

SEMINAR OM

VANDBYGNING MED

MILJØPÅVIRKNINGER

afholdt i Århus

21. juni 2000

DANSK VANDBYGNINGSTEKNISK SELSKAB

DANISH SOCIETY OF HYDRAULIC ENGINEERING

v/ Helge Gravesen, Carl Bro Anlæg a/s, Granskoven 8, 2600 Glostrup
Tlf. +45 43 48 63 28, Fax +45 43 63 65 67, email hlg. @carlbro.dk



DANSK VANDBYGNINGSTEKNISK SELSKAB

DANISH SOCIETY OF HYDRAULIC ENGINEERING

v/ Helge Gravesen, Carl Bro Anlæg a/s, Granskoven 8, 2600 Glostrup
Tlf. +45 43 48 63 28, Fax +45 43 63 65 67, email hlg @carlbro.dk



15.06.2000
HIG

Besøg Århus Havn og Seminar om Vandbygning med Miljøpåvirkninger (sandindvindinger, uddybninger, depoter m.m.)

Onsdag d. 21 juni 2000 kl 10.00-18.00

Mødested: Århus Havns kontor,

Program

- | | |
|-------------|--|
| 10.00-10.30 | Velkomst og gennemgang af projektet og Århus Havns udvikling: Gunnar Jensen, Århus Havn |
| 10.30-12.00 | Ekskursion i havnen |
| 12.00-13.00 | Frokost |
| 13.00-13.40 | Erfaringer fra projektering og tilsyn: Michael Høgedal / Jens Nygaard Larsen, Rambøll |
| 13.40-14.30 | Sandindvinding til Århus Havn (fra VVM til resultat inkl. miljøtilsyn): NN, Århus Havn/ Per Madsen, Rambøll |
| 14.30-15.00 | Entreprenørens erfaringer: Henrik Rasmussen, Per Aarsleff |
| 15.00-15.20 | Kaffepause |
| 15.20-15.50 | Miljøundersøgelser i Københavns Havn: Kaj Holm Jørgensen, Københavns Havn |
| 15.50-16.20 | VVM for Europort og Prøvestenen: Mogens Terkelsen, Carl Bro |
| 16.20-16.50 | Containeromladningshavn ved Stignæs (VVM for havn og sandindvinding): Helge Gravesen, Carl Bro |
| 16.50-17.20 | Miljøvurderingsmetoder for havne: Liepaja, Holmen og Ydre Nordhavn: Helle Vang Andersen (Cowi) |
| 17.20-17.50 | Geoteknisk snilde ved anvendelse af uddybet materiale på Peberholm: Ole Alenkær Madsen / Lærke Ritsmer, Carl Bro |

Med venlig hilsen

Helge Gravesen
formand

Besøg på Århus Havn og Seminar om Vandbygning med Miljøpåvirkninger

Deltagerliste pr. 16. juni 2000.

Nr.	Navn	Firma
1.	M. S. Rosbæk	M. S. Rosbæk
2.	Ole Grinsted	NCC Danmark A/S
3.	Henrik Lund Rasmusse	NCC Danmark A/S
4.	Christian Sørensen	Dan Consult
5.	Gunnar Haudrup	Per Aarsleff A/S
6.	Jens Martin Nielsen	Per Aarsleff A/S
7.	Birte Rodevang	Ingeniørhøjskolen i København
8.	Henrik Rasmussen	NCC Danmark A/S
9.	Hans Jørgen Kallehauge	NCC Danmark A/S
10.	Ole Grinsted	NCC Danmark A/S
11.	Torben Poulsen	Esbjerg Havn
12.	Fritz Bosse	Esbjerg Havn
13.	Jacob Steen Møller	DHI-Institut for Vand og Miljø
14.	Søren Blok	Moe & Brødsgaard A/S
15.	Heidi Johansen	Moe & Brødsgaard A/S
16.	1 person	Århus Havn
17.	1 person	Århus Havn
18.	1 person	Århus Havn
19.	Lars Thorsted	Aalborg Air
20.	Carl Peter Thomsen	Aalborg Air
21.	Jørgen Frandsen	Aalborg Air
22.	Carsten Staub	DHI-Institut for Vand og Miljø
23.	Erik Brenneche	Esbjerg Havn
24.	Ole Yding	Rohde Nielsen A/S
25.	Michael Jakobsen	Rohde Nielsen A/S
26.	Niels Peter Offer	Per Aarsleff A/S
27.	Jørgen Fredsøe	ISVA
28.	Jørn Thomsen	COWI
29.	Henrik Hostrup-Pedersen	COWI
30.	Claus Overgaard Sørensen	COWI
31.	Jens Chr. Eriksen	J. C. Eriksen
32.	Leif Thomsen	Sloth Møller, Rådgivende ingeniører A/S
33.	Leif Runge Smith	Arccron
34.	Keld Heiberg Petersen (spiser ikke frokost)	
35.	Per Lykke Larsen	DHI-Institut for Vand og Miljø
36.	Kjeld Dahl Sørensen	Monberg & Thorsen
37.	Thorsten Piontkowitz	Kystinspektoratet
38.	Jesper Holt Jensen	Kystinspektoratet
39.	Anne Buhl Rebsdorf	Kystinspektoratet
40.	Claus Quist Nielsen	COWI
41.	Per K. Rasmussen	Water Consult
42.	Andreas Wejse	Monberg & Thorsen
43.	Per Reimann	Geoteknisk Institut (Århus)

Foredragsholdere:

Nr.	Navn	Firma
1.	Gunnar Jensen	Århus Havn
2.	Bjarne Mathiesen	Århus Havn
3.	Michael Høgedal	Rambøll
4.	Jens Nygaard Larsen	Rambøll
5.	Per Madsen	Rambøll
6.	Henrik Rasmussen	Per Aarsleff
7.	Helge Gravesen	Carl Bro
8.	Mogens Terkelsen	Carl Bro
9.	Kaj Holm Jørgensen	Københavns Havn
10.	Ole Alenkær Madsen	Carl Bro
11.	Lærke Ritsmer	Carl Bro
12.	Helle Vang Andersen	COWI

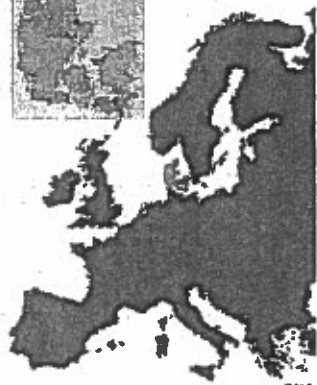
1. Århus Havns udvikling ved Gunnar Jensen (Århus Havn)
2. Projektering og tilsyn ved Århus Havns seneste udbygning ved Michael Høgedal og Jens Nygaard Larsen (Rambøll)
3. Sandindvinding ved Århus Havn, ved Århus Havn og Per Madsen (Rambøll)
4. Entreprenørens erfaringer ved Århus Havns seneste udbygning ved Henrik Rasmussen (Per Aarsleff)
5. VVM for containeromladningshavn ved Stignæs ved Helge Gravesen (Carl Bro)
6. VVM for sandindvinding ved Stignæs ved Helge Gravesen (Carl Bro)
7. VVM for Europort ved Mogens Terkelsen (Carl Bro)
8. VVM for Prøvestenen ved Mogens Terkelsen (Carl Bro)
9. Miljøundersøgelser i Københavns Havn ved Kaj Holm Jørgensen, Københavns Havn
10. Miljøvurderingsmetoder for havne: Liepaja, Holmen og Ydre Nordhavn ved Helle Vang Andersen (Cowi)
11. Geoteknisk snilde ved anvendelse af uddybet materiale på Peberholm ved Lærke Ritsmer Stormholt (Carl Bro)
- 12.

Erfaringer fra udvidelse af Århus Havn

- Introduktion med fokus på RAMBØLLS aktiviteter
 - Afdelingsleder Michael Høgedal, RAMBØLL
- Planlægning, projektering, udførelse og tilsyn
 - Projektchef Jens Nygaard Larsen, RAMBØLL
- Sandindvinding til udvidelse af Århus Havn
 - Havneingeniør Gunnar Jensen, Århus Havn
 - Projektingeniør Peer Smed, RAMBØLL

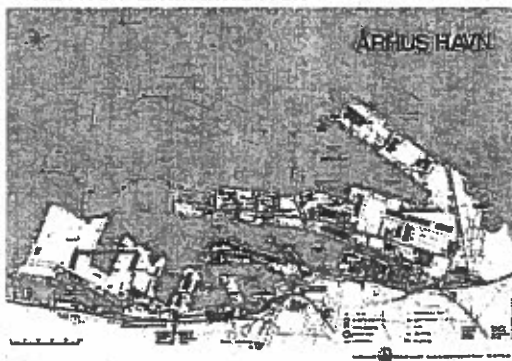
24

RAMBØLL



Århus Havn

Den største containerhavn i Danmark og en de travleste havne i Skandinavien



24

RAMBØLL

Master Plan

0-alternativ
Ingen udvidelse af Århus Havn

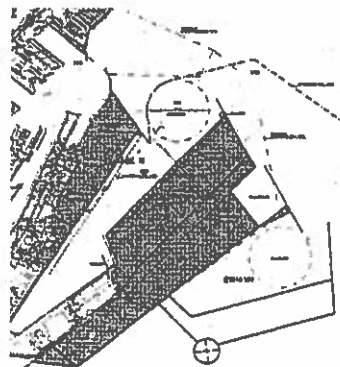
Alternativ 4
Fuld udvidelse af Århus Havn

Alternativ 5
Fuld udvidelse af Århus Havn med Byhavn

21

RAMBOLL

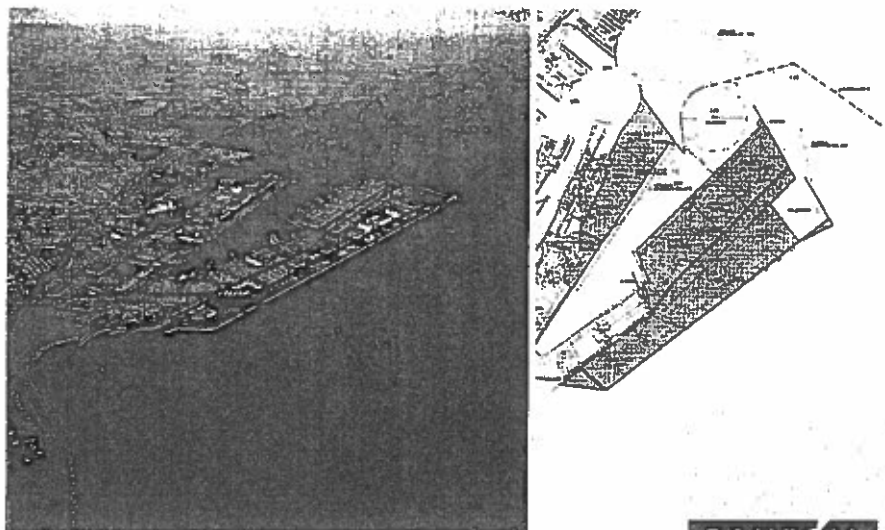
Alternativ 5, Fuld udvidelse med Byhavn



21

RAMBOLL

Alternativ 4, Fuld udvidelse



VVM redegørelse for udvidelse

- Hydrografisk påvirkning
- Morfologisk påvirkning
- Trafik påvirkning
- Støj og vibrationer
- Luft forurening
- Spildevand og drænvand
- Grundvand
- Affald
- Indvinding af fyldmaterialer
- Vedligeholdelsesudbygning
- Påvirkning af det marine miljø
- Marine arkæologi
- Risikovurdering
- Beredskab

RAMBOLL

Råstof VVM for indvinding af sand

For tre indvindingsområder udpeget af Skov og Naturstyrelsen gennemførtes VVM for indvinding af sand til udvidelsens etape 1. I alt 12 mio. m³

- Besrivelse af råstof forekomsten
- Sedimentspild og spredning
- Flora, fauna, vandmiljø
- Luft, støj
- Arkæologi
- Kystsikkerhed
- Fiskeri
- Beredskabsplan og monitorering
- Råstofforekomsten

RAMBOLL

Udvidelsens Etape 1

- Planlægning
- Opdeling i delarbejder
- Valg af rådgivere og entreprenører
- Udførelsesrækkefølge
- Hovedkonstruktioner
 - Ydermoler
 - Adgangsdæmning
 - Kajanlæg
 - Terminalbelægning

RAMBOLL

Sandindvinding til Århus Havn

- Projektet
- Lokalteter
- Mængder
- Anvendte skibe/sandsugere
- Spildmonitorering
- Overholdelse af krav til spild

v. Peer F. Smed, RAMBØLL

RAMBØLL

Projektet

- Formål: at indvende sand til brug for opfyldning i moler, bag kaj og bagarealer
- Sandsugningen er udført af Rohde Nielsen A/S i perioden 25. Oktober 1998 - 10. Maj 2000
- 1. Fase i perioden 25. Oktober 1998 - 26. Januar 1999, hvor DHI udførte spildmonitoreringen for Rohde Nielsen A/S
- 2. Fase i perioden 26. Januar 1999 - 10. Maj 2000, hvor RAMBØLL udførte spildmonitoreringen for Århus Havn

Sandindvinding til Århus Havn

RAMBØLL

Lokaliteter

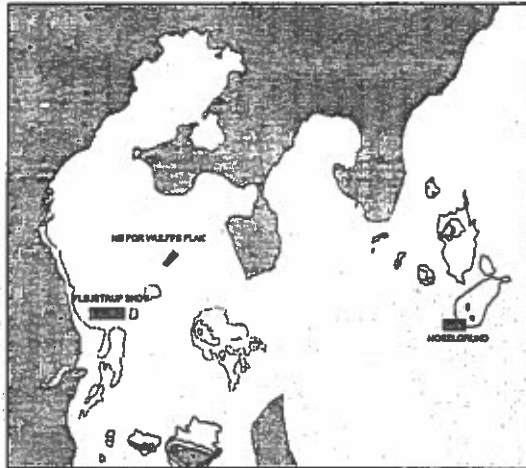


Fig. 1.1. Beliggenhedsplan

Sandindvinding til Århus Havn

RAMBOLL

Lokaliteter

NØ for Wulffs flak:

- oprindelig plan havbund med vanddybde ca. 17m
- skal efterlades som nær plan havbund (max skrænthældning 1:6) => kun slæbesugere må benyttes
- nuværende vanddybde ca. 21m

Fløjstrup skov:

- tidligere indvindingsområde, varierende vanddybde på ca. 10-20m
- præget af stikhuiler => alle typer sandsugere må anvendes
- nuværende vanddybde ca. 18m

Sandindvinding til Århus Havn

RAMBOLL

Mængder

I fase 1:

- NØ for Wulffs flak: 215.000 m³
- Fløjstrup skov: 280.000 m³

I fase 2:

- NØ for Wulffs flak: 2.100.000 m³
- Fløjstrup skov: 5.575.000 m³

I alt:

- NØ for Wulffs flak: 2.315.000 m³
- Fløjstrup skov: 5.855.000 m³
- alle lokaliteter: 8.170.000 m³

Sandindvinding til Århus Havn

RAMBOLL

Anvendte skibe/sandsugere – 1

6 forskellige skibe er anvendt:

Kronborg

- type: stiksuger
- kapacitet: ca. 1000 m³
- blev undervejs ombygget til slæbesuger

Thor

- type: slæbesuger
- kapacitet: ca. 1900 m³

Freja

- type: slæbesuger, 2 stk, én i hver side
- kapacitet: ca. 1500 m³

Sandindvinding til Århus Havn

RAMBOLL

Anvendte skibe/sandsugere - 2

Sif

- type: slæbesuger
- kapacitet: ca. 1500 m³

Viking

- type: slæbesuger
- kapacitet: ca. 1000 m³
- kun anvendt ved 40-50 laster

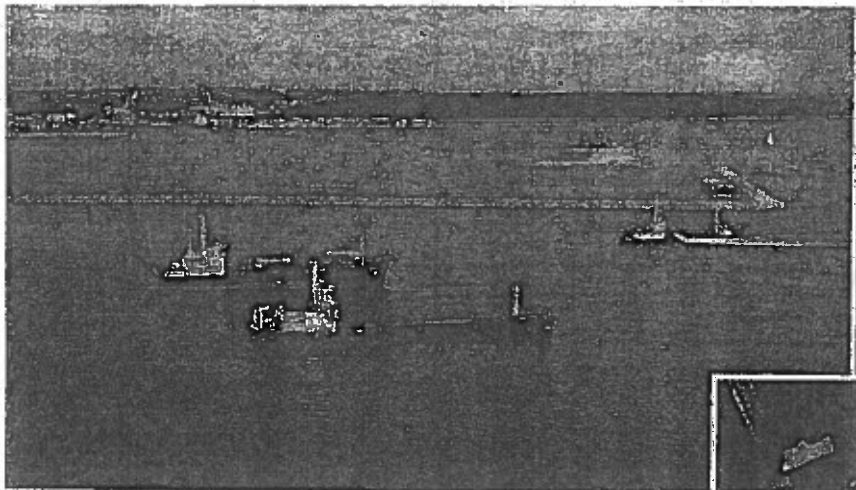
Gefion

- type: slæbesuger
- kapacitet: ukendt
- afvist efter fase 1 på grund af for høj spildprocent

Sandindvinding til Århus Havn

RAMBOLL

Anvendte skibe/sandsugere - 3

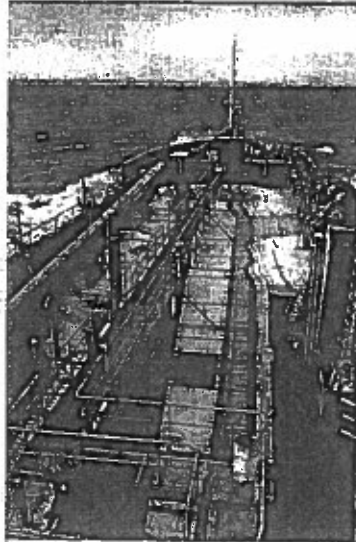


Sandindvinding til Århus Havn

RAMBOLL

Anvendte skibe/sandsugere - 4

Thor - slæbesuger:

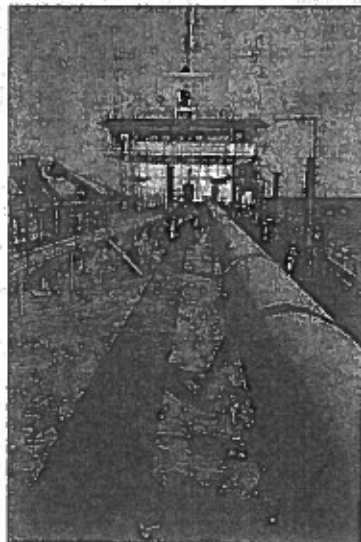


Sandindvinding til Århus Havn

RAMBOLL

Anvendte skibe/sandsugere - 5

Thor - slæbesuger:

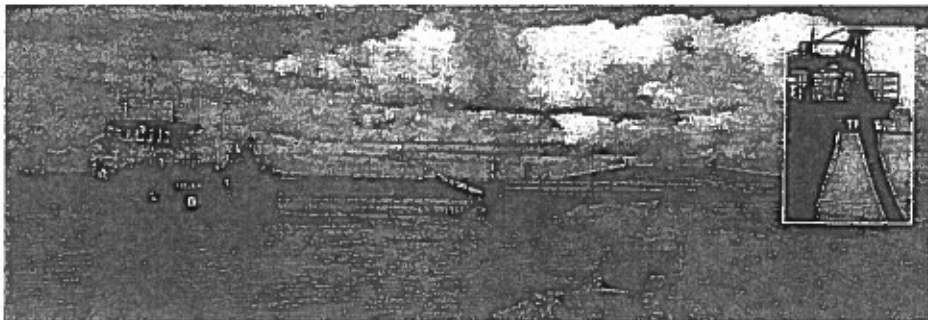


Sandindvinding til Århus Havn

RAMBOLL

Anvendte skibe/sandsugere - 6

Freja - lodsning



Sandindvinding til Århus Havn

RAMBOLL

Anvendte skibe/sandsugere - 7

Freja - lodsning



Sandindvinding til Århus Havn

RAMBOLL

Spildmonitorering - 1

Formål

- at kontrollere at spildet ved sandsugningen ikke overskrider kravene angivet af Skov- og Naturstyrelsen
- at anvise og kontrollere sugningsprocedurer for skibene
- at kontrollere indvundne mængder

Sandindvinding til Århus Havn

RAMBØLL

Spildmonitorering - 2

RAMBØLL havde én mand ombord

- I startfasen af hvert skib; de første 10 laster
- For ca. hver 10. last på hvert skib
- I alt ca. 600 gange

Metode for hver last

- foretage et antal målinger af indløbsstrøm (40-50 stk.)
- udtage et antal vandprøver af overløbsvand (5-10 stk.)
- notere sugperiode
- bestemme lastindhold ved pejling

Sandindvinding til Århus Havn

RAMBØLL

Spildmonitorering – 3

Analyse af hver last

- bestemme middel indløbsstrøm (m^3/s)
- bestemme middel suspenderet stof $< 0,6mm$ på baggrund af analyser udført af Teknologisk Institut (g/l)
- bestemme effektiv sugeperiode (s)
- bestemme lastindhold (kg)
- bestemme spildprocenten, SP, ud fra

$$SP = \frac{M_{spild} \times 100}{M_{last} + k \times M_{spild}}$$

- $k=1.02$ anvendes for at tage højde for suspenderet stof $>0,6mm$

Sandindvinding til Århus Havn

RAMBOLL

Overholdelse af krav til spild – 1

Skov- og Naturstyrelsen har fastsat følgende spildprocenter baseret på vurdering af spildets spredning og påvirkning af fauna og miljø:

- NØ for Wulfs flak: max. 7 %
- Fløjstrup skov: max. 6 %

Målt spildprocent:

- NØ for Wulffs flak: 5.7 % (inkl. Gefion-bidag i fase 1)
- Fløjstrup skov: 5.0 %
- Samlet: 5.2 %

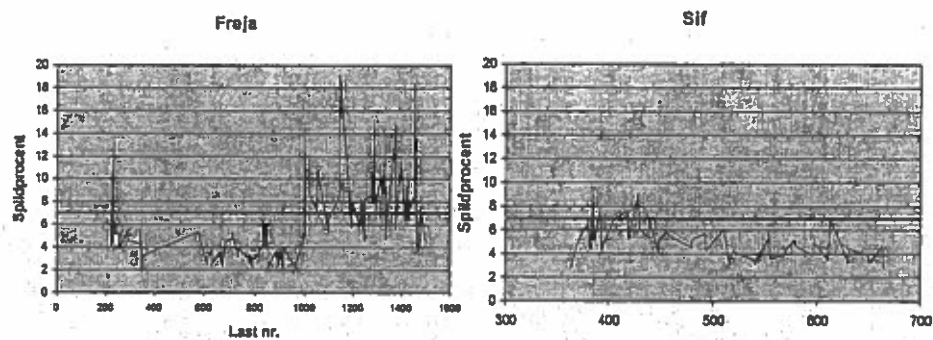
Sandindvinding til Århus Havn

RAMBOLL

Overholdelse af krav til spild -2

Gennemsnitligt spild, NØ for Wulffs flak:

Kronborg	3,6 %	Freja	5,8 %
Thor	4,7 %	Sif	4,9 %
Gefion	7,7 %		



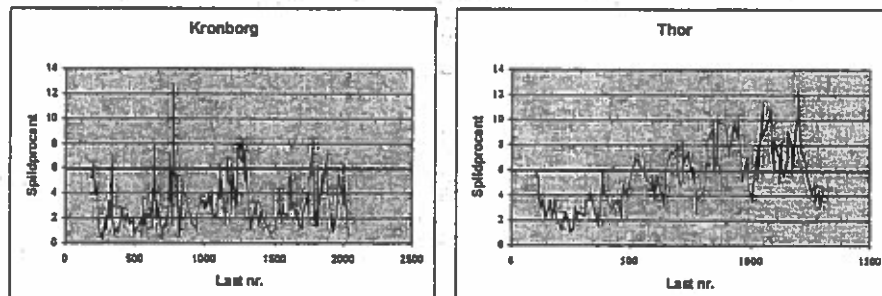
Sandindvinding til Århus Havn

RAMBOLL

Overholdelse af krav til spild -3

Gennemsnitligt spild, Fløjstrup skov:

Kronborg	3,2 %	Freja	8,1 %
Thor	5,6 %	Sif	5,2 %
Gefion	5,1 %	Viking	3,0 %

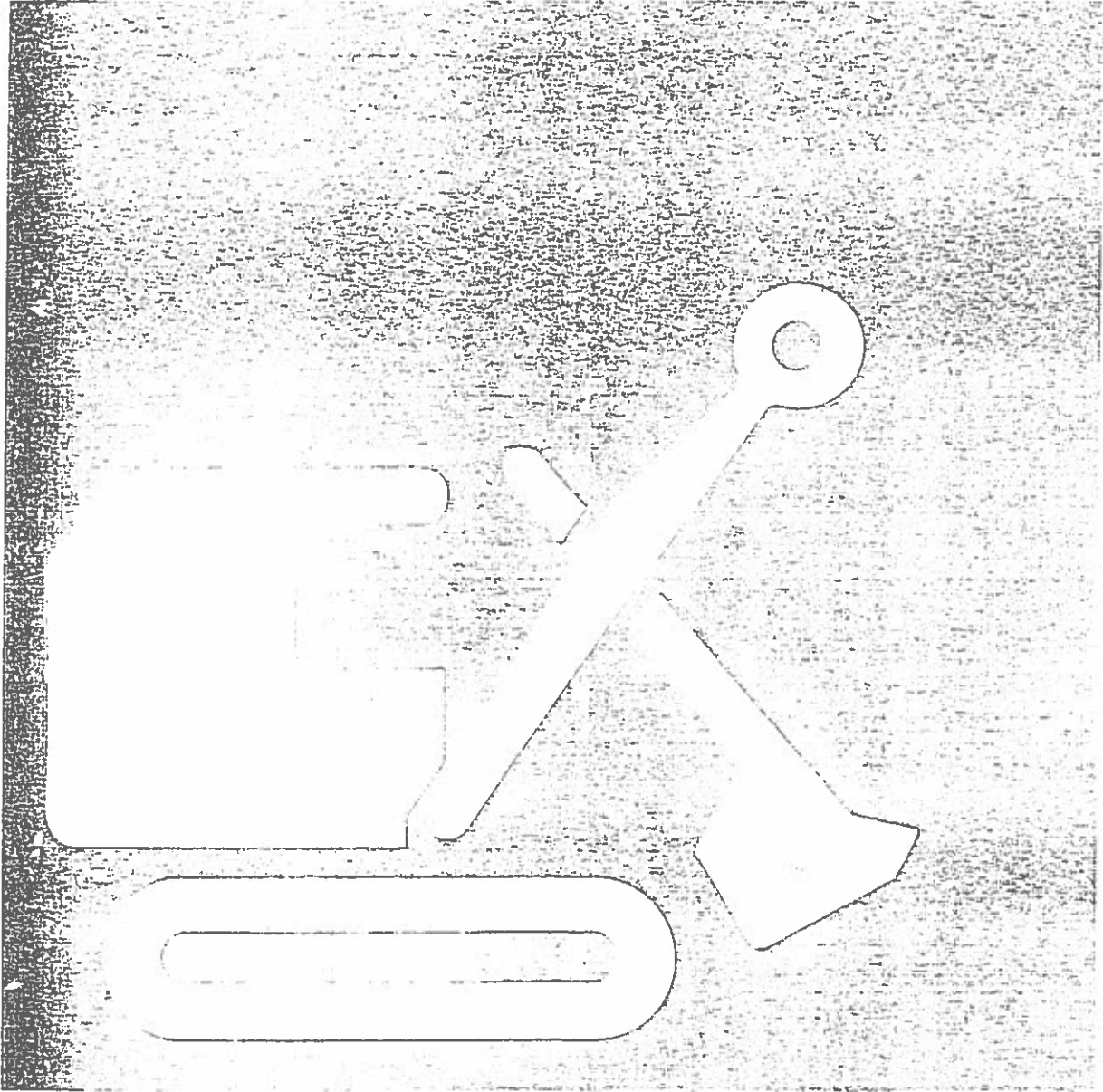


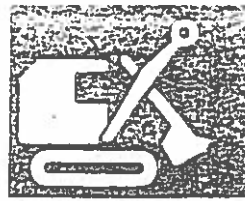
Sandindvinding til Århus Havn

RAMBOLL

Konklusion

- I alt indvunden sandmængde:
- I perioden: 25. Oktober 1998 – 10. Maj 2000
- Kravene til spildprocent overholdt:
 - NØ for Wulffs flak: 5.7 %
 - Fløjstrup skov: 5.0 %
 - Samlet: 5.2 %





Køreklar til årtusindskiftet



Om viden og rødder

“Den gamle grave-maskine er i fin form til at gøre tjeneste som maskot langt ind i det ny årtusinde. Og som symbol på en virksomhed, der ikke glemmer sine rødder”.

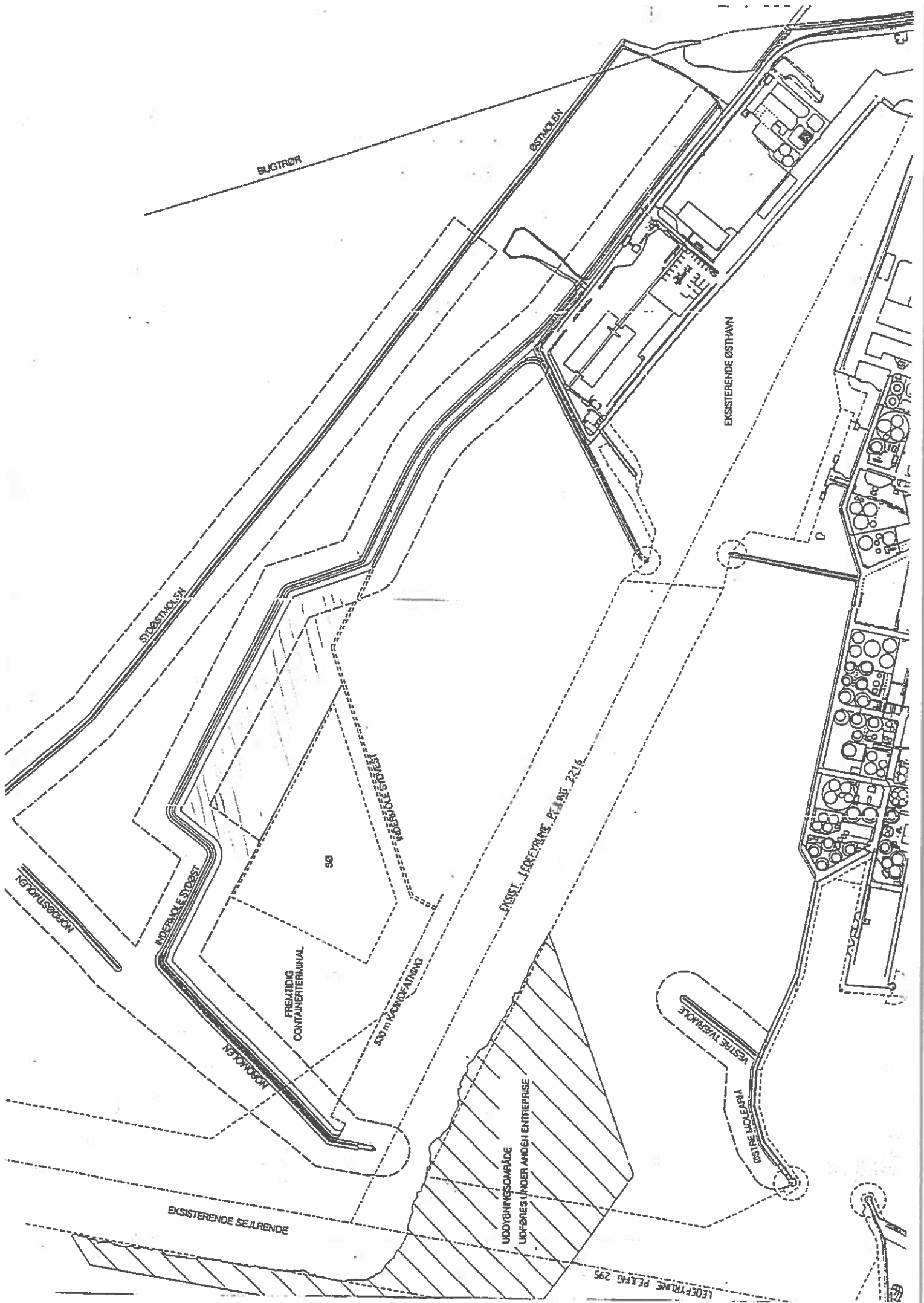
Læs side 2

Aarsleff og fremtiden



Interview med adm. direktør Ebbe Malte Iversen

Side 6 - 7



ÅRHUS HAVN

ETAPE I

YDERMOLER OG ADGANGSDÆMNING KAJINDFATNING OG OPFYLDNING VEJ OG SPOR

OVERSIGT PAA – ENTREPRISER

Ydermoler og adgangsdæmning (November 1998 - Februar 2000)	141.000.000
Kajindfatning og opfyldning (Juni 1999 - Juli 2000)	91.000.000
Adgangsvej (September 1999 - Maj 2000)	9.000.000
Rangerspor (September 1999 - Juli 2000)	<u>6.000.000</u>
I alt PAA – entrepriser	<u>247.000.000</u>

ÅRHUS HAVN

ETAPE I

YDERMOLER OG ADGANGSDÆMNING KAJINDFATNING OG OPFYLDNING VEJ OG SPOR

MATERIELOVERSIGT

Hydr. maskiner:	VOLVO EC 450, 2 stk. CAT 350, ÅKERMANN H 25C, DAEWO 450 samt 4 – 6 mindre maskiner
Rambukke :	2 stk. HITACHI 125 med 6 tons hammer, HITACHI 180 med 9 tons hammer
Læssemaskiner :	KOMATZO W600, CAT 980 F, CAT 966, CAT IH28, VOLVO L90B
Kraner :	2 stk. HITACHI 150 (40 ton), 2 stk. ZENNEBOGEN S55 (50 ton)
Pramme :	6 stk. a 2200 – 4000 ton (bl.a. PAA 101 – 102 – 103, Franzefoss Barge 1, m.fl.) 2 stk. JACK-UP – en del pontonflåder
Slæbebåde :	2 stk. 18 ton (russere – Bizon, Zubr, Ingur)
10 – 12 Ingeniører/formænd	
60 – 80 Timelønnede :	maskinførere, håndfolk, specialarbejdere, smede mv. - samt ca. 50 underentreprenører, besætningsmedlemmer mv.

ÅRHUS HAVN

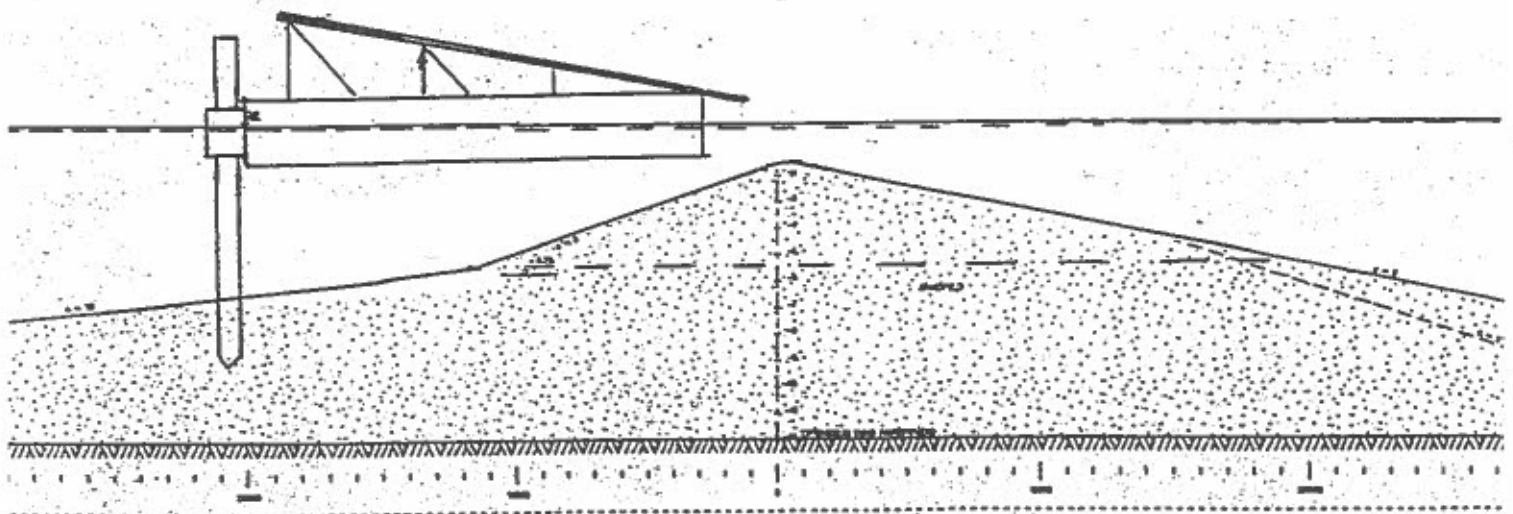
Ydermole i adgangs-dæmning

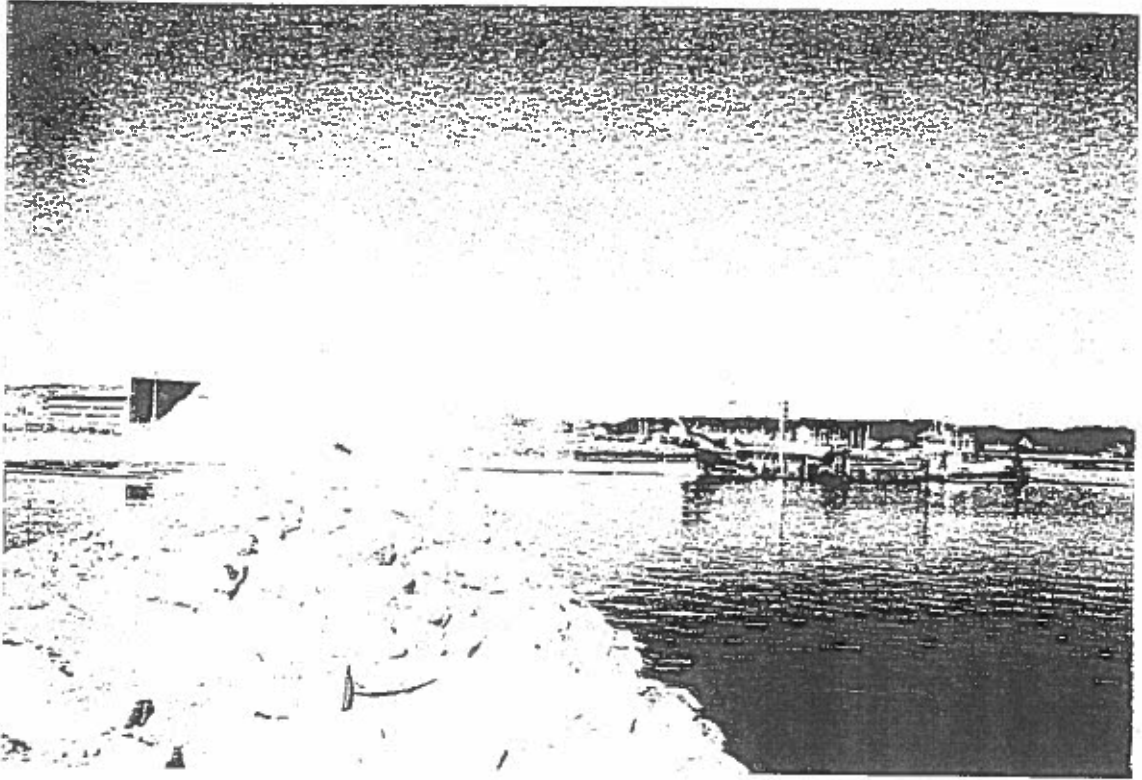
Etape I

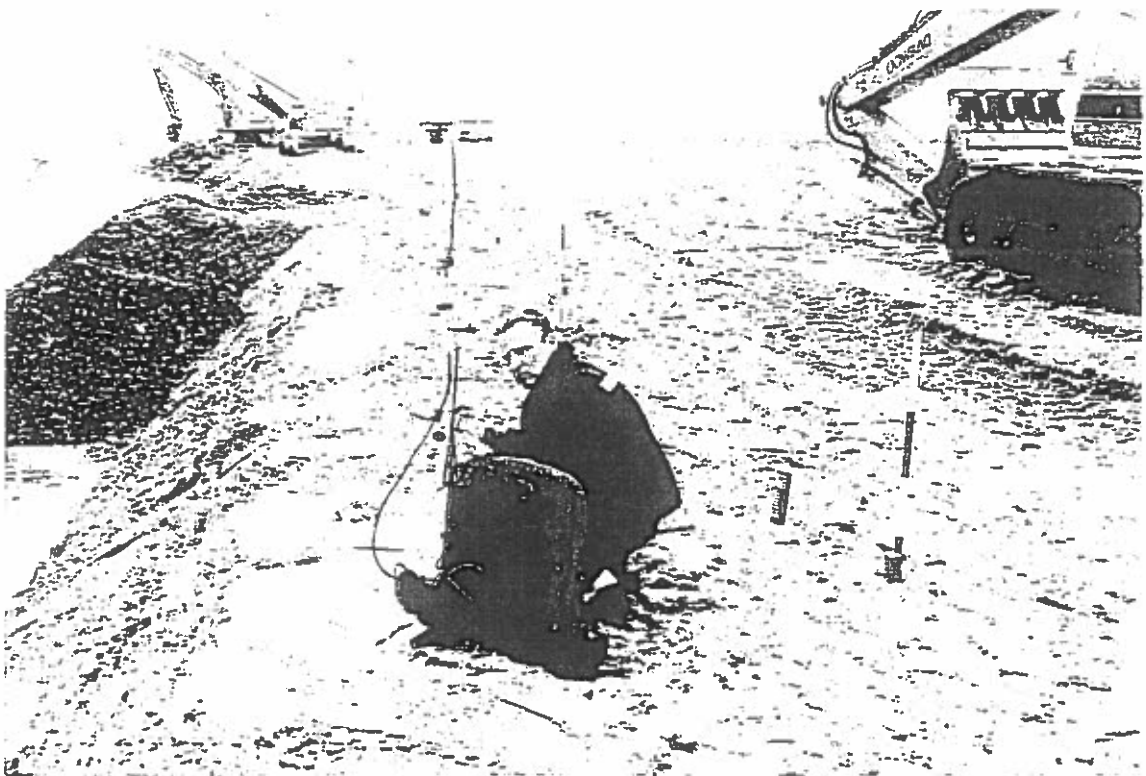
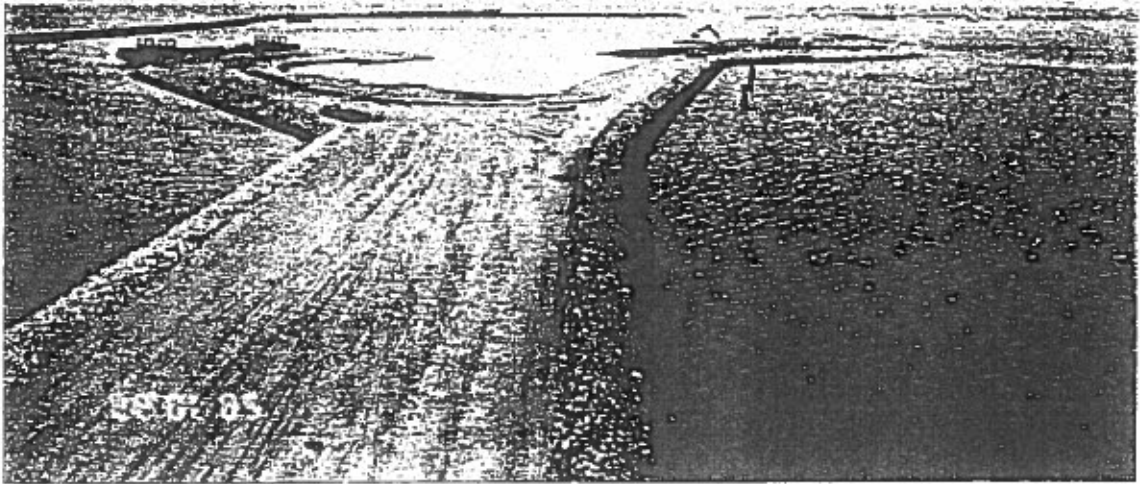
SANDLEVERANCE

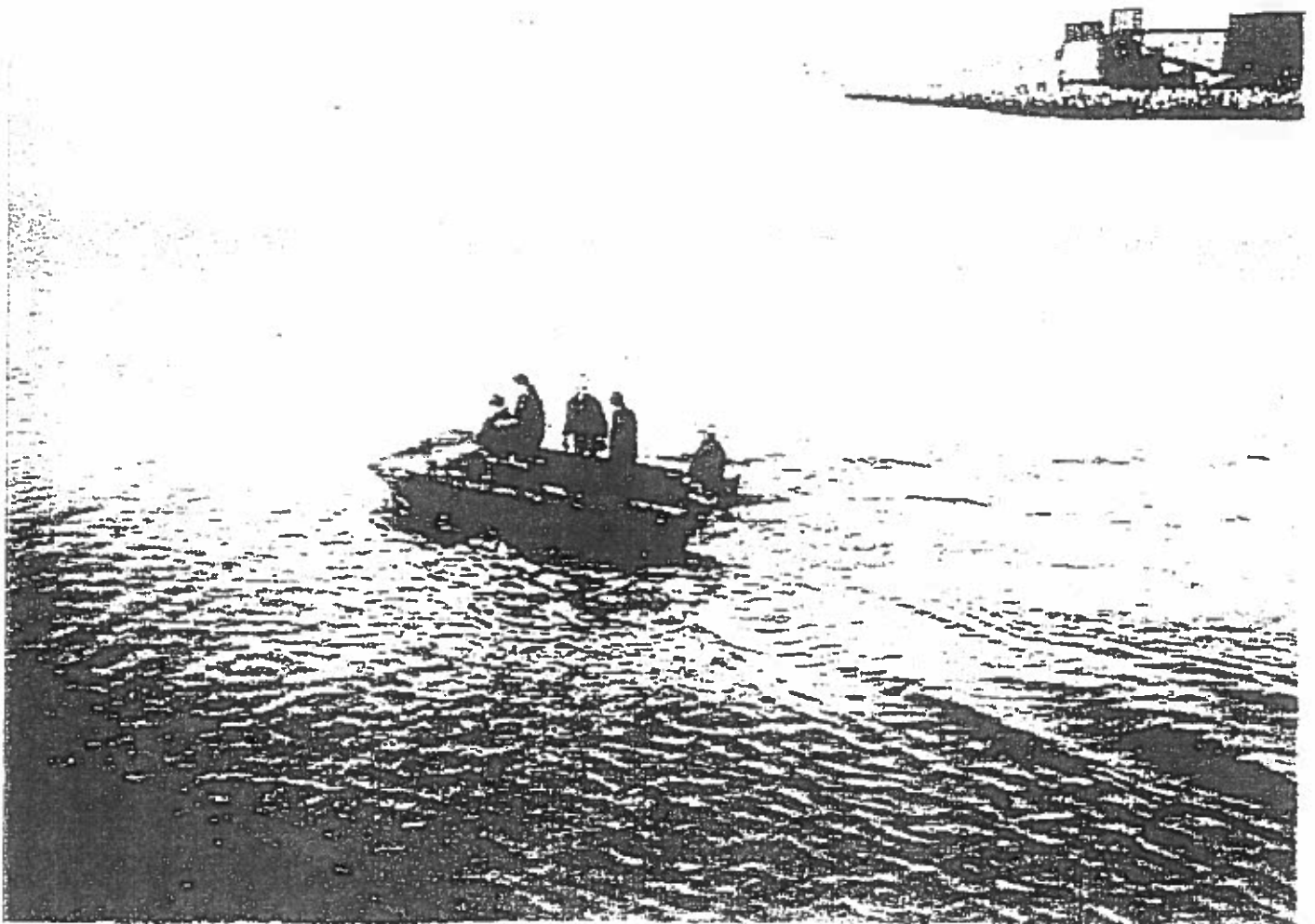
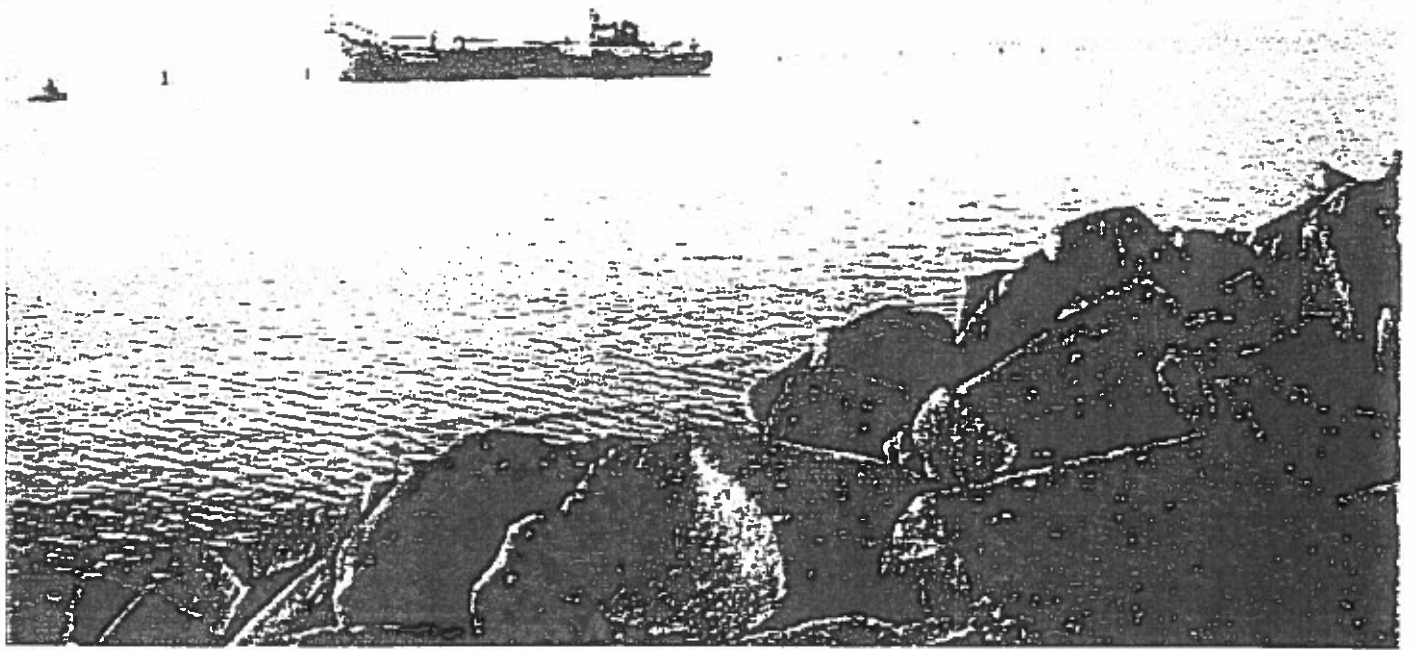
Ialt $\approx 5.000.000 \text{ m}^3$

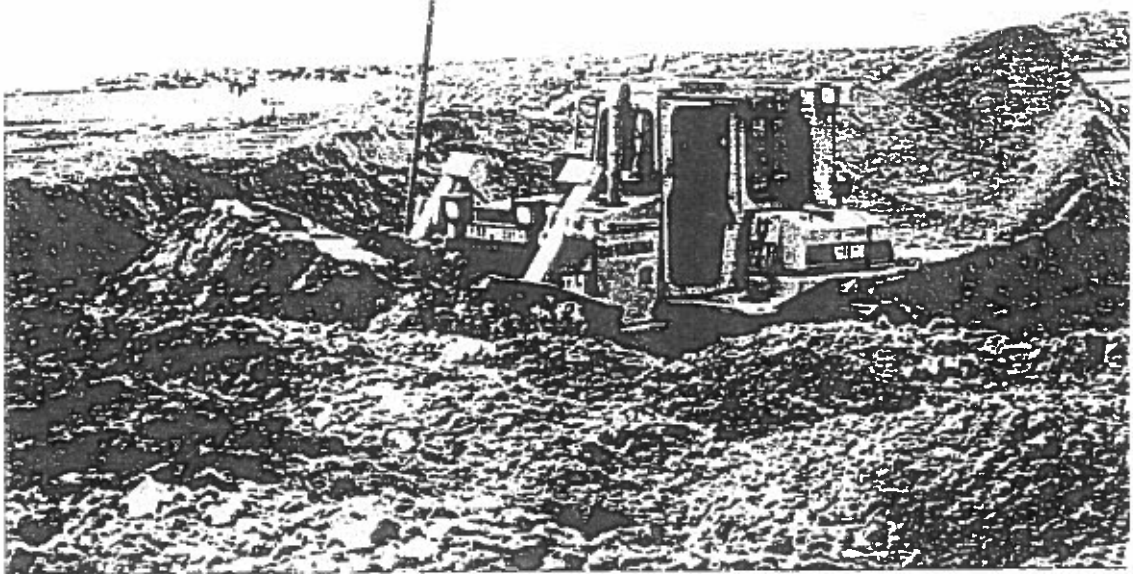
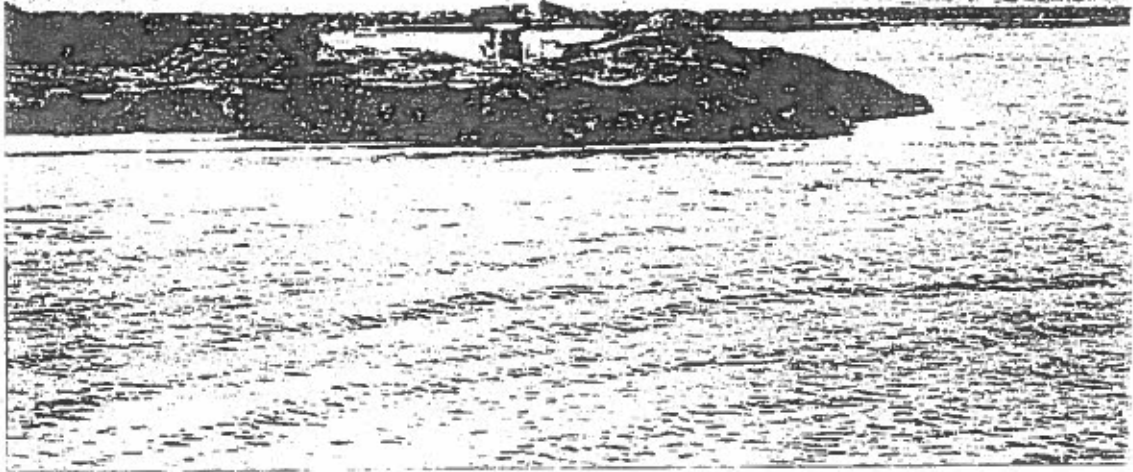
- * Indvindes i Århus Bugt.
- * 2-3 sandpumpere fra Fa. Rohde Nielsen A/S.
- * Spild - Spildmåling.
- * Losses direkte i mole eller over pumpeflåde/rør.

