

Oppdragsgiver
Kystverket

Rapporttype
Risikovurdering

Dato
2015-03-30

SEDIMENTER I BODØ HAVN

RISIKOVURDERING OG TILTAKSPLAN



SEDIMENTER I BODØ HAVN RISIKOVURDERING OG TILTAKSPLAN

Oppdragsnummer: 1350002747
 Oppdragsnavn: Bodø havn
 Dokumentnummer: M-rap-00
 Filnavn: M-rap-00-1350002747 Datarapport og tiltaksplan Bodø havn rev_3.docx

Revisjon	03	Reviderte rapport iht. kommentarer fra Miljødirektoratet
Dato	2015-32-30	
Utarbeidet av	Maria Kaurin, Eva Kristin Aakre, Tom Jahren og Aud Helland	
Kontrollert av	Aud Helland	
Godkjent av	Tom Jahren	
Beskrivelse	Trinn 3 risikovurdering av sedimentene i Bodø havn og vurdering av forurensningsmektighet.	

Sammendrag

Som en del av nasjonal transportplan skal Kystverket utdype Bodø havn. Bodø kommune har i den forbindelse slått seg sammen med Kystverket for å kunne utvide prosjektet til en miljøopprydning i havnen.

Multiconsult utførte en omfattende kartlegging av bunnsedimentene i havna i 2012, med en påfølgende risikovurdering trinn 1 og 2.

Rambøll har i 2014 utført ytterligere sedimentundersøkelser for å kunne vurdere mektigheten av forurensede sedimenter i havna. Samtidig ble det samlet innt prøver av sedimentenes porevann og blåskjell fra havna for å utføre en trinn 3 risikovurdering. Strømforhold og sedimentenes miljøkvalitet er undersøkt i Nyholmsundet med tanke på bruk som dypvannsdeponi for forurensede masser fra havna.

Trinn 3 risikovurderingen viser at miljømålene for havna ikke vil nås med dagens miljøkvalitet i sedimentene. Ikke alle områder i hava representerer like stor risiko. Det er knyttet størst samlet risiko til områdene grunnere enn 15 m innerst i havna mot nordvest (delområde 6) og sørøst i havna (delområde 2). Havnen ble delt inn i 6 delområder etter dyp, forurensningsgrad og påvirkningskilder og er rangert ut i fra overskridelse av gitte grenseverdier for akseptabel risiko. Forurensningen i sedimentene er begrenset til de øvre ca 40 cm. I de grunne områdene er det varierende innslag av hardbunn, i slike områder er sannsynligvis mektigheten av forurensningen mindre.

Sterk strøm og grovkornede sedimenter i Nyholmsundet tilsier at området ikke er egnet som deponi for masser fra Bodø havn. For å få avklart om området kan benyttes må det utføres ytterligere undersøkelser av strømforholdene i deponiet og vurderinger av de fysiske egenskapene til sedimentene fra Bodø havn.

Vår leveranse	<i>Sediment</i>	<i>Miljøgifter</i>	<i>PAH</i>	<i>Metaller</i>
----------------------	-----------------	--------------------	------------	-----------------

SEDIMENTER I BODØ HAVN RISIKOVURDERING OG TILTAKSPLAN

FORORD

Rambøll har fått i oppdrag av Kystverket å undersøke vertikalutbredelse av forurensede sedimenter i Bodø havn. Innsamling av sedimentkjerner og overflateprøver ble utført av Jonas Hovd Enoksen og Eva Kristin Aakre, Rambøll med assistanse fra mannskapet på Barents Workers, Representant for oppdragsgiver Kystverket er Andreas Glad.

I tillegg er Rambøll engasjert av Bodø kommune for å utføre risikovurdering trinn 3 for sedimentene i havna, og vurdere tiltaksbehov. Som basis for trinn 3 vurderingen ble det samlet inn bunnsedimenter og blåskjell for kjemiske analyser. Innsamlingen ble foretatt av Hans Olav Oftedal Sømme og Eva Kristin Aakre. Oppdragsleder i Rambøll er Eva Kristin Aakre. Foreliggende rapport er utarbeidet av Maria Kaurin, Tom Jahren, Aud Helland og Eva Aakre, Rambøll.

BEGRENSNINGER

Denne rapporten tar kun for seg undersøkelser av sjøbunnen med hensyn på forurensning. Undersøkelsen er utført på bakgrunn av informasjon gitt av oppdragsgiver eller representanter for oppdragsgiver. Dersom områder ikke har vært tilgjengelige for prøvetaking er dette beskrevet i rapporten og det er gitt anbefalinger om ytterligere undersøkelser.

ANSVAR

Rambøll har utført de miljøtekniske sedimentundersøkelsene i henhold til gjeldende regelverk, veiledere og standarder. Denne rapporten gir ingen garanti for at all forurensning på tiltaksområdet er avdekket og dokumentert. Rapporten gir en oversikt over påvist forurensning og håndtering av denne. Rambøll påtar seg ikke ansvar dersom det i ettertid avdekkes ytterligere eller annen forurensning enn det som er beskrevet i denne rapporten.

Rapporten må ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning fra Rambøll.

Innhold

1.	INNLEDNING	6
2.	MILJØTILSTANDEN I BODØ HAVN	7
3.	OMRÅDEBESKRIVELSE	7
3.1	Geografisk beliggenhet	7
3.2	Areal og båttrafikk i Bodø havn	8
3.3	Dypvannsdeponiet Nyholmsundet	8
3.4	Vann-dyp og bunntyper	8
3.5	Naturmangfold.....	9
4.	MATERIALE OG METODE	10
4.1	Eksisterende data	10
4.1	Innsamling av nytt prøvemateriale	11
4.2	Analyser	13
4.3	Risikovurdering.....	14
4.4	Innsamling av strømdata	16
5.	RESULTATER OG DISKUSJON	16
5.1	Metaller og organiske miljøgifter i blåskjell	16
5.2	Sedimentenes fysiske egenskaper	18
5.3	Risikovurdering trinn 1 for hele Bodø havn	19
5.4	Risikovurdering trinn 3 for hele Bodø havn	27
5.5	Inndeling av delområder med ulik risiko.....	31
5.6	Risikovurdering trinn 1 for ulike delområder	32
5.7	Risikovurdering trinn 3 for ulike delområder	34
5.8	Rangering av delområder	37
5.9	Aktuelle tiltak	41
5.10	Vertikal utbredelse av forurensning i sedimentene.....	41
5.11	Tiltaksareal og volumberegning	45
5.12	Disponering av masser	47
5.13	Sedimentenes miljøkvalitet i Nyholmsundet.....	47
5.14	Overvåkning ved gjennomføring av tiltak	49
5.15	Geotekniske forhold	50
6.	KONKLUSJON	51
7.	REFERANSER	52
8.	VEDLEGG	53

TEGNING

Tegning nr.	Rev.nr.	Tittel	Målestokk
M-100	0	Oversiktskart	1 : 350.000

VEDLEGG

Vedlegg 1 – Tegning	I
Vedlegg 2 – Trinn 1 vurdering grenser for tilstandsklasser.....	II
Vedlegg 3 – Situasjonsskart, sedimentundersøkelse vår og høst 2014.....	III
Vedlegg 4 – Situasjonsskart, sedimentundersøkelse 2012.....	IV
Vedlegg 5 – Kjernelogger	V
Vedlegg 6 – Risikovurdering trinn 3	VI
Vedlegg 7 - Analyseresultater	VII

1. INNLEDNING

Som ledd i nasjonal transportplan planlegger Kystverket å utdype deler av Bodø havn fra 11 til 13,3 m vanndyp. Massene er planlagt deponert i Nyholmsundet hvor største vanndyp er ca. 55 m. Etter deponering skal massene tildekkes med rene masser fra utdypingen. Mindre grunner utenfor havna skal også fjernes, her er det imidlertid ubetydelige mengder sediment.

Sedimentene i Bodø havn er forurenset av metaller, PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner), TBT (tributyl tinn) og noe PCB (polyklorerte bifenyler). Risikovurdering utført i 2013 viste at sedimentene i havna utgjør en uakseptabel risiko for spredning, human helse og økologi, både for bunnlevende organismer og organismer i frie vannmasser [1]. Med en slik grad av risiko vil ikke Bodø kommune nå sine tre følgende miljømål for havna:

1. Det skal ikke forekomme spredning av miljøgifter fra sedimentene i et slikt omfang at det kan gi skadelig innvirkning på miljøet.
2. Sedimentene skal ikke utgjøre en helsefare for mennesker som oppholder seg i sjøområdene ved Bodø havn.
3. Miljøgiftene i sedimentene skal ikke føre til skade på akvatiske flora og fauna i, og på sjøbunnen.

Bodø kommune og Miljødirektoratet ønsker derfor å utnytte Kystverkets prosjekt til å få gjennomført en miljøopprydding i hele havna.

Noen områder av havna er mer forurenset enn andre, men ingen områder kan likevel friskmeldes ut fra en risikovurdering trinn 2 [1]. Miljødirektoratets veileder for risikovurdering av forurenset sediment [2] er konservativ i den forstand at fordelingskoeffisienten mellom sediment og vann (Kd) for hver enkelt miljøgift er satt relativt lavt. Dette betyr at sedimentene antas å utgjøre en større risiko enn reelt. Derfor ønsket Bodø kommune å få gjennomført en risikovurdering trinn 3, basert på stedsspesifikke målinger av konsentrasjonen av metaller og organiske miljøgifter i sedimentenes porevann. Det er særlig PAH som slår ut med høy risiko i risikovurdering trinn 2, dette gjelder også risiko for human helse. Med tanke på at mange organismer, eksempelvis fisk har evnen til å bryte ned PAH, er risikoveilederen konservativ også på dette området. Derfor ønsket Bodø kommune at trinn 3 risikovurderingen også skulle baseres på stedsspesifikke analyser av miljøgifter i biota.

Aktuelle tiltak mot forurensete sedimenter i Bodø havn er mudring i områder grunnere enn 15 m og tildekking i områder dypere enn 15 m. For å kunne planlegge mudring er det nødvendig å vite vertikal utbredelse av forurensningen.

Rambølls oppgave i dette prosjektet har derfor bestått i å samle inn:

- sedimentkjerner fra havna for analyser av mektighet (vertikal utbredelse) av miljøgifter
- overflatesedimenter for analyse av miljøgifter i porevann
- blåskjell for analyse av miljøgifter

Resultatene fra disse analysene skal benyttes i trinn 3 risikovurdering sammen med tidligere innsamlede data [1]. Risikovurderingen skal danne grunnlag for å vurdere om tiltak er nødvendig for at Bodø kommune skal nå sine fastsatte miljømål. Hvis sedimentene i havna ikke kan friskmeldes etter trinn 3 risikovurdering skal det vurderes om noen områder i havna representerer en mindre risiko enn andre. Mektigheten av forurenset sediment benyttes til å vurdere mudringsbehov (volum).

Tidligere undersøkelser har vist at områdene rundt Bodø havn er geoteknisk ustabile. Dette er en av årsakene til setningssskadene som har oppstått på den nye Hurtigbåtkai. I forbindelse med Kystverkets utdyping utenfor Terminalkaia det derfor foretatt nye geotekniske undersøkelser (Rambøll rapport Bodø Havn - Utdyping utenfor Terminalkaia - Geotekniske undersøkelser [3]. Siden grunnforholdene i hele Bodø havn må anses som ustabile er det derfor nødvendig å avklare grunnforholdene før tiltak i sedimentene utføres. Det mest kostnadseffektive vil være å utføre undersøkelser i de områdene som faktisk skal mudres eller tildekkes. I en slik prosess er det nyttig å få frem informasjon fra eventuelle tidligere geotekniske undersøkelser som er utført i områdene rundt havna. En total undersøkelse av hele havna vil bli langt mer kostbar.

2. MILJØTILSTANDEN I BODØ HAVN

Gjennom Vanddirektivet og Vannforskriften er målet at alle vannområder innen 2021 skal ha god miljøtilstand. Miljømålet for naturlige vannforekomster av overflatevann (elver, innsjøer og kystvann) er at de som et minstemål skal ha god økologisk- og kjemisk tilstand. Ved fastsetting av miljømål kan vurderinger av samfunnsnyttene, kostnader eller tekniske/naturlige forhold nødvendiggjøre bruk av unntaksmulighetene i vanddirektivet, for å sikre at forvaltningsplanene og tiltaksprogrammet blir realistiske og gjennomførbare. Havneområder med skipstrafikk og kaiutbygginger er et slikt eksempel og kan i følge veileder 02:2013 og veileder 01:2014 karakteriseres som en sterkt modifiserte vannforekomster (SMVF). En SMVF er så påvirket av samfunnsnyttige fysiske inngrep at miljømålet «god økologisk tilstand» ikke med rimelighet kan oppnås. Miljømålet for SMVF er «godt økologisk potensial» (GØP), men det er likevel som for naturlige vannforekomster krav om minst god kjemisk tilstand.

For å nå målet om god kjemisk tilstand i overflatevann skal utslipp av prioriterte stoffer som metaller og organiske miljøgifter reduseres eller opphøre slik at det oppnås konsentrasjoner i vannmiljøet som ligger nær bakgrunnsnivået for naturlig forekommende stoffer og nær null for menneskeskapt stoffer. Alle kilder til utslipp må vurderes, herunder forurenset grunn og forurenset sjøbunn. Spredning fra forurensete sedimenter er å regne som utslipp.

Den økologiske tilstanden i Bodø havn er per dags dato satt til svært dårlig, mens den kjemiske tilstanden er udefinert [4]. Sedimentene i Bodø havn ble undersøkt i 1994. Siden den gang synes forureningsgraden å være stabil for metaller og PAH, men økende for TBT [4]. I 2012 ble miljøgiftinnholdet i sedimenter fra 91 stasjoner i havnen undersøkt [1]. Undersøkelsene påviste forurensning av tungmetaller, PAH, PCB og TBT over grenseverdi for trinn 1 risikovurdering i de øverste 10 cm av sedimentet. Det ble særlig påvist høye verdier av TBT og kobber. Undersøkelser av blåskjell i Bodø indre havn, gjennomført ved én stasjon i 2012, viste ingen overskridelser av grenseverdier for tungmetaller eller PAH [5], mens tidligere undersøkelser har vist at fisk fanget i indre del av havnen var moderat påvirket av PCB. Vann-Nett er ikke oppdatert med de seneste undersøkelsene. Undersøkelsene fra 2012, som benyttes i foreliggende risikovurdering, sammen med ny undersøkelser utført i 2014 (foreliggende rapport) vil bidra til at karakteriseringen av vannforekomsten blir mer fullstendig.

3. OMRÅDEBESKRIVELSE

3.1 Geografisk beliggenhet

Bodø havn ligger i Bodø kommune i Nordland. Tiltaksområdet strekker seg fra Rundholmen og Nyholmen i sørvest i Rønvikfjæra i nordøst.



Figur 1: Oversiktsbilde over Bodø havn og Nyholmen [1].

Bodø havn er en av 7 sentralhavner i Norge. Store deler av strandsonen benyttes per i dag til kaianlegg. Havna har hyppig trafikk av ulike typer godsbåter og er et sentrum for lokalbåttrafikken i Nordland fylke. Båttrafikk i området inkluderer hurtigbåter, hurtigruten, fergetrafikk, cruisetrafikk, godstrafikk, fiskeri- /marin virksomhet, offshorevirksomhet og småbåthavn.

3.2 Areal og båttrafikk i Bodø havn

Tiltaksområdet i Bodø havn er satt ut til linjen mellom Nyholmen og Rundholme og utgjør ca. 1 km² (Figur 2). Figuren gir en oversikt over kaianleggene i indre havn. I risikovurderingen benyttes det samme antall båtanløp til og fra kaiene i havna som angitt i Multiconsults rapport fra 2013 [1].

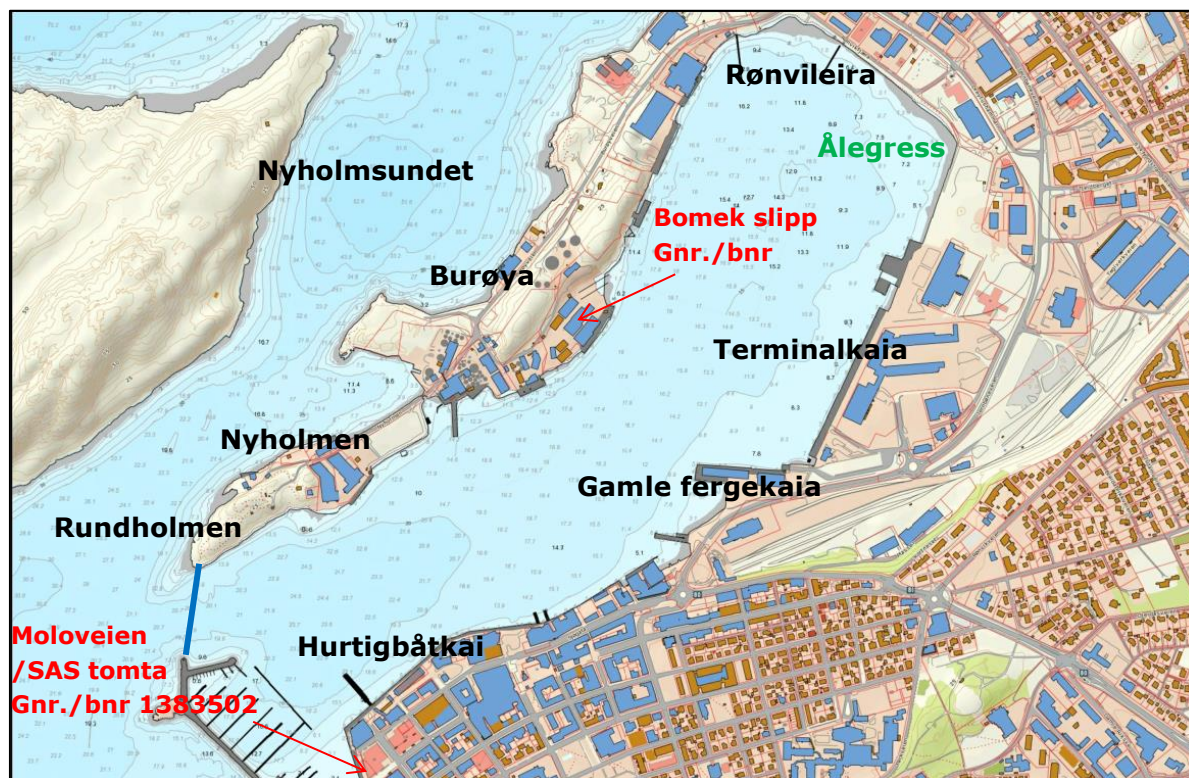
3.3 Dypvannsdeponiet Nyholmsundet

Arealet innenfor kote -50 m i Nyholmsundet er ca. 27 000 m² og utgjør deponiområdet. Dypeste punkt er ca. 54 m.

