erfaringen er at dette ikke alltid er tilfelle. Grundige kartlegginger av sedimentene vil ofte avdekke nye ukjente aktive tilførsler. Det må avsettes tid i framdriftsplanen til å håndtere dette.
- Grundig vurdering av avgrensningen av tiltaksområder. Randsoneproblematikk må fokuseres. Er tiltaket avgrenset mot andre arealer slik at det ikke blir ødelagt etter kort tid? Er området håndterbart i anleggsfasen?

- Prioritering av områder og rekkefølge av tiltak. Dette er et hovedmoment etter vårt syn. Det er viktig å oppnå en god rekkefølge av del-tiltak, slik at det ene arbeidet ikke motvirker eller hindrer det andre.

3.1.2 Organisering av arbeidet

Både Hannevika og øvrige sedimentrelaterte prosjekter i fylket er preget av ”spleiselag”, og prosjektene har behov for koordinering og samarbeid i mange retninger. Ofte er flere konsulenter og flere entreprenører inne samtidig. Selv om samarbeidet er godt, kan det oppstå problemer pga. uklar ansvarsfordeling. Vi har følgende anbefalinger:

- Det må avklares svært tydelig hvem som er byggherre, og at vedkommende aktør har fullt ansvar. Samarbeidsgrupper må frikoples fra den direkte beslutningslinja.
- Entreprisen bør (i alle fall for større prosjekter) deles i tre uavhengige oppdrag med ulike utførende firmaer:
 - a. den som utfører selve arbeidet (entreprenøren)
 - b. den som kontrollerer og dokumenterer at arbeidet faktisk er utført som forutsatt. Egenkontroll av entreprenør som eneste dokumentasjon bør unngås³.
 - c. den som står for miljøfaglige undersøkelser og dokumentasjon før, under og etter arbeidet.

Alle tre bør i utgangspunktet møte i byggemøtene – også miljøansvarlig, da erfaringen er at uventede forhold oppstår under arbeidet, og at man fra teknisk hold da ofte vil velge andre løsninger enn naturlig sett fra miljøsynspunkt. Ofte bør også overvåkingsprogrammet endres tilsvarende.

- Så langt mulig bør det bare være 1 utførende entreprenør som arbeider til enhver tid, og denne bør ha helhetlig ansvar.

3.1.3 Dokumentasjon, overvåking og kontroll

I pilotprosjektet i Kristiansand har vi hele tiden lagt betydelig vekt på å dokumentere effekter av tiltak. Erfaringene så langt drar likevel entydig i retning av at det er nødvendig å øke ressursbruken på dette feltet betydelig, for at man skal samle kunnskap som er sikker nok til å brukes mer generelt. Et hovedproblem er å få god nok kvalitet på de opplysningene som samles. Vår erfaring er at en svært kritisk holdning er påkrevd. Både dykking og annet feltarbeid er kostbart. Det samme gjelder kjemiske analyser, tross reduserte priser senere år. Det er viktig at de data som samles gir så god informasjon som mulig for et gitt budsjett. Kravet må alltid være at opplysninger skal være objektive og dokumenterte. Spesielt større overvåkingsprosjekter og før/etterundersøkelser bør legges opp med sikte på at konklusjoner skal være statistisk signifikante etter vanlige vitenskapelige regler. Et lite antall sedimentprøver før/etter med unøyaktige koordinater, tatt til ulik tid med ulik metode og ulike laboratorier kan neppe gi særlig nyansert informasjon. Vi tar med dette ikke stilling til fordelingen av utgifter på aktuelle aktører eller størrelsen på den totale ressursbruken.

En vanlig dykker-rapport som er skrevet i ettertid basert på dykkerens visuelle observasjoner oppfyller etter vår mening ikke kravene ovenfor. Tids-, retnings-, dybde- og koordinat-bestemte stillbilder og/eller video-opptak vil være standardkravet. Dykkeren må ha et spesifisert oppdrag med klare kriterier for hva som skal sjekkes. Det er en stor fordel om det kan brukes dykker med biologisk eller teknisk kompetanse. Vår erfaring fra Hannevika er at

³ Dette betyr på ingen måte at vi har dårlige erfaringer med våre entreprenører. Men graden av nøyaktighet og uavhengig dokumentasjon som kreves i miljøoppryddingsprosjekter er nytt og annerledes enn i mange andre undervannsarbeider, og tilsier en slik organisering.

bruk av ROV ifbm. etterkontroll gir mer og bedre informasjon pr krone enn dykking når det er dypere enn 10-15 m.

