



O - 94070

Miljøvurdering av tre
utbyggingsalternativer
for E-18 over
Bispevika og Bjørvika

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Prosjektnr.: O-94070	Undernr.:
Løpenr.: 3043	Begr. distrib.:

Hovedkontor Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47) 37 04 30 33 Telefax (47) 37 04 45 13	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	Vestlandsavdelingen Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47) 55 32 56 40 Telefax (47) 55 32 88 33	Akvaplan-NIVA A/S Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09
--	---	--	---	--

Rapportens tittel: Miljøvurdering av tre utbyggingsalternativer for E-18 over Bispevika og Bjørvika	Dato: 23/3-94	Trykket: NIVA 1994
	Faggruppe: Marinøkologisk	
Forfatter(e): John Arthur Berge Jarle Molvær	Geografisk område: Oslo	
	Antall sider: 20	Opplag:

Oppdragsgiver: Statens vegvesen, Oslo	Oppdragsg. ref.:
--	------------------

Ekstrakt:

En vurdering av miljøforholdene etter tre ulike utbyggingsalternativer for fremføring av E-18 over Bispevika og Bjørvika er utført.

Utbyggingsalternativene er:

- Senketunnel på eksisterende bunn.
- Senketunnel nedgravd i tildekket sediment og muddermasse bak en sjeté.
- Bru over tildekket sediment og muddermasse bak en sjeté.

Ut fra virkninger på vannutskifting og miljøgiftsituasjonen etter utbygging, anses en senketunnel nedgravd i tildekket sediment som det miljømessig beste utbyggingsalternativet.

4 emneord, norske

1. Vegbygging
2. Marint miljø
3. Forurensning
- 4.

4 emneord, engelske

1. Road construction
2. Marine environment
3. Pollution
- 4.

Prosjektleder

John Arthur Berge

Før administrasjonen

Torgeir Bakke

ISBN 82-577-2507-2

Norsk institutt for vannforskning

O-94070

**MILJØVURDERING AV TRE
UTBYGGINGSALTERNATIVER FOR E-18 OVER
BISPEVIKA OG BJØRVIKA**

Oslo,

19. april 1994

Prosjektleder:

John Arthur Berge

Medarbeidere:

Liv Berg
Jarle Molvær

INNHOOLD

SIDE

1. INNLEDNING	3
2. SENKETUNNEL SOM KUNSTIG TERSKEL PÅ EKSISTERENDE BUNN (ALTERNATIV 1)	7
2.1 Prinsippbeskrivelse	7
2.2 Vurderinger	7
2.2.1 Fysikk	7
2.2.2 Vannkvalitet	9
2.2.3 Utslipp av ferskvann for å bedre vannkvaliteten innenfor senketunnellen	10
2.2.4 Miljøgifter i sediment	14
2.2.5 Biologiske forhold	14
3. SENKETUNNEL NEDGRAVD I FORURENSET SEDIMENT BAK EN TETTSJETÉ (ALTERNATIV 2)	15
3.1 Prinsippbeskrivelse	15
3.2 Vurderinger	15
3.2.1 Fysikk	15
3.2.2 Vannkvalitet	15
3.2.3 Miljøgifter i sediment	16
3.2.4 Biologiske forhold	16
4. BRO BÅRET PÅ SENKEKASSER I FORURENSET SEDIMENT BAK TETTSJETÉ (ALTERNATIV 3)	17
4.1 Prinsippbeskrivelse	17
4.2 Vurderinger	17
4.2.1 Fysikk	17
4.2.2 Vannkvalitet	17
4.2.3 Miljøgifter i sediment	17
4.2.4 Biologiske forhold	18
5. SLUTTKOMMENTAR	19
6. LITTERATUR	20

1. INNLEDNING

NIVA er av Statens vegvesen, Oslo, i brev av 2. mars 1994 bedt om å foreta en vurdering av forurensningssituasjonen i Bispevika og Bjørvika etter en utbygning av E18 mellom Havnelageret og Ekebergtunnellen. Tre utbygningalternativer ønskes vurdert. Disse er:

Alternativ 1: Senketunnel på eksisterende bunn.

Alternativ 2: Nedgravd senketunnel bak en sjeté.

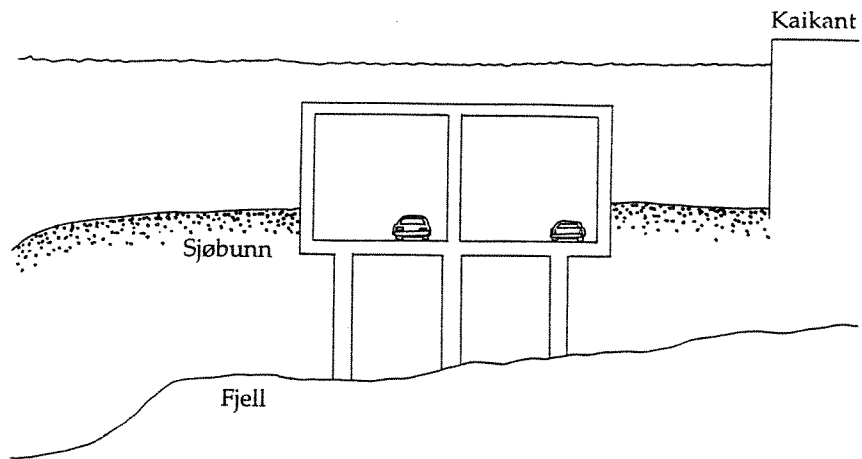
Alternativ 3: Bro.

Vurderingene er knyttet til den permanente situasjonen i nærområdet etter at utbygningen er foretatt. Eventuelle effekter av anleggsvirksomheten (inkludert mudring og dumping) er ikke en del av vurderingene.

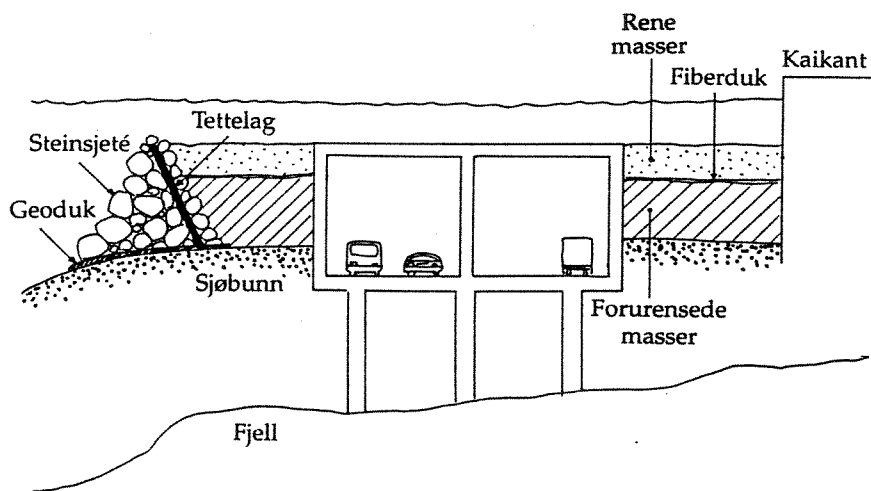
En prinsippkisse av de tre alternativene ses i figur 1 - 3. Den eksakte trasé for alternativene er ikke fastlagt, men vil ligge innenfor det avmerkede området i figur 4. Alternativ 1 og 2 vil i prinsippet gi et uforandret vannspeil i både Bispevika og Bjørvika.

