

Oslo Havnebasseng - Forurensning

Plan for utfylling av Bispevika

924006-2
Rev. 2

5 mai 1992
15 juni 1992



rapport report

Oslo Havnebasseng - Forurensning

Plan for utfylling av Bispevika

924006-2
Rev. 2

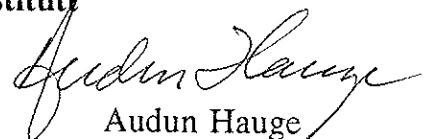
5 mai 1992
15 juni 1992

Oppdragsgiver: Oslo Havnevesen

Kontaktperson: John Nilssen/ P.G. Rekdal
Kontrakt: Brev datert 1992-01-23

For Norges Geotekniske Institutt

Prosjektleder:


Audun Hauge

Rapport utarbeidet av:


Audun Hauge og Odd Gregersen

Sammendrag

Det er geoteknisk sett mulig å fylle inn Bispevika med tunnelstein fra Ekeberg-tunnelen. Arbeidene i tunnelen starter 1 mai 1992. Ved en slik løsning vil det oppnås miljøgevinster ved kort transport av steinmassene samtidig med at de forurensede bunnsedimenter i Bispevika forsegles og immobiliseres.

Det er vurdert forskjellige løsninger for å minimalisere mobiliseringen av miljøgifter fra sedimentene i anleggsfasen:

- A: Fjerning av forurenset sediment før innfylling av stein
- B: Etablering av et helt tett basseng før innfylling av stein og kontroll og rensing av sigevann
- C: Avskjæring av Bispevika med en steinsjeté med tettesone for å holde tilbake alle partikler i suspensjon, og deretter innfylling med stein.

Tabellen på neste side gir de vesentligste opplysningene om miljøeffekter osv. om alternativene.

Basert på de framkomne opplysninger om dagens situasjon og effekten og kostnadene med de ulike alternativene, er alternativ C en løsning som gir de ønskede effekter til en akseptabel kostnad.

Bispevika avskjæres med en steinsjeté med tettesone i ytre fyllingsbegrensning. Deretter fylles arealet innenfor, og de oppvirkende massene stoppes i sjetéen. Ved etablering av sjetéen må stabiliteten sikres ved jordarmering og motfylling. Den videre fyllingen kan skje fra sjetéen og innover, eller fra andre praktiske tippsteder.

Nedfylling av sedimentene med tunnelstein vil forsegle og immobilisere forurensningen og løse et betydelig forurensningsspørsmål i området.

Løsningen muliggjør også innfylling av forurenset mudringsmasse. I de periodene dette utføres, vil utlekkingen av miljøgifter tilsvare dagens situasjon.

Det er viktig at tiltaket overvåkes med et system av brønner både i ytre deler av fyllingen og i tilgrensende kaier. Det må etableres kriterier for overvåkingen med hensyn til parametre og nivåer for inngripen.



Alternativ	Utlekking av miljøgifter*				Overvåking	Kostnad, kr	Merknad
	Etablering av tiltak	Anleggsfase	Innlegging av mudder	Permanent			
A	2-5 x dagens	0	Umulig	0	Nei	> 50 mill.	Stort behov for behandling og deponering av forurenset sediment
B	dagens	0	0	0	Ja	> 20 mill.	Krever tetting rundt hele og lang drift av renseanlegg
C	1,1 x dagens	5% av dagens	dagens	45 kg olje pr. år synkende til 0 over ca. 20 år	Ja	~ 1,5 mill.	Denne løsningen kan oppgraderes dersom overvå king tilsier dette

* Dagens situasjon utgjør utlekking pr. døgn:
300 mg Hg, 400 mg Cd, 25 g Pb, 25 g Cu, 60 mg PCB, 6 g PAH og 300 g THC

INNHold:

1.	BAKGRUNN	5
2.	FORURENSNINGSSITUASJONEN I BISPEVIKA	5
3.	VURDERING AV METODER FOR INNFYLLING BISPEVIKA	9
3.1	Generelt	9
3.2	Alternativ A	9
3.3	Alternativ B	9
3.4	Alternativ C	10
4.	INNFYLLING AV FORURENSEDE MUDRINGSMASSER	14
5.	GEOTEKNISKE PROBLEMSTILLINGER	15
5.1	Utførte undersøkelser	15
5.2	Beregninger og evalueringer	16
5.3	Anleggsfasen	16
6.	KONKLUSJON	18

5 figurer (se egen figurliste)

VEDLEGG 1 - Filterkrav for tettemembran på innsiden av sjetéen

VEDLEGG 2 - Brev fra Statens Forurensningstilsyn (1988):
"Vurdering av mulige forureningsproblemer ved depo-
nering av alunskifer i Oslo Havn

Dokumentkontrollside
Referanseside

1. BAKGRUNN

På grunn av båttrafikken i området foregår det daglig stor oppvirvling av forurenset sediment og mobilisering av miljøgifter, og derav foreligger det et mudringsbehov for å minske denne effekten og opprettholde gode trafikkforhold.

Området Bispevika i Oslo Havn inngår i havneplanen som innvunnet/ utfyllt areal. Ut fra flere omstendigheter ser Oslo Havnevesen det som gunstig å starte denne utfyllingen våren 1992.

Vegvesenet starter sprengningen av Ekebergtunnelen 1 mai, og arbeidene vil pågå i 2-3 år. Det skal sprenges 350.000 m³ faste masser, og det søkes mulige alternativ for deponering av massene.

Tunnelinnslaget ligger bare noen hundre meter fra Bispevika, slik at deponering her kan bety besparelse av vesentlige beløp i transport og en miljøgevinst i forhold til andre løsninger.

Undersøkelser av bunnsedimentene i Bispevika tilsier betydelig forurensning.

2. FORURENSNINGSSITUASJONEN I BISPEVIKA

NIVA utførte i 1991 (rapport O-91099) og i 1992 (rapport O-92024) undersøkelse av bunnsedimentene i Bjørvika og Bispevika. Undersøkelsene konkluderer med at sedimentene er forurenset av tungmetaller, spesielt kvikksølv, kadmium, kobber og bly samt PCB, tjærestoffer (PAH) og olje.

Prøvetakingspunktene er vist på figur 01, og resultatene er summert i tabell 1:

Tabell 1 Oversikt over analyseresultater fra Bispevika
(NIVA O-91099 og O-92024 samt fig. 1)

Prøve- stasjon	Sediment- dybde	Stoff, mg/kg									
		Hg	Cd	Pb	Cu	Zn	Ni	Cr	PAH	PCB	THC
1	0-2	1,95	2,7	200	260	560	28	64	23		
2	0-2	3,59	5,2	360	480	1060	48	121	30		
3	0-2	3,61	5,1	410	480	1020	47	110	33		
4	0-2	6,06	5,5	430	570	1200	55	142	50		
5a	0-2	3,37	4,6	280	360	790	46	110	17		
5b	42-45	4,21	1,6	270	110	460	38	56	36		
He*	0-2	3,68	8,7	330	470	id	id	id	id	0,32	3590
Id*	0-2	3,84	6,0	340	470	id	id	id	id	0,79	id
Gj.snitt Bjørsvika/Bispevika		4,5	6,7	355	406	851	44	103	100	1,01	4750
Bakgrunnsverdier		0,1	0,2	30	30	100	20	50	0,4	0,005	10

id = ikke detektert

* = fra rapport O-92024

Av tabellen framgår det at det er en svak økning i konsentrasjoner fra innerst i vika (stasjon 1 og 2) til ytterste stasjon (stasjon 3-5) utenfor Akerselvas munning. Analysene fra 0-2 cm sedimentdybde og 42-45 cm dybde viser ingen entydig tendens, slik at det er grunn til å anta at innholdet av miljøgifter er bortimot konstant i hele den påvirkede sedimentpakken.

Ved normale sedimentasjonsforhold skulle den dypeste prøven vært fra naturlig uforurenset masse. At så ikke er tilfelle ble bekreftet av NGIs geotekniske prøvetaking i sjetétraseen, som viste overgang til naturlige masser på ca. 2 m. En prøve tatt med gravitasjonsprøvetaker viste 1 m mektighet av forurensede masser (se fig. 2) og sonderingene i området gir grunn til å anslå det forurensede laget til gjennomsnittlig 1 m tykkelse.

Vanndybdene i Bispevika er så små (4-7 m) at det ved dagens aktivitet og trafikk foregår en oppvirvling av løsmassene og således en mulig mobilerings av miljøgiftene til vannmassene. Dette ble forsøkt målt ved prøvetaking av vannmassene før og like etter en av Fred Olsens båter la til kai ved Sørengkaia 1992-03-23.