Vi har ut fra dette to konkrete anbefalinger:

- a. Før-etter dokumentasjon: Det må være et krav i alle sedimentprosjekter hvor miljøopprydding er et vesentlig element at det tas et rimelig tett rutenett med prøver både før og etter arbeidet. Det bør tas langt flere prøver for fryselagring enn man analyserer kjemisk i første omgang. Antallet analyser og parametere kan så tilpasses i en skrittvis strategi til forholdene er avklart.
- b. Langsiktige overvåkingsstrategier, spesielt ifht. kostholdsråd, må legges opp til å kunne gi statistisk signifikante utsagn om endringer over tid. Dette krever at prøvetakingsstrategien bygger på forhåndsberegninger av statistisk utsagnskraft ved alternative stasjonsnett og gjentakshyppighet.

Det kan være konflikt mellom slik kvalitetssikring og kostnadene, men vi mener disse momentene bør legges til grunn for å sikre et best mulig resultat innenfor et hvert tilgjengelig budsjett.

Vi utviklet i Hannevikaprojektet et fastmerke som det ble satt ut 60 stk av i et rutenett på bunnen før tildekking. Merket besto av en 50*50 cm jernplate, med en 1 m målestav oppå, med 2 m tau til en plastblåse. Merkene ble sluppet fra båt. Hensikten var å dokumentere tykkelsen på tilført masse, samt å bruke merkene til nøyaktig innmåling for å sjekke utglidninger og setninger. Erfaringene var blandet, da det viste seg noe vanskelig for dykkerne å finne igjen merkene på så vidt stort dyp (25-30 m), samt at flere merker var kantret, antakelig pga. selve dumpingene ved lass med dårlig masse. Entreprenøren Agder Marin har gode erfaringer med slike merker i andre prosjekter, og foreslår å bruke en tykkere og tyngre jernplate. Alternativt kan man tenke seg en pigg under platen som kan stikkes godt fast i underlaget. NGI har brukt 21 av fastmerkene til nøyaktig innmåling med ROV m/GPS i to omganger for å se på geoteknisk stabilitet. Det er dokumentert at ikke større utglidninger har skjedd. Ut fra en mer allmenn og ikke geoteknisk fagkompetent vurdering fra pilotprosjektets side stiller vi likevel spørsmålsteget ved om metoden her er nøyaktig nok til formålet. Vi mener vel at metoden bør utvikles videre til et ev. nytt prosjekt for å kunne forsvare kostnadene. Bruken av fastmerker for visuell kontroll bør uansett videreføres.

Et annet problematisk tema i sedimentarbeidet er løpende miljøovervåking under arbeidet, spesielt ved mudring/dumping. Vår oppfatning basert på både egne og andres erfaringer er at enkle turbiditetsmålinger i praksis har begrenset verdi. Disse må være knyttet til et helhetlig opplegg med aksjonsterskler og meningsfulle og realistiske tiltak som faktisk kan settes i verk dersom tersklene overskrides. Dette synes ofte ikke å være tilfelle. I Hannevika ble det etter intensiv oppfølging ved NIVA av prøvedumpingene i 1998 besluttet å ikke måle turbiditet under arbeidet. Innsamlede blåskjellprøver vil gi noe informasjon om samme forhold.

3.1.4 Beslutningsgrunnlag

Hannevika var før tiltak et åpenbart høyrisiko-område, med store mektigheter og ekstreme konsentrasjoner av dioksiner og en rekke andre prioriterte miljøgifter. Gradienter i sedimentene viser at det har vært en kraftig spredning utover i fjorden, og lave konsentrasjoner kan måles ”nedstrøms” vestover langs kysten. Forurensingstilstanden og effekten på biologien i Hannevika og fjorden for øvrig er godt dokumentert over tid, inkl. opptak og anriking i byttedyr for fisk. Fylkesmannen i Vest-Agder, SFT, samt MD i klagebehandlingen, har derfor lagt til grunn at det er et ”ikke-angre-tiltak” å gjennomføre en

lavkostnads tildekking her, inkludert mer kostbare tiltak langs nikkilverkets kaier. Tilleggsundersøkelser vedrørende geoteknisk stabilitet og propellerrosjon mm. ifbm. oppstarten av tildekkingsprosjektet gjør at beslutningsgrunnlaget er godt. Men det er klart at noen egentlig risikovurdering med kvantifisering av spredning og spredningsveier ifht. kostholdsrådene mm. ikke er gjennomført. Dette kompliserer arbeidet med å dokumentere effekter i før-etter perspektiv. Slik dokumentasjon bør selvsagt søkes inkludert i framtidige prosjekter.