Vurderingene er knyttet til utveksling av vann mellom området innenfor og utenfor de fysiske strukturer som følger med de tre utbygningalternativene, konsekvenser for de miljøgifter som befinner seg i sedimentene, og hvordan utbyggingen kan påvirke vannkvaliteten i området. En har også tatt med noen vurderinger av hvordan utbygningalternativene vil påvirke biologiske forhold i området.

Vurderingene avsluttes med en sluttkommentar der en peker på hvilke alternativ som anses som gunstigst for det marine miljø etter at anleggsperioden er over.

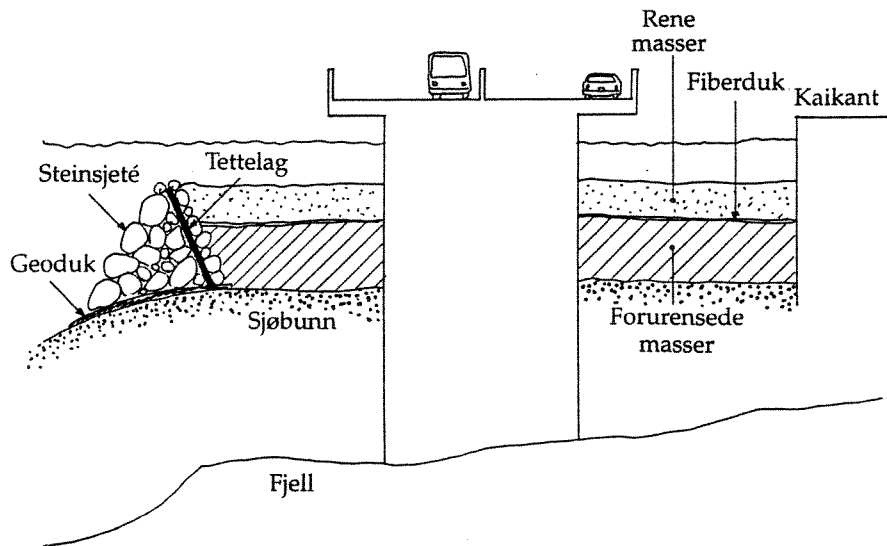


Figur 1. Alternativ 1. Prinsippskisse av senketunnel på eksisterende bunn.

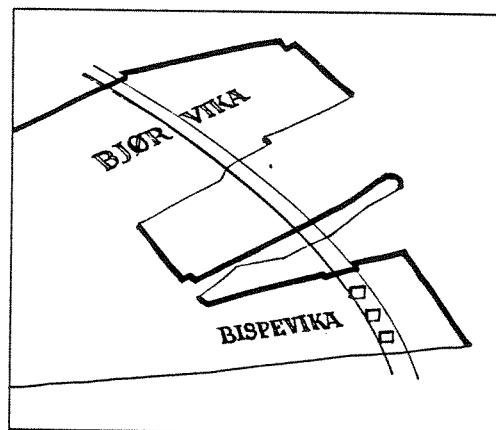


Figur 2. Alternativ 2. Prinsippskisse av nedgravd senketunnel bak en sjeté i Bispevika. NB! For Bjørvika innebærer dette alternativet samme utbygningsløsning som vist i figur 1.

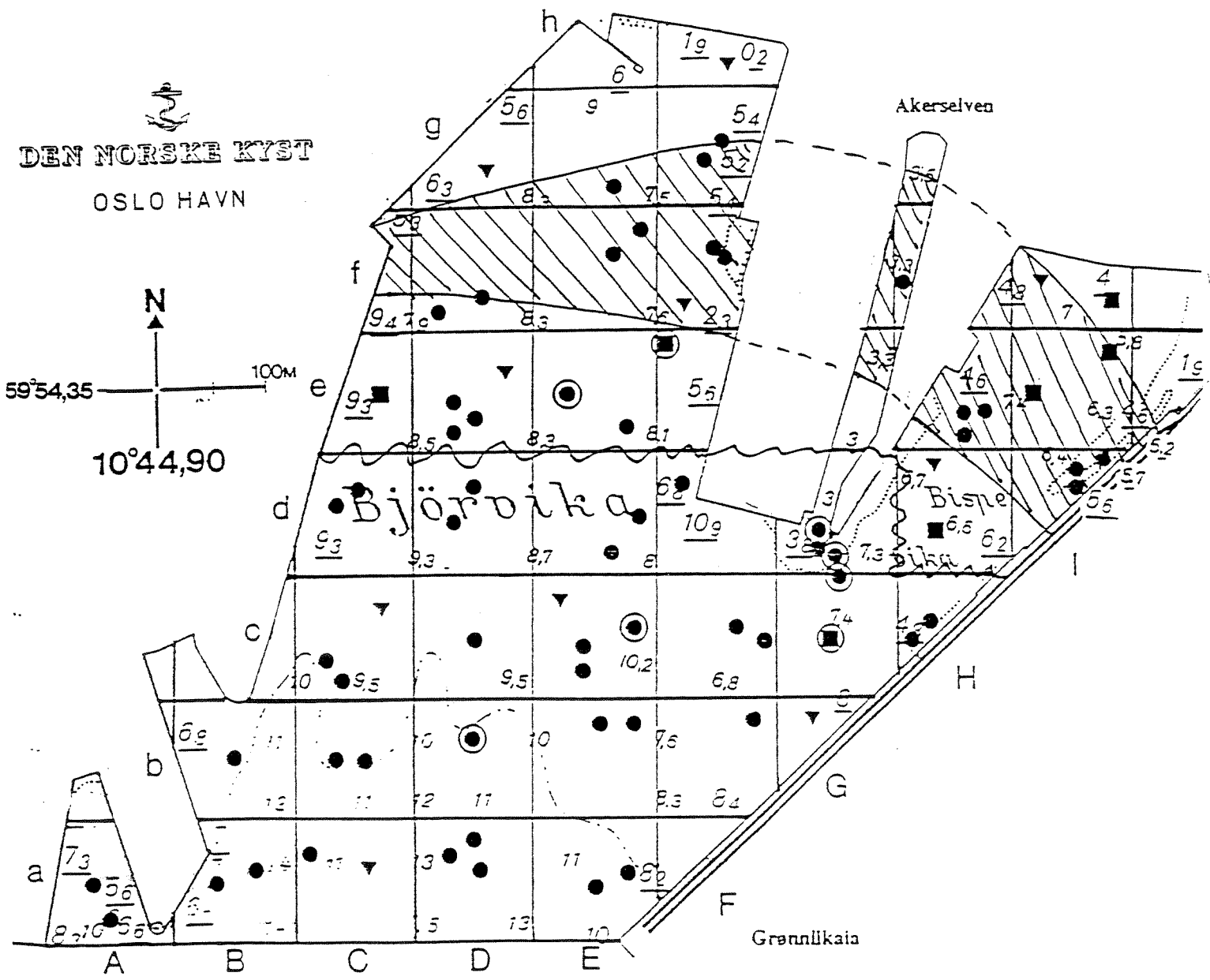
A




B



Figur 3. Alternativ 3. Prinsippskisse av bro over Bispevika, båret på rektangulære senkekasser. A = Bro plassert i deponerte fyllmasser. B = Oversiktsskisse.