Det ble observert en tydelig oppvirvling av sedimenter da båten la til kai. Et viktig punkt i denne sammenheng er at det ble observert at sedimentene som ble virvlet opp av båtpropellene i stor utstrekning forekom som små, synlige klumper. Dette har sin årsak i sedimentets kohesjon og konsistens som fører til at kornfordelingen for suspendert sediment er grovere enn det en kunne forvente direkte fra kornfordelingskurven.

Noen enkle forsøk utført i laboratoriet bekrefter denne observasjonen. Figur 03 presenterer foto av to kolonner der vi slapp en klump sediment fra 0-0,5 m og 0,5-1 m sedimentdyp. En skal spesielt merke seg at sedimentet fra 0,5-1 m nærmest ikke løser seg i vannet når det synker til bunns.

Basert på erfaring fra en rekke undersøkelser utført av NIVA, er det grunn til å anta at i dagens situasjon er det suspendert 1 mg forurenset sediment pr. liter vann.

De strømninger som kan påregnes i Bispevika ved dagens situasjon, og som kan føre til transport av bunnsedimenter, er:

- Tidevannsstrømning
- Strømninger fra båttrafikk (propeller)

Tidevannsstrømning skjer kontinuerlig og alternerer mellom inn- og utstrømning. Forskjellen mellom høy- og lavvann er i Oslo Havn ca. 0,6 m (+/- 0,3 m fra normalvannstand). Basert på disse tallene og Bispevikas størrelse er det beregnet at en vannmengde på 30.000 m³ strømmer inn/ ut i løpet av en periode på 6,5 time. Dette gir en strømningsmengde på 1,3 m³/s, som over et utløpsareal på 840 m² (7 · 120 m), som gir en gjennomsnittlig strømningshastighet over utløpsarealet på 0,15 cm/s.

Tar en utgangspunkt i de gjennomsnittlige konsentrasjonene av miljøgifter i sedimentene, er det mulig at det transporteres partikler i suspensjon som gir følgende mengder ut av Bispevika pr. døgn:

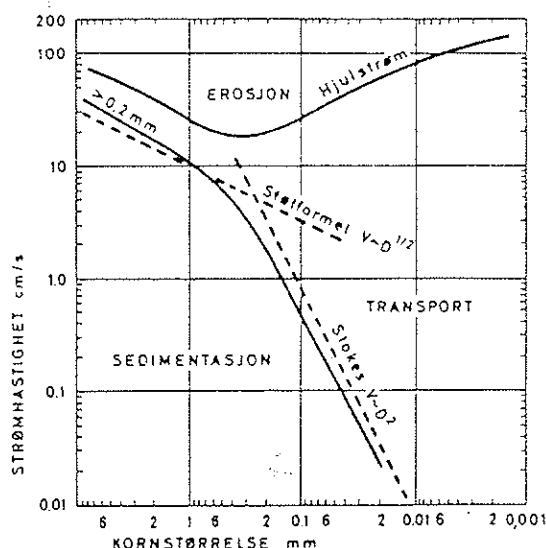
300 mg Hg
400 mg Cd
25 g Pb
25 g Cu
60 mg PCB
6 g PAH
300 g THC

I tillegg til dette kommer oppløste stoffer.

På den annen side viser Hjulstrøms diagram (tabell 2) for sedimentasjon/transport/erosjon som funksjon av vannhastighet og kornstørrelse at de beregnede vannhastigheter fra tidevannsbevegelsen ligger to potenser lavere enn hva som er nødvendig for å erodere i disse massene. Dette gjelder alle kornstørrelser i sedimentet. Nå er derimot hastighetsfordelingen over et strømningsareal aldri jevn. Den er størst i midten av arealet og går mot et minimum ved bunnen.

Strømning generelt fra båttrafikk vil kunne erodere og virvle opp sedimenter som kan transporteres med tidevannsstrømmen. Tar en utgangspunkt i $D_{50} \approx 0,05$ mm for bunnsedimentene og en vannhastighet på 0,25 cm/s, viser Hjulstrøms diagram at en ligger i grensesonen mellom transport og sedimentasjon. Det vil si at noe materiale vil kunne transporteres, men sannsynligvis svært kort ettersom strømningshastigheten vil avta sterkt utenfor utløpet av Bispevika.

Tabell 2 Erosjon, transport og sedimentasjon i vann som funksjon av kornstørrelse og strømhastighet. (Modifisert Hjulstrøms diagram)



3. VURDERING AV METODER FOR INNFYLING AV BISPEVIKA

3.1 Generelt

En innfylling av Bispevika med tunnelstein kan utføres på flere måter:

- A) Alle forurensede sedimenter mudres bort og deponeres før fyllingen starter.
- B) Det etableres et helt tett basseng før innfylling og alt sigevann ut av området kontrolleres og renses.
- C) Bispevika avskjæres med en sjeté med tetting som holder tilbake alle partikler før fyllingen starter.

Disse løsningene har positive og negative sider som forsøkes belyst i det følgende:

3.2 Alternativ A

Ved utførelse av alternativ A vil det bli nødvendig å mudre ca. 50.000 m³ forurensede masser. Mudringsarbeidet vil gi et bidrag til oppvirvling og økt utlekking av miljøgifter. Det kan tas forholdsregler ved mudring for å minske denne effekten.

Imidlertid er det største problemet med en slik løsning at det pr. i dag ikke finnes muligheter for mottak og behandling eller deponering av slike masser i Norge. Løsningen betinger derfor opprettelse av et slikt mottak i Norge, eller at massene sendes til utlandet til destruksjon ved forbrenning og deponering av det tungmetallholdige restproduktet. Dette ville koste kr 500-3.000 pr. tonn med en total kostnad på 50-250 mill. kr, noe som tillater at denne løsningen ikke er realistisk. Denne løsningen tillater ikke at det legges inn forurensede muddermasser under innfyllingen med stein.

3.3 Alternativ B

Alternativ B er en komplett løsning som setter krav til drift av et kontroll- og renseanlegg i lang tid. Etablering av et tett basseng kan oppnås med dobbel spunt og tettelag langs hele omkretsen av utfyllingsområdet, og utslipp av miljøgifter over tid vil teoretisk sett ikke forekomme. Antas en

gjennomsnittlig dybde av spunten på ca. 10 m, gir dette et spuntareal på ca. 18.000 m². En ca. pris på kr 1.000 pr. m² spunt gir en kostnad på ca. 18 mill. kr. I tillegg kommer drift av renseanlegg og utforming av dekket på området. Denne løsningen tillater innfylling av mudringsmasser.

Det er viktig å påpeke at tettingen må utføres langs hele omkretsen skal den ha den ønskede effekt. Dersom dette ikke gjøres, vil vannet finne veg ut og transport av koloidbundete stoffer, som er partikler $< 0,45 \mu\text{m}$, vil foregå, og løsningen vil gi samme effekt som alternativ C.

3.4 Alternativ C

Figur 01 viser kartutsnitt av Bispevika. Det planlagt innfylte området framgår med inntegnet ytre fyllingsbegrensning. Området fylles opp til ca. kote +2.

Fase 1 består i å etablere en steinsjeté tvers over Bispevika langs ytre fyllingsbegrensning. Dette gjøres for å sperre av utfyllingsområdet mot havnen forøvrig.

Sjetéen må sikres god stabilitet. På grunn av de bløte bunnsedimentene er det nødvendig å gjennomføre visse tiltak for å hindre lokale grunne glidninger. Sikringstiltakene som foreslås er en kombinasjon av jordarmering (vevd geotekstil) og stabiliserende motfylling. Geotekstilen og motfyllingen legges ut sentrisk om sjetéaksen som vist på figur 4. Geotekstilen legges direkte på sjøbunnen. Fyllingen etableres så ved dumping fra lekter til kotehøyde -5,0 i en bredde på ca. 45 m. Geotekstilen har to hensikter; å hindre oppvirvling av bunnmassene ved dumping av stein, og å bedre stabiliteten ved armering av fyllingen. Selve sjetéen etableres ved direkte utfylling på tipp. Kronehøyden holdes så lav som mulig, ca kote +0,5. Av hensyn til rasjonell drift bør sjetéen anlegges med ca. 10 m bredde på toppen.