Spesielt fra industrisiden har det også gjennom hele prosjektet vært etterspurt mer konkrete samfunnsøkonomiske nytte/kostnadsvurderinger av tiltak i sedimentene. Det går fram bl.a. av dokumentene ifbm. pålegg og klagesaksbehandling av tiltakene langs kaiene til Falconbridge Nikkelverk. Myndighetenes svar på dette har vært at miljøgiftproblemet sammen med klimaendringer og tap av biologisk mangfold er et globalt miljøproblem som truer menneskenes livsgrunnlag på lengre sikt, og hvor man etter veletablert norsk miljøpolitikk derfor i stor grad skal gjennomføre tiltak ut fra føre-var-prinsippet. Tiltakene skal likevel være vurdert i et nytte-kostnadsperspektiv, og framstå som rimelige og begrunnede. Myndighetene har ment at dette åpenbart var oppfylt for Hannevika sin del. Ny kunnskap om både kostnadene ved tiltak og effektene av dem i miljøet, vil etter hvert gi grunnlag for noe mer kvantifiserte nytte/kostnads betraktninger, men et komplett regnestykke synes knapt mulig på overskuelig sikt.

3.2 Praktisk gjennomføring

Hovedresultatet er at metoden har virket som forutsatt. Den er enkel og billig, og har ikke utløst ras eller andre problemer i et geoteknisk svært problematisk område.

Av mindre, konkrete forhold nevner vi:

- *Siltskjørt:* Her har Falconbridge-prosjektet gitt verdifulle erfaringer. Den gode erfaringen er at to ulike siltskjørt med to ulike duker fra to ulike leverandører fungerte utmerket og holdt tett ved graving i særlig finkornede og vanskelige sedimenter, ved vanddyp mellom 10 og 20 meter og diameter 50 meter. Den dårlige erfaringen er at den første utgaven sprakk, ved at de vertikale sømmene i duken revnet. Som bildet i avsnitt 2.6.2.2 viser, ble duken spent utover, som om det skulle vært et overtrykk på innsiden. Testing viste ingen feil på produktet. Utgave nr 2 var grovere og ble montert med horisontale sømmer. Denne fungerte uten problemer. Det ble da også presisert at grabben ikke skulle løfte sedimenter opp fra bunnen.
- *Type dekkmasse:* Erfaringene viser at sand er best egnet som dekkmasse med hensyn til kontrollert utlegging og et jevnt lag på bunnen. Finkornet masse i siltfraksjonen er vanskeligere å fordele jevnt utover og gir et ujevnt dekklag på bunnen. Siltholdig masse bør bare aksepteres hvis det første tildekkingslaget er utført med egnet sandmasse. Innblanding av stein er problematisk og medfører ujevn dumping av masser.
- *Egnethet:* Metoden med spredning av dekkmasse ved hjelp av fallbunnslekter trukket av slepebåt synes velegnet når der er egnet dekkmasse i form av sand og dypet fortrinnsvis er større enn 10 m. Metoden er mindre egnet i trange farvann nær land, hvor det er vanskelig å manøvrere taubåt og lekter med jevn fart.
- *Bunnforhold – utjevning av deponerte gravemasser før tildekking:* Der opprinnelig bunn av ulike årsaker er ujevn, kreves det et tykkere lag med dekkmasse. Der hvor ujevnheter stikker opp, vil dekkmassen skli ned på sidene, slik at toppen av ujevnheter stikker opp over dekklaget. Dette problemet oppsto på det arealet utenfor indre del av

vestre kai ved Falconbridge hvor oppgravde masser var lagt ned med lukket grabb for overdekking med sand. Antakelig burde man jevnet ut arealet med grabben etter at gravingen var ferdig (før tildekking).