 : TUNNELTRASE (YTRE BEGRENSNINGER).

Figur 4. Kartskisse over Bjørvika og Bispevika med avmerket trasé for senketunnel/bro (ytre begrensninger).

2. SENKETUNNEL SOM KUNSTIG TERSKEL PÅ EKSISTERENDE BUNN (ALTERNATIV 1)

2.1. Prinsippbeskrivelse

Senketunnellen (se figur 1) krysser Bispevika og Bjørvika (figur 4) og anlegges på eller noe nedgravd i eksisterende bunn. Undersøkelser av bunnsedimentene i Bjørvika og Bispevika har vist at den øvre meter er sterkt forurenset og inneholder store lager av miljøgifter (Konieczny, 1992a, 1992 b). Det antas at innholdet av miljøgifter i sedimentet etter anleggsperioden ikke vil endre seg vesentlig i forhold til tilstanden beskrevet for 1992 (Konieczny, 1992a, 1992b).

Tunnellen skal ha en bredde på 50 m og en total høyde på 8 m. Den anlegges med forankring på fjell. Overkant på tunnelen vil ligge på kote -2 (2 m under nivå for vårjevndøgns spring lavvann). Dette gjør at en senketunnel vil opptre som en terskel både i Bispevika og Bjørvika.

Effekten av å anlegge et rør med diameter 2 m under og på tvers av senketunnellen skal også vurderes. En har også gjort overslag for å belyse i hvilken grad tilførsel av ferskvann til bunnvannet kan øke vannutskiftningen innenfor senketunnellen.

Dybden innenfor det området som er aktuelt for traseen i Bispevika og Bjørvika er henholdsvis 4 - 7 m og 5 - 9 m. Da overkanten på senketunnellen skal ligge på kote -2, må tunnelen graves noe mer ned i bunnen i Bispevika enn i Bjørvika dersom dagens dyp skal beholdes.

Arealet og vannvolumet innenfor senketunnellen vil være avhengig av trasévalg. Arealet innenfor senketunnellen i Bispevika vil maksimalt ligge på rundt 20.000 m². Antas et midlere dyp i Bispevika på ca. 6 m, tilsvarer dette et vannvolum på ca. 120.000 m³. Arealet innenfor senketunnellen i Bjørvika vil maksimalt ligge på ca. 55.000 m². Antas et midlere dyp på ca. 7 m, tilsvarer dette et vannvolum på ca. 385.000 m³ og altså mer enn tre ganger mer enn i Bispevika.

2.2. Vurderinger

2.2.1. Fysikk

Generell vurdering

Vi er ikke kjent med at det er utført undersøkelser av vannutskiftningen i Bjørvika eller Bispevika. Den direkte ferskvannstilførselen til de to områdene er liten. Generelt kan man derfor anta at vannfornyelsen i hovedsak bestemmes av:

- * Tidevannsstrømmer.
- * Vindpåvirkning av overflatevannet.
- * Lufttrykksvariasjoner.
- * Endringer i tetthetsfeltet utenfor området.

Dette er sterkt tidsvariable mekanismer, og man kan gå ut fra at strøm og vannfornyelse i de to aktuelle områdene varierer mye med tiden. I det etterfølgende gis en kort vurdering av hvordan en

senketunnel kan endre vannutskiftningen i området.

Konsekvenser

Typisk bunndyp innenfor senketunnellen vil være 4 - 7 m i Bispevika og 5 - 9 m i Bjørvika. Tunnellen vil til vanlig danne en terskel med topp på kote -2 m målt i forhold til vårjevndøgns spring lavvann (Sjøkartverkets standard referansenivå). Middelvannstanden er ca. 0.3 m høyere. Laveste observerte vannstand (1986) var 0.75 m **under** vårjevndøgn spring lavvann (kilde Norges Sjøkartverk).

Under terskelen vil vannmassene innenfor tunnellen ikke lenger ha fri forbindelse med hovedvannmassene i indre Oslofjord. Den innlysende konsekvensen av dette er vesentlig redusert vannfornyelse **under "terskeldypet"**. Reduksjonen blir naturlig nok større med økende dyp, dvs. størst nærmest bunnen. Ettersom største bunndyp i Bjørvika er ca. 9 m mot ca. 7 m i Bispevika, kan man vente relativt størst effekt i Bjørvika.

Over terskeldypet kan vannutskiftningen også bli litt redusert pga. økt friksjon og turbulens som følge av redusert bunndyp. Særlig gjelder dette perioder med spesielt lav vannstand (høytrykk, fralandsvind, store tidevannsvariasjoner), da vandypet over tunnellen kan tenkes å bli 1.2 - 1.4 m. Det må imidlertid nevnes at regnet for 0 - 2 m dyp ligger det minste gjennomstrømningstverrsnittet for Bispevika mellom sørspissen av Paulsenkaia og Grønlikaia. Her er bredden ca. 120 m, mot 150 - 160 m nærmere området hvor en tunnel kan bli plassert. Det er dermed tverrsnittsarealet Paulsenkaia - Grønlikaia som i denne sammenheng er begrensende for vannforyelsen i 0 - 2 m dyp.