Fase 2 omfatter selve gjenfyllingsarbeidene av det avsnørte bassenget. Av hensyn til stabilitetsforholdene etableres fyllingen på lavest mulig nivå, kote +0,5. Sikkerheten mot lokale glidninger vil være noe lav, slik at mindre glidninger ikke kan utelukkes. Eventuelle glidninger vil forekomme som begrensede terrengsynkninger og bunnhevninger, og vil skje sakte og udramatisk. Av hensyn til stabiliteten tippes massene inne på fyllingen, ca. 10 m fra topp skråning, og skyves på plass med doser. Utskyvingen må skje fortløpende uten etablering av noen form for depoter. Utfyllingen kan utføres fra sjetéen og innover i bassenget, eller fra andre egnede lokaliteter.

De aktuelle steinmassene består i hovedsak av gneis og vil ha en relativt åpen struktur. For å sikre en tilfredsstillende tetting mot havnebassenget vil det bli lagt ut membran som tilfredsstiller filterkrav langs innsiden av sjetéen. Filterkravet er gjengitt i vedlegg 1, og løsningen er vist på fig. 4.

Tettelaget vil fungere som et filter i anleggsperioden mot partikler av forurensede bunnmasser.

Det er ikke prosjektert noen form for tetting langs Paulsenkaia. Grunnundersøkelsen i dette området har påvist masser med relativt gode filteregenskaper og relativt tette masser (se vedlegg 1).

Under etableringen av sjetéen som skissert over regner vi at i tillegg til dagens situasjon (se kapittel 2) mobiliseres noe miljøgifter. Duken vil holde tilbake det meste av partiklene, men som et høyt estimat regner vi 10% av dagens innhold av miljøgifter mobilisert i tillegg. Dette er illustrert i tabell 3:

Tabell 3 Oversikt over utlekking av partikkulert bundet miljøgifter fra Bispevika pr. døgn

Mobilisert stoff	Utlekking av partikulært bundet stoff pr. døgn			
	Dagens situasjon	Tillegg ved etablering sjeté	Totalt under etablering sjeté	Totalt etter etablering sjeté
Hg	300 mg	30 mg	330 mg	15 mg
Cd	400 mg	40 mg	440 mg	20 mg
Pb	25 g	2,5 g	28 g	1,25 g
Cu	25 g	2,5 g	28 g	1,25 g
PCB	60 mg	6 mg	66 mg	3 mg
PAH	6 g	0,6 g	7 g	0,3 g
THC	300 g	30	330 g	15 g

Når sjetéen er etablert, vil alle partikler i suspensjon bli holdt tilbake. Bare koloidpartiklene $< 0,45 \mu\text{m}$ vil slippe gjennom.

Basert på kornfordelingskurvene antas det at ca. 5% av miljøgiftene er mobiliserbare som koloider. (Siste kolonne i tabell 3). Dette tilsier at etter at sjetéen er etablert og i innfyllingsperioden vil situasjonen være 95% bedre enn dagens.

Kostnadene for tiltaket er forbundet med innkjøp og utlegging av geotekstil på bunnen, utlegging av stein fra lekter og innkjøp og montering av membran på innsiden av sjetéen. Disse kostnadene er foreløpig estimert til ~ 1,5 mill. kr.

Vi foreslår å fylle hele området innenfor sjetéen med stein direkte på sedimentmassene uten noen filterduk eller filtermaterialer. Begrunnelsen for dette har sammenheng med setninger som beskrevet i kapittel 4 og utpressing av porevann.

Porevannet i de forurensede massene vil også være forurenset. Det er ikke utført målinger av dette, men det verste tilfellet vil være mettet løsning av de forskjellige stoffene. Det er antatt reduserende forhold i sedimentene og derved en sulfidbinding av Cd, Cu og Pb som gir lav løselighet. Beregningsmessig kan en da oppnå konsentrasjoner i porevannet som følger:

Hg	-	< 0,001 ng/l
Cd	-	< 0,01 ng/l
Cu	-	~ 0
Pb	-	< 1 ng/l
PAH	-	~ 1-10 µg/l
Olje	-	~ 1000-10000 µg/l

Vanninnholdet i massene er ca. 100% vann i forhold til tørrstoff.

Som det fremgår av disse tallene ligger verdiene på bakgrunnsnivå og lavere med unntak av olje, og det er derfor kun utlekking av olje fra sedimentet som er av interesse.

Basert på konsentrasjonene i sedimentet, som er angitt i tabell 1, ligger det anslagsvis 150-200 tonn olje i Bispevika.

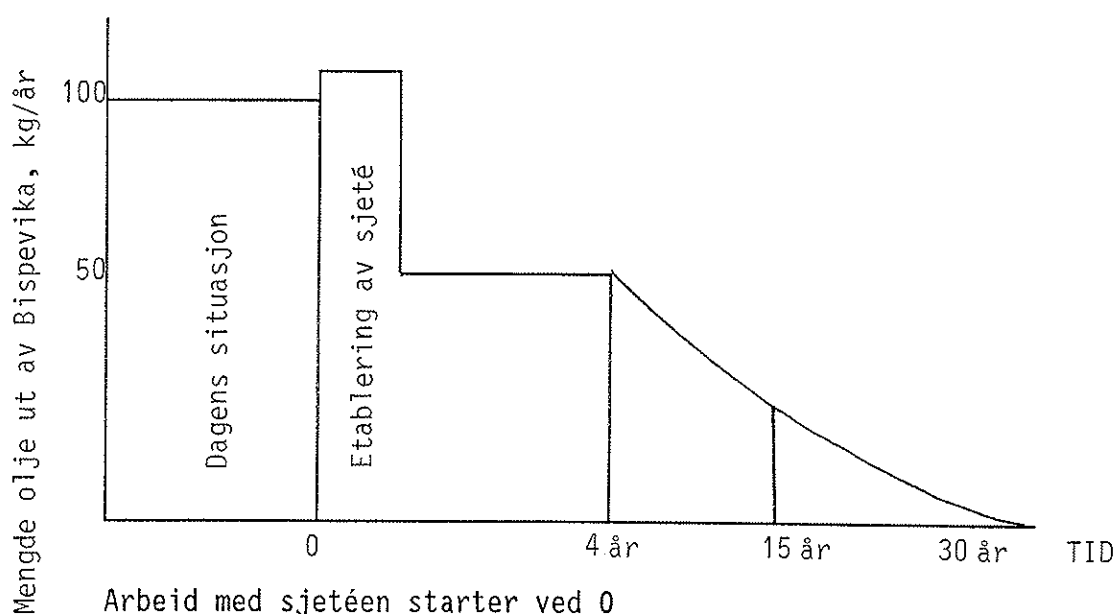
Ved å fylle som foreslått og skyve massene på plass, vil de groveste massene rulle lengst og havne nederst. Det vil si at det blir størst hulrom i nederste del av fyllingen. Når full belastning kommer på, vil størstedelen av de bløte massene bli presset opp i hulrommene i fyllingen, anslagsvis 75-90%. Disse massene blir ikke presset sammen, og på denne måten reduseres mengden utpresset forurenset porevann med 75-90% i forhold til bruk av duk for å skille massene.

Ved fylling som beskrevet og jevn belastning, vil en forvente 0,1-0,25 m setninger og utpressing av 5-15000 m³ forurenset porevann. All utpressing vil ventelig skje i løpet av det første året etter nedfylling.

Dersom en regner 3 års fyllingstid, vil det bli transportert ut maksimalt 150 kg olje løst i vann over 4 år, dvs. ca. 40 kg pr. år. Når det gjelder de andre stoffene vil konsentrasjonene i vannmassene ikke overstige bakgrunnsnivåene.

Utviklingen når det gjelder transport av olje kan framstilles som følger:

Tabell 4 Mengde olje transportert ut av Bispevika



I permanenttilstanden når hele arealet er innfylt, vil det foregå en konsolidering av de underliggende leirmassene. I denne perioden vil utpresset rent porevann presses opp forbi og delvis gjennom de forurensede massene og forårsake en viss utlaking. Dette vil være en sakte og avtagende prosess. Under denne prosessen vil de forurensede massene stadig synke dypere og forbli i et reduserende miljø. Det reduserende miljøet vil alltid være intakt pga. det store innholdet av organisk materiale i sedimentene.

De underliggende massene vil sette seg inntil 2 m med utpressing av totalt 10.000 m³ porevann. Dette vannet vil finne letteste veg ut og foregå over 20-30 år.

Antar en at 50% av det utpressede vannet vil bli mettet med løst olje og at 50% av setningene vil være unnagjort i de første 10 årene, vil mengden løst olje i vann i gjennomsnitt pr. år være ca. 25 kg synkende til 0 i løpet av de neste 20 år.

Totalt fra utfylling av sjetéen starter til setningene er avsluttet, vil utlekkingen av olje fra sedimentene tilsvare ca. 0,3 %.