3.4 Vanndyp og bunntyper

Multiconsult gjennomførte i 2012 geotekniske undersøkelser utenfor Terminalkaia [6]. Løsmassene i det undersøkte området er beskrevet som et bløtt leirlag over et fast leirlag, med en løsmassemektighet mellom 6,5 og 19 m. Multiconsult har i tidligere undersøkelser beskrevet løsmassene sør for fergekaia som et øvre lag av sand over siltig leire, og sørvest for småbåthavna ved Rundholmen (utenfor tiltaksområdet) er bunnsbunntypen beskrevet som leire [6].

Dypet i Bodø havn er generelt mindre enn 20 m og ligger stort sett mellom 19 og 7 meter (Figur 2). Vestsiden av havna er noe dypere enn den østlige siden av havnebasenget. Ved innseilingen til indre havn mellom Nyholmen og Rundholmen er det et område på ca. 0,13 km², hvor dypet er større enn 20 m. Dyppartiet strekker seg ca. 600 m nordøst for innseilinga mellom Nyholmen og Rundholmen. Sjøbunnen langs den østlige delen av havna faller slakere enn på andre siden, langs landsiden utenfor Burøya.



Figur 2: Dybdekart over Bodø havn og Nyholmsundet [7]. Stedsnavn er angitt med svart skrift, forurensede grunnlokaliteter med rødt skrift, og forekomst av naturtypen Ålegress med grønn skrift. Avgrensning av tiltaksområdet er vist med blå strek.

3.4.1 Forurensningskilder

Landområdene som grenser mot Bodø havna innehar hovedsakelig diverse industri- og næringsbygg. Disse inkluderer skipsverft, et par mindre mekaniske verksteder med slipp, notbøteri, fryseri, kjøleanlegg, tankanlegg, sildoljefabrikk og sildefileringsanlegg, bryggeri, margarinfabrikk og meieri. I tillegg eksporteres det sildolje og importeres blant annet olje, koks og kull [1]. Aktivitetene i havna kan ha bidratt til spredning av miljøgifter til havna. Forurensning fra skipsverft inkluderer typisk TBT, PAH, tungmetaller og PCB.

Under andre verdenskrig ble Bodø by utsatt for en stor bybrann (1940). Dette kan ha bidratt til spredning av PAH-forbindelse til havnen. I Miljødirektoratets database for forurensede grunn er det registrert forurensede eiendommer i nærheten av havnen; Bomek slipp (Gnr./bnr. 138/184.) og Moloveien /SAS-tomta (kommunalt deponi) (Gnr./bnr 138/3502) [8].

3.5 Naturmangfold

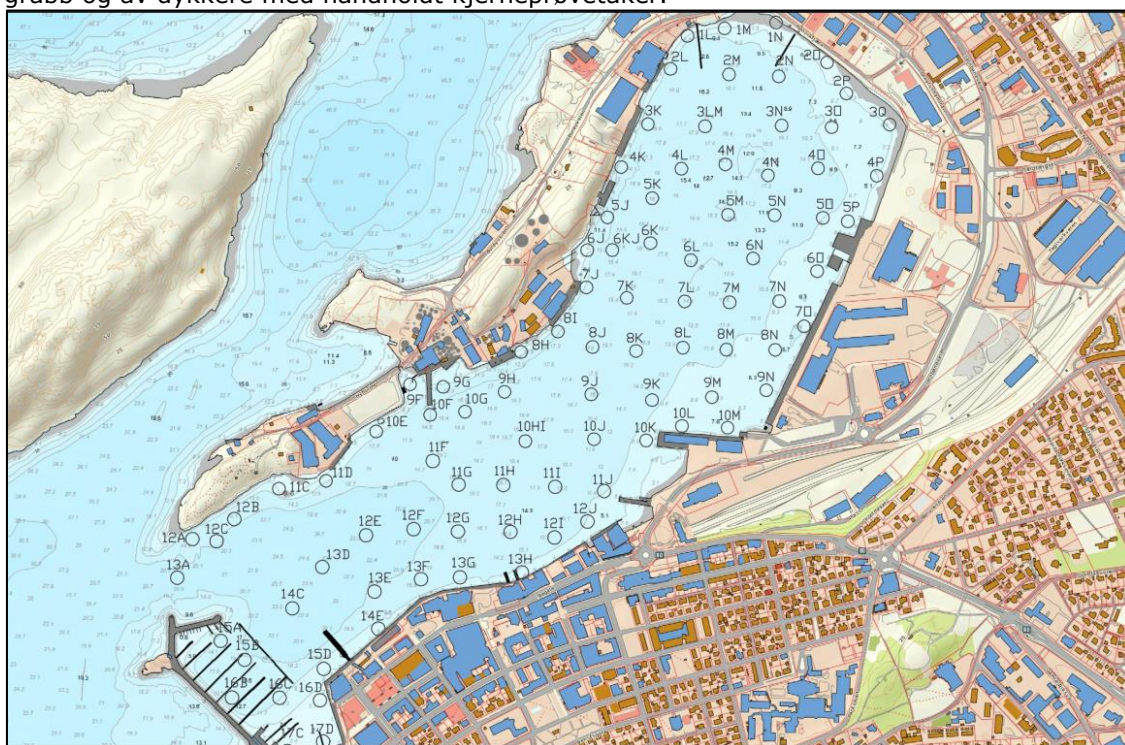
I Naturdatabase er havneområdet registrert som lokalt viktig beiteområde for storskarv og flere arter av and (svartand, stokkand, savelle, ærfugl, praktærfugl, sjørre og siland) [9]. Det er også registrert flere rødlistede fuglearter i området. Disse inkluderer tyrkerdue, lomvi, teist og krykkje,

som alle er klassifisert som sårbare. I tillegg er det registrert en ålegresseng i indre del av havneområdet i Rønvikleira, enga er verdisatt som viktig.

4. MATERIALE OG METODE

4.1 Eksisterende data

Foreliggende trinn 3 risikovurdering er basert på data fra de 91 stasjonene undersøkt av Multiconsult i 2012 [1]. Kart med oversikt over prøvepunkter fra rapporten er vist i Figur 3. Sediment fra sjiktet 0-10 cm ble den gang analysert for tungmetaller (arsen, bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv, nikkel og sink), PCB7, PAH16 og TBT for innhold av finstoff (silt og leire) og totalt organisk karbon (TOC). Samtlige analyser av sedimentprøvene ble utført av ALS Laboratory Group som er akkreditert for de utførte analysene. Prøvene ble tatt med van Veen grabb og av dykkere med håndholdt kjerneprøvetaker.



Figur 3: Oversiktskart over prøvepunkter fra 2012 [1].

I tillegg ble det i 2012 [1] utført toksisitetstester på sediment fra 15 stasjoner, fordelt på 4 delområder (Tabell 1). Det ble brukt et organisk løsemiddel for å lage et ekstrakt som ble brukt til å undersøke toksisiteten av fettløslige organiske stoffer i sedimentet. Veksthemming av algen *Skeletonema costatum* ble målt ved ulike doser av ekstraktet og porevannet. DR-CALUX® testen ble også benyttet for å påvise eventuelle effekter av dioksiner og dioksinlignende PCBer i sedimentene. Analysene ble utført av ALS Laboratory Group.

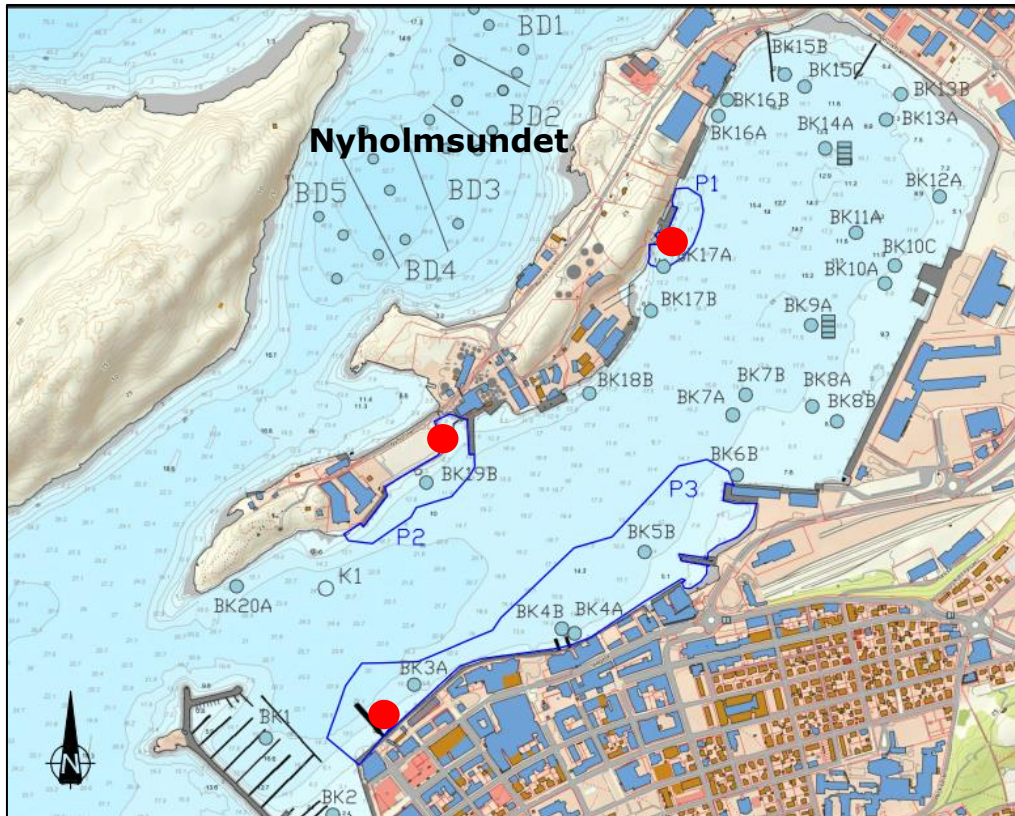
Tabell 1: Oversikt over stasjoner for toksikologiske prøver [1].

Navn	Stasjoner
Småbåthavna	15A, 16C og 17D
Innseiling	12C, 12E, 13A og 14C
Dyprenne	4L, 6KJ, 8J og 11F
Kaianlegg Øst	5P, 8N, 9M og 12J

Innsamling av nytt prøvemateriale

Innsamling av supplerende sedimenter og blåskjell for trinn 3 risikovurdering ble gjennomført den 17. september 2014. Innsamlingen ble utført fra båt tilhørende Bodø havnevesen. Overflateprøver av sediment for analyser av miljøgifter i sediment og porevann ble samlet fra 3 områder i havna (P1, P2 og P3) (Figur 4). Hver stasjon besto av minst 4 grabbhugg fra vilkårlig valgte posisjoner i områdene (posisjonene er vist i vedlegg 3). I tillegg ble det tatt to kjerneprøver i det dypeste område i havna for å dokumentere historisk utvikling av forurensningssituasjonen. Blåskjell ble samlet inn fra 3 stasjoner for analyser av miljøgiftinnhold i skjellenes bløtdeler. Skjellene ble samlet innenfor de samme områdene P1, P2 og P3 som det ble hentet sedimenter til porevannsanalyser (Figur 4). Erfaringsvis kan det være vanskelig å finne skjell som vokser på fast substrat i fjæresonen i Bodø havn. Et egnet sted å lete etter skjell er på faste installasjoner i sjøen. For å unngå eventuell kontaminering fra bygningsmaterialer som trykkimpregnert eller kreosotbehandlet trevirke ble det derfor lete etter skjell på tau. Det lyktes å finne fritthengende tau med skjell på stasjoner med tilstrekkelig vanddyb slik at skjellene ikke kom i kontakt med bunnen. Vanddypet på stasjonene var mellom ca 6 og 10 m. I tillegg ble stasjonene plassert med god avstand til hverandre for slik at de gir en best mulig dekning av havna.

For å fastslå sedimentenes mektighet med hensyn på forurensning ble det tatt 1 kjerneprøve på totalt 28 stasjoner i havnen. En Abdullah kjerneprøvetaker (fallprøvetaker) ble benyttet, hvor rørlengden kan velges avhengig av sedimentenes beskaffenhet. I kartleggingsprosjekter som dette er det mest vanlig å benytte fallprøvetakere fordi produksjonsraten er relativt høy sammenlignet med eksempelvis en vibrocorer. Erfaringsvis vil en kunne oppnå mer enn 2 meter lange kjerner i bløte sedimenter med en Abdullah kjerneprøvetaker. Feltarbeidet ble gjennomført 24.-26. mars 2014 fra Artic Seaworks fartøy Barents Worker. Samtidig ble det tatt grabbprøver fra 5 stasjoner à 4 grabbhugg i området for potensielt dypvannsdeponi for å undersøke miljøgiftinnholdet i sedimentene. I de tilfeller hvor det ikke lyktes å få opp tilfredsstillende prøver ble det utført 4-5 forsøk i hvert punkt, før en besluttet å flytte planlagt prøvepunkt. Endelig plassering av prøvepunkter er vist i Figur 4.



Figur 4: Oversiktskart over prøvepunkter for kjerneprøvetaking i havna og grabbprøver i det potensielle dypvannsdeponiet i Nyholmsundet våren 2014, samt porevannsprøver og blåskjellsprøver høsten 2014. Områder for uttak av porevannsprøver er markert med blå linje. Blåskjellstasjoner er markert rødt.

4.1.1 Prøvetakingsmetode

Overflatetprøver ble tatt ut med en 20 L van Veen grabb (Figur 5). Det ble forsøkt å oppnå en sedimenttykkelse på 10 cm i grabben, tilsvarende tykkelsen til det bioaktive laget. Enkelte grabbhugg ga ikke fulle 10 cm sedimenttykkelse. Etter tre eller flere prøvetakingsforsøk ble oppnådd sedimenttykkelse i grabben benyttet. Under prøvetakingen ble sedimentene i grabben fotografert og beskrevet før det ble tatt ut 1 dL prøvemateriale fra hver grabb som ble overført til diffusjonstette rilsanposer. Sedimentprøvene ble umiddelbart lagret i lystette kjølebager. I området hvor det var tvil om sjøbunnen bestod av hardbunn eller bløte masser ble det først utført grabbprøvetaking. Der hvor bunnsedimentet var egnet for kjerneprøvetaking ble det benyttet en Abdullah kjerneprøvetaker (Figur 5). Prøvetakeren ble utrustet med 1 m lange rør, hvilket kan antas å være tilstrekkelig for å nå ned i forurensede sedimenter. Det kan antas at sedimentasjonshastigheten i Bodø havn ikke er større enn 3 mm/år. En 1m lang kjerne vil da kunne dekke et tidsintervall på 300 år, eller en kjerne på ca. 30 cm vil dekke de siste 100 års avsetninger.

Sedimentkjernene ble skjøvet ut av rørene fra kjerneprøvetakeren og deretter snittet. Kjernene fra dypområdet (2 stykk) ble snittet i 2 cm-intervaller, mens øvrige kjerner ble snittet i 10 cm intervaller. Farge, lukt, konsistens, kornstørrelse og eventuell lagdeling ble beskrevet fortløpende. Prøvene ble deretter overført i diffusjonstette rilsanposer og lagret i lystette kjølebager. Alle sedimentkjerner ble fotodokumentert med målestokk, slik at det er mulig å kontrollere de deskriptive loggene opp mot den fotodokumenterte situasjonen i kjernen. Før analyse ble det laget blandprøver av 10cm-kjerneintervallene slik at prøven omfattet antatt forurenset lag, basert på visuelle observasjoner som endringer i farge eller kornstørrelse. Uttak av prøver til analyse er vist i Tabell 2. Prøver som ikke er analysert er lagret nedfrosset hos Rambøll. Feltloggene med beskrivelse og bilder av sedimentprøvene ligger i vedlegg 5.

Det ble samlet inn en prøve av blåskjell fra 3 stasjoner i havna. Hver prøve besto av 50 skjell i størrelser 2-5 cm. Skjellene ble samlet inn ved å heise opp tau eller kjetting som var montert på frittflytende blåser. Vandypet på stasjonene varierte fra ca 6 til 10 m, hvilket betyr at skjellene var eksponert for frie vannmasser og ikke i kontakt med bunnsedimentene. Skjellene ble oppbevart levende i bleier fuktet med vann fra lokaliteten og holdt kjølig til levering lab 4 dager etter innsamling.