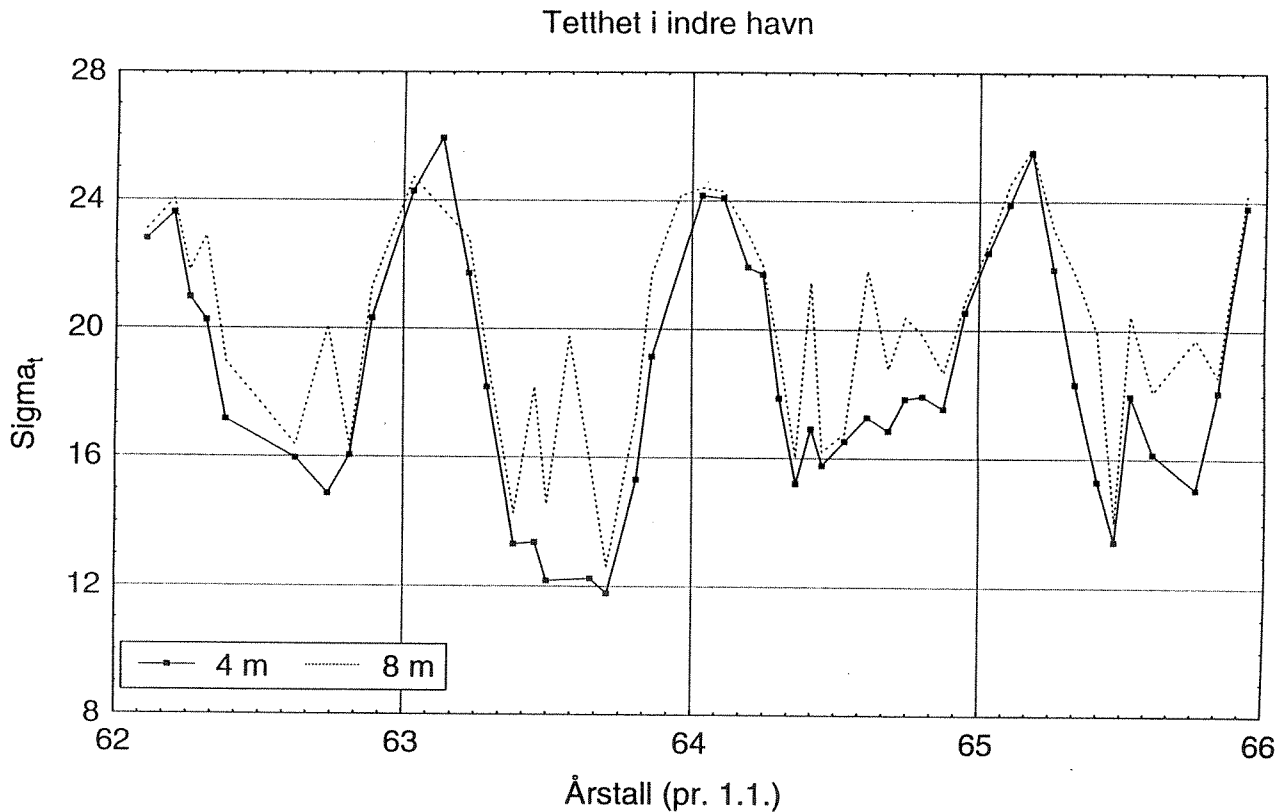
Effekten av et rør med ca. 2 m diameter på tvers av senketunnellen er vanskelig å bedømme. Hvis senketunnellen har en bredde på 50 m, kan man tenke seg at røret blir 70 - 80 m langt. Vannstrømmen gjennom røret må drives av trykkforskjellen (Δp) mellom innløp og utløp, en trykkforskjell som i prinsippet kan skyldes en høydeforskjell (Δh) i overflaten mellom innsiden og utsiden av senketunnellen og/eller en forskjell i den vertikale tetthetsfordelingen. Det er liten grunn til å tro at høydeforskjellen til vanlig kan være av betydning over en distanse på størrelsesorden 100 m. Da gjenstår betydningen av tetthetsforskjeller.

Vi kjenner ikke til data som beskriver tetthetsvariasjoner i selve Bispevika eller Bjørvika. Fra NIVAs database har vi imidlertid hentet frem data fra en stasjon utenfor Akershus. De kan gi en viss illustrasjon av hovedtrekkene, og figur 5 viser tidsvariasjonene av tettheten uttrykt ved størrelsen $\sigma_t = (\text{egenvekt}-1)*1000$. Variasjonene er store, både i 4 m og 8 m dyp og tyder på at man kan vente store variasjoner utenfor senketunnellen. I forhold til en avstengt vannmasse innenfor tunnellen vil variasjonene medføre trykkforskjeller som genererer vannbevegelse gjennom røret.

Målingene av tetthet er til vanlig gjort med 3 - 8 ukers tidsintervall, noe som er for langt til en rimelig sikker bedømmelse av effekten mht. vannutskiftning, som bør være betydelig over tidsrom på størrelsesorden 1 uke.

Til eksempel kan en gjennomsnittlig hastighet av 5 cm/s gjennom røret gi en transport av ca. 13.000 m³/døgn. Det er omkring 15% av volumet dypere enn 2 m. Teoretisk kan da dypvannet fornyes over størrelsesorden en uke. I virkeligheten vil gjennomstrømningen medføre at trykkforskjellen etterhvert blir utjevnet og vannstrømmen dermed avtar. Full fornyelse kan dermed ta forholdsvis lang tid.

Et rør kan periodevis trolig gi et betydelig bidrag til vannfornyelsen innenfor senketunnellen. I perioder med lite vind og liten avrenning til fjorden vil imidlertid effekten være minst - samtidig som behovet for god vannfornyelse er størst. **Konklusjonen mht. et rør under senketunnellen blir dermed at det sannsynligvis kan gi et periodevis godt bidrag til å øke vannfornyelsen, men den løser ikke problemet som senketunnellen skaper.**



Figur 5. Målinger av tetthet (som σ_t) i 4 - 8 m dyp i havnebassenget i 1962-66.

2.2.2. Vannkvalitet

Den nåværende vannkvalitet i Bjørvika og Bispevika er lite kjent. Undersøkelser i 1992 viste at deler av vannmassene i området hadde høye konsentrasjoner av bly og kopper (Koniczny, 1992a).

Som følge av redusert vannutskiftning kan man regne med at under "terskeldypet" vil vannkvaliteten fort bli meget dårlig. Spesielt gjelder dette oksygenforholdene, der man periodevis kan vente utvikling av hydrogensulfid. Dette er ødeleggende for eventuelt marint liv i denne delen av vannmassen innenfor tunnellen.

På den annen side vil metaller i vannmassen lettere felles ut og deponeres i bunnsedimentene i perioder med hydrogensulfid. De kan imidlertid frigjøres igjen under perioder med oksygenerte vannmasser.

Mellom toppen av tunnelen og overflaten vil vannfornyelsen foregå i fri kontakt med hovedvannmassen i Indre Oslofjord, og man kan til vanlig forvente en rimelig god vannkvalitet målt med oksygen og siktedyp. I innelukkede områder som Bjørvika og Bispevika vil det være noe dårligere vannkvalitet enn lenger ute i fjorden som følge av nedbør og avrenning fra land, inkludert bidraget fra Akerselva. Siktedypet vil variere mye og i sjeldnere tilfeller vil sterk vind kunne medføre at oksygenfattig dypvann trekkes opp og nedsetter kvaliteten i denne vannmassen, eventuelt også skaper sjenerende lukt.

2.2.3. Utslipp av ferskvann for å bedre vannkvaliteten innefor senketunnelen.

Man kan bedre oksygenforholdene med tiltak som øker vannfornyelsen i dypvannet, dvs. **øke oksygentilførselen**.

Det er mulig å øke utskiftningen av bassengvannet i Bispevika ved å tilføre dette mer energi som kan bidra til å redusere bassengvannets egenvekt og dermed legge forholdene til rette for økt vannfornyelse. I dette tilfelle vurderer vi muligheten for å øke vannfornyelsen ved å slippe ut ferskvann i bassengvannet.