Grunnvannstanden i området vil innstille seg på et nivå anslagsvis 0-0,5 m over middelvannstand pga. grunnvannstilstrømning fra grunnen nord og øst for Bispevika. Dette vil gi en gradient ut mot sjøen med dertil hørende grunnvannstrøm.

I sonen fra sjetéen og noe inn i fyllingen vil tidevannsvariasjonene påvirke grunnvannsnivået. Ved lavvann vil hastigheten kunne øke noe uten at det vil få betydning for transport av partikler. Ved høyvann vil det kunne foregå en innstrømming av saltvann til fyllingen. Basert på litteratur og erfaring fra tidligere prosjekt dempes derimot denne tidevannseffekten relativt raskt innover i fyllingen, og påvirker anslagsvis 50-100 m av fyllingen. Dette tilsier at i permanenttilstanden vil ikke den generelle grunnvannsstrømmen eller tidevannseffekten forårsake utløsning og transport av forurensing.

Andre prosesser av betydning som kunne mobilisere miljøgiftene i sedimentene er vanskelig å tenke seg, bortsett fra graving. Men det forutsettes at det legges restriksjoner på graving i området.

4. INNFYLLING AV FORURENSEDE MUDRINGSMASSER

Vi antar at massene som eventuelt skal legges inn i Bispevika hovedsakelig vil stamme fra Bjørvika, og vi har derfor antatt de samme konsentrasjoner av miljøgifter som tidligere.

Innfylling av mudringsmasser er bare aktuelt ved alternativ B og C, da alternativ A inkluderer fjerning av forurenset sediment.

Ved innfylling vil mengden suspendert materiale øke kraftig og dermed mengden koloider i vannmassene. Innfyllingen vil skje som episoder over kortere og lengre perioder. Etter disse episodene vil situasjonen normalisere seg til den som er beskrevet under innfylling av stein.

Vi antar at mengden utløste miljøgifter vil øke 10-20 ganger i forhold til den normale fyllingssituasjonen. Det vil da si at i periodene med innfylling av mudringsmasser vil lekkasjen av miljøgifter ut fra Bispevika med alternativ C tilnærmet være lik dagens situasjon.

Filteret i sjetéen og omkringliggende kaier vil holde tilbake alt partikulært materiale, slik at hvor i fyllingsområdet mudringsmassene legges er av mindre betydning. Dersom massene legges jevnt inn over hele området, oppnås den mest homogene grunnen ut fra et bygningsteknisk synspunkt.

Det vil også komme ca. 9.000 m³ alunskifer fra Ekebergtunnelen. Som det fremgår av vedlegg 2 er deponering av alunskifer under vann den sikreste måten å oppbevare slike masser.

Innlegging av alunskifer må skje slik at massene kommer under fremtidig grunnvannsnivå.

5. GEOTEKNISKE PROBLEMSTILLINGER

5.1 Utførte undersøkelser

Det er fra tidligere utført grunnundersøkelser i området for å kartlegge løsmassenes geotekniske egenskaper. Undersøkelsene er nå supplert av NGI. NGIs nye undersøkelser er i hovedsak utført langs ytre fyllingsbegrensning. Noen kontrollboringer er utført i den indre delen av bassenget, samt på Paulsenkaia.

Figur 5 viser borprofilet fra vår nye prøveserie nr. 103, og er representativ for forholdene i Bispevika. Grunnen består øverst av et 1,0-2,0 m tykt lag av forurenset masse med vanninnhold på omkring 100% (vektprosent av tørrstoff). Massen har en relativt seig konsistens. Fra 0-0,5 m dybde er massen svært bløt og har derunder en viss fasthet. Videre ligger en bløt til middels fast leire med vanninnhold på ca. 40%. Skjærstyrken øker fra omkring 20 kPa i 4 m dybde til omkring 40 kPa i 20 m dybde. Leiren er lite sensitiv. På fig. 2 er det gitt et foto av massene fra 0-1,40 m.

Langs Paulsenkaia-utstikkeren er det utført undersøkelser i seks borpunkter i inntil 10 m dybde. Undersøkelsen viser at massene innenfor den nåværende brannstasjonen består av pukk, subbus og finsprengt stein fra kainivå til ca. kote +1,0. Derunder ligger et lag av siltig finsand og sagflis.

Det er ikke utført grunnundersøkelser av Sørengkaia i denne omgang. Vårt kjennskap til denne kaia tilsier at det ligger byfyll og sammensatte masser med til dels høyt innhold av finstoff og med gode filteregenskaper i dette området. I tillegg vil det i dette området også være en klar gradient på grunnvannet inn mot Bispevika pga. de bakenforliggende høye partiene.

5.2 Beregninger og evalueringer

Stabilitetsberegninger viser at etablering av sjetéen nødvendiggjør visse stabiliserende tiltak. Den øvrige delen av Bispevika kan utfylles fra tipp utlagt på ca. kote +0,5, kfr. kapittel 3.

Utfyllingen vil medføre relativt store setninger i den underliggende kompressible avsetningen. Setningenes størrelse vil variere betydelig på grunn av de varierende fjelldybene. Sentralt på utfyllingsområdet er løsmassemektheten mindre enn 15 m, mens indre deler av Bispevika og partiet ytterst langs sjetéen har mektigheter på 30-35 m.

De øverste bløte (og forurensede) bunnsedimentene vil delvis blande seg inn i steinfyllingen og delvis bli liggende som et intakt lag under fyllingen. Det intakte laget under steinfyllingen vil utsettes for konsolidering (presses sammen av vekten av steinfyllingen). Tykkelsen på dette laget vil i gjennomsnitt variere mellom 0,2 og 0,5 m. Erfaringer tilsier at konsolideringen kan medføre en sammenpressing på ca. 50%. På grunn av lagets begrensede tykkelse vil dette skje relativt hurtig, i løpet av 1 år.

Leiravsetningen vil få store langtidssetninger. Foreløpige beregninger viser at setningene kan bli av størrelse 2 m der mektigheten er størst. Setningene vil foregå over meget lang tid, 20-30 år. Setningshastigheten vil være avtagende med tiden. Halvparten av setningen vil være avsluttet i løpet av 8-10 år.

5.3 Anleggsfasen

Arbeidene med tildekking/ utfylling i Bispevika vil som omtalt tidligere bestå av to faser:

- Etablering av sjeté
- Utfylling av det avskjærte området

Målet for utføringen av arbeidet er å bedre forurensningssituasjonen i området og minimere mobiliseringen av miljøgifter i anleggsfasen.

Eablering av sjeté

Arbeidene er beskrevet i kapittel 3. Bruk av geotekstil direkte på bunnen før dumping av stein vil hindre at steinen faller direkte ned i toppsedimentet og derpå følgende oppvirvling. Duken skal ha maskeåpning $\leq 0,1$ mm. Dette vil være ned mot gjennomsnittlig kornstørrelse for bunnsedimentet. Når en tar i betraktning observasjoner under prøvetaking i felt, og de enkle forsøkene som ble gjort i vårt laboratorium, viser det seg at det i stor grad rives løs klumper ved slik påvirkning. Disse klumpene vil bli holdt tilbake av duken.

Det viktigste er at dette arbeidet vil forårsake langt mindre oppvirvling enn det skipstrafikken utgjør.

Den videre utfylling av sjetéen vil foregå ved at massene tippes inne på fyllingen og skyves på plass med doser. Steinmassen vil da rulle på plass ned på den allerede utlagte motfyllingen og ingen oppvirvling vil oppstå.

Under arbeidet med sjetéen vil hastigheten av tidevannsstrømmen påvirkes av at utløpsarealet minker. Hastigheten vil øke proporsjonalt med reduksjon av utløpsarealet. Ved f.eks. 3/4 ferdigstillelse av sjetéen vil utløpsarealet være redusert til ca. 210 m² og gjennomsnittlig vannhastighet øket til ca. 1 cm/s. Dette vil fortsatt ligge langt under eroderende hastighet for bunnsedimentene, men vil kunne transportere partikler i suspensjon ut av utløpet.

Som nevnt tidligere vil derimot hastigheten raskt avta utenfor utløpet og partiklene sedimenteres. Videre vil partiklene som oppvirvles, som tidligere observert, bestå av synlige "klumper" med kornstørrelse som sand. Disse vil ved denne hastighet, og også ved hastigheter en potens høyere, sedimenteres svært raskt.

Arbeidet med sjetéen vil være fullført i løpet av 3-4 uker. Når avsnøringen er fullført med tetting som beskrevet i neste avsnitt, vil forurensningsbelastningen fra Bispevika opphøre.