4.2 Analyser

Samtlige sedimentprøver og sedimentenes porevann, samt blåskjell ble analysert for innhold av metaller PAH16, PCB7, og TBT. Det ble også gjennomført en enkel kornfordeling (< 63 µm og < 2µm), samt en måling av organisk karbon (TOC) i sedimentprøvene. Alle analyser ble utført av ALS Scandinavia som er akkreditert for denne typen analyser. Analyserapporter finnes i vedlegg 7.

Tabell 2 gir en oversikt over hvilke prøver som er tatt ut til analyse fra kjerneprøver hentet inn mars 2014.

Tabell 2: Oversikt over kjerneprøver som er analysert og ikke analysert. Detaljert beskrivelse av kjerneprøver og fotologg finnes i vedlegg 5. Uttak av prøver til analyse er basert på visuelle observasjoner for å forsøke å avgrense vertikal utbredelse av forurensningen.

Prøvenavn	Kjernelengde (cm)	Analysert (cm)	Ikke-analysert (cm)
BK1	25	10-20	0-10,20-25
BK2	15	10-15	0-10
BK3A	20	0-20	
BK4A	17	10-17	0-10
BK4B	17	10-17	0-10
BK5B	17	10-17	0-10
BK6B	20	10-20	0-10
BK7A	30	0-30	
BK7B	36	20-30	0-10,10-20,30-36
BK8A	14	7-14	0-7
BK8B	12	7-14	0-7
BK9A	40	0-30,30-40	
BK9B	52		0-10,10-20,20-30,40-52
BK10A	25	0-25	
BK10B	25		0-25
BK10C	36	30-36	0-10,10-20,20-30
BK11A	20	10-20	0-10
BK11B	18		0-18
BK12A	25	17-25	
BK13A	26	20-26	0-10,10-20
BK13B	26	20-26	0-10,10-20
BK14A	50	0-30,40-50	
BK15B	22	0-22	
BK15C	24	20-24	0-10,10-20
BK16A	38	0-30	30-38
BK16B	43	40-43	0-10,10-20,20-30,30-40
BK17A	36	0-30	30-36
BK17B	53	40-53	0-40
BK18A	18		Blandprøve
BK18B	21	10-20	0-10
BK19B	18	10-18	0-10
BK20A	18	10-18	0-10
BK20B	20		0-20

4.3 Risikovurdering

Det er utført en risikovurdering for forurensede sedimenter trinn 1 og 3 for Bodø havn. Risikovurderingen ble utført i tråd med Veileder for risikovurdering av forurenset sediment [2]. Risikovurderingen er en trinnvis prosess:

Trinn 1 av risikovurderingen er generell og går ut på å sammenlikne miljøgiftkonsentrasjonen med grenseverdier for økologiske effekter (vist i vedlegg 2). Grenseverdiene er gitt av Miljødirektoratets Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann [10]. Grenseverdien for akseptabel risiko forbundet med hver miljøgift er vanligvis satt til øvre grense for tilstandsklasse II, men ettersom målet for Bodø havn er å oppnå tilstandsklasse III, er grenseverdiene for tilstandsklasse III benyttet for trinn 1 risikovurdering. For TBT er det en forvaltningsmessig grenseverdi på 35 µg/kg som er gjeldende.

I trinn 2 av risikovurderingen er målet å vurdere risikoen for miljø- og helsemessig skade fra sedimentet. Vurderingen dekker tre uavhengige vurderinger som samsvarer med Miljødirektoratets tre ambisjonsnivåer for den miljøkvalitet det kan være ønskelig å oppnå: Risiko for spredning, risiko for human helse og risiko for effekter på økosystemet. I trinn 2 av risikovurderingen trekkes stedsspesifikke forhold som kornstørrelse, vanddyb, innhold av organisk karbon og human eksponering inn. Ettersom risikovurdering trinn 2 allerede er gjennomført av Multiconsult [1], er det i det følgende utført trinn 3 risikovurdering.

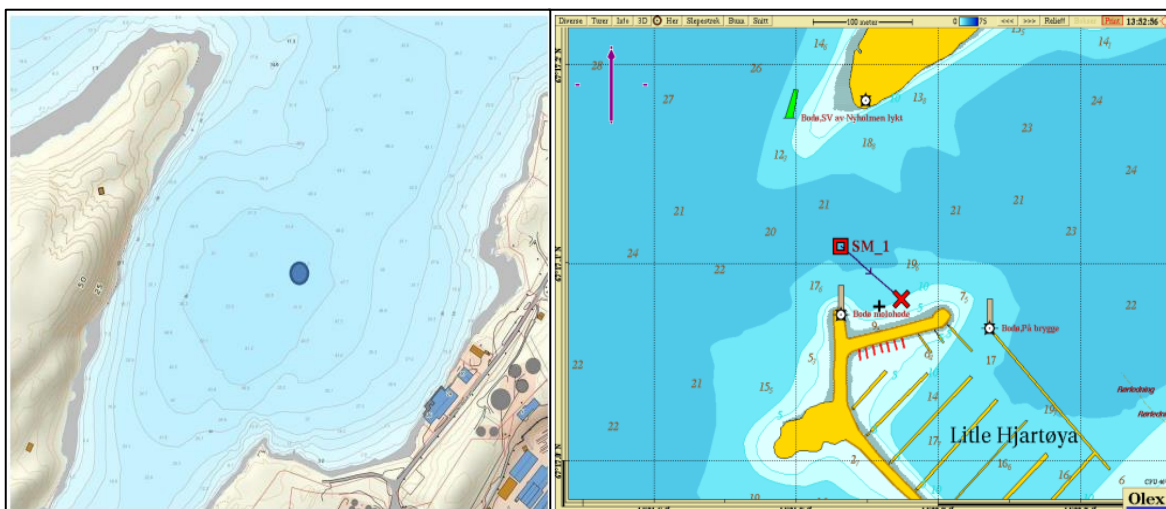
Mens trinn 2 risikovurdering benytter sjablongverdier for konstanter og koeffisienter som er oppgitt i risikoveilederen [2], benyttes stedsspesifikke data i trinn 3 risikovurdering. Stedsspesifikke Kd-verdier regnes ut på bakgrunn av miljøgiftinnhold i porevann og sediment, og konsentrasjoner av de ulike analyserte miljøgiftene i blåskjell er også benyttet i vurderingen. Det ble her som for trinn 1 benyttet grenseverdier for tilstandsklasse III ved spredning ettersom dette er miljømålet for havnen. For human risiko og økologisk risiko for sediment og vannsøylen er grenseverdiene for trinn II beholdt. Oversikt over stedsspesifikk informasjon benyttet i risikovurderinger finnes i vedlegg 6. Tilstandsklasse II ble benyttet for human- og økologisk risiko da den potensielle skaden er uavhengig av miljømålet (tilstandsklasse III).



Figur 5: Bildet til venstre viser en Abdullah corer som ble benyttet under prøvetaking av sedimenter for vurdering av forurensningsmektighet i Bodø havn. Bildet til høyre viser en 20 l Van Veengrabb som ble benyttet til prøvetaking av overflatesedimenter til porevannsanalyser i havna og til tilstandsvurdering av sedimentene i deponiområdet i Nyholmsundet.

4.4 Innsamling av strømndata

Nyholmsundet er et aktuelt område for disponering av overskuddsmasser, både forurenset og reine masser. Akvaplan-niva AS er leverandør av oceanografiske tjenester for dette prosjektet og har gjennomført strømmålinger i Nyholmsundet og Bodø havn. Målerriggene ble satt ut 06.10.2014 og tatt opp 17.11.2014. Strømmålingene pågikk i én måned i det dypeste punktet i sundet (kote -54 m). Det ble benyttet to strømmålere for å kartlegge strømbildet; en profilerende som målte i mange lag av vannsøylen fra - 44 m til - 10 m vanddyb, og en punktmåler som målte strømmen ved - 52 m vanddyb. Siden det oppsto tekniske problemer med den profilerende måleren er det kun data fra perioden 06.10-16.10 som var kvalitetsmessig gode nok for videre vurderinger. I tillegg til strøm ble det også målt temperatur og trykk (målt ved - 52 m vanddyb). Detaljert informasjon fra målingene finnes i egne rapporter [11, 12]. Posisjoner for målestasjonene er vist i Figur 6.



Figur 6: Kartutsnitt av plassering av målingsstasjon, fra venstre Nyholmsundet og til høyre innsailingen til Bodø havn.

5. RESULTATER OG DISKUSJON

5.1 Metaller og organiske miljøgifter i blåskjell

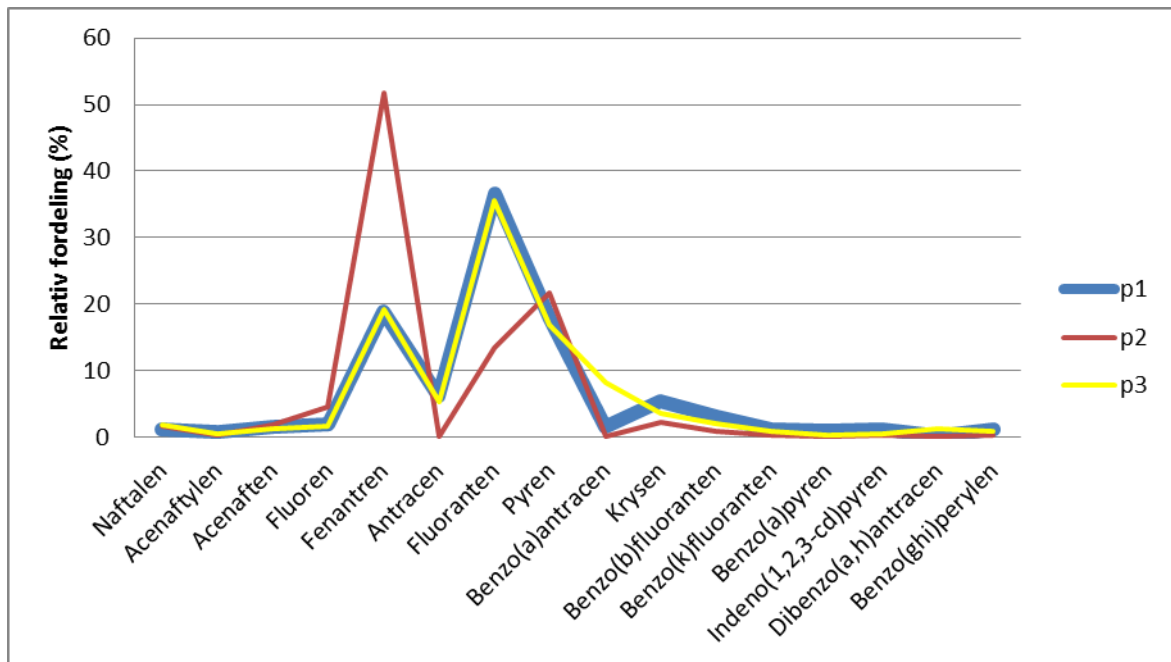
Analyseresultatene av blåskjellene fra tre områder i havnen (stasjon P1, P2 og P3) ble klassifisert i henhold til veileder TA 1467/97 (Tabell 3). Konsentrasjonen av alle analyserte metaller og sumPCB7 tilsvarte tilstandsklasse I, likedan konsentrasjonen av TBT i skjell fra område P2 og P3. Skjell fra område P1 hadde imidlertid en konsentrasjon av TBT tilsvarende tilstandsklasse II. Analyseresultatene viste overskridelser for sum PAH16 i alle 3 blandprøvene av skjell. De største overskridelsene ble funnet i område P2 der sumPAH16 tilsvarte tilstandsklasse V. I de to andre områdene, hhv. P1 og P3, ble det funnet konsentrasjoner av sum PAH16 tilsvarende tilstandsklasse III. Skjellene fra område P2 hadde en relativ høyere konsentrasjon av fenantren enn skjellene fra område P1 og P3 (Figur 7). Høye konsentrasjoner av fenantren relateres ofte til oljeforurensning, men da ofte sammen med høye konsentrasjoner av naftalen og dibenzo(a,h)antracen (NPDer). Det var imidlertid små forskjeller av de to sistnevnte komponentene i skjellene fra de tre stasjonene. Det er også verdt å merke at fenantren utgjør ca 50% av sum PAH i skjellene fra P2, mens ca 20% i P1 og P3. Hvis skjellene var påvirket av oljeforurensning ville en forvente en relativt høyere konsentrasjon av alle NPDe. Oljeforurensning kan stamme fra båter, som det er mye av i hele Bodø havn. Årsaken til høyere konsentrasjon av PAH i skjellene fra område P2 kan skyldes mer skjermede forhold og derved

noe lenger oppholdstid på vannmassene sammenlignet med de to andre lokalitetene som ligger mer åpent til ut mot fjorden. Skjellene fra de tre stasjonene anses derfor å være representative for forholdene i Bodø havn.

Da NIVA undersøkte blåskjell fra havnen i 2012 ble det ikke funnet overskridelser av miljøgifter i blåskjell [5]. Dette kan tyde på en økning av PAH i havnen, men kan også være et resultat av lokale variasjoner og variasjoner over året.

Tabell 3: Innhold av tungmetaller og organiske miljøgifter i blåskjell hentet fra 3 områder i Bodø havn, hhv. P1, P2 og P3. Analyseresultatene er klassifisert i henhold til Miljødirektoratets veileder TA 1467/97 [13].

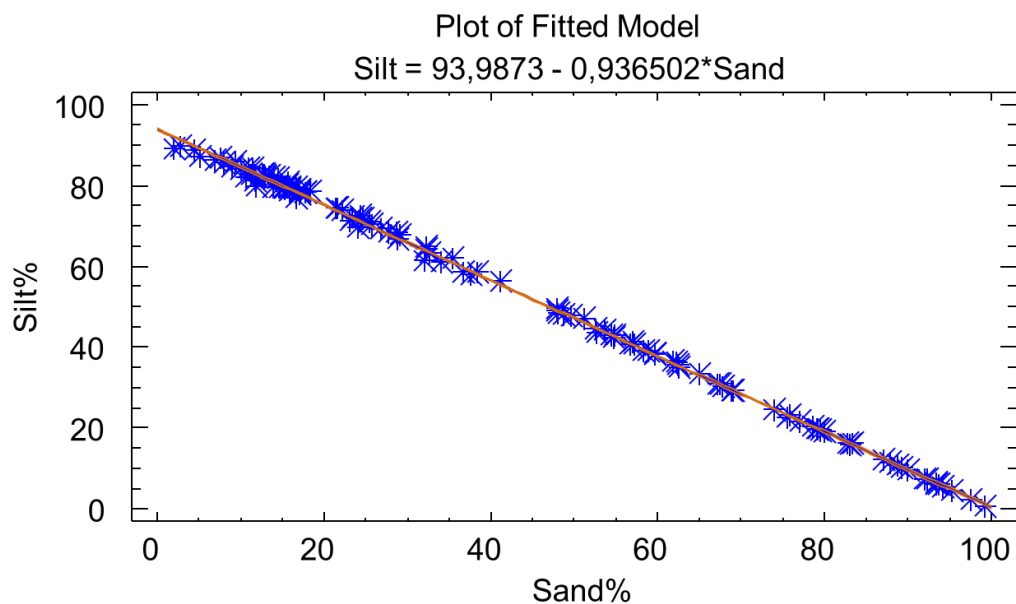
Parameter	Enhet	P1	P2	P3
Arsen	mg/kg TS	7,91	8	6,3
Bly	mg/kg TS	1,8	1,35	0,849
Kadmium	mg/kg TS	0,474	0,61	0,424
Kobber	mg/kg TS	8,61	7,61	5,78
Krom totalt (III + VI)	mg/kg TS	0,421	0,879	0,419
Kvikksølv	mg/kg TS	0,0493	0,0435	<0.04
Nikkel	mg/kg TS	0,492	0,845	0,391
Sink	mg/kg TS	70,3	109	66,6
Naftalen	mg/kg	0,018	0,1	0,033
Acenaftylene	mg/kg	<0.025	<0.050	<0.020
Acenaften	mg/kg	<0.050	<0.23	<0.050
Fluoren	mg/kg	<0.065	<0.55	<0.060
Fenantren	mg/kg	0,3	3,1	0,35
Antracen	mg/kg	0,098	<0.25	0,098
Fluoranten	mg/kg	0,58	0,8	0,65
Pyren	mg/kg	0,28	1,3	0,31
Benzo(a)antracen	mg/kg	<0.050	<0.10	0,15
Krysen	mg/kg	0,087	0,14	0,066
Benzo(b)fluoranten	mg/kg	0,05	0,051	0,037
Benzo(k)fluoranten	mg/kg	0,019	0,019	0,015
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,017	0,014	<0.010
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg	0,018	0,02	<0.020
Dibenzo(a,h)antracen	mg/kg	<0.010	<0.010	<0.050
Benzo(ghi)perylene	mg/kg	0,018	0,019	0,015
Sum PAH	mg/kg	1,485	5,563	1,724
PCB 28	mg/kg	<0.0020	<0.0020	<0.0020
PCB 52	mg/kg	0,0013	0,00072	0,00061
PCB 101	mg/kg	0,0017	0,00076	0,00083
PCB 118	mg/kg	0,0015	0,00087	0,00081
PCB 138	mg/kg	0,0022	0,0011	0,0013
PCB 153	mg/kg	0,002	0,0014	0,0014
PCB 180	mg/kg	0,00058	0,0004	0,00032
PCB 7		0,00928	0,00525	0,00527
Tributyltinn (TBT-ion)		0,32	0,038	0,022



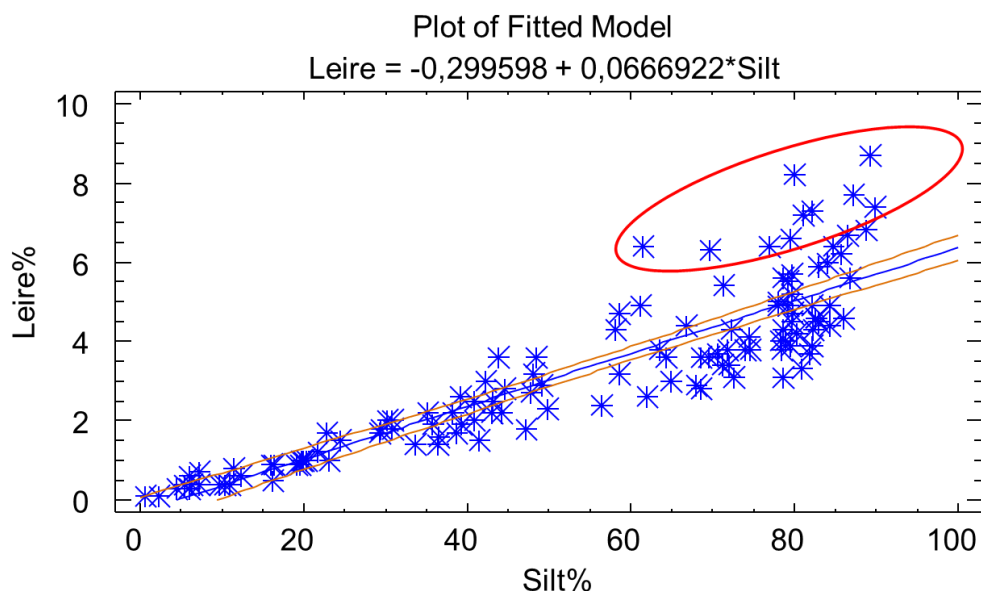
Figur 7. Relativ fordeling av ulike PAH-komponenter i blåskjell fra Bodø havn samlet høsten 2014.