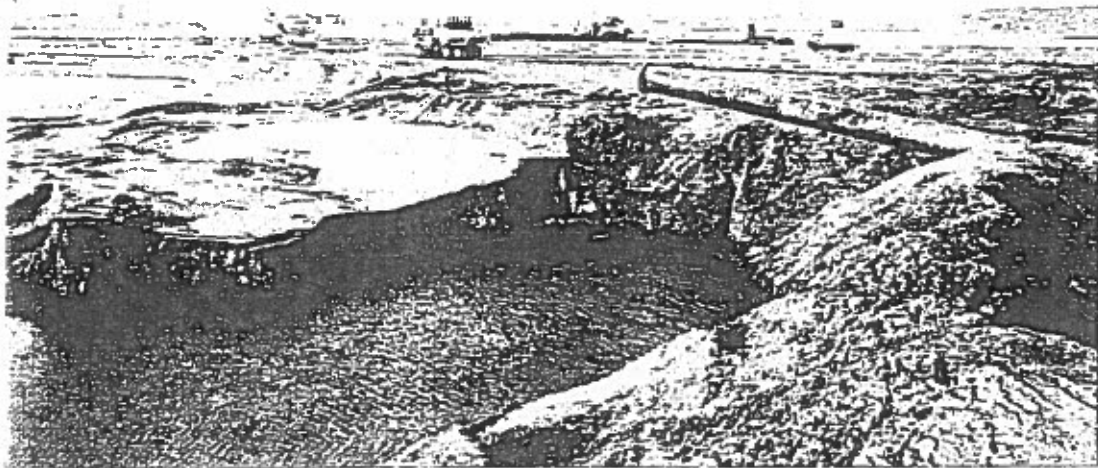












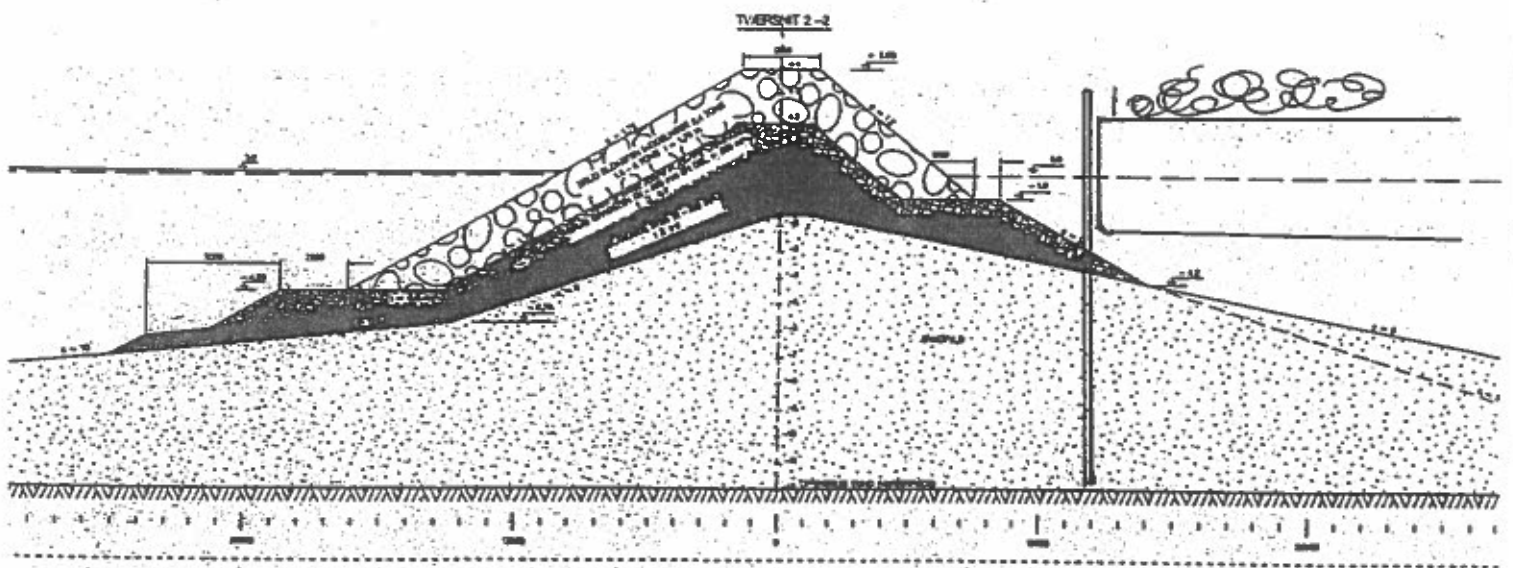
ÅRHUS HAVN

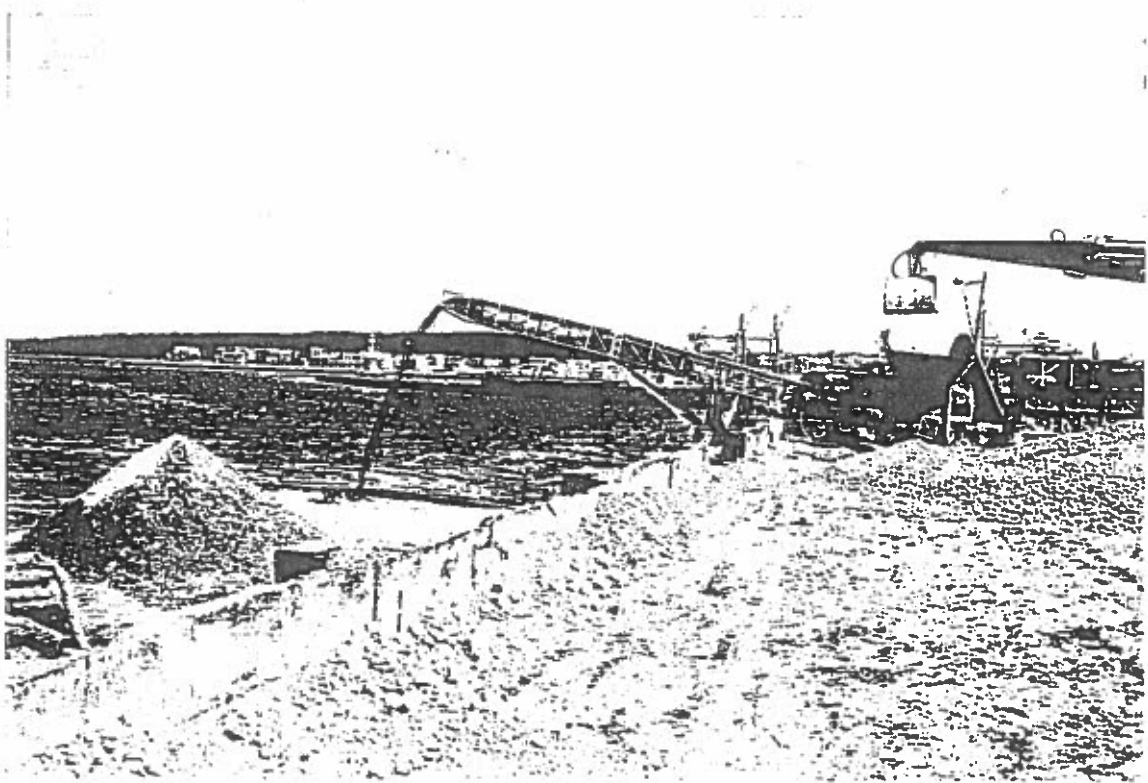
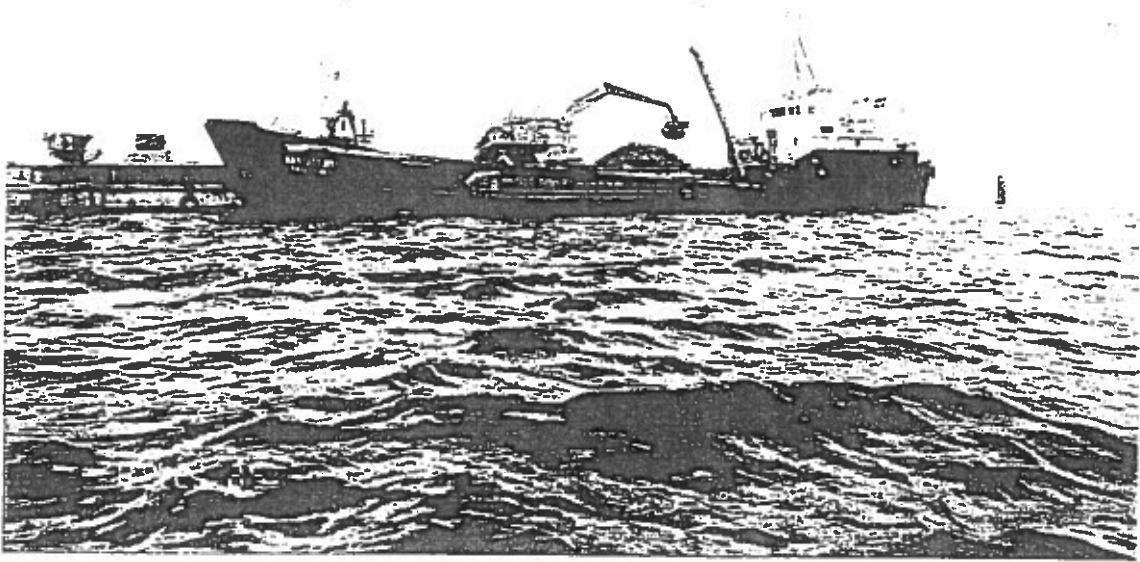
Ydermole i adgangsdæmning

Etape I

RAL - LEVERANCE (10 - 200 mm) $\approx 220.000 \text{ m}^3$

- * Indvindes i Århus Bugt.
- * 2-3 ralsugere fra Fa. Superfos.
- * Losses i mole eller på pram.





ÅRHUS HAVN

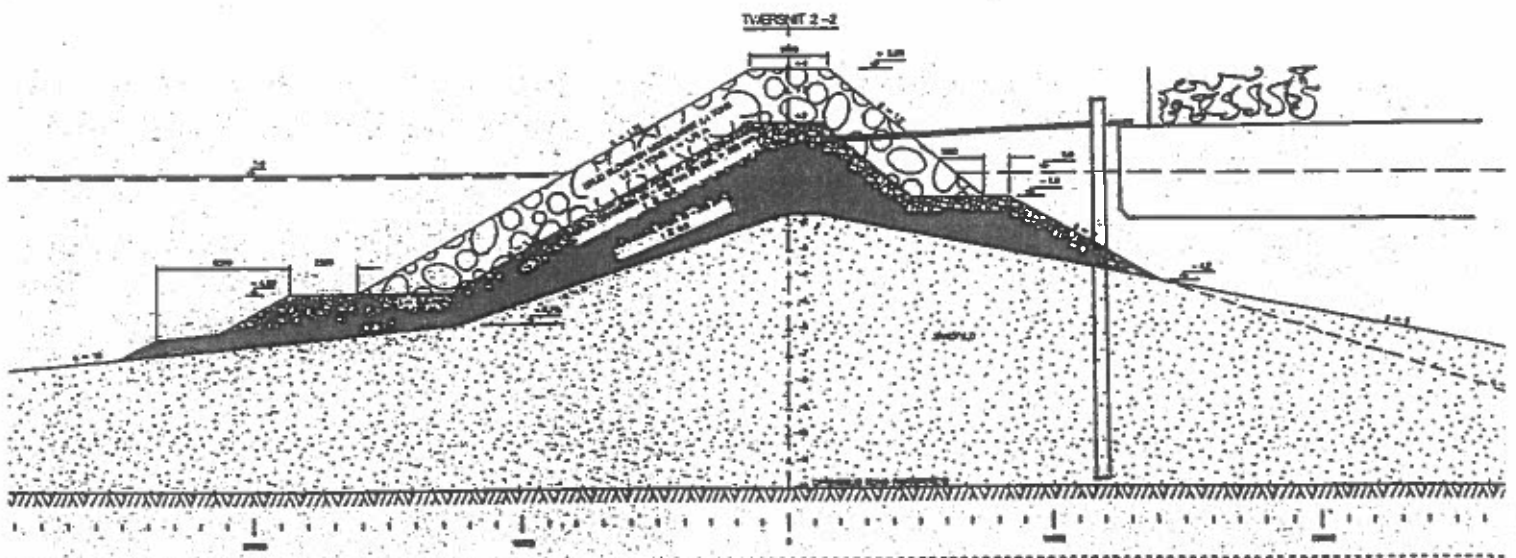
Ydermole i adgangsdæmning

Etape I

GRABSTEN (80 - 500 mm/140 - 400 mm)

≈ 125.000 m³

- * Leveres hhv. fra Glatved, Djursland og Sverige.
- * Tilføres på hhv. pram og på bil.
- * Leverandør hhv. Franzefoss A/S og Sverige.
- * Losses direkte i mole til indbygning.



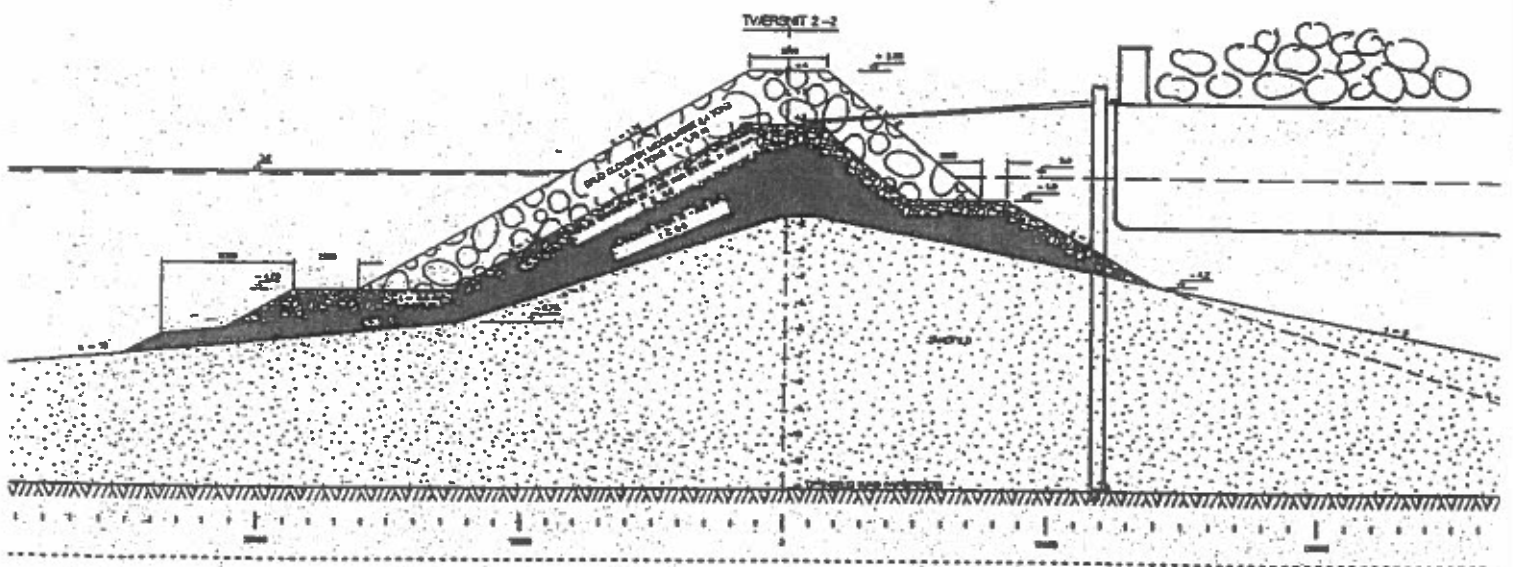
ÅRHUS HAVN

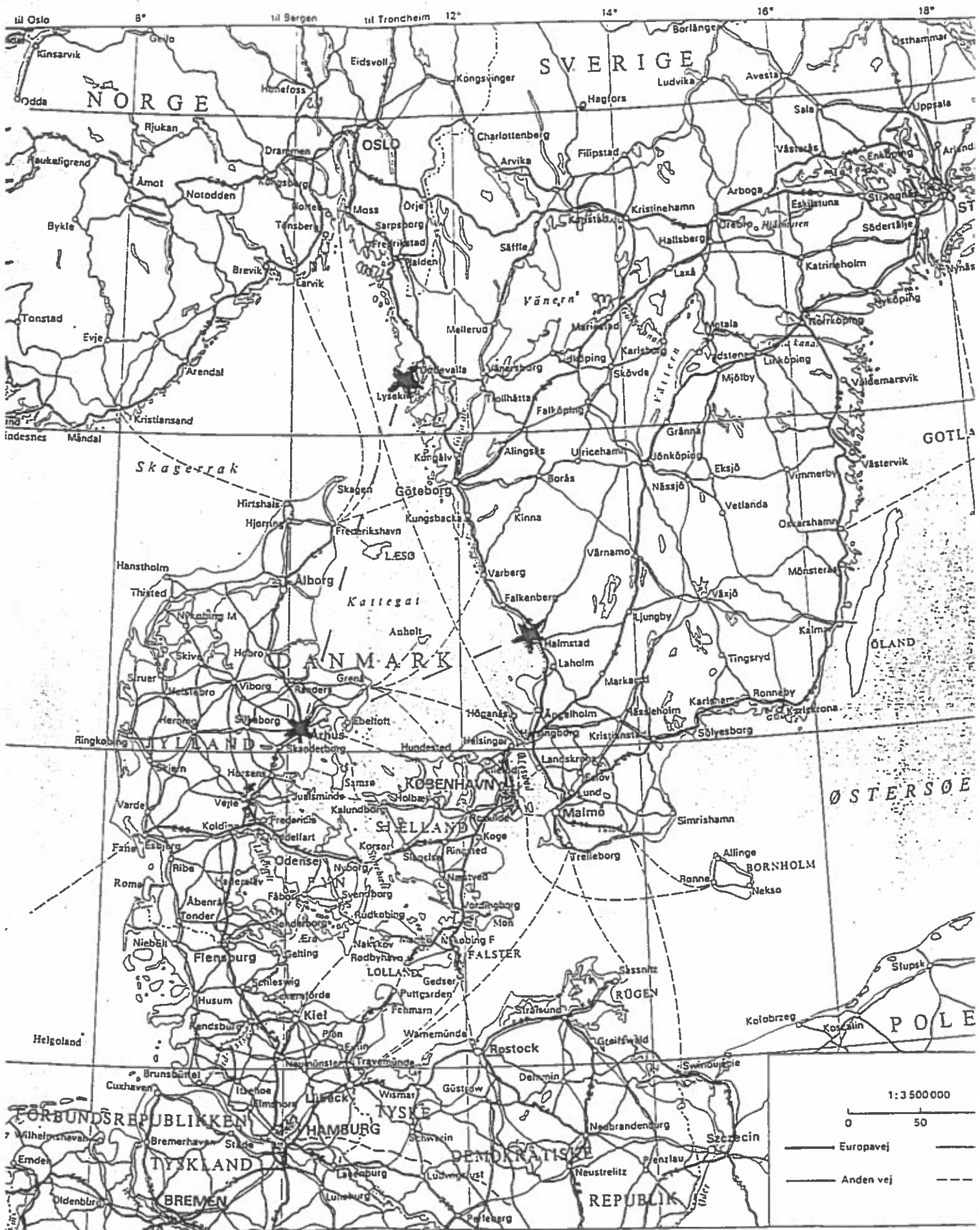
Ydermole i adgangsdæmning

Etape 1

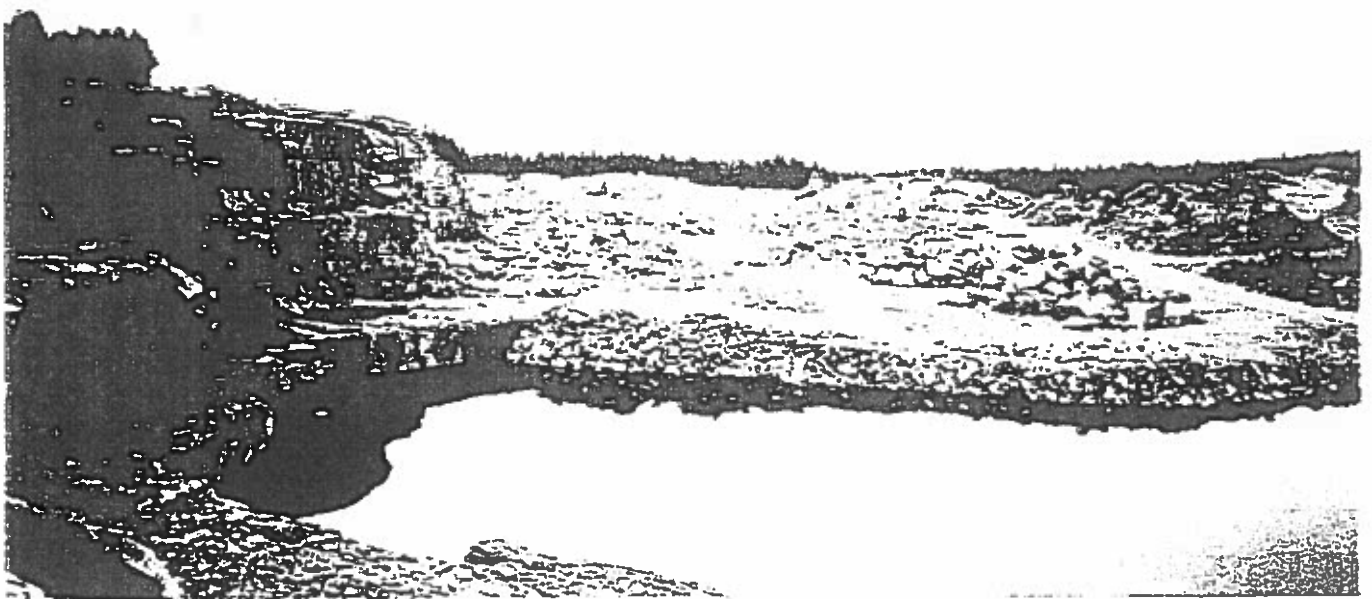
BRUDSTEN (1½ - 5 ton) ≈ 130.000 m³

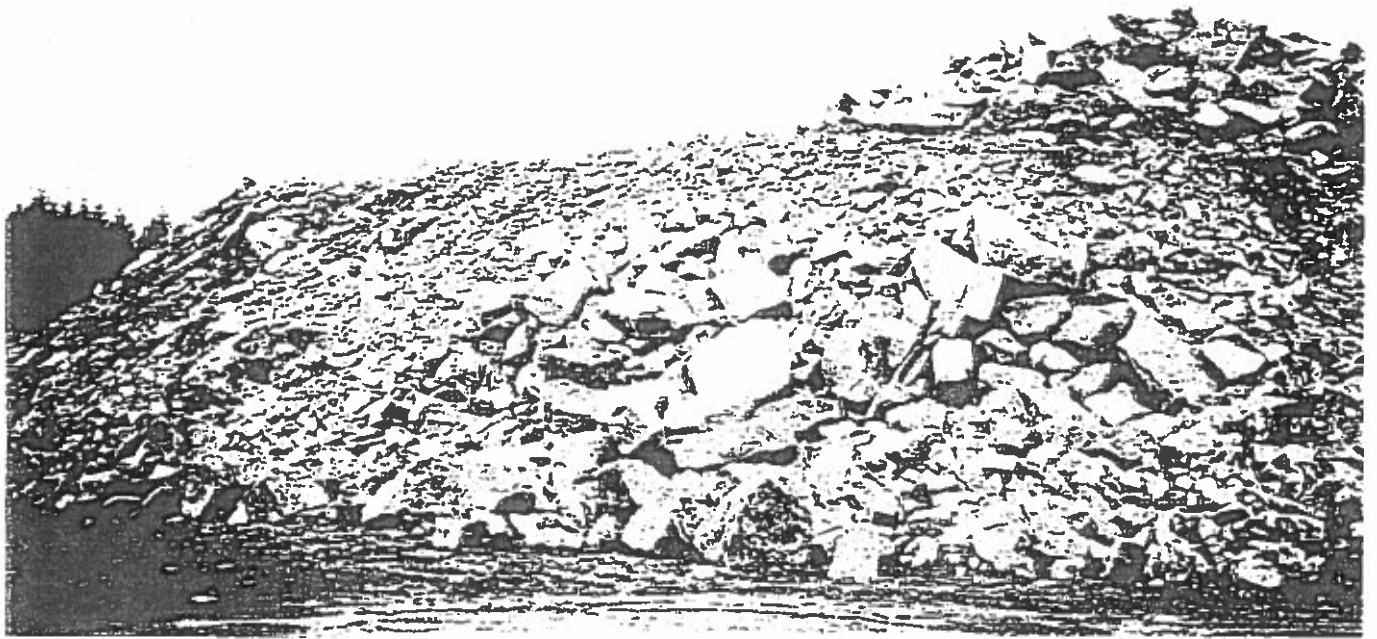
- * Sorteres i Sverige.
- * Tilsejles på pramme.
- * Er købt hhv. i stenbrud eller direkte leveret på kaj, Sverige.
- * Transport & lastning/losning forestås af PAA.
- * Losses direkte i mole til indbygning.



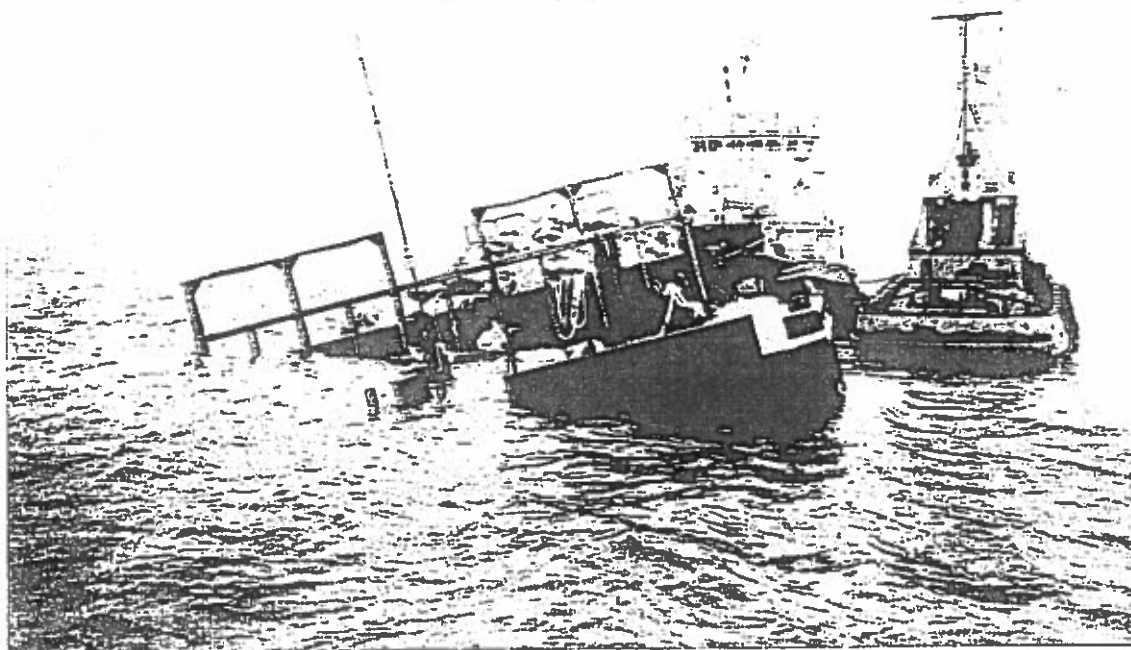


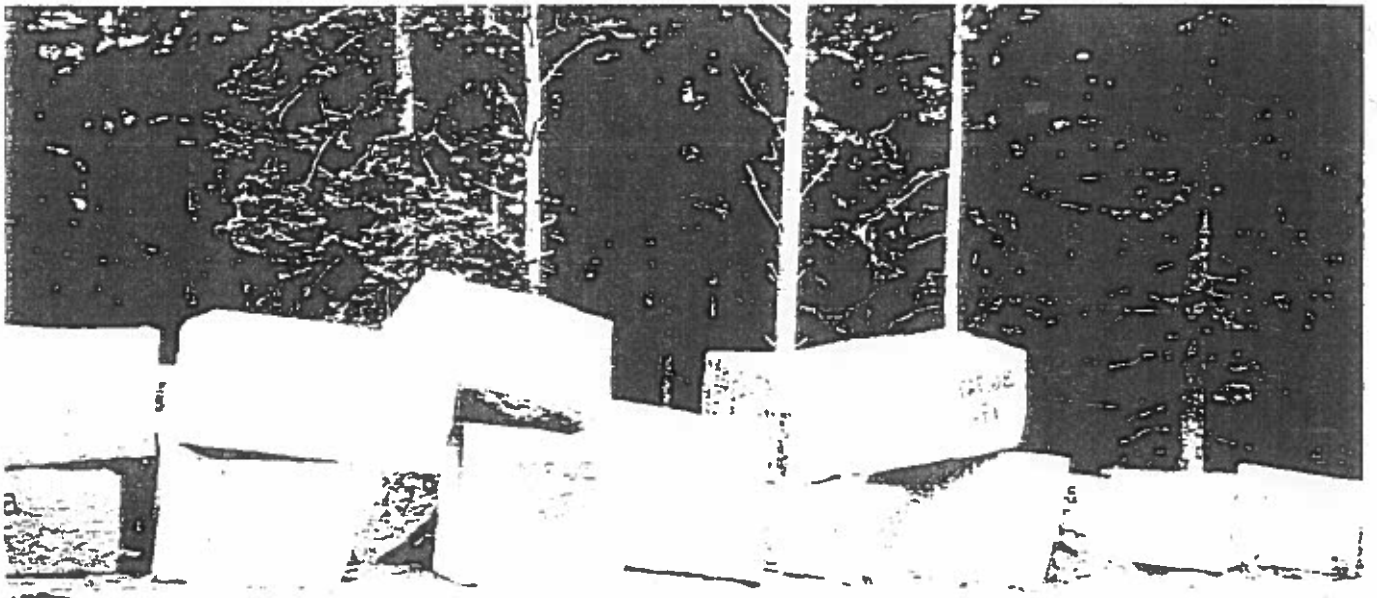
8° til Amsterdam til Hannover til Hannover 12° til Berlin til Berlin til Berlin 14° til Praha

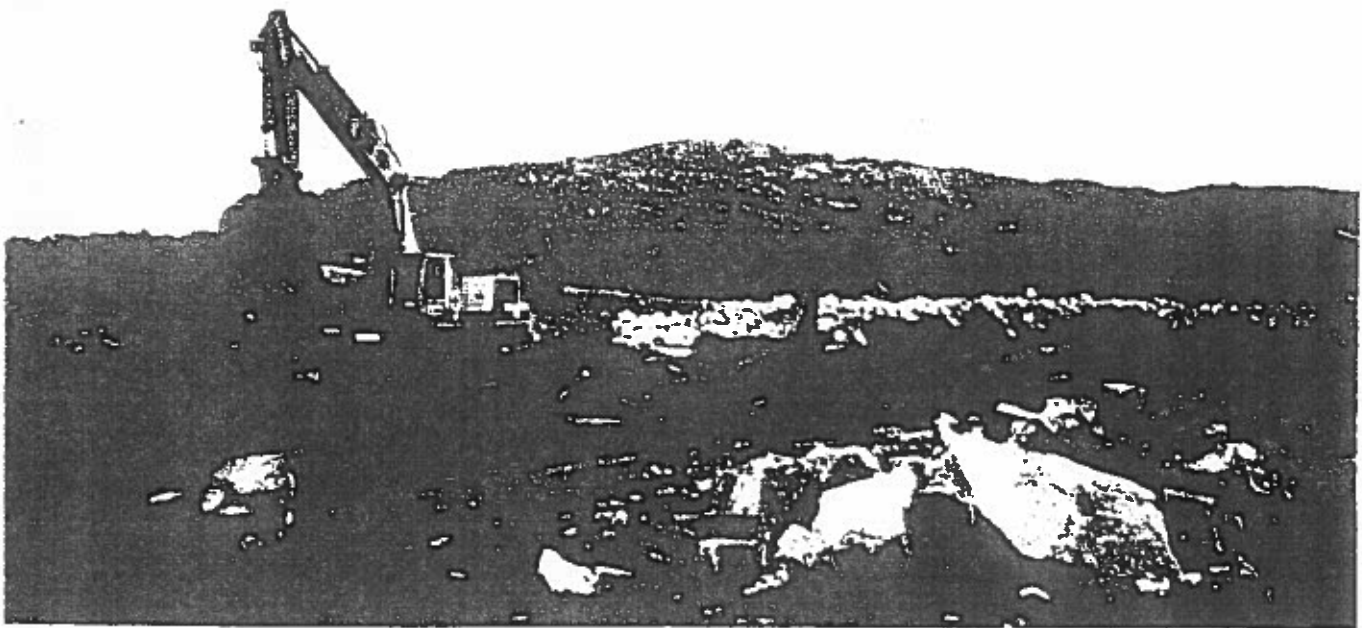




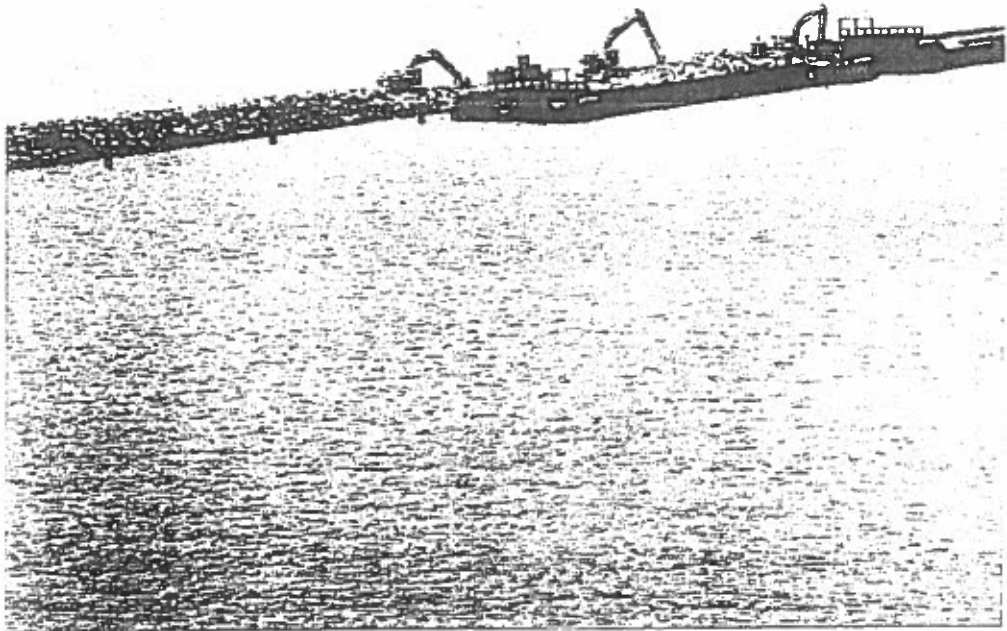


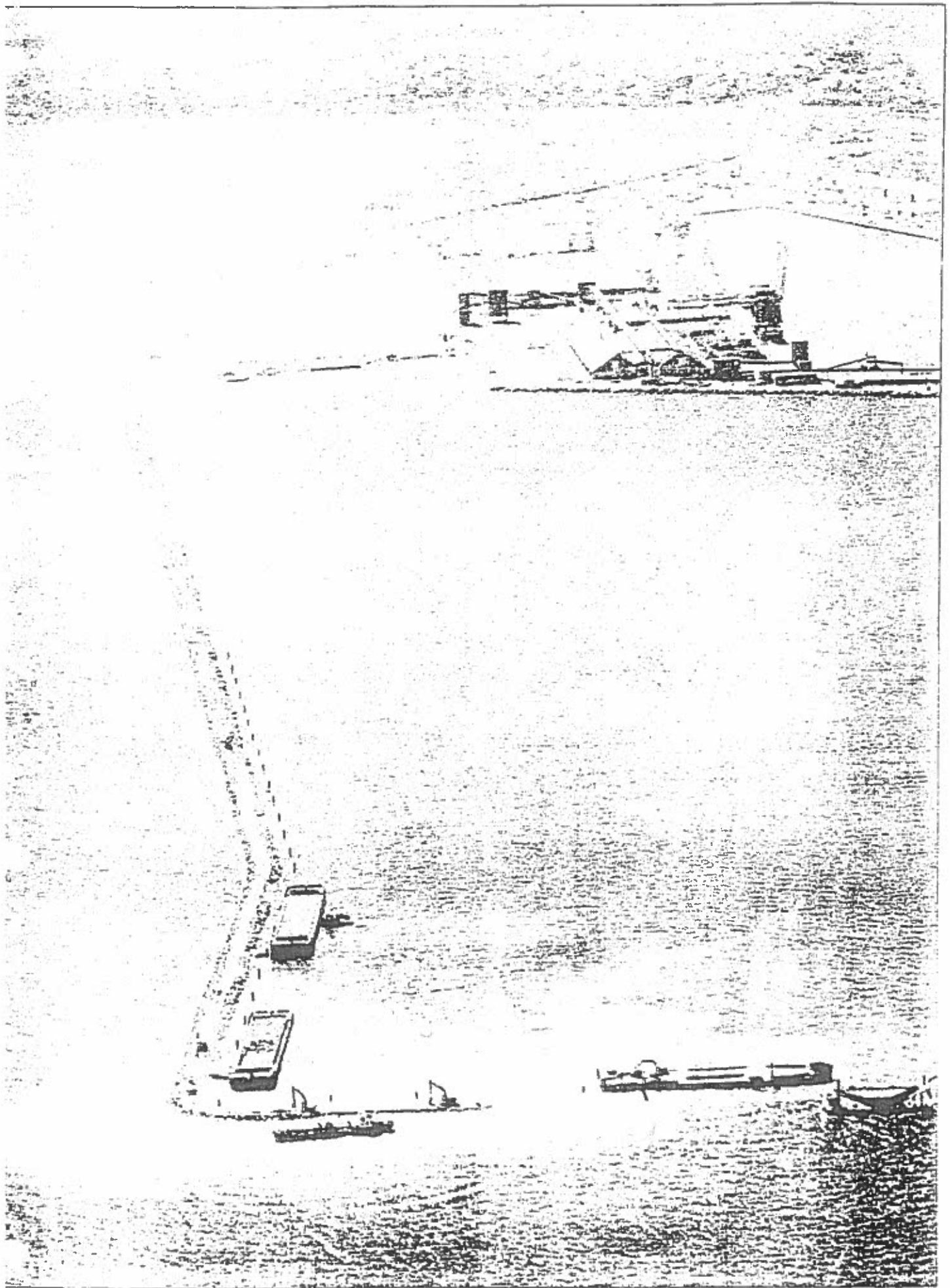










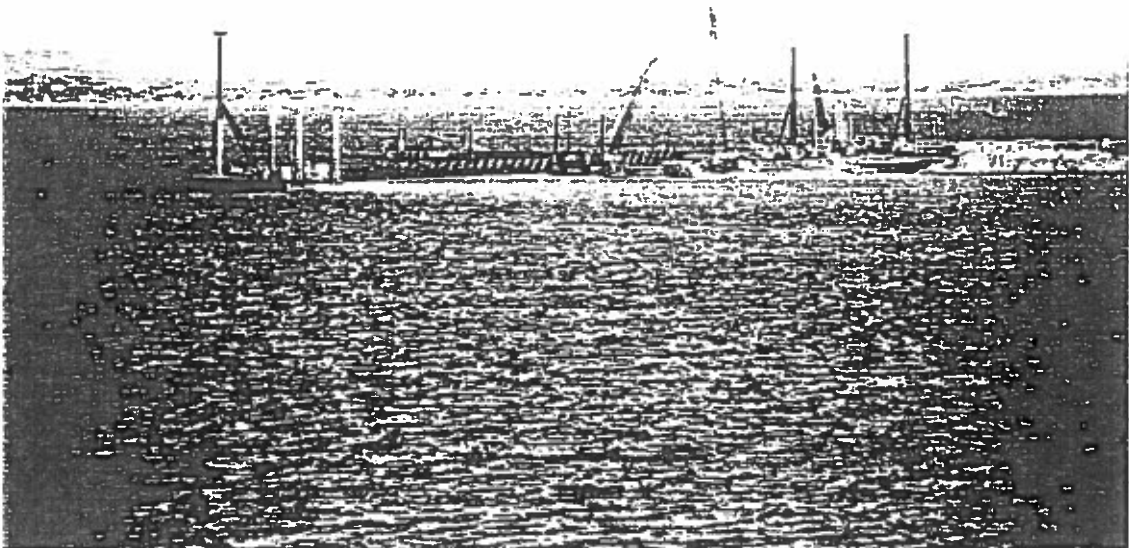
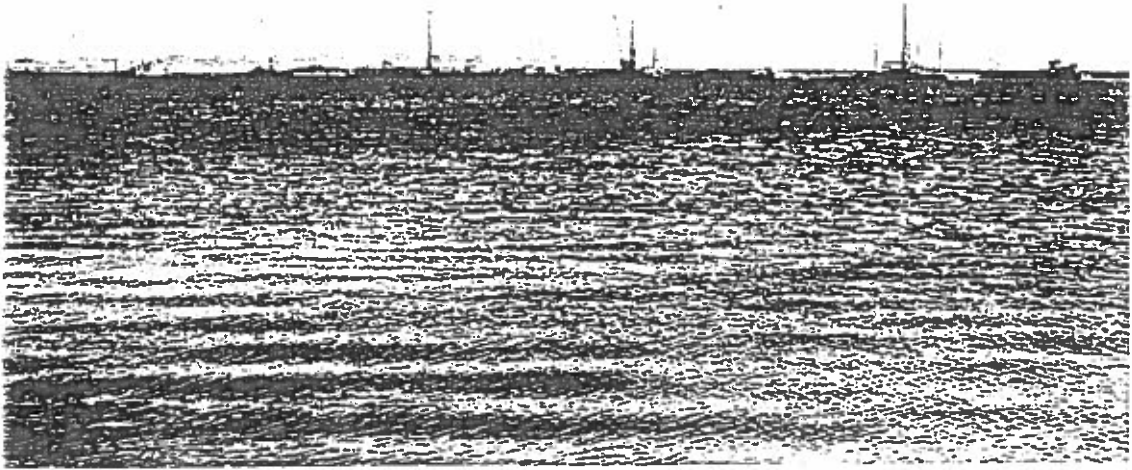


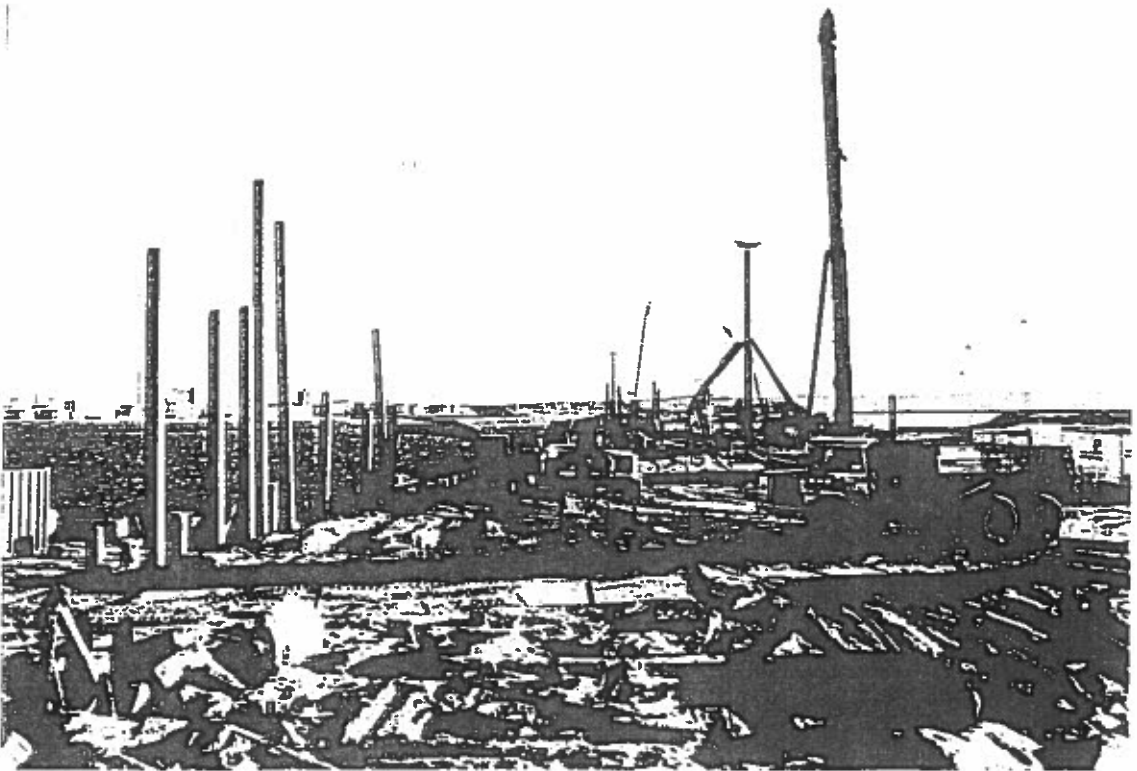
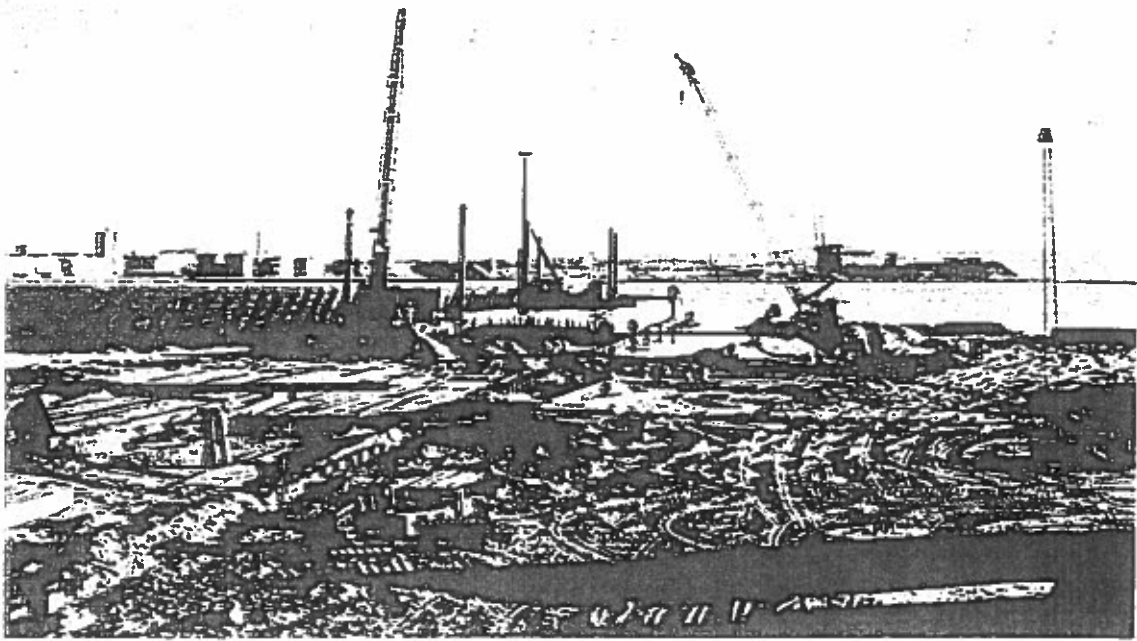
ÅRHUS HAVN

ETAPE I

KAJINDFATNING OG OPFYLDNING

Entreprisesum	:	<u>91.000.000 kr.</u>
Sand	:	2.000.000 m ³
Spuns	:	3000 ton
Beton	:	5000 m ³
Armering	:	300 ton
Betonpæle	:	12.000 m



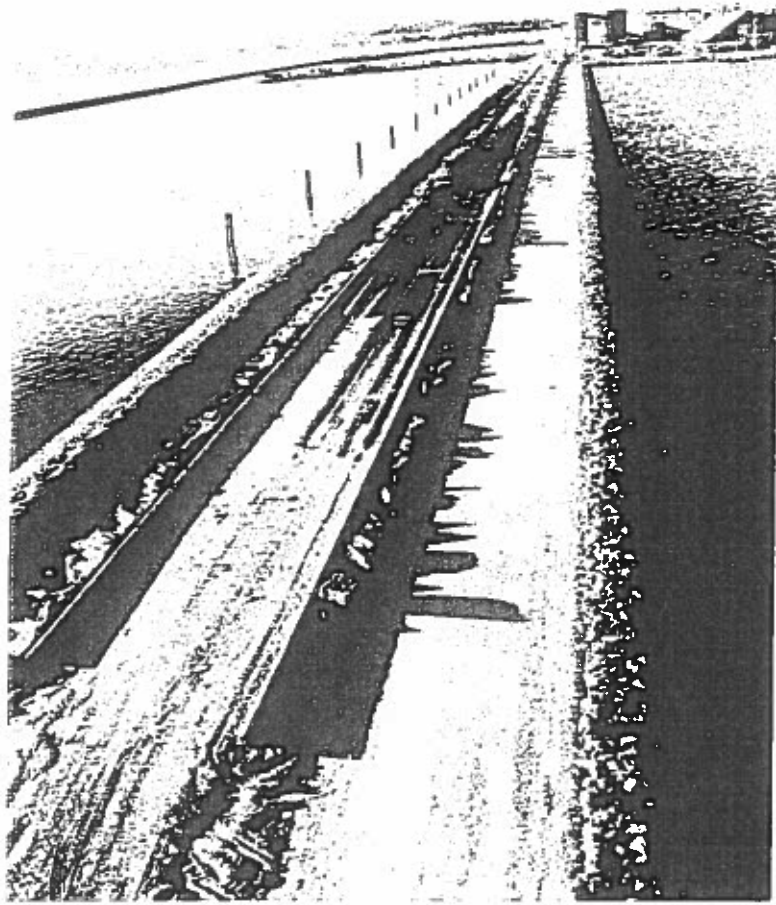


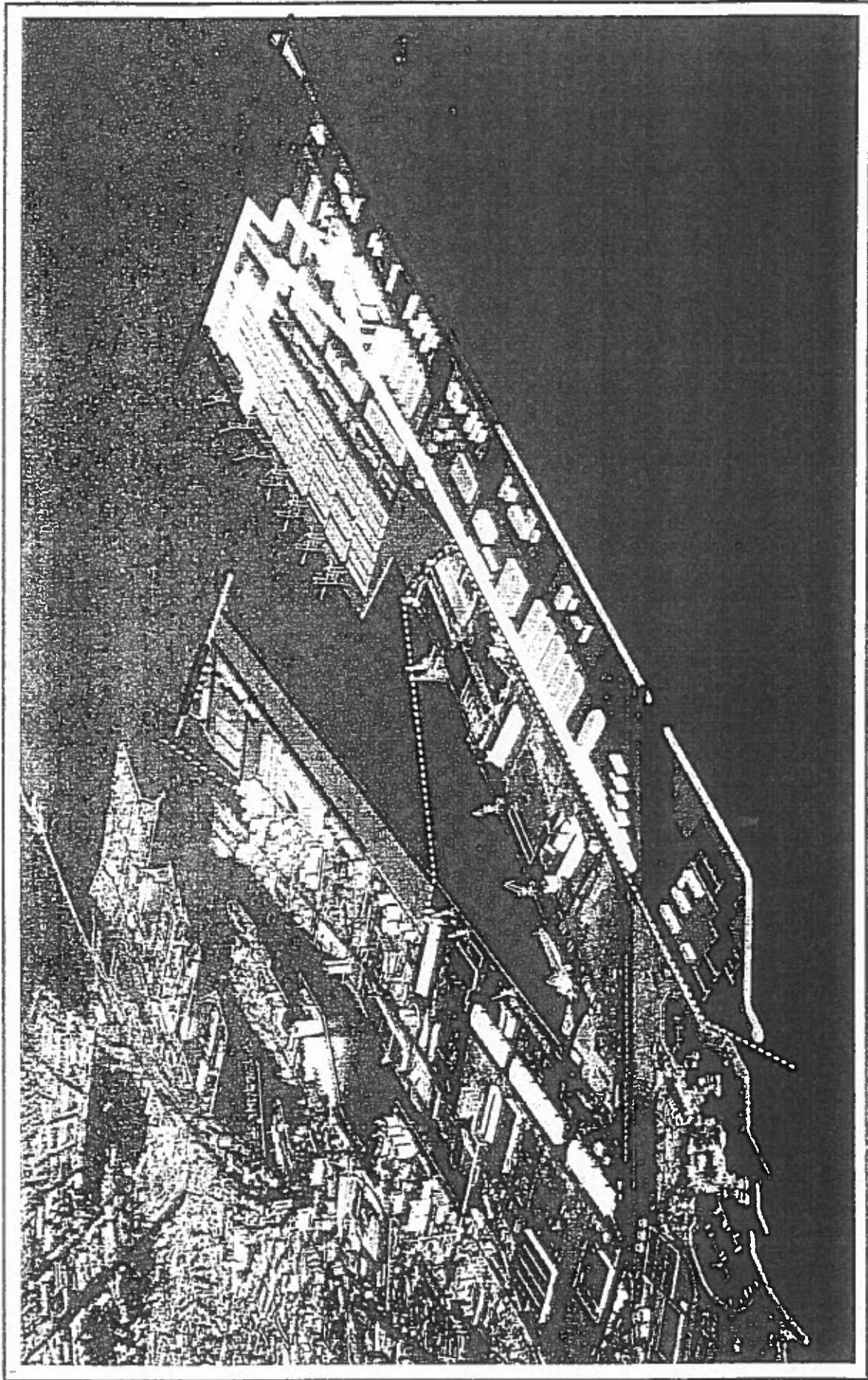
ÅRHUS HAVN

ETAPE I

VEJ OG SPOR

Entreprisenum	:	<u>16.000.000 kr.</u>
Adgangsvej, cykelsti mv.	:	1,6 km
Asfalt	:	10.000 ton
Rilleskinnespor	:	3,5 km
Beton	:	2000 m ³





ÅRHUS HAVN I FEBRUAR 2000



ÅRHUS HAVN
PORT OF AARHUS

STIGSNÆS INNOVATORS / SKÆLSKØR KOMMUNE

VVM redegørelse for The Baltic Gate

November 1999

Carl Bro as

i samarbejde med

Uffe Wainøs Tegnesteue

Bioconsult

Dansk Hydraulisk Institut

IKKE-TEKNISK RESUMÉ	2
PROJEKTBEKRIVELSE	2
STIGSNÆS I DAG	5
ALTERNATIVER TIL STIGSNÆS	6
HYDRAULISKE FORHOLD	9
KYSTMORFOLOGI.....	9
SEDIMENT OG SEDIMENTTRANSPORT	9
VANDKVALITET.....	10
FLORA OG FAUNA	10
FISKERIFORHOLD.....	12
SPILDEVAND, OVERFLADEVAND OG AFFALD.....	12
STØJ OG TRAFIK.....	12
LUFTFORURENING.....	13
KONSEKVENSER FOR DYRELIV OG NATURTYPER.....	14
REKREATIVE FORHOLD OG ANDRE FORHOLD	14
KULTURHISTORIE OG MARINARKÆOLOGI.....	14
RESSOURCEVURDRING	15
UHELD	16
VISUELLE VURDERINGER.....	16
BARRIEREEFFEKTER.....	17
MILJØAFLEDTE SOCIOØKONOMISKE FORHOLD.....	17
DEMONTERING/NEDLÆGGELSE	18
OVERSIGT OVER VÆSENTLIGSTE MILJØPÅVIRKNINGER FRA HHV. HOVEDFORSLAG OG LOKALT ALTERNATIV.....	18
FORANSTALTNINGER TIL MINIMERING AF SKADELIGE VIRKNINGER PÅ MILJØET.....	20

IKKE-TEKNISK RESUMÉ

I 1997 påbegyndte en lokal initiativgruppe - The Stignæs Innovators - arbejdet med at finde alternative anvendelsesmuligheder af området efter den bebudede lukning af Kuwait Raffinaderiet på Stignæs. Disse muligheder skulle være med til at fastholde den stabile og dygtige arbejdskraft i området, samt udnytte de eksisterende tilladelser og erhvervsarealer, der er udlagt til industriformål med mulighed for tilknyttet dybvandshavn.

Forud for en *Vurdering af Virkning på Miljøet* (VVM-redegørelse) har der i 1999 været afholdt en offentlig høring med alle relevante myndigheder. Der er foretaget en lang række undersøgelser, der bl.a. belyser relevante miljømæssige og visuelle aspekter ved projektet.

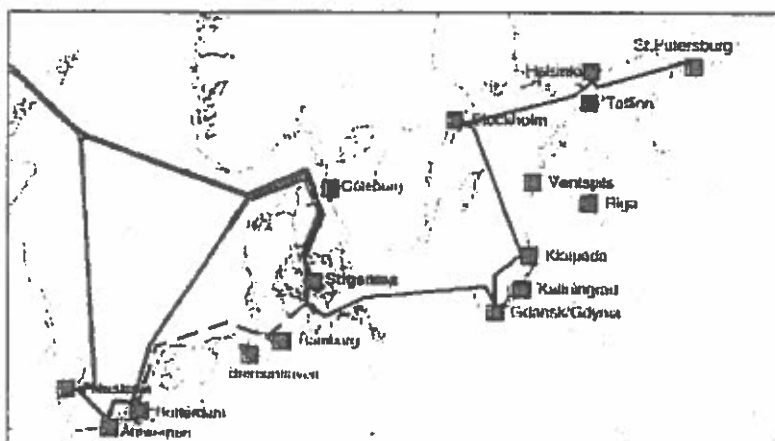
Det ikke-tekniske resumé af hovedrapporten "VVM redegørelse for The Baltic Gate" beskriver de miljømæssige forhold vedrørende etablering af en container-omladningshavn ved Stignæs. I hovedrapporten findes en mere detaljeret beskrivelse af projektets miljøkonsekvenser.

Projektbeskrivelse

Projektets bygherrer er Stignæs Innovators.