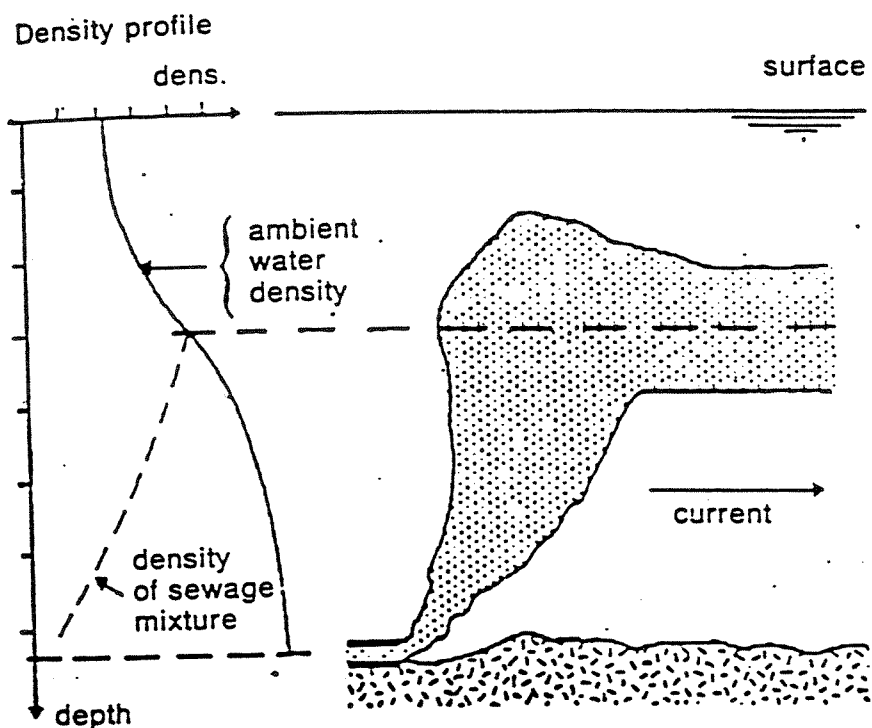
Vannmassene i Indre Oslofjord er til vanlig lagdelt, dvs. at egenvekten øker med dypet. Ferskvann som føres til bunnen av Bispevika er lettere enn bassengvannet som i hovedsak består av sjøvann. Ferskvannet vil derfor straks stige opp mot overflaten mens det raskt blander seg med det omkringliggende sjøvannet. Dermed øker både volumet og egenvekten av denne "blandingsvannmassen" mens den stiger oppover i vannsøylen. Denne vannmassen vil stige mot overflaten til den når et dybdenivå der egenvekten til (ferskvann + dypvann) er lik egenvekten til det omkringliggende dypvannet. Da stopper den vertikale bevegelsen, og skyen av blandingsvann begynner å bre seg horisontalt utover, mens den fortynnes videre. Vi sier at vannet som slippes ut blir **innlagret**. Dette er illustrert i figur 6. Fortynningen ved innlagring kalles **primærfortynning**.

Beregning av innlagringsdyp og primærfortynning er utført med et EDB-program, NIVA*JET.MIX, som er et standard verktøy ved NIVA (Bjerkeng og Lesjø, 1973). Programmet beregner fortynning og innlagringsdyp for en enkelt stråle avløpsvann i en sjiktet resipient, på basis av tetthetsprofiler i resipienten og data om strålen i utløpet.

Effekten av et dypvannsutslipp kan økes ved bruk av **en diffusor** (ledning med mange hull, vanligvis fordelt på begge sider av ledningen). En diffusor gir større fortynning og fordeler utslippet over en større strekning enn utslipp gjennom ett hull. Derfor er også diffusor-alternativet vurdert.

Beregninger av diffusor og utløpsledning gjøres i to trinn. Først beregnes en diffusor med tilhørende ledning som tilfredsstiller de aktuelle krav mht. energi og dybde. Deretter kontrolleres at dette utslipparrangementet oppfyller kravene mht. innlagring og fortynning av avløpsvannet.

Diffusorberegningene er utført ved dataprogrammet DIFDIM. En beskrivelse av programmet er gitt av Dammen (1979).



Figur 6. Skisse av hvordan avløpsvann innlagres i en lagdelt vannmasse (etter Molvær og Skagen, 1991).

For beregningene behøves opplysninger om de ferskvannsmengder som det er aktuelt å bruke. Vi har valgt å utføre beregninger for utslipp av ca. 25, 50 og 75 l/s.

Opplysninger om lagdelingen av vannmassene i Bispevika finnes ikke, og vi har derfor brukt data fra et punkt sør for Vippetangen. På dette stedet er temperatur, saltholdighet og egenvekt målt i bl.a. 1 m, 4 m og 8 m dyp i alt 49 ganger i tidsrommet 1962 - 65. Vi har valgt å gjøre beregninger basert på sterk lagdeling, midlere lagdeling og svak lagdeling. Vi understreker at det er usikkert hvor representative slike profiler vil være for lagdelingen innenfor en senketunnel, men anvender dem likevel i mangel av noe bedre.

Lengden av ledningen er uviss. Til eksempel har vi valgt 300 m lengde frem til diffusoren. Som aktuelle ledningsdiametre valgte vi: 100, 148, 166, 185, 207, 230, 257, 289, 297, 334, 348 og 377 mm.

Aktuell vannmengde kan være 25 - 50 l/s, og 50 l/s er brukt som utgangspunkt for beregningene. Tabell 1 sammenfatter dimensjonene av diffusoren. Denne diffusoren vil fungere godt for vannmengder ned til 25 l/s.

Tabell 1. Sammenfattende beskrivelse av diffusor dimensjonert ut fra ca. $Q=25 - 50$ l/s.

Antall hull	9
Diameter endehull	0.1 m
Diameter sidehull	0.08 m
Avstand mellom hullene	4 m
Total lengde	33 m
Indre diameter	0.100 - 0.148 m

Trykkhøyden må være minst 1 m, men er forøvrig helt avhengig av diameteren på ledningen. Pumping av vann er aktuelt.

Innlagringsdyp og fortytning:

Beregningsresultatene for utslipp av 25 l/s og 50 l/s gjennom diffusor i ca. 6 m dyp er presentert i tabell 2. Beregningene gjelder for de tre ovennevnte beregnede vertikale profiler og endehullet i diffusoren.

Beregningsresultatene er presentert i tre hoveddeler:

1. Angivelse av hvilken tetthetsprofil beregningen gjelder (PROFILE NR. 1 - 3 for henholdsvis sterk lagdeling, gjennomsnittlig lagdeling og svak lagdeling i vannmassen).

2. Utslippsdata:

- HOLE NR: Nummer for det alternativet som beregnes.
- DEPTH (M): Utslippsdyp.
- DIAM. (M): Kontrahert strålediameter.
- VEL. (M/S): Vannhastighet i strålen.
- ANGLE DEG: Strålens vinkel med horisontalplanet.

3. Resultater:

Disse angis i to hovedgrupper: for likevektsdypet (NEUTRAL POINT) og høyeste opptrengning (EXTREMAL DEPTHS).

- WIDTH (M): Strålens bredde.
- ANGLE DEG.: Vinkel i forhold til horisontalplanet.
- CENTER DILUT.: Fortytning i strålens senter.
- DEPTH (M): Likevektsdyp.
- EQS. (M): Høyeste opptrengning etter fortytningsligningene.
- GRAV. (M): Høyeste opptrengning uten blanding og friksjon etter likevektsdypet.

Dessuten brukes symbolene:

- < : gjennomslag til overflaten.
- X : beregningen stanset, intet likevektsdyp.

Vi ser at resultatene mht. innlagingsdyp og fortytning er forskjellig for de tre profilene, - noe som skyldes ulik grad av lagdeling.