5.2 Sedimentenes fysiske egenskaper

Sedimentene i Bodø havn består i hovedsak av silt og sand med noe leire (Figur 8 og Figur 9). Andelen leire øker når siltinnholdet øker. Prøver med relativt høyt innhold av leire (rød sirkel i Figur 9) finnes sentralt i de dypere områdene av havna, men også i enkelte punkter ved kaiene. Dette tyder på at det lokalt ved kaiene er beskyttede områder hvor fine partikler kan sedimentere. Her vil sannsynligvis mektigheten av forurenset sediment være høyere enn i områder med mye sand.



Figur 8. Silt som funksjon av sand i sedimenter fra Bodø havn.



Figur 9. Leire som funksjon av silt i sedimenter fra Bodø havn. Rød sirkel indikerer stasjoner sentralt i havnebassenget og i enkelte punkter ved noen av kaiene.

Vanninnholdet i sedimentene øker med økende andel fine partikler. Sedimenter med et relativt høyt sandinnhold har derfor et relativt lavt vanninnhold og fremstår som fastere og er derved vanskeligere å penetrere med fallprøvetaker. Kohesjonen avtar med økende sandinnhold noe som også bidrar til at sedimentene lettere dreneres ut av prøvetakeren når den heves fra bunnen.

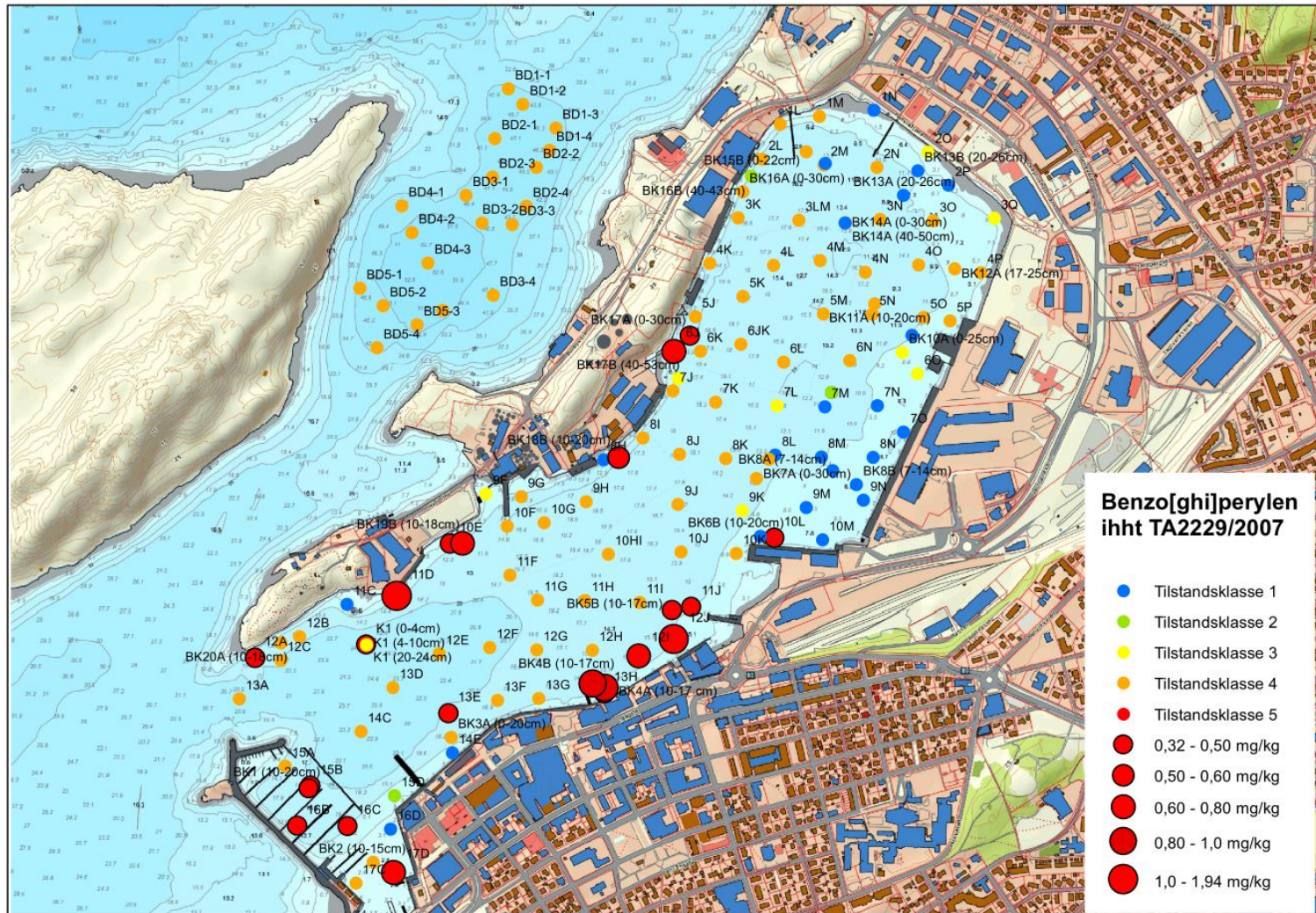
Mengden total organisk karbon (TOC) i sedimentene varierer mellom 0,2 og 6 %, men flest prøver hadde et TOC innhold på <2 %. Vanligvis har finkornede sedimenter et høyere TOC-innhold enn grovkornede. I Bodø havn er det imidlertid en signifikant (men svak, $p=0,0004$, $cor.coef=-0,3$) negativ korrelasjon mellom TOC og leire (og silt, men ikke signifikant) i sedimentene. Den høyeste TOC-konsentrasjonen (6 %) ble registrert på stasjon 13G, hvor sandinnholdet var 83 %.

5.3 Risikovurdering trinn 1 for hele Bodø havn

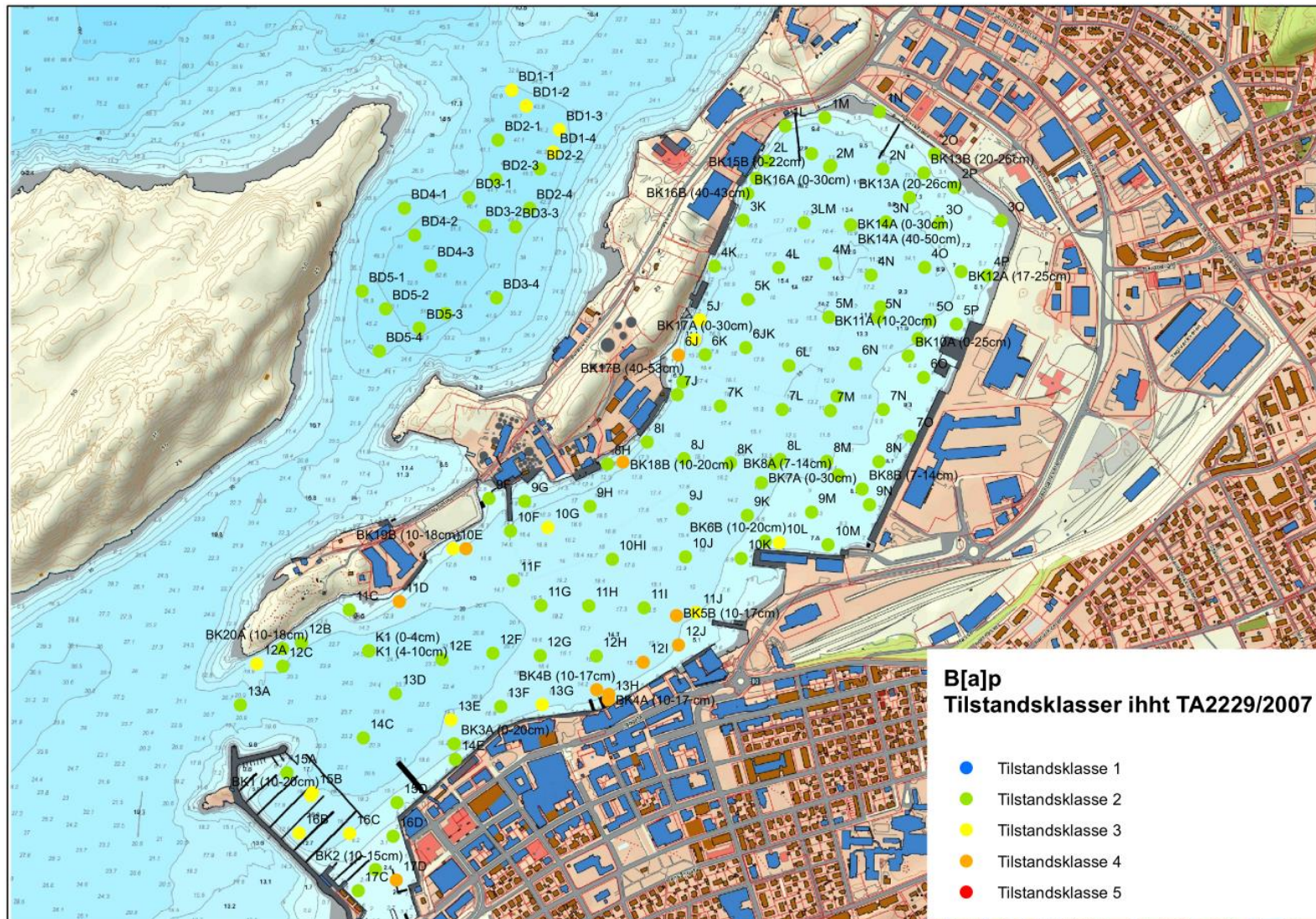
Vedlegg 2 viser målt sedimentkonsentrasjon for alle sedimentprøvene i Bodø havn sammenlignet med trinn 1 grenseverdier som for Bodø havn er satt til øvre grense for tilstandsklasse III. Tabellen i vedlegg 2 viser at gjennomsnittlig sedimentkonsentrasjon av krom, kvikksølv, antracen, benzo(a)antracen, krysen, indeno(123cd)pyren, benzo(ghi)perylene og TBT overskrider grenseverdien for trinn 1 risikovurdering. For TBT er gjennomsnittlig konsentrasjon 35 ganger høyere enn øvre grense klasse III.

Tabellen i vedlegg 2 viser også den høyest målte sedimentkonsentrasjonen sammenlignet med trinn 1 grenseverdier (øvre grense tilstandsklasse III). Høyest målte TBT-konsentrasjon er 1389 x grenseverdien. Også benzo(a)antracen, indeno(123cd)pyren og benzo(ghi)perylene har høye maksimumskonsentrasjoner, henholdsvis 44, 47, og 84 ganger høyere enn øvre grense klasse III. I det følgende vises konsentrasjonskart for noen utvalgte komponenter hhv. Benzo[ghi]perylene, Benzo[a]pyren, Ideno[123cd]pyren og sum PAH₁₆ (Figur 10 til Figur 13) og maksimum tilstandsklasse i sedimentene uten TBT og Cu (Figur 14) og med TBT og Cu (Figur 15). Forurensningssituasjonen med hensyn på Benzo[ghi]perylene og tildels Indeno (1,2,3 cd)pyren er svært dårlig. Konsentrasjonskartene viser konsentrasjonsgradienter i tilstandsklasse 5 til høyeste

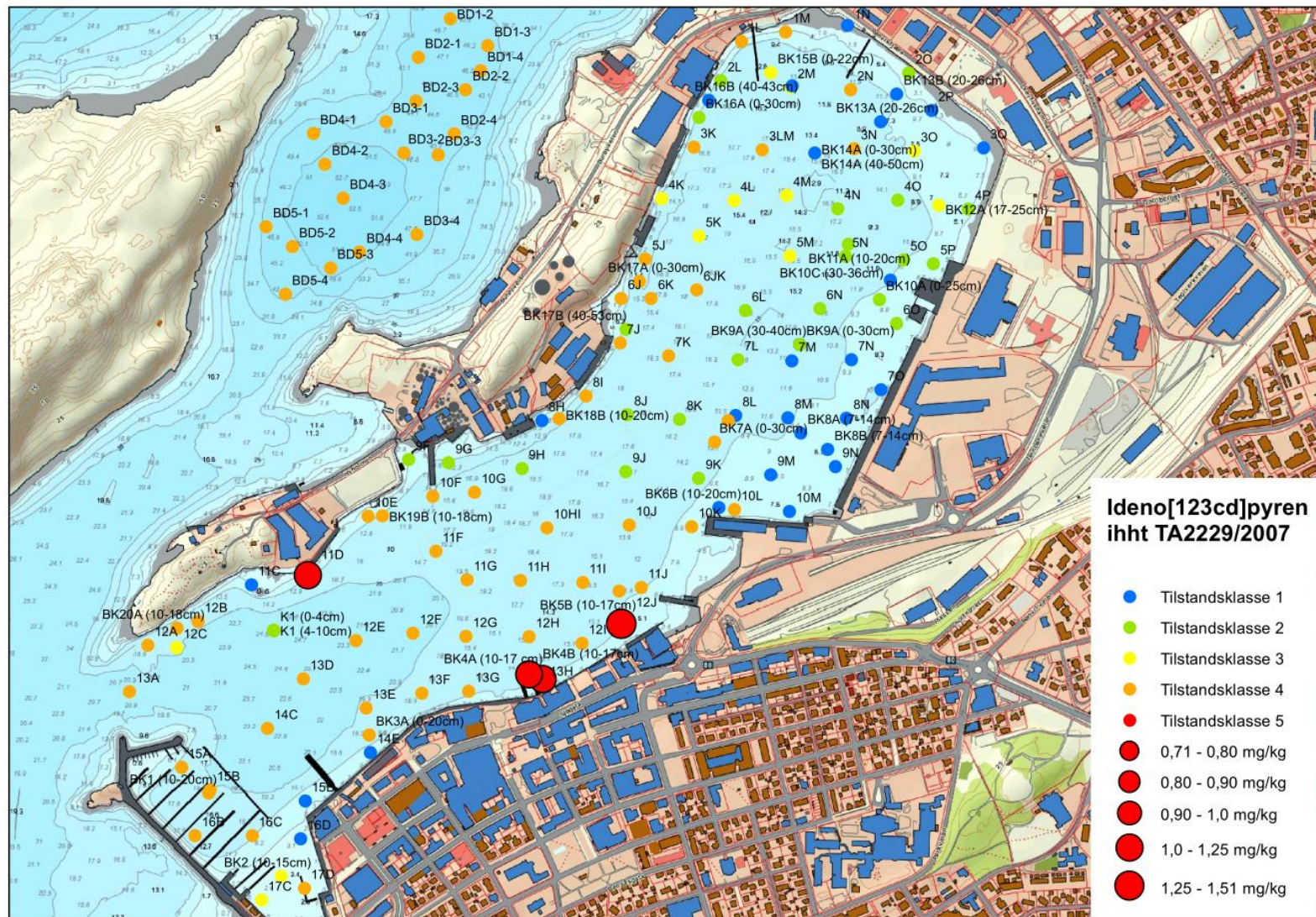
påviste konsentrasjon for å lettere kunne peke ut hvilke deler av havnen som har høyest konsentrasjoner av miljøgifter ut i fra en trinn 1 risikovurdering. Høyeste tilstandsklasse for Benso[a]pyren er tilstandsklasse 4 (Figur 11). Som Figur 14 viser er miljøtilstanden i havnen bedre dersom man ser bort i fra TBT og Cu i sedimentene (Figur 15).