- *Søppel*: I områder hvor sjøbunnen er dekket med søppel og skrot, bør det vurderes å rydde denne først, spesielt like utenfor kaianlegg mm. Dette ble utført langs nikkilverkets kaier, men ikke ellers i Hannevika.
- *Kontroll*: Erfaringene her viser at det er viktig å kontrollere at arbeidene er fullstendige og vellykkede før entreprenøren er helt ferdig med arbeidene sine, da kostnadene ved ny mobilisering for oppretting i ettertid er vesentlige.

3.3 Kommunikasjon/informasjon/myndighetskontakt

Sedimenter er et nytt arbeidsfelt i miljøvernpolitikken, og det er viktig å bruke noe tid på å etablere en riktig og felles rolleforståelse rundt prosjektene. Vår erfaring er at samarbeidet går lett når rollene er avklart. Oppgavedelingen mellom Fylkesmannen og SFT må klargjøres, da den ikke er innlysende sett utenifra.

En viktig enkelterfaring fra et annet delprosjekt i Kristiansand er at alle tillatelser og krav etter forurensningsloven må foreligge og være forstått av tiltakshaver, før anbudsgrunnlag og kontrakter utarbeides. Hvis forurensningsmyndigheten i ettertid stiller krav som bryter med inngåtte avtaler, kan tiltakshaver lett pådra seg helt unødvendige kostnader og problemer. Videre har det vist seg nødvendig at forurensningsmyndigheten stiller relativt detaljerte og strenge krav til nøyaktighet i utførelsen av arbeidet, og har høye ambisjoner for dokumentasjonen. Tiltakene i Hannevika har ikke krevd behandling etter plan og bygningsloven. Andre prosjekter har vist at slik behandling er en betydelig usikkerhetsfaktor, spesielt ifht. framdrift.

3.4 Økonomi

3.4.1 Nøkkeltall – enhetskostnader

Nøyaktige erfaringstall for kostnader ved ulike tiltak er ikke lett å framskaffe. Dels vil de private aktørene være noe tilbakeholdne vedrørende deler av informasjonen, dels er det spesielle omstendigheter ved alle prosjekt som hindrer full generalisering. De ”administrative” kostnadene ved forundersøkelser, prosjektering, etterkontroll, miljøovervåking, prosjektadministrasjon, anbudsrunder mm. kommer i tillegg til de oppgitte kostnadene i tabellen. Tallene er anslag basert på erfaringene i prosjektene, jf. de tekniske sluttrapportene fra kommunen og nikkilverket.

Tildekkingstiltak	Enhetskostnad eksklusiv mva.
Minimum 25 cm sand uten duk, Hannevikametoden	Totalkostnaden i Hannevikaprojektet for lasting av lekter, sjøtransport og utlegging var ca 30 kr pr m ³ , eller ca 15 kr pr m ² siden laget ble nesten 50 cm her. Framover anslår entreprenøren 40 kr pr m ³ eller 16 kr pr m ² ved 40 cm lagtykkelse vil være en normal pris. Ev. utgifter til kjøp av massen og transport til kai kommer i tillegg.
Plastarmert geotekstilduk med minimum 30 cm pukk oppå	200 kr/m ²
Betongmadrass, mindre enheter + industriglidelås, 7-12 m dyp	I overkant av 450 kr/m ²
Betongmadrass, store enheter, 15-27 m dyp	Mer enn 500 kr/m ² . Dykkerarbeidet var kostnadsdrivende pga. dyp.

3.4.2 Ansvar, totalkostnader og betalingsevne

Arbeidet i Kristiansandsfjorden foregikk lenge som et frivillig samarbeid, der både de private og ulike offentlige partene bidro med betydelige midler til kartlegging med identifisering av kilder, og til utarbeidelse av felles tiltaksplan for fjorden med rangering av områder osv., i et spleiselag hvor også SFT gikk inn med midler. Det er enighet i gruppa om at et slikt opplegg basert på frivillig medvirkning er samfunnsmessig svært fordelaktig. Generelt kan partene begrunne slik deltakelse med både samfunnsansvar og egen prioritering av miljøhensyn mm., og ved at felles undersøkelser ofte være økonomisk fordelaktig ifht. flere isolerte kartlegginger i regi av den enkelte.