Tabell 2. Innlagring og fortynning ved utslipp gjennom diffusor. Beregningene gjelder for tre vertikale profiler og for utslipp gjennom endehullet i 6 m dyp. For hver profil er gjort beregninger for utslipp av 50 l/s (HOLE NR.1) og 25 l/s (HOLE NR. 2).

PRO- JET DATA AFTER CONTRACTION						RESULTS						
FILE!						NEUTRAL	POINT	EXTREMAL DEPTHS				
NR.	HOLE NR.	DEPTH (M)	DIAM. (M)	VEL. (M/S)	ANGLE DEG.	WIDTH (M)	ANGLE DEG.	CENTER DILUT.	DEPTH (M)	EQS. (M)	GRAV. (M)	
1	1	6.0	.10	1.00	0	1.0	68	13	3.6	2.9	1.9	
	2	6.0	.10	.40	0	.7	80	13	3.8	3.1	2.1	

2	1	6.0	.10	1.00	0	1.1	73	17	2.9	1.4	<1.0	
	2	6.0	.10	.40	0	.9	83	20	3.0	1.3	<1.0	

3	1	6.0	.10	1.00	0	1.3X	83X	31X	1.0X	<1.0	.0	
	2	6.0	.10	.40	0	1.2X	87X	45X	1.0X	<1.0	.0	

Fortynningen i **sentrum** av strålen varierer mellom 13 x og ca. 30 x ved utslipp av 50 l/s. **Gjennomsnittlig fortynning** for hele strålens bredde vil være 1.5 - 2 x større, dvs. størrelsesorden 20 - 50 x.

For de mindre hullene i diffusoren blir fortynningen betydelig større enn dette. Antar vi 40 x som en typisk fortynning for ferskvannet som slippes ut gjennom diffusoren, betyr dette at 50 l/s av ferskvann drar med seg ca. 2 m³/s av sjøvann oppover til innlagingsdypet - eller overflaten. Over ett døgn tilsvarende det ca. 160.000 m³.

Utslipp av 25 l/s har tilsvarende fortynning og tilsvarende en sjøvannsinnblanding av ca. 1 m³/s eller ca. 80.000 m³/døgn. Til sammenligning utgjør den avstengte vannmassen ca. 80.000 m³.

Effekten av et ferskvannsutslipp kan også illustreres ved reduksjonen i egenvekten av vannmassen innenfor senketunnellen. Antas en typisk egenvekt av 1020 kg/m³ for 80.000 m³ bassengvann og tilføres 50 l/s som i hovedsak innlagres under 2 m dyp, blir den **teoretiske** egenvekten av blandingsvannmassen etter 10 døgn ca. 1010 kg/m³. Lengde før en slik tetthetsreduksjon oppnås vil imidlertid bassengvannet bli erstattet av nytt fjordvann

Beregningene må oppfattes som orienterende, - i hovedsak pga. svakt datagrunnlag og usikkerhet omkring den vertikale lagdelingen i bassengvannet innenfor en senketunnel. Men de viser tydelig at et ferskvannsutslipp av størrelsesorden 25 - 50 l/s gjennom diffusor vil ha en betydelig positiv effekt på vannutskiftningen innenfor senketunnellen og trolig forhindre at oksygenproblemer oppstår.

Utslipp av 50 l/s er lagt til grunn for dimensjonering av diffusoren. Dette synes i overkant av nødvendig vannmengde. Hvis dette alternativet skal realiseres med f.eks. utslipp av 25 l/s, bør størrelsene av diffusoren dimensjoneres på nytt. Ferskvannet bør kunne hentes fra Akerselvas nedre del. I dette området er imidlertid fallhøyden så liten at ferskvannet sannsynligvis må pumpes.

2.2.4. Miljøgifter i sediment

Sedimentene i både Bjørvika og Bispevika er betydelig til sterkt forurenset av metallene kvikksølv, kadmium, bly og kobber. Også nivåene av polyklorerte bifenyler (PCB), polyaromatiske hydrokarboner (PAH) og oljeprodukter anses å være høyt flere steder i området (Konieczny, 1992a og b). Senketunnellen medføre at både Bispevika og Bjørvika blir adskilt i en indre og ytre del. De hydrografiske forholdene utenfor senketunnellen vil ikke forandre seg vesentlig og medfører ingen vesentlige endringer i transport av miljøgifter over sediment/vann-grenseflaten i forhold til situasjonen idag.

I området innenfor senketunnellen i dyp under terskelnivå vil en få langt mer stagnante forhold enn idag. Dette kan blant annet medføre en reduksjon i transporten av metaller ut av sedimentet ved at disse i større grad bindes som sulfider. For transporten av organiske komponenter over sediment/vann-grenseflaten antas at en eventuell effekt vil være knyttet til den reduserte vannutskiftning og i liten grad til kjemiske forhold. En kan imidlertid tenke seg at de mer stagnerende forhold vil medføre noe redusert nedbrytning av organiske miljøgifter.

I området innenfor senketunnellen vil en muligens få en øket sedimentering i forhold til dagens situasjon.

2.2.5. Biologiske forhold

En kjenner ikke til undersøkelser av flora og fauna i Bispevika og Bjørvika. En antar at bløtbunnsfaunaen i sedimentet er meget artsfattig og består i beste fall av noen få forurensnings-tolerante arter.

På fast substrat (eksempelvis bryggestolper, kaianlegg, steinfyllinger) i 0 - 3 m dyp vil en kunne finne blåskjell, sjøanemoner, sekkedyr, grønnealger (*Ulva lactuca*, *Enteromorpha* spp.) og muligens enkelte tangarter. Basert på observasjoner på Hovedøya og Bleikøya (Bokn, Magnusson og Larsen, 1991), er det sannsynlig at også gjelvtang (*Fucus evanescens*) vil kunne opptre i Bjørvika og Bispevika.

I den grad det idag finnes bløtbunnsfauna i Bjørvika og Bispevika, vil denne bli negativt påvirket i dyp under terskelnivå innenfor senketunnellen. En antar at de dypeste delene, i deler av året, vil være tilnærmet frie for både bløtbunns- og hardbunnsfauna.

I de grunne områdene (<2 m) og i alle dyp utenfor senketunnellen er det ikke sannsynlig at flora og fauna vil bli mer berørt enn den er i dag. Dypområdet innenfor senketunnellen vil også, pga. lavt oksygeninnhold mest sannsynlig bli uegnet for ål og annen fisk deler av året.

Tilførsel av ferskvann til dypområdene innenfor senketunnellen vil kunne bedre forholdene både for bunndyr og fisk.

Utbygningalternativet vil ikke medføre vesentlige endringer av dagens situasjon vedrørende konsentrasjoner av miljøgifter i organismer i indre fjordområde (se Green og Knutzen, 1993) eller opptak av miljøgifter i organismer fra forurensete sedimenter (se Skei et al., 1994).

3. SENKETUNNEL NEDGRAVD I FORURENSET SEDIMENT BAK EN TETTSJETÉ (ALTERNATIV 2)

3.1. Prinsippbeskrivelse

Ved dette alternativet skal senketunnellen anlegges som ved alternativ 1 i Bjørvika (se figur 1). I Bispevikas ytre del vil en imidlertid anlegge en steinsjeté og delvis fylle opp bassenget innenfor sjetéen med mudringsmasser fra andre steder i Oslo havn (se figur 2). En forutsetter at disse massene tas fra områder i Oslo havn som har tilnærmet samme forurensningsgrad som beskrevet av Konieczny (1992b).