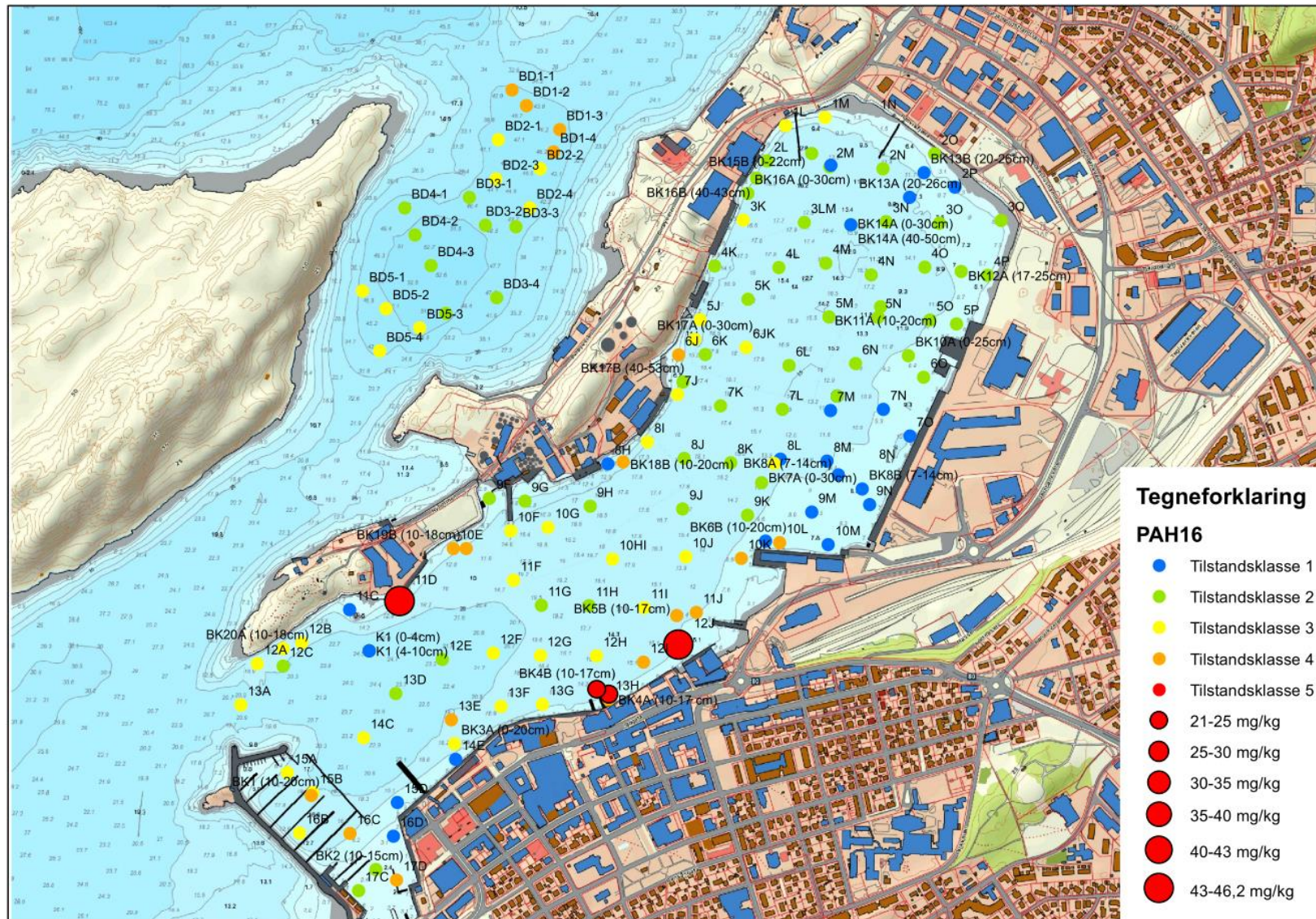
Figur 10: Konsentrasjonskart for Benzo[ghi]perylen. Konsentrasjoner i tilstandsklasse 5 er vist med økende konsentrasjonsgradient.



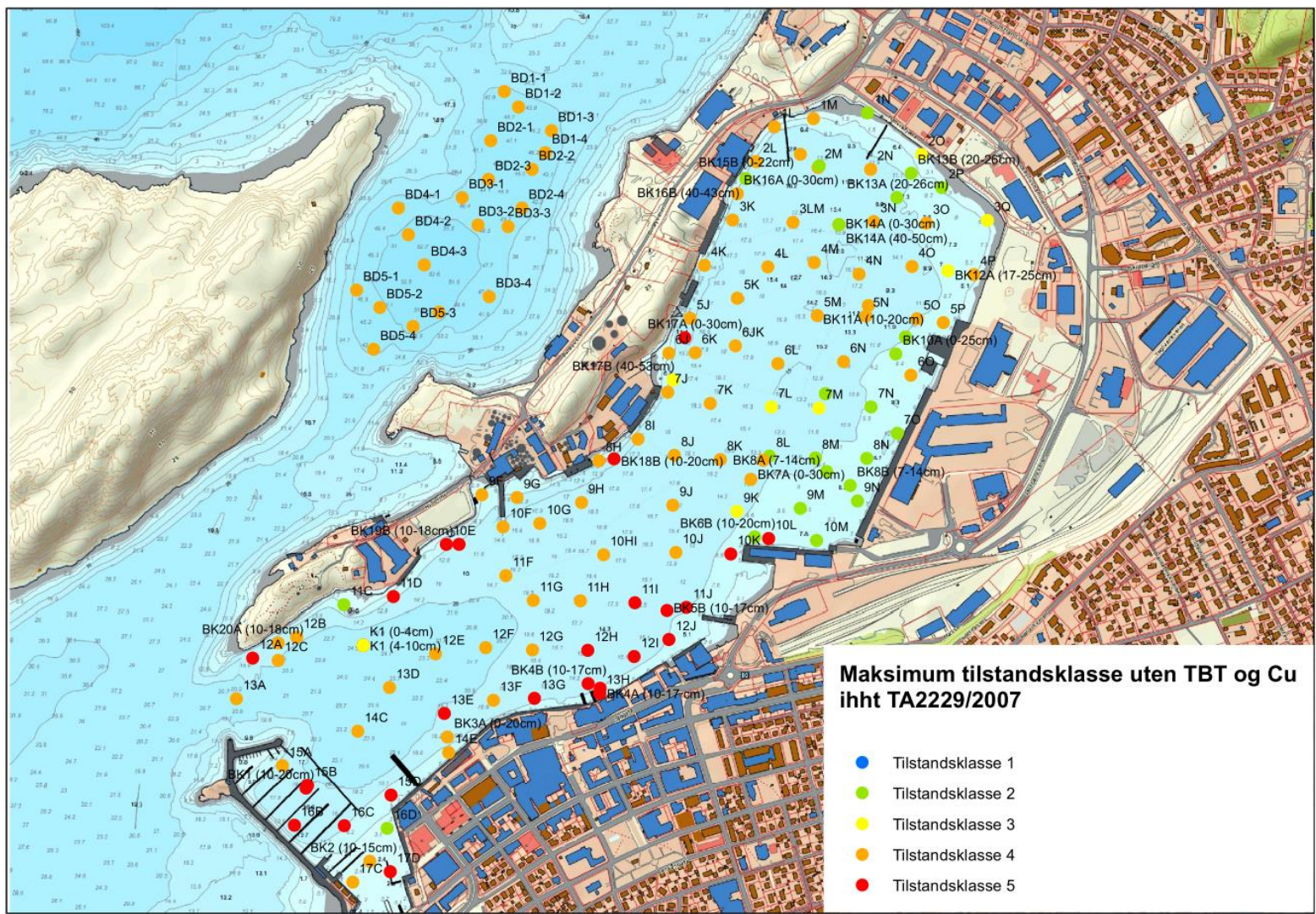
Figur 11: Konsentrasjonskart for Benzo[a]pyren (B[a]p).



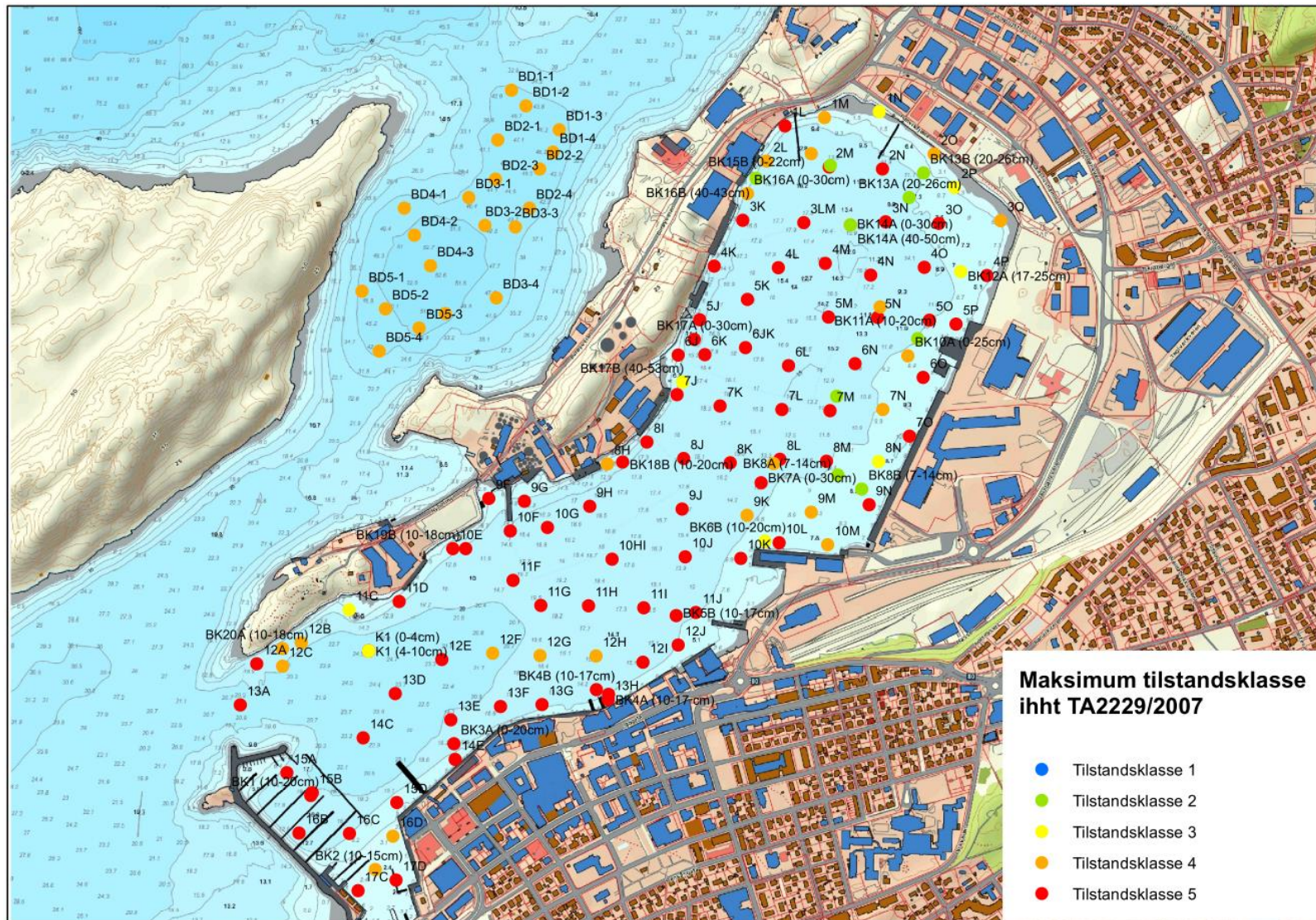
Figur 12: Konsentrasjonskart for Ideno[123cd]pyren. Konsentrasjoner i tilstandsklasse 5 er vist med økende konsentrasjonsgradient.



Figur 13: Konsentrasjonskart for PAH16. Konsentrasjoner i tilstandsklasse 5 er vist med økende konsentrasjonsgradient.



Figur 14: Miljøkvalitet i sedimenter fra Bodø havn, basert på maksimum tilstandsklasse (uten Cu og TBT). Fargene er i henhold til TA-2229/2007



Figur 15: Miljøkvalitet i sedimenter fra Bodø havn, basert på maksimum tilstandsklasse (inkludert Cu og TBT). Fargene er i henhold til TA-2229/2007

5.4 Risikovurdering trinn 3 for hele Bodø havn

Bodø havn ønsket å få gjennomført analyser av blåskjell og porevann i sedimenter fra havna for å kunne utføre trinn 3 risikovurdering, som baseres på stedsspesifikke målinger til forskjell fra sjablongverdiene i regneverktøyet, som benyttes i trinn 2 risikovurdering. Veilederen for risikovurdering (TA-2802/2011) er konservativ i den forstand at den legger til grunn føre-var prinsippet [14]. Dette kan føre til at risikoen ved de forurensede sedimentene blir overestimert i en trinn 2 vurdering. Det ble derfor hentet inn sedimenter fra 3 områder i Bodø havn der det tidligere er påvist høye konsentrasjoner av metaller og PAH (hvv. område P1, P2 og P3, se Figur 4).

Eksempelvis kan PAH-forurensningen være av gammel art og sterkt bundet til partikler eller at forurensningen i seg selv har sterk bindingsevne, kullholdig og sotkarbon materiale vil typisk ha den egenskapen. Dette kan føre til at tilgjengeligheten av PAH vil være mindre enn sjablongverdiene i veilederen tilsier.

Veileder TA-2802/2011 forklarer at variasjon i K_d forårsaket av sedimentets egenskaper som pH, redoksforhold og ligandkonsentrasjon kan gjøre det vanskelig å måle porevannskonsentrasjon av metaller uten å endre de naturlige sedimentforholdene. Dette kan føre til at stedsspesifikk K_d -verdi kan variere tilfeldig.

Analyser av porevann fra sedimenter fra Bodø havn viser høyere konsentrasjoner av de tyngre PAH-komponentene (3/4 rings og oppover) enn antatt ved bruk av Miljødirektoratets veileder for risikovurdering (TA-2802/2011). Dette tyder på at de tyngre PAH-komponentene er løsere bundet til sedimentet og derved mer biotilgjengelige enn antatt. TBT derimot sitter hardere bundet i sedimentene enn veilederens sjablongverdi tilsier. Tabell 5 gir en oversikt over K_d -verdier basert på sjablongverdier i risikoverktøyets regneark, som justeres for TOC innhold i sedimentene, og K_d -verdier basert på porevannsanalyser fra tre områder i havna, også disse er justert for sedimentenes TOC innhold.

Multiconsult utførte i 2012 toksisitetstester på ekstrakt av sediment og porevann fra 4 områder i havnen. I hvert område ble det benyttet en blandprøve med sediment fra 4 stasjoner. Testen påviste verdier rett under grenseverdien for toksistet for porevannet. I dyprenna ble det påvist verdier over grenseverdien for organiske ekstraktet. I småbåthavna var det kun Dr Calux testen som viste overskridelser av grenseverdien, men ved stasjonens kinallegg øst ble det funnet verdier rett under grenseverdien (Tabell 4).

I det følgende gjengis resultatene fra trinn 3 risikovurdering hvor stedsspesifikke analyser av sedimentenes porevann, økotokstester av sedimentene og miljøgifter i blåskjell fra Bodø havn er benyttet. Sammendrag av resultater og benyttete verdier for trinn 3 risikoverdier er gitt i Vedlegg 6.

Tabell 4: Resultat fra toksistetester utført av Multiconsult i 2012. Grenseverdiene er gitt nederst i tabellen.

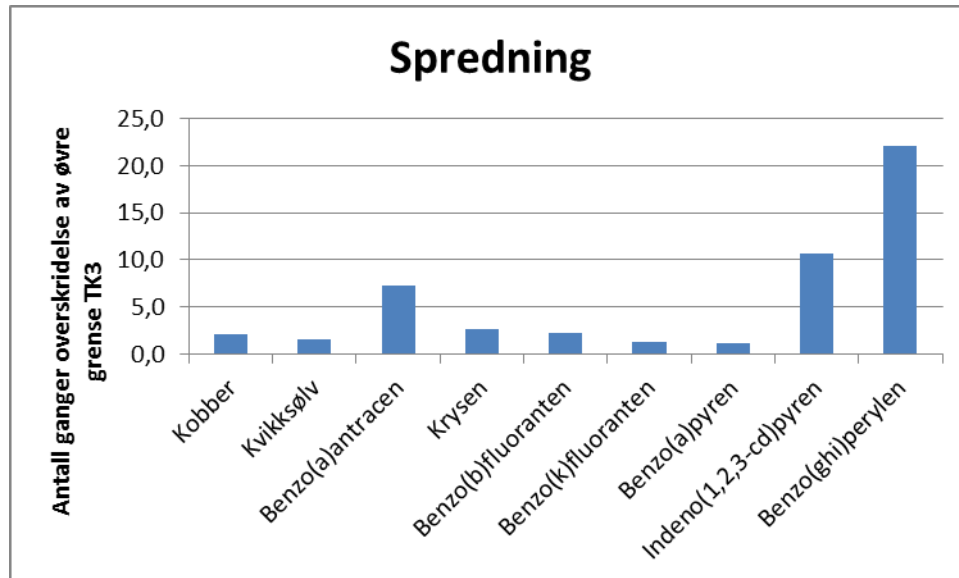
Stasjon	Tørrstoff (%)	Skeletonema i vann (TU)	Skeletonema ekstrasjon (TU)	Dr Calux (ng/kg TS)
Småbåthavna	53,1	1	0,45	240
Innseiling	59,9	<1	0,4	21
Dyprenne	56,8	1	0,91	26
Kaianlegg Øst	64,7	1	0,38	49
Grenseverdi for økotoksitet		1,0	0,5	<50

Tabell 5: Fordelingskoeffisienter (K_d for sediment/porevann). Sjablongverdier i kolonnen til venstre (iht. TA-2802/2011), stedsspesifikke for Bodø havn i midtre kolonne, og anvendte for Bodø havn i høyre kolonne.