Vi antar imidlertid at det vil gå en grense for det frivillige samarbeidet om lag på dette trinnet i prosessen, slik at gjennomføring av tiltak normalt må skje i regi av en ansvarlig forurensner om en slik finnes. I Kristiansand har de fleste problemene en åpenbar og betalingsdyktig kilde, som i alle fall til en viss grad har akseptert ansvar for opprydding (Forsvaret, Falconbridge, Elkem). Sedimentrelaterte kostnader er i størrelsesorden 10 mill kr for både forsvaret og nikkelverket. Hannevikaprojektet (utenfor kai-nær del) er gjennomført som et frivillig spleiselag, uten at de lokale partene (kommunen og nikkelverket) har erkjent formelt ansvar.

4 GJENSTÅENDE KUNNSKAPSHULL

Følgende forhold er identifisert:

- langsiktig utvikling miljømessig
 - o endelig bilde av kvaliteten på ny overflate etter supplerende tiltak (2005)
 - o kvalitet av nytt "normalt" sediment = effekt av dagens lovlig løpende utslipp
 - o grad av ny forurensning på tildekket område ved inntransport av forurenset sediment fra ikke tildekket areal – dypere og grunnere områder
 - o langsiktig tetthet av tildekkingslag
 - o reetablert dyre- og planteliv – biodiversitet og miljøgiftinnhold
- teknisk holdbarhet av tiltakene
- geoteknisk utvikling
- ankring, propellersjon, andre menneskeskapte skader på tildekking
- vedlikeholdsbehov

- effekt på miljøtilstanden i fjorden - kostholdsråd

Det er planlagt oppfølging framover for å besvare disse spørsmålene gjennom etterundersøkelser som matcher foreliggende forundersøkelser. Arbeidet med optimalisering av et dioksinovervåkingsprogram for fisk og skalldyr er i gang i NIVA.

5 OPPSUMMERING – HOVEDKONKLUSJON:

Stikkordene nøyaktighet, dokumentasjon og kontroll synes sentrale og vesentlige i en helt kort oppsummering av erfaringene fra sedimentarbeidet til nå. Våre anbefalinger er bl.a.:

- Det er viktig å planlegge prosjektene omhyggelig, og ha en kritisk og detaljorientert holdning på forhånd. Det må tas høyde for uforutsette hendelser og problemer.
- Detaljert kartlegging av sedimenter vil ofte avdekke ukjente aktive tilførsel fra land. Det bør tas høyde for dette i framdriftsplanene.
- Dokumentasjon av teknisk gjennomføring av undervannsarbeider bør settes ut som egen entreprise/oppdrag.
- Miljøovervåking før – under – etter tiltak bør settes ut som egen entreprise, inkludert løpende oppfølging av ”senior” med bred kompetanse!
- Miljøoppryddingsprosjekter synes å stille større krav til nøyaktighet underveis i anleggsarbeidet enn i annet undervannsarbeid. Dette skaper utfordringer både for utførelsen av selve tiltaket og for overvåkingen.
- Det er viktig å bruke tilstrekkelig tid på å etablere en felles rolleforståelse.

Vi anbefaler å betrakte tildekking med billige masser som en nærmest kontinuerlig aktivitet for framtida – og tror dette vil gi god effekt på lang sikt.

6 REFERANSER

De viktigste dokumentene vedr. Hannevika og Falconbridge er referert her. For fullstendige og oppdaterte lister med link til fulltekstversjonen, se <http://www.kristiansandsfjorden.no>.

Forundersøkelser/beslutningsgrunnlag

- Rapport fra prøvetildekking i Hannevika 1998. LNR 4010-1999, NIVA, Oslo, 46 s.
- Sedimentkartlegging for tiltaksplan for opprydding i forurensede sedimenter i Kristiansandsfjorden. LNR 4371-2001, NIVA, Oslo, 42 s.
- Tiltaksanalyse for opprydding i forurensede sedimenter i Kristiansandsfjorden. Det norske Veritas, rapport nr 2001-0807. Oslo. 102 s. + vedlegg.
- Risikovurderinger knyttet til forurensede sedimenter med vekt på Kristiansandsfjorden. TA1864/2002, NIVA/SFT, Oslo, 106 s.
- Oppvirvling og spredning av forurenset sediment på grunn av skipstrafikk. TA1869/2002, NIVA/SFT, Oslo, 144 s.
- Grunnlagsinformasjon for tildekking i Hannevika. Sørlandskonsult, NGI, NIVA. 420.498/LBC/ESO, 2002, Kristiansand, 32 s.
- Forslag til tiltak ved vestre kai og søknad om utslippstillatelse. Sørlandskonsult for Falconbridge Nikkelverk. 2667.417/LBC/EH, 2003, Kristiansand, 13 s. + vedlegg.
- Risiko for spredning av miljøgifter ved oppankring av skip over forurensede bunnsedimenter. LNR 4643-2003, NIVA, Oslo, 42 s.
- Miljøtilstanden i Hannevika og Vesterhavn før tildekking av forurensede bunnsedimenter. LNR 4915-2004, NIVA, Oslo, 31 s.
- Import av marin sand ved tildekking av sediment. Vurdering av fare for introduksjon av fremmede arter. LNR 4815-2004, NIVA, Oslo, 38 s.