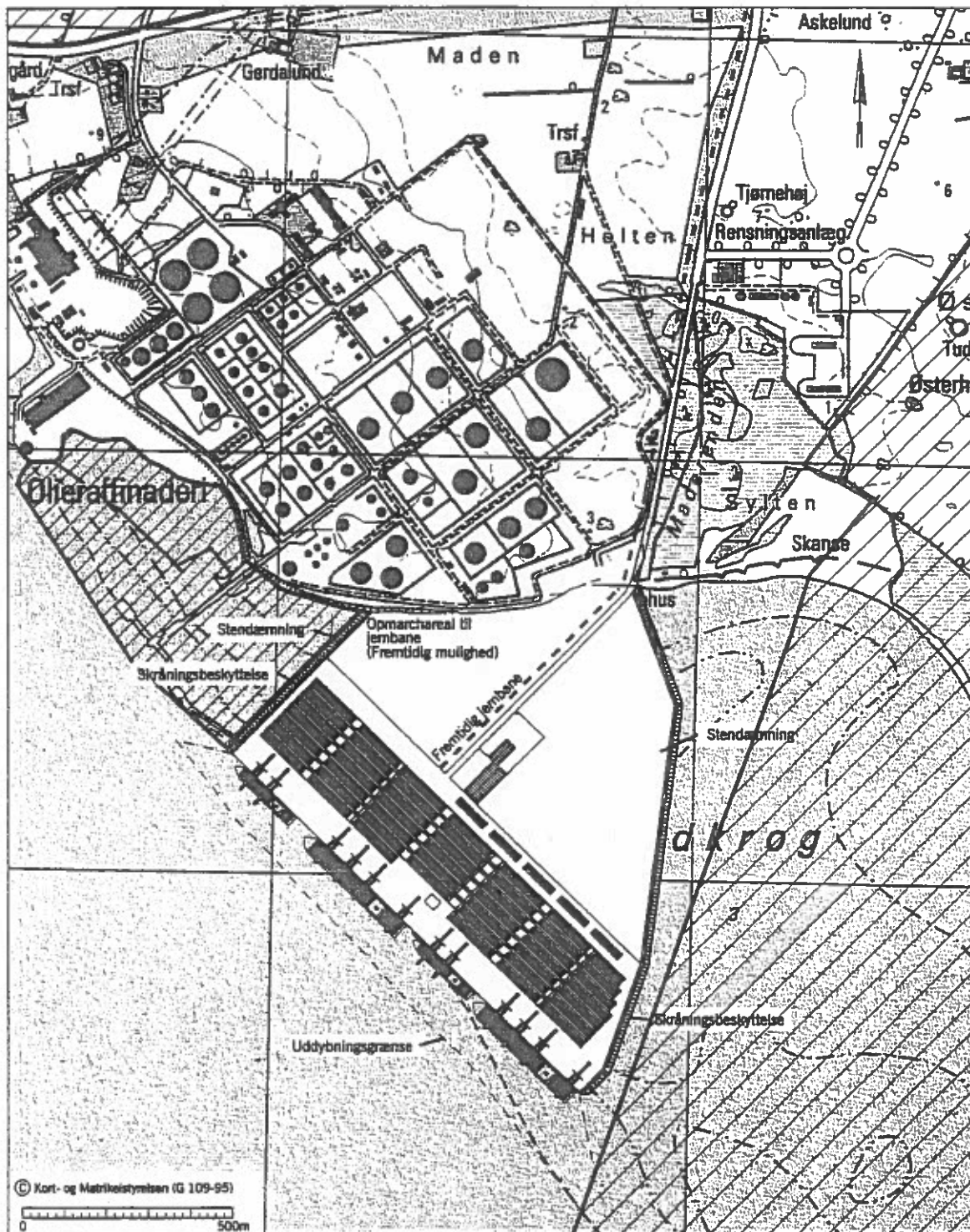
For at der kan etableres en effektiv og økonomisk rentabel container-omladningshavn, skal havnen bestå af en kaj på i alt ca. 1.150 m med plads til 2 lineskibe og 2 feederskibe og med minimum 17 m vanddybde. Placeringen af en dyb kaj med den ovenfor givne længde giver bagarealer på ca. 80 ha. Det antages, at der ved opstarten af anlægget vil være ca. 200 årlige besejlinger med lineskibe, som efterfølgende vil stige til ca. 300, samtidig med at størrelsen på lineskibene øges. De tilsvarende tal for feederskibene er hhv. ca. 900 og ca. 1.400. Til anlægget skal der være mulighed for at etablere en passende vejforbindelse eller en jernbane.

Anlæg af containerhavnen kræver tilladelse fra Trafikministeriet. Nærværende VVM redegørelse dækker alene en havn med kajlængde på ca. 1.150 m. Yderligere udvidelser og en evt. etablering af en jernbaneforbindelse er ikke en del af nærværende VVM redegørelse.



Figur 1 Skibsruter i Nordsøen/Østersøen.

Til den planlagte containerhavn er det tilstrækkeligt med ca. 40 ha befæstede arealer. Placeringen af de eksisterende anlæg ved Stignæs kræver dog, at en dybvandkaj placeres som skitseret



Signaturer:
 [Hatched pattern] Fuglebeskyttelsesområde (Ramsar område)
 [Diagonal lines] Muligt udvidelsesområde

Figur 2 Hovedforslag.

i forslagene parallelt med strømretningen for at opnå en rimelig sikker besejling. Samtidig giver de "ekstra" 30-40 ha mulighed for at deponere blødt opgravet materiale og at anvende området til indspulingsfelt ved indvinding af sand med stort finstofindhold. Endelig må en løsning, hvor der kun indvindes minimumsarealet som en ø forbundet med vej og evt. jernbane til land, frarådes, fordi det vil skabe et lavvandet tillejningsområde med dårligt vandskifte.

Hovedforslaget, se figur 2, er for at muliggøre en åben zone imellem anlægget og fredningsgrænsen, rykket ca. 65 m mod nordøst i forhold til tidligere overvejelser. Samtidig er der tæt på land sket en tilbagerykning af ilandføringspunktet, således at der er åbent vand ud for Skansen.

For at illustrere havneanlægget medtages visualiseringen af hovedforslaget set fra Ferneklint, hvor containerkranerne er det dominerende element sammen med effekten af de oplagrede containere, se figur 3. Der er valgt dette perspektiv, fordi fra andre steder på Sjællandssiden brydes billedet af andre landskabselementer eller der er ingen forgrund, f.eks. ved Skansen. På figur 3 vises en kaj på ca. 1.200 m længde udstyret med 12 containerkraner med en højde på ca. 60 m. Kranerne vil være noget tilfældigt fordelt, som også visualiseringen antyder, idet de vil blive benyttet afhængig af de fortøjede skibes størrelse.



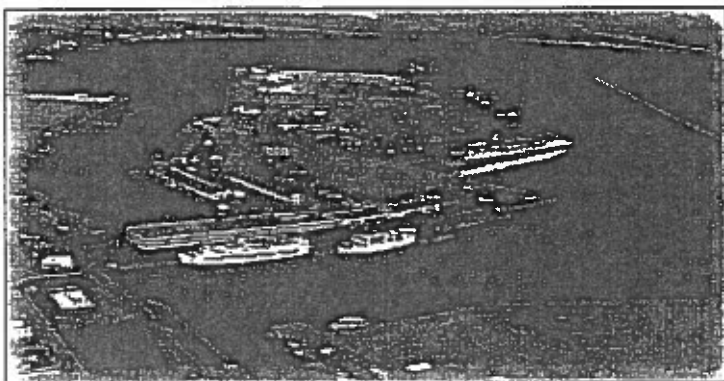
Figur 3 Visualisering af hovedforslag set fra Ferneklint.

Bagved kranerne på oplagsarealet ses de oplagrede containere. Dette område vil have en stærkt varierende karakter, idet der løbende sker optimering af placeringen af containere således, at operationstid for containerskibene er mindst mulig. En sædvanlig højde vil være svarende til ca. 3 fulde containere ovenpå hinanden. Fulde containere kan stå i maksimum 5 lag, tomme containere kan stå i maksimum 7 lag. Jvf. Mærsk Brokers (1999) skal der i år 2013 være ca. 28 ha til opstilling af containere. Kajgaden fylder yderligere 10 ha. Øvrige bygninger, parkeringsarealer samt diverse andre lagerområder fylder ca. 3 ha. I alt giver det et minimumsareal på ca. 41 ha svarende til en kaj med plads til 2 lineskibe og 2 feederskibe.

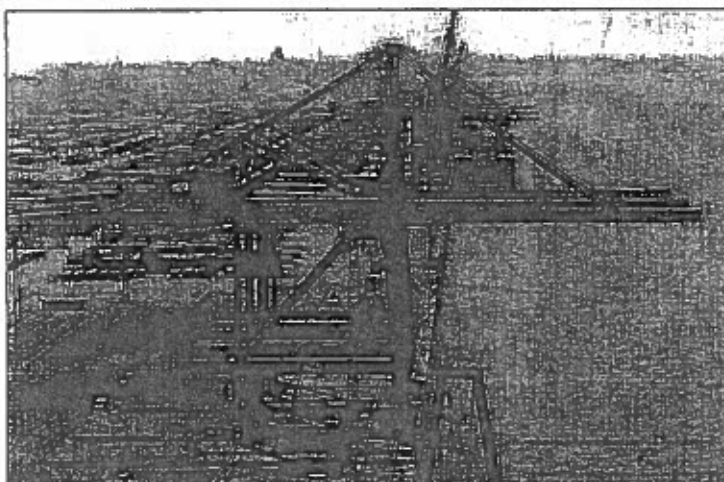
Det forventes, at der vil arbejde ca. 250 mand på området til at begynde med og senere op til 450 mand. På arealet vil der køre store maskiner til at håndtere containerne, ca. 25 "transtrainere" (kørende portalkraner der kan række ind over 6 rækker containere i op til 5 lag), ca. 50 trucks, ca. 50 såkaldte "chassis" (ladvogne hvorpå der stilles containere) og ca. 4 frontlæssere (virkende principielt som gaffeltrucks til tomme containere). Der vil dog normalt kun være et væsentligt mindre antal, måske lidt over 1/3, der arbejder samtidig, idet terminalen skal fungere i døgn drift. Der vil blive arbejdet i hold for de flestes funktioners vedkommende, bortset fra visse administrative funktioner. Der skal være kontorfaciliteter for op til 75 mand. Sammen med kantiner, toiletter og badeværelser vil der være behov for ca. 2.300 m² bebyggelse. Værk-

stedsfaciliteter vil kræve ca. 3.200 m². Hertil kommer et ca. 4 etages kontrolcenter ved kajen med grundplan på ca. 250 m².

Til nærmere at illustrere forholdene er der nedenfor på figur 4 og 5 vist et par billeder fra andre containerterminaler.



Figur 4 Algeciras containerterminal.



Figur 5 Ukendt containerterminal, billede fra reklamemateriale for kraner.

Vejforbindelse til containerhavnen kan etableres ved en udvidelse af Klintevej. En eventuel jernbaneforbindelse kræver anlæg af ca. 7,5 km ny jernbaneline til Tystofte samt renovering af sporanlæg og sikringsanlæg på linien fra Tystofte til Slagelse, se figur 6. Omkostningsoverslag for jernbanetilslutning er på ca. 120 Mkr.

For de nære oplande (Danmark + Malmø, simplificeret til 4 områder) er der antaget følgende fordeling af terminalgods fra Stignæs:

Oplande	Fordeling i %
København	14
Stignæs	28
Århus	39
Malmø	19

Tabel 1 Antaget trafikfordeling for terminal gods til nære oplande.

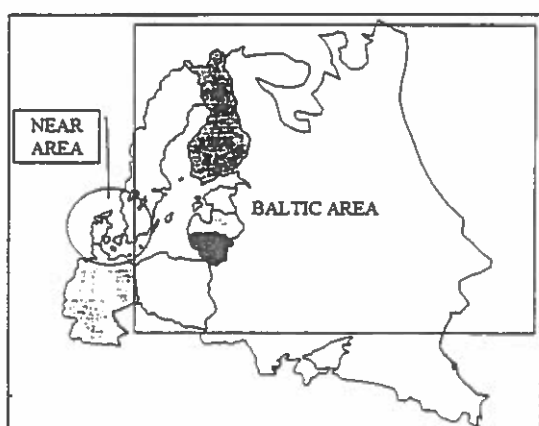
For "transshipment"-godsets fordeling på lande/områder i Østersøregionen (simplificeret til 5

områder) er der tilsvarende antaget følgende:

Lande / områder	Fordeling i %
Sverige Syd ekskl. Malmø	20
Sverige Nord	25
Finland	22
Rusland	24
Baltic	9

Tabel 2 Antaget "transshipment"-gods fordeling på lande/områder i Østersøregionen.

De nære områder samt Østersøregionen er vist på figur 7.



Figur 7 Det nære opland for containerterminalen og Østersøregionen.

Containerhavnen vil alene med hensyn til en række servicefunktioner (brændstofforsyning, modtagelse af olie og kemikalieforurenet vand, beredskab) virke sammen med tankanlæggene og Stignæs Industrimiljø. Der forventes dog, at der, når containerhavnen etableres, vil ske en hurtigere etablering af nye virksomheder med brug for dybvandsadgang, og at det tidligere raffinaderi vil blive anvendt af en passende kemisk industrivirksomhed.

Stignæs i dag

Det dybe vand i Agersø Sund giver mulighed for en naturgiven dybvandshavn ved Stignæs, beskyttet af de udfør liggende øer. Stignæs ligger med direkte adgang til hovedsejlrute T ind og ud af Østersøen, og er samtidig "sidste stop" for de helt store skibe, da der ikke er vanddybde nok til, at disse kan sejle ind i Østersøen.

På denne baggrund blev det besluttet at undersøge muligheden for at etablere en havn for gods i transit til og fra Østersøregionen. Et indledende studie pegede hurtigt i retning af et internationalt containerhub, dvs. en station på containertrafikkens verdenslinienet med omladning af containere. De konkurrerende havne er i dag Rotterdam, Felixstowe, Hamburg og Bremerhaven. Disse havne er de store containerskibes ("linieskibe") sidste stop før Østersøen. Et anseeligt antal små og mellemstore containerskibe ("feederskibe") sejler i dag frem og tilbage mellem de store havne og de forskellige destinationer i Østersøen. Containertrafikken i Østersøen vurderes af Mærsk Broker at få en kraftig tilvækst i de kommende år.

Det omtalte studie konkluderede, at det ville være rentabelt at bygge en containerhavn primært

til omladning ("containerhub") ved Stignæs, og at der samlet set, herunder forholdet til forskellige alternative løsningsmuligheder i Nordeuropa, ville være tale om en miljørigtig løsning. Desuden ville en containerhavn forårsage en betydelig beskæftigelsesmæssig effekt i Skælskør kommune.

Alternativer til Stignæs

Under projektets tilblivelse har en række andre placeringer for en container-omladningshavn været overvejet. Blandt disse er et 0-alternativ (dvs. eksisterende forhold), en lokal alternativ placering, to placeringer ved Kalundborg, placering i Århus Havn samt placering på Djursland (Glatved).

0-Alternativ

I 0-alternativet vil den planlagte udvikling ved Stignæs blive forhindret til skade for Vest- og Sydsjælland, og Danmark får ikke en hovedrolle i den fortsatte udvikling af Østersø-containermarkedet. Desuden er der ikke tilstrækkelige udnyttelsesmuligheder af den tilgængelige ledige arbejdskraft i området som følge af lukningen af Kuwait Raffinaderi

Ved 0-alternativet udvides industriområdet ved Stignæs ikke yderligere med et stort anlæg omfattende ca. 80 ha vandområde ned mod de tilgrænsende habitatområder. Der undgås dermed at inddrage ca. 250 m naturlig kystlinie uden bagvedliggende industrianlæg samt yderligere ca. 500 m kystlinie med bagvedliggende industrianlæg. Der undgås, at det kulturhistoriske område ved Skansen visuelt bliver delvis indelukket bag det store havneanlæg.

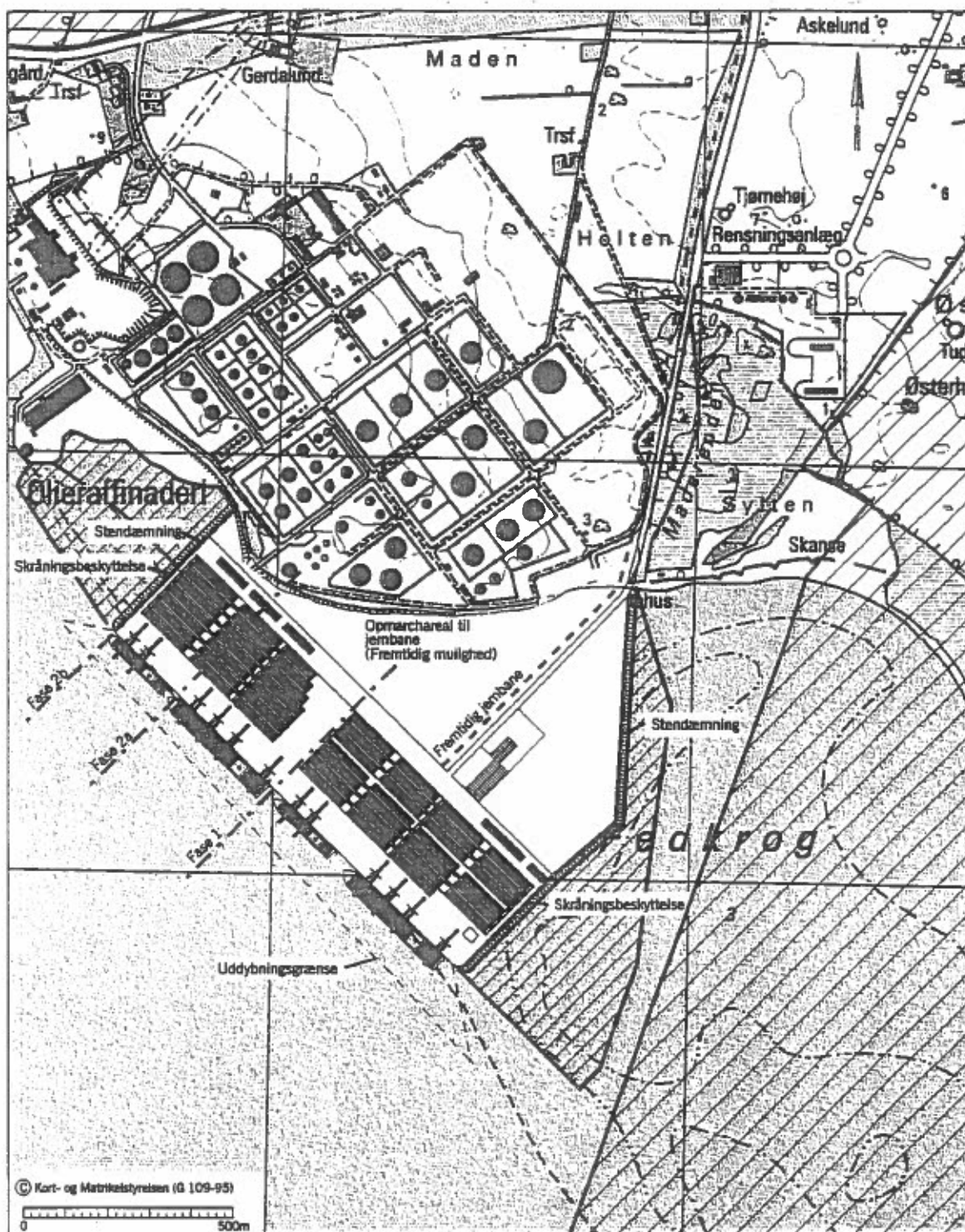
Lokalt alternativ

I forbindelse med identificeringen af det lokale alternativ har det været afgørende at sikre en fornuftig udvikling og udnyttelse af Stignæsområdet.

Siden nedlæggelse af raffinaderiet er det lykkedes at realisere en stadig større udnyttelse af tankanlæggene til oplagring af olieprodukter og spildevand. Der er derudover påbegyndt rensning af passerende skibes forurenede vand (bundvand og ballastvand) og tilførsel af brændstof m.v. Det er derfor ikke hensigtsmæssigt at operere med muligheder, der indebærer, at de vel fungerende og værdifulde faciliteter i Gulfhavn allerede ved anlægsstarten nedlægges, og at udviklingsmulighederne for området dermed begrænses væsentligt.

Det lokale alternativ, der må udføres faseopdelt, medfører, at den sydligste udbygning holdes 250-450 m fra fredningsgrænsen i Fase 1, mens Fase 2 udføres nordpå ind i Gulfhavn området. I alternativet udføres fremtidig udbygning ud til ca. 65 m fra fredningsgrænsen først, når alle andre arealmæssige muligheder på det tidligere raffinaderiområde er opbrugt. Alternativet kræver accept af Kuwait Petroleum og Stignæsværket.

Set fra et forretningsmæssigt synspunkt er alternativet væsentligt ringere end hovedforslaget, idet der forudsættes udvikling i mindre optimale faser for selve containerhavnen. Samtidig begrænses mulighederne for områdets udvikling, som indebærer væsentlige omkostninger i forbindelse med opgivelse af og retablering af nyttige og voksende funktioner, der i dag løses på Gulfhavn. Det lokale alternativ er vist på figur 8. En sammenligning imellem hovedforslaget og det lokale alternativ er gennemført i det følgende, samt sluttelig oversigtsmæssigt beskrevet på tabelform.

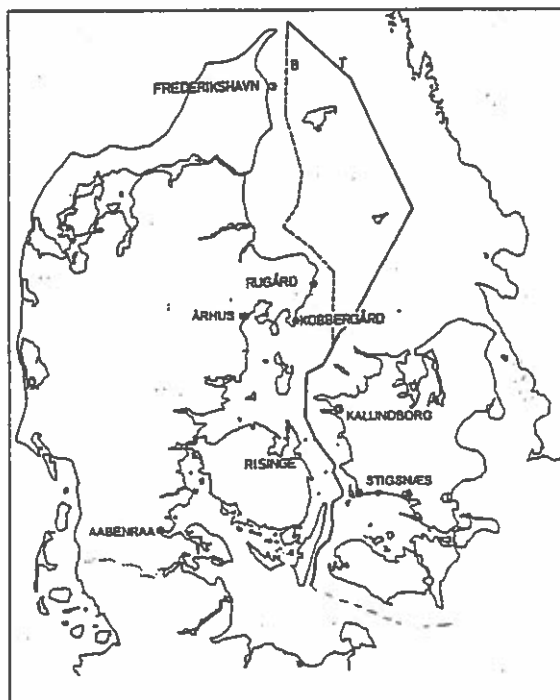


Signaturer:
 Fuglebeskyttelsesområde (Ramsar område)
 Muligt udvidelsesområde

Figur 8 Lokalt alternativ.

Regionale alternativer

De regionale alternativer fremgår af figur 9.



Figur 9 Regionale alternativer.

Kalundborg

I Vestsjællands Amt er der, udover Stigsnes, kun reelle muligheder for anlæggelse af en container-omladningshavn ved Kalundborg. Hovedproblemerne her er de arealmæssige krav, støjforhold og sejlrunden. Den af Kalundborg Havn foreslåede placering inde i havnen øst for Asnæsværket opfylder ikke krav til kajlængde eller bagarealer. Hvis containerhavnen placeres i den indre havn udelukker dette, at den indre havn fremover kan bruges til andet end containerhavn. Eksisterende brugere med tilhørende faciliteter må derfor fjernes. En placering i den indre havn vil yderligere være støjmæssigt særdeles problematisk. En placering ved Kalundborg kræver desuden, at der etableres en lang uddybet sejlrende, hvilket medfører, at der skal uddybes $6,5 \text{ Mm}^3$ blødt materiale. Det må forventes, at i størrelsesordenen 200.000 m^3 forurenet materiale skal deponeres, hvilket vil give væsentlige problemer med bortskaffelse og fremtidig vedligeholdelse.

Hvis havnen placeres vest for Asnæsværket, skal dette område omklassificeres til industriformål. Et område med væsentlig rekreativ værdi må derfor overføres til industriformål. Det er stadig nødvendigt at etablere en lang uddybet sejlrende, der medfører, at der skal uddybes ca. $4,9 \text{ Mm}^3$ blødt materiale. Dette giver væsentlige problemer med bortskaffelse og fremtidig vedligeholdelse. Kalundborg Havn har foreslået, at man nøjes med 16 m vanddybde og en sejlrendebredde på 100 m. Dette tilfredsstiller imidlertid ikke kravene om regularitet, sikkerhed og fremtidssikring.

Århus

En placering ved Århus har den fordel, at det ligger i tilknytning til den allerede eksisterende store konventionelle containerhavn. Her er der planlagt en udbygning svarende til kravene til en omladningshavn. Imidlertid kræves der også her en lang dyb sejlrende, der medfører, at der skal uddybes ca. 8,4 Mm³ materiale. Dette giver væsentlige problemer med bortskaffelse og fremtidig vedligeholdelse.

Glatved

Den mest fordelagtige alternative lokalitet på Djursland for en container-omladningshavn findes ved Glatved. Vanddybderne svarer til forholdene ved Stignæs, og der er kun behov for begrænset uddybning (1,7 km sejlrende). Den største forskel imellem Stignæs og Glatved er, at en havn i Djurslandsområdet er udsat for større bølger på tværs og lidt værre isforhold, således at der alt andet lige bliver større afbrydelse af losse/laste-operationer. Dette kan, for bølgeproblemet vedkommende, kompenseres ved, at der bygges en læmole. En havn ved Glatved koster i forhold til Stignæs ca. 10 % mere i anlægsudgifter.

Øvrige hensyn

Andre hensyn så som, at Stignæs ligger længere mod syd, således at lineskibene kan sejle længere samt de trafikale forhold på Djursland (afstand til jernbane, vejnet) peger ligeledes på Stignæs som den bedste lokalitet. Endelig vil de mulige positive afledte effekter af en placering ved Stignæs (med mulighed for interaktion med/aflastning af containerhavnen i Københavns Havn/delvis aflastning af tung containertrafik i København) være større end ved Glatved med dennes placering relativ tæt på containerhavnen i Århus.

Alternativer		Væsentlige miljømæssige ulemper	Væsentlige miljømæssige fordele	Andre væsentlige forhold
0-alternativ		Ingen bidrag til miljømæssig bedre containertransport	Ingen nye forstyrrelser til habitatområde, Fedkrog og Skansen	Ingen nye arbejdspladser. Containerudviklingen på Østersøen udenom Danmark
Regionale alternativer	Kalundborg, indre havn	Støj Uddybning og bortskaffelse af 6,5 Mm ³ blødt materiale	Eksisterende jernbane og vejforbindelse	Ikke plads nok med mindre andre havneaktiviteter nedlægges
	Kalundborg, vest for Asnæsværket	Placeres i område med naturinteresser. Uddybning og bortskaffelse af 4,9 Mm ³ blødt materiale	Eksisterende jernbane og vejforbindelse	Udenfor planlagt industriområde
	Århus	Uddybning og bortskaffelse af 8,4 Mm ³ blødt materiale Tung trafik gennem centrale dele af Århus	Eksisterende jernbane og vejforbindelse	Synenergi med eksisterende containerhavn. Allerede planlagt et område men uden dyb sejlrende
	Glatved	Længere afstand til gode veje og jernbane. Større kystlinie påvirkes i område ikke planlagt til havneformål	Ingen habitatområder i nærheden	Tidligere planlagt til kulhavn og kraftværk, men p.t. kun til bagvedliggende affaldslager Ekstraomkostninger til ekstra dækmole
Hovedforslag		80 ha marint område beslaglægges. Mindre påvirkninger af habi-	Lineskibe kan sejle længst.	Placeres i planlagt industriområde med favorable naturforhold. Bedst anlægsøkonomi.

Alternativer	Væsentlige miljømæssige ulemper	Væsentlige miljømæssige fordele	Andre væsentlige forhold
	tatområder og Fedkrog. Skansen mere indelukket end ved lokale alternativ og havneområde tættere på habitatområde		Kræver ikke nedlæggelse af fungerende havneanlæg. Kan udbygges i optimale faser. Synenergi med Københavns havn
Lokale alternativ	80 ha marint område beslaglægges. Mindre påvirkninger af habitatområder, Fedkrog og området ved Skansen.	Større afstand til habitatområder. Skansen mindre indelukket. Forstyrrelser flere gange fra anlægsaktiviteter i flere faser. Linieskibe kan sejle længst.	Kun første fase kan udføres uden nedlæggelse af eksisterende brugbare havneanlæg. Tilhørende ekstraomkostninger til genetablering Synenergi med Københavns havn

Tabel 3 Overordnet sammenligning imellem alternativer.

Hydrauliske forhold

Den hydrauliske model viser, at hverken hovedforslag eller alternativ given nogen blokering for vandgennemstrømningen. Ved begge udformninger ved Stignæs føres vand fra spildevandsudløbet i højere grad med strømmen ved sydgående strøm, så spildevandet i mindre grad strømmer ind i Fedkrog i forhold til den nuværende situation.

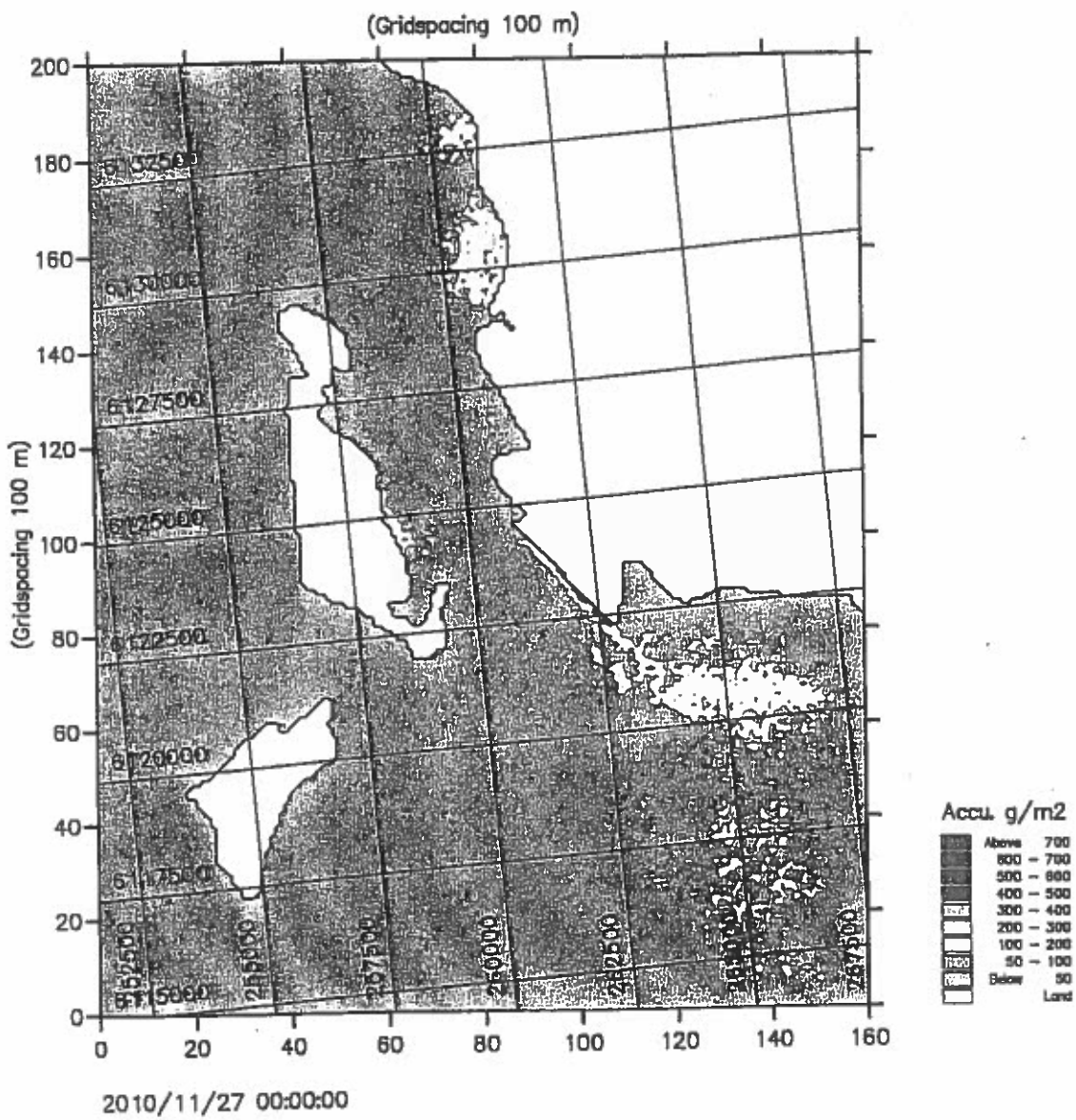
Kystmorfologi

Ved en udbygning forventes der, at den nuværende erosion ud for Skansen vil blive erstattet af aflejring af sand. Det kan ikke udelukkes, at der vil optræde en begrænset forøgelse af erosionspres på Ll. Sevedø. Hvis dette er tilfældet, kan det f.eks. afhjælpes ved strandfodring med en overskuelig mængde materiale. Effekt fra alternativ er af samme type som for hovedforslag, men mindre.

Sediment og sedimenttransport

I forbindelse med anlægsarbejdet (udbygning) og skibsmanøvrer fra de store skibe, vil der ske en begrænset spredning af sediment. Sedimentspredningen giver dog ikke biologiske påvirkninger eller påvirkninger på badevandskvaliteten udover nærzonen (omkring 1 km). Den totale sedimenttilløjning for udbygning er vist på Figur 10.

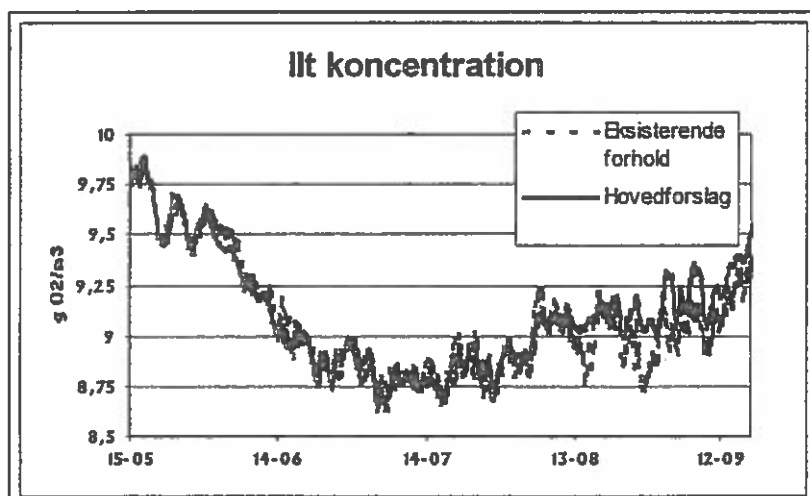
Indtil TBT (tri-butyl-tin: organisk tinforbindelse, der bruges som antibegroningsmiddel på skibsoverflade) udfases fra erhvervstrafikken, vil et stort antal ophold af containerskibe ved den nye havn medføre, at der tilføres op til 5-6 gange så meget TBT som tidligere. I området er der fundet begrænsede koncentrationer af TBT som viser, at det tidligere tilførte TBT er spredt på et meget stort område i Smålandsfarvandet og Storebælt. Selv om koncentrationen er størrelsesordenen mindre end, hvad der findes i lukkede havne, vil der ske en forøget risiko for forekomst af intersex hos snegle i store dele af Agersø Sund og Smålandsfarvandet.



Figur 10 Total sedimenttillering for uddybning.

Vandkvalitet

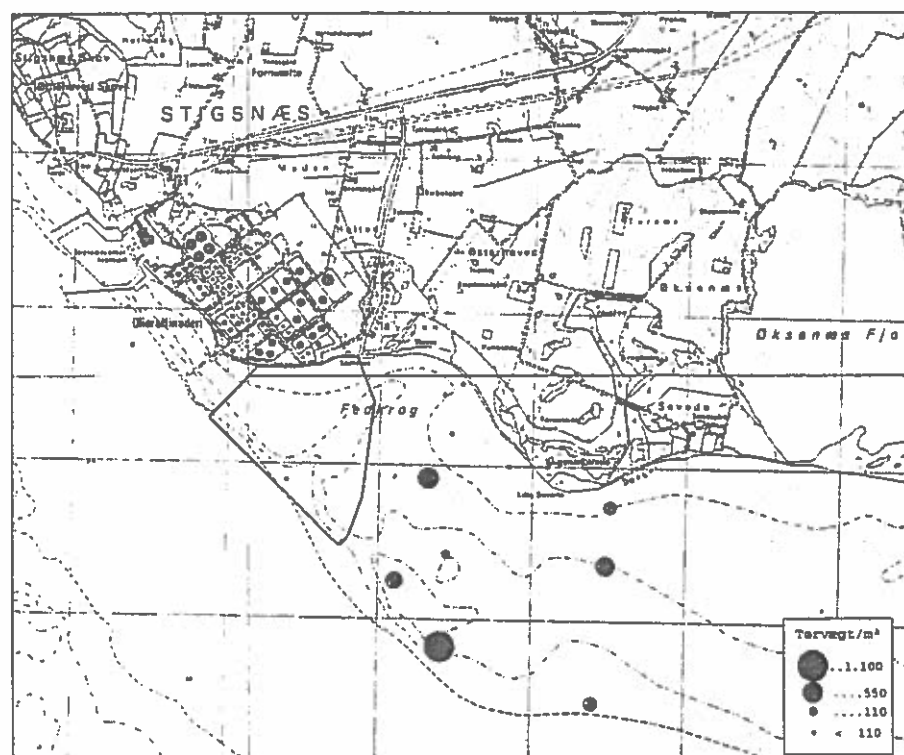
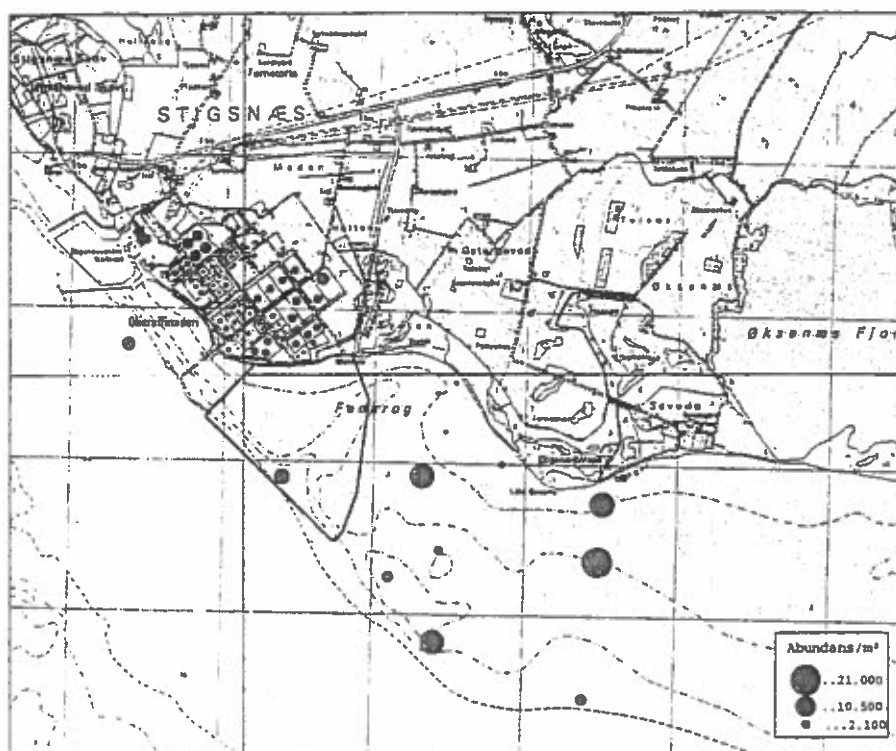
En detaljeret modellering af iltforholdene viser meget små og ikke betydelige ændringer i iltkoncentrationen i vandet i Fedkrog, som følge af at containerhavnens bygges, og der kan på grundlag af iltvindmodellen ikke afdækkes nogen iltvindssituation syd for hovedforslaget eller det lokale alternativ. Iltkoncentrationerne ligger dermed langt over den kritiske grænse, hvor fisk og bunddyr flygter fra området. Der er ikke identificeret negative effekter på døgnsvingningerne af ilt fra containerhavnen. Der vil optræde en forøget risiko for grødeophobning i Fedkrog, dog mindre for alternativet end for hovedforslaget.



Figur 11 Tidlig udvikling af iltkoncentration i Fedkrog under eksisterende forhold og efter etablering af hovedforslaget.

Flora og fauna

Den største effekt på områdets flora og fauna er, at der beslaglægges et betragteligt areal (70-80 ha), hvoraf de biologisk vigtigste områder med 2-6 m vand med bl.a. ålegræs udgør 60-70 %. Fjernelse af arealer med ålegræs vil fjerne potentielle områder af betydning som opvækst- og gydeområder for flere fiskearter samt områder af økologisk betydning for den øvrige fauna. Figur 12 viser individtæthed og biomasse på målestationer omkring Stignæs. Der er en mindre risiko for ændring i artssammensætningen i Fedkrog.



Figur 12 Individtæthed og biomasse.

Fiskeriforhold

Det vurderes, at sedimentspredningen fra anlægsaktiviteterne ved selve containerhavnen er så lav, at det ikke har nogen betydning for fiskene i området. Sedimentspredningen fra sandindvindingen behandles i en separat VVV-redegørelse. Ved etablering af containerhavnen beslaglægges ca. 80 ha havbund, hvilket involverer de 2 rækker bundgarnspæle, der befinder sig inden for projektområdet. Lyst- og fritidsfiskeriet ved kysten for enden af Klintevej vil ikke længere være muligt fra denne del af kysten efter anlæg af en containerhavn ved Stignæs.

Spildevand, overfladevand og affald

Håndtering af spildevand, overfladevand og bortskaffelse af affald vil være underlagt gældende krav og regulativer, som det er tilfældet i dag. Benyttelse af de specielle faciliteter til modtagelse af olie- og kemikalieholdigt spildevand fra skibe bør være obligatoriske ved anløb af havnen.

Støj og trafik

Vejsystemet omkring Stignæs er vist på Figur 13:



Figur 13 Vejsystem omkring Stignæs.

Den nuværende støjbelastning på de nærmeste beboede områder varierer fra 41 til 63 dB, se figur 14. I raffinaderiets driftsfase var støjbelastningen op til 2 dB større på visse områder.

I anlægsfasen vil de tilsvarende områder blive belastet med 38 til 47 dB fra anlægsaktiviteterne. Der optræder således ikke nogen ekstra støjbelastning af betydning under anlægsfasen.

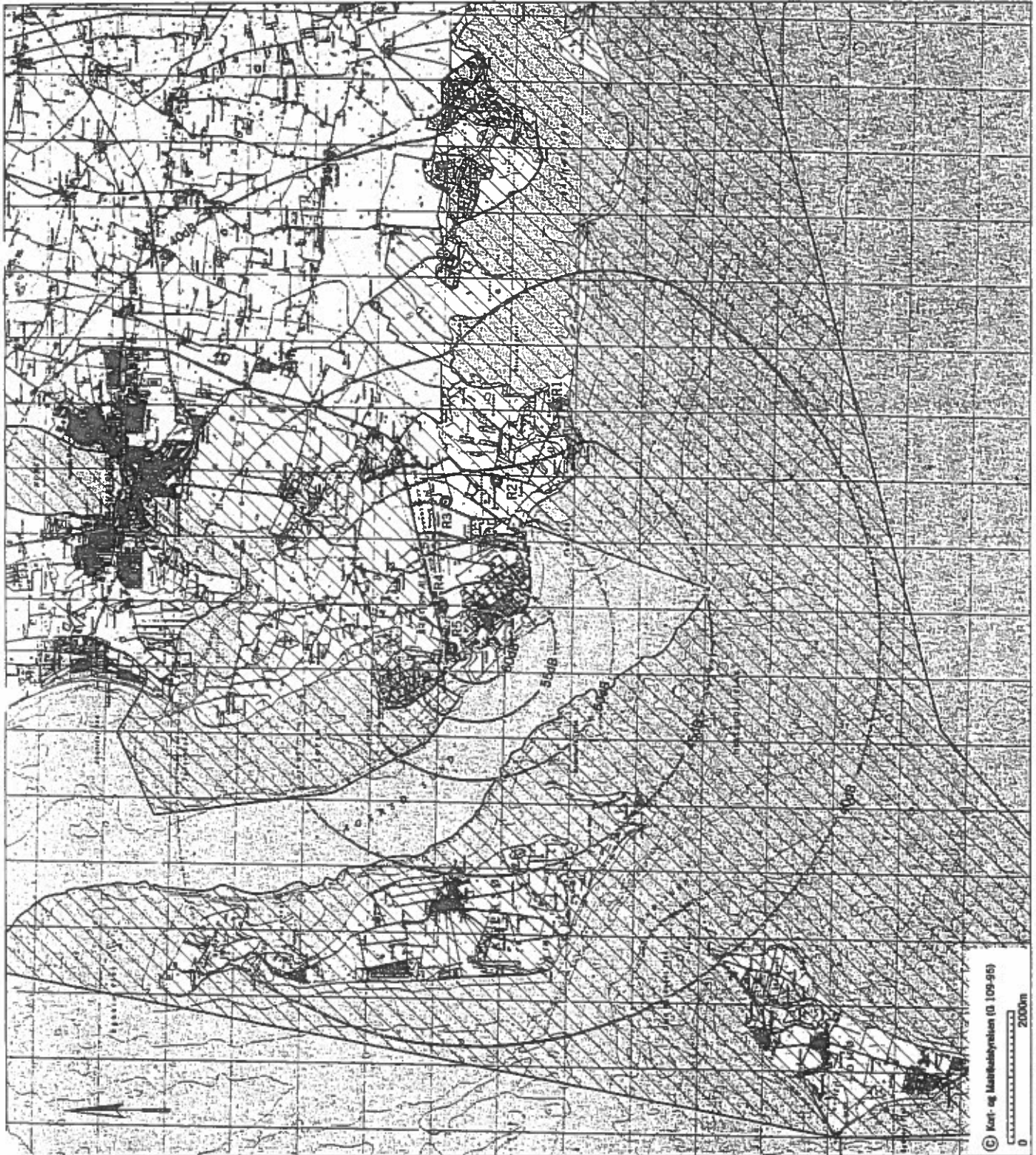
Ved de forskellige betragtede scenarier (inkl. et scenario med 50% større udbygning end planlagt) ligger støjbelastningsniveauerne fra 39 til 50 dB, se figur 15. I forhold til den nuværende

Signaturer:

⊘ Ref. punkt

— Iso-dækningskurve for støjbelastningen 1,50 m over jorden

— I fikt. felt, gældende for dag-, aften- og natperioden.



© Kart- og Matrikstyrelsen (0 109-96)

0 2000m

2025-06-10 10:00

Figur 14

Støjbelastning for eksisterende forhold. Stignæsvej fuld drift.

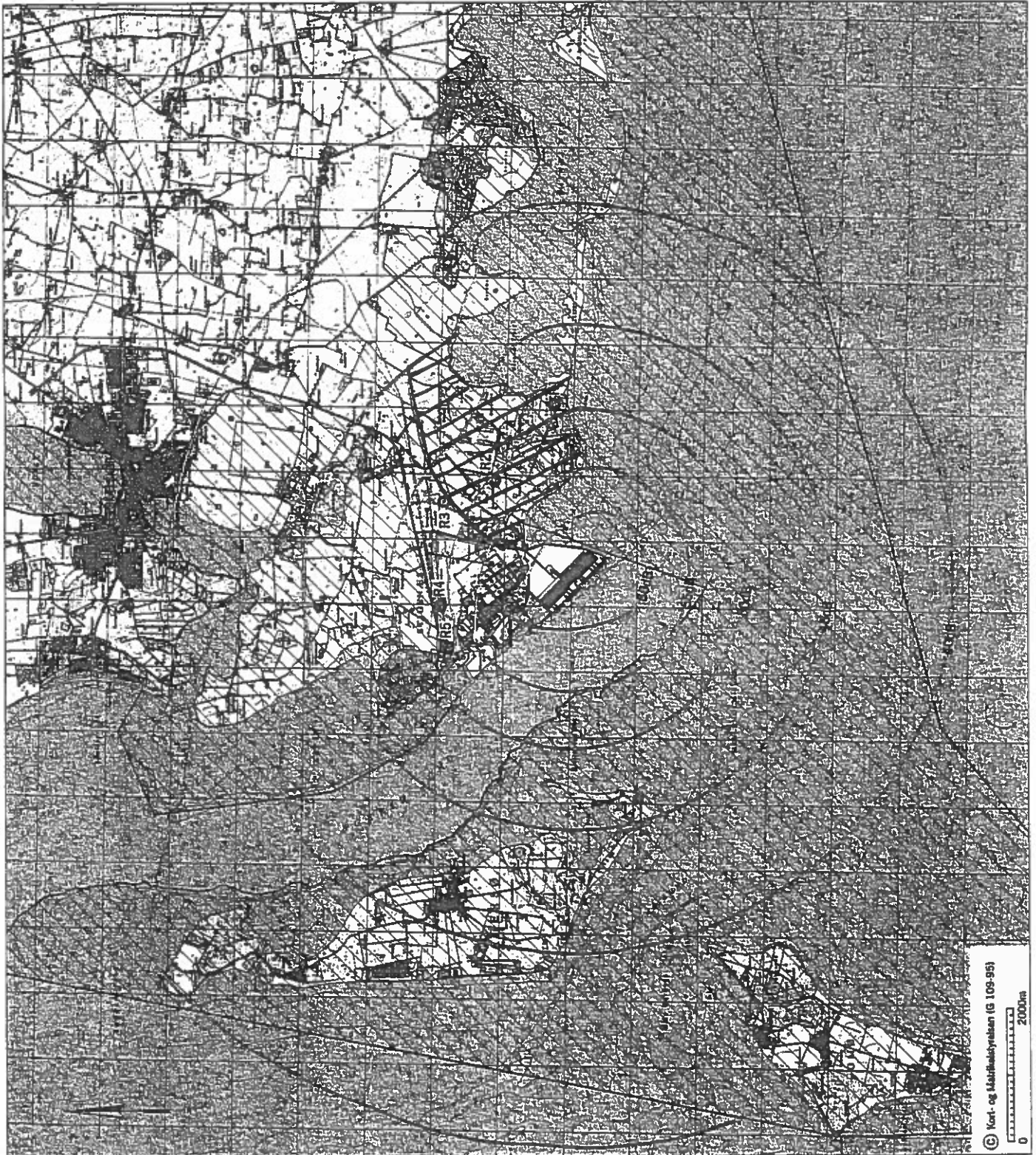
Signaturer:

Fuglebusskoleområdet (Ransar området)

Ret. park

Isoteknikerens byarbejdsstrøgen 1,50 m over terræn
1. et til, gælder for dag, aften- og natperioden.

Zone på land med både foretaget støj
og støj over 40 dB.



© Kort- og Matrikstyrelsen (G 109-95)
0 200m
KORT- og MATRIKSTYRELSEN 1. udgave

Figur 15 Støjbelastning for hovedforslag. Fremtidigt scenario år 2013 + 50%.

situation er det alene de områder mod syd (Sevedøgård og Østerhovedgård) med den nuværende mindste støjbelastning, hvor støjbelastningen forøges med op til 4 dB (eller 2 dB hvis der tages udgangspunkt i situationen med raffinaderiet i drift). Dog er støjbelastningen for disse områder stadig under 50 dB.

Forholdene kan vurderes ud fra de vejledende grænseværdier, der angiver 55 dB under normal arbejdstid, 45 dB inden kl. 22:00 og 40 dB i tidsrummet kl. 22:00-07:00.

Langs vejsystemet indtil hovedvejen kan der forventes en støjforøgelse på op til 2 dB, og der kan forventes trafikstøjbelastninger på over 55 dB i afstande op til ca. 65 m fra vejanlægget. Ved de lokale veje op til omkring Skælskør kan der optræde støjbelastning over 55 db(A) ved 9 boliger. På vejene op mod Slagelse vil støjniveauet på grund af den ekstra trafik blive forøget med ca. 1 dB.

Fra den planlagte jernbaneforbindelse vil der ikke optræde støjbelastninger over 60 dB indenfor en afstand fra ca. 15 meter fra spormidte. Nogle få boliger vil blive støjbelastet af den eventuelle nye jernbanestrækning. En del boliger på den eksisterende jernbanestrækning vil opleve forøget støjbelastning i forhold til den nuværende begrænsede anvendelse.

Luftforurening





Emissionen under anlægsfasen er vurderet at være ubetydelig i forhold til emissionen under driftsfasen.

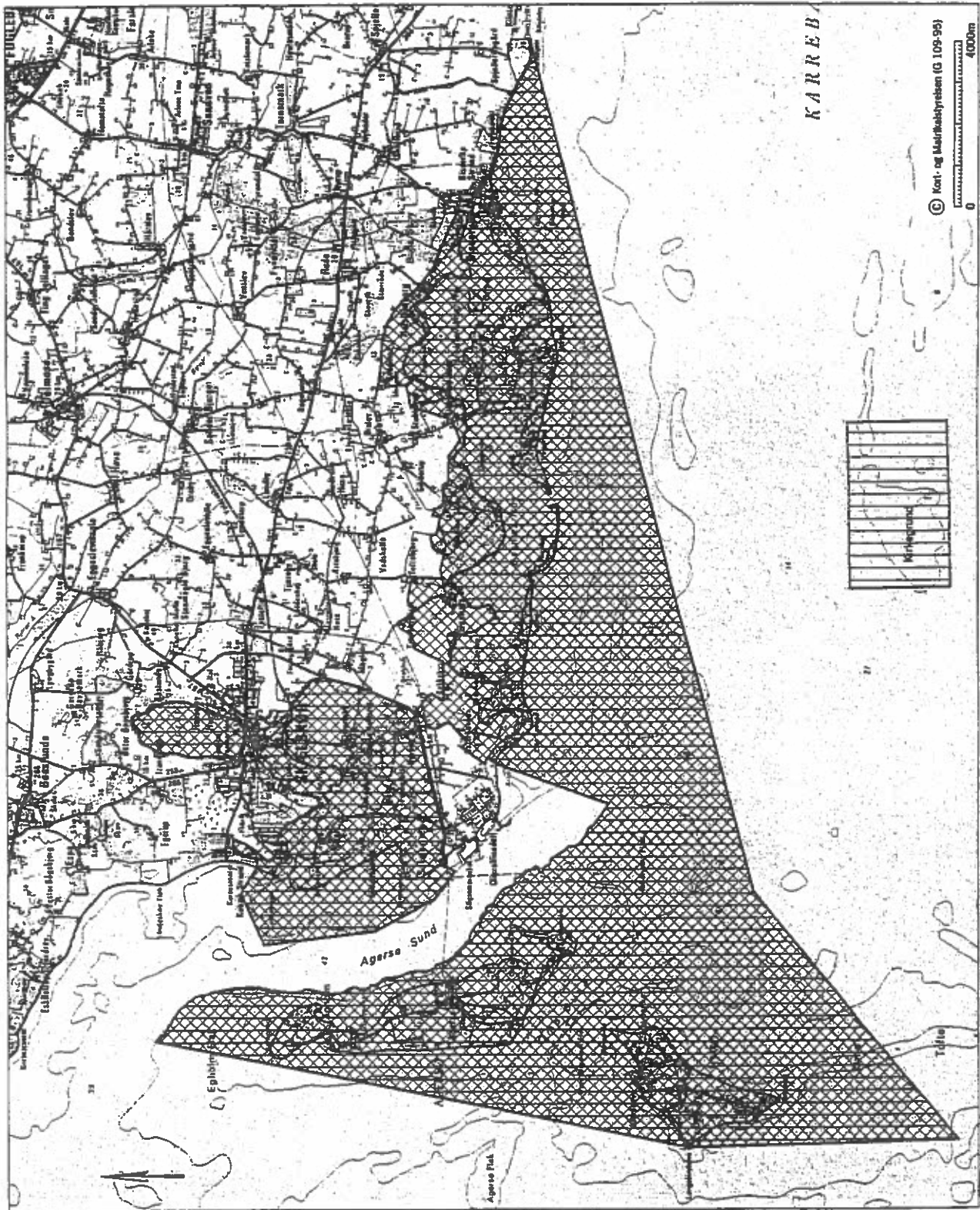
Emissionsberegningernes forureningskomponenter, der stammer fra energiforbruget for sejlads med feederskibe og lineskibe, viser, at der vil ske en stigning i emissionerne fra søtransport på over 40% fra år 2003 til år 2013, som udelukkende skyldes en stigning i sejlads (skibskilometre).