Utfylling av det avskjærte området

Som beskrevet i kapittel 3 må sjetéen utformes på en måte slik at oppvirvlede partikler holdes tilbake i størst mulig grad i anleggsperioden.

Etter at sjetéen er etablert med stein fra Ekeberg tunnelen, vil det bli lagt en filterduk på innsiden som tilfredsstiller filterkravene gjengitt i vedlegg 1.

Som det framgår av vedlegg 1 er det vanskelig å overføre direkte filterkrav fra steinmasser til filterduker. På grunn av kohesjon i sedimentene vil, som tidligere nevnt, noe av massene ved oppvirvling forekomme som små klumper i suspensjon. Disse massene vil bli holdt tilbake i filterduken, og etter hvert vil det foregå en tetting av filteret slik at filterkravet vil bli oppfylt relativt kort tid etter etablering av filteret.

Den videre gangen i fyllingsarbeidene vil være å fylle innover fra sjeteén eller fra steder der det er mest praktisk. For alle fyllingsarbeider gjelder det at massene skal skyves på plass som beskrevet tidligere.

6. KONKLUSJON

Målet med innfyllingen er å løse et forurensingsproblem, innvinning av areal, og besparelse av transportkostnader for tunnelstein.

Det er geoteknisk mulig å fylle inn Bispevika med stein fra Ekeberg-tunnelen.

De forskjellige sidene ved de tre beskrevne alternativene er omtalt i kapittel 3, og kan kort sammenfattes som følger:

Alternativ A er ikke gjennomførbart på grunn av manglende behandlingsmuligheter for mudret sediment i Norge og svært høye kostnader for nyetablering av mottak eller eksport. Alternativet gir ingen muligheter for innlegging av mudringsmasser.

Alternativ B er en komplett løsning for et deponi for forurensede masser. Kostnaden er høy, ~20 mill. kr, og ut fra effekten av alternativ C gir ikke disse store tilleggskostnadene vesentlig effekt.

Alternativ C gir 95% av effekten av alternativ B med en gang sjeteén er etablert med tettesone. Kostnadene er ca. 1,5 mill kr, dvs. ca. 5% av alternativ B.

I anleggsperioden ved innlegging av mudringsmasse vil utlekkingen av miljøgifter fra Bispevika være som i dag.

I permanenttilstanden vil det være en utlekking av olje fra sedimentene som synker fra ca. 45 kg pr. år i starten til null i løpet av 20-30 år. Andre miljøgifter vil praktisk talt være immobiliserte.

Basert på det som er framkommet vil vi foreslå at alternativ C velges ut fra de moderate utløsninger av miljøgifter som vil foregå, og de lave kostnadene denne løsningen medfører i forhold til alternativ B.

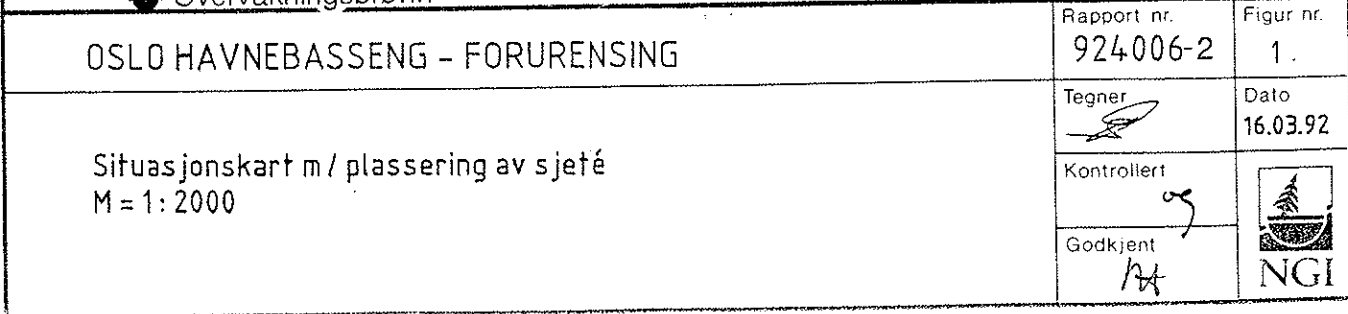
For å kontrollere situasjonen og overvåke om effekten av tiltaket er tilfredsstillende, må det opprettes et system for overvåking. Det må installeres et antall brønner i ytre del av fyllingen og i Paulsenkaia og Sørenskaia. Plasseringen av brønnene er vist på fig. 1. Brønnene skal prøvetas hyppig i en innledningsperiode, og vannet analyseres på stoffer som er detektert i sedimentene. Senere behøves sannsynligvis kun analyser av noen utvalgte stoffer.

Dersom målingene ved et tidspunkt tilsier at den etablerte løsningen ikke fungerer som planlagt, er det mulig å tette området som beskrevet for alternativ B.

Det må settes kriterier for hva en skal overvåke, og ved hvilke verdier en ønsker å gjøre tiltak og ved hvilke verdier en kan avslutte målingene. Disse kriteriene må inngå i egen instruks.

Figurer:

- Fig. 1 - Situasjonsskart m/ plassering av sjeté, M = 1:2.000
- " 2 - Foto av kjerneprøve nr. III tatt i Bispevika
- " 3 - Foto av utløsning av sediment som synker i vann
- " 4 - Snitt, sjeté og fylling, M = 1:500
- " 5 - Borprofil