Framdriftsrapportering og etterkontroll

- Årsrapport 2002 for tildekkingsprosjektet i Hannevika. Sørlandskonsult, 2003, Kristiansand, 17 s.
- Supplerende sedimentundersøkelser i Kongsgårdbukta, Bredalsholmen og Hannevika i 2004. LNR 4854-2004, NIVA, Oslo, 50 s.
- Hannevika tildekking - teknisk sluttrapport. Sørlandskonsult, 0420.444/LBC/EH, september 2004, Kristiansand, 27 s. + vedlegg.
- Tildekkingstiltak østre og vestre kai - teknisk sluttrapport. Sørlandskonsult/Falconbridge Nikkelverk, 2667.417/LBC/EH, April 2004, Kristiansand, 23 s.
- Tildekking under vestre kai - teknisk sluttrapport. Falconbridge Nikkelverk, september 2004/HAE, Kristiansand, 22 s. + vedlegg.
- Etterkontroll 16.04.04 – dykkerrapport Hannevika. Bio-consult, 2004, Kristiansand, 13 s.
- Rapport fra uhellsutslipp ved graving utenfor vestre kai 14.08.03. Sørlandskonsult/Falconbridge Nikkelverk, 2667.417/LBC/EH, 2003, Kristiansand,

Pålegg og tillatelser

Område	Vedtak	Dato	Myndighet
Hannevika	Tillatelse med vilkår for tildekkingsprosjekt Hannevika	26.04.02	FM
	Fylkesmannens merknader til klage fra miljøorganisasjoner over tillatelse til tildekking i Hannevika	06.06.02	FM
	Klageavgjørelse fra SFT vedrørende Hannevika	21.02.02	SFT
Falconbridge	Pålegg om opprydding i forurensede sedimenter ved kai	16.05.02	SFT
	Klageavgjørelse vedrørende bedriftens klage over pålegg om opprydding ved kai	30.10.02	MD
	Østre kai, tillatelse med vilkår for tildekking med sand	13.01.03	FM
	Hovedtillatelse fra Fylkesmannen, oppryddingstiltak ved kai	24.01.03	FM
	Oppryddingstiltak ved kai, tilleggsvilkår vedrørende mudring og deponering	21.05.03	FM
	Oppryddingstiltak ved kai, tilleggsvilkår vedrørende utvidet mudring	11.07.03	FM
	Krav om tiltak og kartlegging etter uhellsutslipp fra mudringsaktivitet ved bedriften	18.08.03	FM
	Pålegg om tiltak under kai	07.06.04	SFT
	Ny utslippstillatelse for prosessavløp fra bedriften, inkl vilkår om kartlegging av diffuse utslipp	18.12.03	SFT

7 VEDLEGG

I vedlegget er det tatt inn kart og ortofoto som viser tiltaksområdene i pilotprosjektet. I **kart D** er avgrensingen av tildekket område og av de spesielle tiltakene langs kai vist relativt nøyaktig.