Den samlede sejldistance for feederskibe falder med ca. 70 %, mens den samlede sejldistance for lineskibe stiger med ca. 35 %. Lineskibene sejler containere med et energiforbrug på ca. 75% af feederskibenes energiforbrug pr. transporteret container pr. kilometer.

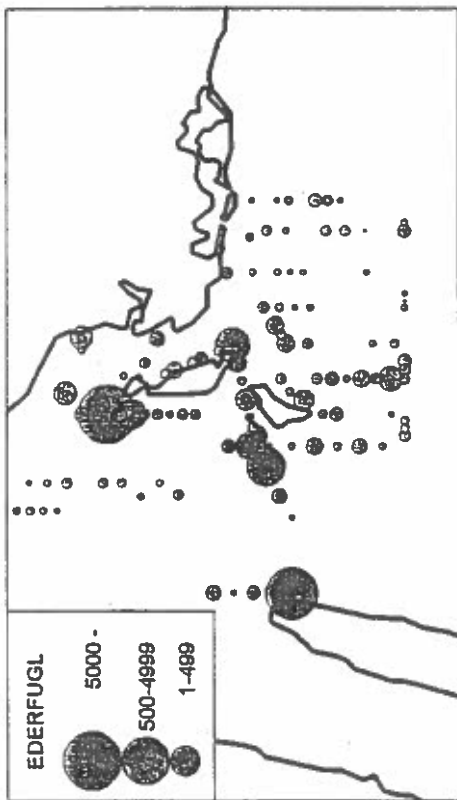
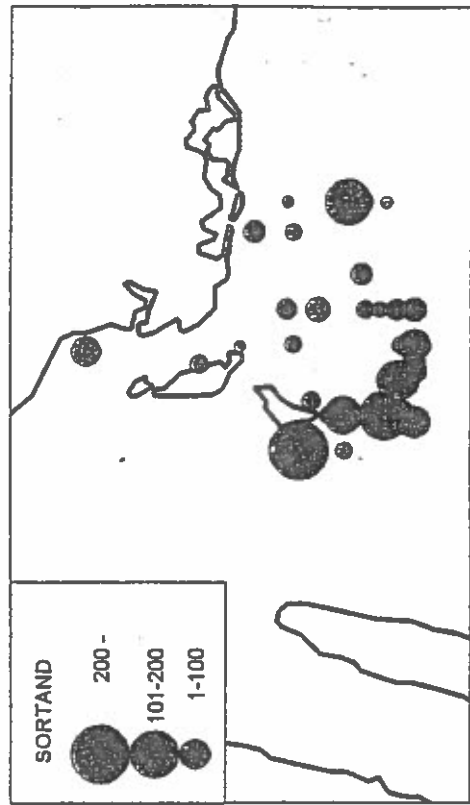
Beregningerne viser, at der kan forventes en reduceret global miljøbelastning ved anlæg af en container-omladningshavn ved Stignæs. Der vil være en relativ stor nedgang i CO og HC miljøbelastningen. For SO₂ og faststof vil der være en mindre forøgelse på grund af, at skibe bruger dårligere brændstof end lastbiler. Hertil kommer, at miljøbelastningen flyttes fra land til vand med de hertil hørende fordele for de lande, hvor landtrafikken reduceres.

Der vil i en situation med alle maskiner i samtidig drift forekomme en overskridelse af grænseværdien for sod (år 2013) uden for Stignæs containerhavns område. Ved anvendelse af bedst tilgængelig teknologi (f.eks. montering af partikelfiltre på materiel) kan sod-emissionen reduceres med ca. 90 % og således bevirke, at immissionskoncentrationsbidraget i omgivelserne uden for Stignæs containerhavn reduceres tilsvarende.

- Signaturer:
-  Ramsesonerområde
 -  EU-fuglebeskyttelsesområde
 -  EU-habitatområde
 -  Kystnærhedszone



Figur 16 Områder med international beskyttelsesstatus.



Figur 17 Resultater fra flytællinger.

Konsekvenser for dyreliv og naturtyper

Det aktuelle område er omgivet af internationale beskyttelsesområder, se Figur 16, som er udpeget primært for at beskytte udvalgte fugle.

Forekomsterne af en række vandfugle (Skarv, Ederfugl, Havlit m.fl.) vil naturligt nok forsvinde fra de 80 ha. havområde, som inddrages til havn. De største forekomster af disse fuglearter er dog koncentreret i andre områder. Der findes inden for anlægsområdet ikke vandfugle, som er af væsentlig beskyttelsesmæssig betydning.

Anlæggets foreslåede placering tæt op af internationale beskyttelsesområder vil medføre forstyrrelser ind i disse områder. På landarealerne og havarealerne tæt ved de befæstede arealer vurderes forstyrrelserne på fuglelivet at begrænse sig til nærområderne i en afstand på under 1 km. fra anlægget. For så vidt angår fuglelivet, vurderes forstyrrelserne generelt som uvæsentlige set i forhold til de arter, som har dannet grundlag for udpegning af beskyttelsesområdet, idet disse arter findes på arealer udenfor nærområdet.

Dette kan illustreres med nogle vigtige arters placering registreret ved hjælp af flytællinger, se figur 17.

Fuglelivet i områder længere væk må påregnes at blive berørt af anlægget. Særligt som følge af øgningen i skibstrafik i såvel Agersø og Omø Sund, samt dele af Smålandsfarvandet, der alle rummer internationalt vigtige forekomster af en række marint tilknyttede fuglearter (Fløjlsand, Sortand, Ederfugl). Med den forventede fremtidige skibstrafik og -størrelse, vil langt den overvejende del af trafikken foregå udenom de mest følsomme områder. Da øgningen i skibspassager gennem områderne selv i den fuldt udbyggede fase maksimalt vil stige med 5 %, vurderes anlæggets forstyrrende effekter på marine fugle og havpattedyr at være uvæsentlige.

Rekreative forhold og andre forhold

Containerterminalens anlægs- og driftsfase giver ikke anledning til øget støjbelastning i sommerhusområderne eller for udflugtsmålene, da støjbelastningen i anlægsfasen såvel som i driftsfasen er noget lavere end den oprindelige situation, hvor raffinaderiet var i drift. Containerterminalen vil næppe få mærkbar betydning for sejlsporten i området, da skibstrafikken kun vil stige forholdsvis lidt. Dog vil der forekomme flere store skibe.

Kulturhistorie og marinarkæologi

Kulturhistorie

Der er spor efter mennesker fra stenalderen og op til i dag, men området er generelt dårligt arkæologisk kendt. Som et led i fredningsplanlægningen har Vestsjællands Amts kortlagt de arkæologiske interesseområder, se Figur 18.

Kortlægningen medfører ingen direkte bindinger på arealerne, men indikerer en øget forventning om arkæologiske fund. Ved kortlægningen blev der lagt mindre vægt på enkeltfund og mere på fund af bopladser og grave, hvorfor større sammenhængende fund kan forventes i disse områder. Arkæologiske fund kan selvfølgelig også forekomme uden for de kortlagte områder.

Den planlagte jernbane vil ligge indenfor 100 meters beskyttelseszonen omkring gravhøjen Tjørnehøj. Der er tidligere dispenseret for beskyttelseslinien ved anlæg af Klintevej. Ved Vestsjællands Amt vurdering af en eventuel ansøgning om dispensation fra beskyttelseslinien, vil effekten på det omgivende landskab sandsynligvis have stor vægt. Den planlagte projektering af jernbanen i terræn vil derfor være væsentlig, da dette minimere den visuelle effekt.

Skansen er beliggende på kysten ud for det dybeste sted i Fedkrog. Skansen er, i sin nuværende form, opført sandsynligvis i 1808 under Englandskrigen og indgår i en større befæstning af Sjællands Storebæltkyst. I området omkring Stignæs indgik Skansen ved Fedkrog i befæstningen sammen med andre skanser, i form af kanonbatterier, på Omø, Agersø og i Stignæs skov. Kanonbatterierne skulle sammen med kanonbåde ved Nakskov afspærre Smålandsfarvandet mod den engelske flåde og kunne beskyde engelske fartøjer i Agersø Sund.

De seneste 100-200 års kysterosion har medført, at den vestligste del af Skansen i dag stort set ligger på forstranden. Kysten ud for Skansen er i sin nuværende form en erosionskyst på de vestligste ca. 100 meter og en aflejringskyst langs resten af strækningen. Efter anlæg af en havn, formodes tendensen til erosion at forsvinde, mens aflejring langs kysten fortsat vil finde sted ud for den østlige halvdel af Skansen og sandaflejringer på lavt vand vil forekomme ud for hele Skansen. En dybvandshavn ved Stignæs vil altså ikke true den fysiske bevarelse af Skansen.

Marinarkæologi

Ved en lokalitet på ca. 2 m vanddybde omkring den østlige indfatning af hovedforslaget, forekommer der rige fund af friskyllet flint direkte på havbunden. Tæt på forekommer helt unikke flintforekomster ca. 20 cm under havbundsniveau. Fundene stammer sandsynligvis fra et regulært bopladsområde - eventuelt en flinthuggeplads. De tidligere iagttagede gytjeforekomster med træstammer, rødder og fiskegærdefragmenter bør lokaliseres og underkastes en nærmere undersøgelse. En lang strækning langs den nuværende kystlinie og flere hundrede meter ud fra denne bør underkastes en nøjere marinarkæologisk undersøgelse, der kan afgrænse de områder, hvor der bør foretages regulære arkæologiske udgravninger. I dette mere eller mindre tørlagte område, kan der i øvrigt også forekomme stenalderboplads, som opmærksomheden bør henledes på. Disse boplads kan sammen med de i dag undersøgte boplads udgøre et samlet bopladskompleks i området. Yderligere marinarkæologiske undersøgelser foretages først i forbindelse med anlæggets etablering.

Ressourcevurdring

Hovedsageligt skal opfyldning ske med sand fra lokalområdet (separat VVM redegørelse udarbejdes for sandindvinding). Der findes endvidere forskellige alternativer til sandressourcerne, der findes i området omkring Stignæs, bl.a. uddybningsmateriale og genbrugsjord fra anlægsarbejder.

Gytje

Havneområdet indeholder et gytjedydepot, der skal udskiftes med sand i forbindelse med uddybnings- og opfyldningsarbejdet. Dette er nødvendigt, da gytje er meget sammentrykkeligt og blødt og kan give sætningsproblemer. En mindre mængde gytje kan muligvis klappes.

Uddybningsmateriale

Havbunden består hovedsageligt af moræneler, der ikke er direkte egnet som opfyldningsmateriale, da det ikke kan komprimeres tilstrækkeligt. Det foreslås derfor bl.a. at placere det opgravede ler i beskyttede områder langs stenkastningsdæmningerne, som omkranser området bag terminalen.

Jord

Transport af jord på lastbiler anslås at koste i størrelsesordenen 3 kr./tonkm. Dette betyder, at omkostninger for selv få transport km er store i forhold til omkostningerne af indpumpet sand. Jordmaterialet er yderligere væsentligt dårligere end sand til opfyldningsformål, idet det kræver konsolideringsforanstaltninger for at kunne bruges. Det er derfor klart, at de jordmængder, der kan blive aktuelt attraktive at genbruge ved opfyldningsarbejdet, er jordmængder, der som princip leveres uden omkostninger til projektet, fordi de derved bortskaffes hensigtsmæssigt.

Uheld

Den hidtidige risiko for et stort oliespild er vurderet til maksimalt 1 gang pr. 34. år, mens den fremtidige risiko for et stort oliespild er vurderet til maksimalt 1 gang pr. 125. år. Halvdelen af denne risiko er betinget af aktiviteten i forhold til tankanlægget. Den anden halvdel stammer fra aktiviteterne i den nye containerhavn.

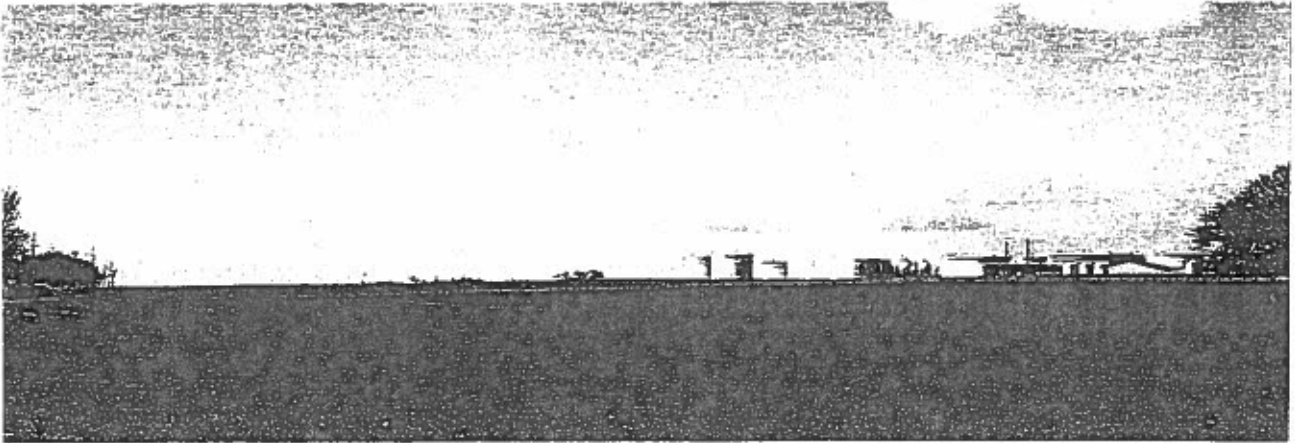
Risikoen for oliespild ved håndtering af laste/losseoperationer for olieproduktskibe er alene relateret til de eksisterende aktiviteter på Stignæsområdet i forbindelse med losning og lastning af olieprodukter. Der er ikke rapporteret større oliespild hidtil i Stignæs. Dette er sandsynligvis betinget af, at der ikke optræder så kraftige bølgesituationer, at fortøjninger springer og tankskibe flytter sig ukontrollabelt, således at olieslanger f.eks. rives over. Det må derfor konkluderes, at risikoen for større spild er domineret af risikoen som følge af kollisioner.

Mht. eksplosionsfare på grund af benzin/oliedampe i forbindelse med gnister fra kraner, skal der i forbindelse med et anlæg etableres en sikkerhedsafstand fra laste/lossepunkter til flygtige olieprodukter (manifold på olie/benzinpier) til nærmeste containerkran. Ved kranerne kan der optræde gnister, der kan antænde benzin/oliedampe. Der anvendes derfor normalt en sikkerhedsafstand på 250 m.

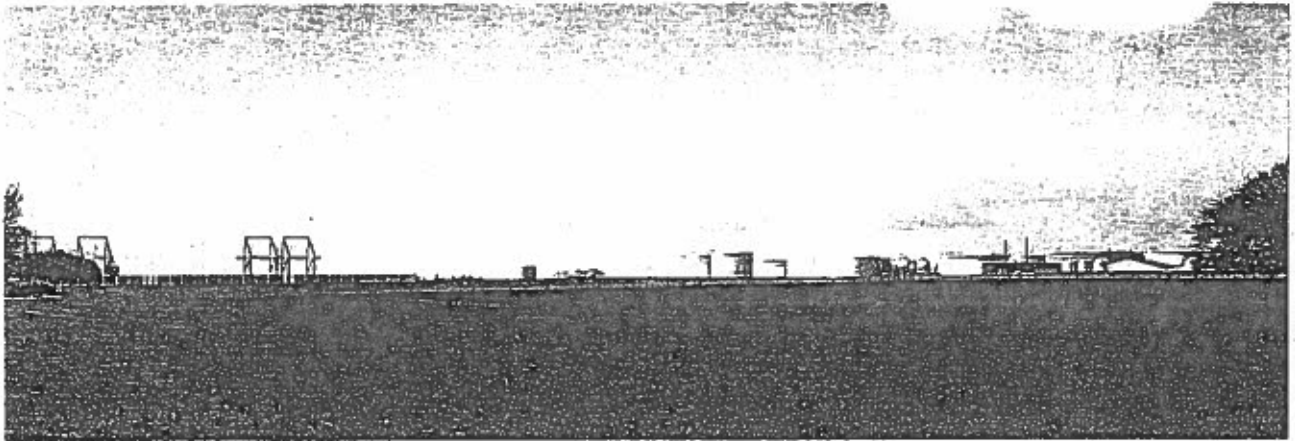
Det vurderes, at selve byggeriet af havnen ikke vil give anledning til større risiko for uheld forudsat, at der pålægges de sædvanlige krav til Entreprenørens arbejder. Risiko for olieforurening fra overfladevand er vurderet til at være ringe i forhold til risiko for mindre spild på land ved laste/losseoperationer med olieprodukter i forbindelse med anvendelse af tankanlægget.

Visuelle vurderinger

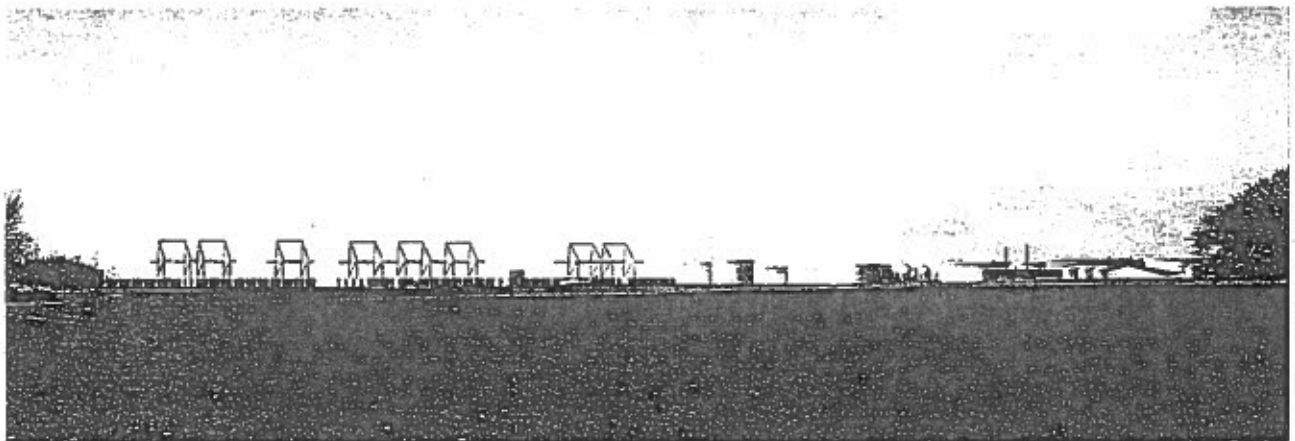
Kystlandskabet omkring Stignæs er i dag allerede præget af tekniske anlæg i form af store bygningsværker, tanke, skorstene, kraner, højspændingsanlæg m.m. Da de visuelle konsekvenser afhænger af, hvorfra landskabet opleves, kan der ikke drages nogen entydig og klar konklusion på, om hovedforslaget eller det lokale alternativ er at foretrække ud fra hensynet til anlæggets visuelle påvirkning. Figur 19-23 viser visualiseringer fra hhv. nord for Østerhovedgård, fra Østerhovedgård, fra Ferneklint, fra Østerhoved på Agersø og ud over Inderfjord syd for Skælskør.



Eksisterende forhold

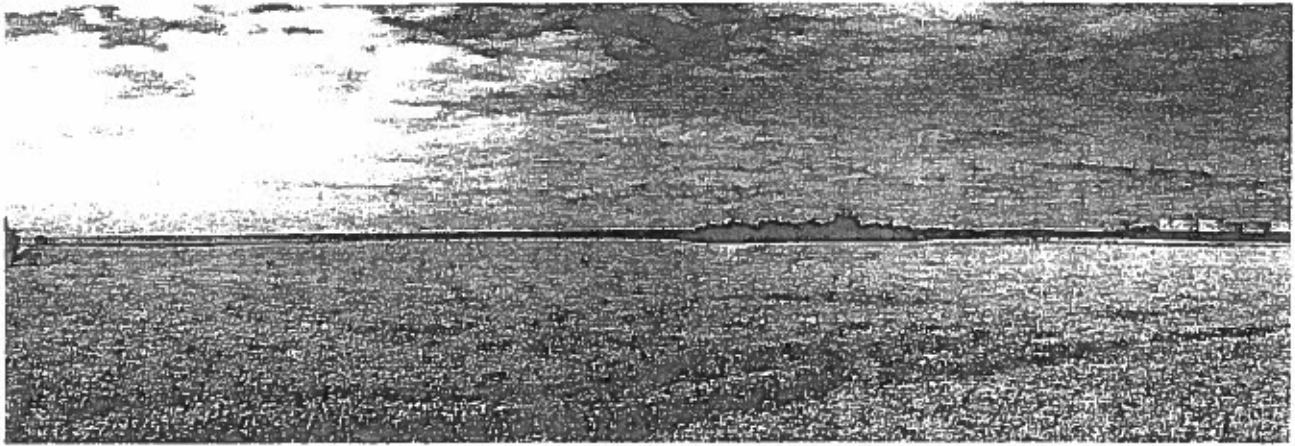


Hovedforslag

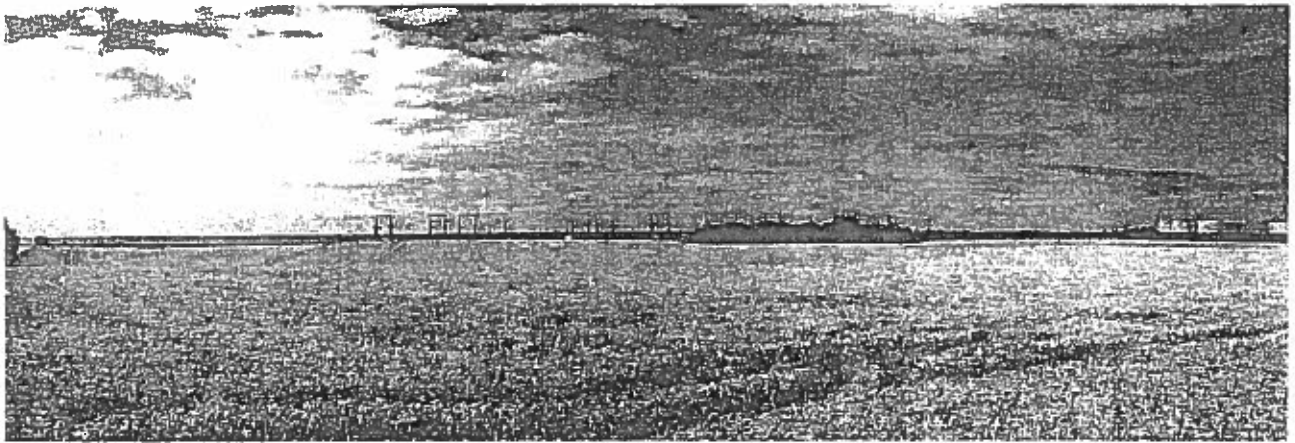


Alternativ

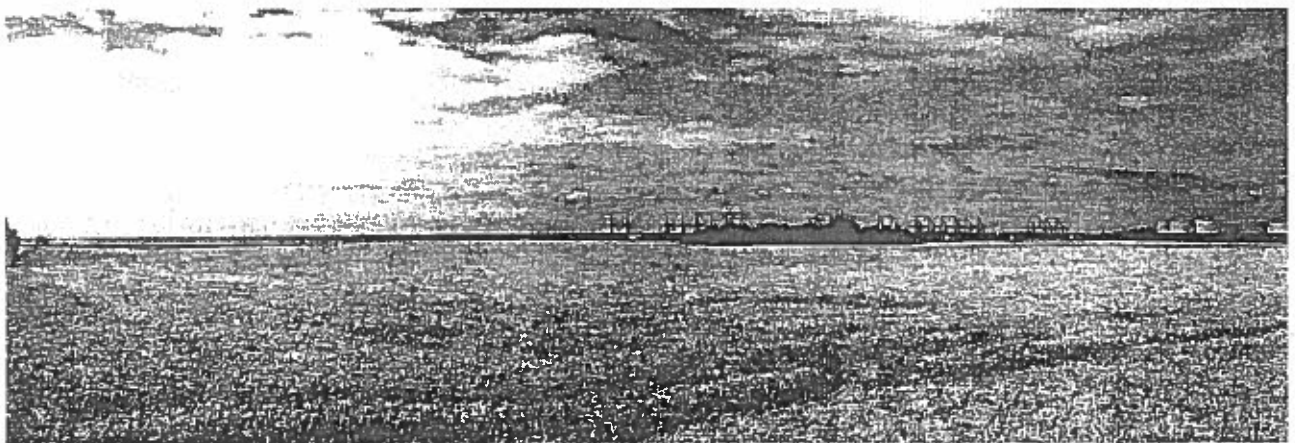
Figur 19 Visualisering set nord for Østerhovedgård mod vest.



Eksisterende forhold

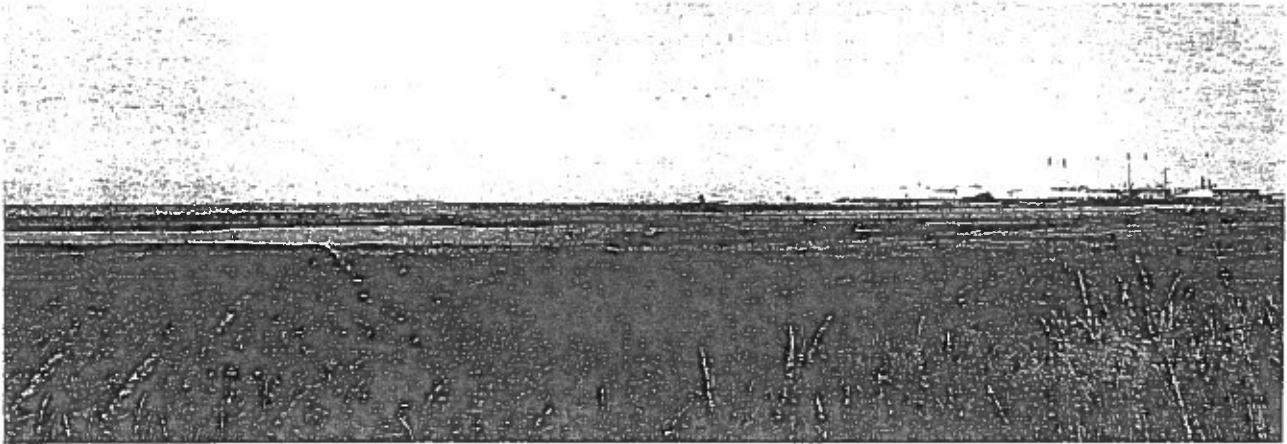


Hovedforslag



Alternativ

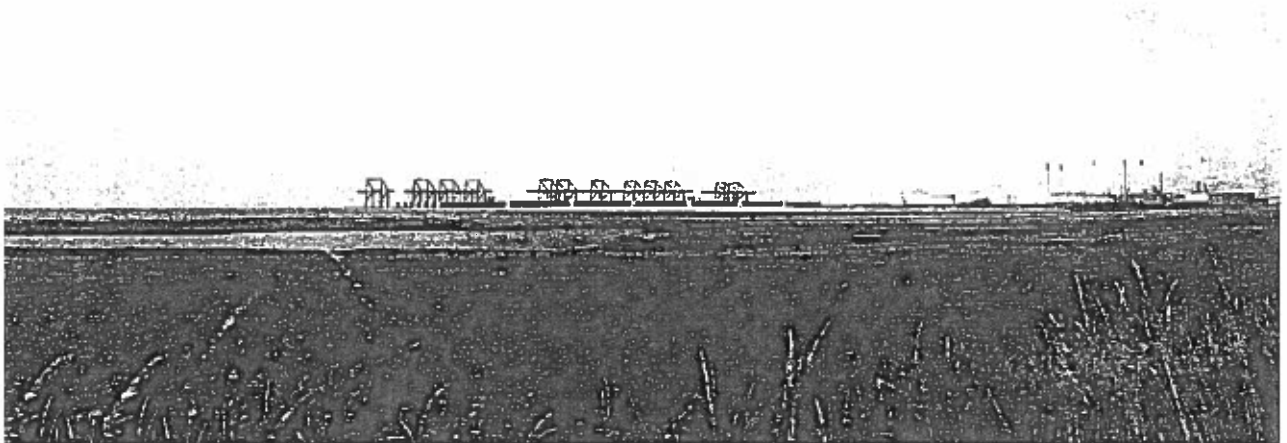
Figur 20 Visualisering set fra Østerhovedgård.



Eksisterende forhold

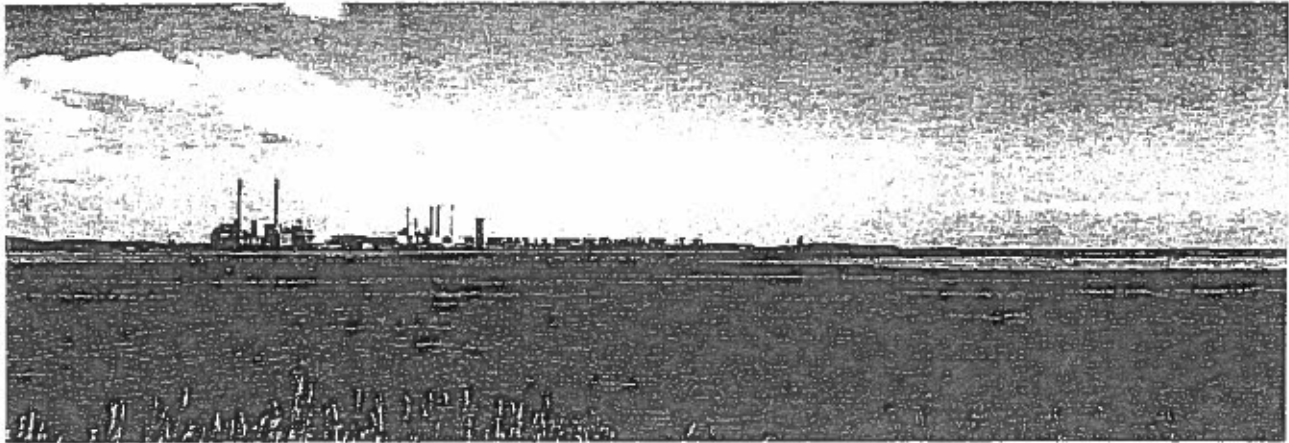


Hovedforslag

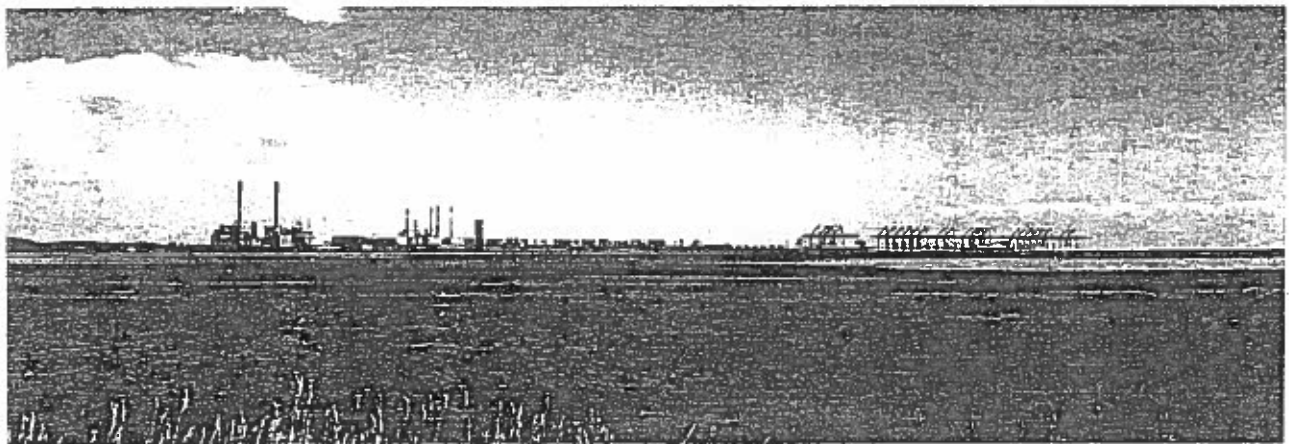


Alternativ

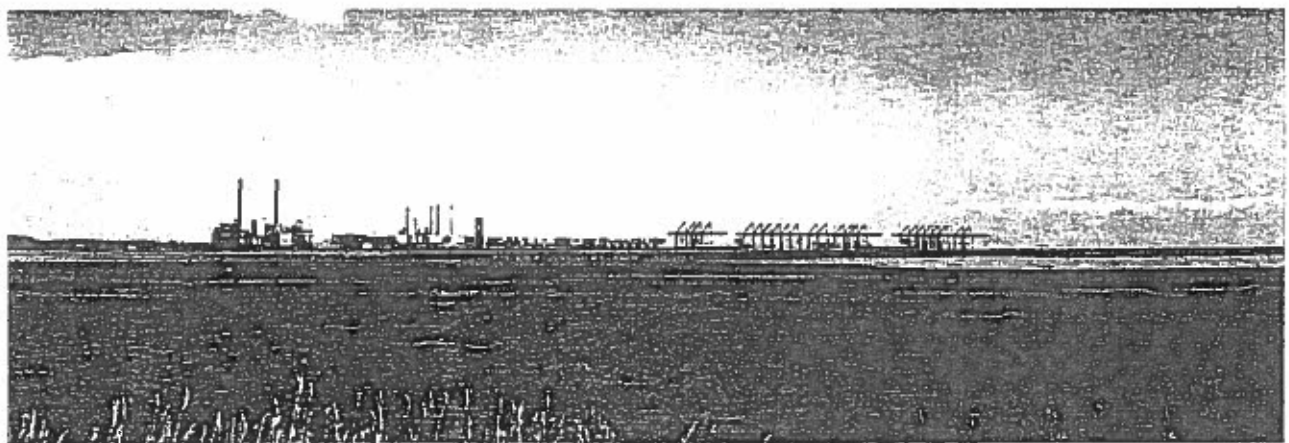
Figur 21 Visualisering set fra Ferneklint.



Eksisterende forhold

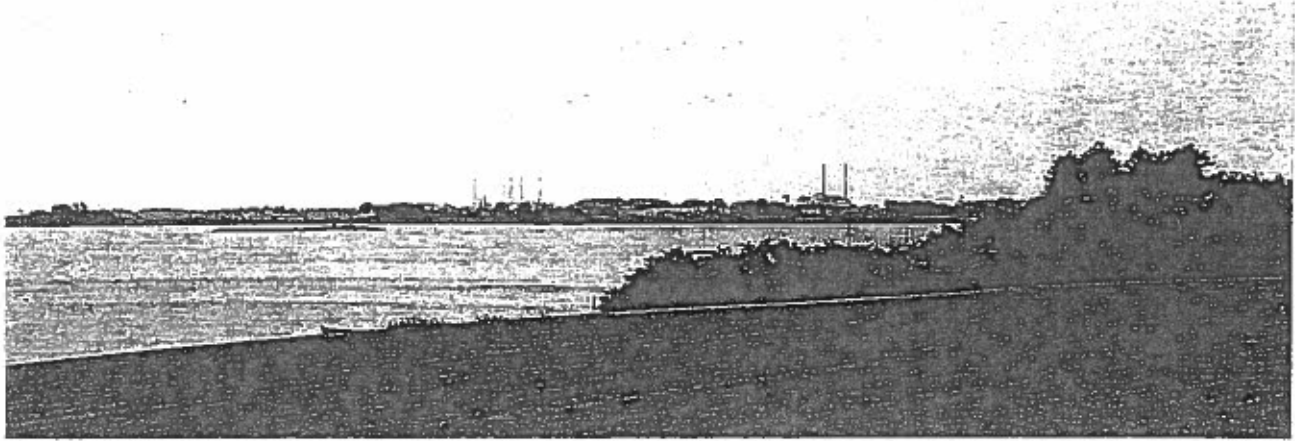


Hovedforslag



Alternativ

Figur 22 Visualisering set fra Østerhoved på Agersø.



Eksisterende forhold



Hovedforslag



Alternativ

Figur 23 Visualisering set ud over Inderfjord syd for Skælskør.

Nærvirkning

Det lokale alternative forslag er mest skånsomt, når der er tale om nærvirkning, fordi anlægget ved denne løsning er mest komprimeret, og dermed optager mindst plads i synsfeltet.

Når man står på Skansen vil hovedforslaget fylde væsentligt mere i synsfeltet end det lokale alternativ. Forholdene herfra kan bedst vurderes ved at se på visualiseringen fra Ferneklint.

Fjernvirkning

Når der er tale om fjernvirkning er hovedforslaget mest enkelt, afbalanceret og opfatteligt i visuel henseende, fordi det samlede anlæg i højere grad optræder som en skulpturel enhed.

Natsituationerne er belyst fra Østerhovedgård og Agersø. Set fra land (Østerhovedgård) vil den visuelle påvirkning i natsituationen ændres meget, idet lyset fra det eksisterende anlæg ikke opleves væsentligt, mens den nye havn både i hovedforslag og ved det lokale alternativ vil dominere synsfeltet. I forhold til den nuværende situation ses kystlinien mere oplyst fra Agersø.

Generelt

Opfyldningens afgrænsning mod Fedkrog bør ske i et enkelt og harmonisk forløb. Der bør ikke anvendes virkemidler såsom bevoksning, der visuelt slører forskellen på det nye havneområde og det nuværende landskab. Det er vigtigt nøje at vurdere de enkelte elementer på havnen såsom kraner, bygninger, belysninger, volde m.v. i forhold til deres visuelle fremtoning, herunder form, dimensioner, materiale og farver. Den nuværende kystlinie bør bevares ud for de historisk værdifulde skanser.

Barriereeffekter

Barriereeffekterne i forbindelse med containerhavnens anlæg på vandområdet vil være begrænsede, da anlægget er placeret ud for kysten. Fritidssejlere vil måske kunne mærke en lille stigning af skibstrafikken til og fra containerhavnen i forhold til i dag i Agersø Sund og Omø Sund.

Den eksisterende vejforbindelse (Klintevej) til området forbinder containerhavnen med Stignæs Landevej. Den forholdsvis beskedne mertrafik på vejnettet fra containerhavnen, giver ikke anledning til barriereeffekter, dog vil trafikken på Klintevej forøges betydelig, da den i dag kun benyttes sjældent.

Anlæggelsen af en jernbaneforbindelsen forventes ikke at skabe barriereeffekter langs den del af jernbaneanlægget, der forløber langs den eksisterende Klintevej. På strækningen op mod den eksisterende jernbane passerer jernbanen en række mindre veje og cykelstier. Hvis det eksisterende vej- og cykelnet skal bibeholdes vil det, for at undgå barriereeffekter, være nødvendigt med en række overførsler, der hvor jernbanen skærer vej- og cykelnettet.

Miljøafledte socioøkonomiske forhold

Miljøpåvirkningerne fra containerhavnen forventes ikke at afstedkomme negative socioøkonomiske effekter ud over påvirkningerne for bundgarnsfiskeriet.

Anlæggelsen af containerhavnen forventes derimod at påvirke hele området i en gunstig retning. Projektet vil i sig selv skabe en række arbejdspladser og containerhavnen formodes, såfremt de nødvendige havnefaciliteter forefindes, at ville tiltrække sideløbende erhvervsudvikling til området.

Demontering/nedlæggelse

Havneanlægget er et specialanlæg til omladning af containere. Såfremt denne containeromladningsdrift ophører, kan anlægget nemt overgå til en normal dybvands/erhvervshavn. Denne anvendelse svarer til de oprindelige planer for området. Specialudstyr i forbindelse med containrerhåndtering kan sælges og genanvendes i andre containerhavne.

Såfremt havneområdet efter ophørt drift ønskes anvendt til andet end havneformål, kan spuns-væggen fjernes og det bagvedliggende sand evt. fjernes og genanvendes. En stenkastningsmole eller en flad ralkastning (afhængig af den ønskede udformning) kan placeres for at omslutte det bagvedliggende areal, der oprindeligt blev opfyldt med blødt materiale.

Idet der er tale om meget store mængder materiale er en total fjernelse af det inddæmmede areal ikke hensigtsmæssig. Det indspulede sandmateriale (yderste 300 m mod kajen) kan relativt enkelt genanvendes i andre anlægsprojekter. Det bløde opfyldningsmateriale vil ikke kunne genanvendes med nogen fordel, da det vil være vanskeligt at placere anderledes eller bortskaffe. Dette areal bør derfor bevares i en eller anden form.

Retablering af sejlrende til oprindelig bund kan udføres, men dette vil kræve et forbrug på ca. 400-500.000 m³ af materialer, der er stabile over for strøm og bølger. En miljømæssig bedre løsning vil være at lade naturen selv forme bunden i de aktuelle områder med egne materialer.

Oversigt over væsentligste miljøpåvirkninger fra hhv. hovedforslag og lokalt alternativ

Emne	Hovedforslag	Lokalt alternativ
Hydrauliske forhold	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingen påvirkning af vandgennemstrømning 2. Noget mindre spildevand ledes ind i Fedkrog 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Som for hovedforslag 2. Lidt mindre spildevand ledes ind i Fedkrog
Kystmorfologiske forhold	<ol style="list-style-type: none"> 1. Erosion ved Skansen erstattes af mindre tillejring 2. Noget større erosion ved Ll. Sevedø 3. Tilgroning op mod Stignæsværket 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Erosion ved Skansen reduceres. Evt. lidt tillejring 2. Lidt større erosion ved Ll. Sevedø 3. Tilgroning op mod Stignæsværket
Sediment / sedimenttransport	<ol style="list-style-type: none"> 1. Synligt sediment i vandsøjlen ved uddybning uden betydning for fisk 2. I stille perioden mulighed for påvirkning af muslingelarver under 1 km afstand 3. Iltforbrug fra uddybning / sedimentspild af uvæsentlig betydning 4. Forøgelse af TBT-frigivelse med 5-6 faktor indtil udfasning (større intersex hos snegle) 	1, 2, 3 og 4 som for hovedforslag

Emne	Hovedforslag	Euleralternativ
Vandkvalitet	<ol style="list-style-type: none"> Ingen ændring i risiko for iltsvind i Fedkrog Risiko for ophobning af drivende grøde i Fedkrog 	<ol style="list-style-type: none"> Som for hovedforslag Risiko for ophobning af mindre mængder drivende grøde i Fedkrog
Flora og fauna	<ol style="list-style-type: none"> Ca. 80 ha. marint område med ålegræs og blåmuslinger beslaglægges Kun væsentlig effekt hvis grødeophobning Forøget intersex i snegle i Smålandsfarvandet pga. TBT Nogen risiko for nogle ændringer i artsammensætning i Fedkrog 	<ol style="list-style-type: none"> Ca. 70 ha. marint område med ålegræs og blåmuslinger beslaglægges Som hovedforslag Som hovedforslag Mindre risiko for nogle ændringer i artsammensætning i Fedkrog
Fiskeri	<ol style="list-style-type: none"> 2 rækker bundgarn må opgives Mindre kyststrækning til fritidsfiskeri 	1 og 2: Som for hovedforslag
Spildevand, overfladevand og affald	1. Forøgede næringsalte fra 250-450 ansatte	Som for hovedforslag
Trafik	<ol style="list-style-type: none"> Øget sejlads i Agersø Sund (op til 2 lineskibe og 8-12 feederskibe pr. uge) Mindre forøgelse af sejlads i Omø sund og resten af Smålandsfarvandet (ca. 5%) Under byggeri sandsugere og udstyr til havnebyggeri Vejtrafik: Evt. jernbanetraffic 	Som for hovedforslag
Luftforurening	<ol style="list-style-type: none"> Stor global nedsættelse af CO og HC Mindre global forøgelse af SO₂ og sod Forøget emission langs veje og jernbane til Stignæs, men ikke over tilladelige grænser Sodmission fra havneudstyr kræver filtre for ikke at overskride grænseværdier 	Som for hovedforslag
Støj	<ol style="list-style-type: none"> Væsentligste kilde ved anlæg er rambuk Enkelte sydligere områder med eksisterende støjlast under 50 dB får forøget støjlast på op til 4 dB, dog stadig under 50 dB Langs landeveje generelt 1 dB forøgelse, Klintevej dog 2 dB Få ekstra huse støjbelastes Jernbane: 60 dB 15 m fra jernbanemidte. Få huse tæt på ny jernbane. Huse ved eksisterende jernbane 	<ol style="list-style-type: none"> Som for hovedforslag Alternative belastninger næsten udelukkende allerede støjramte områder, enkelte sydligere områder med eksisterende støjlast under 50 dB får forøget støjlast på op til 1 dB, dog stadig under 50 dB 3, 4, 5: som for hovedforslag
Dyreliv og naturtyper	<ol style="list-style-type: none"> Ingen væsentlige ændringer i Fedkrog 80 ha. marint område optages Nogen forstyrrelse ind over grænsen til habitatområde Forstyrrelser ikke kritiske for arter, der danner udpegningsgrundlag for habitatområdet 	<ol style="list-style-type: none"> Ingen væsentlige ændringer i Fedkrog 70 ha. marint område optages Lidt forstyrrelse ind over grænsen til habitatområde Forstyrrelser ikke kritiske for arter, der danner udpegningsgrundlag for habitatområdet
Rekreative forhold	Ingen af betydning	Som for hovedforslag

Emne	Hovedforslag	Lokalalternativ
Kulturhistoriske forhold	1. Anlæg af jernbane kræver dispensation i mindre område 2. Arkæologisk vurdering af jernbanetracé ikke gennemført	Som for hovedforslag
Marin arkæologiske forhold	1. På lavt vand tæt ved kysten er fundet bopladsområde eller flintehuggerplads	Som for hovedforslag
Ressource-vurdering	1. Ren god overskudsjord, der kan leveres uden udgifter bør medtages	Som for hovedforslag
Uheld	1. Risiko for stort oliespild er 1 gang/125 år	Som for hovedforslag
Æstetik	1. Fjernt fra: Visuelt favorabelt at nye anlæg er adskilt fra eksisterende anlæg 2. Nær på (inkl. Skansen): Anlægget fylder meget i horisonten	1. Fjernt fra: Fremstår mindre klart end hovedforslaget 2. Nær på (inkl. Skansen): Anlægget fylder mindre i horisonten end hovedforslaget
Barrierer	1. Kun væsentlige nye barrierer, hvis overkørsler ved jernbane nedlægges	Som hovedforslag

Tabel 4 Oversigt over de vigtigste miljøeffekter for hhv. hovedforslag og lokalt alternativ.

Foranstaltninger til minimering af skadelige virkninger på miljøet

Anlægsfasen

Der må enten accepteres en midlertidig påvirkning fra det begrænsede sedimentspild ved uddybning eller også bør der opstilles evt. betingelser for en graveinstruks. Dette bør koordineres med krav i forbindelse med sandindvinding.

Det er ikke vurderet nødvendigt at opstille afværgeforanstaltninger for fugle og havpattedyr i forbindelse med anlægsfasen. Man bør dog af hensyn til de ynglende arter, der er omfattet af de internationale beskyttelsesinteresser evt. neddrøse anlægsaktiviteterne i perioden 1. april til 15. juli (fuglenes yngleperiode).

Spørgsmålet om værdien af området for de lokale fiskere og evt. compensation må afklares efter forhandling med disse evt. suppleret af en dertil dedikeret monitorering.

Hovedforslaget er modificeret på en sådan måde, at der er skabt afstand imellem de tekniske anlæg og de fredede områder, og der ikke mere er nogen opfyldning ud for Skansen. Det lokale alternativ giver yderligere afstand til de fredede områder.

Der bør stilles krav til entreprenørerne om mindst mulig kørsel uden for terminalens område. Skanserne bør indhegnes i anlægsfasen.

Det kan anbefales, at størst mulig mængde af sand tages fra Agersø Sund. Derved udnyttes en sandressource med en stor mængde sand, der ikke normalt kan udnyttes på grund af, at det er

sand med stort finstofindhold. Endvidere forekommer sandet på en vanddybde, der er for stor til mindre projekter.

Det må efterfølgende vurderes, om der skal stilles krav til en evt. direkte sandindspuling og tilhørende krav om sedimentationsbassiner. Udløb fra indpumpning skal ske på dybt vand så sedimentspild fra udløb ikke spreder sig ind på lavere vand. Det kan evt. vise sig nødvendigt, at der ikke udføres sandindvinding i sommermåneder på grund af iltsvind som følge af næringsalte i udpumpningsvandet. Disse aspekter beskrives nærmere i VVM for sandindvinding.

Driftsfasen

De moderate påvirkninger på kysten, der skyldes havnens opførelse, kan afhjælpes ved hjælp af kendte kysttekniske virkemidler.

Ved anvendelse af bedst tilgængelig teknologi (f.eks. montering af partikelfiltre på materiel) kan sod-emissionen reduceres med ca. 90 % og således bevirke, at immissionskoncentrationsbidraget i omgivelserne uden for Stignæs containerhavn reduceres til langt under B-værdien. Det anbefales derfor, at der udføres passende foranstaltninger til at reducere sod-emission.

Til oplysning af kaj- og gadearealer, pladser mv. bør der anvendes lavtsiddende armaturer, der er afskærmet opadtil. Direkte og diffus oplysning af nattehimmelen fra evt. belysning på højere anlæg og bygninger vil ligeledes kunne dæmpes ved anvendelse af afskærmede og direkte fokuserende armaturer.

Anlæggelse af containerhavnen berører én erhvervsfisker i Fedkrog. De langsigtede virkninger for garnfiskeriet er således et tab af fiskemuligheder fra to række bundgarnspæle. Spørgsmålet om værdien af området for de lokale fiskere og evt. kompensation må afklares efter forhandling med disse evt. suppleret af en dertil dedikeret monitoring.

For at minimere effekterne på fuglelivet (specielt Toplærke) i nærområdet ved Fedkrog anbefales det, at der rettes særlig opmærksomhed mod Toplærke i forbindelse med såvel anlægs- som driftsfasen med henblik på at afværge evt. uheldige effekter på yngleparrene.

Oplevelsesværdierne ved Skansen vil kunne fastholdes og forbedres ved hjælp af en randbeplantning, etableret på de eksisterende volde op ad tankanlæggene og den nye "industripark". Af samme hensyn bør der sikres en ensartet pleje af hele Skansen, i modsætning til den nuværende situation, hvor Skansen opleves visuelt gennem forskellige plejeniveauer på den østlige og vestlige del.

Anlægget vil berøre flere arkæologiske interesseområder. Da de arkæologiske interesser i området generelt vurderes som værende dårligt kendte, vil en arkæologisk gennemgang af den strækning, der berøres af en evt. jernbane, være at anbefale.

Hvis det eksisterede vej- og cykelnet skal bibeholdes vil det, for at undgå barriereeffekter, være nødvendigt med en række overførsler, hvor den evt. jernbane skærer vej- og cykelnettet. Der må udføres en detaljeret analyse af dette aspekt.

STIGSNÆS INNOVATORS / SKÆLSKØR KOMMUNE

The Baltic Gate VVM redegørelse for sandindvinding

Marts 2000

GEUS

i samarbejde med

Carl Bro as

Bioconsult

Dansk Hydraulisk Institut

IKKE-TEKNISK RESUMÉ2

BESKRIVELSE AF DEN PÅTÆNKTE INDVINDING	3
BESKRIVELSE AF PRÆFERENCEOMRÅDERNE	3
BESKRIVELSE AF RÅSTOFFOREKOMSTEN (AGERSØ SAND, EGHOLM RENDE).....	3
AGERSØ SAND	4
EGHOLM RENDE	4
MÆNGDER OG KVALITET AF OMRÅDERNE	6
UDVALGTE SCENARIER	7
OVERSICHT OVER VÆSENTLIGE ALTERNATIVER	9
ALTERNATIVE INDVINDINGSOMRÅDER	9
ALTERNATIVE INDVINDINGSMETODER.....	9
ALTERNATIVE MATERIALER	9
0-ALTERNATIVET	9
KORTSIGTEDE OG LANGSIGTEDE VIRKNINGER PÅ MILJØET	10
FYSISKE PÅVIRKNINGER	10
SPILDMODELLERING	10
PÅVIRKNING AF VANDKVALITET.....	16
PÅVIRKNING AF BUNDFORHOLD, FLORA OG FAUNA	16
PÅVIRKNINGER PÅ FUGLE	18
PÅVIRKNING PÅ FISKERI OG FISKEBESTANDE	20
FISKEGYDNING:	20
LUFTFORURENING	21
STØJBELASTNING.....	21
KYSTFORHOLD	21
MARINARKÆOLOGI.....	21
PÅVIRKNING I INDVINDINGSOMRÅDER.....	21
ANDRE FORHOLD	21
FØRANSTALTNINGER TIL AT MINIMERE SKADELIGE EFFEKTER	21
KRAV TIL PLANLÆGNING	21
KRAV TIL UDFØRELSE AF SANDINDVINDINGEN	21
KRAV TIL OVERVÅGNINGSPROGRAM	22
HANDLINGSPLAN.....	22

IKKE-TEKNISK RESUMÉ

I 1997 påbegyndte en lokal initiativgruppe - The Stignæs Innovators - arbejdet med at finde alternative anvendelsesmuligheder af området efter den bebudede lukning af Kuwait Raffinaderiet på Stignæs. Disse muligheder skulle være med til at fastholde den stabile og dygtige arbejdskraft i området samt udnytte de eksisterende tilladelser og erhvervsarealer, der er udlagt til industriformål med mulighed for tilknyttet dybvandshavn.

Forud for VVM-redegørelsen (*Vurdering af Virkning på Miljøet*) har der i 1999 været afholdt en offentlig høring med relevante myndigheder. Der er foretaget en lang række undersøgelser, der bl.a. belyser relevante miljømæssige og visuelle aspekter ved projektet. Der er udarbejdet to VVM-redegørelser hhv. for selve havneprojektet samt nærværende VVM-redegørelse for sandindvindingen.

Det *ikke-tekniske resumé* af hovedrapporten ”The Baltic Gate, VVM-redegørelse for sandindvinding” beskriver de miljømæssige forhold vedrørende den sandindvinding, der er nødvendig for at kunne etablere den planlagte container-omladningshavn ved Stignæs. I hovedrapporten findes en detaljeret beskrivelse af projektets miljøkonsekvenser. Resultatet af undersøgelse af de forskellige potentielle sandforekomster er beskrevet i bilagsrapporten.

Beskrivelse af den påtænkte indvinding

Der planlægges anlagt en container-omladningshavn ved Stignæs med en kajlængde på ca. 1.200 m, en vanddybde på ca. 18 m og ca. 70 ha bagarealer inkl. lagerarealer til containere.

Til projektet skal der bruges betydelige mængder materialer. De nødvendige mængder er vist i tabel 1:

	År 2003	Senest år 2013	Materialetype
Uddybning	120	+315	Moræneler
Indvinding til kaj og lagerarealer	2.850	+1.920	Sand
Indvinding til erstatning af blød bund*	500	+350	Sand
Blødbundsudskiftning*	500	+350	Gytje
Sandindvinding – i alt	3.350	2.270	Sand

*Mængden er usikker, da der endnu ikke er udført detaljerede geotekniske undersøgelser.

Tabel 1 Uddybnings- og indvindingsmængder i 1.000 m³.

Beskrivelse af præferenceområderne

Følgende præferenceområder har indgået i undersøgelserne:

Hov Sand - Broen er beliggende nord-nordøst for Langeland på vanddybder 12 til 40 m. Områdets ca. 6,5 km² skønnes at rumme 2-12 mio. m³ sand, hvoraf en mindre dele af forekomsten allerede er indvundet. Af særlige forhold kan nævnes, at områdets nordlige dele grænser op til Ramsar-/fuglebeskyttelsesområde, og at forekomsten ligger på kanten af/indenfor Storebælts hovedtrafikåre (T-ruten).

Egholm Rende er beliggende nordvest for Stignæs på vanddybder 15 til 35 m og dækker et ca. 7 km² stort areal. Råstoffressourcen skønnes til 2,5-25 mio. m³ fortrinsvist beliggende på rendens skrånninger. Forekomsten forventes at være stedvis dækket af dynd. Dette kan begrænse mulighederne for udnyttelse. Af særlige forhold kan nævnes, at områdets sydlige dele grænser op til Ramsar-/fuglebeskyttelsesområder.

Agersø Sand er beliggende umiddelbart op ad Stignæs. Vanddybden er ca. 12 til 35 m. Områdets areal er ca. 5 km² og forventes at rumme 1-10 mio. m³ sand. Forekomsten forventes at være stedvist dækket af dynd. Dette kan begrænse mulighederne for udnyttelse. Af særlige forhold kan nævnes, at området grænser op til Ramsar-/fuglebeskyttelsesområder, og at forekomstens sydlige del ligger i sejlrenden (til Stignæs).