0,00m —

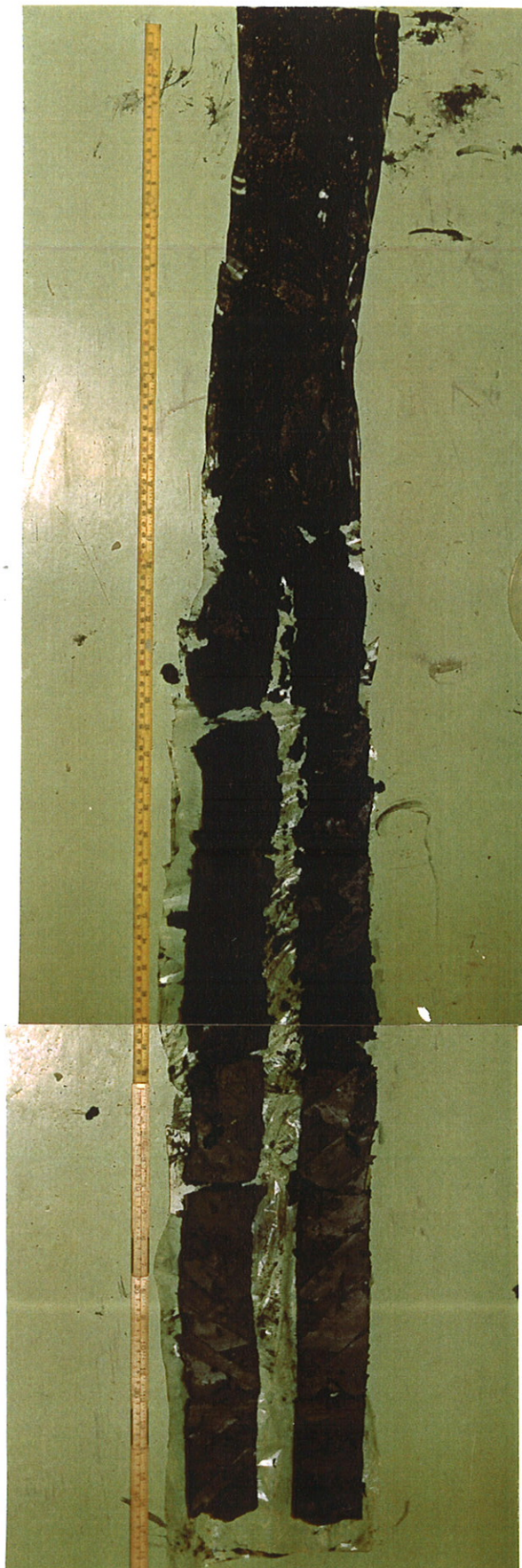
0,25m —

0,50m —

0,75m —

1,00m —

1,25m —




OSLO HAVNEBASSENG – FORURENSNING


Foto av kjerneprøve nr. III
tatt i Bispevika


Rapport nr.
924006

Figur nr.
2

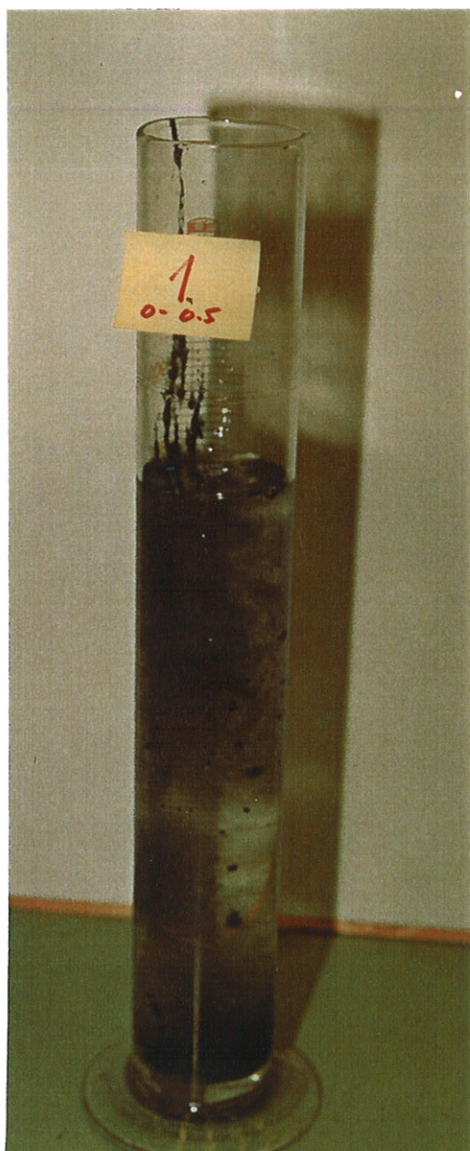
Tegner


Dato
02.04.92

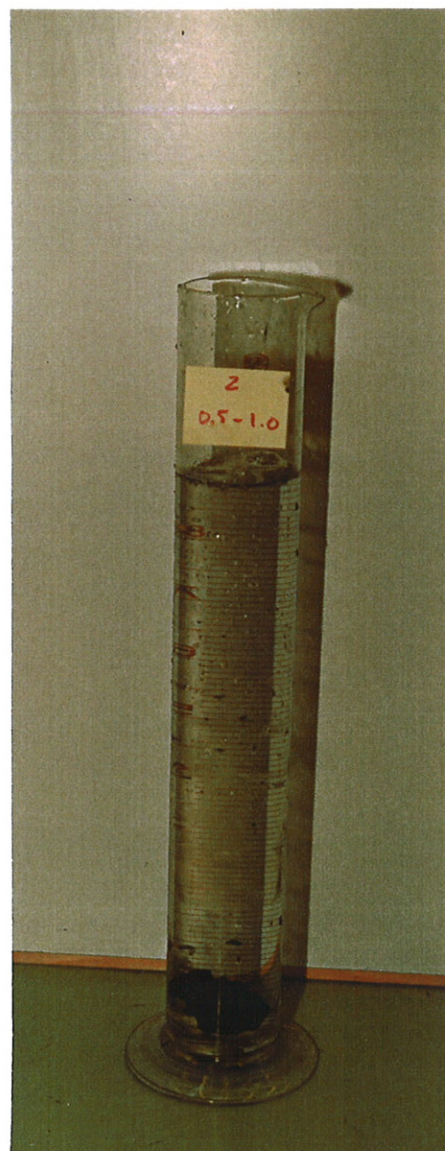
Kontrollert


Godkjent








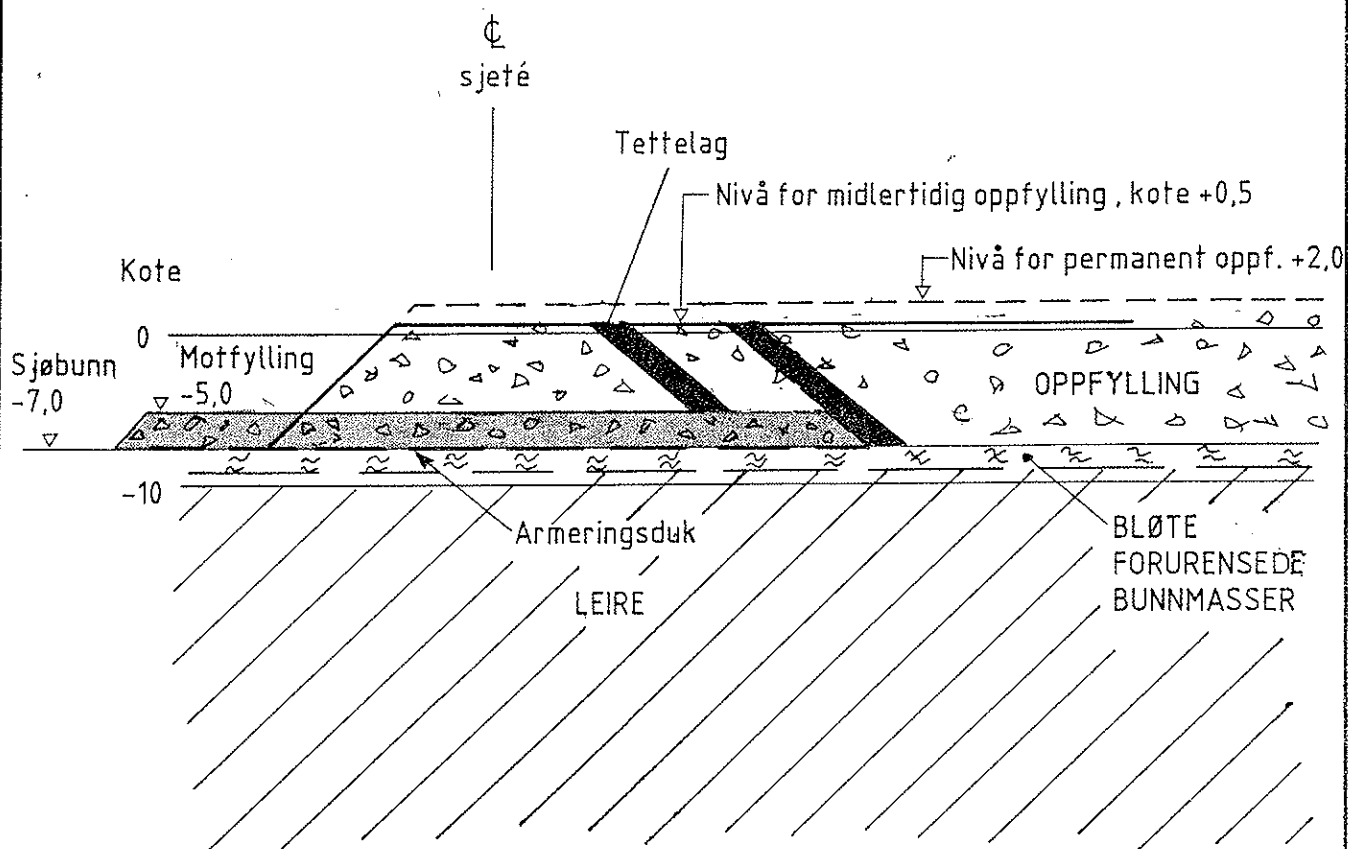


0 - 0,5m sedimentdyp



0,5 - 1,0m sedimentdyp




OSLO HAVNEBASSENG - FORURENSNING	Rapport nr. 924006	Figur nr. 3
Foto av utløsning av sediment som synker i vann	Tegner 	Dato 02.04.92
	Kontrollert 	
	Godkjent 	