Stoff	Type	$K_{d \text{ sed}}$ (l/kg) justert for anvendt TOC	$K_{d \text{ sed}}$ (l/kg) ut fra målt C_{pv}	Anvendt $K_{d \text{ sed}}$ (l/kg)
Arsen	uorganisk	6607	334	334
Bly	uorganisk	154882	14084	14084
Kadmium	uorganisk	130000	1367	1367
Kobber	uorganisk	24409	10970	10970
Krom totalt (III + VI)	uorganisk	120000	2326	2326
Kvikksølv	uorganisk	100000	18447	18447
Nikkel	uorganisk	7079	8921	8921
Sink	uorganisk	73000	10991	10991
Naftalen	organisk	18	9647	9647
Acenaftylen	organisk	35	2254	2254
Acenaften	organisk	84	5642	5642
Fluoren	organisk	139	8196	8196
Fenantren	organisk	311	8763	8763
Antracen	organisk	383	5310	5310
Fluoranten	organisk	1962	5439	5439
Pyren	organisk	800	3716	3716
Benzo(a)antracen	organisk	6806	4023	4023
Krysen	organisk	5406	4929	4929
Benzo(b)fluoranten	organisk	11038	3379	3379
Benzo(k)fluoranten	organisk	10787	4139	4139
Benzo(a)pyren	organisk	11294	4085	4085
Indeno(1,2,3-cd)pyren	organisk	31834	3146	3146
Dibenzo(a,h)antracen	organisk	26478	2534	2534
Benzo(ghi)perylene	organisk	13896	3186	3186
PCB 28	organisk	553	ikke målt	553
PCB 52	organisk	680	929	929
PCB 101	organisk	4601	855	855
PCB 118	organisk	46014	ikke målt	46014
PCB 138	organisk	6965	ikke målt	6965
PCB 153	organisk	69646	ikke målt	69646
PCB 180	organisk	13270	ikke målt	13270
DDT	organisk	26478	ikke målt	26478
Tributyltinn (TBT-ion)	organisk	15	7271	7271

5.4.1 Spredning av metaller og organiske miljøgifter fra sediment

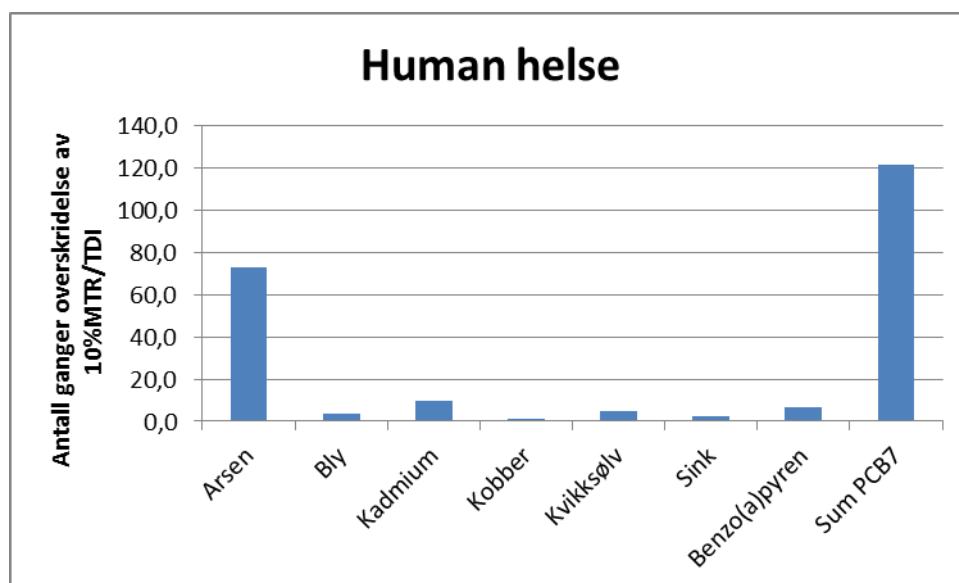
Beregningene viser uakseptabel risiko for spredning av enkelte PAH-komponentere, særlig benzo(ghi)perylene og indeno(1,2,3)pyren og to metaller, kobber og kvikksølv (Figur 16). Øvrige analyserte parametere overskrider ikke grenseverdien for uakseptabel spredning. Grenseverdien er satt i forhold til spredning fra et sediment med øvre grense tiltaksklasse 3 (TK3), hvilket er i overensstemmelse med miljømålet for Bodø havn.



Figur 16: Beregnet overskridelse av grenseverdien for akseptabel spredning (øvre grense tilstandsklasse III =TK3) i sedimenter fra Bodø havn.

5.4.2 Risiko for human helse

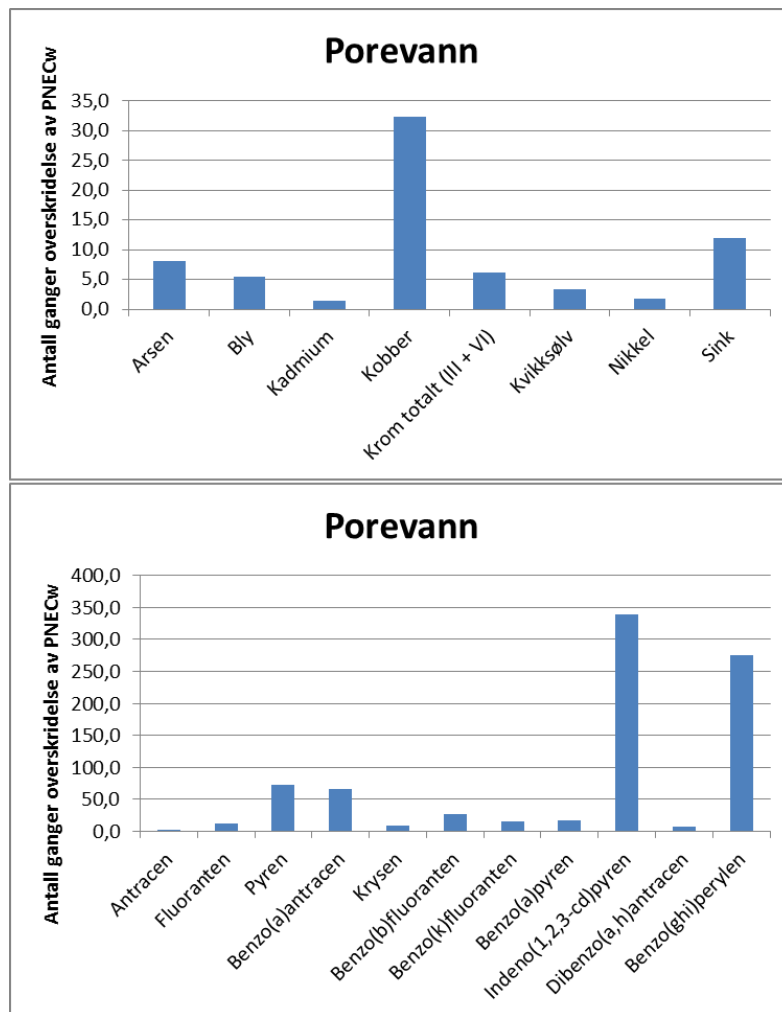
Risikoen for human helse skyldes i all hovedsak inntak av sjømat, i dette tilfellet blåskjell fra havna (3 stasjoner) som er benyttet i beregningene. Beregningene viser store overskridelser av grenseverdien MTR 10 % for særlig PCB₇ og arsen (Figur 17), men også for kadmium, bly, kobber, krom, kvikksølv, sink og benzo(a)pyren.



Figur 17: Beregnet antall overskridelser av grenseverdier for human helse (10% MTR/TDI, er grenseverdiene når 10 % av eksponeringen er sedimentrelatert). TDI er Mattilsynets grenseverdier for livslangt tolerabelt inntak av miljøgiftene.

5.4.3 Økologisk risiko for bunnlevende organismer

Den økologiske risikoen for sedimentlevende organismer er basert på porevannets miljøgiftinnhold. Også her ble det funnet overskridelser av PNEC_w for mange stoffer. Den høyeste overskridelsen er funnet for TBT, tilsvarende 7.142 ganger over grenseverdien (PNEC_w). Beregningene viser også overskridelser av PNEC_w for en rekke PAH-komponenter (antracen, fluoranten, pyren, benzo(a)antracen, krysen, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibenzo(a,h)antracen og benzo(ghi)perylene, og metaller (kobber, sink, arsen, bly, krom, kvikksølv, kadmium og nikkel) (Figur 18).

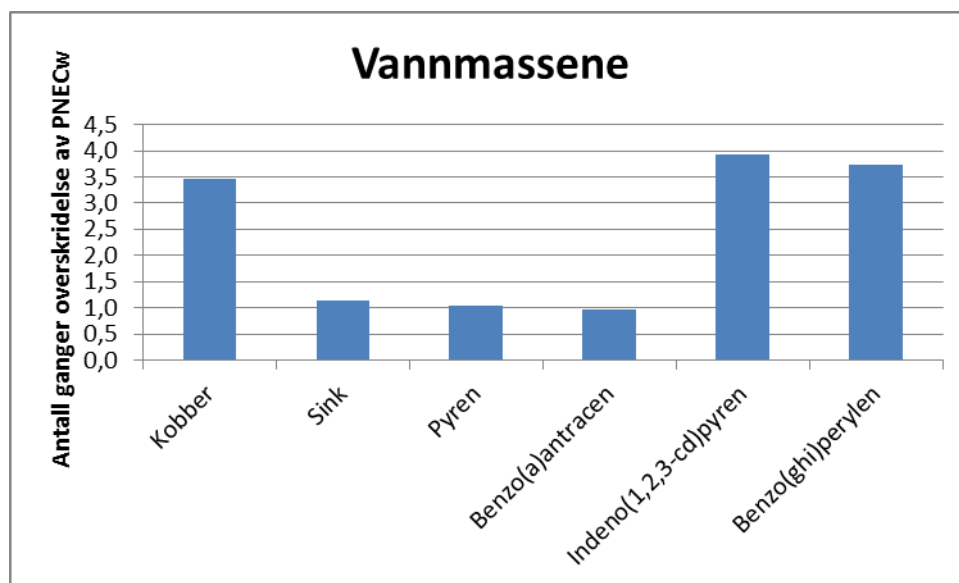


Figur 18: Beregnet antall overskridelser av PNEC_w (predicted No Effect Concentration for vann) (øvre grense tilstandsklasse II) i sedimentets porevann i Bodø havn.

5.4.4 Økologisk risiko for organismer i vannsøylen

Økologisk risiko for organismer som lever i de frie vannmasser er beregnet ut i fra porevannskonsentrasjonen av metaller og organiske miljøgifter i sedimentene og når disse fortynnes i overliggende vannmasser. Beregningene viste overskridelser av PAH-

komponentene pyren, benzo(a)antracen, indeno(1,2,3-cd)pyren og benzo(ghi)perylene, samt metallene kobber og sink (Figur 19).



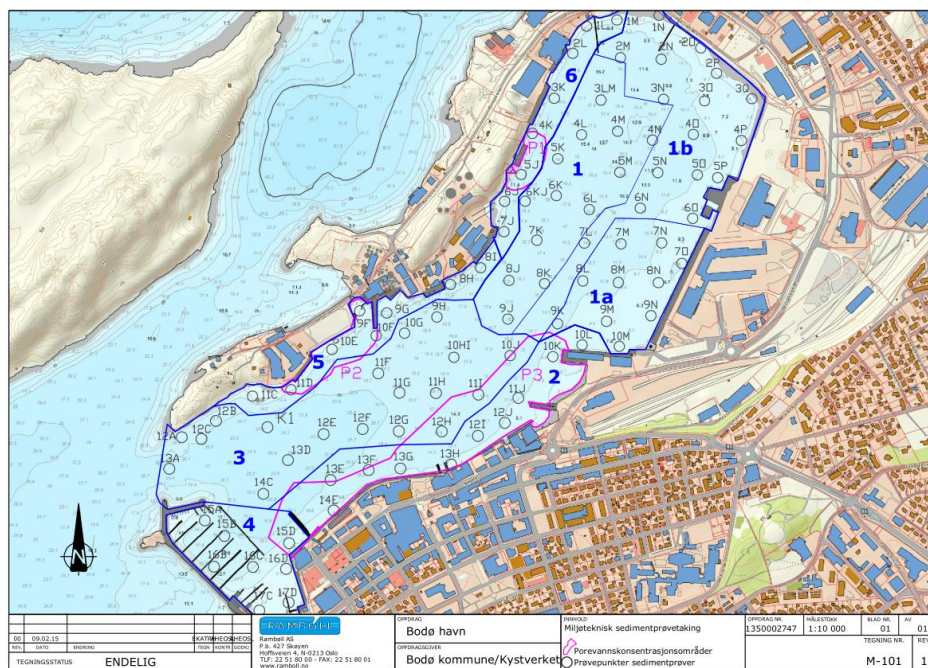
Figur 19: Beregnet antall overskridelser av PNECw (predicted No Effect Concentration for vann) (øvre grense tilstandsklasse II) i vannmassene i Bodø havn.

5.5 Inndeling av delområder med ulik risiko

Trinn 3 risikovurderingen av sedimentene i hele havnen sett under ett viste, som trinn 2 risikovurderingen, at miljømålene for havnen ikke oppnås med dagens tilstand i sedimentene. Trinn 1 vurderingen indikerte at graden av forurensning ikke er like høy overalt i havnen. Siden risikoen øker med økende grad av forurensning ble resultatene fra trinn 1 risikovurderingen lagt til grunn for en inndeling i delområder, for så å kunne vurdre om noen områder representerer større risiko enn andre. Ettersom inndelingen skulle danne grunnlaget for tiltaksprioritering ble 15 meters dybdekvoten tillagt vekt. Dette fordi områder dypere enn 15 meter ikke er aktuelle for mudring. Utover dette ble også områdets bruk tillagt vekt ved inndeling i delområder. Inndeling i delområder er Figur 20.

Småbåthavnen (delområde 4), ble skilt ut fra resten av havneområdet da båttrafikken og båttypen i bruk her skiller seg fra resten av havnen. Store deler av det innerste havneområdet ble skilt ut i eget delområdet (delområde 1), siden forurensningsgraden var lavere her enn i de resterende delene av havnen. Siden Kystverket skal gjennomføre utdyping i deler av delområde 1 uavhengig av om det er behov for tiltak i miljosammenheng er delområde 1 delt i to; delområde 1b er området som ikke inngår i Kystverkets planer for utdyping. Videre ble de gjenværende områdene dypere enn 15 meter (delområde 3) skilt fra grunnere områder ettersom disse vil kreve ulike tiltak for opprydding. De grunne områdene ble igjen delt etter forurensningsgrad og type (delområde 2, 5 og 6).

Risikoveilederen (TA-2802/2011) krever at overflatesedimentene (0-10 cm) dokumenteres med minimum 5 sedimentprøver hvor hver sedimentprøve representerer maksimum 10.000 m². Hver av prøvene skal bestå av overflatesediment fra 4 vilkårlige prøvepunkter innenfor arealet sedimentprøvene representerer. Hver sedimentprøve fra områder grunnere enn 20 m kan representere inntil 10 000 m² sjøbunn. I områder dypere enn 20 m kan hver prøve representere inntil 40 000 m² bunn. Tabell 6 viser hvor mange prøver som er tatt i hvert delområde, og hvor mange prøver som mangler for å tilfredsstillere veileder TA-2802/2011.



Figur 20: Inndeling av delområder med anmerket område for uttak av porevannskonsentrasjonsprøver.

Tabell 6: Delområder i Bodø havn med tilhørende areal og antall prøver innhentet.

Del-område	Omtrentlig størrelse (m ²)	Antall stasjoner dyp <20m	Antall stasjoner dyp >20m	Manglende antall prøver i hht TA-2802/2011
1	420.000	39		3
2	108.000	9		1-2
3	263.000	12	8	
4	95.000	8		1-2
5	57.000	9		
6	52.000	9		

5.6 Risikovurdering trinn 1 for ulike delområder

Når risikoen ved et sedimentområde vurderes baseres det på området som helhet, ikke som risikoen i hvert enkelt prøvepunkt. En måte å uttrykke risikoen som helhet er å vurdere gjennomsnittskonsentrasjonen av hvert enkelt metall eller organisk miljøgift innenfor delområdet, dette er vist i Tabell 7. Tilstandsklassegrenser for hver parameter er gitt i Vedlegg 2. Trinn 1 vurderingen vist i Tabell 7 viser at delområde 6 er det mest forurensede området. Både kobber, krom og TBT, samt PAH-komponentene Krysen og Benzo(ghi)perylene finnes i konsentrasjoner tilsvarende tilstandsklasse V. Gjennomsnittskonsentrasjonen av hele 9 parametere ligger innenfor tilstandsklasse IV.

PAH forurensning i delområde 2, 5 og 6 utmerker seg med svært høye konsentrasjoner, hvor minst ni parametere er påvist i tilstandsklasse IV eller dårligere. I delområde 3 og 4 er fem PAH-komponenter påvist i tilstandsklasse IV.

Gjennomsnittskonsentrasjonen av TBT er høyest i delområde 6 (8,60 mg/kg) og lavest i område 3 (0,22 mg/kg). Gjennomsnittskonsentrasjonen av TBT i alle områder tilsvarer tilstandsklasse V.

Delområde 1 er det største området og det eneste som nesten oppfyller kravet om tilstandsklasse III i sedimenter dersom man ser bort i fra overskridelser av grenseverdi for TBT og PAH-komponenten Benzo(ghi)perylene. Gjennomsnittlige tilstandsklasser (uten TBT) er beregnet for hvert delområde.

Tabell 7: Klassifisering av miljøgifter i sedimenter i 6 delområder i Bodø havn. Konsentrasjoner er oppgitt i mg/kg for alle parametere, og er et gjennomsnitt av konsentrasjonen i alle sedimentprøver innenfor det gitte delområdet. Resultatene er fargekodet etter Klifs veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann TA-2999/2007 (Bakke et al. 2007).