Stensjetéen legges ut på geotekstil som legges ut på bunnen før dumping. Geotekstilen reduserer oppvirvling av sediment ved dumping av stein og bedrer stabiliteten av fyllingen. Toppen av sjetéen vil ligge på kote -2. På innsiden av sjetéen anlegges et tettlag av leirskifermasser for å redusere transport av mudringsmasser gjennom fyllingen. Mudringsmassene vil bli overdekket med en fiberduk og deretter med tunnelstein som bufferlag mot mekanisk påvirkning. En forutsetter at massene som legges oppå tetteduken ikke inneholder overkonsentrasjoner av miljøgifter.

Ved dette alternativet oppnås i første rekke en tillukking av de forurensede sedimenter som ligger innenfor sjetéen. For at en slik tildekking skal bli vellykket, er det en forutsetning at tetteduken ikke blir ødelagt ved deponering av tunnelstein. Tetteduken kan bli ødelagt mekanisk når tunnelsteinen treffer duken under dumping. I områder med bløtt sediment kan det også være en fare for at sediment presser duken opp mellom større steiner, noe som fører til at duken sprekker. I disse vurderingene av alternativ 2 forutsettes det at tettlaget av sprengstein ligger oppå en tetteduk uten vesentlige mekaniske skader.

Som ved alternativ 1 vil senketunnellen ha en bredde på 50 og en total høyde på 8 m. Overkant på senketunnellen vil ligge på kote -2 og i samme nivå som overkant på de påfylte tunnelsteinene innenfor sjetéen. Senketunnellen vil således ikke representere noen terskel i Bispevika, slik som ved alternativ 1.

Arealet innenfor sjetéen i Bispevika vil være ca. 50.000 m². Med en dybde på 2 m tilsvarer dette et vannvolum på ca. 100.000 m³.

3.2. Vurderinger

3.2.1. Fysikk

I forhold til senketunnel som "kunstig terskel" (jfr. kapittel 2.2.1) er dette hydrofysisk sett et gunstigere alternativ. Grunnen er at den ikke etterlater en avstengt vannmasse innenfor terskelen.

Forøvrig gjelder de samme kommentarene vedr. vannfornyelsen mellom overflaten og -2 m som nevnt i kapittel 2.2.1.

3.2.2. Vannkvalitet

Som det fremgår av kapittel 2.2.1 - 2.2.2, har vannkvaliteten nær sammenheng med vannutskiftningen. I utgangspunktet er vurderingen av dette alternativet den samme som for vannkvaliteten over toppen av senketunnellen i kapittel 2.2.2. I tillegg kommer en positiv effekt

ved at utfyllingen innenfor tunnelen fjerner muligheten for at "dårlig dypvann" bringes opp mot overflaten. Hvis utfyllingen skjer med forholdsvis rene masser, vil en dertil oppnå at utlekking av forurensninger fra sedimenter til vannmassene bli vesentlig redusert.

3.2.3. Miljøgifter i sediment

Ved dette alternativet oppnås i første rekke en tillukking av de forurensede sedimentene som ligger innenfor sjetéen i Bispevika (Konieczny, 1992a, 1992 b). I Bjørvika vil dette alternativet gi de samme forholdene som ved alternativ 1.

Transporten ut av sedimentet for de miljøgifter som idag finnes i høye konsentrasjoner i Bispevika (se kapittel 2.2.2) er ikke kjent. Fra eksperimentelle undersøkelser med PAH er det observert at fluksen øker med konsentrasjonen i sedimentet og grad av forstyrrelse som sedimentet utsettes for (Næs, 1991).

Ved en tilfredsstillende utført tildekking vil forstyrrelse av forurenset sediment og resuspensjonen av dette bli tilnærmet stoppet. Tildekking stopper imidlertid ikke diffusjonen helt. En antar at transporten av forurensede stoffer over sediment/vann-grenseflaten i hele området innenfor sjetéen vil bli betydelig redusert (>80%). Innholdet av miljøgifter i de mudringsmassene som er tenkt deponert på den tidligere bunnen i Bispevika vil være bestemmende for den transport som vil finne sted ut av undervannsdeponiet. Så lenge de deponerte massene ikke avviker ekstremt mye i forhold til de konsentrasjoner en idag har i Bispevika, vil utlekkingen fra dette området ikke endres mye i forhold til en tilsvarende situasjon med overdekking av sediment fra kun Bispevika. Dette forutsetter imidlertid at overflaten på de deponerte mudringsmassene (jevnhet, større steiner, skrap) ikke skaper mer problemer for utlegging av tetteduk enn det sedimentet idag vil gjøre.

Siden konsentrasjonene av de ulike miljøgifter varierer mye med sedimentdyp (Konieczny, 1992a) vil miljøeffekten på selve mudringsstedet være avhengig av hvorvidt en får høyere eller lavere konsentrasjoner der. Dersom en ved mudringen oppnår lavere konsentrasjoner på mudringsstedet, vil dette utbygningalternativet også redusere utlekking fra mudringsområdet. Hovedkonsekvensen av utbygningen vil imidlertid i første rekke bli å redusere transporten av miljøgifter ut av sedimentet innenfor sjetéen. Uansett vil imidlertid alternativet medføre at relativt store mengder forurenset sediment blir betydelig mindre tilgjengelig for utlekking til det marine miljø.

3.2.4. Biologiske forhold

Ved dette alternativet endres forholdene for dyrelivet i Bispevika radikalt. Fra å være et område der bunnen er dekket av forurenset sediment med liten mulighet for tilstedeværelse av bløtbunnsfauna, får en etter utbygningen et område på 50 mål med ca. 2 m dyp dekket av tunnelstein. På denne tunnelsteinen vil det etter noen tid etableres et hardbunnsamfunn typisk for det indre fjordområdet. Som typiske organismer og avhengig av tid på året vil en kunne finne blåskjell (*Mytilus edulis*), sjøanemoner, sekkedyr, grønnsalg (*Ulva lactuca*, *Enteromorpha* spp.) og muligens gjelvtang (*Fucus evanescens*). En forventer at dyre- og plantelivet i Bispevika vil fremstå rikere enn i dag. Dessuten vil tildekking av det forurensede sedimentet sannsynligvis bidra til at miljøgiftbelastningen på organismer i Bispevika vil være mindre enn i dag. Vannvolumet innenfor sjetéen vil sannsynligvis ikke få vesentlige problemer mht. oksygeninnhold og vil derfor kunne være et egnet oppholdsted for ål og annen fisk. Totalt sett anses utbygningalternativet vesentlig bedre for dyre- og plantelivet enn alternativ 1.