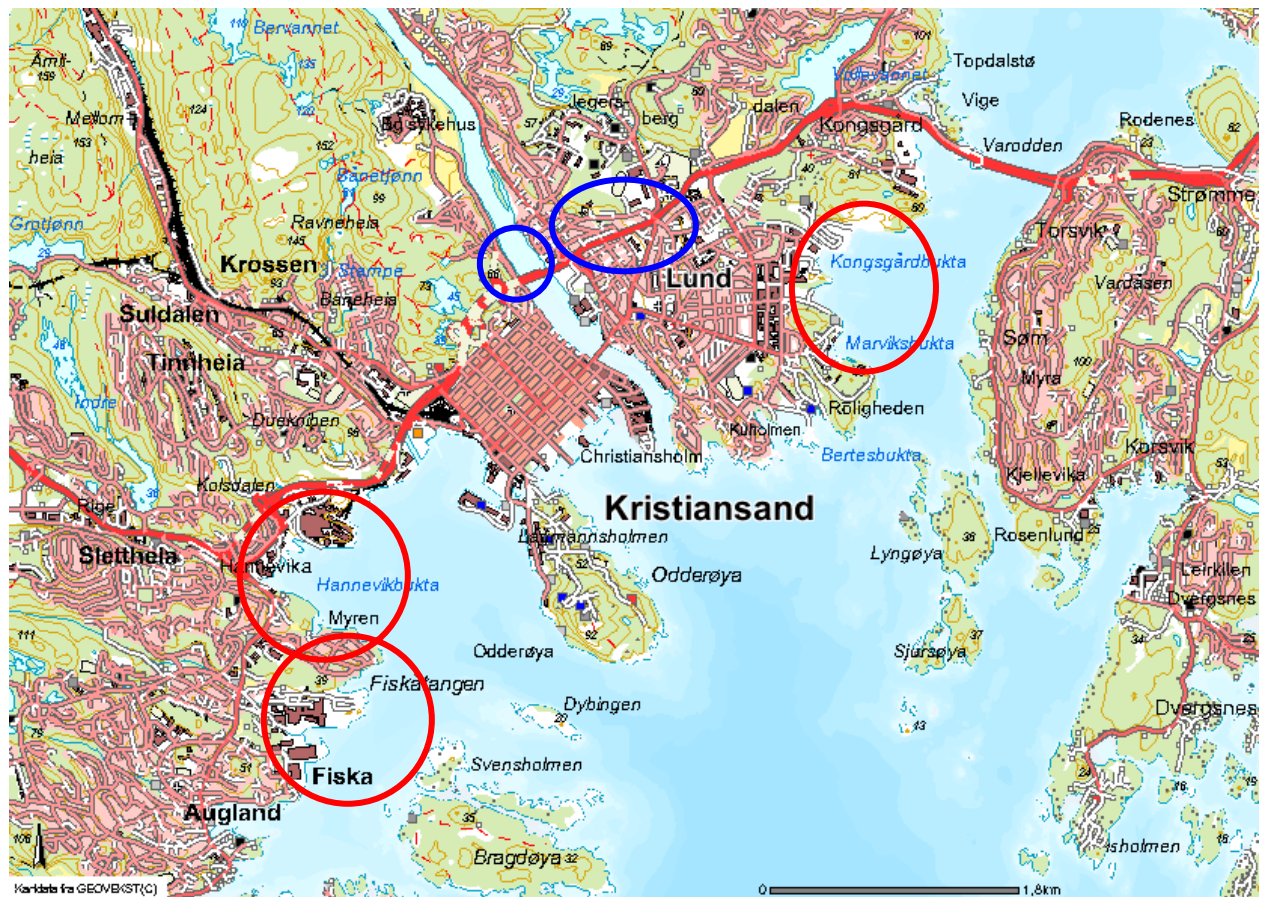
Det er også vist to bilder som viser de mest påvirkede sedimentene i Hannevika.

Forklaring til Kart A:

Blå elipse: Strekning av E18 hvor massene ble gravd ut.

Blå sirkel: Opplasting av sand i lekter.