Parameter	Tilstandsklasser for delområder					
	1	2	3	4	5	6
Arsen	6,82	7,96	9,35	9,18	12,45	19,27
Bly	15,48	80,67	42,02	58,28	63,19	146,37
Kadmium	0,19	0,19	0,2	0,24	0,37	0,81
Kobber	53,76	77,77	77,96	109,61	144,53	414,07
Krom totalt (III + VI)	27,92	27,88	34,43	32,44	45,3	47,47
Kvikksølv	0,23	0,42	0,81	2,07	0,96	3,8
Nikkel	19,03	18,3	22,87	21,43	41,97	30,11
Sink	73,92	116,24	115,29	135,29	264,41	605,53
Naftalen	0,01	0,11	0,05	0,04	0,24	0,16
Acenaftylen	0,01	0,06	0,03	0,02	0,17	0,06
Acenaften	0,02	0,17	0,05	0,1	0,22	0,13
Fluoren	0,02	0,26	0,07	0,11	0,55	0,15
Fenantren	0,07	1,44	0,49	0,64	1,32	1,17
Antracen	0,02	0,45	0,18	0,19	0,47	0,3
Fluoranten	0,14	1,89	0,9	0,77	1,88	1,69
Pyren	0,12	1,66	0,72	0,64	1,48	1,55
Benzo(a)antracen	0,06	0,83	0,37	0,36	0,78	0,73
Krysen	0,1	1,09	0,45	0,45	0,99	0,84
Benzo(b)fluoranten	0,08	0,85	0,37	0,47	0,9	0,8
Benzo(k)fluoranten	0,06	0,55	0,25	0,31	0,55	0,53
Benzo(a)pyren	0,07	0,85	0,38	0,42	0,88	0,92
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,05	0,45	0,23	0,23	0,51	0,54
Dibenzo(a,h)antracen	0,02	0,15	0,07	0,08	0,2	0,15
Benzo(ghi)perylene	0,06	0,46	0,24	0,29	0,48	0,49
Sum PCB7	0,01	0,02	0,01	0,02	0,03	0,02
TBT	0,22	0,7	0,12	0,17	1,86	8,6
Gj.snitt TK (uten TBT og Cu)	2	3	2	3	3	3
Gj.snitt TK	2	3	2	3	3	3

5.7 Risikovurdering trinn 3 for ulike delområder

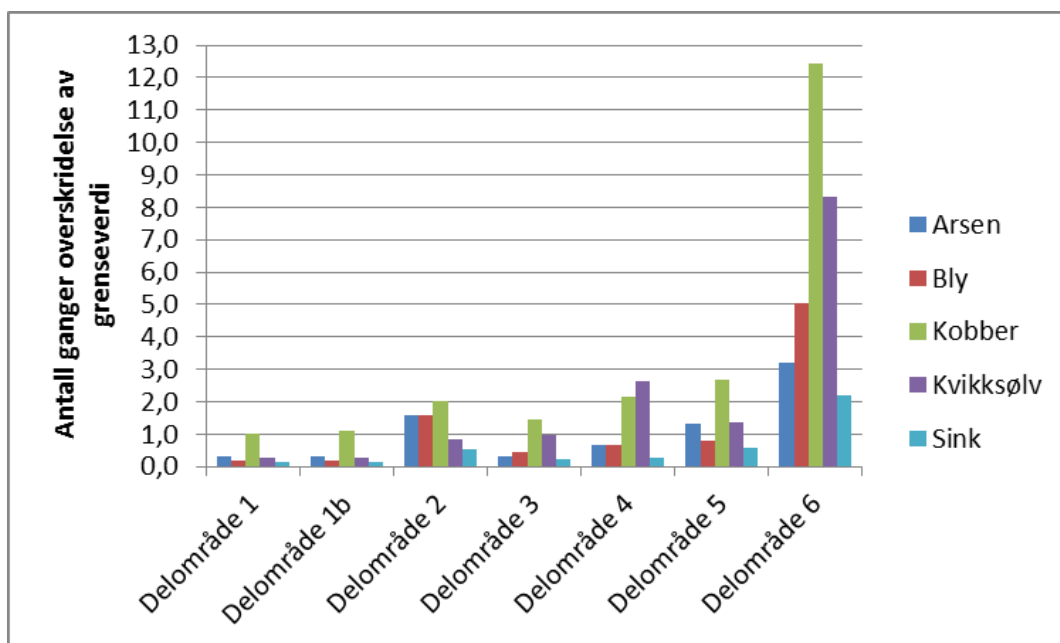
Siden samtlige delområder i havnen overskrider grenseverdier i trinn 1 risikovurderingen er det foretatt en trinn 3 risikovurdering av alle delområdene for å vurdere hvilke deler av havnen som utgjør størst risiko.

Det ble samlet inn sedimentprøver for analyser av porevann fra delområde 2, 5 og 6 (prøvene er navngitt henholdsvis P3, P2, P1), samt blåskjell fra de samme 3 områdene. Blåskjellprøvene antas å være representative for hele havna siden de lever i de øvre vannmasser som skiftes ut jevnlig med tidevannet. Eksponeringsgraden for blåskjell antas derfor å være lik i hele havna. Alle blåskjellprøver inngår derfor i risikovurderingen av alle delområdene. Delområde 1, 3 og 4 manglet porevannsprøver, for disse ble det derfor benyttet Kd-verdier utledet fra de tre prøvene fra delområde 2, 5 og 6.

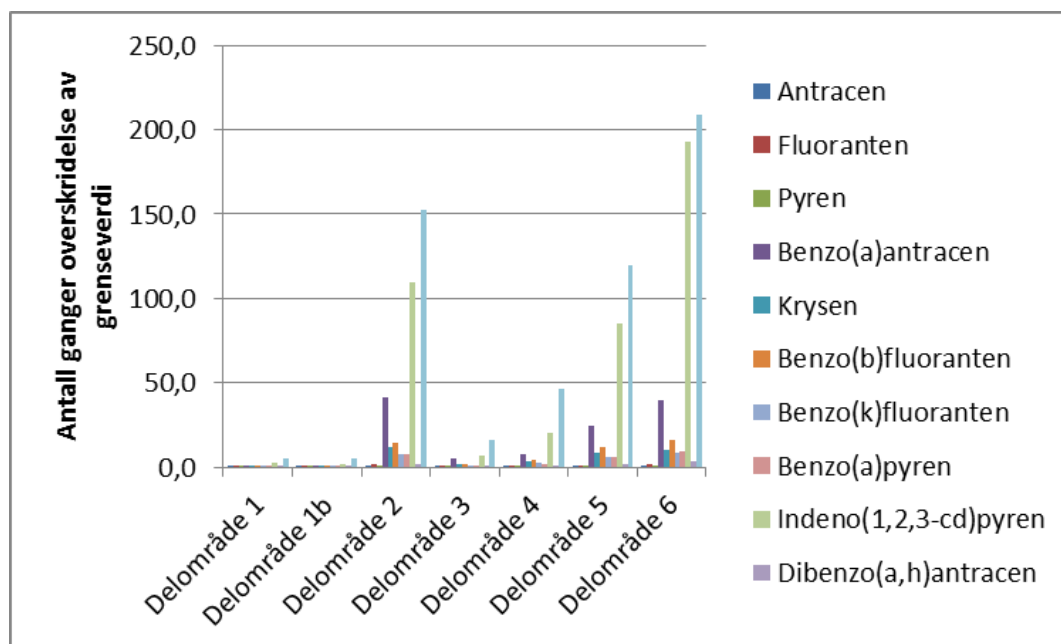
5.7.1 Beregnet spredning av miljøgifter fra sedimentene

Akseptabel spredning defineres her som den mengden metaller eller organiske miljøgifter som spres fra et sediment med konsentrasjoner tilsvarende øvre grense tilstandsklasse III. Dette er i overensstemmelse med miljømålet for Bodø havn. Beregningene viser størst spredningen av metaller fra sediment fra delområde 6 (Figur 21). Overskridelsene utover grenseverdi gjelder kobber, kvikksølv, bly, arsen og sink. Kobber var det eneste metallet som overskrider akseptabel spredning i samtlige delområder. I delområde 1 og 3 var kobber det eneste metallet som overkred akseptabel spredning. Det er ikke uakseptabel spredning av TBT fra sedimentene når grenseverdien baseres på øvre grense tilstandsklasse III.

Beregningene viste uakseptabel spredning av ulike PAH-forbindelser i flere delområder, med størst spredning fra delområde 6 (Figur 22). Minst spredning er observert i delområde 1. I samtlige delområder er benzo(ghi)perylen og indeno(1,2,3-cd)pyren stoffene med størst overskridelser av akseptabel spredning.



Figur 21: Antall ganger overskridelse av grenseverdien for akseptabel spredning (øvre grense tilstandsklasse III) av metaller.



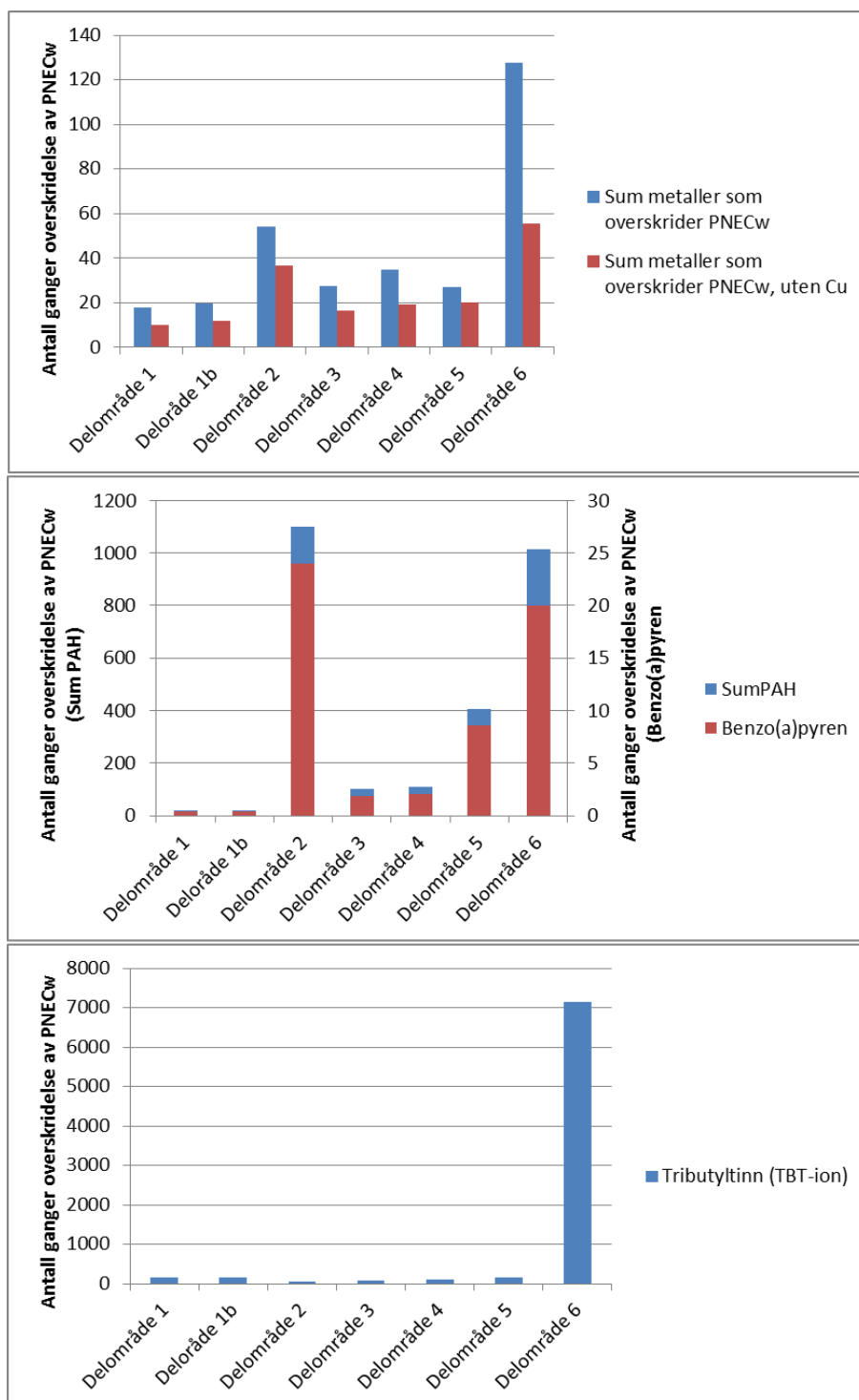
Figur 22: Antall ganger overskridelse av grenseverdien for akseptabel spredning (øvre grense tilstandsklasse III) av ulike PAH-forbindelser.

5.7.2 Risiko for human helse

Risiko for human helse er ikke vurdert i hvert enkelt delområde side blåskjell er samlet i kun tre områder, i tillegg anses blåskjellene å være representative for hele havna.

5.7.3 Risiko for økologisk effekter i sedimentene

Risiko for økologiske effekter i sedimentene er basert på porevannets konsentrasjoner av metaller og organiske miljøgifter, som vurderes i forhold til PNEC_w (predicted no effect concentration in water). Risikoverktøyet beregner antall ganger konsentrasjonen av hvert enkelt stoff overskrider PNEC_w. Hvis man summerer overskridelsene for alle analyserte metaller, representerer delområde 6 størst risiko for økologiske effekter i sedimentene, og deretter delområde 2 og 5 (øvre figur i Figur 23). Om man ser bort i fra kobber reduseres den samlede risikoen, men forholdet mellom områdene endres ikke. For sum overskridelse av PNEC_w for summen av PAH (kun summen av PAH-komponenter som overskrider PNEC_w) og benzo(a)pyren er bildet noe anderledes. Det er de samme delområdene som representerer størst risiko, men det er større risiko for økologiske effekter i sedimentene i delområde 2 enn i delområde 6. Når det gjelder TBT representerer delområde 6 den største risikoen, 44 ganger høyere enn delområde 5.

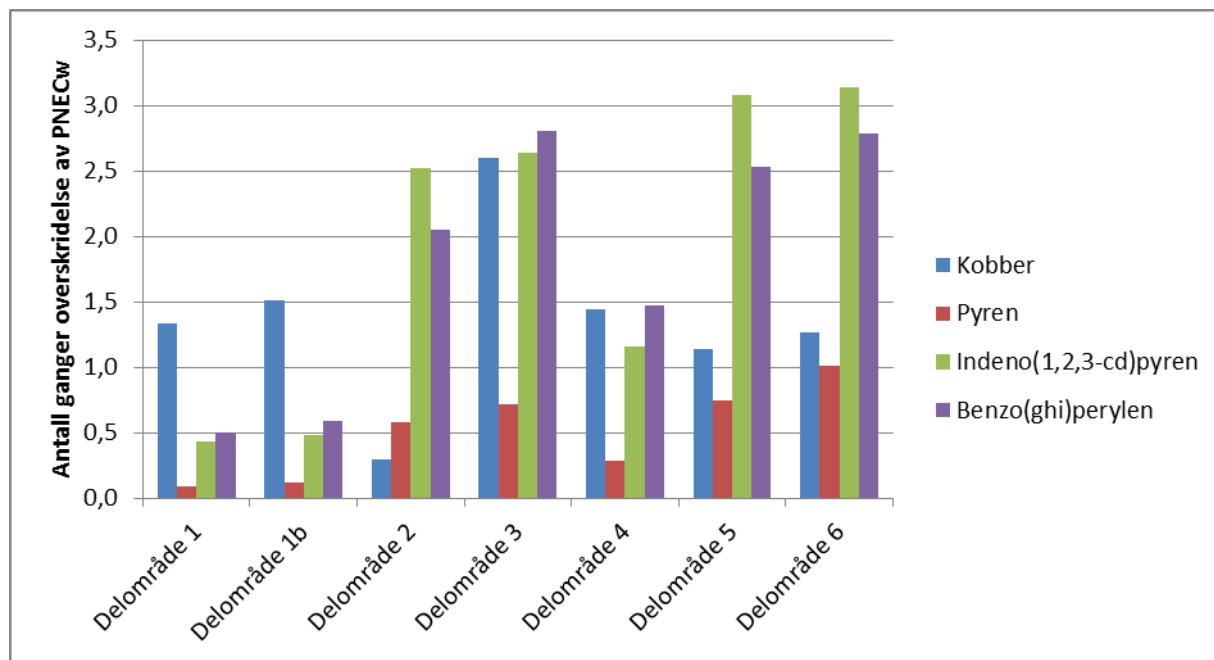


Figur 23: Risiko for økologiske effekter i sedimentene, beregnet som antall ganger porevannskonsentrasjonen av ulike stoffer overskrider PNECw (Sum=summing av overskridelser).