4. BRO BÅRET PÅ SENKEKASSER I FORURENSET SEDIMENT BAK TETTESJETÉ (ALTERNATIV 3)

4.1. Prinsippbeskrivelse

Ved dette alternativet anlegges veien som en bro over Bispevika og Bjørvika (se figur 3). På samme måte som ved alternativ 2 lages en steinsjeté i Bispevikas ytre del. Bassenget innenfor sjetéen fylles delvis opp med mudringsmasser (se figur 3). Toppen av sjetéen vil også ved dette alternativet ligge på kote -2. Broen vil bli båret av rektangulære senkekasser med dimensjoner 1.5 x 30 m (lengste side på tvers av brua) i en avstand av 40 m (dvs. 3 senkekasser i Bispevika).

Som ved alternativ 2 forutsettes at tettlaget av sprengstein ligger oppå en tetteduk uten mekaniske skader.

Arealet innenfor brua vil være avhengig av trasévalg og ligge i området 12.000 - 20.000 m² i Bispevika. Ved et vanddyp på 2 m, tilsvarer dette et vannvolum på 24.000 - 40.000 m³.

4.2. Vurderinger

4.2.1. Fysikk

Bispevika er 160 - 170 m bred der senkekassene tenkes plassert. Samlet bredde av kassene, -sett i vika's lengderetning, - blir 3 x 1.5 m ≈ 5 m, som er ca. 3% av den totale bredde. Av tverrsnittsarealet for 0 - 2 m dyp vil dette også utgjøre ca. 3% reduksjon.

Bredden ved sørspissen av Paulsenkaia er ca. 120 m, og dette er tverrsnittet som dimensjonerer den samlede vannfornyelsen i Bispevikas overflatelag. En 3% reduksjon av tverrsnittet lenger inne i Bispevika vil heller ikke spille noen større rolle for vannfornyelsen i dette området.

Derimot må man regne med at den samlede effekt av **kassenes lengde (30 m) og bredde** kan medføre noe redusert vannfornyelse i indre del av Bispevika. Grunnen er at vannbevegelsene ikke alltid vil være rettet langs vikas lengdeakse, men vil være delvis uregelmessige og inngå i større og mindre hvirvler. Senkekassene - fremfor alt deres bredde - vil bidra til å øke forekomsten av slike lokale hvirvler, noe som igjen nedsetter vannfornyelsen. Uten inngående studier, evt. også bygging av fysiske modeller, kan ikke denne effekten kvantifiseres. Den er imidlertid neppe av vesentlig betydning.

4.2.2. Vannkvalitet

Hva vannkvaliteten angår, er det mulig at tilstanden i Bispevika kan bli litt dårligere enn ved senketunnel nedgravd i forurenset sediment bak en tettesjeté. Grunnen er da noe redusert vannfornyelse.

4.2.3. Miljøgifter i sediment

Ved dette utbygningsalternativet vil miljøgiftinnholdet i sedimentet i Bjørvika ikke bli berørt.

I Bispevika vil utbygningen medføre de samme forandringer som for alternativ 2 (kapitel 3.2.3.). Dette vil si en tillukking av de forurensete sedimentene som ligger innenfor sjetéen og dermed reduksjon i fluks av miljøgifter ut av opprinnelig sediment og deponerte mudringsmasser.

4.2.4. Biologiske forhold

De biologiske endringene som dette alternativet innebærer vil i hovedsak være de samme som ved alternativ 2. I indre del av Bispevika vil en imidlertid kunne få noe dårligere forhold for plante- og dyreliv pga. senkekassenes effekt på vannfornyelsen.

5. SLUTTKOMMENTAR

Bispevika og Bjørvika er sterkt påvirket av antropogen aktivitet, hvor en idag ikke forventer å finne et upåvirket naturmiljø. Fra et rent hydrofysisk og vannkjemisk synspunkt fremstår alternativ 2 som det klart beste.

De viktigste negative effektene knyttet til alternati 1 (stagnasjon i dypvannet innenfor senke-tunnellen) vil kunne reduseres betydelig ved tilførsel av ferskvann til dypområdene innenfor senke-tunnellen.

For planter og dyr slik det kan ses i Bispevika og Bjørvika idag, vil de ulike utbygningalternativene sannsynligvis ikke gi vesentlige endringer som kan spores visuelt av brukerne av området. Dette skyldes i første rekke at det i de dypere områdene der effekten av Alternativ 2 vil være størst idag, sannsynligvis finnes lite eller intet liv. Dette bidrar til at de antydende endringer som vil kunne forekomme som en konsekvens av redusert vannutskiftning innenfor den anlagte senketunnel (Alternativ 1, Alternativ 2 i Bjørvika) ikke vil gi særlig utslag fordi det

1. ikke finnes særlig flora og fauna der i utgangspunktet.
2. det som skjer dypere enn ca. 2 m neppe kan detekteres fra overflaten med den turbiditeten en vanligvis har i dette området.

For det totale naturmiljøet i området fremstår alternativ 2 som klart gunstigst. Dette alternativet, sammen med alternativ 3, gir også en positiv miljøgevinst, idet tilgjengeligheten av de miljøgifter som ligger i sedimentet i Bispevika og i mudringsmassene, blir sterkt redusert.

Det er tegn til visse miljøforbedringer i indre Oslofjord, og en må forvente at det over tid også vil kunne skje forbedringer i Bispevika og Bjørvika, uavhengig av utbygningen av E18 i området. En slik generelle forbedring vil ytterligere styrke utbygningalternativ 2.

6. LITTERATUR

- Bjerkeng, B., & A. Lesjø. 1973. Mixing of a jet into a stratified environment. PRA 5.7. NIVA-rapport O-126/73. Oslo.
- Dammen, B., 1979: Diffusorprogrammet DIFDIM. Input og output. Bruk av EDB i VA-teknikken. Kursdagene ved NTH-Trondheim 3. - 5. januar 1979. Norske Sivilingeniørers Forening.
- Green, N. og J. Knutzen, 1993. Miljøgiftundersøkelser i indre Oslofjord. Delrapport nr. 2. Miljøgifter i organismer 1992. NIVA-rapport nr. 2972, 54s.
- Konieczny, R. 1992a. Kartlegging og vurdering av forurensningssituasjonen i området Bjørvika - Bispevika, Oslo Havn. NIVA-rapport nr. 2808, 87s.
- Konieczny, R. 1992b. Kartlegging og vurdering av forurensningssituasjonen i bunnsedimenter fra Oslo havneområde, NIVA-rapport nr. 2696, 52 s.
- Magnusson, J., T. Bokn, og G. Larsen, 1991. Overvåking av forurensningssituasjonen i Indre Oslofjord i 1989/90. NIVA-rapport nr. 2581, 52s.
- Molvær, J. og Skagen, G., 1991: Improving Water Quality by Deep Water Discharge. pp. 115-117 in: International Public Health Engineering 1991 (ed. R. Beardsall). The Winchester Group. London.
- Næs, K. 1991. Frigivelse av PAH fra forurenset sjøbunn. NIVA-rapport nr. 2667, 74s.
- Skei, J., H. Oen, O. Pettersen, J. Bryde, og L.J. Skuggevik, 1994. Miljøgiftundersøkelser i Indre Oslofjord. Delrapport nr. 6. Eksperimentelle undersøkelser med forurensede sedimenter fra Oslo havnebasseng og bioakkumuleringsstudier med blåskjell, ål og eremittkreps. NIVA-rapport (under trykking), 49 s.

NIVA



Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2507-2