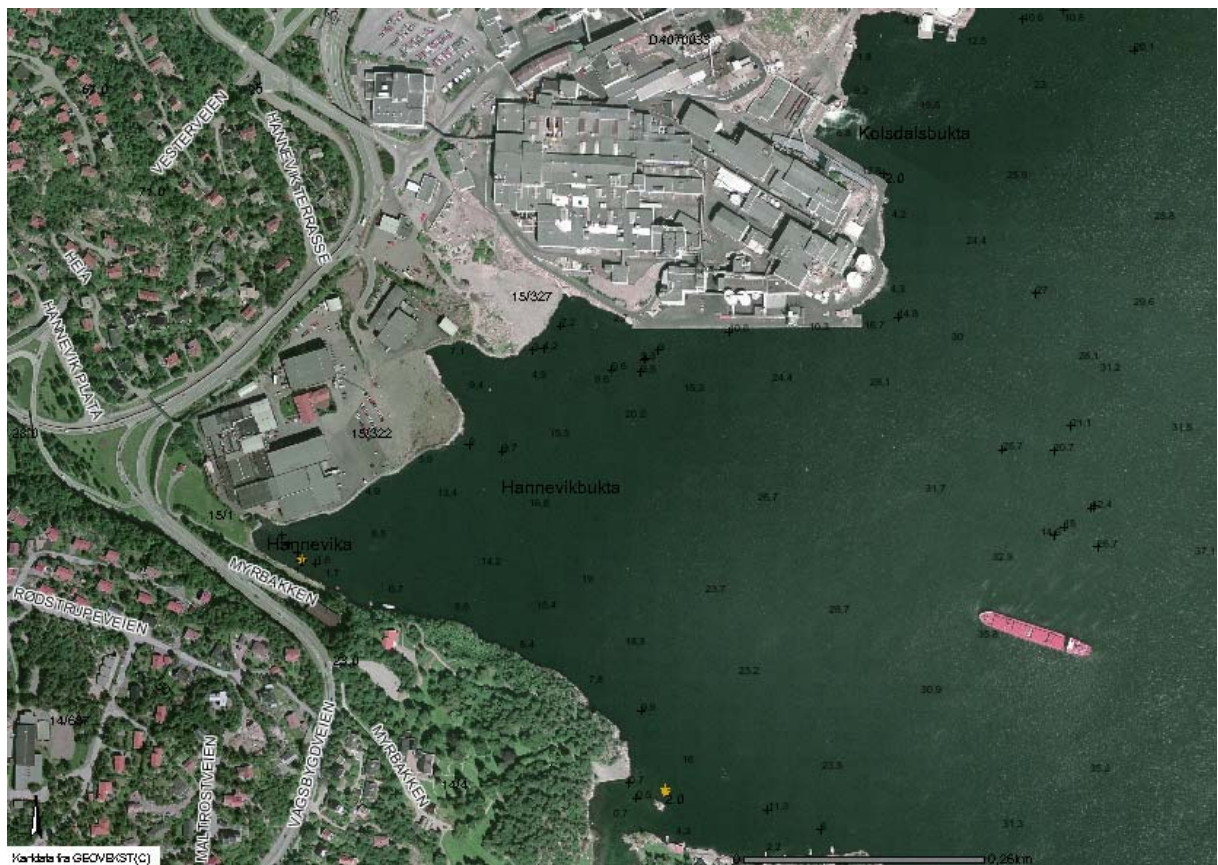
Røde sirkler: De viktigste tiltaksområdene i pilotprosjektet.



Kart A: Oversiktskart med prosjektområdene



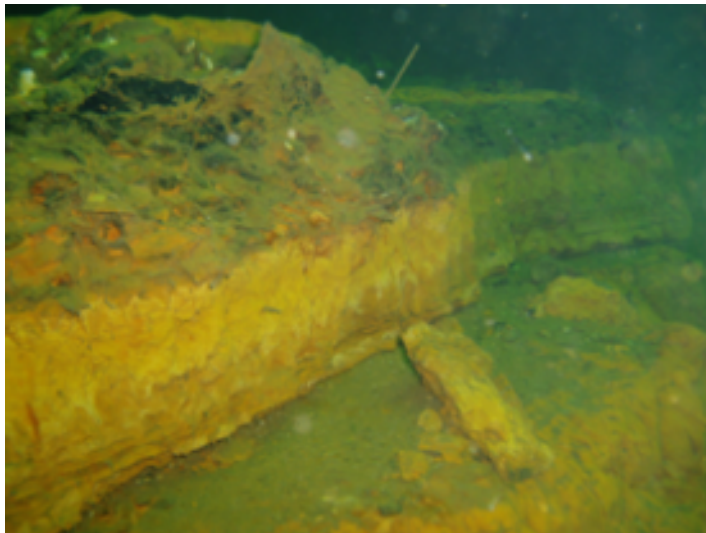
Kart B: Detaljkart over Hannevika, med dybder i meter



Kart C: Ortofoto av Hannevika



Kart D: Tildeckt område etter supplerende tiltak med prøvetakingspunktene.



Bilde av gravekant i forurenset sediment etter mudring ved nikkelverkets vestre kai. Foto: Bioconsult AS.



Figur 15. Sedimentkjerne fra sentrale deler av Hannevikbukta

Bilde av sedimentkjerne fra sentrale deler av Hannevika. Foto: NIVA.