Syd-sydøst for Stignæs findes *Kirkegrund Vest* - en ca. 7 km² stor forekomst beliggende på 15 til 35 m vanddybde. Det mulige sandvolumen er estimeret til 2-90 mio. m³. Forekomsten forventes stedvist at være dækket af dynd. Her er der risiko for, at der optræder relativt tykke dyndlag og dermed risiko for en begrænset udnyttelse. Af særlige forhold kan nævnes, at sydøst for området ligger et Ramsar-/fuglebeskyttelsesområde.

Beskrivelse af råstofforekomsten (Agersø Sand, Egholm Rende)

På basis af de indledende geofysiske forundersøgelser og en screening af de miljømæssige forhold blev det valgt at koncentrere undersøgelserne til to områder: Agersø Sand og Egholm Rende. Placeringen af de aktuelle delområder er vist på fig. 1.

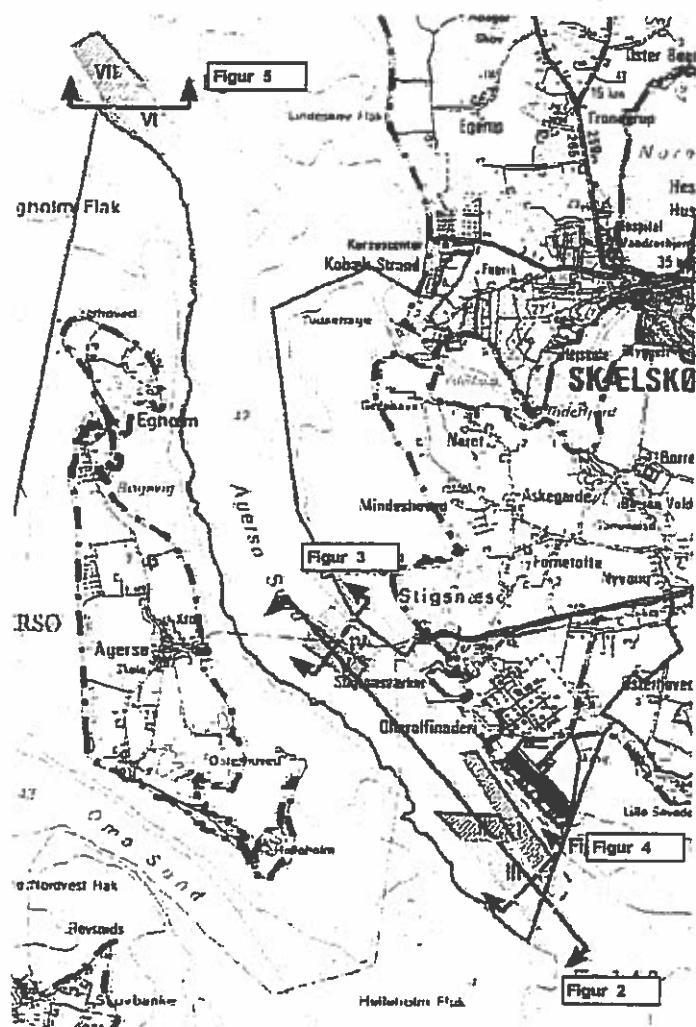


Fig. 1 Placering af aktuelle delområder.

Agersø Sand

Undersøgelser viser, at områdets ca. 11 mio. m³ sand er fordelt på 5 delområder (I-V). De overordnede forhold i formationen er beskrevet via 3 tværsnit, se fig. 2-4.

Fra Agersø Sand området blev det valgt at anbefale at udnytte ressourcerne I, II, III, IV og V.

Egholm Rende

Råstofressourcen skønnes at rumme ca. 5 mio. m³ fortrinsvist beliggende på rendens skråninger. De overordnede forhold er beskrevet på et snit, se fig. 5.

Fra Egholm Rende området blev det valgt at anbefale at udnytte en del af ressourcerne VI og VII.

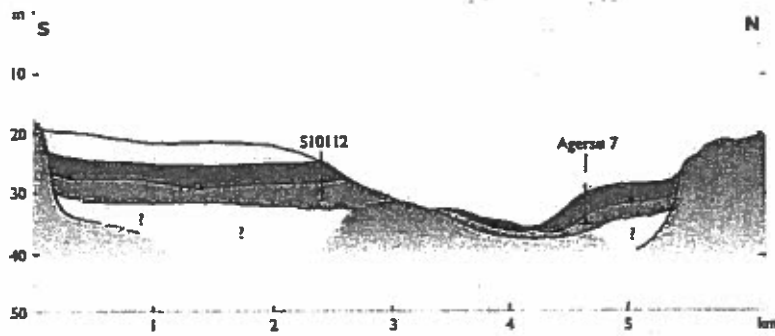


Fig. 2 Geosektion Agerø Sand længdeprofil

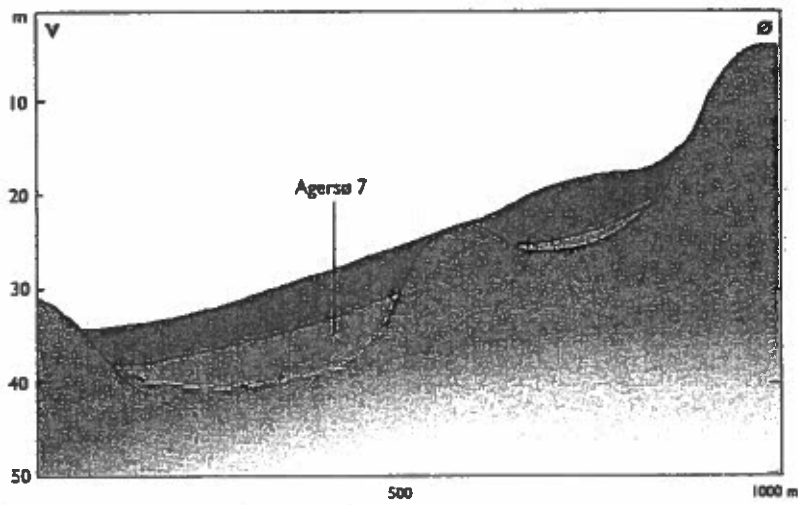


Fig. 3 Geosektion Agerø Sand nordlige del

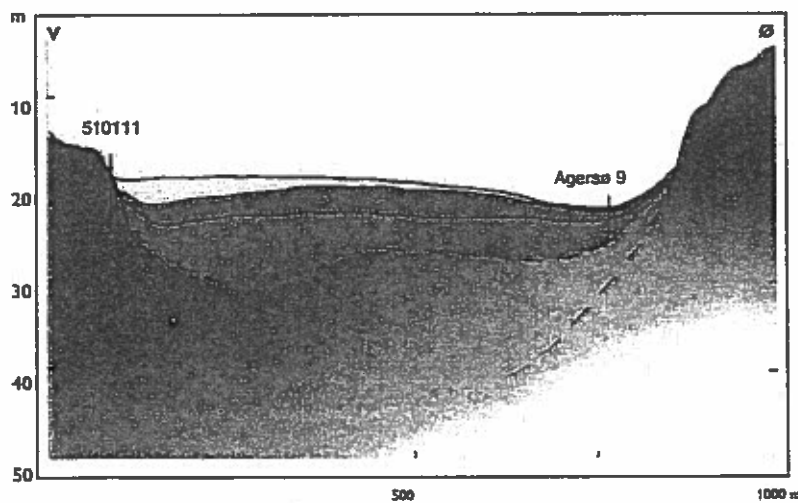


fig. 4 Geosektion Agerø Sand sydlige del



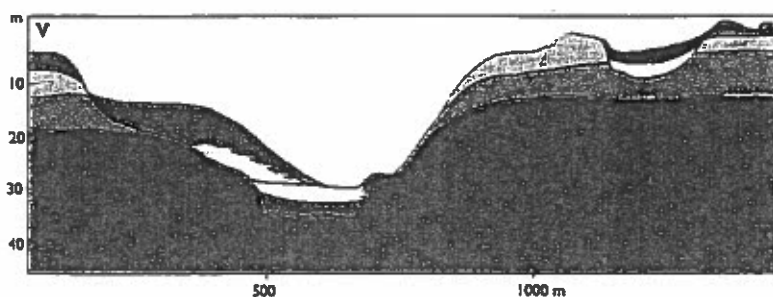


Fig. 5 Geosektion på tværs af Egholm Rende



Mængder og kvalitet af områderne

Hovedresultater af sandressourceundersøgelsen er vist i tabel 2.

Område	Råstof volumen		Dynd	Fint materiale <0,06mm	Middel-spild [%]	Produktion mio.m ³	Tykkelse af lag [m]	Vanddybde [m]	Største dybde til bund i ressource [m]
	Total mio.m ³	Sand mio.m ³							
I (Agersø Sand)	3,32	3,32	0	0,10	2,9	1,15/1,61	Sand: 6	26-34	41
II (Agersø Sand)	1,53	1,39	0,14	0,17	11,1	0,49/0,49	Dynd: 0,5 Sand: 5	26-32	37
III (Agersø Sand)	4,36	3,42	0,94	0,68	15,6	1,32/1,32	Dynd: 1,5 Sand: 5,5	24-30	39
IV (Agersø Sand)	1,30	1,30	0	0,08	6,2	0,43/0,61	Sand: 5,5	22-28	35
V (Agersø Sand)	1,58	1,58	0	0,10	6,3	0,53/0,74	Sand: 5,5	32-44	47
VI (Egholm Rende)	2,35	2,35	0	0,11	4,7	0,80/1,12	Sand: 6	15-35	42
VII (Egholm Rende)	2,65	2,65	0	0,13	4,9	0,90/1,26	Sand: 6	15-35	42
Total	17,10	16,02	1,08	1,37	8*	5,62/7,15			

*Vægtet gennemsnit.

**Stor indvindingsprocent ved de bedste ressourcer.

Tabel 2 Indvindingsområder, anslåede sandmængder og dyndindhold/spild.

Forholdene for sandindvinding på Agersø Sand og Egholm Rende kan karakteriseres på følgende måde:

- Der er en relativ kraftig strøm i områderne, hvorfor sedimentspild vil være synligt i relativt store områder og langt fra indvindingsområderne. Til gengæld vil koncentrationen (turbiditeten) i vandsøjlen (g/m³) og tildækningsraten (g/m²/dag) generelt være lavere end ved tilsvarende mængder spild i mindre strømfyldte farvåde.

- Store sandmængder i Storebæltsområdet er meget begrænset efter Storebæltsprojektet. De tilbageværende mulige sandressourcer ligger mere spredt, og en del er tæt på fredningsområder. For at få tilstrækkelige mængder er det yderligere nødvendigt at se på ressourcer, der ligger dybere end traditionelt indvindingsudstyr i Danmark kan udnytte. Nogle af disse ressourcer er tillige overdækket af mere dynd, end der normalt tillades ved sandindvindinger.

De mulige opnåelige sandmængder er vurderet relativt forsigtigt. Der vil i praksis være gode chancer for, at der kan opnås en større mængde fra de bedste lokaliteter ved direkte indpumpning fra Agersø Sand områderne, så der måske bliver mindre behov for at udnytte enten Agersø Sand II og III, der indeholder mere gytje, eller Egholm Rende.

Udvalgte scenarier

Efter en indledende vurdering af mulige scenarier og tilhørende miljøforhold, specielt på grund af konsekvenser af sedimentspild, blev de endelige scenarier valgt. Idet det drejer sig om store indvindingsmængder og dertil hørende relativt store potentielle spildmængder, blev det på trods af mulige ekstraomkostninger for projektets udførelse valgt at anbefale direkte indpumpning som indvindingsmetode fra Agersø Sand områderne. Herved kan der selv i forhold til tidligere store uddybnings- eller sandindvindingsprojekter med strenge miljøkrav opnås helt usædvanlig lave spildprocenter. Den relativt kraftige strøm i indvindingsområderne medfører, at der sker større spredning af opslemmet sediment end ved mange andre sandindvindinger. Forholdene svarer dog ca. til forholdene ved sandindvindingen ved Romsø i Storebælt. Yderligere ligger indvindingsområderne Agersø Sand I-V tæt på de internationale beskyttelsesområder, men heldigvis også tæt på projektområdet. Med den direkte indpumpningsmetode er det muligt at udnytte selv de dårligere sandressourcer ved Agersø Sand uden stort spild.

Den overordnede konklusion bliver da, at hele Agersø Sand formationen indvindes primært. Først derefter, i det omfang det bliver nødvendigt, medtages Egholm Rende formationen:

- I + IV + V (Agersø Sand): 50 % ved indvinding m. direkte indpumpning = 3,0 mio.m³
- II (Agersø Sand): 36 % v/ indvinding m. direkte indpumpning = 0,5 mio. m³
- III (Agersø Sand): 36 % v/ indvinding m. direkte indpumpning = 1,3 mio. m³
- VI + VII (Egholm Rende): 50 % v/ konventionel indvinding = 2,4 mio. m³ heraf 1,6 mio. m³ i reserve

De foretagne vurderinger af de mulige sandressourcer repræsenterer forsigtige skøn, specielt for områderne Agersø Sand I, IV og V, hvor den direkte indpumpning muliggør en større udnyttelsesprocent end normalt, idet der ikke som ellers risikeres at skulle stoppe indvindingen ved lokale dyndforekomster og randområder med dårligere sand.

Direkte indpumpning til sedimentationsbassin (forventelig cutter-suction eller stiksuger) vil reducere spildet ved indvindingslokaliteten meget i forhold til opfyldning af pramme og slæbesuger med overløb. Noget gytje vil formentlig blive pumpet ind i sedimentationsbassinet, men såfremt bassinet er udformet, så sand og finere materiale kan separeres, kan processen resultere i et acceptabelt fyldmateriale. Overløb fra sedimentationsbassinet bør placeres, hvor koncentrationen af opslemmet materiale i vandet er lav, og vandet bør udpumpes på dybt vand, hvor forstyrrelsen er mindst. Hvis depotet udformes

således, at der er en opholdstid på ca. 1 døgn, vil udløbsvandet indeholde under 10 % af det oprindeligt indpumpede fine materiale. Det må derfor anbefales, at der for denne løsning medtages et depotvolumen på ca. 600.000 m³. Dette er opfyldt for hovedforslaget, men kun delvist for det lokale alternativ for containerhavnen.

Indvinding uden overløb (slæbesuger) af vand kan reducere spildet væsentligt. Hvis overløb ikke tillades, reduceres kapaciteten af slæbesugeren, fordi kun 20-30 % af lasten består af sediment. Endvidere forøges antallet af transporter af slæbesugeren frem og tilbage fra indvindingslokaliteten til indbygningslokaliteten. Det kan dog ikke udelukkes, at en delmængde vil blive indvundet fra Agersø Sand områderne med eliminering af overløb fra indvindingsudstyr, idet forholdene ved denne metode spildmæssigt er helt ligeværdige med direkte indpumpning.

På basis af ovenstående er der udvalgt nedenstående spildscenarier svarende til den anbefalede indvinding. Det kan allerede på dette tidspunkt bemærkes, at den anbefalede indvindingsmetode indebærer et meget lavt spild i forhold til normal praksis. For Agersø Sand området ventes 1,4 % spild, altså 3-4 gange mindre end de 5 %, der har været tilladt ved de miljømæssigt mest krævende tidligere anlægsarbejder.

Spildscenario i År 2003:

Hele Agersø Sand området med cutter-suction/stiksuger og direkte indpumpning med udløb på 35 m vand. Spildkilder antages 2 m over havbund ved indvinding og 1 m over havbund ved udløbsledning med materialet $d = 0,02$ mm:

Del-område	Sand mio. m ³	Arbejdsdage*	Finstof [%]	Spild optagning [%]	Spild udløb [%]	Spild optagning 1000 m ³	Spild udløb 1000 m ³	Totalt spild 1000 m ³
I	1,6	64	2,9	0,2	0,3	3,2	4,8	8,0
IV	0,6	24	6,2	0,4	0,6	2,4	3,6	6,0
V	0,8	32	6,3	0,4	0,6	3,2	4,8	8,0
III	1,3	52	15,6	1,1	1,6	14,3	20,8	35,1
II	0,5	20	11,1	0,8	1,1	4,0	5,5	9,5
I alt	4,8	192				27,1	39,5	67

* produktion 25.000 m³ om dagen fra 1/10- 1/5.

Tabel 3 Simulering af indvinding af sand fra Agersø Sand området.

Spildscenario År 2004 eller senere:

Restmængden fra Egholm Rende området med konventionel slæbesugning med overløb. Spildkilden er i overfladen med materialet $d = 0,02$ mm:

Del-område	Sand mio. m ³	Arbejdsdage*	Finstof [%]	Spild optagning [%]	Spild udløb [%]	Spild optagning 1000 m ³	Spild udløb 1000 m ³	Totalt spild 1000 m ³
VI/VII	0,8	40	4,7	4,7	0	37,6	0	37,6

* produktion 20.000 m³ om dagen fra 1/10.

Tabel 4 Indvinding af sand fra Egholm Rende området.

Oversigt over væsentlige alternativer

Alternative indvindingsområder

Som alternative indvindingsområder er vurderet:

- Kirkegrund Vest
- Hov Sand - Broen
- Bolsaks

Sandressourcerne i Storebæltsområdet er efterhånden rimeligt begrænsede, også selv om der medtages områder med større dybde end hidtil. På baggrund af en samlet vurdering af potentielle sandforekomster og miljømæssige forhold er sandressourcerne i Kirkegrund Vest og Hov Sand - Broen fravalgt, da områderne Agersø Sand og Egholm Rende viser mere favorable forhold.

Alternative indvindingsmetoder

Der er ved det endelige valg af indvindingsområder og indvindingsmetoder valgt, at sandindvinding ved Agersø Sand udføres med minimalt spild ved, at der udføres direkte indpumpning. Der er dermed for dette område fravalgt sædvanlig slæbesugning med overløb for at minimere spildet.

Der er dog stadig muligheder for at optimere, så der tages hensyn til de tekniske muligheder ved sedimentationsbassinet, hvor tilbageholdelsen alt andet lige er størst til at begynde med, hvor der er størst volumen. Endvidere tages der yderligere hensyn ved, at spildet optræder i de biologisk mindst følsomme perioder. Det må derfor anbefales, at projektet udbydes på en sådan måde, at miljøkonsekvenser inkl. garanterede spilmængder bliver en del af konkurrencegrundlaget.

Alternative materialer

Selv om alternative materialer ikke vil udgøre en hovedmængde af opfyldningen er der dog nogle muligheder for at spare på sand, som bør udnyttes:

- Genanvendelse af uddybningsmaterialerne
- Tilførsel af ren jord fra land fra områder med rimelige transportudgifter
- Genanvendelse af sand og ral fra udgravning til vindmøller på Omø Stålgrunde

Idet meget tyder på, at sand fra Agersø Sand området kun vil blive tilladt indvundet med direkte indpumpning, er hensyn til at spare på sand fra dette område mindre væsentligt. Dette hensyn tilsiger primært, at det vil være gunstigt, hvis indvinding fra Egholm Rende området kunne undgås ved dette projekt.

0-Alternativer

Containerhavnen kan ikke opføres uden sandindvinding, da der ikke forefindes tilstrækkelige egnede jordmængder fra andre kilder. Hvis anlæggelsen af containerhavnen ikke gennemføres, kan lukningen af Kuwait Raffinaderiet betyde, at det bliver svært at fastholde arbejdskraften i området. Diverse underleverandører vil ligeledes blive ramt af lukningen. Den planlagte udvikling ved Stigsnæs med adgang til dybvandshavn vil blive forsinket til skade for udviklingen i Vest- og Sydsjælland, og Danmark vil sætte sig uden for udviklingen i containertrafikken i Østersøen. En ikke kendt mængde containere til Østersødestinationer omlades for nærværende til lastbiler og jernbane med stor emission til følge. Specielt er overførsel til lastbiler u hensigtsmæssig, da vejnettet i Nordøuropa er overbelastet.

Kortsigtede og langsigtede virkninger på miljøet

Fysiske påvirkninger

Ved sandindvinding sker der spredning af materiale (spild), primært fint materiale. Mængden er afhængig af sandmaterialet (finstofindhold) og indvindingsmetoden (udstyrsafhængig) som tidligere beskrevet. Spildet viser sig som turbiditet (uklarhed) i vandet (g/m^3). Turbiditet giver generelt følgende hovedpåvirkninger:

- Fisk kan bortskræmmes
- Dykkende fugle har svært ved at orientere sig
- Reduktion af lys giver mindre lys til bundvegetation, herunder ålegræs
- Ved fiskeopdræt kan fiskene have svært ved at finde føden

Afgravning fjerner eksisterende fauna og vegetation. Sedimenttildækning kan give problemer for en del bunddyr, specielt for visse larver.

Baggrundsturbiditet

I de danske bæltter optræder der ofte en baggrundsturbiditet på 2 mg/l. Under blæsende perioder i vinterperioden kan findes 5-15 mg/l.

Spildmodellering

Beregningerne er primært udført med MIKE 21 PA i et 400 m x 400 m net (for fint sediment, $d_{50} = 0,02$ mm) på basis af et typisk og repræsentativt strømforløb i Storebælt med tilhørende vindfelter.

Overskridelsesfrekvenser i % af indvindingsperioden for følgende parametre er beregnet:

- | | |
|---|---|
| Susp. sedimentkoncentration: 2 g/m^3 | (synligt) |
| Susp. sedimentkoncentration: 10 g/m^3 | (fisk bortskræmmes) |
| Susp. sedimentkoncentration: 15 g/m^3 | (problemer for fugles sigt) |
| Sedimentakkumulation: 60 $\text{g/m}^2/\text{døgn}$ | (problemer for muslingelarver i perioden 1/6-1/9) |

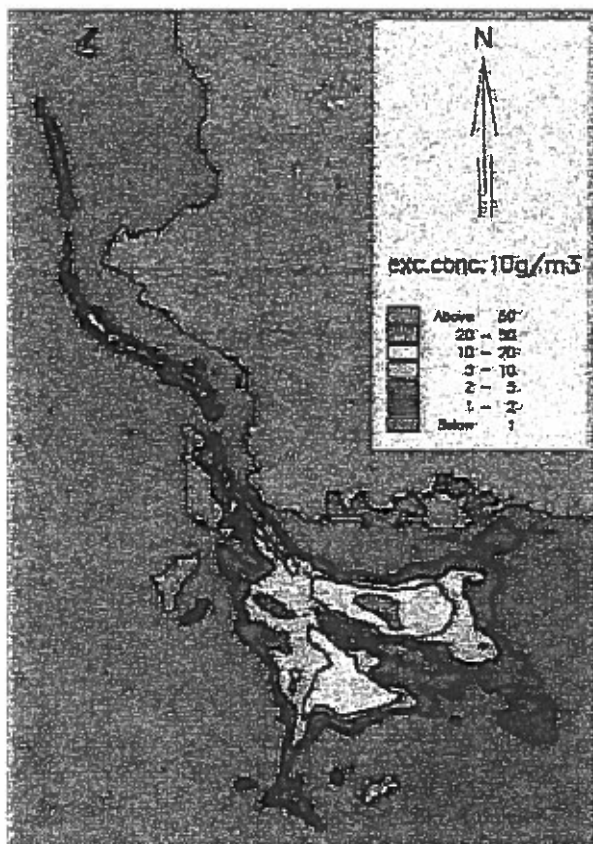


Fig. 6 Overskridelseshyppighed af 10 g/m³. Spredningssimulering, scenario 7.

Fig. 6 viser, at turbiditeten næsten udelukkende optræder over 12 m vanddybde typisk i en afstand i strømløbene på op til 12 km fra indvindingen. En beregning af 15 g/m³ viser, at denne optræder i ca. det halve af det ovenfor viste område.

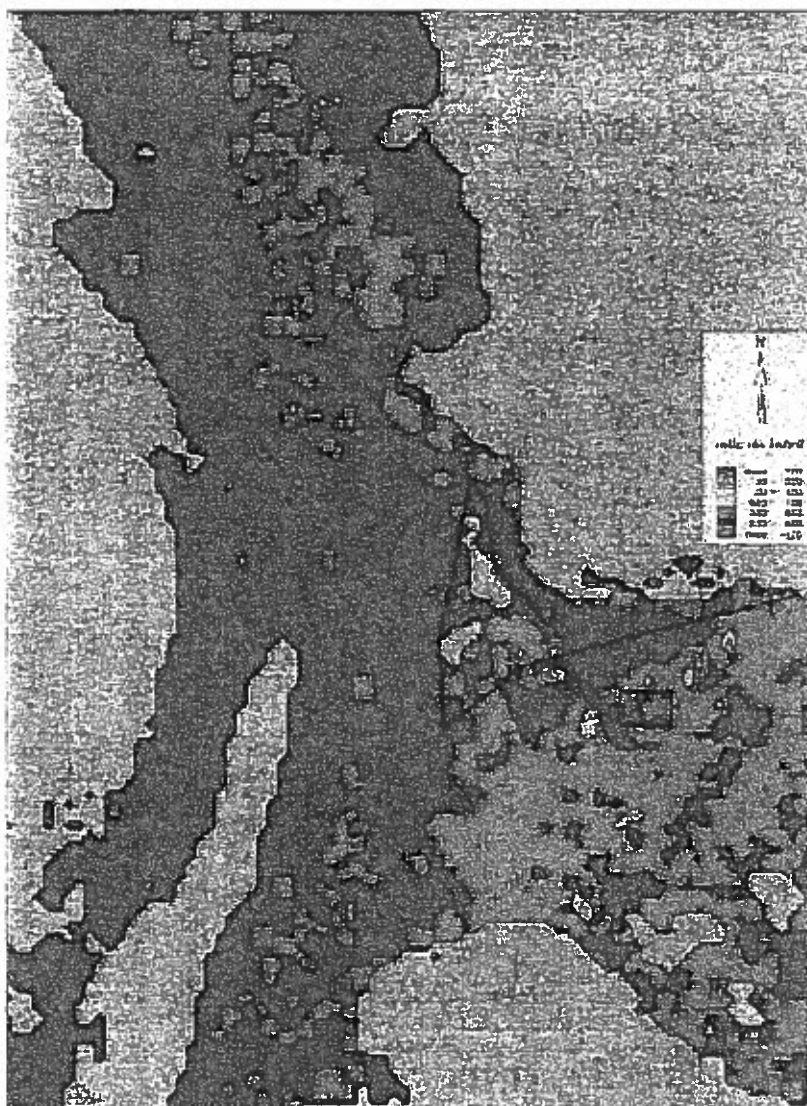


Fig.7 Slutakkumulering kg/m^2 , scenario 7.

Den væsentligste tillejring forekommer næsten udelukkende på over 12 m vanddybde. De akkumulerede tillejninger er særdeles små i størrelsesordenen $0,25 \text{ kg/m}^2$ typisk svarende til 0,5 mm, men spredt over et meget stort område. Dette skyldes, at det fine spredte materiale ofte ligger ustabil, så en del resuspenderer og flyttes ved kraftigere strømsituationer. Der findes kun i mindre områder i dybet ud for Agersø Sund vest for Kirkegrund lidt større slutakkumuleringer.

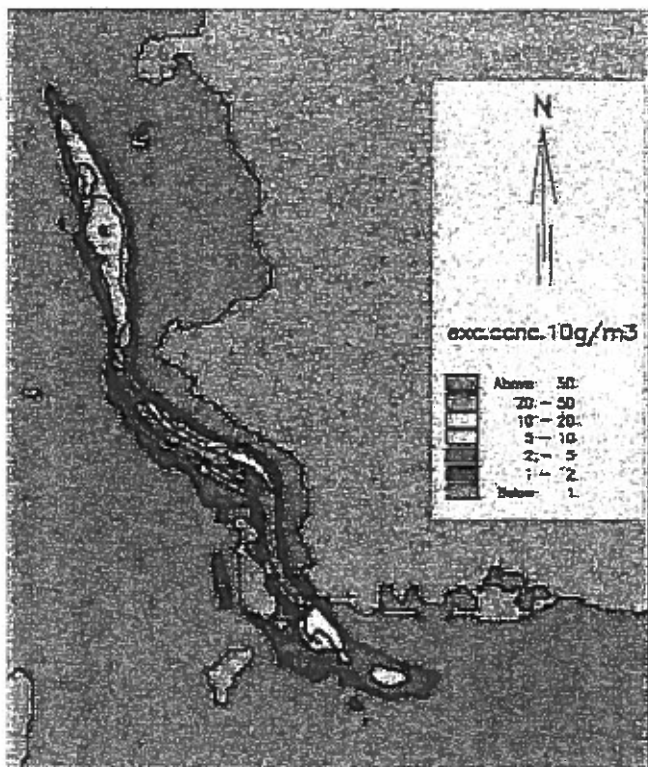


Fig. 8 Overskridelseshyppighed af 10 g/m³. Spredningssimulering, scenario 8.

Fig. 8 viser, at turbiditeten næsten udelukkende optræder over 12 m vanddybde typisk i en afstand i strømløbene på op til 12 km fra indvindingen. En beregning af 15 g/m³ viser at denne optræder i ca. en tredjedel af det ovenfor viste område.

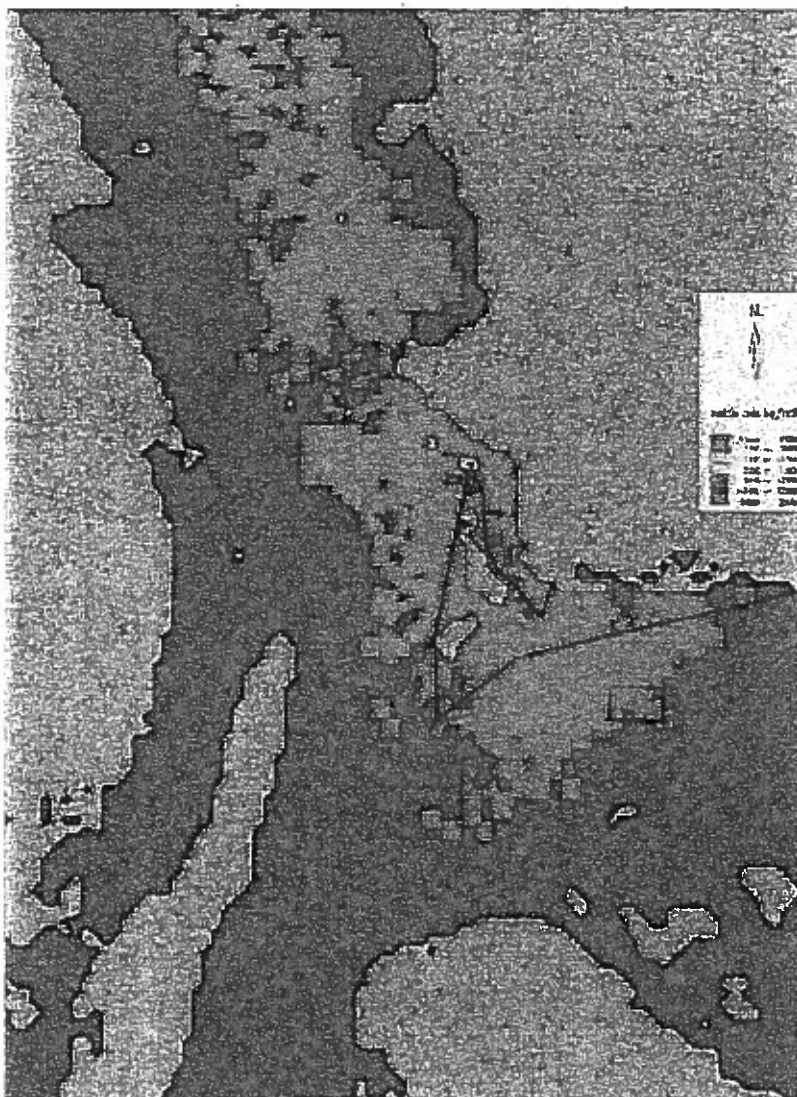


Fig. 9 Slutakkumulering kg/m^2 , scenario 8.

Den væsentligste tillejring forekommer næsten udelukkende på over 12 m vanddybde. De akkumulerede tillejninger er særdeles små i størrelsesordenen $0,25 \text{ kg/m}^2$ typisk svarende til 0,5 mm, men spredt over et meget stort område.

Sedimentkoncentrationer på udvalgte lokaliteter

Der er i hovedrapporten til analysering af spredningsresultaterne endvidere indgået tidsserier for sedimentkoncentrationen på udvalgte lokaliteter, hvor dette har været skønnet nødvendigt.

Påvirkningsområder

Påvirkningsområderne er defineret som de områder, hvor der vil konstateres fysiske påvirkninger fra turbiditet og tillejring. Dette betyder ikke nødvendigvis, at der er mærkbare biologiske påvirkninger, som senere beskrevet. Ved at skele til de potentielle biologiske påvirkninger er det fundet hensigtsmæssigt at opdele i vanddybder under og over 12 m.

De væsentligste potentielle påvirkningsområder er, ud fra spildmodelleringen, defineret med kriterier, der er meget forsigtige i forhold til tidligere projekter med stort spild (Storebælt- og Øresundsforbindelsen) som de områder, hvor enten turbiditeten overskrider 10 g/m^3 i 10 % af

tiden eller, hvor sedimentakkumuleringen overskrider $60 \text{ g/m}^2/\text{døgn}$ i 20 % af tiden på vanddybder op til 12 meter. Mindre væsentlige potentielle påvirkningsområder er de tilsvarende område med over 12 m vanddybde.



Fig. 10 Samlet påvirkningsområde.

På grund af den midlertidige karakter af tillejringen, og fordi sandindvindingen foregår udenfor blåmuslingernes primære vækstsæson, ventes der ikke en reduktion, men en minimal vækst i blåmuslinger på det begrænsede påvirkningsområde < 12 m vanddybde (typisk 10-12 m). Der ventes derfor, at turbiditet påvirker mere end tillejring, men af forsigtighedsgrunde er begge kriterier medtaget.

Der er formelt beregnet en mindre umiddelbar tillejring på Kirkegrund, men den viser sig i hovedsagen kun at være midlertidig, idet den ikke findes ved slutningen af indvindingsperioden. Samtidig er modelresultaterne misvisende for stenrev og mindre øer med vanddybder på under 6-10 m, fordi effekten af bølgers resuspension ikke er medtaget i modellen. Der vil derfor ikke optræde nogen væsentlig tillejring omkring Kirkegrund, og der ventes minimale og sandsynligvis ikke målelige påvirkninger på biodiversiteten.

Sedimentspildet vil resultere i nogle påvirkningsområder, hvor der er fysisk målelige påvirkninger i form af turbiditet og tillejring af materiale, fig.10. De væsentligste omfatter mindre områder på under 12 m vanddybde (typisk 10-12 m), hvor der måske kommer midlertidige målelige effekter på de biologiske forhold. De mindre væsentlige omfatter større områder på over 12 m vanddybde, hvor der ikke ventes at optræde målelige effekter på de biologiske forhold. I indvindingsområderne Agersø og Egholm forventes at optræde målelige biologiske effekter på trods af, at disse områder er på over 12 m vanddybde.

Påvirkning af vandkvalitet

Vandområdet ved Agersø Sund belastes i dag fra flere forskellige kilder, dels fra industrierne ved Stignæs, dels fra hav- og dambrugsdrift og fra Maderendens opland samt drænvand. Belastningen med kvælstof og fosfor af Smålandsfarvandet er i forhold til andre nærliggende åbne havområder generelt lav.

Det samlede iltsvind fra sandindvinding er af samme størrelsesorden som iltsvindet fra de årlige landbaserede kilder i påvirkningsområdet. Iltsvindet optræder for hovedpartens vedkommende på relativt dybt vand. Det må forventes, at disse iltsvind kan blive mærkbare i perioder, hvor der optræder iltsvind i de indre danske farvande.

Påvirkning af bundforhold, flora og fauna

Sandindvindingen vil ske i områder og på dybder, hvor der ikke forekommer vegetation. De direkte potentielle følger af sandindvindingen begrænser sig derfor til effekter af tildækningen af vegetationen med spildmateriale samt afledte effekter som følge af suspenderet spildmateriale i tilgrænsende områder til indvindingsområderne.

Retableringen af bundfaunaen inden for indvindingsområderne vurderes at ske inden for en 5-års periode, eventuelt hurtigere på grund af de kraftige strømforhold i området. Der foregår larvesetling af forskellige bundfaunaarter året rundt, og et indvindingsområde vil rekoloniseres af de første arter ganske kort tid efter gravearbejdets afslutning. I selve indvindingsområdet vil der under indvindingen ske en destruktion af det forekommende bundfaunasamfund, og det må generelt forventes, at der inden for indvindingsområderne i en periode efter afsluttet indvinding vil forekomme en ændret sammensætning i bundfaunaen.

Der forventes ingen nævneværdige effekter på ålegræsbevoksningerne, hverken indenfor eller udenfor de internationale fuglebeskyttelsesområder som følge af sedimentpålejring, idet sedimentationen i områder med dybder mindre end ca. 7 m, der generelt er grænsen for ålegræsvegetationen i området, vil være marginal.

Der kan forventes en mindre potentiel, men midlertidig påvirkning af rød- og brunalgesamfundet i nogle mindre områder omkring Helleholm Flak og Østerhoved Flak og på skrænterne langs kysten af Agersø ud mod Agersø Sund (inden for de internationale naturbeskyttelsesområder) samt ved Omø Stålgunde, områder nord for Vejrø og et forholdsvis smalt kystnært område fra Stignæs til syd for Korsør (udenfor de internationale beskyttelsesområder).

Uden for indvindingsområdet kan bundfaunaen påvirkes let af overlejringen med sediment samt af en øget koncentration af suspenderet stof i vandfasen.

Spredningsscenerierne viser generelt, at de største sedimentkoncentrationer og den største sedimentakkumulation følger dybdekurverne, således at sedimentkoncentrationen er størst i områder med større dybder end 12 m, hvor der som oftest forekommer barbundsfauna. Barbundsfaunaen er relativ robust over for øget turbiditet og pålejring af sedimenteret materiale, og der forventes derfor kun væsentlige effekter på bundfaunaen inden for korte afstande fra indvindingsområderne.

Påvirkningsområdet på dybere vand dækker de dybeste områder af Agersø Sund. Påvirkningsområdet stækker sig fra Agersø Sund til områder af Smålandsfarvandet med dybder større end 12 m henholdsvis nord og syd for Kirkegrund og dækker tillige det dybe område nord for Egholm og dele af det østlige Storebælt. Kun et meget lille område på dybt vand i den sydlige del af påvirkningsområdet ligger inden for de internationale fuglebeskyttelsesområder.

En lettere midlertidig forøgelse af sedimentationen kan i de dybere områder medføre en forøgelse i arts- og individantal for barbundsfaunaen og forøgelse af andelen af mindre og hurtigtvoksende arter. Idet disse områder i perioder er udsatte for iltsvind og i forvejen præget af mindre og hårdføre arter, vil der formodentlig ikke kunne konstateres mærkbare effekter som følge af den øgede fødetilgængelighed.

På mindre vanddybder (< ca. 12 m) inden for påvirkningsområderne er det primært blåmuslinger og den vegetationstilknyttede fauna, der potentielt kan påvirkes i de samme områder, som er nævnt ovenfor. Den potentielle risiko for negative påvirkninger af muslingelarvesetlingen og algesamfundet er dog minimal, da tillejringen er ustabil og den permanente tillejring er så lille. Samtidigt foregår tillejringen udenfor blåmuslingernes primære vækstsæson. Der ventes derfor ingen mærkbar effekt på blåmuslingebestanden i form af en forøgelse af biomassen i Agersø Sund og de tilstødende vandområder uden for påvirkningsområderne.

Stenrevet på Kirkegrund strækker sig over et bredt dybdeinterval og repræsenterer bl.a. derfor en artsrig algevegetation og en artsrig bundfauna af både fritlevende dyr, fastsiddende dyr knyttet til hårbund og blødbundsdyr. Inden for EU-habitatområdet ved Kirkegrund vil algesamfundet i det vestligste område blive udsat for en let øget turbiditet, og hele det forholdsvis lavvandede område af Kirkegrunden vil i en mindre del af indvindingsperioden blive udsat for en øget, men midlertidig ustabil sedimentakkumulation. Langt det meste materiale forsvinder hurtigt igen, så tillejringen er altså ustabil, og den permanente sedimentakkumulering er kun svarende til typisk 0,5 mm tillejring. Da den ustabile tillejring samtidigt foregår udenfor blåmuslingernes primære vækstsæson, og den permanente tillejring er så lille, ventes favoriseringen af blåmuslingerne at blive minimal, så der ikke vil ske nogen mærkbar ændring af biodiversiteten.

En eventuel frigivelse af næringsstoffer fra sediment til vandfasen kan føre til forøget vækst af planteplankton, som umiddelbart kan have en gavnlig indvirken på dele af bundfaunaen som følge af øget fødeudbud. I dybere liggende sedimentationsområder vil en yderligere sedimentation af organisk stof, som følge af produktionen af planteplankton, derimod kunne forværre en given iltsvindssituation, men dette forventes ikke at give anledning til mærkbare ændringer.

Påvirkninger på fugle

EF-fuglebeskyttelses-/Ramsarområder

I udpegningsgrundlaget for EF-fuglebeskyttelsesområde nr. 95 indgår to arter af rastende fugle (knopsvane og trolldand). Derudover indgår mindre ynglebestande af hav- og fjordterne. Til grund for udpegning af EF-fuglebeskyttelsesområde nr. 96 indgår flere arter af rastende fugle (edderfugl, fløjlsand og knopsvane). Blandt ynglefuglene indgår skarv, edderfugl, dværgterne og havterne.

EF-habitatområder

Udpegningsgrundlaget for EF-habitatområde nr. 143 knytter sig overvejende til områdets fjorde og nor med omgivende kyst- og strandengsvegetation (nærmere beskrevet i "VVM-redegørelse for The Baltic Gate"). Den del af udpegningsgrundlaget, der vedrører søterritoriet, knytter sig til forekomsten af marsvin. EF-habitatområde nr. 149, Kirkegrund, er udpeget på grundlag af forekomst af rev, der er kategoriseret som en beskyttelsesværdig naturtype. Det vil sige, at der ikke direkte knytter sig fugle- eller havpattedyrsinteresser til udpegningsgrundlaget for dette område.

Beskyttelsesområderne fremgår af fig. 1.

Resultatet af flytællinger fra 1987-89, 1991-92 samt aktuelle flytællinger viser, at de fuglearter områderne er udpeget for, kun i mindre grad er lokaliseret i det primære påvirkningsområde, jf. fig. 11.

De væsentligste effekter af sandindvindingen på områdets fuglebeskyttelsesinteresser vurderes at knytte sig til sedimentspildet, dels gennem effekten på fødeudbudet for de bunddyrsædende arter, og dels gennem effekten på fødetilgængeligheden for de fiskeædende arter.

I forhold til regionens internationale beskyttelsesområder vil de væsentligste effekter af sandindvindingen knytte sig til udpegningsgrundlaget for EF-fuglebeskyttelsesområde nr. 96, mens udpegningsgrundlaget for EF-fuglebeskyttelsesområde nr. 95 ikke vurderes at blive berørt i nævneværdig grad. For EF-fuglebeskyttelsesområde nr. 96 vurderes sandindvindingen at kunne få en mindre, men ubetydelig effekt på forekomsterne af fældende og rastende edderfugle. Forekomsten af rastende edderfugle omkring Agersø forventes at blive berørt i mindre omfang. Dertil kommer en mulig mindre, men sandsynligvis uvæsentlig påvirkning af de ynglende edderfugle i dette fuglebeskyttelsesområde.

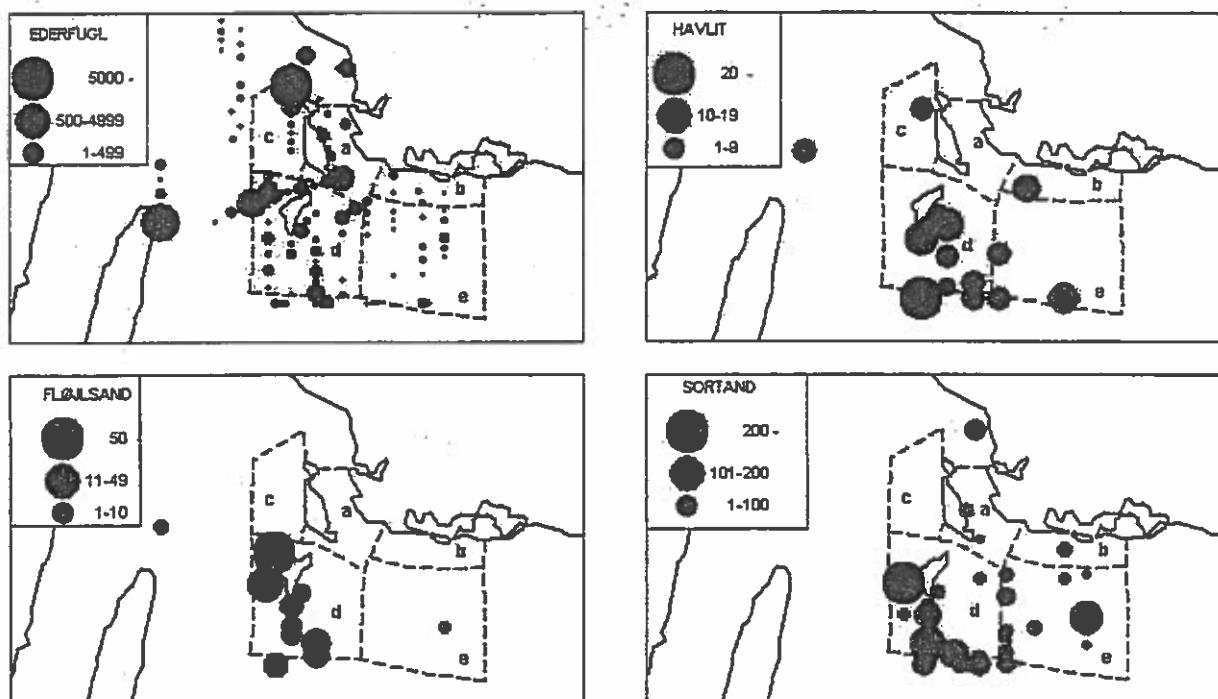


Fig. 11 Fordelingen af edderfugl, sortand, fløjsand og havlit i forbindelse med flytælling foretaget marts 1999. Desuden er delområder (a-e) benyttet i forbindelse med flytællingerne foretaget af Danmarks Miljøundersøgelser i perioden 1987-1992 angivet.

Sedimentspildet i forbindelse med sandindvindingen kan desuden, gennem det suspenderede sediment, potentielt få mindre, men sandsynligvis ikke mærkbare negative effekter på de i Smålandsfarvandet betydningsfulde forekomster af fældende og rastende gråstrubet lappedykker og lommer. Det forventes ikke, at sandindvindingen vil have væsentligt negative effekter på de store forekomster af havdykænder på Omø Stålgrunde.

Den potentielle effekt af sandindvindingen på fødetilgængeligheden for de fiskeædende fugle vil begrænse sig til selve indvindingsperioden, der kan strække sig over en periode på ca. 6 måneder i perioden oktober - april. Mindre effekterne på de bunddyrsædende fugle kan strække sig ud over selve indvindingsperioden, men vil ikke forventes at være permanente og begrænset til mindre områder. Bundfaunaen i de mere lavvandede områder kan påvirkes især af sedimentspildet gennem en let forøget skygningseffekt fra det suspenderede sediment på alge- og ålegræssamfundet. Effekten forventes ikke at vise sig målelig undtagen på mindre lokale områder, der forventes at kunne retablere sig inden for en periode på 2-3 år.

I relation til at imødegå mulige effekter af sandindvindingen på edderfuglene i EF-fuglebeskyttelsesområde nr. 96, og de bunddyrsædende fugle generelt er effekterne reduceret betydelig ved de modificerede indvindingsscenarier specielt med hensyn til påvirkning indenfor 12 m vanddybde. Påvirkningen af bundvegetationen reduceres kraftigt ved at minimere gravearbejdet i bundvegetationens vækstsæson. Herved er samtidigt opnået, at de eventuelle effekter af suspenderet sediment på sensommerens fældeforekomster af fiskeædende fugle, såsom gråstrubet lappedykker reduceres.

Påvirkning på fiskeri og fiskebestande

I forbindelse med sandindvindingen til Stignæs containerhavn vil bundgarnsfiskeriet og det øvrige fiskeri blive berørt af sedimentfaner fra sandindvindingen i forskellig grad afhængig af fiskelokalitet. Større sedimentindhold i vandet vil hovedsagelig forekomme på vanddybder over 12 meter.

Bundgarn der er placeret på 12 meters dybde eller derover i de ovenfor omtalte områder vil derfor være specielt udsat for påvirkninger af sedimentfaner. Det skønnes ikke at dreje sig om særlig mange bundgarn. Der må, i den periode sandindvindingen pågår, forventes en nedgang i fiskeriet i de områder, som påvirkes kraftigt af sedimentfanerne. Det øvrige erhvervsfiskeri samt fritidsfiskeri, der foregår i de mest belastede områder, vil tilsvarende berøres af sedimentfanerne. Generne for bundgarnsfiskeriet kan i nogen grad afhjælpes ved, at sandindvindingen foretages uden for bundgarnsfiskeriets højsæson. Produktionen af fisk fra Agersø Havbrug og fra saltvandsdambruget ved Stignæs vil periodevis kunne generes af sedimentfanerne.

Fiskevandring foregår i perioden januar-april. Tidligere undersøgelser har vist, at disse i hvert fald ikke påvirkes ved en turbiditet på 6 mg/l. I Øresund blev der, fordi uddybningsarbejderne omfattede hele Øresund, fastsat, at turbiditeten skulle være < 10 mg/l i mere end 2/3 af områderne i Øresund med vanddybde på > 6 m. Idet Agersø Sund kun udgør en mindre del af Storebælt er dette krav ikke relevant for sandindvinding i Agersø Sund. Der er yderligere begrænset med turbiditet imellem de områder i Agersø Sund, hvor der er en vanddybde på under 12 m. Områderne imellem 6 og 12 m udgør typisk 40% af det totale areal over 6 m vand, hvor der næsten uafbrudt er klart vand.

Fiskegydning:

Ved sammenligning imellem gydeperioder og gydeområder kan det konkluderes:

Sild forårsgydende:	Udenfor påvirkningsområderne
Sild efterårsgydende:	Udenfor påvirkningsområderne
Stenbider:	Ingen stenrev i påvirkningsområder
Tobis:	Sandindvinding udenfor gydeperiode samt ikke væsentlig sedimentation på sandområder
Tobiskonge:	Sandindvinding udenfor gydeperiode samt ikke væsentlig sedimentation på sandområder
Hornfisk:	Sandindvinding udenfor gydeperiode. Ingen væsentlig sedimentation i ålegræsområder

På den baggrund må det konkluderes, at vedr. gydende fisk er der kun en mulig påvirkning på sildegydning, men i det aktuelle område foregår der ikke sildegydning, der har nogen betydning set i Storebæltssammenhæng.

Opvækst af fisk:

Idet opvækstområderne primært er stenrev og ålegræsområderne samt lavere vanddybder med sandbund, og der ikke er nogen væsentlig påvirkning på disse områder, vil der ikke være nogen påvirkning af fiskeopvækst af betydning.

Spørgsmålet om evt. kompensation til de lokale erhvervsfiskere, Agersø Havbrug og saltvandsbruget ved Stignæs for tab af fiskemuligheder/produktion i det vandområde, der berøres af sedimentfanerne, må afklares ved konkrete forhandlinger på basis af registreringer af fiskeriet, fiskeproduktionerne og sedimentfanerne.

Luftforurening

Emissionsbidraget fra sandindvindingsaktiviteterne er i sammenligning med emissioner fra omkringliggende aktiviteter, f.eks. Stignæsværket, af lille betydning for den samlede luftforurening.

Støjbelastning

Sandindvindingen foregår på åbent hav med relativ lang afstand til bebyggede områder. Det fremgår af støjberegningerne, at støjbelastningen ved de nærmeste boliger er mindre end eller lig med 45 dB i dag-, aften- og nattimerne.

Kystforhold

Der vil ikke ske nogen målelig ændring af bølge- og strømforholdene på kysten, hvorfor der ikke vil ske nogen påvirkning fra en sandindvinding i de to valgte områder.

Marinarkæologi

Skov- og Naturstyrelsen har vurderet, at der ikke er behov for en marinarkæologisk forundersøgelse forud for indvindingen.

Påvirkning i indvindingsområder

Sandindvindingen til Stignæs sker på dybder, hvor der ikke forekommer vegetation. Den efterfølgende indvandring af bunddyr vurderes at ske i løbet af en 5-årig periode. På grund af den relativt store dybde indvindingen foregår på, er det ikke nødvendigt at foretage efterbehandling af havbunden.

Andre forhold

Der er en mindre risiko for uklart vand ved nærliggende badestrande. Dette er dog uden betydning, fordi sandindvindingen foregår udenfor sommerperioden.

Foranstaltninger til at minimere skadelige effekter*Krav til planlægning*

For at reducere påvirkning på fuglenes fødemuligheder må det anbefales, at indvindingen koncentrerer sig til perioden oktober-april med mulighed for reducerede aktiviteter i oktober og april. Herved undgås samtidigt de måneder hvor risikoen for iltsvind og hvor påvirkningerne af bundgarnsfiskeriet er størst. På trods af dette kan det ikke undgås, at der er en vis risiko for påvirkning af fiskeriforholdene og fiskeproduktionerne på Agersø Havbrug og Stignæs Saltvandsdambrug.

Krav til udførelse af sandindvindingen

Det vurderes, at sandforekomsterne ved Agersø bør indvindes ved direkte indpumpning eller lignende metoder, der giver minimalt spild på grund af de nærliggende internationale fuglebeskyttelseszoner. Ved Egholm kan der tillades normal slæbesugning.

Ved den direkte indpumpning er det vigtigt at undgå iltsvind på lavere vand (inklusive Fedkrog). Det er derfor påkrævet, at udløbsvandet føres ud til stor vanddybde i passende lang afstand fra indpumpningsområdet, hvorved den forøgede algevækst i lokalområdet skønnes at være ubetydelig, da næringsstofferne på grund af strømforholdene i indvindingsområderne vil spredes over store vandområder og ikke ind på lavvandede områder.

Krav til overvågningsprogram

Krav til overvågningsprogram for sandindvindingen kan sammenfattes som følger:

- Der gennemføres forud for indvindingen en bathymetrisk opmåling af områderne samt en randzone rundt om områderne. Efter endt indvinding gennemføres en tilsvarende slutopmåling af områderne.
- Der udføres forud for indvindingen baselinestudier af:
 - ålegræs
 - lavvandet vegetation
 - algesamfundene
 - blåmuslingerne
 - lavvandsfaunaen
 - dybvandsfaunaen
 - fiskegydning
 - fiskeopvækst
 - fugletællinger over et helt referenceår
- Tilsvarende studier udføres som overvågning under sandindvindingen i udvalgte områder (inklusiv Kirkegrund) samt i referenceområder (2-3 områder på østsiden af Omø).
- Der udføres prøveindvindinger på Egholm-området, og de valgte produktionsscenarioer bør modelleres i detaljer på basis af reviderede spildscenarier.
- Under projektet bør der udføres spildmonitoringer (turbiditet og sedimenttransport) i udvalgte snit på tværs af den dominerende strømretning f.eks. ved i Agersø Sund (ved nordlige ende, ved nordenden af Agersø, ved nordlig og sydlig rand af de internationale fuglebeskyttelseszoner) samt på tværs af dybene nord for og nordvest for Kirkegrund under indvinding med typiske geologiske forhold under forskellige produktionsscenarioer og strømningforhold, så en spildmodel kan etableres og kalibreres. Monitoringsfrekvensen tilpasses kvaliteten af spildmodellen, se nedenfor.
- Der måles tillejningsrater på udvalgte positioner.
- Der bør etableres en spildmodel baseret på en god hydrodynamisk model (tolagsmodel eller 3-D model), der løbende kalibreres på basis af de forskellige målinger.
- Arbejdet udføres indenfor et veldefineret spildbudget (spild ved optagning, spild ved udløb fra sedimentationsbassin). Dette skal være en del af kontrakten med entreprenøren. Daglige indrapporteringer. Kvalitetsdata med maks. 1 uges forsinkelse.
- Der bør gennemføres en løbende overvågning og registrering af mulige effekter på forekomsten af fugle under selve sandindvindingen.
- Der bør inden indvindingen udføres en lokal registrering af fiskeriet i de berørte områder og udvalgte referenceområder samt en registrering af fiskeproduktionen på Agersø Havbrug og Stignæs Saltvandsbrug. Der udføres tilsvarende registreringer under sandindvindingen.
- Det skal dokumenteres, at der ved arbejde med det konkrete udstyr og med de valgte arbejdsprocedurer sker et spild ved optagning på højst 7 % af finstofindholdet.