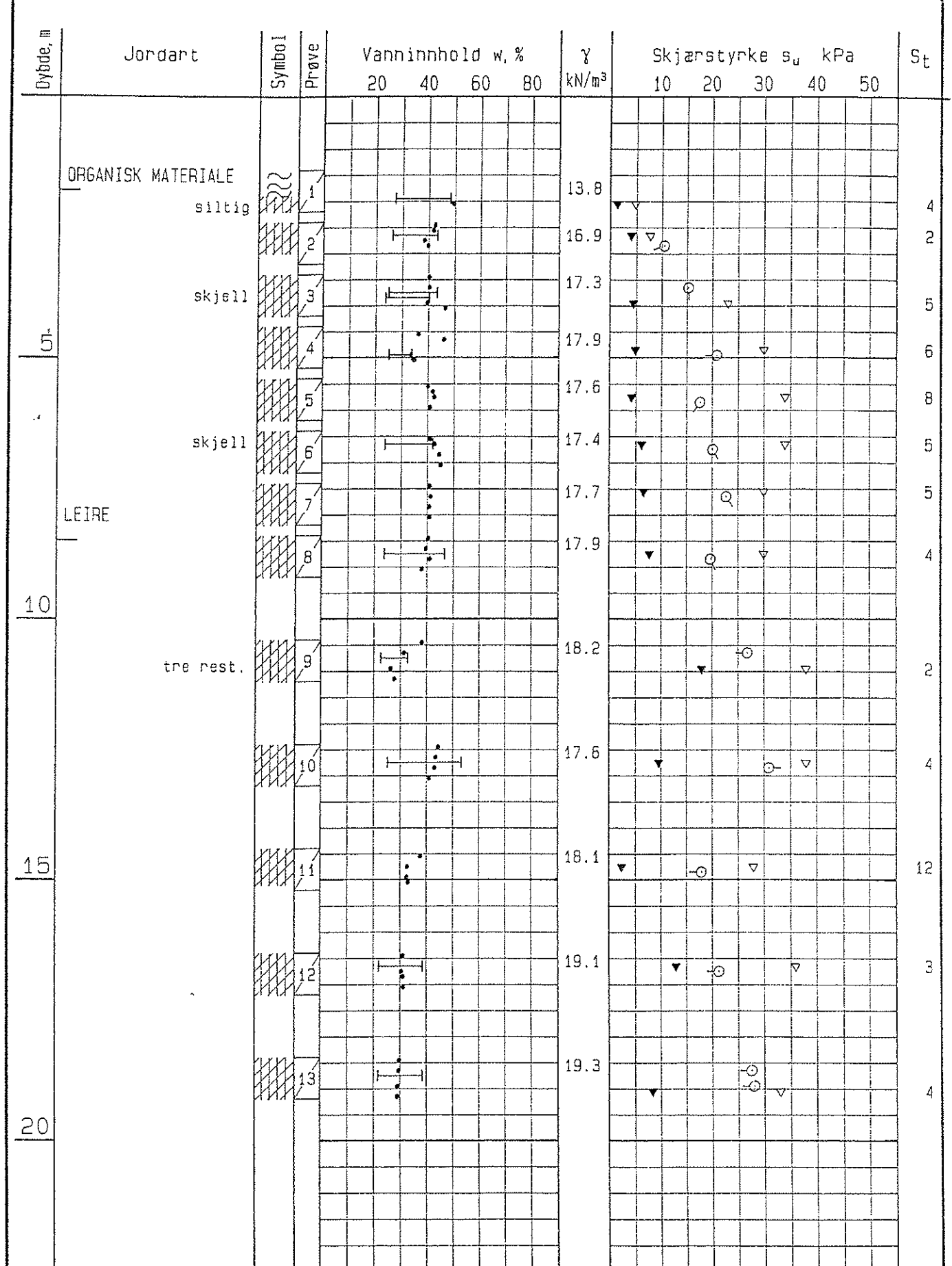


Utførelse:

- Armeringsduk legges ut i sjetéaksen
- Motfylling legges ut fra dumpelekter
- Sjeté fylles ut fra tipp, kote +0,5
- Tettelag legges ut
- Gjenfylling Bispevika

Revidert 31.03.92

OSLO HAVNEBASSENG – FORURENSING	Rapport nr. 924006	Figur nr. 4
Snitt, sjeté og fylling M = 1: 500	Tegner 	Dato 16.03.92
	Kontrollert 09	
	Godkjent 	



OSLO HAVNEBASSENG - FORURENSING

Rapport nr.
924006

Figur nr.
5

BORPROFIL

Hull: 103
Terr.kote: -6,3m
Prøvetype: 54mm

Tegner

Dato
25/3-92

Kontrollert

Godkjent

- vanninnhold
- ▼ konus omrørt

- — utrullings- og flytegrense
- ▼ konus uomrørt
- trykkforsøk



Vedlegg 1

Filterkrav for tettemembran på innsiden av sjeteén

Figurer:

Fig. V1-1 - Kornfordelingskurver for tunnelstein fra Vestbanekrysset og
bunnsedimenter i Bispevika

FILTERKRAV FOR TETTEMEMBRAN PÅ INNSIDEN AV SJETÉEN

På fig. V1-1 er det vist kornfordelingskurver for toppsedimentet i Bispevika.

Kravet til filtermasser er formulert som følger:

1) $D_{50}/d_{50} < 25$, der

D_{50} = 50 % av steinmassene har mindre kornstørrelse enn D_{50}

d_{50} = 50 % av sedimentmassen har mindre kornstørrelse enn d_{50}

2) $4 < D_{15}/d_{15} < 40$, hvor

D_{15} = 15 % av steinmassene har mindre kornstørrelse enn D_{15}

d_{15} = 15 % av sedimentmassen har mindre kornstørrelse enn d_{15}

3) $D_{15}/d_{85} < 5$, hvor

D_{15} = 15 % av steinmassene har mindre kornstørrelse enn D_{15}

d_{85} = 85 % av sedimentmassen har mindre kornstørrelse enn d_{85}

Disse kravene kan også overføres til filterduker der kornstørrelsen erstattes med krav til ekvivalent porestørrelse (EPS) og prosent åpent areal.

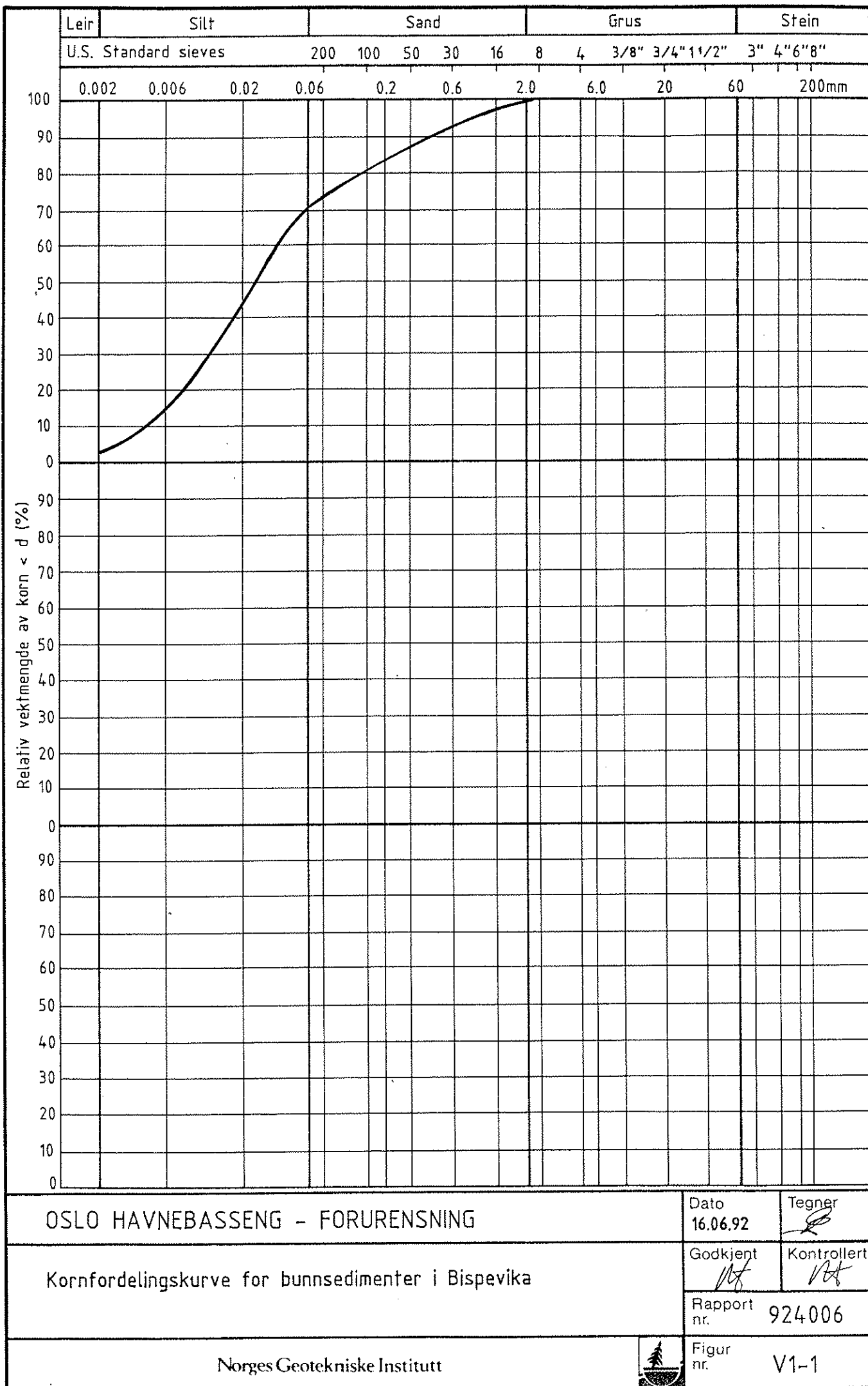
EOS er definert som nærmeste siktstørrelse som korresponderer til åpningene i filterduken. Prosent åpent areal er definert som summen av åpent areal dividert på totalarealet av duken.