Handlingsplan

Der skal udarbejdes en handlingsplan med følgende hovedindhold:

Der etableres en feed-back procedure omfattende:

- Procedurer til at ændre arbejdsplaner, hvis der registreres påvirkninger udover fastsatte grænser
- Bedømmelse af om påvirkningerne er i overensstemmelse med de antagne påvirkninger

Feed-back monitoring på udvalgte steder og på referenceområder:

- Ålegræsanalyse (fire variable) hver anden uge
- Fotoregistrering af blåmuslingebankerne hver anden uge
- Biomasseregistrering af muslingebanker hver måned
- Løbende modelberegninger af ålegræs

Tilladelige grænser fastsættes senere f.eks. som:

- Maksimal reduktion i muslingedækningsgrad og biomasse
- Maksimal reduktion i ålegræs (mht. fordeling og biomasse) maks. 25 %. Genskabelse efter 2 år på vanddybder over 5 m og på 5 år på vanddybder under 5 m.

En optimeret arbejdsplan for Agersø-indvindingen skal udarbejdes. Total spild fra området varierer fra 0,5-2,7 % af indvindingsmængden afhængig af lokaliteten, så indvinding fra de områder, der giver mest spild, skal placeres i de biologisk mindst følsomme perioder. Samtidig skal indgå miljøoptimeret brug af sedimentationsbassin med mulighed for at indpumpe materialet med størst finstof i begyndelsen, hvor der er størst volumen og dermed opholdstid og minimal finstof i udløbsvand. En anden mulighed, der skal vurderes, er at forcere indpumpning fra de gode områder, og dermed kunne arbejde med mindre indpumpningskapacitet fra de områder, der indeholder mest finstof. Dette udgør en vigtig del af entreprenørkonkurrencen.

VVM-vurdering af Europort



Udført for Europort A/S

Juli 1998

Carl Bro as

i samarbejde med

UFFE WAINØ



2 SAMMENFATNING

2.1 Beskrivelse af anlæggets fysiske udformning

Udformning

Færgeterminalens anlæg på vandsiden omfatter:

- moler, dels en ca. 475 meter lang østlig dækmole udgående fra land og dels en ca. 350 meter lang fritliggende vestlig dækmole
- et havnebassin på ca. 15 ha og en 90 m bred sejlrende med en vanddybde på 6,0 m
- en ca. 110 m anløbspier, hvor den vestlige anløbsside anvendes som færgeleje med trafik på såvel øvre som nedre vogndæk, og hvor den østlige anløbsside anvendes som overliggerleje

Færgeterminalens landanlæg omfatter:

- tilslutningsanlæg til Gl. Badevej for til- og frakørsel
- billettering
- opmarcharealer til 600 personbiler
- frakørselsarealer til 120 personbiler
- toldbehandling
- parkeringsanlæg, primært for personale
- belysningsanlæg, beplantning samt aptering og skiltning.

Det samlede landareal er ca. 35.000 m², der i hovedtræk belægges med betonbelægningssten og indhegnes med et 1,8 m højt toldhegn.

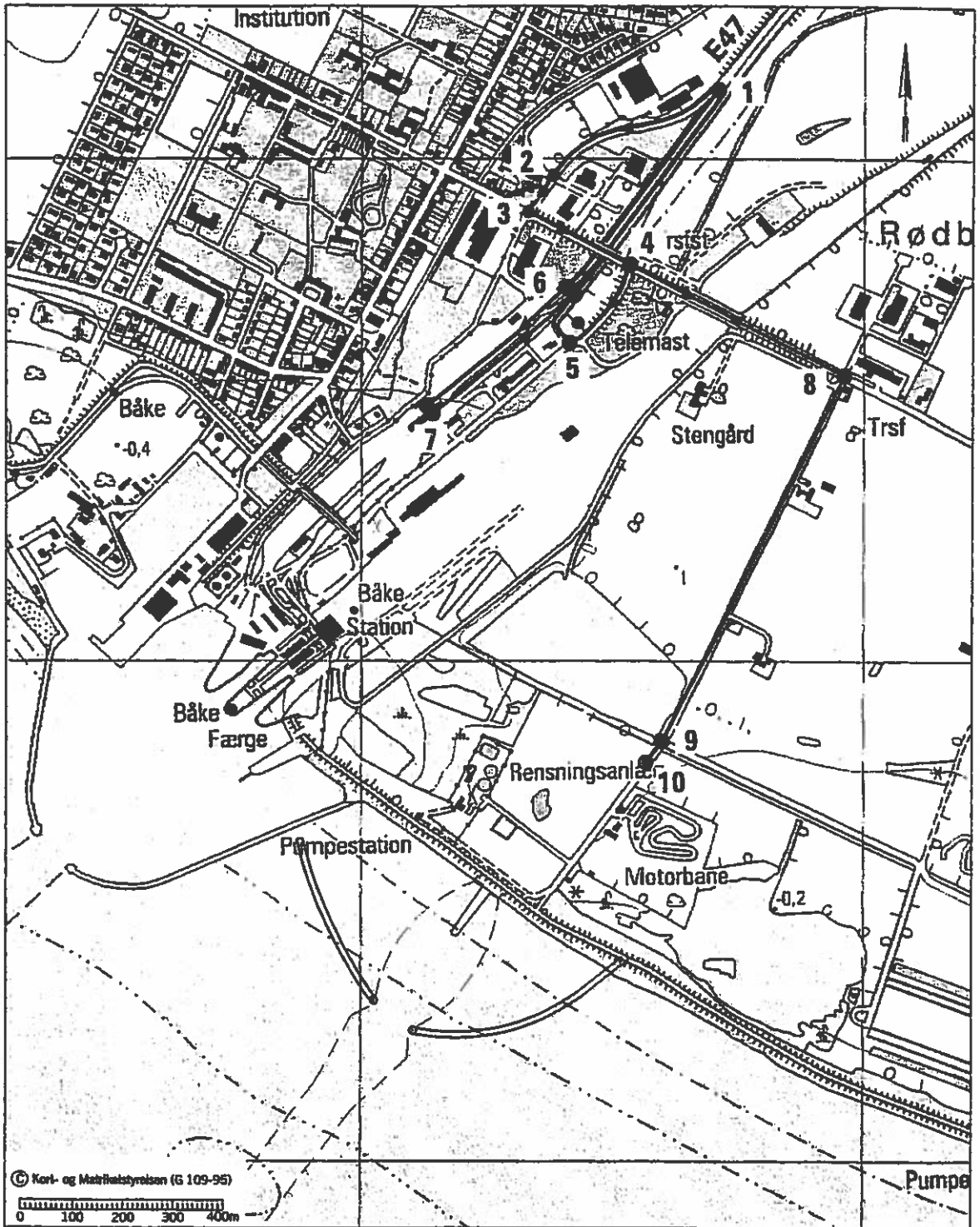
Opmarcharealet er disponeret til kapaciteten af 5 færger, og udkørselsarealet til 1 færge. Tilkørslen til og fra færgerne føres via ramper over diget.

Ressourceforbrug og overskudsmateriale

Der skal anvendes stenmaterialer til molerne, grusmaterialer og betonsten til belægningsarbejder samt stål, jern og beton til konstruktionsarbejder.

Stenmaterialer til dækmolerne (dæksten, filtersten og kernemateriale), i alt ca. 64.000 m³ eller ca. 100.000 tons, vil formodentlig være landmaterialer, tilført fra stenbrud i Norge eller Sverige, evt. fra Bornholm.

Grus og bundsikringsgrus samt stabilgrus til indbygning i trafikarealer må påregnes tilført fra grusgrave på Lolland, Falster eller evt. Sydsjælland.



I forbindelse med anlægsfasen skal der foretages uddybning af havnebassin samt sejlbredde. Det opgravede morænelerssediment er ikke umiddelbart egnet til indbygning i molerne. Materialer fra uddybningen påregnes bortskaffet til godkendt klappads. Dog kan forekommende sand, i den udstrækning det er teknisk muligt at opgrave dette separat, anvendes som strandfodring på kyststrækningen øst for færgeterminalen.

I forbindelse med detailprojekteringen skal genanvendelse af moræneler som kernemateriale i molerne undersøges. Ligeledes undersøges det, om slagter fra affaldsforbrænding og termisk rensed jord (fra K.K. Miljøteknik) kan indgå som erstatning for f.eks. bundsikringsgrus.

Fjernelse af anlæg

I forbindelse med en fjernelse af anlægget vil følgende materialer kunne genanvendes: Stenmaterialerne i dækmolerne, grusmaterialer og evt. betonbelægningssten i trafikarealerne samt diverse elementer fra havneanlægget.

2.2 Alternativer og valg af løsning

Væsentligste alternativer

Eneste alternativ, der er vurderet, er anvendelse af den eksisterende færgehavn med udgangspunkt i benyttelse af den østlige pier. Dette vil kræve en række ombygninger af den eksisterende havn, herunder udflytning af den eksisterende østlige mole og etablering af en ny indsejling, idet Scandlines af sikkerhedsmæssige grunde ikke kan forventes at acceptere yderligere færger i den eksisterende sejlbredde. Alt i alt vil udgiftsniveauet for alternativet være af samme størrelsesorden som for etableringen af hovedforslaget, der er en langt bedre løsning ud fra et driftsmæssigt synspunkt, og som tager udgangspunkt i arealer, der allerede er erhvervet til formålet.

Samtidig vurderes etablering af et nyt færgeleje i den eksisterende havn at være langt mere tidskrævende.

Hvis anlægget ikke gennemføres

Hvis anlægget ikke gennemføres, vil den nuværende situation fortsætte, evt. vil et andet færageselskab etablere sig i området. Den nye Europort vil give en øget kapacitet til overførsel af biler over Rødby-Puttgarten ved en evt. fremtidig stigning i trafikmængden.

Færgehavnen kan eventuelt anvendes som arbejdshavn under samtidig opretholdelse af færgedrift i forbindelse med etableringen af en fast forbindelse over Femer Bælt.

2.3 Anlæggets omgivelser

Området sydøst for Rødby Havn, hvor den nye færgeterminal påtænkes anlagt, er fladt, inddæmmet landbrugsland, skærmet mod Østersøen af et ca. 4 m højt dige.

Landskabet har en forholdsvis åben karakter med småbevoksninger omkring de spredte gårdbebyggelser.

Anlægget er placeret mellem Rødbyhavn Renseanlæg og en gokartbane. Umiddelbart nord for anlægget ligger Stengård Sø på 7,3 hektar, der er opstået i forbindelse med indvinding af råstoffer til Rødby Havn. Op til renseanlægget ligger et mindre skovområde med to små søer. Umiddelbart øst for gokartbanen ligger Strandholm Sø, som er opstået i forbindelse med råstofindvinding til Østersø-diget.

2.4 Anlæggets virkninger på omgivelserne

Visuelle forhold

Set fra kysten øst for havnen vil landanlægget ikke være særligt iøjnefaldende. Derimod vil færgernes beliggenhed uden for kystdiget betyde, at de vil have stor landskabelig dominans for kystlinien i modsætning til forholdene ved den eksisterende færgehavn, hvor færgerne er placeret inden for flugten af kystdiget.

På tættere hold vil rækker af træplantninger sikre en god indpasning af landanlægget til omgivelserne.

En arkitektonisk bearbejdning bør sikre, at det nye havneanlæg og det eksisterende havneanlæg fremstår som en helhed.

Dyre- og planteliv på land

Østersødiget ud for Europort har en karakteristisk vegetation. De ca. 100 meter af diget, som berøres af Europortanlægget, er mindre værdifuld naturmæssigt end en række andre strækninger af det mange kilometer lange dige. Indgrebet må anses for ubetydeligt også i relation til spredningsbiologien.

Ruderat og slambed, hvor trafikarealerne placeres, rummer en vegetation typisk for ryd-depladser og forstyrret jord. Sanglærke, torsanger og stenpikker yngler muligvis på stedet.

Ved etablering af de planlagte landanlæg vil vandhullet på området forsvinde i sin helhed, og dele af ruderat og græsmark vil også forsvinde. Slambedet planlægges flyttet. Det vurderes, at disse indgreb naturmæssigt må betegnes som ubetydelige, idet naturkvaliteterne, som berøres, er meget små.



I driftsfasen vil trafikbelastningen næppe få nogen væsentlige virkninger på dyrelivet.

Dyre- og planteliv i vand

Dyre- og plantelivet i Stengård Sø og Strandholm Sø forventes ikke påvirket som følge af det nye anlæg.

Bundvegetationen af alger i kystområdet er tæt og forekommer ud til 6-10 meters dybde. Bunddyrsfaunaen er generel fattig i de danske kystnære dele af Femer Bælt og dermed i undersøgelsesområdet. Artsfattigheden kan skyldes konstante omlejringer af sediment på grund af de generelle vind- og strømforhold, der hersker i området.

Havnen vil påvirke strømforhold og dermed sedimentsammensætning. Færgesejladser vil resultere i sedimentophvirvling. Dermed vil levevilkårene for plante- og dyrelivet i havneområdet ændre sig med en ændret artssammensætning som resultat.

Rekreative forhold og barriereeffekter

I skoven vest for anlægsområdet findes to småsøer, og umiddelbart nord derfor ligger Stengård Sø, som er et yndet lystfiskeområde.

Den øgede trafik på Gammel Badevej samt etablering af landanlægget giver en øget barriereeffekt i forhold til den eksisterende situation.

Gammel Badevej krydses desuden af gående og cyklister, der skal fra de grønne områder vest og nord for anlægsområdet til det rekreative område øst for anlægget (Strandholm Sø og gokartbanen).

Ved anlæg af den nye færgeterminal vil adgangen til kyststrækningen mellem de to færgeterminaler blive begrænset, idet der lukkes af for stien på diget på denne strækning.

Det vurderes, at den øgede biltrafik vil medføre et højere støjniveau og dermed en forringelse af den rekreative værdi af arealerne ved Stengård Sø og det grønne område umiddelbart vest for den planlagte færgeterminal. En begrænsning af trafikstøjen kan ske ved etablering af støjvolde og/eller ved begrænsning af bilernes hastighed. Der bør tages hensyn til publikums adgang til diget og til gående færdsel mellem de rekreative områder. Ligeledes bør det sikres, at cykelrute 38 er sikker for cyklisterne på det område, hvor færgetrafikken kommer til at foregå.

Det bør overvejes at etablere en passage under overkørslen over diget til anvendelse af fodgængere og cyklister, samt som passage for områdets dyreliv.

Kystsikring

Den foreslåede havneudvidelse dækker en strækning på 600 m langs kysten øst for den eksisterende Rødby Havn, men når ikke længere ud fra kystlinien end den eksisterende havn. I området, hvor den nye havn påtænkes bygget, er kystprofilen eroderet stejlt, hvorfor dette område i fremtiden (uden den nye havn) kun ville levere en beskedne mængde materiale til den nedstrøms kyst. Såfremt den planlagte havn bygges, vil den nedstrøms kyst blive berøvet denne beskedne mængde materiale, hvilket vil medføre en lille forøgelse af erosionen øst for den nye havn. Derfor vil erosionsområdets udvikling mod øst blive en smule accelereret - dette vil sige, at erosionen af f.eks. stranden foran Hyldtofte Østersøbåd vil begynde tidligere end ellers, men slutresultatet vil blive det samme, nemlig total borterosion af kysten foran diget.

På grund af den planlagte havns afrundede afslutning mod øst vil den ikke forårsage lokal læsidetilsanding i hjørnet dannet af den østlige mole og kystlinien.

Forholdene øst for den nye havn vil altså med tiden udvikle sig som de for nærværende er øst for den eksisterende havn, det vil sige at det vil være påkrævet at forstærke kystsikringen lokalt i dette område.

Digesikring kan gennemføres f.eks. ved flytning af den nuværende skræntsikring lige øst for den eksisterende havn til strækningen øst for den nye havn samt udførelse af fodforstærkning af denne. Yderligere foreslås det fortsat at anvende det opgravede sandmateriale fra adgangskanalen og bassinet til strandfodring øst for havnen.

Erhvervsfiskeri

I området øst for Rødby Havn drives der i dag bundgarnsfiskeri. Danmarks Fiskeriforening skønner, at ca. 5 bundgarn bliver direkte berørt ved anlæg af en ny færgehavn og at fiskeriet fra disse garn ikke bliver mulig fremover. To erhvervsfiskere berøres dermed direkte af projektet.

Arkæologi og kulturarv

Der er mulighed for, at der under anlægsarbejdet gøres arkæologiske fund på såvel søteritoriet som på landsiden. Disse mulige fund skønnes ikke at være et betydende konfliktområde mellem etableringen af den nye færgeterminal og de kulturhistoriske værdier. Eventuelle arkæologiske fund vil medføre lovpligtige undersøgelser, hvilket kan forsinke anlægsarbejdet, men der er mulighed for at afvikle en stor del af de arkæologiske undersøgelser, inden det egentlige anlægsarbejde påbegyndes.

Miljøafledte socioøkonomiske forhold

Ud over påvirkningen af bundgarnsfiskeriet forventes det ikke, at anlægget får socioøkonomiske effekter som følge af anlæggets miljøpåvirkninger.

2.5 Anlæggets virkninger på miljøet

Trafikforhold

Den nye færgeoverfart forventes på årsbasis at ville blive benyttet af ca. 275.000 køretøjer fordelt på ca. 200.000 personbiler, ca. 65.000 lastbiler og ca. 10.000 busser (Euroports skøn). Disse trafikmængder forventes samtidigt at fragå Scandlines' Rødby-Puttgarden overfart svarende til en nedgang på hhv. ca. 20%, ca. 25% og ca. 30% af den nuværende personbil-, lastbil- og bustrafik på Scandlines' Rødby-Puttgarden overfart. Der forventes således alene at blive tale om overflytning af trafik fra Scandlines' overfart.

Overflytningen vil dog medføre en forøget trafik på det lokale vejnet, som vurderes at kunne medføre visse trafikafviklingsmæssige problemer i spidsperioderne. Der skal især peges på følgende forhold:

- kapacitet af krydset Frakørselsvejen-Færgevej-Jøncksvej, hvor hovedparten af trafikken til den ny færgeoverfart vil skulle svinge til venstre fra Frakørselsvejen ad Færgevej
- kapacitet af krydset Færgevej-Færgestationsvej, hvor hovedparten af trafikken fra den ny færgeoverfart vil skulle svinge til venstre fra Færgevej ad Færgestationsvej for at komme på motorvejen
- fremkommelighed ved benzinstationen på Færgestationsvej, som hovedparten af trafikken fra den nye færgeoverfart vil skulle passere for at komme ind på motorvejen
- kapacitet af krydset Færgevej-Finlandsvej-Gl. Badevej, som al trafik til og fra den nye færgeoverfart vil skulle passere

Der er endvidere behov for at undersøge:

- bæreevne/tilstand af bro på Færgevej
- bæreevne/tilstand af belægning på Gl. Badevej

Trafikuheld

Både anlæg og drift af den nye færgeoverfart vil medføre en øget biltrafik på det lokale vejnet i Rødbyhavn. Der må derfor forventes en vis stigning i antallet af trafikuheld, hvis der ikke gøres noget for at reducere uheldsrisikoen på de pågældende vejstrækninger og vejkryds.

For vejstrækningerne Færgevej og Gl. Badevej bør muligheden for en bedre sikring af cykeltrafikken og eventuelt også gangtrafikken vurderes. Det er her relevant at undersøge behovet og muligheden for etablering af cykelbane/cykelsti.

I krydsene Frakørselsvejen-Færgevej-Jøncksvej, Færgevej-Færgestationsvej og Færgevej-Finlandsvej-Gl. Badevej bør muligheden for en sikker trafikafvikling for alle trafikarter vurderes nærmere. Det kan her generelt være relevant at undersøge behovet og muligheden for etablering af skiltning, kanalisering og eventuelt signalanlæg og belysning. I krydset Færgevej-Finlandsvej-Gl. Badevej bør der eventuelt også indgå vejudvidelse i disse betragtninger.

Støjbelastning

De væsentligste støjende aktiviteter i anlægsfasen omfatter: Ramning af spuns i forbindelse med etablering af landfæste og midterpier, stenhåndtering i forbindelse med etablering af dækmoler, kørsel på området med entreprenørmateriel og kørsel på de omliggende veje i forbindelse med jordtransport og øvrig transport. Den nærmeste bolig er Gl. Badevej 5, der ligger ca. 350 m nordøst for byggepladsen. Beregningerne viser, at støjbelastningen i dagperioden vil være op til 55 dB(A) og i aften- og natperioden op til 40 dB(A).

Støjen i driftsfasen vil kunne opdeles i støj fra terminalområdet og trafikstøj på de omliggende veje.

For terminalstøjen forventes de vejledende støjgrænser for åben og lav boligbebyggelse overskredet i aften- og natperioden ved nærmeste bolig, Gl. Badevej 5. Overskridelsen skyldes primært støj fra lastbiler med kølekompressorer og fra færgen, når den ligger ved kaj med vogndæksventilation, hjælpemaskineri mv. i drift.

Det vil være muligt at reducere støjen, så de vejledende støjgrænser er overholdt. Foranstaltningerne vil være at placere lastbiler med kølekompressorer i et særligt afskærmet område samt evt. at støjdampe færgen.

For støjen fra trafikken til og fra færgeterminalen gælder for Færgevej og Gl. Badevej at kun ejendommen Gl. Badevej 1 vil blive belastet med et trafikstøjniveau på mere end 55 dB(A).

Luftforurening

I anlægsfasen vil anvendelse af entreprenørmaskiner give anledning til luftforurening.

Anlægsarbejdet på havneanlægget medfører mest luftforurening, men da spredningen i kystområder generelt er stor, forventes der ikke gener. Dette gælder også for luftforureningen fra anlægsarbejdet på land.

I driftssituationen betyder etablering af den nye færgeterminal en reduktion af luftforureningen fra den sidste del af motorvejen, hvilket skyldes, at en del af trafikken forskydes til vejene til den nye færgeterminal. Samlet øges luftforureningsmængden fra trafikken lidt, fordi afstandene er lidt større. Forøgelsen har alene lokal betydning, da der kun sker en

forskydning af trafikmønstret omkring havnen. Derfor forventes det ikke, at luftkvalitetsgrænseværdierne vil blive overskredet.

Spildevand og udløb fra renseanlæg

Sanitært spildevand fra færgeterminalen tilsluttes kommunens kloaksystem/reanseanlæg. Sanitært spildevand fra færgerne opsamles i en tank på kajen. Fra denne tank kan det opsamlede spildevand pumpes eller transporteres med tankvogn til Rødbyhavn Renseanlæg.

Det vil være hensigtsmæssigt at etablere separat afvandingssystem for regnvand på terminalområdet. Regnvand skal opsamles i dette og via et benzin- og olieudskilleranlæg udledes/pumpes til Femer Bælt

Affald som opsamles på færgeterminal og færger bortskaffes i henhold til i Rødby Kommunes regulativer for fast affald.

Udløbet fra Rødbyhavn Renseanlæg er placeret i havnebassinet for den planlagte færgeterminal. Hvis udledningen fra renseanlægget bibeholdes, vil det forringe den hygiejniske vandkvalitet i det nye havneområde på grund af dårlige opblandingsforhold fra det udledte, rensede spildevand.

Der kan foreslås følgende to løsninger til ændring af udløbets placering:

- Udløbet flyttes 600 m mod øst langs diget med en ny udløbsledning uden for diget, til den er fri af den nye havns østlige stenkastningsmole, og ledningen afsluttes med et udløb i havstokken.
- Udløbet forlænges i en ny 400 m havledning ud gennem havnebassinet og under den nye havns vestlige stenkastningsmole.

Jordbundsforhold og grundvand

Ifølge oplysninger fra Rødby Kommune har der på den sydøstligste del af området været losseplads med deponering af dagrenovation. Der er i forbindelse med nærværende VVM-vurdering udført en orienterende undersøgelse af jord- og grundvandsforurening på arealet, der har bekræftet, at den sydlige halvdel af det område, hvor opmarcharealer skal placeres, har være brugt til affaldsdeponering.

Ved anlæg af færgeterminalen påregnes der ikke afgravet jord eller fyld på lossepladsområdet, idet veje og andre befæstede arealer anlægges oven på den eksisterende terrænoverflade.

Da samtlige bygninger påregnes placeret uden for lossepladsområdets afgrænsning, forventes der ikke at fremkomme forurenede jord eller fyld til deponering i forbindelse med udgravning til terminalbygning, administrations- og lagerbygninger samt toldbygning.

Der er dog påregnet afrømning af en vis mængde overjord i forbindelse med anlægget. Genanvendelsesmuligheden for denne jord undersøges i forbindelse med detailprojekteringen.

2.6 Beskrivelse af metoder

Vurderingerne er baseret på det foreliggende materiale, herunder dispositionsforslaget for færgeterminalen, samt Euroports skøn over trafikmængden til anlægget.

Der er udført en kortvarig besigtigelse og vurdering af dyre- og plantelivet i området samt besigtigelse og fotografering i forbindelse med den visuelle vurdering.

Endvidere er der udført en undersøgelse, der skal belyse risikoen for at påtræffe forurenede jord, forurenede grundvand eller lossepladsgas i forbindelse med anlægsarbejderne. Foreliggende oplysninger er gennemgået, og der er udført 8 miljøtekniske borer, hvor der er undersøgt for bl.a. oliekomponenter, tjærekomponenter og tungmetaller. Der er endvidere udført undersøgelse af forekomsten af lossepladsgas og kemikalieaffald på 8 stationer.

2.7 Oversigt over eventuelle mangler ved oplysningerne

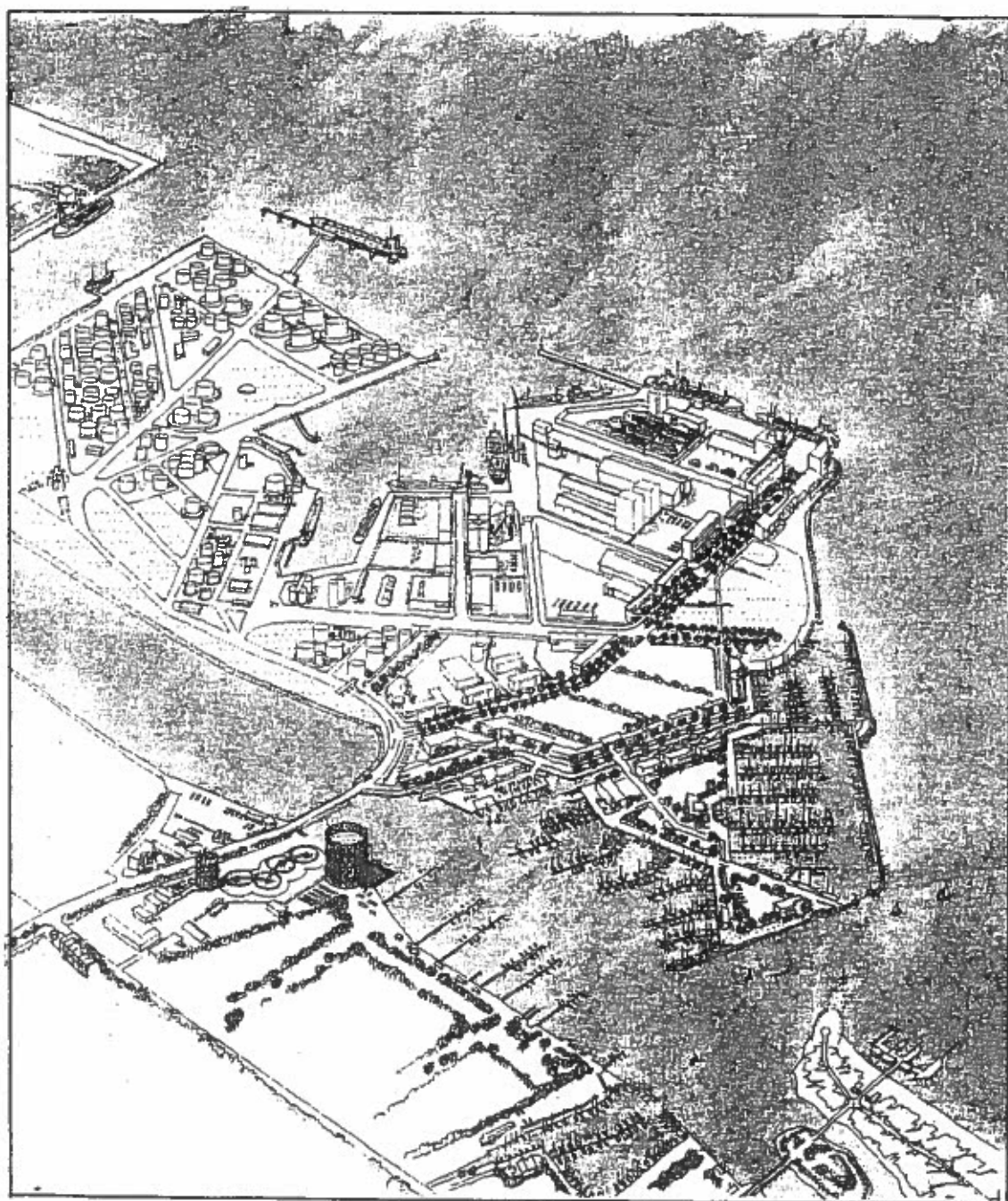
Som angivet ovenstående er der behov for at vurdere kapacitet og bæreevne på dele af det lokale vejnet, som anvendes som tilkørselsveje, samt vurdere mulighederne for at reducere uheldsrisikoen på udvalgte vejstrækninger og vejkryds.

Herunder skal mulighederne for at cyklisterne på den regionale cykelrute (rute 38) kan holdes adskilt fra færgetrafikken vurderes.

I forbindelse med de to alternativer for flytning af renseanlæggets udløb udestår grundlaget for at vurdere de økonomiske og miljømæssige konsekvenser. Der mangler bedre kendskab til den aktuelle funktion af renseanlægget i forbindelse med tør- og regnvejr forhold, aflastninger, E.coli-indhold i det rensede spildevand mv.

Konsekvenser for den hygiejniske vandkvalitet ved de to løsningsforslag for flytningen af udløbet vil kunne dokumenteres bedre ved at gennemføre en teoretisk modelberegning for strømnings- og vandskifteforholdene i de to alternativer.

Forslag til VVM-redegørelse
Udvidelse af Prøvestenen



Københavns Kommune og Københavns Havn
Januar 2000

Forslag til VVM-redegørelse for udvidelse af Prøvestenen.

Forslag til VVM-redegørelse er udarbejdet af Københavns Kommune ved Miljøkontrollen og Københavns Havn på baggrund af en række notater fra konsulenterne Carl Bro Miljø og Rambøll. Notaterne, der er indeholdt i denne VVM-redegørelse, omfatter:

Carl Bro Miljø:

- Notat nr. 2.2. Ikke teknisk resumé, driftsfase
- Notat nr. 3.1. Beskrivelse af havneanlæggene
- Notat nr. 4. Vurderede alternativer til havneudvidelsen
- Notat nr. 9. Miljømæssige forhold ved drift af havneanlæg
- Notat nr. 10. Ændringer i trafikforhold og deres miljømæssige konsekvenser
- Notat nr. 12. Socioøkonomiske konsekvenser afledt af miljømæssige påvirkninger

Rambøll:

- Notat nr. 2.1 Ikke teknisk resumé for opfyldning/deponi og karteringsanlæg
- Notat nr. 3.2. Beskrivelse af opfyldning/deponi og karteringsanlæg
- Notat nr. 4.1.3. Vurderede alternativer til jorddisponering i hovedstaden
- Notat nr. 5. Beskrivelse af eksisterende forhold
- Notat nr. 6. Beskrivelse og vurdering af miljøpåvirkninger i anlægsfase for opfyldning/deponi og karteringsanlæg
- Notat nr. 7. Sammenhæng med Amager Strandpark-projektet
- Notat nr. 8. Miljømæssige forhold ved den nye kystlinie ved Amager Strandpark
- Notat nr. 9.2. Beskrivelse og vurdering af miljøpåvirkning i driftsfasen for jorddepotet.

Alle notater er udarbejdet i december 1999.

Endvidere har arkitekt m.a.a. Dan B. Hasløv udarbejdet notat af 7. januar 2000 vedrørende "Områdets indvirkning på kystlandskabet" med tilhørende fotos og visualiseringer.

Miljøkontrollen, januar 2000

2 Ikke teknisk resumé

2.1 Ikke teknisk resumé for opfyldning/deponi og karteringsanlæg

2.1.1 Beskrivelse af opfyldning/deponi og karteringsanlæg

Det er i forbindelse med udvidelsen af Prøvestenen påtænkt at etablere et ca. 42 ha stort deponi til opfyldning med rent og forurenede jord på vandarealerne ud for den sydøstlige og sydlige del af Prøvestenen. Deponiet er planlagt inddelt i 3 delområder:

- Delområde II:** Areal på ca. 18 ha øst for den sydøstlige del af Prøvestenen, hvor der kan deponeres forurenede jord svarende til forureningsgrad klasse 2 og klasse 3 jævnfør amternes vejledning i håndtering og bortskaffelse af forurenede og rensede jord.
- Delområde III:** Areal på ca. 18 ha syd for Prøvestenen og den nye opfyldning i område II, hvor der kan deponeres forurenede jord svarende til klasse 2 og klasse 3 jord.
- Delområde IV:** Areal på ca. 6 ha syd for område III, som skal opfyldes med rent jord svarende til klasse 1 jord.

Kajvæggene i jorddepotet udformes som stålpunsvægge mens den øvrige kystindfatning udføres som dæmninger, der mod søsiden er sikret med sten. Til opbygning af kystindfatninger er påregnet anvendt 550.000 m³ klasse 1 jord og sand, mens volumen af fyld (klasse 1, 2 og 3 jord) til opfyldning af depotet udgør omkring 2.280.000 m³.

Et karteringsanlæg på omkring 3 ha, til modtagelse, registrering, kontrol, anvisning og afsendelse af jord til behandling eller deponering, er planlagt placeret i umiddelbar tilknytning til depotet på Prøvestenen.

Organisering af ejerskab af jorddepot og karteringsanlæg mellem Københavns Havn og Københavns Kommune er ikke endeligt fastlagt, og der vil på et senere tidspunkt blive indgået en aftale mellem de to parter om det nærmere samarbejde vedrørende arealernes etablering, drift og senere anvendelse.

Etableringen af jorddepotet, karteringsanlægget samt opfyldningen af jorddepotet er planlagt at ske indenfor en tidsperiode på 10 år.

2.1.2 Havneprojektets sammenhæng med Amager Strandpark projektet

I Københavns Kommuneplan 1997 er området umiddelbart syd for Prøvestenen og langs Amager Strand reserveret til en fremtidig udvidelse af Amager Strandpark samt lystbådehavn.

Den gældende kommuneplan forudsætter, at der udarbejdes en samlet plan for udformningen af kysten fra Prøvestenen til Kastrup, samt for de opfyldninger/reguleringer, der i den sammenhæng skal gennemføres i forbindelse med etablering af udvidelsen af Prøvestenen og etablering af den planlagte nye lystbådehavn og den nye fremskudte Amager Strandpark.

Bestemmelsen stammer fra Kommuneplan 1993, hvor man lagde til grund, at en udvidelse af det opfyldte areal på Prøvestenen ikke – retligt eller kystteknisk – må gøre det vanskeligt eller umuligt at gennemføre planerne om en udvidet Ny Amager Strandpark. Siden har et særligt udvalg under Trafikministeriet i 1996 udgivet rapporten "Ny Amager Strandpark", hvori man bl.a. fremlægger resultatet af en række tekniske undersøgelser om den optimale udformning af en stabil kyststrækning i forhold til bølgeretninger og strømforhold på Amagers østkyst /1/.

2.1.3 Miljømæssige forhold ved den nye kystlinie ved Amager Strandpark

Ved anlæg af en ny Amager Strandpark vil der ske en beslaglæggelse af eksisterende havbund. Arealet på søterritoriet er i ref./1/ opgjort til at andrage minimum 0,15 km² /1/.

I forhold til den nuværende strandpark vil det nye anlæg åbne for et større udbud af rekreative muligheder. Den nye fremskudte kystlinie vil medføre en forbedring af badevandskvaliteten og ikke mindst af badeforholdene i al almindelighed ved de større vanddybder udfor kysten.

Der er foretaget en række undersøgelser for en Ny Amager Strandpark der viser, at der ikke vil ske nogen nævneværdig påvirkning af sedimenttransporten langs kysten eller af gennemstrømningen gennem Øresund. Påvirkningen fra spildevandsudledninger er udfor den nye kystlinie vurderet, at blive reduceret ligesom det er vurderet, at der ikke vil forefindes løstliggende fedtmøg i vandet ud for stranden, sådan som det ses i dag på det lavvandede område ud for træspunsen /1/. Således vurderes ansamlinger af fedtmøg, tang og ålegræs udfor kysten og opskyllet på stranden, at forekomme svarende til forekomsten ved andre østvendte strande i Øresundsområdet.

I forbindelse med design af en ny Amager Strandpark er det foreslået for områderne nord og syd for strandparken, at etablere et reservoir i form af et

uddybet område for derigennem at undgå tilsandingsproblemer af indsejlingerne til hhv. Sundby sejlforenings bådehavn og Kastrup havn /1,3/.

Etableringen af en ny fremskudt Amager Strandpark udgør et indgreb i den eksisterende park, som kræver Fredningsnævnets tilladelse, jf. naturbeskyttelseslovens § 50, stk. 1 om nævnets dispensationsbeføjelser, eller – hvis nævnet finder, at ændringerne er for vidtgående til at kunne meddele dispensation – gennemførelse af en ny fredningssag, jf. samme §, stk. 2 om videregående afvigelser fra en fredning. Det er vurderet at være hensigtsmæssigt at gennemføre en fredningssag, eventuelt efter parkens etablering, som justerer fredningsbestemmelserne efter de nye forhold.

2.1.4 Miljøpåvirkninger i anlægsfasen for opfyldning/deponi og karteringsanlæg

Beslaglæggelse af havbund

Etablering af jorddepotet vil medføre en permanent beslaglæggelse af ca. 42 ha havbund ud for Prøvestenen. Arealet som beslaglægges er vurderet at udgøre et potentielt gyde- og opvækstområde for en række fiskearter, og udgør en lille procentdel (omkring 0,5%) af den samlede forekomst af lignende biotoper i området. Således vurderes beslaglæggelsen af havbund ikke at medføre betydende påvirkning på flora eller fauna, herunder fisk.

Trafik

Anlægsarbejderne i forbindelse med etableringen af deponiet (kajkonstruktioner og dæmninger) og karteringsanlægget vil medføre en forøgelse i trafikken til og fra Prøvestenen. Ligeledes er det vurderet, at opfyldningen af deponiet med ren og forurenede jord på ialt omkring 2,3 millioner m³ jord vil medføre, at der i gennemsnit skal køre 100 – 150 lastbiler med jord til Prøvestenen hver dag i en periode på 8 år.

I år 2010 forventes den række af aktiviteter, som Københavns Havn ønsker på Prøvestenen, at være flyttet derud, hvorfor lastbiltrafikken forventes at stige til 2.000 biler pr. døgn mod omkring 900 lastbiler pr. døgn i år 2000 /3/.

Det er vurderet, at der ikke vil være problemer med at afvikle den øgede trafik. Der kan dog opstå sikkerhedsmæssige problemer i forhold til den krydsende fodgænger- og cykeltrafik mellem idræts- og fritidsarealerne på Kløvermarken og boligområderne syd for Prags Boulevard. Af ref. /3/ fremgår, at der vil blive foretaget en nærmere vurdering af disse problemer i det videre arbejde med lokalplanen for området.

Støj og vibrationer

Støjbelastningen af omgivelserne, i forbindelse med etablering af karteringsanlæg og jorddepot samt ved opfyldning af jorddepotet, er beregnet i 5 udvalgte receptorpunkter. Af beregningerne fremgår, at der ikke forventes at ske en overskridelse af de vejledende grænseværdier for støj, for de valgte receptorpunkter.

Tilsvarende vurderes der ikke at forekomme vibrationer ved boligområder eller øvrige følsomme områder i forbindelse med anlægsarbejderne.

Luftforurening

- Der er udført beregninger af emissionen af CO, NO_x, SO₂, HC og partikler for en række aktiviteter ved anlæg af karteringsanlæg og depot, samt ved opfyldning af depot.

Emissionen af forurenende stoffer fra midlertidigt oplag af jord på karteringsanlægget samt fra deponering af forurenede jord, vurderes ikke at medføre nogen betydende forurening af den omgivende luft. Dette skal ses ud fra, at den jord som håndteres, forventes primært forurenede med metaller, tungere olier (herunder smøreløser) og PAH-forbindelser. Således er der tale om oplag af forurenede jord med lavt indhold af flygtige forbindelser.

De udførte beregninger af emissionen tager ikke højde for den forventede forureningskoncentration i specifikke positioner. Således skal det afklares om det vurderes relevant, at foretage beregninger af immisionsforholdene i specifikke positioner.

Transport og håndtering af jord på karteringsplads, af- og pålæsning samt indbygning af jorden i depot kan give anledning til støvgener. Således skal transporten af forurenede jord foregå enten i lukkede containere eller med overdækkede læs for at undgå støvgener. Køreveje skal renholdes ved fejning og /eller vanding for ikke at give anledning til støvgener i omgivelserne, ligesom oplagrede jordpartier vandes via et vandingssystem således, at støvflugt til omgivelserne hindres i tørre perioder.

Jord- og grundvandsforurening

Risiko for jord- og grundvandsforurening er vurderet at være lille fra midlertidigt oplag af forurenede jord på karteringsanlægget og fra jorddepotet. Det skal samtidig anføres, at for området hvor karteringsanlægget etableres er der ved tidligere miljøtekniske undersøgelser registreret forurening af jord og grundvand med olieprodukter.

Forurening af Øresund

Under opfyldning af jorddepotet kan der forekomme udvaskning af forureningskomponenter fra den forurenede jord i forbindelse med våd-deponering af jord i depot.

Således vil der i takt med opfyldningen af depotet ske en fortrængning af vand og forurening fra deponiet til Øresund.

Den deponerede forurenede jord forventes primært at indeholde tungmetaller og olie/PAH-komponenter. De til beregningen udvalgte stoffer repræsenterer de forskellige grupper af stoffer, som typisk forefindes i klasse 2 og 3 forurenede jord.

Det antages, at forureningskomponenterne kun udvaskes vha. nettonedbøren. Der er således set bort fra tidevandspåvirkningerne, som er mindre betydende for beregningerne jf. ref. /4/.

Af resultaterne fra de udførte beregninger fremgår, at udsivningen af forurenende komponenter til Øresund vil være størst for opfyldningens sidste og 8. år. Men selv under slutopfyldningen i det sidste år vil kravene til vandets indhold af de udledte forureningskomponenter i Øresund være overholdt i få meters afstand fra opfyldningsområdet.

Efter endt opfyldning vil udsivningen af forurenende komponenter til Øresund være væsentligt lavere end under opfyldningsfasen.

Den samlede forurening til Øresund fra det aktuelle anlæg og øvrige forureningskilder i området, vurderes ikke at give anledning til problemer med vandkvaliteten i området tæt på Amager Strand eller i Øresund generelt.

Udsivningen af forurenende komponenter til Øresund vurderes ikke at resultere i en målelig påvirkning på hverken den marine flora eller fauna.

Det kan ikke udelukkes, at der i forbindelse med spild af jord ved anlæg af dæmninger, kan ske en påvirkning af badevandskvaliteten, specielt omkring badeanstalten Helgoland. Påvirkningen vil bestå i en forøgelse af suspenderet materiale i vandet hvilket kan medføre at vandet får et uæstetisk "udseende".

For at undgå en eventuel påvirkning af badevandskvaliteten skal der i forbindelse med anlæg af dæmninger for område IV (eller del af område IV) foretages foranstaltninger, f.eks opsætning af siltgardin, der effektivt hindrer spredning af jord og sediment til det nærliggende badeområde ved Amager Strand.

Etablering og drift af jorddepotet vurderes ikke, at ville få indvirkning på badevandskvaliteten ved Amager Strand eller muligheden for at opnå "Blå Flag" status.

2.1.5 Miljøpåvirkninger i driftsfasen for jorddepotet

I driftsfasen for jorddepotet vil der primært være påvirkning af omgivelserne i forbindelse med udsivning af forurenende komponenter fra jorddepotet til Øresund.

På baggrund af den beregnede udsivning af udvalgte opløste metaller og olie/PAH-komponenter til Øresund, samt beregning af den samlede kritiske spredningsfaktor, er det vurderet, at der ikke vil ske målelig påvirkning af hverken vandkvalitet, den marine flora eller fauna.

Anlægget vurderes ikke at ville påvirke vandskifteforholdene og vandkvaliteten i Prøvestenskanalen i måleligt omfang.

2.2 Ikke teknisk resumé, driftsfasen havneanlæg

2.2.1 Baggrund

I Københavns Havns vision for Prøvestenen "PLAN- VISION 2010, Status og Visioner, Københavns Havn" er der fremsat ønske om at udvikle Prøvestenens tørbulkhavn. Havnen har gennem en periode målrettet omdannet havneområdet fra et område udelukkende til losning, lagring og lastning af olie- og benzinprodukter (flydende bulk) til også at omfatte sten, grus mv. (tørbulk), idet disse funktioner flyttes hertil fra bl.a. Sydhavnen.

Foruden de erhvervshavnemæssige funktioner omfatter Havnens ønsker en lystbådehavn sydøst for erhvervshavnen i tilknytning til en ny Amager Strandpark. Endvidere indgår et serviceområde/bufferzone mellem de to funktioner.

Den planlagte udvidelse af Prøvestenen omfatter i alt ca. 42 ha, heraf er erhvervshavneudvidelsen på ca. 18 ha. Erhvervshavnen og bufferzonen adskilles af en vold med bevoksning. Bufferzonen omfatter et areal på ca. 18 ha mellem erhvervshavneudvidelsen og lystbådehavnen. I bufferzonen indgår grønne områder og serviceerhverv samt andre funktioner med tilknytning til lystbådehavnen. Lystbådehavnen omfatter et areal på ca. 6 ha i retning mod Amager Strandpark.

2.2.2 Omfanget af aktiviteter i tørbulkhavn og lystbådehavn

Udvidelsen af området vurderes at medføre, at havneaktiviteterne for tørbulk fordobles. År 2010-scenariet, som miljøvurderingerne for tørbulkhavnen er baseret på, fremkommer således ved at fordoble de forventede aktiviteter i år 2000 under hensyntagen til allerede forudsete ændringer i produktionen eller andre former for udvikling af produktionsmetoden.

Ved vurderingen af miljøpåvirkningen fra selve tørbulkhavnen er der regnet på den totale aktivitet, inkl. aktiviteten på det eksisterende tørbulkområde, mens der ved vurderingen af miljøpåvirkningen fra trafikken til tørbulkhavnen kun er taget hensyn til den trafikmængde, der er et resultat af udvidelsen. Baggrunden er, at eventuelle afhjælpende foranstaltninger til at reducere miljøbelastningen fra tørbulkhavnen bør tage udgangspunkt i den samlede påvirkning, mens samme angrebsvinkel ikke er relevant for den eksterne trafik, hvor trafikken til og fra havneområdet på Prøvestenen udgør en yderst begrænset andel.

Vurderingen af miljøpåvirkningerne som følge af aktiviteterne i lystbådehavnen er baseret på, at lystbådehavnen har plads til 1.200 både, og at der etableres en kombineret vinterplads for lystbåde og parkeringsplads til 500 autocampere i bufferzonen.

2.2.3 Miljøpåvirkninger af aktiviteter i driftsfasen

Trafik

Det vurderes, at den ekstra trafik til og fra det nye opfyldningsareal ved Prøvestenen generelt ikke vil give anledning til væsentlige trafikale eller sikkerhedsmæssige problemer, da trafikken forventes primært at benytte vejstrækninger, der i forvejen bærer en relativt stor trafik og derfor må antages at være indrettet dertil.

Nærmest Prøvestenen, ved Prags Boulevard og Uplandsgade, udgør den forventede ekstra trafik til og fra Prøvestenen, særligt den tunge lastbiltrafik, dog en så væsentlig del af den forventede samlede trafik, at dette alt andet lige mærkbart vil forværre de sikkerhedsmæssige forhold ved disse vejstrækninger. Der kan således opstå problemer i forhold til specielt den krydsende, lette trafik (fodgængere og cyklister) mellem fritidsarealerne ved Kløvermarken og boligområderne syd herfor. Nævnte problemer og mulighederne for eventuelle afhjælpningsforanstaltninger bør derfor undersøges nærmere i det videre planlægningsarbejde.

Støj

Ændringerne i støjbelastningen i nærområdet fremkommer dels af den øgede aktivitet i erhvervshavnen, dels aktiviteterne i lystbådehavnen og endelig trafikken til og fra området.

På den sydlige del af Prøvestenen vil driften af serviceanlæg og lystbådehavn medføre støj til omgivelserne. På grund af afstanden og områdestatus for de nærmeste arealanvendelser forventes støjbidraget fra lystbådehavnen og serviceområdet ikke at medføre væsentlige støjgener. Havneaktiviteterne på Prøvestenens havneområde vil være den altdominerende støjkilde i området. Det vil være nødvendigt at dæmpe støjen fra det udbyggede havneområde for at begrænse støjulemperne.

Til dæmpning af støjvold fra erhvervshavnen til lystbådehavnen og Amager Strandpark forventes en støjvold etableret mellem Prøvestenens område til tørbulk og den planlagte bufferzone. Støjvolden bør anlægges så tæt ved støjilden eller tæt ved det område, der skal beskyttes mod støjen, som muligt. Etablering af voldanlæg til dæmpning af støjen vil kun i mindre omfang begrænse støjvolden fra kajaktiviteter, da støjildene er placeret højt over terræn.

For trafikken i København som helhed betyder flytningen af aktiviteter bl.a., at området omkring Sydhavnen aflastes støjmæssigt, mens støjniveauet på hovedtilkørselsvejene til Prøvestenen øges.

Samlet set forventes den forøgede trafik, der primært består af tung lastbiltransport fra Prøvestenens udbyggede havneområder, ikke at medføre væsentlige forøgelser af støjbelastningen. Med en trafiksituation, hvor havnetunnelen er etableret, vil stort set ingen boliger merbelastes af vejtrafikstøj. Antages havnetunnelen ikke at blive etableret, vil støjbelastningen forøges med ca. 1 dB ved boligfacader langs med gaderne Vermlandsgade og Ved Stadsgraven. Stigningen i støjbelastningen skyldes primært en forøgelse i andelen af den tunge trafik på ca. 4 % gennem de ovennævnte gader.

Luftforurening

Den væsentligste årsag til luftforureningen fra havneområdet skyldes drift af maskinel. Halvdelen af bidraget fra driften af maskinel stammer fra læsemaskinerne. Desuden bidrager de dieseldrevne nedknusnings- og sorteringsmaskiner også væsentligt til luftforureningen.

Luftforureningen fra skibes hjælpemotorer kan reduceres betydeligt ved ekstern strømforsyning til erstatning for drift af hjælpemotorerne. Det kan imidlertid vise sig teknisk vanskeligt at etablere et anlæg, som alle anløbende skibe kan benytte, idet skibene kan have forskellige strømsystemer. Anvendelse af svovlfattig brændselolie til skibene vil kunne begrænse luftforureningen med svovl. Desuden vil eldrevne sorterings- og knusemaskiner også begrænse luftforureningen væsentligt.

I perioder med anløb af skibe eller skibe i havn vil luftforureningen fra erhvervshavnen være størst. I disse perioder vurderes det, at de vejledende grænseværdier for luftforurenende stoffer vil være overholdt.

Samlet vurderes luftforureningen fra havneaktiviteterne ikke at forårsage nævneværdige gener, da spredningen i det åbne kystområde er stor.

Den øgede trafik fra udvidelsen af Prøvestenen vil kun berøre få vejstrækninger, der omfatter boligområder med lukkede gaderum, og bidraget til en forringelse af luftkvaliteten i København vil være yderst begrænset.

Affald

Affald, herunder olie- og kemikalieaffald, som opsamles i erhvervshavneområdet og i lystbådehavnen, bortskaffes i henhold til gældende miljølovgivning og regulativer.

Med hensyn til affald fra skibe skal bestemmelserne i den internationale konvention på området (MARPOL 73/78) overholdes.

Spildevand

Sanitært spildevand fra erhvervshavnen og lystbådehavnen skal tilsluttes kommunens kloaksystem/ renseanlæg.

Erhvervshavnen skal udstyres med de lovpligtige anlæg til modtagelse af spildevand, ballastvand mv. fra de anløbende skibe. Bestemmelserne i den internationale konvention på området (MARPOL 73/78) om spildevand og olieforurenede spildevand, herunder ballastvand, skal overholdes.

Overfladevandet fra den kombinerede opbevaringsplads for lystbådene om vinteren og autocampere om sommeren kan være belastet med olie- og benzinspild fra sommerens brug som camperplads, og fra forårsklargøringen af lystbådene vil der på pladsen ligge malingsrester mv. indeholdende stoffer, der er uønskede i vandmiljøet. De nærmere krav til udledningstilladelse skal afklares med Københavns Kommune.

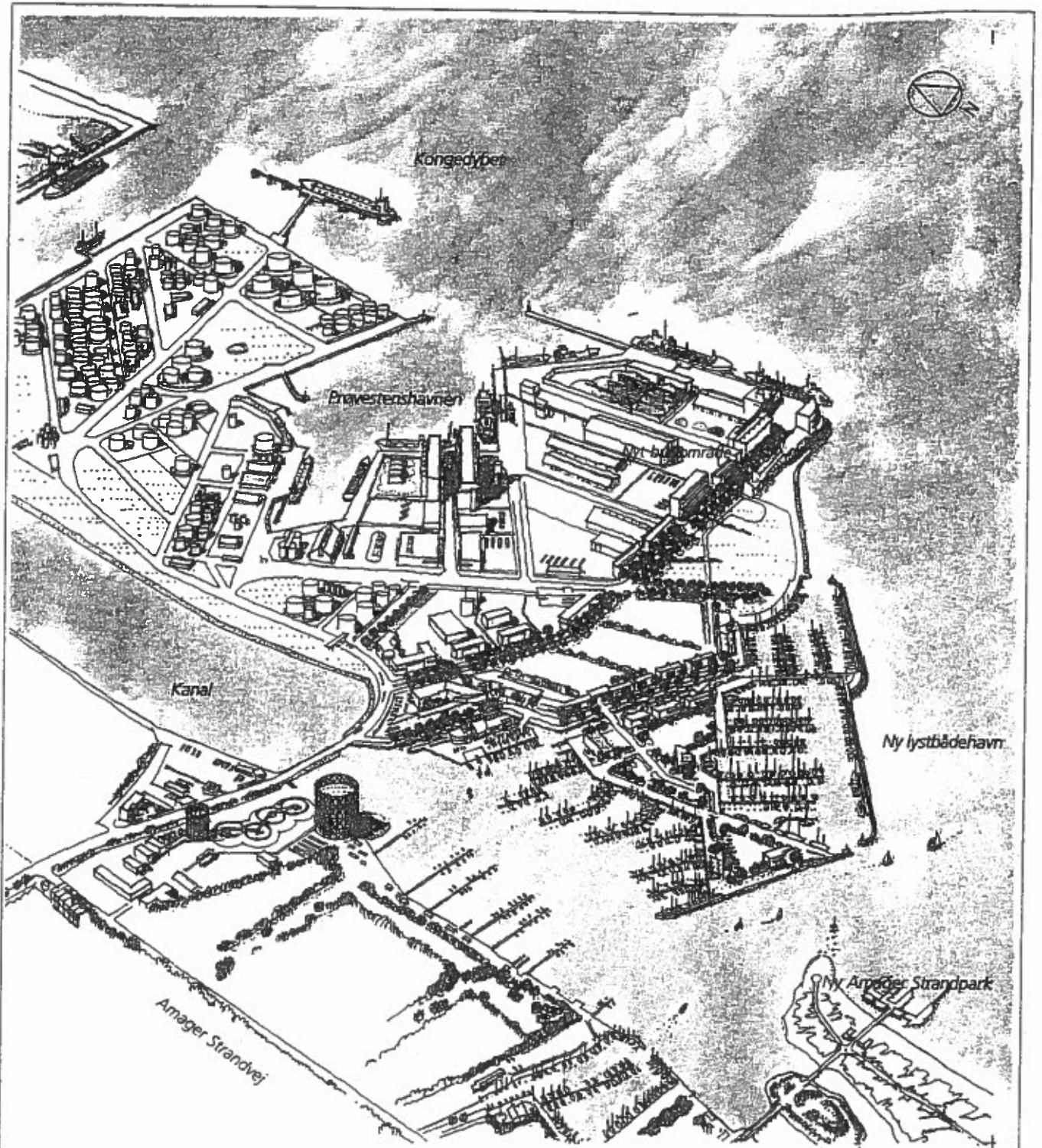
Andre påvirkninger

Der vurderes ikke at være andre væsentlige miljøpåvirkninger i forbindelse med driften af den planlagte udvidelse af Prøvestenen.

2.3

Referencer

- /1/ Ny Amager Strandpark. Indledende kystteknisk og miljømæssig udredning og udformning og placering af en eventuel Ny Amager Strandpark. Dansk Hydraulisk Institut 1996.
- /2/ Trafikministeriet. 1996. Ny Amager Strandpark.
- /3/ Københavns kommune. Udvalgsindstilling med sagsbeskrivelse. Redegørelse for igangsætning af kommune- og lokalplanarbejde for "Prøvestenen". Fax. fra Miljøkontrollen dateret den 7. december 1999.
- /4/ Københavns Kommune. 1998. Miljøgodkendelse af et stort havneslamsdepot øst for Renseanlæg Lynetten i Københavns Havn. Miljøkontrollen.



Figur 3.1.1 Københavns Havns vision for Prævestenen ifølge: PLAN-VISION 2010, Status og Visioner, Københavns Havn.

South Port of Copenhagen: Clean-up of Contaminated Sediments

NIELS LYKKEBERG & HELGE GRAVESEN, *Carl Bro a/s, Glostrup, Denmark*
 KAJ HOLM JØRGENSEN, *Port of Copenhagen, Denmark*

ABSTRACT

The planned conversion of part of the Port of Copenhagen to yacht basins and waterfront development requires water and seabed environmental improvements. The authors describe the present levels of contamination and sources, and discuss methods of cleaning the sea bed sediments.

A PORT UNDER CHANGE

The South Port of Copenhagen will, within a few years, be converted from port use to areas with attractive housing and offices along the waterfront. Lower water depth will be allowed, maintaining access for yachts only. The environmental standard required will be 'fishing and bathing water quality'. Carl Bro a/s, Krüger A/S and Copenhagen Environmental Authority have carried out a study premised on this goal. Figure 1 illustrates the Port of Copenhagen.

CONTAMINATION IN SOUTH PORT

The present environmental problems in the South Port are:

- high content of heavy metal (mainly mercury) due to previous outlet from production plants;
- infrequent overflow from the sewerage system resulting in a broad type, but relatively low concentration contamination;
- previous and present release of Tri-Butyl-Tin (TBT) from anti-fouling paints from ships' hulls.

In total, 500,000 m³ of contaminated sediments with a layer thickness of, typically, 0.5 m is located in the South Port. The amount of mercury is estimated at 9 tonnes (plus 7 tonnes in the other parts of the port). Typical concentrations are given in Table 1 and the contaminated area is illustrated in Figure 1. The yearly net sedimentation in the South Port amounts to approximately 1 mm.

The sewerage system is currently being changed, resulting in a reduction from the present 20-30 cases to, in future, only 8-10 cases of overflow into the port per year. This should result in overflow amount reduction to approximately 40% with a corresponding reduction in heavy metal input. It is estimated that approximately 125 kg TBT is released from antifouling products every year.

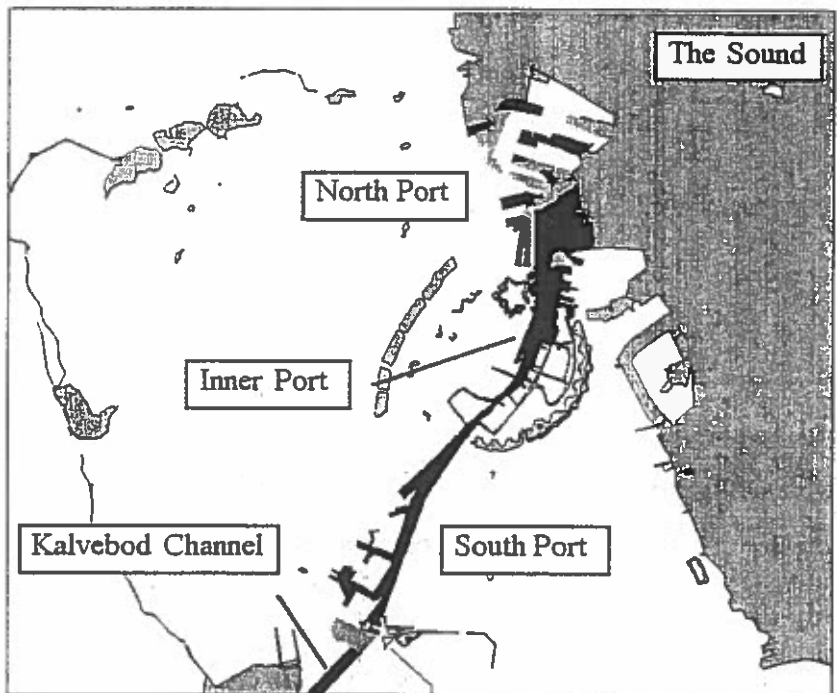


TABLE 1.
TYPICAL CONCENTRATIONS IN SOUTH PORT

Component	Concentration in dry matter (DM) (mg/kg DM)
Mercury	38
Copper	265
Zinc	980
Cadmium	7.9
Lead	210
Nickel	41
TBT	0.2

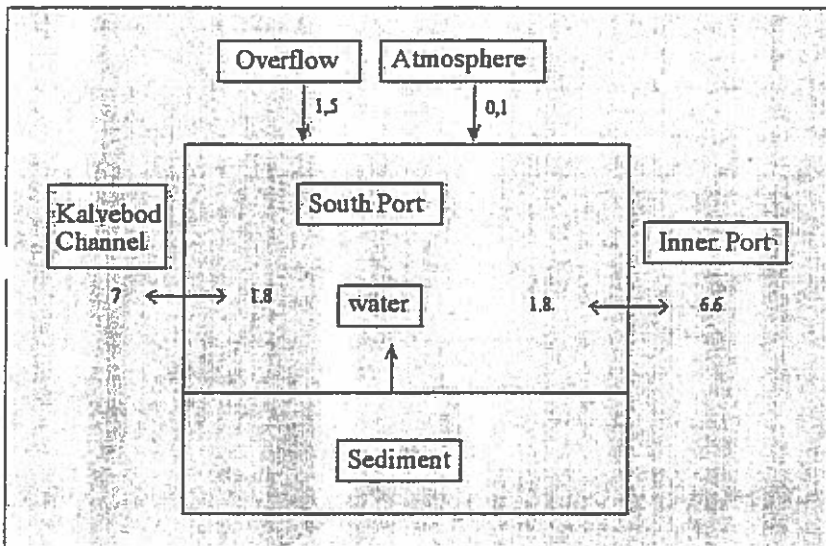
Figure 1
Mercury concentrations in the sediment in Port of Copenhagen.
Green: Uncontaminated
Yellow: Lightly contaminated
Red: Heavy contaminated

TRANSPORT OF CONTAMINATION

The flux of water through the Port of Copenhagen is between 50-100 m³/s. This in general results in a reasonable water quality, but is also a main reason for dispersion of contaminants between and out of port sections.

The mass balance for the South Port for mercury is illustrated in Figure 2. From the figure it may be concluded that re-suspended sediment is the major source for a mercury release of approximately 8 kg per year exported to the Inner Port and Kalvebod

Figure 2
Mercury mass balance
(kg/yr) for the South Port



Channel. The overflow from the sewerage system is today responsible for an inflow of approximately 1.5 kg mercury per year to the South Port area.

The transported mercury is totally dominated by the transport of fine materials in which the mercury is adsorbed. The assumed mass balances for three heavy metals are presented in Table 2, before and after a change in the overflow system. The re-suspension is mainly related to bioturbation from activities of the species in the seabed. The pure chemical dispersion is minimal. The estimate of the mass flow for TBT is still outstanding, due to lack of concentration measurements.

From the mass flow estimate, it may be concluded that a clean-up of only one section of the port is of limited interest, because the contamination transport from the other port sections is of major importance. All clean-up activities have to be developed on the basis of a detailed mass flow model.

CLEAN-UP ALTERNATIVES

Capping

A capping will effectively reduce the flux of contaminants from the seabed. The pure chemical dispersion only requires a relatively thin capping layer. Bioturbation requires a much thicker capping layer to ensure that the transport of contaminated materials from layers below the seabed to the surface, followed by re-suspension, is reduced to an insignificant amount. The required layer thickness is dependent upon the actual species and the type of capping material. The minimum required layer thickness is believed to be 0.4 m.

Test capping is being planned with various types of capping materials. They include sand, with or without a sub-layer of geotextile (to reduce bioturbation), and sand with an upper layer of gravel (also to reduce bioturbation and erosion). Further, a trial will be made to make use of traditional clean fill materials (original clay till) because it is available in Copenhagen, either at no cost or the port may even be paid to undertake the fill.

Due to the conversion of the South Port from general harbour purposes to housing and offices, the present water depth may, without any problems, be reduced with the capping layer. In the rest of the harbour, the requirements of water depth and ship traffic prevent use of capping. The capping must be resistant to shear forces from waves and current, and scour induced by ship propellers. The result is that, in certain areas, the use of a coarse top layer will be required.

Results with 100% effective capping are shown in Table 3.

Dredging, including dispersion of spill

The dispersion of contaminants during dredging is a significant source compared with the annual dispersion, even if environmentally friendly equipment and procedures are used. In Copenhagen Port, careful use of a mechanical grab has proved to result in a sediment spill of 1-2% of the dredged materials. A closed grab used in other harbours may not be recommended due to the presence of debris. A spreading of, say, 2% of the mercury contents is equal to a source of 180 kg mercury during a complete clean-up from the South Port, corresponding to 13 years' dispersion in the present reference situation, or several hundred years from a capped South Port. This consideration favours capping (see below).

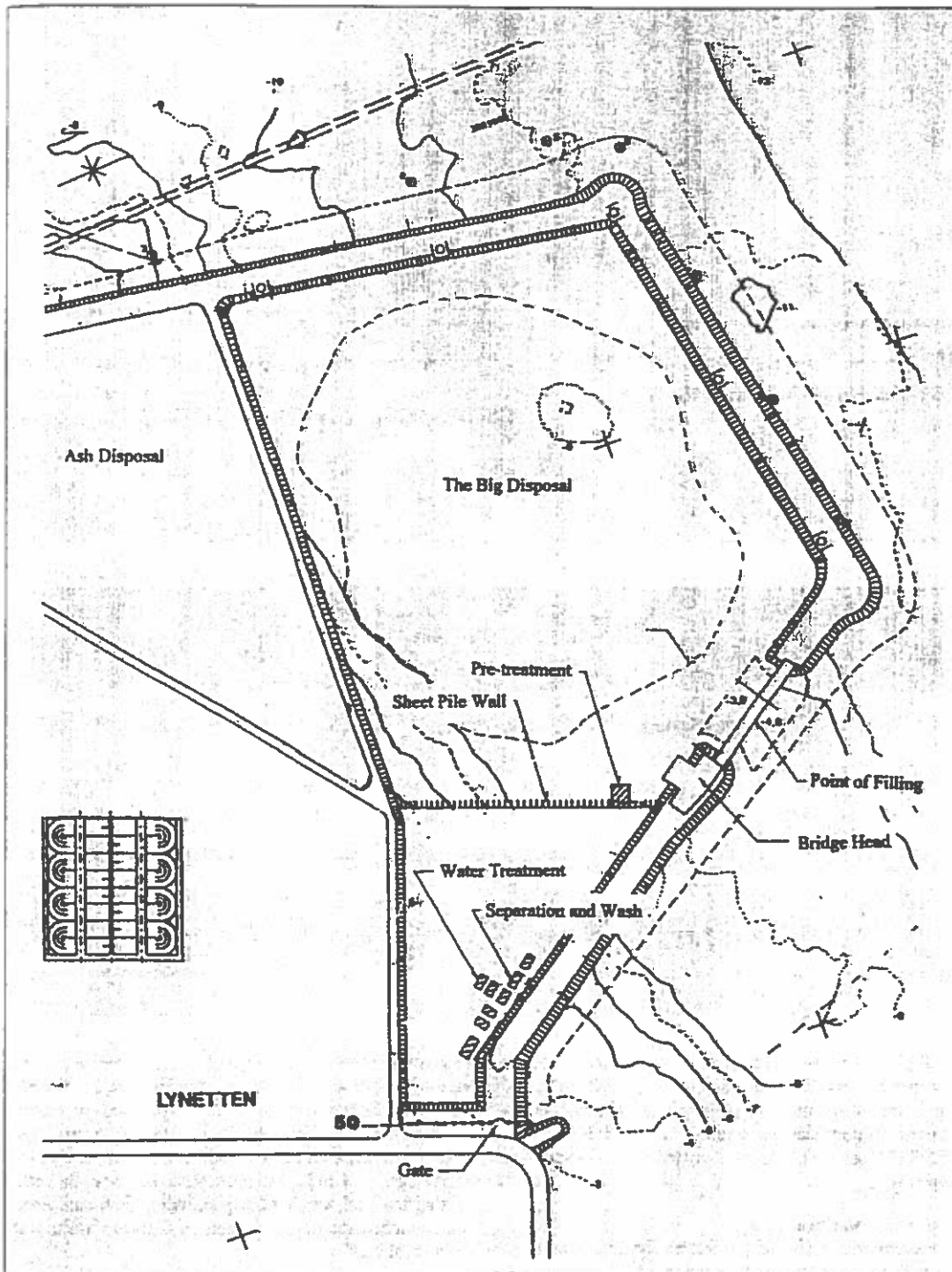
TABLE 2. ASSUMED MASS BALANCE FOR 3 HEAVY METALS (KG/YR) BEFORE AND AFTER REDUCTION OF OVERFLOWS

	BEFORE REDUCTION			AFTER REDUCTION		
	Hg	Cd	Zn	Hg	Cd	Zn
IN	4.6	136	499	0.9	79	319
RELEASED	8.4	64	185	8.4	64	185
OUT	10.8	200	684	9.3	143	504
% RED				7	29	26

TABLE 3. ASSUMED MASS BALANCE FOR 3 HEAVY METALS (KG/YR) WITH REDUCED FLOW AND CAPPING OF SEDIMENT

	Hg	Cd	Zn
IN	0.9	79	319
RELEASED	0	0	0
OUT	0.9	79	319
% RED	91	57	53

Figure 3
Lynetten deposit



Traditional deposits

A traditional deposit was constructed at Lynetten. It is enclosed by dams constructed from clay till and limestone, filled with a protecting layer of rock. The deposit is illustrated in Figure 5.

The hydraulic conductivity of the enclosing dams has been estimated at $0.8 \cdot 10^{-6} - 0.8 \cdot 10^{-3}$ m/s. The deposit was originally planned to allow barges to sail through a dock port and dump the materials in the initial phases. But a restrictive interpretation of the Baltic Sea Convention, which forbids dumping of contaminated materials in marine waters, has required the deposit to be completely enclosed (and accordingly defined as a land deposit) so the material has been transferred from outer barges to inner barges by mechanical grabs (Figure 4).

Dispersion models for all major contaminants have been developed during the study including loss to the atmosphere (for mercury) and dispersion through dams (induced by water level changes, excess water from deposition and consolidation and precipitation. The main spreading is associated with the excess water from deposition and precipitation.

The effect of precipitation may be minimised by properly selected cover layers, which further minimise the atmospheric loss of mercury. The general requirements are related to a bulk critical spreading factor (summation of all heavy metals in m^2/s) defined as the source strength (in mg/s) divided by the acceptable over-concentration in the recipient. For a location at the boundary to Øresund the authorities are applying the categories for critical spreading factor shown in Table 4.

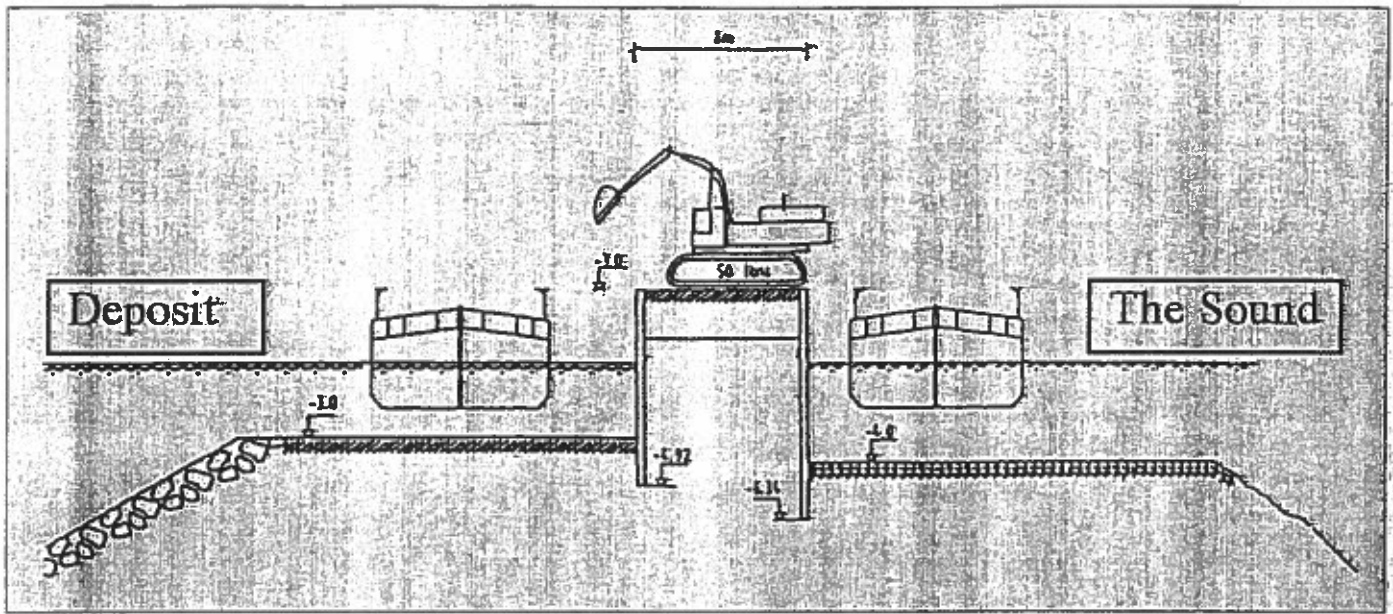


Figure 4
The point of filling of
lynetten disposal

TABLE 4.
CRITICAL SPREADING FACTORS AT ØRESUND

Category	Critical spreading factor (m ² /s)	Description of Impact to recipient
1	<10	Insignificant
2	10-100	Significant but acceptable if reduction is not possible
3	>100	No permit. Impact to be described and modelled in detail

The critical spreading factor for the heavy metals (summation) and TBT for a deposit of 250,000 m³ is less than 3 and 30-300 m²/s, respectively. The traditional deposition techniques cannot enclose the TBT effectively. The TBT has to be studied further with respect to deposition.

Separation and treatment

The sediments in the port include a significant amount of sand materials in which there are minimal contaminants. The amount of sand materials increases with decreasing distance to the main port entrance. Accordingly, it is possible to reduce the volume of materials to be placed in a deposit to, say, 60% by separation, e.g. through a series of hydrocyclones. It is not known at present if the sand material will be 'clean' to the present environmental standards by only a physical separation. A certain chemical treatment (either initially on the total amount of materials, or as a final treatment of the separated sand material) may be required.

To answer this question, it is required to develop a pilot separation and treatment system. It is presumed that separation, perhaps including a minimal treatment, can be economically feasible compared with construction of more deposits. This will apply if the plant is constructed as a relatively small plant located on the

deposit working 24 hours a day, 365 days per year in an automated mode. The deposit can then be considered as storage, where the material is separated over time; allowing more effective use of the space and only requiring a capacity corresponding to the average yearly deposition need. In Copenhagen, this could be in the order of magnitude of, say, 50,000 m³ including both the current maintenance dredging and clean-up of the complete port within, say, 20 years.

STRATEGY FOR CLEAN-UP

A clean-up strategy has to include all elements in the port. Where technically possible, capping will be used. Clean-up of the remaining areas will need to be through disposal techniques. Applying separation plus, perhaps, a certain treatment on a minimum size plant may optimise the use of the available space in the present deposit. In the Port of Copenhagen the next step will be to test and optimise the use of capping, get control over the TBT dispersion and further reduce the sources from overflow in the sewerage system.

A step by step clean-up, with a strict control over the mass flow of the contaminants, will be initiated so no section of the port is cleaned up and later contaminated due to the dispersion from other sections in the port.



ABOUT THE AUTHORS

Niels Lykkeberg, M.Sc., is Head of the Ports and Marine Engineering Department in the Carl Bro Group. He joined Carl Bro in 1981 and has since been engaged in both international and domestic port, hydraulic

and marine engineering projects. He has also been project manager for several projects relating to port environment.

Helge Gravesen, M.Sc. is Chief Consultant in the Ports and Marine Engineering Department in the Carl Bro Group. He joined Carl Bro in 1988 and has a very comprehensive academic background in hydraulics, hydrology, environmental aspects, and risk analysis. He is member of PIANC Working Group 1: Management of Aquatic Disposal of Dredged Materials.

Kaj Holm Jørgensen, M.Sc. has been Technical Manager of Design and Planning Department of the Port of Copenhagen since 1974. He is responsible for new port developments and upgrading of existing facilities, including design, construction and supervision of new works, utilities, installations, navigation aids and for maintenance of port infrastructure. He is Vice Chairman of the Danish section of PIANC.

IF YOU HAVE ANY ENQUIRIES REGARDING THE CONTENT OF THIS ARTICLE, PLEASE CONTACT:

Niels Lykkeberg

Head of Department, Ports and Marine Engineering

Carl Bro a/s

Granskoven 8

DK-2600 Glostrup

Denmark

Tel: +45 43 48 64 86

Fax: +45 43 63 65 67

E-mail: nkd@carlbro.com

Miljøvurderingsmetoder for havne - Liepaja, Holmen og ydre Nordhavn

Seminar om Vandbygning med Miljøpåvirkninger
Århus, 21. juni 2000

Helle Vang Andersen, COWI

COWI

Miljøvurderingsmetoder

- Historik og kildesporing
- Sedimentkvalitet baseret på kemiske analyser
- Sedimentkvalitet baseret på biologiske undersøgelser
- Sedimentkvalitet baseret på økotoxikologiske test
- Sedimentkvalitet triad
- Vandudskiftningsmodel og beregning af porevandskoncentrationer
- Vurdering af effekter af sedimentspredning fra gravearbejder

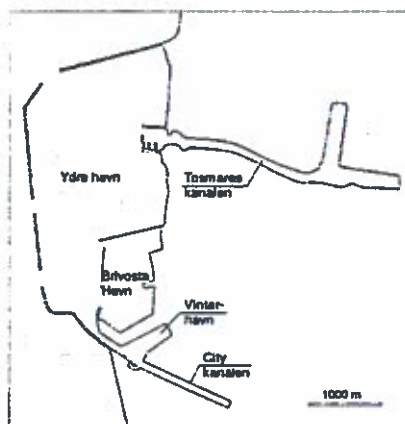
COWI

Liepaja Havn, Letland

- Beskrive sedimentkvalitet
- Forslag til oprensning
- VVM for foreslået løsning

COWI

Oversigtskort over Liepaja Havn



COWI

Liepaja Havn, historik

- To kanaler: Tosmares kanalen og City kanalen
- Tosmares kanalen - sovjetisk flådehavn i 50 år, den anden største i Europa
- I 1992 forlod flåden havnen
- På Helsinki Kommissionens liste over særligt forurenede områder i Letland - ét af i alt ni områder
- City kanalen - fiskeri- og erhvervshavn

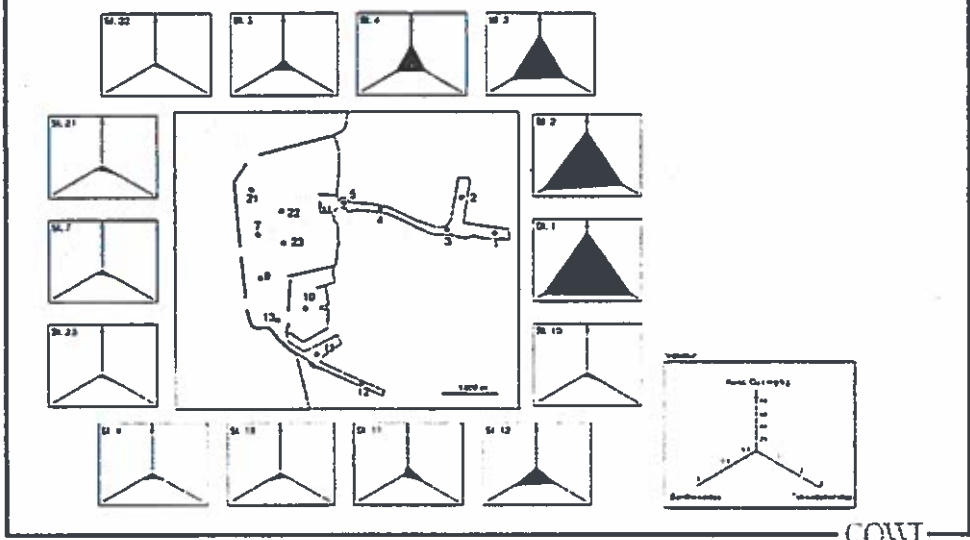
COWI

Sedimentkvalitet

- Sediment Quality Triad - kemisk, biologisk og økotoksikologisk vurdering
- Fastsættelse af områdespecifikke sedimentkvalitetskriterier
- Gruppering af prøvestationer ud fra kemisk forureningsniveau, toksicitetspotentiale og graden af ændret bundfauna

COWI

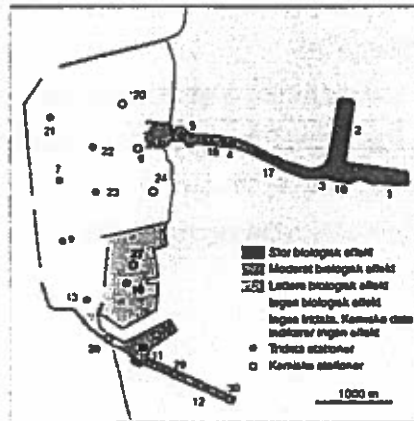
Triad for kobber



Områdespecifikke sedimentkvalitetskriterier

Biologisk effekt	Koncentration (mg/kg)				
	THC	BaP	Pb	Cd	Hg
Ingen	<240	>0,26	<9	<0,4	<0,1
Lettare	240-920	0,26-0,31	0,4-0,3	0,4-0,8	0,1-0,2
Moderat	920-8700	0,31-1,1	40-320	0,6-3,3	0,2-1,0
Stor	>8700	>1,1	>320	>3,3	>1,0

Sedimentkvalitet i Liepaja havn



COWI

Liepaja - konklusioner

- Entydigt resultat - de tre parametre "fulgtes" ad
- Høj forureningsgrad, høj toksicitet, høj grad af ændring af bundfauna i de indre dele af havnen, især i flådehavnen
- Lav forureningsgrad, lav toksicitet, lav grad af ændring af bundfaunaen i de ydre dele af havnen
- Tydelig afgrænsning af forurening

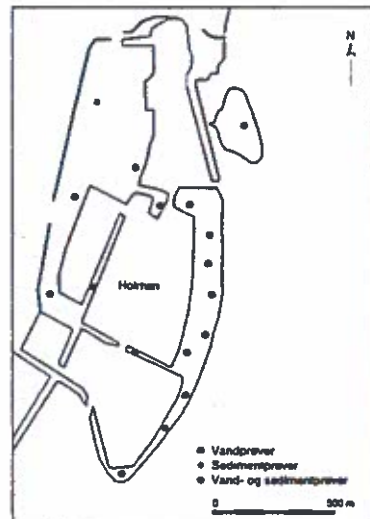
COWI

Miljøundersøgelse af sediment og overfladevand på Holmen

- Kildesporing og historik
- Sedimentkvalitet baseret på kemiske analyser
- Sedimentkvalitet baseret på økotoxikologiske test
- Vandudskiftningsmodel
- Sediment- og vandkvalitetsvurderinger

COWI

Kort over undersøgelsesområdet



COWI

Undersøgelingsprogram

Sediment- og vandkemi

- Tungmetaller
 - baseret på tørvægt
 - relateret til AVS (Acid Volatile Sulphide) og SEM (simultaneously extracted metals)
- PAH
- PCB
- Kvælstof og fosfor

Økotoxikologi

- Sediment:
Corophium volutator - krebsdyr
- Porevand:
Acartia tonsa - krebsdyr
Skeletonema costatum - alge

COWI

Kvalitetskriterier for sediment (Rotterdam) og vand (EU)

Tungmetal	Kvalitetskriterium	
	Sediment mg/kg tørvægt	Vand µg/l
As	110	
Cd	32	2,5
Cr	550	1
Cu	370	2,5
Pb	660	5,5
Hg	15	0,3
Ni	80	5,0
Zn	2330	56

COWI

Holmen - konklusioner

- Sedimentet er stærkt forurenet (kemisk analyse)
- AVS metoden: tungmetallerne (især Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) er ikke er biotilgængelige
- Økotoxikologiske test: sediment og porevand er toksisk over for testorganismerne
- Toksiciteten er ikke korreleret med indhold af miljøfremmede stoffer
- Sedimentet har oplagret de forurenende stoffer
- De beregnede koncentrationer af metaller frigivet fra sediment til porevand ligger over EUs vandkvalitetskriterier

COWI

VVM-redegørelse for etablering af byggeplads på ydre Nordhavn

- Øresundskonsortiet
- Arbejdsplads til tunnel og/eller broproduktion
- Opfyldning og uddybning i området
- Marinbiologisk del:
 - Hydrografiske forhold
 - Biologiske forhold
 - Vurdering af påvirkningerne af sediment- og tungmetalspild

COWI

Undersøgelse af biologiske forhold

- **Bundtopografi ved ekkolodsmåling**
- **Bundvegetation ved ekkolodsmåling**
 - Ålegræs - udbredelse og dækningsgrad
- **Kvalitative bundfaunaundersøgelser**
 - Artsrigdom

COWI

Biologiske vurderinger

- **Spildmængder**
- **Tab af biotoper**
- **Ændring af biotoper**
- **Aflejring af spildt materiale**
- **Tungmetalspild**

COWI

Hvilke metoder skal vi anvende?

- **Metodevalg afpasses opgaven**
- **Historik og kildeoplysning inddrages**
- **Evt. indledende grundig undersøgelse med f.eks. både kemi, biologi og økotoxikologi med henblik på at etablere**
 - strategi
 - baseline
 - områdespecifikke kvalitetskriterier
- **Herefter rutinemæssige kemiske undersøgelser**
 - vurdering på baggrund af baseline og kvalitetskriterier

Sedimentkvalitet i Liepaja havn

Sedimentkvalitet kan beskrives kemisk, økotoxikologisk eller biologisk. Ved undersøgelser af de danske havne er sedimentkvalitet i mange år blevet beskrevet ud fra kemiske parametre alene. I et studie i Litauen har vi anvendt en såkaldt "Sediment Quality Triad" metode, hvor alle tre parametre anvendes til at beskrive Liepaja havns sedimentkvalitet.

HELLE VANG ANDERSEN
ESTELLE BJORNSTAD

I 1994-1995 blev et miljøstudie af Liepaja havn, i Litauen, gennemført af COWI og Baltec i et Joint Venture med Riga Tekniske Universitet og VKI som underrådgivere.

Miljøstudiet gik ud på at beskrive sedimentkvaliteten i havnen, samt komme med forslag til hvordan havnen i fremtiden skal oprenses, og herefter gennemføre en miljøkonsekvensvurdering af den foreslåede løsning. Denne artikel handler om arbejdet med at beskrive sedimentets kvalitet.

Liepaja havn består af to lange kanaler. Den ene, Tosmares kanalen, har i 50 år fungeret som sovjetisk flådehavn, den anden største i Østersøen. Den anden, City kanalen, er byens fiskeri- og erhvervshavn. Figur 1 viser et oversigtskort over Liepaja havn.

I 1992 forlod flåden havnen, som siden er kommet på Helsinki Kommissionens liste over særligt forurenede områder i Litauen. Ét område ud af i alt 9. I øjeblikket ligger flådehavnen stille. Litauiske arbejdere er ved at demontere de delvist sænkede krigsskibe og ubåde, som den sovjetiske flåde efterlod. En endelig afklaring af havnens fremtid er bl.a. afhængig af resultaterne af denne undersøgelse, som har sigtet på at etablere operationelle sedimentkvalitetskriterier til anvendelse i planlægningen af uddybning, deponering og klappning af havbundsmateriale.

Undersøgelsens indhold

På baggrund af en mindre detaljeret undersøgelse af den kemiske forurenings udbredelse blev et prøvetag-

ningsprogram fastlagt. Filosofien bag programmet var at lægge et forholdsvist stormasket net af prøvestationer, hvorfra prøver til både kemisk analyse, økotoxikologiske test og biologisk karakterisering blev indsamlet. Imellem disse prøvestationer blev et antal ekstra stationer fastlagt med henblik på at afgrænse

Tabel 1. Sammenligning af de tre triadeparametre og opstilling af mulige årsagssammenhænge for resultaterne. Graden af miljøkonsekvens er vurderet for hver enkelt parameter (---: stærkt påvirket; ++: påvirket; +: lettere påvirket; -: ikke påvirket)

Stationer	Kemisk forurening	Økotoxicitet	Bundfauna-struktur	Mulig årsagssammenhæng
1, 2, 3	+++	+++	+++	Stærkt bevis for forurenings-induceret påvirkning.
11, 12	+	+	++	Bevis for forurenings-induceret påvirkning.
10	(+)1)	++	+	Bevis for forurenings-induceret påvirkning.
4	++	-	++	De miljøfremmede stoffer er muligvis ikke biotilgængelige; ændring skyldes ikke nødvendigvis økotoxicitet; evt. loksisk respons på de kemisk/biologiske ændringer kan muligvis ikke observeres ved den valgte test.
5	+	-	++	Som ovenfor.
21, 23	-	+	-	De stoffer, der forårsager økotoxikologisk effekt, er muligvis ikke målt. Der kan have eksisteret miljøforhold, der ikke er undersøgt, som har forårsaget den toksikologiske påvirkning.
7, 9, 13, 22	-	-	-	Stærkt bevis for fravær af forureningsinduceret påvirkning.

1) Kun forhøjede koncentrationer af BaP.

forureningens udbredelse ved hjælp af kemiske analyser alene. Pointen er, at det ved hjælp af samtidige kemiske, økotoxikologiske og biologiske vurderinger er muligt at fastsætte et sæt sedimentkvalitetskriterier, defineret ud fra kemisk sedimentkvalitet. Sedimentkvaliteten fra nye stationer kan derved fastlægges ud fra kemiske analyser alene. Denne metode giver ikke mulighed for at etablere en årsags-effektsammenhæng mellem de tre parametre, men hvis de tre parametres resultater støtter hinanden, giver metoden et stærkt indicium for resultatets rigtighed.

De kemiske analyser omfattede målinger af totalhydrocarboner (THC), benz(a)pyren (BaP) samt 7 tungmetaller (cadmium, chrom, kobber, kviksølv, nikkel, bly og zink).

De økotoxikologiske test blev gennemført på *Corophium volutator*, et krebsdyr der lever i marine områder og brakvandsområder. Laboratoriedyrkede organismer tilsættes de indsamlede sedimentprøver, og det registreres, hvor

11-11-1964

11-11-1964

11-11-1964

11-11-1964

11-11-1964

11-11-1964

11-11-1964

mange organismer der dør i løbet af forsøgsperioden på 6 dage. Et tilsvarende forsøg gennemføres med uforurenede sediment. Ved hjælp af Dunnetts t-test bestemmes det, hvilke sedimentprover der giver anledning til en statistisk signifikant dødelighed i forhold til forsøget med uforurenede sediment.

Den biologiske karakteristik omfatter artsbestemmelse samt bestemmelse, for hver art, af antallet af individer og den totale biomasse. Dataanalysen blev gennemført som både en uni- og multivariansanalyse. I den endelige sammenligning af de tre datasæt blev artsdiversitet anvendt som beskrivende parametre for den biologiske karakteristik.

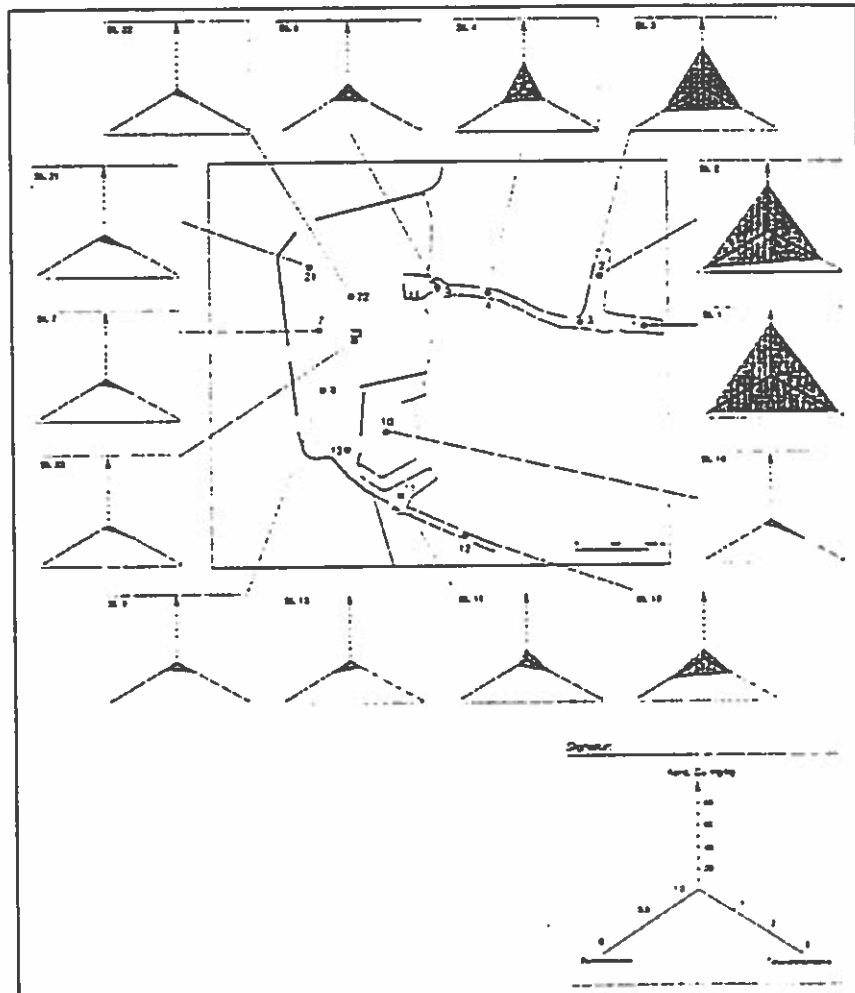
Resultater af delundersøgelserne

Den kemiske analyse viste, at især Tosmares kanalen er forurenet. THC- og BaP-koncentrationerne lå meget højt, på op til henholdsvis 22.900 mg/kg og >250 mg/kg. Det ydre havneområde var væsentligt mindre forurenet. Tungmetalanalyserne viste den samme tendens, med meget høje koncentrationer i de indre dele af kanalerne, aftagende ud mod det ydre havneområde. Kun forekomsten af bly havde et andet udbredelsesmønster. Det skyldtes, at et stort område på den nordlige kanalside i Tosmares kanalen (mellem station 3 og 17) havde været anvendt til opbevaring af gamle blybatterier til de sovjetiske ubåde.

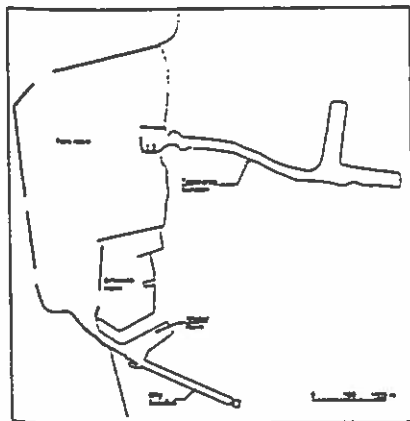
De økotoxikologiske test viste tillige, at sedimentet i de indre dele af havnen var mere toksiske end det uforurenede sediment og sedimentet i det ydre havneområde. Bedømt på hvor stor en procentdel af de testede dyr der døde i sedimentproverne fra de enkelte stationer, kunne sedimentkvalitetens udbredelse beskrives på stort set samme måde som den kemiske sedimentkvalitet.

Den biologiske karakteristik af sedimentet viste, at sammensætningen af bundfaunaorganismer i Tosmares kanalen og City kanalen var markant anderledes end i den ydre del af havnen. I de indre kanaler dominerede forskellige arter af oligochaeter og af bursteormen

Nereis diversicolor. I det ydre havneområde var faunaen langt mere varieret. Bl.a. fandtes *Corophium volutator*, den testorganisme som blev anvendt ved de økotoxikologiske test. Ved hjælp af den gennemførte faktoranalyse kunne det påvises, at 80% af den observerede vari-



Figur 2. Triaddata for kobber, omfattende koncentrationen af kobber i sedimentet, sedimentets toksiske virkning på testorganismer og bundfaunaens diversitet.



Figur 1. Oversigtskort over Liepaja havn.

Boks 1: Opstilling af sedimentkvalitetskriterier

Ingen biologisk effekt	Koncentrationer, der er lavere end de højest observerede koncentrationer, der ikke påvirker bundfaunasammensætningen og/eller økotoxiciteten.
Lettere biologisk effekt	Koncentrationer, der er lavere end de højest observerede koncentrationer, der påvirker bundfaunasammensætningen og/eller økotoxiciteten i lettere grad, og højere end koncentrationer, der ikke påvirker bundfaunaen og/eller økotoxiciteten.
Moderat biologisk effekt	Koncentrationer, der er lavere end de højest observerede koncentrationer, der påvirker bundfaunasammensætningen og/eller økotoxiciteten i moderat grad, og højere end koncentrationer, der kun i lettere grad påvirker bundfaunaen og/eller økotoxiciteten.
Stor biologisk effekt	Koncentrationer, der er højere end de lavest observerede koncentrationer, der i stor grad påvirker bundfaunaen eller økotoxiciteten.



Tabel 2. Områdespecifikke sedimentkvalitetskriterier for Liepaja havn baseret på resultaterne af sedimentkvalitetstriaden

	THC mg/kg	BaP µg/kg	Zn mg/kg	Cu mg/kg	Cr mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Cd mg/kg	Hg mg/kg
Ingen biologisk effekt	<240	<260	<44	<15	<25	<17	<9	<0.4	<0.1
Lettere biologisk effekt	240-920	260-310	44-126	15-34	25-39	17-20	9-40	0.4-0.8	0.1-0.2
Moderat biologisk effekt	920-8700	310-1100	126-411	34-191	39-46	20-31	40-320	0.8-3.3	0.2-1.0
Stor biologisk effekts	>8700	>1100	>411	>191	>46	>31	>320	>3.3	>1.0

ation i bundfaunasammensætningen skyldtes den sedimentkemiske påvirkning.

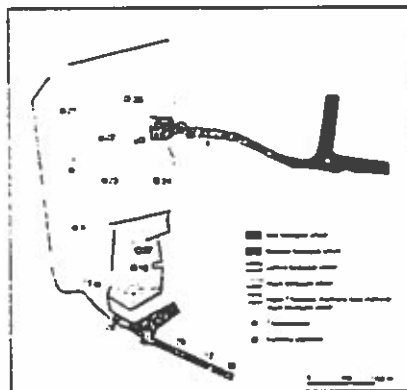
Opstilling af en "triad"

Ved at gruppere stationerne med hensyn til forureningsniveau, toksicitetspotentiale og graden af ændret bundfaunasammensætning kan et "triadepplot" opstilles. Figur 2 viser triadepplotet for kobber. De tre akser angiver henholdsvis koncentrationen af den undersøgte kemiske parameter (her kobber), toksiciteten udtrykt som et index fra 0 til 3 og faunas diversitet beregnet som et Margaleff diversitetsindeks. De stort set ligesidede trekantede områder viser, at de tre parametre følger hinanden i to gradienter fra de indre dele af de to kanaler ud mod det åbne havneområde. Sådanne triadepplot kan opstilles for hver af de miljøfremmede stoffer, der er gennemført kemiske analyser for. Resultaterne for de økotoxikologiske test og bundfaunasammensætningen er ens for hver af triadepplotene. Dette skyldes, at både den økotoxikologiske og den biologiske karakteristika af stationerne kan forstås som en slags fællesparametre, der omfatter effekter af alle typer af forureninger, både af de stoffer der analyseres for, og af de der ikke analyseres for.

Sedimentkvalitetskriterier

Med udgangspunkt i de tre delanalyser kan der defineres et sæt sedimentkvalitetskriterier. Tabel 1 viser en sammenstilling af de tre datasæt med en gennemgang af mulige årsagsforklaringer til sammenhængen mellem delresultaterne. Områdespecifikke kvalitetskriterier opstilles ud fra de kriterier, der er opstillet i boks 1. Tabel 2 viser de deraf resulterende sedimentkvalitetskriterier.

På baggrund af kvalitetskriterierne, der



Figur 3. Sedimentkvalitet i Liepaja havn

er baseret på den samlede karakteristika af de stationer, der blev undersøgt både kemisk, økotoxikologisk og biologisk, kan også de ekstra kemiske analyser anvendes til at give et mere nuanceret billede af sedimentkvaliteten i området. Figur 3 viser en kortlægning af sedimentkvaliteten.

Konklusion

Metoden gav, på trods af sin kompleksitet, et resultat, hvis tolkning var meget entydig.

Da opgaven blev sat igang under EUs PHARE program, var et af kravene, at der skulle gennemføres en "Sediment Quality Triad". Med et begrænset budget til gennemførelse af både kemiske analyser, økotoxikologiske test og biologisk karakteristika var det nødvendigt at skære antallet af stationer ned til et absolut minimum. Resultatet heraf kunne let have været, at det ikke ville være muligt at afgrænse områder, hvor alle parametre kom ud med en nogenlunde ens karakteristika af sedimentet. Når resultatet alligevel blev så entydigt, er det, fordi forureningsgradienten er så tydelig, at et tættere net af prøvestationer ikke var nødvendigt. Endvidere var udbredel-

sesmønstret for forureningen forholdsvis ens. Kun blyforureningens udbredelse var afvigende fra resten af de undersøgte kemiske parametre. Flere lokale kilder til forurening af forskellig karakter ville give et mere kompliceret billede.

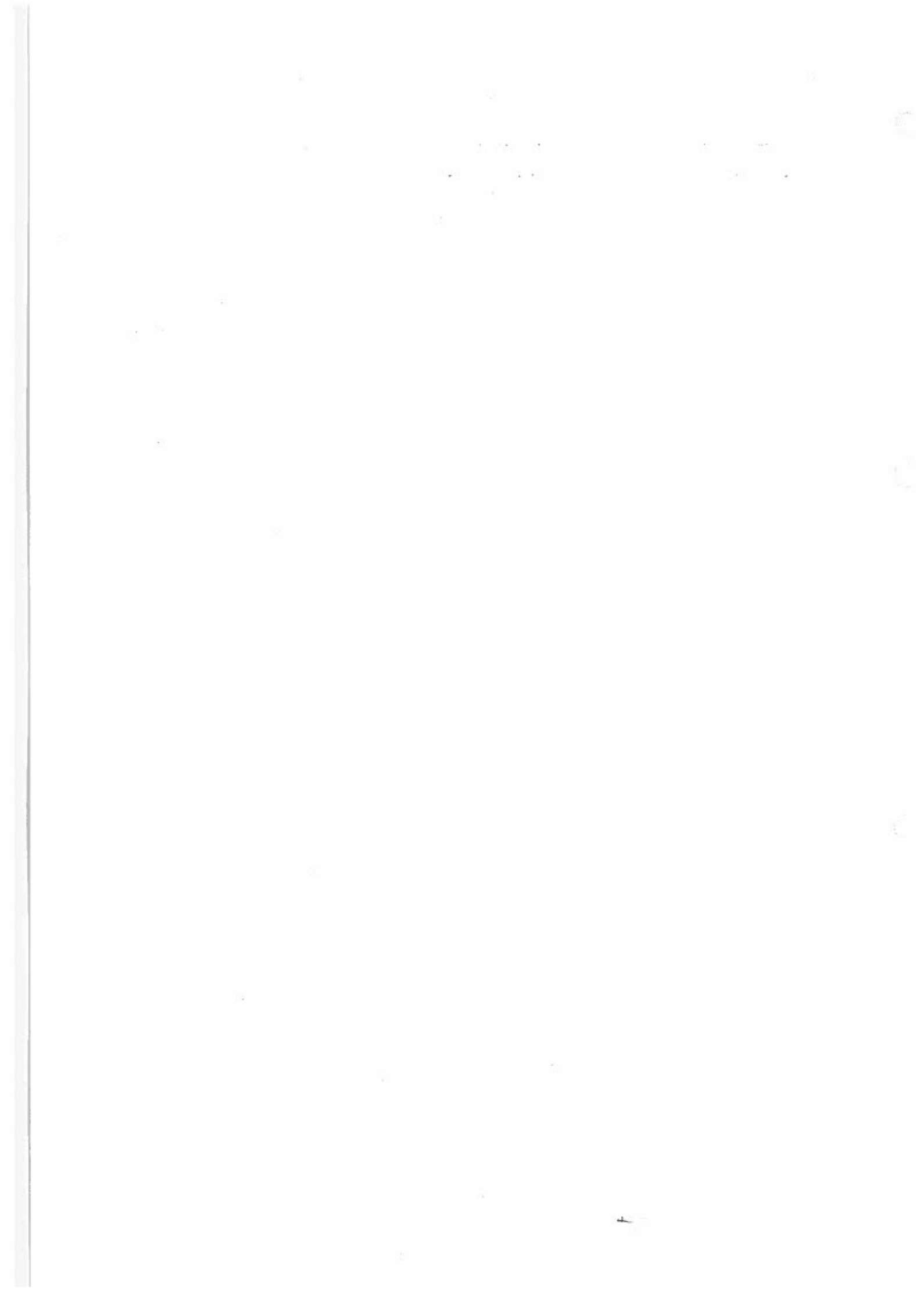
Hvis denne slags undersøgelser skal gennemføres i danske havne, vil det være vigtigt at anvende alle tilgængelige oplysninger, f.eks. gamle kemiske analyser og viden om placering af både tidligere og nuværende kilder til forurening. Herved kan det tilstræbes, at der dannes et beslutningsgrundlag, der kan hjælpe med at fastlægge prøvetagningsstrategien, så resultaterne af triaden optimeres mest muligt.

Referencer

- Undersøgelsen er ikke offentliggjort. Nedenfor er nævnt tre artikler, der er centrale og/eller nye inden for Sediment Quality Triad metoden.
- 1/ Chapman PM, 1992. Pollution status of North Sea sediments - an international integrative study. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 91, 313-322.
 - 2/ Chapman PM, 1986. Sediment quality criteria from the sediment quality triad: An example. *Environmental Toxicology and Chemistry* 5, 957-964.
 - 3/ Chapman PM et al., 1996. A triad study of sediment quality associated with a major, relatively untreated marine sewage discharge. *Marine Pollution Bulletin* 32/2/1, 47-64.

HELLE VANG ANDERSEN er cand. scient. i biologi og har siden 1988 været ansat i COWI, Afdeling for Økologi og Miljøkemi.

ESTELLE BJØRNESTAD er cand. scient. i biologi og har siden 1987 været ansat på VKI, Afdeling for Økotoxikologi.



ENVIRONMENTAL RISK ASSESSMENT OF SURFACE WATER AND SEDIMENTS IN COPENHAGEN HARBOUR

Helle Vang Andersen*, Jesper Kjølholt*, Christian Poll*,
Steen Øgaard Dahl*, Frank Stuer-Lauridsen*,
Finn Pedersen** and Estelle Bjørnstad**

* COWI, Parallevej 15, DK-2800 Lyngby, Denmark

** VKI, Ager Alle 11, DK-2970 Hørsholm, Denmark

ABSTRACT

The environmental risk assessment of Holmen, a former naval base, included characterisation of the sediments with regard to pollution with xenobiotics, heavy metals, nutrients and bacteria, and ecotoxicity. A simple hydraulic model was established, and the release of substances from the sediment to the water was assessed. Sediment biotests with *Corophium volutator* and porewater biotests with *Skeletonema costatum* and *Acartia tonsa* were conducted. The sediment was characterised as strongly contaminated in the major parts of the investigated area. Based on the application of the acid volatile sulfide method it was concluded that practically none of the heavy metals were bioavailable. Both the sediment and the porewater from a number of stations were toxic. The toxicity did not appear to be attributable to the content of heavy metals, more likely to other contaminants. Furthermore, the sediment, which has served as a sink for accumulation of contaminants over a period of many years, also may constitute a source of contamination due to potential release of heavy metals and xenobiotics from the sediment to the water in some areas. The release appears to give rise to concentrations above the EU Water Quality Objectives at some stations. © 1998 IAWQ. Published by Elsevier Science Ltd

KEYWORDS

Acid volatile sulfide (AVS); environmental risk assessment; heavy metals; PAH; PCB; sediment toxicity.

INTRODUCTION

An environmental investigation at the Holmen naval base, a former naval base in Copenhagen, was conducted in 1993-1994 including *inter alia* an environmental risk assessment of the surface water and sediments. The naval base has existed for well over 200 hundred years at this location and apart from the use as naval harbour, the area has been used for shipbuilding and repair and for laboratory activities. The risk assessment was carried out because the area was in the process of being transformed into a public and recreational area.

MATERIALS AND METHODS

The investigated area is shown in Fig. 1 and was studied in several rounds of sampling. The sampling scheme is shown in Table 1. An initial screening of contaminants took place for sediment and water samples (marked "x") and was followed by a more comprehensive sampling programme (marked "X"). The details of sampling and analysis are beyond the scope of this paper, but a short description is given below. Sediment samples were taken with a hand held corer, those for ecotoxicological testing were taken with a core sampler (haps type). Water samples (500 mL) were taken with a dual valve glass water sampler 1 m below the surface and preserved according to specific requirements of the subsequent analysis. Ecotoxicological testing of sediments was performed with the crustacean *Corophium volutator*. Testing of the porewater phase after centrifugation was performed with the copepod *Acartia tonsa* and the microalgae *Skeletonema costatum*. These tests and their results are described in detail in Pedersen *et al.* (1997).

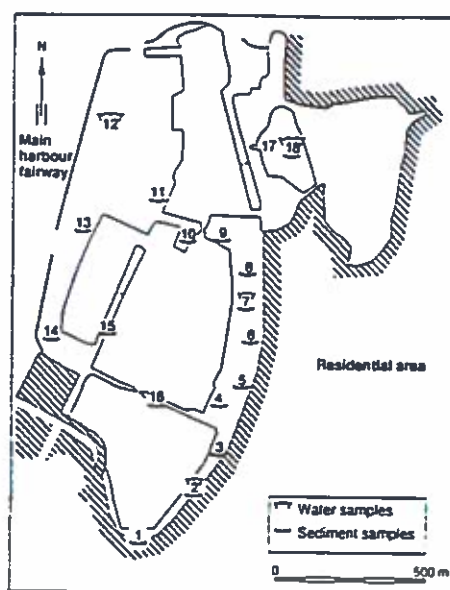


Figure 1. Map of investigated area and position of sampling stations for sediment and water samples.

Sediment samples for metal analysis were digested with by 50% concentrated nitric acid (Dansk Standard 259) and subsequently analysed by atomic absorption spectrometry (AAS): flame (Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Zn), graphite furnace (Sn) and flameless (Hg, As). Dry weight and loss on ignition were determined after heating to 105°C until constant weight and for 2 hours at 550°C, respectively. Acid volatile sulfide (AVS) and simultaneously extracted metals (SEM) were analysed according to the procedure prescribed by the US EPA (1991), modified by collecting sulfide in alkaline phosphate buffer and analysing by spectrophotometry. Sixteen polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and six polychlorinated biphenyls (PCBs) were determined by GC/MS SIM. Nitrogen was determined by Kjeldahl analysis and phosphorus as orthophosphate. The density of *Clostridium perfringens*, the tracer for faecal contamination, develops iron sulfide after inoculation in iron sulfate rich media. After 24 hours of incubation, black colonies with a diameter of >1 mm were counted and the density determined as number of bacteria/g sediment. Metals in water were determined with graphite furnace (Pb, Cd, Cr, Cu), flame (Zn) or cold vapour (Hg) AAS.