For materiale i Bispevika som inneholder $> 50\%$ partikler $< 0,075$ mm er kravet utformet som:

- 85 % av EOS $< 0,2$ mm

- Prosent åpent areal $< 10\%$

Kombinasjonen av disse to kravene tilfredsstiller at partiklene i materialet blir holdt igjen og at total igjentetting unngås.



OSLO HAVNEBASSENG - FORURENSNING

Kornfordelingskurve for bunnsedimenter i Bispevika

Dato
16.06.92

Godkjent
[Signature]

Rapport nr.
924006

Tegner
[Signature]

Kontrollert
[Signature]

Figur nr.
V1-1

Norges Geotekniske Institutt

Vedlegg 2

Brev fra Statens Forurensningstilsyn (1988):

"Vurdering av mulige forurensningsproblemer ved deponering av alunskifer
i Oslo Havn"



Statens forurensningstilsyn

POSTBOKS 8100 DEP. 0032 OSLO 1
LØRENVEIEN 57
TELEFON (02) 65 98 10 - TELEX: 70 684 SFT N
TELEGRAMADR. "FORURENSNING".
TELEFAKS (02) 65 88 00

Fylkesmannen i Oslo og Akershus
Miljøvernavdelingen
Postboks 8111 Dep.
0032 OSLO 1

Dato ref.

Vår ref. (bes oppgitt ved svar)

Dato

88/
429/02

TJo

DEPONERING AV STEINMASSER I OSLO HAVN

Vurdering av mulige forurensningsproblemer ved deponering av alunskifer i Oslo havn.

Deponering av alunskifer i Oslo havn anses ikke å medføre nevneverdig forurensning idet utløsning av metaller neppe vil skje fordi massene tildekkes og deponeres i reduserende miljø. Statens institutt for strålingshygiene (SIS) vurderer ikke radioaktivitet fra naturlige kilder som alunskifer som noe strålingshygienisk problem så lenge radioaktiviteten ikke oppkonsentreres.

Vi viser til møte i Statens forurensningstilsyn (SFT) 8. august 1988 angående utfylling i Oslo havn med steinmasser inneholdende alunskifer.

- ./.
 - ./.
- Vedlagt følger søknad fra Selmer-Furuholmen om tillatelse til deponering av alunskifer i havnebassenget i Oslo. Vi vedlegger også notat med SFTs vurdering mht mulig fare for forurensning pga tungmetaller ved deponering av alunskifer og andre masser i Oslo havn, samt vurderinger gitt av direktør Johan Bearli, SIS, mht radioaktivitet fra alunskifer.

Med hilsen

Berit Kvæven
Berit Kvæven (e.f.)

Tor Johannessen
Tor Johannessen

Kopi: Miljøverndepartementet, F-avd., Pb.8013 Dep., 0030 Oslo 1

NOTAT

UTFYLLINGSARBEIDER I OSLO HAVN.

Vurdering av mulig forurensningsfare i forbindelse med deponering av alunskifer.

 Alunskifer inneholder tungmetaller, men disse vil neppe løses ut og forårsake forurensning, idet massene vil bli tildekket og deponert under reduserende forhold. Deponering av alunskifer anses dermed ikke å medføre nevneverdig forurensning, jfr. forurensningsloven § 8 siste ledd. Naturlig forekommende radioaktivitet fra alunskifer innebærer ifølge SIS ikke noe strålehygienisk problem, så lenge radioaktiviteten ikke oppkonsentreres.

Det vises til møte i SFT 8. august 1988 angående utfylling i Oslo havn av steinmasser inneholdende alunskifer.

Alunskiferen inneholder metaller som nikkel, sink, kobber og krom i konsentrasjoner på opptil 100-150 ppm, mens vanadiuminnholdet er rundt 500 ppm. Sammenliknet med NIVAs vurdering av metallinnhold i marine sedimenter (forslag til marine vannkvalitetskriterier) ligger disse verdiene over det som kan karakteriseres som naturlig bakgrunnsverdi for marine sedimenter. Slike sedimenter ville blitt betegnet som moderat til betydelig forurenset, og dumping av marine sedimenter (mudringsmasser) med et slikt innhold av tungmetaller ville neppe blitt tillatt.

Det antas imidlertid at faren for utløsning av metaller vil være langt mindre fra faste masser som alunskifer enn fra vanlige mudringsmasser. Ifølge utbyggingsplanene for Oslo havn vil også alunskiferen bli tildekket med mer inerte, uforurensete masser, slik at skiferen vil bli deponert under reduserte forhold. I tillegg vil det bli bygget kai utenfor dette oppfyllingsområdet, slik at massene med tiden i enda mindre grad vil bli eksponert for vannbevegelser. SFT anser således at deponering av alunskifer som planlagt ikke vil medføre nevneverdig forurensning med tanke på metallinnhold og utløsning av metaller, jfr. forurensningsloven § 8 siste ledd.

Innholdet av uran i alunskifer og faren for radioaktiv forurensning er tatt opp med Statens institutt for strålehygiene (SIS). Ifølge uttalelser fra direktør Johan Baarli, SIS, betraktes ikke naturlig forekommende radioaktivitet som noe strålehygienisk problem. Naturlig forekommende radioaktivitet hvor det ikke er snakk om oppkonsentrering verken kan eller skal omfattes av noen offentlig regulering, er SIS sin vurdering. Radioaktivitet fra naturlige kilder, som f.eks alunskifer, er således heller ikke underlagt kontroll. Dette er også i samsvar med internasjonale arbeider ("Principles for the exemption of radiation sources and practices for regulatory control", Radiation protection and public health - OECD) ifølge Johan Baarli, SIS.

dokumentkontrollside



Oppdragsgiver / Prosjekt Oslo Havnevesen Kontraktnr. Brev datert 1992-01-23 NGIs prosjektnr. 924006						<input type="checkbox"/> NS-ISO 9001 <input checked="" type="checkbox"/> NS-ISO 9002 <input type="checkbox"/> NS-ISO 9003 <input type="checkbox"/> Egen kontroll Sign. <i>AT</i>		
Dokumenttittel Oslo Havnebasseng - Forurensning Plan for utfylling av Bispevika Utarbeidet av Audun Hauge og Odd Gregersen						Dokument nr. 924006-2 Rev. 2 Dato 5 mai 1992 15 juni 1992		
Skal kontrollers av: Sign. <i>AT</i>	Kontrolltype		Dokument		Revisjon 1		Revisjon 2	
			Godkjent		Godkjent		Godkjent	
			Dato	Sign.	Dato	Sign.	Dato	Sign.
K.L.	Helhets-vurdering*		4/5	AL	15/5	AL	16/6	AT
	Språk							
	Logisk							
KL	Teknisk	- skjønn	4/5	AL	15/5	AL	16/6	AT
		- total						
		- tverrfaglig						
AH	Utforming		7/5-92	AT	14/5	AT	16/6	AT
AH	Slutt		7/5-92	AT	14/5	AT	v	AT
	Kopiering							
* Gjennomlesning av hele rapporten og skjønnsmessig vurdering av innhold og presentasjonsform.								
Dokument godkjent for utsendelse			Dato	7/5-92	Sign. <i>Audun Hauge</i>			

referanseside • documentation page



Rapportnummer / Report No. 924006-2		<input checked="" type="checkbox"/> Rapport Report <input type="checkbox"/> Intern rapport Internal Report
Rapporttittel / Report title Oslo Havnebasseng - Forurensning Plan for utfylling av Bispevika		Distribusjon / Distribution <input type="checkbox"/> Fri Unlimited <input checked="" type="checkbox"/> Begrenset Limited <input type="checkbox"/> Ingen None
Oppdragsgiver / Client Oslo Havnevesen		Dato / Date 5 mai 1992 Revisjon / Revision Rev. 2: 15 juni 1992 Sider / Pages
Prosjektleder / Project Manager Audun Hauge		
Utarbeidet av / Prepared by Audun Hauge og Odd Gregersen		
Emneord / Keywords Environmental geotechnology, fill, leakage, pollution, underwater, environmental effects		
Geografiske opplysninger / Geographical information		
Landområder / Onshore Land, fylke / Country, County Oslo Kommune / Municipality Oslo Sted / Location Bispevika Kartblad / Map 1914 IV, 0-3-1 UTM-koordinater / UTM-coordinates		Havområder / Offshore Havområde / Offshore area Feltnavn / Field name Sted / Location Felt, blokknr. / Field, Block No.