Table 1. Sampling programme for risk assessment studies at Holmen Naval Base

Station no.	Chemistry		Ecotoxicity	
	Sediment	Water	Sediment	Porewater
1	x, X			
2	x, X, a	x	X	X
3	x, X, a		X	
4	X			
5	x, X, a		X	X
6	x			
7	X	x	X	X
8	x			
9	X, a		X	X
10	X, a			
11	X			
12		x		
13	X			
14	X			
15	X, a		X	
16	X, a		X	
17	X, a		X	
18	X, a	x	X	

x: Screening parameters for sediments: Pb, Cr, Cu, Ni, Zn, Hg, As, total N and total P, dry matter, loss on ignition; and for water: Pb, Cd, Cr, Cu, Zn and Hg.

X: Full programme: chemistry parameters for sediments: Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Zn, Hg, As, Sn, PAH (16 compounds), PCB (6 congeners), total N and total P, dry matter, loss on ignition. Ecotoxicity in sediment: *Corophium volutator*. Ecotoxicity in porewater: *Acartia tonsa* and *Skeletonema costatum*

a: SEM/AVS analysis of sediment

RESULTS AND DISCUSSION

Chemistry

The results of the full programme (X) of chemical analyses are presented in Table 2.

The concentrations of contaminants are generally high. A major hot spot area for heavy metal contamination is found at station 1, but also at stations 11, 13 and 14 the concentrations of heavy metals are elevated. With regard to contamination with PCB and PAH stations 1, 11, 13, 15 and 16 are hot spots. Only at station 3 the total molar concentration of metals equals/exceeds the content of acid volatile sulfide. At all other stations the metals were bound to sulfides and therefore presumably non-bioavailable. The results are presented in Table 3.

Table 2. Sediment concentrations of Cd, As, Hg, Ni, Sn, Cr, Pb, Cu, Zn, SPCB, SPAH, N and P (mg dry weight (%), and loss on ignition (% dw))

Station no.	1	4	7	9	11	13	14	15	16	17	18
Full programme											
Cd	2.8	1	1.6	1.0	2.8	4.1	1.4	2.7	3.1	0.6	1.1
As	15.0	5.6	7.3	7.2	8.1	14.0	4.2	8.4	8.3	3.4	5.7
Hg	73.0	7.6	16.0	15.0	31.5	27.0	6.8	10.0	17.0	1.5	4.8
Ni	43	26	27	21	33	34	19	25	23	14	28
Sn	220	13	27	98	34	24	200	25	23	6	16
Cr	1,100	25	48	28	49	72	27	50	50	12	24
Pb	1,100	250	340	440	820	660	770	590	520	92	510
Cu	5,600	230	330	460	360	430	130	220	340	60	160
Zn	3,200	340	460	560	1,000	1,000	1,000	850	1,800	250	780
ΣPCB	0.28	0.03	0.14	0.12	-	2.21	0.10	0.26	0.4	-	-
ΣPAH	58.0	14.0	21.0	42.0	140.0	71.0	13.0	180.0	27.0	2.6	17.0
N	5,900	2,400	3,900	1,800	2,500	2,300	1,900	1,800	1,800	1,500	7,300
P	1,220	590	720	670	790	870	550	610	790	320	760
Dry weight	28.6	44.5	35.7	48.8	49.1	51.7	57.2	53.3	55.6	53.6	31.4
Loss on ignition	18.7	8.6	9.8	6.3	10.8	11.7	13.4	7.5	6.1	4.8	20.8
- not detected											

Table 3. Concentrations of heavy metals in sediment, related to AVS ($\mu\text{mol/g dw}$)

Station no.	2	3	5	7	9	10	15	16	17	18
Metals ($\mu\text{mol/g dw}$)										
Cd	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.03	0.02	0.00	0.02
Ni	0.03	0.09	0.05	0.12	0.04	0.10	0.11	0.07	0.05	0.12
Cr	0.77	0.75	0.12	0.44	0.13	0.60	0.62	0.62	0.08	0.25
Cu	0.28	1.89	0.83	2.20	1.06	1.13	0.87	0.16	0.55	2.52
Pb	2.90	5.28	1.33	5.28	3.24	10.90	6.47	6.30	2.90	15.84
Zn	3.67	7.34	1.83	5.66	3.06	18.96	11.93	9.48	3.21	16.51
Hg	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
SEM	7.65	15.36	4.17	13.71	7.53	31.70	20.01	16.64	6.79	35.27
AVS ($\mu\text{mol/g dw}$)	13.20	14.96	5.28	23.75	12.61	190.62	126.10	41.06	9.09	46.92
SEM/AVS	0.58	1.03	0.79	0.58	0.60	0.17	0.16	0.41	0.75	0.75

Ecotoxicity

The results of the bioassay tests showed that the sediment at stations 3, 7, 10, 15, 16 and 18 exerted a toxic response to *C. volutator*, whereas the sediment at stations 2, 5, 9 and 17 did not. The results of the growth inhibition test with *S. costatum* and the acute toxicity test with *A. tonsa* on porewater extracted from the sediment samples are presented in Table 4.

Results from the ecotoxicity test with *S. costatum* on porewater showed both stimulation and inhibition of growth by the addition of porewater. Significant inhibition of growth did not occur at concentrations of up to 50% porewater in the test water. The addition of EDTA to the test with *A. tonsa* raised the LC_{50} value for station 7, but decreased the LC_{50} values for stations 5 and 9. Since addition of EDTA did not significantly reduce toxicity it is assumed that the source of toxicity is not metals.

Table 4. Porewater extracted from sediment was added to test beakers with *Acartia tonsa* and tested with or without EDTA. Results are given as LC₅₀ (48 h) values. For further details see Pedersen *et al.*, 1997

Station no.	LC ₅₀ (ml porewater/l)	
	- EDTA	+ EDTA
2	>500	n.a.
5	150	93
7	84	106
9	361	168

n.a.: not available

Nitrogen, phosphorus and bacterial pollution

The concentrations of nitrogen vary between 0.8 and 7.3 mg N/g dw with most results in the interval 1.8 to 2.5 mg N/g dw. The high levels at stations 1 and 18 are in agreement with a finding of large quantities of dead algae in the summer of 1993. The concentrations of phosphorus lie in the interval 0.3 to 1.2 mg P/g dw, with most results between 0.7 and 0.9 mg P/g dw. The level is relatively low and the variations mainly reflect the variation in organic content (see Table 2). *Clostridium perfringens* were found in numbers between 260 and 12,000 bacteria/g. In human faeces and in sewage water the concentrations are usually approximately 10⁶ bacteria/g and 10-100 bacteria/ml, respectively (Sorensen *et al.*, 1989). The concentration of *C. perfringens* in water has shown to be correlated with the load of sewage (COWIconsult, 1990). The samples were taken as mixed samples at depths of up to 50 cm. Thus, the contents reflect the discharges of sewage and human faeces during a long time period. It appears that there is not a clear pattern in the distribution of *C. perfringens*. The stations at which high levels occur are thought to be affected by local point sources, possibly of old age since there is not known to be any direct discharges to the canals today. Based on the general level of pollutants in marine sediments in Denmark it appears that nitrogen, phosphorus and bacterial pollution do not present a significant risk to the area (National Environmental Research Institute, 1994; Danish Environmental Protection Agency, 1992; VKI, 1973).

Table 5. Calculated concentrations (µg/l) in the water column of water bodies defined by the box model

Water body	Station nos.	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Zn	Hg
I	10-11	0.033	0.001	0.007	0.27	0.13	0.27	0.005
II	4-9, 16	0.306	0.006	0.121	5.20	1.60	2.45	0.044
III	2-3	0.590	0.009	0.625	20.9	2.68	5.65	0.095
IV	1	1.030	0.014	1.61	48.0	3.69	12.3	0.191
V	15	0.087	0.002	0.021	0.74	0.31	0.68	0.007
VI		0.303	0.005	0.035	1.09	0.87	2.58	0.012
VII		0.420	0.007	0.062	1.90	1.51	3.67	0.017
VIII	17-18	0.435	0.007	0.060	2.14	1.90	3.99	0.013

Water exchange model

If the sediment of the naval base is not to be dredged, a possible influence of contaminants on the quality may be anticipated. A precise model for quantifying fluxes to the waters of the Holmen naval base would require detailed knowledge of the water current regime and sediment characteristics beyond the scope of the project. However, a simple box model for the various water bodies (see Fig. 2) combined with assumptions on the currents and steady state conditions of water-sediment interactions allows for a critical assessment of the potential impact of sediment on water chemistry. The concentrations in the water in the eight boxes were calculated by using a basic compartment model estimating porewater concentrations based on sediment/water equilibrium partitioning (van der Kooij *et al.*, 1991), and calculating diffusive flux from porewater to overlying water. The final concentrations in a box area were obtained after allowing for hydrodynamic water exchange and dilution. The resulting concentrations of metals in the overlying water are given in Table 5.

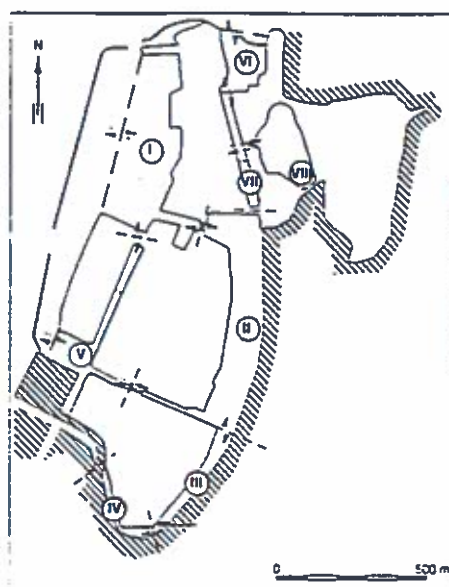


Figure 2. Division of the Holmen naval base into water bodies for estimation of water exchange and porewater concentrations. Water bodies with water exchange mainly influenced by tidal variation: II, III, IV, VI, VII and VIII. Water bodies where exchange is also due to whirling motions towards the main harbour (west): I and V.

Sediment and water quality

Sediment Quality Criteria. A Dutch set of Sediment Quality Criteria (SQC) for heavy metals, used for the classification of sediments from the harbour of Rotterdam (NIVA, 1990), has been used to assess the sediment quality of the samples from the Holmen naval base. The Rotterdam criteria define four classes of sediment quality: Slightly polluted, moderately polluted, polluted and strongly polluted. The definition of the values has been based on the background level of pollution in Dutch marine sediments. Table 6 presents the criteria for strongly polluted sediment. The sediment from stations 1, 7, 9, 11, 13, 14 and 16 exceed one or more of these criteria. SQC values for a few organic components have been suggested for Norwegian fiords (SEBA, 1996). These are 20 mg Σ PAH/kg dw, 0.5 mg B(a)P/kg dw and 0.3 mg Σ PCB/kg dw. All analysed sediment samples exceeded one or more of these SQC values. A comparison of results from stations at which one or more of the organic compound and heavy metal SQC are exceeded and stations at which the sediment is or is not toxic towards *Corophium volutator* is presented in Fig. 3. Likewise, a comparison of stations at which SEM/AVS \geq 0.75 (see Table 3) and stations at which the sediment is or is not toxic

towards *C. volutator* is presented in Fig. 4. The choice of 0.75, instead of the prescribed ratio of 1, is a conservative but arbitrary value to some extent accounting for an increased release of sulfide bound metal.

In the full programme eleven stations were analysed for contents of heavy metals and organic compounds. Among these, both the heavy metal and organic compound SQC values were exceeded at seven stations (nos. 1, 7, 9, 11, 13, 14, 16). At four stations the heavy metal SQC values were not exceeded (stations nos. 4, 15, 17, 18) whereas the organic compound SQC values were. Out of the eleven stations in the full programme, samples were taken for toxicity tests at six stations. At four of the six stations the sediment samples were toxic towards *C. volutator* (stations nos. 7, 15, 16, 18). Among the six stations where bioassay tests were performed and concentrations of heavy metals and organic pollutants exceeded both the heavy metal and the organic SQC values, the bioassay test showed effect at only two stations (nos. 7 and 16). Thus, toxicity towards *C. volutator* is not correlated with the content of xenobiotics determined in the sediment.

Table 6. Sediment Quality Criteria (SQC) for strongly polluted sediment, developed for the harbour of Rotterdam (NIVA, 1990) and Water Quality Criteria (WQC) adopted by EU (1982-90)*

Heavy metal	SQC mg/kg dw	WQC µg/l
As	110	-
Cd	32	2.5
Cr	550	1.0
Cu	370	2.9
Pb	660	5.6
Hg	16	0.3
Ni	80	8.3
Zn	2330	86

*Designated Water Quality Objectives in the EU terminology

Ten stations were tested for heavy metals (AVS method) and sediment toxicity (*C. volutator*). Four stations at which $SEM/AVS \geq 0.75$ were identified. Sediment samples from six stations exerted toxic response in the *C. volutator* test. Only at two stations a correlation between the relatively high SEM/AVS ratio and the toxic response was found. The comparison of chemical test results, sediment quality criteria and toxic responses does not suggest that the measured toxicity is caused by the presence of heavy metals. This is in agreement with the fact that the heavy metals do not seem to be bioavailable, as the SEM/AVS ratios are all ≤ 1 . Neither is there a pattern of correlation between toxicity and the content of organic pollutants.

Chapman (1997) has evaluated the use of the AVS method. He found that the SEM/AVS ratio is useful in the prediction of lack of bioavailability of the metals cadmium, copper, nickel, lead and zinc, leading to the conclusion that toxicity due to these metals does not occur when the ratio is less than 1. In the case of the Holmen risk assessment, the use of the AVS method had the very important function of allowing for a more complex picture of the hazardous character of the sediment, thus avoiding the false conclusion that the toxic results were due to the relatively high concentrations of heavy metals, the most commonly used parameter in this kind of risk assessment. The programme, however, did not allow for an explanation of the exact cause of the measured toxicity.

Water Quality Criteria. Water Quality Criteria (WQC) for a number of xenobiotics have been adopted by EU (1982-90). The criteria are presented in Table 6. Based on the calculations of the release of metals to the water phase (Table 5), it was found that the calculated concentrations exceed the WQC for chromium and copper near station 1. In the water bodies comprising stations 1 to 9 the copper concentration exceeds the WQC (see Fig. 5). If experimental values for the sediment to water flux of lead, cadmium, copper and mercury is used (Hunt and Smith 1983), resulting water concentrations are all below the WQC and generally

one order of magnitude lower than estimated by the method used in the present paper. At four stations in the investigated area porewater toxicity tests were conducted. The test results showed a relatively low toxic response (LC_{50} values for *A. tonsa* between 83.9 ml/l and >500 ml/l). The least toxic impact was found at station 2, the station closest to the hot spot area identified during screening (station 1).

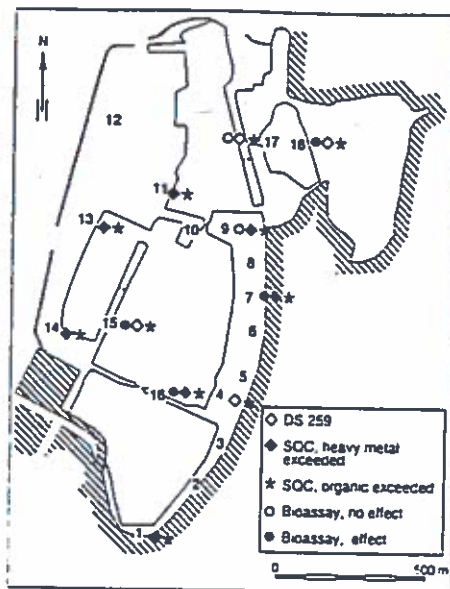


Figure 3. Heavy metal concentrations exceeding one or more SQC and/or sediment exerting a toxicological response in *Corophium volutator*.

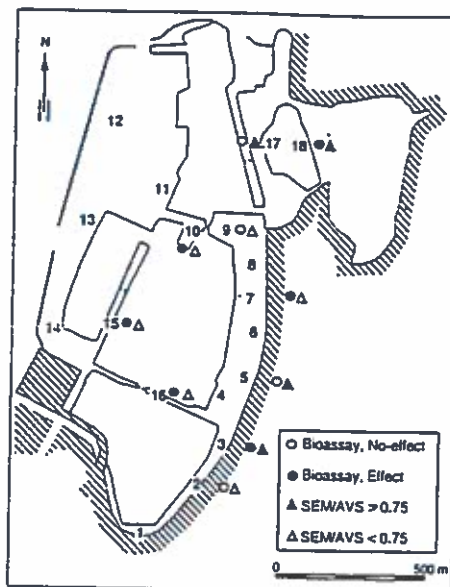


Figure 4. SEM/AVS ≥ 0.75 and/or sediment exerting a toxicological response in *Corophium voluta*

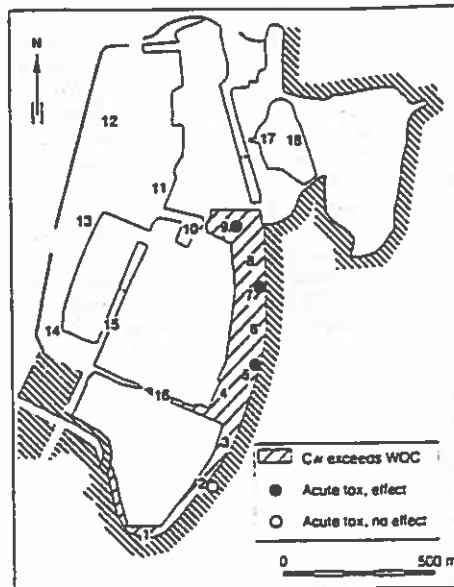


Figure 5. Heavy metal concentrations (C_w) exceeding one or more WQC and/or resulting in acute effects towards *Acartia tonsa* (LC_{50} values <500 mg/l).

CONCLUSIONS

The sediment is strongly polluted in the majority of the investigated area. By using the AVS method it has been shown that the heavy metals, particularly cadmium, copper, nickel, lead and zinc, are presumably not bioavailable.

Ecotoxicological tests show that both sediment and sediment porewater from a number of stations are toxic towards the tested organisms. Toxicity does not appear to be correlated with the content of the metals or organic xenobiotics. It may therefore be anticipated that the measured toxicity is attributable to other pollutants than the ones analysed for. No impact from nitrogen, phosphorus or bacterial pollution is expected.

The sediment has served as a sink for accumulation of pollutants for many years. Calculated concentrations of heavy metals in the water overlying the polluted sediment in the inner canals of the investigated area were found to be higher than the EU WQC.

REFERENCES

- Chapman, P. M. (1997). Acid volatile sulfides, equilibrium partitioning, and hazardous waste site sediments. *Environ. Manag.* 21(2), 197-201.
- COWIconsult (1990). *Lake Maribo Sønderø and Lake Hejrede Sø. Ecological Reference Condition, Development and History of Discharges* (in Danish). Report prepared for Storestrøms Amt (County of Storestrøm), Nykøbing F, Denmark.
- Danish Environmental Protection Agency (1992). *Plankton Dynamics and Metabolism of Organic Matter in Kattegat* (in Danish). Havforskning fra Miljøstyrelsen, no. 10, Danish Environmental Protection Agency, Copenhagen, Denmark.
- EU (1982-1990). Quality Objectives determined in connection with EU directive 76/464/EEC on pollution caused by discharge of certain hazardous compounds. Defined in EU directives 82/176/EEC, 84/491/EEC, 88/347/EEC, 90/415/EEC.
- Hunt, C. D. and Smith, D. L. (1983). Remobilization of metals from polluted marine sediments. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40(Suppl. 2), 132-142.

- van der Kooij, L. A. *et al.* (1991). Deriving quality criteria for water and sediment from the results of aquatic toxicity product standards: Application of the equilibrium partitioning method. *Wat. Res.*, 25(6), 697-705.
- National Environmental Research Institute (1994) *Nutrient Exchange between Sediment and Water in Hjarbæk Fjord. Establishment of Salt Water Conditions in 1991* (in Danish). Faglig rapport, no. 107 DMU, Silkeborg, Denmark.
- NTVA (1990). *Quality Criteria for Xenobiotics in Water, Sediment and Biota, and Preliminary Proposal for Classification of Environmental Quality* (in Norwegian). Report prepared for Statens Forurensningsutvalg (Environmental Protection Agency), Oslo, Norway, project no. 0-862602.
- Pedersen F., Bjørnstad, E., Andersen, H. V., Kjølholt, J. and Poll, C. (1997). Characterisation of sediments from Copen. Harbour by use of biotests. Presented at the International Conference on Contaminated Sediments, 7-11 Septem. Rotterdam, the Netherlands. *Wat. Sci. Tech.*, (submitted).
- SEBA (1996). *Sediment Quality Criteria, Presented by Belgium*. Prepared for the meeting of the OSPAR working group on seabed activities (SEBA), Aberdeen, 12-16 Feb 1996, (SEBA 96/9/4-E), London, UK.
- Sorensen, D. L., Eberl, S. G. and Dickson, R. A. (1989). *Clostridium perfringens* as a point source indicator in non-point pollute streams. *Wat. Res.*, 23(2), 191-197.
- US EPA (1991). *Analytical Method for Determination of Acid Volatile Sulfide and Selected Simultaneously Extractable Metals in Sediment*. US EPA, Health and Ecological Criteria Division, December 1991.
- VKI (1973). *Sediment and Bottom Fauna Investigation in Horsens, Vejle and Kolding Fjords and the Northern Part of Lillbælt* (in Danish). VKI, Hørsholm, Denmark.

OPTIMISED USE OF DREDGED MATERIALS FOR RECLAMATION

Steen Bendtsen graduated as Civil Engineer in 1985. Worked for Pihl & Son on the Dandar Third Fishery Project in Yemen and for MT Group on the Storebælt Bored Railway Tunnels. Joined Per Aarsleff A/S in '96 as Commercial Manager and later Works Manager for the Civil Works on the D&R Contract of the Fixed Øresund Link



Steen Bendtsen

*Per Aarsleff A/S, Lokesvej 15, DK8230, Denmark,
Tel: +45 87 44 22 22, Fax: +45 87 44 22 49,
E-mail: sbe@paa.dk*

Ole Alenkær Madsen graduated from the Technical University of Copenhagen in 1967 with a MSc degree in Civil Engineering. He has worked for Danish and International Contractors and Consultants. Since 1987 with Carl Bro a/s, Department of Ports and Marine Engineering. Since 1995 as Carl Bro lead engineer for the design of the D&R project of the Fixed Øresund Link.



Ole Alenkær Madsen

*Carl Bro a/s, Granskoven 8, 2600 Glostrup, Denmark,
Tel: +45 43 48 64 96, Fax: +45 43 63 65 67,
E-mail: oam@carlbro.dk*

Lærke Ritsmer Stormholt received a M.Sc. degree in Civil Engineering in 1994 from the Technical University of Copenhagen. She has worked for Carl Bro a/s, Department of Ports and Marine Engineering, since 1994 as geotechnical design engineer and has since 1996 been Carl Bro co-ordinator of compliance with design for the D&R project of the Fixed Øresund Link.



Lærke Ritsmer Stormholt

*Carl Bro a/s, Granskoven 8, 2600 Glostrup, Denmark,
Tel: +45 43 48 61 55, Fax: +45 43 63 65 67,
E-mail: lrr@carlbro.dk*

Peter Stockmarr graduated in 1994 from University of Copenhagen with a MSc degree in geology. He has worked for Carl Bro a/s as engineering geologist since 1994. He has been soils and materials engineer on several road rehabilitation projects abroad. Since 1996 he has participated in the design of the D&R project of the Fixed Øresund Link.



Peter Stockmarr

*Carl Bro a/s, Vesterballevej 4-6, 7000 Fredericia, Denmark,
Tel: +45 75 94 54 55, Fax: +45 75 94 54 10*



ABSTRACT

As part of the Øresund Link, considerable dredging and reclamation activities have been required in order to achieve a technical, economical, environmentally friendly and an aesthetically acceptable fixed link between Denmark and Sweden.

The Contract for the Dredging and Reclamation Work was signed with Øresund Marine Joint Venture (ØMJV) consisting of Ballast Nedam Dredging, Great Lakes Dredge and Dock Company and Per Aarsleff A/S. Carl Bro als has been the designer for the Contractor

To achieve this, several strict requirements were laid out in the Contract based on the demands of the Authorities in both countries.

A requirement related to the "environmental friendliness" was that all dredged materials should be reused in the reclamation. Further, requirements for the reclamation were defined by the Owner mainly via definition of the maximum allowable settlements. Such allowable settlements would vary from 45 mm in areas under concrete structures to 500 mm in landscaped areas.

The materials used for reclamation have been:

- Mechanically excavated limestone and clay till from realigned navigation routes and compensation dredging.
- Cutter suction dredged limestone from the tunnel trench.

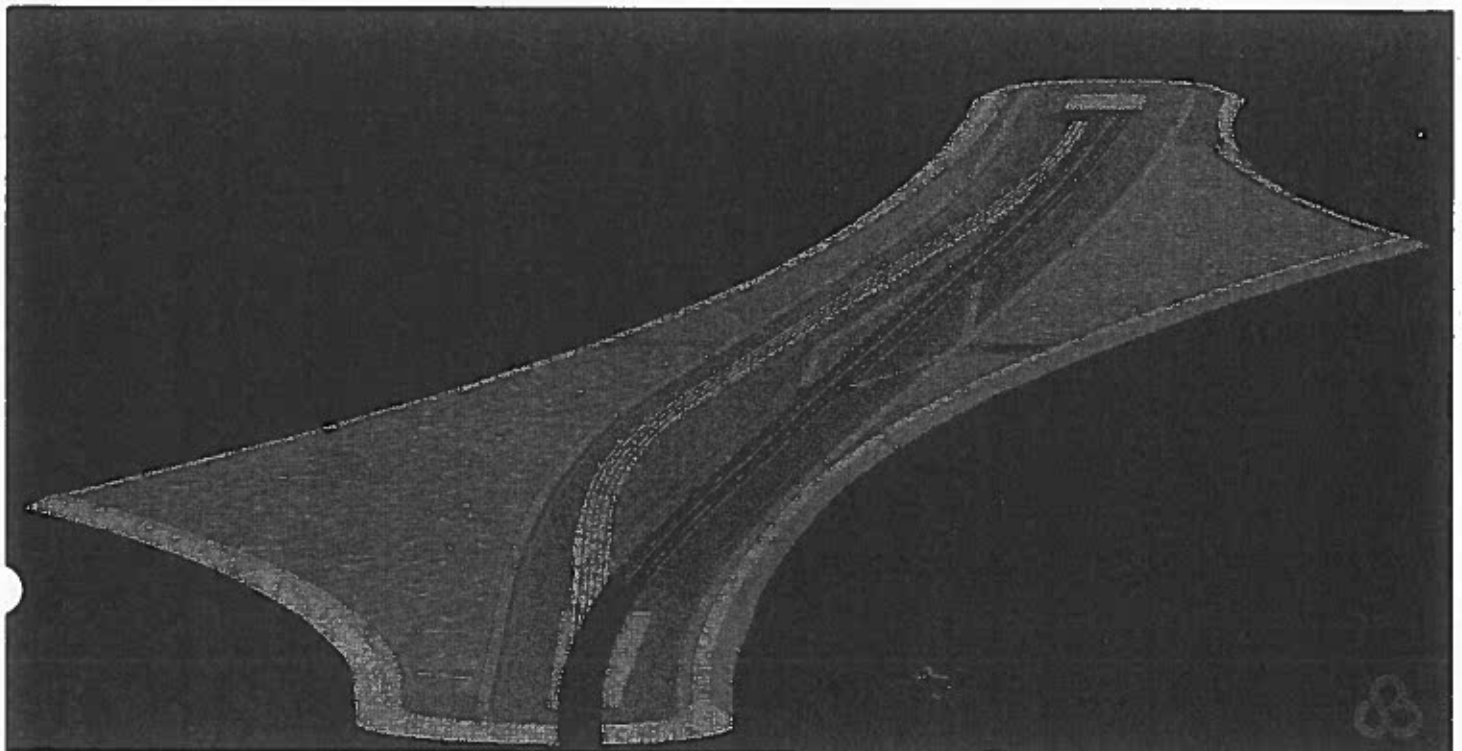
- Cutter section dredged clay till from the upper part of the tunnel trench and compensation dredging.
- Sand dredged at Kriegers Flak.
- "Land fill" from excavations for the Amager Motorway

During the execution of the works the design has been verified continuously using settlement trials and actual settlement measurements. Thus the designer has been able to quickly respond to changed conditions, methods of construction and timetables, verifying that the Owner's settlement requirements have been met.

Improvements of the parameters of the soil have been made using the following methods:

- Vibrowing compaction for densification of sand.
- Selective use of fast draining and thereby fast settling Cutter Suction dredged materials.
- Temporary Preload to expedite settlements and consequently limit differential settlements.
- Horizontal drainlayers of sand and cutter suction dredged materials placed between layers of mechanically dredged limestone or clay till fill in the construction of the Motorway embankment from waterlevel to the level + 12m.

KEYWORDS: Settlement supervision, Improvement of reclamation materials, Sandwich construction, Drainage of reclaimed materials .



I. INTRODUCTION

Since the Øresund Link has been completed, people crossing the link will see the reclamation project as the surface of the peninsula at Kastrup and the artificial island, Peberholm just south of Saltholm.

All the efforts of providing a sound foundation of wet dredged materials will be hidden and most travelers will not know that the dredging and reclamation for the Øresund Link was one of the most challenging parts of the work requiring advanced engineering and execution.

The 4 km long Peberholm reclamation is protected from wave attack by a stone revetment, see Blak-Nielsen et al (1999). This artificial island comprises a tunnel ramp, Motorway, Railway, Service Roads, Utilities and Landscaped Areas containing deposits of surplus excavated materials.

Most of the fill materials used for the reclamation of the Peninsula and the Island were dredged at sea in order to allow the placing of the immersed tunnel between Kastrup and Peberholm and as compensation dredging to allow an unchanged water flow through the Øresund.

For the reclamation of the Peninsula (90 ha) and Peberholm (130 ha) the design has included:

- Tender Design
- Basic and Detailed Design
- Technical support, review of construction method statements and evaluation of measurements.
- Suggestions and redesign based upon additional geotechnical investigations, settlement monitoring, availability of materials of varying quality and of construction progress.

The approximate main quantities in the Dredging and Reclamation Contract are:

Stoneworks	1.3 mio. m ³
Mechanically excavated limestone or clay till fill	4 mio. m ³
Cutter suction fill	3 mio. m ³
Dredged sand	1 mio. m ³
"Land fill"	0.5 mio. m ³
Subbase and Road base for road and railway construction	0.1 mio m ³

2. REQUIREMENTS

2.1 Design Requirements

The Contract stipulate the following design requirements for the reclamation:

The future structure shall have a design lifetime of 100 years.

Strength and stability shall be according to the Contractors design when respecting the geometry in the Owners Definition Drawings and using partial coefficients $\gamma_\phi = 1.3$ and $\gamma_c = 1.8$.

The settlement requirements in the Contract are:

Settlements:

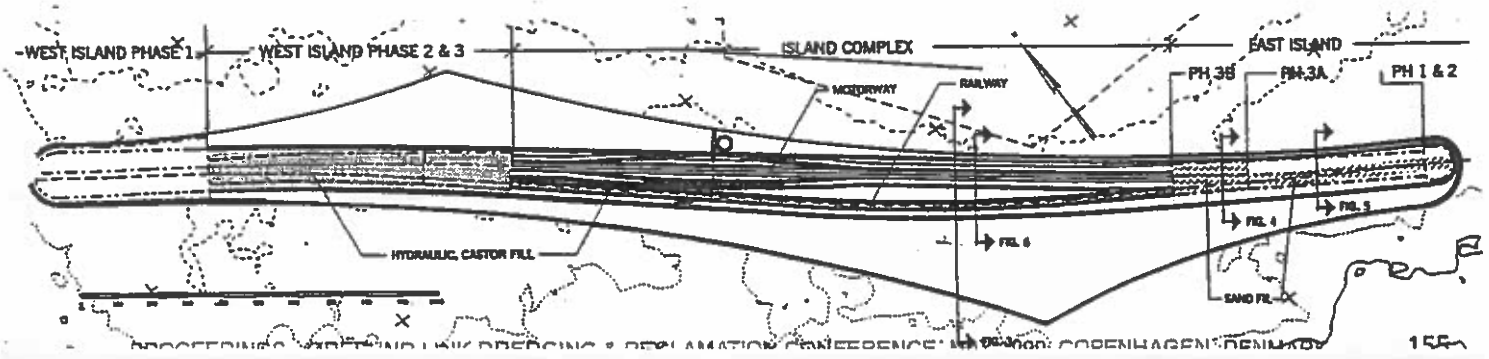
Area	Allowable settlements after hand over	Allowable settlements at horizontal interfaces to other contracts
Railway	70 mm	45-50 mm
Retaining walls		45 mm
Motorway	200 mm	120-150 mm
Service Roads	200 mm	
Compounds	250 mm	
Landscape	500 mm	

plus additional requirements after 12 months where more than 75% of calculated settlements and less than 90% of long time settlements shall have taken place.

Differential Settlements:

Area	Allowable differential settlements after hand over	Allowable differential settlements 6 month after hand over, 5 mm over 20 m, or
Railway	0.10 %	0.025%
Motorway	0.06 %	0.025%

Fig. 2, Plan of Peberholm



Construction Requirements

Construction requirements incorporate:

- Milestones for completion/handling over of parts of the project
- Requirements for materials specified by the Owner, such as to grain size distribution for various classes of materials and allowable water content at the time of placement.
- Requirements specified by the designer in order to comply with the overall requirements; i.e.:
Dynamic E-modulus to be $\geq 20 \text{ MN/m}^2$ of the formation level, 1.06 m and 1.2 m below the final motorway surface and top of rail respectively.
Compaction to 100% standard proctor, mean, sand replacement for fill less than 2.0 m below final road/railway surface and to 96% more than 2.0 m below.
Minimum ϕ_{pi} of materials used in the outer parts of the embankments to be $\geq 33^\circ$.

3. DESIGN

The construction planning and the design of the reclamation has been conducted with the aim of using the right materials and construction methods at the right time and place. Thereby the construction and progress always fulfil the contractual requirements such as strength, stability settlements and not least to compliance with Milestones for handing over parts of the project and allowing access other contractors.

The design has continuously been revised to suit the site and ensure optimisation based on feed back in the form of geotechnical field and laboratory investigations, compaction and settlement recordings, and information on available materials.

The Contractor, and therefore also his designers had to consider different materials for the reclamation based on requirements to dredging location(s), dredging equipment available, quality and workability, including settlement times, of the fill. Also, permission from the authorities, cost of dredging, transportation, handling and construction had to be considered.

4. CONSTRUCTION

4.1 Milestones

Major milestones influencing the initial phase of the reclamation design have been:

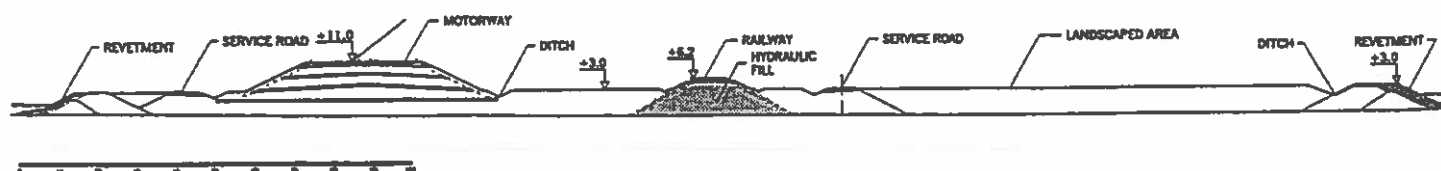
- Peninsula, access to the ramp and compound for the Tunnel Contractor.
- West Island, access to the ramp and compound for the Tunnel Contractor.
- East Island, access to the abutment construction site and compound for the Bridge Contractor.
- The start of cutter suction dredging of the tunnel trench after the construction of permanent and temporary dikes enclosing areas to be filled with dredged material.

4.2 Reclamation materials and construction methods

The available materials and their placement are listed below:

- Mechanically excavated clay till from realigned navigation routes and compensation dredging was used in the "(water) tight" layers behind the revetments, in compounds, mass fillings, as foundations under service roads and with special precautions in the motorway foundation.
- Mechanically excavated limestone (till) fill was used at the same locations as the clay till fill with the exception of revetment backfill and frost secure layers on the motorway and railway embankments.

Fig.3, Complete cross-section



- Cutter suction dredged limestone from the tunnel trench and clay till from the upper part of the tunnel trench, compensation dredging. These materials were used as fill under the Railway, under part of the Motorway and at other locations with strict settlement requirements.

- Sand dredged at Kriegers Flak was used in the beginning of the project at locations with high loads and strict settlement requirements.

At critical locations the sand below level +1 m was vibro-wing compacted. In addition, sand as well as granular cutter suction fill has been used as drain layers. Sand fill was also used in the Island compounds where the mechanical fill could not settle and gain the necessary strength in time.

When the work harbours and compounds are demobilised the sand will be reused as drains and foundation in road construction.

- "Land fill" from excavations for the Amager Motorway and other locations was used as backfill behind the revetment in the initial phases where the mechanical fill from the seabed was soft and there was no time for the clay from the seabed to gain strength.

5. SUPERVISION AND VERIFICATION

During the reclamation period, compliance with the contract design requirements had to be documented by investigation and proof calculations. The design were then be verified and possibly revised due to updated information from the site or instructions from the Owner.

The investigations have included:

- Geotechnical borings in fill and subsoil with vane tests and sampling for standard laboratory tests including a considerable number of consolidation tests.
- CPT-soundings in the fill for recording of relative density.
- Plate load tests.
- Troxler tests for compaction supervision.
- Full-scale settlement tests in representative "trial areas".

The settlement trials were made in order to verify the calculations with parameters from the Owners site investigations, literature and Storebælt experience.

Trials were placed both in the hydraulical fill and in the mechanical fill areas. Typical results from load tests are shown in fig 7 and 8.

It has been important to make the full scale trials because laboratory (oedometer) tests on the fill are considered too conservative with respect to the settlement rate. This is because lab tests can not inform about "macro" drainage fill due to sand bands and other inhomogenities.

Assessment of settlement parameters from the full scale tests have been based on the same assumptions (one dimensional consolidation theory, assuming vertical draining between layers above and below) as used in the calculations.

The trials have generally confirmed that the fill had settlement parameters as originally assumed in the design or better.

As part of the verification, the slope stability has been verified at locations where reclamation was assumed critical.

6. EXAMPLES, CASE STORIES

The following examples illustrate construction of different elements in the Peberholm reclamation. (see also fig. 2)

6.1 West Island Phase 1

This included the construction pit for the tunnel portal building, the tunnel ramp, the compounds and work harbours for the tunnel and reclamation contractor.

As soon as the stone revetment was placed, 7 to 15 m of mechanically excavated clay till fill was placed behind it to allow for the tunnel contractor to start the dewatering of the ramp, excavate the seabed and start construction.

The compound area for the work harbours was first filled with mechanical fill to around level 0.0 m. Above, the area was filled with dredged sand in order to comply with the Milestone and allow access for construction equipment, which could not wait for the clay to settle and gain strength.

According to the contract and definition drawings, the backfill behind the revetment was placed at a slope of one in two, but the wet handled and re-handled material was sometimes floating further away. However, after some time when dewatering had started, the vertical stress increased, the fill gained strength and the slopes became stable.

6.2 West Island Phase 2 and 3

These incorporate the motorway and railway foundations plus stockpiles of class III material for the tunnel contractor over a length of 835 m. At the time when West Island Phase 2 and 3 were reclaimed, the cutter suction dredger, Castor, was dredging the tunnel trench, where the dredged materials consisted of hard limestone and flint. The dredged material was strong, fast draining and fast settling. It was hydraulically placed without problems or deviations compared with the design. However, hydraulic reclamation will cause separation of the material in coarse, fine and very fine materials (silt). The finest materials tend to settle on the seabed further away from the outlet pipe. This could represent potential liquefaction problems if the silt layers develop less than 3.0 m below the completed railway. Minor quantities were therefore excavated and replaced by coarser, compacted material in connection with the ØMJV construction of the railway ramp between seabed and +/- 0 m.

6.3 East Island Phase 1

East Island Phase 1 included back filling with clay till fill behind the revetment protecting the bridge abutment and filling of the work harbours and compounds for the bridge contractor and the dredging and reclamation contractor.

Construction and construction problems were similar to West Island Phase 1, but with less time constraint. Therefore the wet clay till fill had more time to gain strength before being loaded. However, in order to prevent the wet clay till fill behind the revetment from floating into the settlement sensitive parts of East Island Phase 2 and 3, underwater separating dikes of coarse pebbles were placed at certain locations.

6.4 East Island Phase 2

East Island Phase 2 covered the first 50 m approximately under the bridge abutment and just behind the bridge abutment. The (settlement) requirements under the abutment are modest (200 mm) because the abutment is constructed on piles whereas the requirements to the first 27 m behind the abutment are rather strict; (45 mm after completion of piling and reclamation to formation level by the bridge contractor). At that time "Castor fill" was not available at the eastern end of Peberholm and mechanically placed fill would not have been able to

comply with the contractual requirements. Therefore the areas were reclaimed with sand fill and the most sensitive areas vibro-wing compacted.

According to DS 415, the modulus of compressibility is

$K > 30 \text{ MN/m}^2$ for compacted sand and

$K > 15 \text{ MN/m}^2$ for hydraulically placed sand fill.

The K-values were considered to have been met if the standard proctor values were 100% SP and 96% SP respectively (sand replacement, mean) as per Danish Road Directorate standard requirements.

The degree of compaction was investigated using cone penetration tests. The results were evaluated according to "Lunne et al", (NGI Bull.156) which give the relative density, D_r , of the sand fill.

Therefore a relationship between K and D_r had to be established.

Conservative evaluation of the apparent $D_{r,CPT}$ resulted in, the following relative density requirements to the sand of

$D_{r,CPT} \geq 0.7$ for compacted sand and

$D_{r,CPT} \geq 0.5$ for hydraulically placed sand.

The estimate was based on lab tests of the actual sand with the following parameters:

$d_{50} \sim 0.3$ to 0.4 mm and $U \sim 1.5$ to 2.7

$e_{max} \sim 0.76$ to 0.8 and $e_{min} \sim 0.48$ to 0.49 .

To the D_r -values calculated based on 100% SP and 96% SP respectively, 5% has been added for medium sand instead of fine-medium and 6% corresponding to deviations in the (3) lab tests.

The results of the CPT's generally showed $D_r > 0.8$ (or $\gg 0.8$) for the vibro-wing compacted areas and $D_r > 0.5$ to 0.6 before compaction and in the areas which were not compacted.

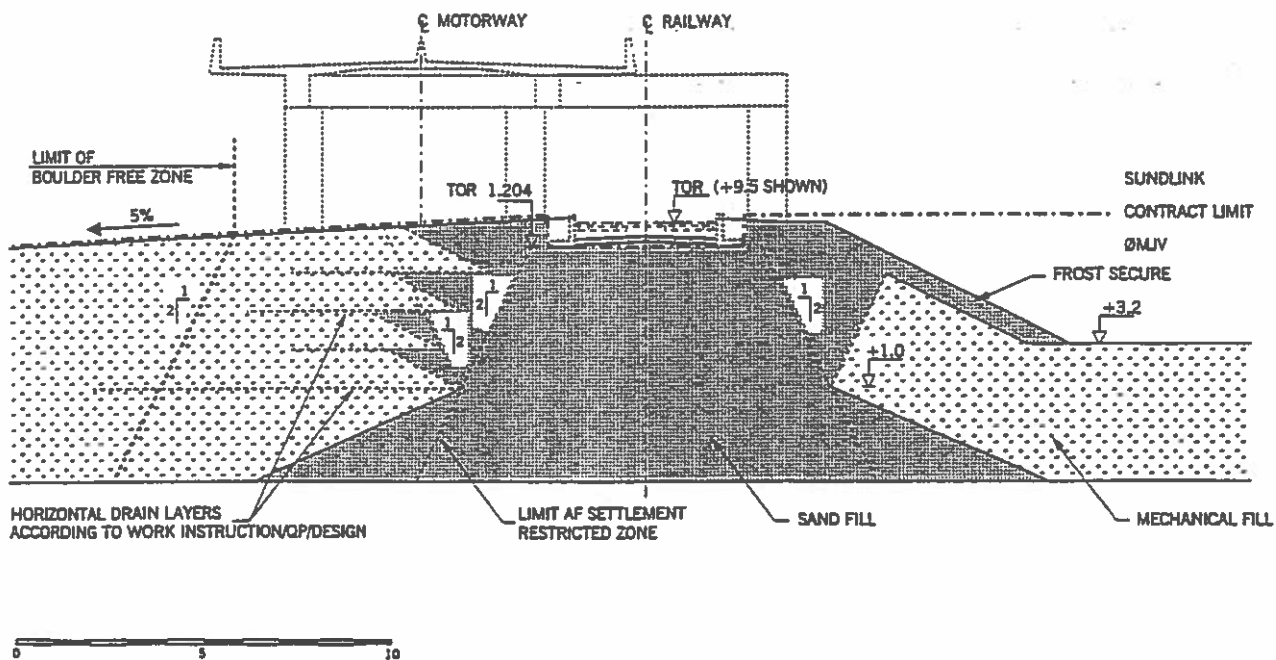
A simple levelling before and after compaction showed settlements of the reclamation surface at +1 m to be around 30 cm which for the approximately 5 m thick sand layer corresponds to an increase in relative density, D_r , of 30%.

6.5 East Island Phase 3 A and 3B

East Island Phase 3 A consists of a 500 m long railway embankment with a motorway flyover transferring the motorway over the railway before entering the 2 storey bridge.

The reclamation for the railway foundation has strict (45 mm) settlement requirements, whereas the remaining reclamation covered by the flyover is a landscaped area virtually without settlement limitations.

Fig. 4, East Island, Phase 3A



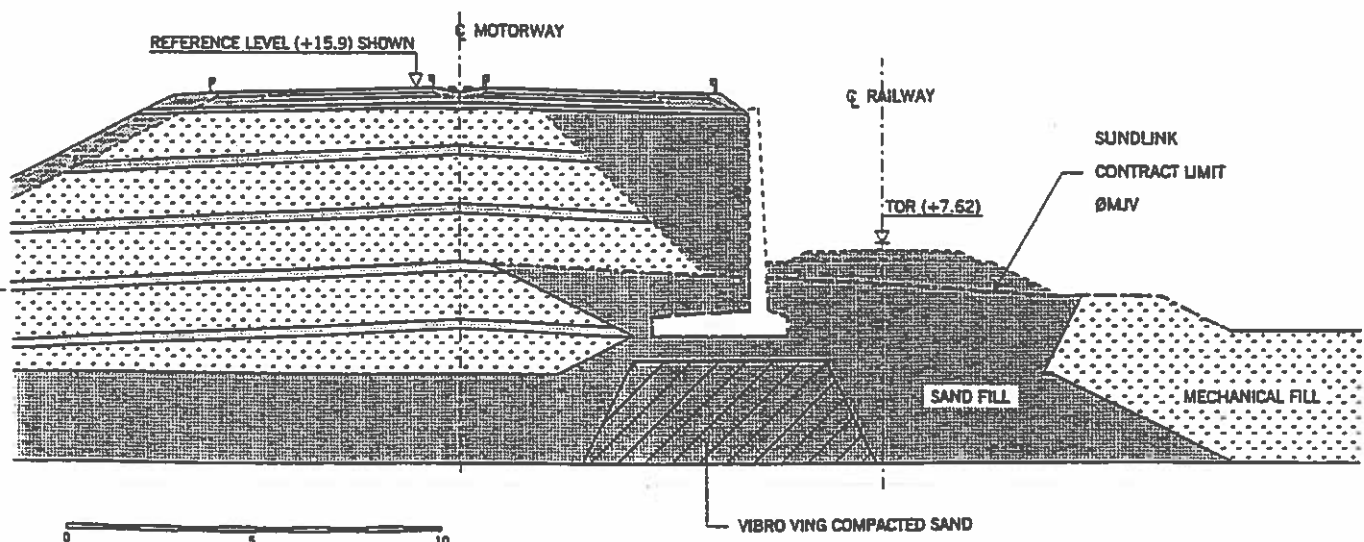
Therefore the embankment, see fig. 4 has been constructed as dikes of mechanically placed fill. The railway foundation was reclaimed with hydraulically placed sand in between the dikes. This resulted in a cost efficient reclamation with a minimum use of expensive materials (sand).

East Island Phase 3B consists of a 210 m long transition zone, where the railway gets closer to the motorway. Here the motorway embankment is separated from the railway by a concrete retaining wall.

The area was reclaimed with hydraulically placed sand to a level +1 m / +3 m and the zone under the retaining wall was vibro-wing compacted; see typical cross-section in fig. 5.

In the original design, the fill above the sand should have been hydraulically placed Castor fill, but this was not available, and in the meantime, see motorway embankment below, we had found an acceptable reclamation method, when using the mechanically excavated materials.

Fig. 5, East Island Phase 3B



6.6 Island Complex, Railway Embankment

This covers the 1670 m long part of the railway running at a level +6.2 m on an embankment of hydraulically placed "Castor" fill.

Only limited mechanical compaction was required in order to document 100% standard proctor. Plate load tests have shown K well above 40 MN/m²

In the tender design and at the beginning of the construction it was assumed that the traffic corridor on the island consisting of motorway, railway and service roads should all be reclaimed by hydraulically placed cutter suction material. However, due to modifications in the project such as revised dredging depths, it was not economical to dredge the necessary quantities by cutter. - Nor was it possible with the allowed spill percentage. Therefore it was decided to use the hydraulic fill at the locations with the strictest requirements.

The reclamation of the motorway embankment with hydraulic fill was thus stopped and the whole railway embankment was made of hydraulic fill.

Completion of the motorway embankment and service roads then had to be made according to a revised design using mechanical fill.

6.7 Motorway Embankment

The 1670 m long part of the Motorway Embankment in the central part of the island (between West and East Island) was constructed using mechanical fill. Compared with the hydraulically placed cutter suction fill, this has lower initial strength and slow

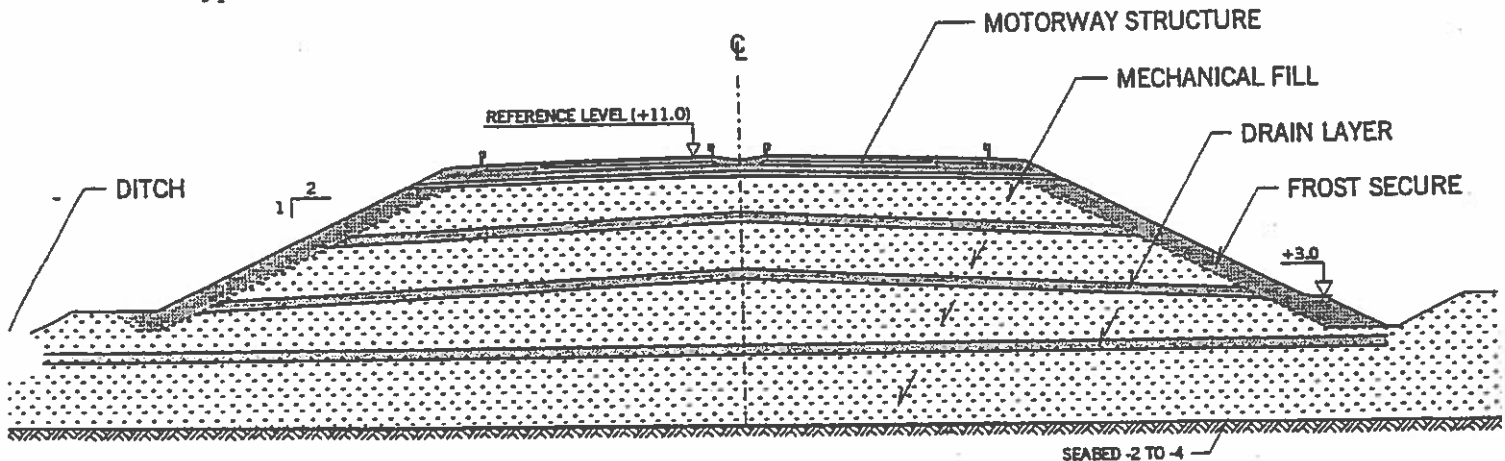
draining properties. Therefore precautions were taken during the construction, ("the building in process").

The mechanical fill was placed in layers with a thickness of a maximum 3 m between 0.5 m thick layers of sand. This was done in order to improve the draining of the material and thereby accelerate the settlement. The sand layers were also used as temporary working roads during the construction of the embankment. Thus it was possible for different construction equipment to place the next layer of mechanical fill. Before placing the sand layers, the surface of the mechanical fill was shaped with a transverse slope of minimum 5 % away from the centreline of the motorway in order to avoid pockets with water (soft spots), which could later cause problems (differential settlements). See fig.6. To ensure the stability of the embankment slopes during construction and of the final slope, the outer 2 m of the slope was compacted to 98% SP.

Furthermore it was required that the fill above a level of +8 m to formation level was compacted to 100/96% SP and a preload of 2 m fill was placed at formation level. This was done in order to improve the strength of the mechanical fill and to accelerate the settlement.

In the motorway embankment two full scale settlement trials were made so that the settlement could be measured during construction. This was done in order to identify the need for a possible redesign and so that decision(s) on corrective actions could be taken at an early state.

Fig. 6, Motorway Embankment
Typical cross-section



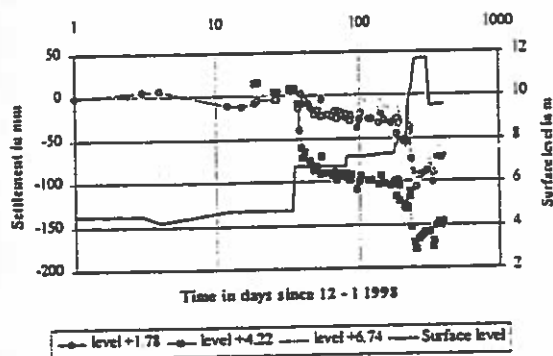


Figure 7: Typical settlement monitoring result for 3 poles.

Trial 5 Centerline plates

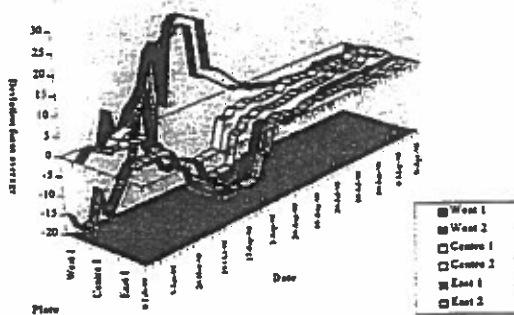


Figure 8: Differential settlements for 6 plates all positioned around level +7.5 m. The data have been "normalised" to the average of the measurement of the day for these plates. The preload in the western part of the trial area was removed 2 months later than in the rest of the trial area.

CONCLUSION:

Working on a "Design and Build" Contract involving reclamation and fill activities, it is our experience that close contact and understanding of the common goal is vital for the Contractor and his designer. On one hand, it is a requirement that the designer follows the guidelines laid out by the Contractor in respect to the development of a design, based on a proper balance between cost optimisation and risk assessments. On the other hand it is important that the Contractor does not force the designer into using "tailor-made" unsafe assumptions, aimed at the result the Contractor wants. In other words the Contractor must "back off" and leave the detailed design calculation and verification to the experts.

If this mutual understanding is present, then the experience is that the goal will be achieved.

Methods of construction are developed by the Contractor and reviewed by the designer. The designer on his part proves by detailed calculation that the requirements are met and the design reports are reviewed and approved by the Contractor. This provides the parties with a detailed knowledge that enables them to plan and perform almost to perfection, but most importantly enables them to improvise and make corrective actions in time, should part of the basis for the methods of construction and design fail.

The methods of construction used in the different areas of the reclamation as described above all form part of a design optimised in cost and risk exposure. Some methods did fail in the construction, but due to the close co-operation none of these failures developed into disasters. All problems were overcome by combining the knowledge and experience into innovative thinking.

REFERENCES:

- Blak-Nielsen, J., Gravesen, H. and Lykkeberg, N. (1999): Design of revetments for the artificial island. 26th Int. Conf. Coastal Engng. (ICCE), ASCE, Copenhagen Denmark
- Koch-Hansen, K. and Parmann, I.S. (1998): Construction work on Peberholm, the island which will link Denmark and Sweden (in danish). *Geologisk Nyt*, 98,4.