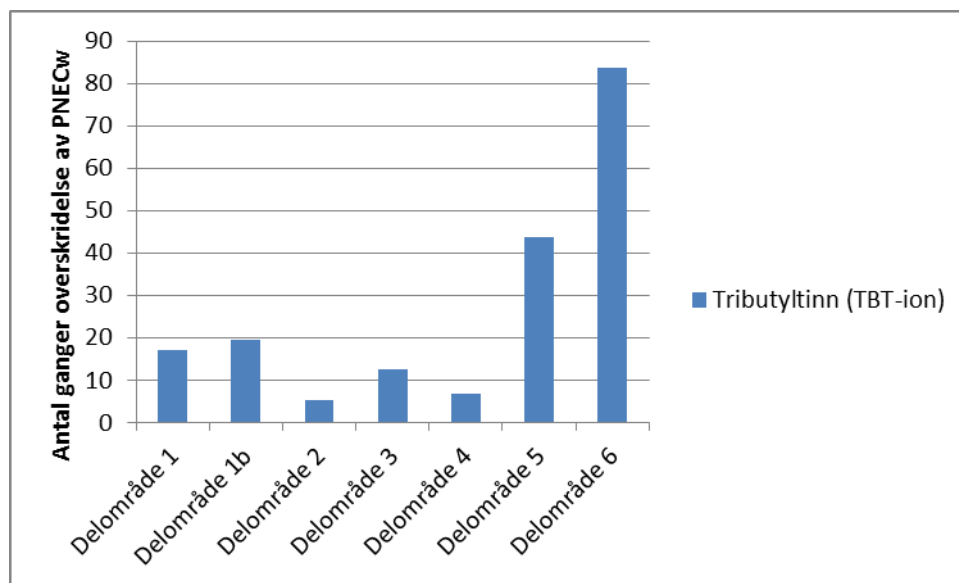
5.7.4 Risiko for effekter på organismer i vannsøylen

Det er kun konsentrasjonen av kobber av metallene som overskrider PNECw i vannmassene som følge av utlekking fra sedimentene, dette gjelder alle delområder med unntak av delområde 2 (Figur 24). Det samme gjelder PAH-komponentene indeno(1,2,3-cd)pyren og benzo(ghi)perylene, men her er unntaket delområde 1. Konsentrasjonen av pyren i vannmassene overskrider PNECw

kun i delområde 6. Konsentrasjonen av TBT i vannmassene overskrider PNECw i alle delområder, fra 5 til 84 ganger over grenseverdien (Figur 25).



Figur 24: Risiko for økologiske effekter i vannmassene som følge av utlekking fra sedimentene. Beregnet som antall ganger sjøvannskonsentrasjonen av ulike stoffer overskrider PNECw.



Figur 25: Risiko for økologiske effekter i vannmassene som følge av utlekking av TBT fra sedimentene. Beregnet som antall ganger sjøvannskonsentrasjonen av TBT overskrider PNECw.

5.8 Rangering av delområder

Formålet med inndeling i delområder er å vurdre om det er noen områder som utgjør større risiko enn andre for derved å kunne rangere områdene for prioritering av tiltak. Som grunnlag for rangeringen er summen av de ulike risikofaktorene (risiko for spredning, organismer som lever i sedimentene og i vannsøylen) i hvert enkelt delområde lagt til grunn. Risiko for human helse er

ikke tatt med siden den er antatt å være lik i hele havna, i og med at blåskjell fra de tre stasjonene i havna er antatt som representative for alle delområder (jf kap. 5.4.2 og 5.7.2). Summen av risiko er beregnet ved å summere opp antall ganger hvert stoff overskrider de fastsatte grenseverdiene, som for spredning er satt til øvre grense for tilstandsklasse III og for sedimentlevende dyr (porevann) og organismer som lever i vannmassene satt til gjeldene PNECw for hvert enkelt metall eller organisk miljøgift. Det gjøres oppmerksom på at det ikke finnes PNEC for ulike PCB-kongener i vann. PCB inngår derfor ikke i vurderingen.

Følgende kriterier er lagt til grunn for beregning av oppsumert risiko i de ulike delområdene:

1. Summen av alle metaller og PAH-komponenter som overskrider fastsatte grenseverdier. Kobber og TBT er ikke inkludert. Dette kriteriet er i tråd med miljømålet for Bodø havn
2. Summen av alle metaller og benzo(a)pyren. Kobber, TBT og øvrige PAH-komponenter er ikke inkludert. Dette kriteriet er tatt med siden PAH generelt ser ut til å være et problem i Bodø havn. I stedet for å ha med alle PAH-komponentene er fokus lagt på benzo(a)pyren siden den er en av de potensielt mest kreftfremkallende komponentene.
3. Summen av alle metaller, PAH og TBT.

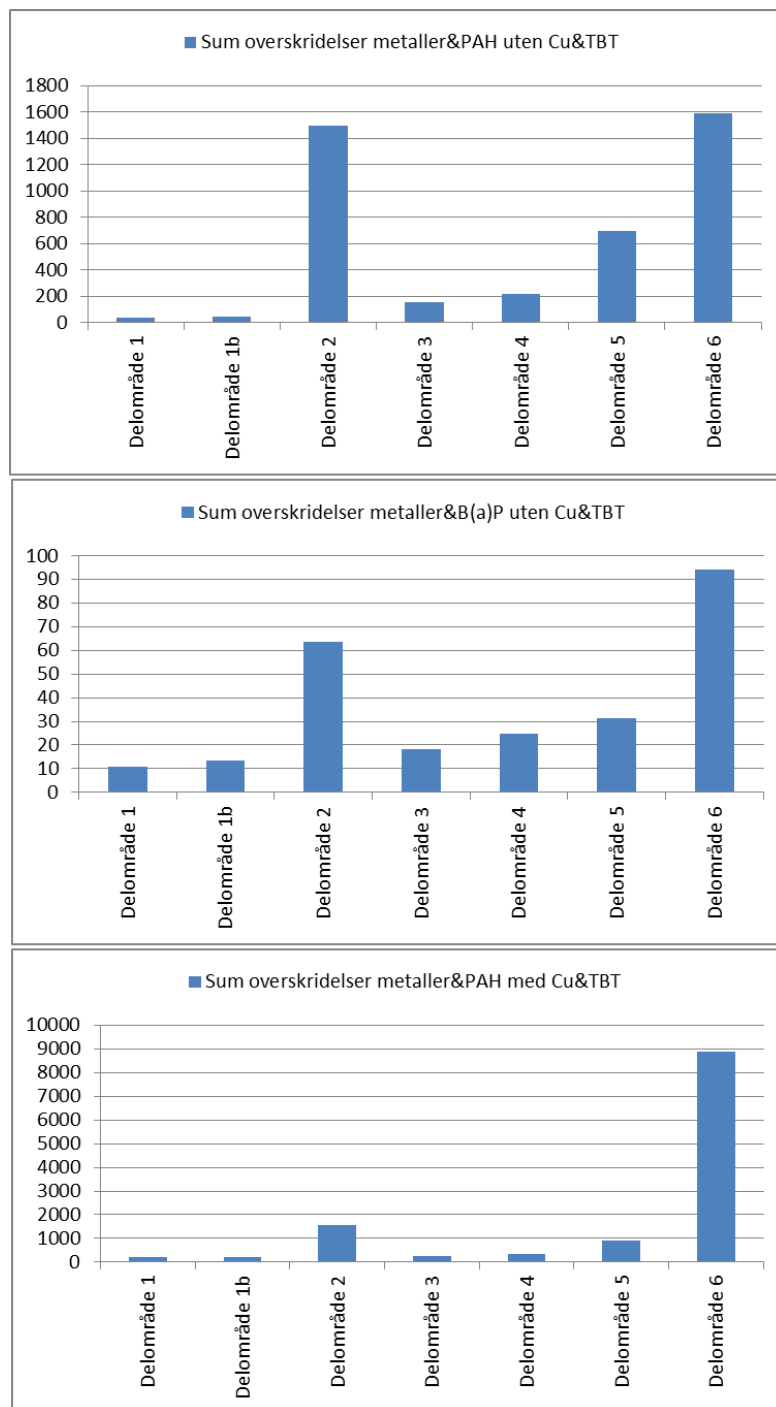
Figur 26 viser at hvis kriteriet i punkt 1 og 2 over legges til grunn har delområde 6 størst samlet risiko, deretter delområde 2 og 5. Legges kriteriet i punkt 3 til grunn har delområde 6 størst samlet risiko, deretter delområde 1 og 5. Mens delområde 2 har minst samlet risiko, dvs. hvis alle analyserte miljøgifter legges til grunn.

Området som Kystverket skal utdype er en del av tiltaksområde 1. Konsentrasjonene av metaller og organiske miljøgifter i dette område er av de laveste i hele Bodø havn. Dette skyldes sannsynligvis erosjon og oppvirvling av bunnen fra skipspropeller med påfølgende spredning og transport av forurensede partikler ut til dypere områder. Et spørsmål er da hvis hele delområde 1 sees under ett hvordan vil det relativt rene området påvirke den totale risikoen. Det er derfor interessant å sammenligne den delen av delområde 1 (heretter kalt delområde 1b, som har et areal tilsvarende ca 330.000 m²) som ikke inngår i utdypingsområde (heretter kalt 1a, som har et areal tilsvarende ca 90.000 m²) med de øvrige delområdene. Figur 26 og Figur 27 viser at det er små forskjeller i risiko mellom delområde 1 og delområde 1b, hvilket betyr at risikoen forbundet med forurensning i sedimentene i delområde 1b er relativt lav og uavhengig av de lave konsentrasjonene av miljøgifter i sedimentene i Kystverkets utdypingsområde (delområde 1a).

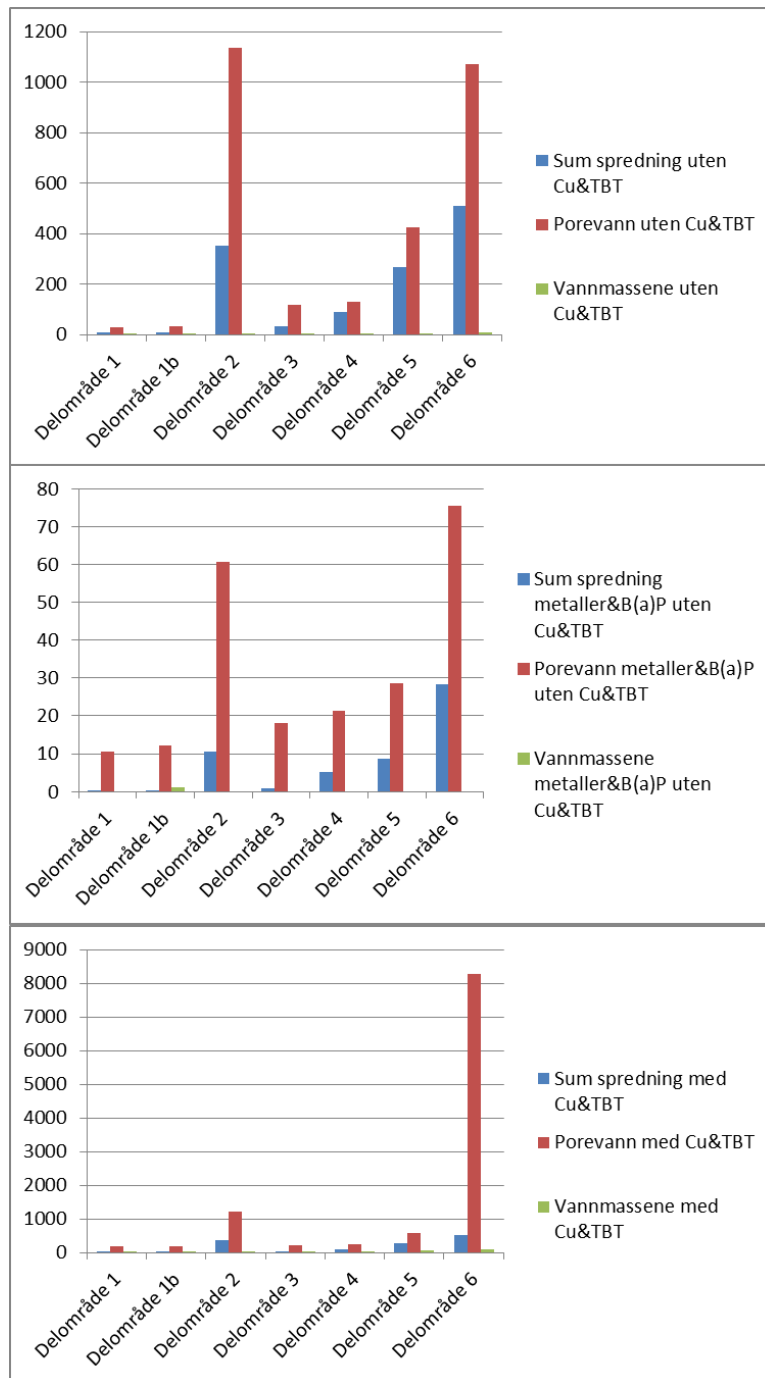
Figur 27 viser at med unntak for TBT er det risiko for spredning som har de største overskridelsene i forhold til fastsatte grenseverdier. Tiltak mot forurensning i sedimentene har til hensikt å stoppe spredning av metaller og organiske miljøgifter, risikoen for effekter på organismer vil da reduseres. Hvor mye metaller og organiske miljøgifter som hindres i å spres vil være avhengig av fluksen og størrelsen på tiltaksarealet. Tiltak over store arealer som eksempelvis delsområde 1 (420.000 m²) og delområde 3 (263.000 m²) gir en større reduksjon i total spredning av metaller (kg/år) enn tiltak i mindre delområder som 6, 5 og 2 (Tabell 8). Tiltak i delområdene 6, 5, 2 som tilsammen utgjør 218.000 m² vil imidlertid ha større effekt på å redusere spredningen av benzo(a)pyren enn tiltak i delområde 3 (263.000 m²).

Vanddypet i Bodø havn er relativt beskjedent, største vanddyp er 25 m, men det er likevel store arealer som er dypere enn 15 m. Propellerrosjon fra skip antas å gå ned til 15 til 20 m vanddyp. Ved prioritering av tiltak er det viktig å utføre tiltak i de grunne områdene før tiltak i dype områder, siden miljøgifter spres fra grunne områder til dype områder, men ikke omvendt. Tildekking er aktuelt i de dypere områdene, sånn sett kan det være at tiltak i delområde 3 ikke nødvendigvis blir mer kostbart enn tiltak i delområdene 6, 5 og 2. Kystverket vil utføre utdypingstiltak i en del av delområde 1. Tabell 8 viser at delområde 1b står for det meste av fluksen av metaller og TBT fra delområde 1. Tabellen viser at delområde 1b faktisk har en høyere eller lik fluks av de ulike komponentene sammenlignet med hele delområde 1. Det kommer av at

konsentrasjonene av metaller og organiske miljøgifter i sedimentene er relativt høyere i delområde 1b enn i hele delområde 1.



Figur 26. Summerte overskridelser av fastsatte grenseverdier for risiko for spredning (øvre grense tilstandsklasse III), sedimentlevende dyr (porevann PNECw) og organismer i vannmassene (sjøvann PNECw). Øvre figur representerer miljømålet for Bodø havn; behov for tiltak vurderes ut fra konsentrasjoner av metaller (ikke kobber) og organiske miljøgifter (ikke TBT). Midtre figur er som øvre figur, men sum PAH er erstattet av kun en PAH-komponent; benso(a)pyren. I nedre figur er alle analyserte stoffer tatt med. De store overskridelsene skyldes TBT i porevann (jf Figur 27).



Figur 27. Overskridelser av fastsatte grenseverdier for risiko for spredning (øvre grense tilstandsklasse III), sedimentlevende dyr (porevann PNECw) og organismer i vannmassene (sjøvann PNECw). Øvre figur representerer miljømålet for Bodø havn; behov for tiltak vurderes ut fra konsentrasjoner av metaller (ikke kobber) og organiske miljøgifter (ikke TBT). Midtre figur er som øvre figur, men sum PAH er erstattet av kun en PAH-komponent; benzo(a)pyren. I nedre figur er alle analyserte stoffer tatt med. De store overskridelsene skyldes TBT i porevann.

Tabell 8. Total spredning (kg/år) av metaller og organiske miljøgifter fra sedimentene i de ulike delområdene i Bodø havn.

	Delområde 1	Delområde 1b	Delområde 2	Delområde 3	Delområde 4	Delområde 5	Delområde 6	Delområde 6,5,2
Kobber	220	234	16	423	46	15	21	27
Kadmium	1,2	1,2	0,2	1,4	0,2	0,1	0,2	0,5
Bly	63	71	19	227	25	7	11	38
Kvikksølv	0,9	0,9	0,1	4,3	0,8	0,1	0,2	0,4
Sum PAH	8	8	17	39	7	8	7	32
Benzo(a)pyren	1	1	2	4	1	1	1	5
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1	1	2	3	1	1	1	3
Benzo(ghi)perylene	1	1	2	3	1	1	1	3
Sum PCB7	0,12	0,10	0,07	0,15	0,05	0,07	0,06	0,21
Tributyltinn (TBT-ion)	0,9	1,0	0,1	0,7	0,1	0,2	0,5	0,8

Ut fra i risiko for spredning og økologisk risiko i sediment og vann bør delområde 6, 2 og 5 prioriteres ved tiltak. Det er også disse områdene hvor det tar lengst tid å tømme lageret av miljøgifter i sedimentene (flere titalls til hundre år). Delområde 1a skal mudres grunnet utdyping av havna og vil på denne måten naturlig bli prioritert. Ønsker en å hindre videre spredning av miljøgifter i havna bør delområdene 3, 4 og 1 tas i prioritert i rekkefølge. I disse områdene vil imidlertid naturlig restitusjon kunne bedre forholdene på sikt. Risikovurderingens regneark viser at lageret av miljøgifter vil tømmes i løpet av drøye 10 år i delområde 3 og 1 og ca 30 år i delområde 4.

Alle delområdene i havna overskrider mer eller mindre fastsatte grenseverdier for akseptable risiko, hvilket betyr at hvis miljømålet om tilstandsklasse III i sedimentene skal innfris innen 2021 må det utføres tiltak i hele havna. Som nevnt over bør imidlertid grunne områder prioriteres før dype områder siden spredning av partikler og derved miljøgifter skjer fra grunt til dypt vann. En slik prioritering støttes av faktumet at det er de grunne områdene (delområde 6, 2 og 5) som utgjør størst risiko for spredning og økologien i havna.

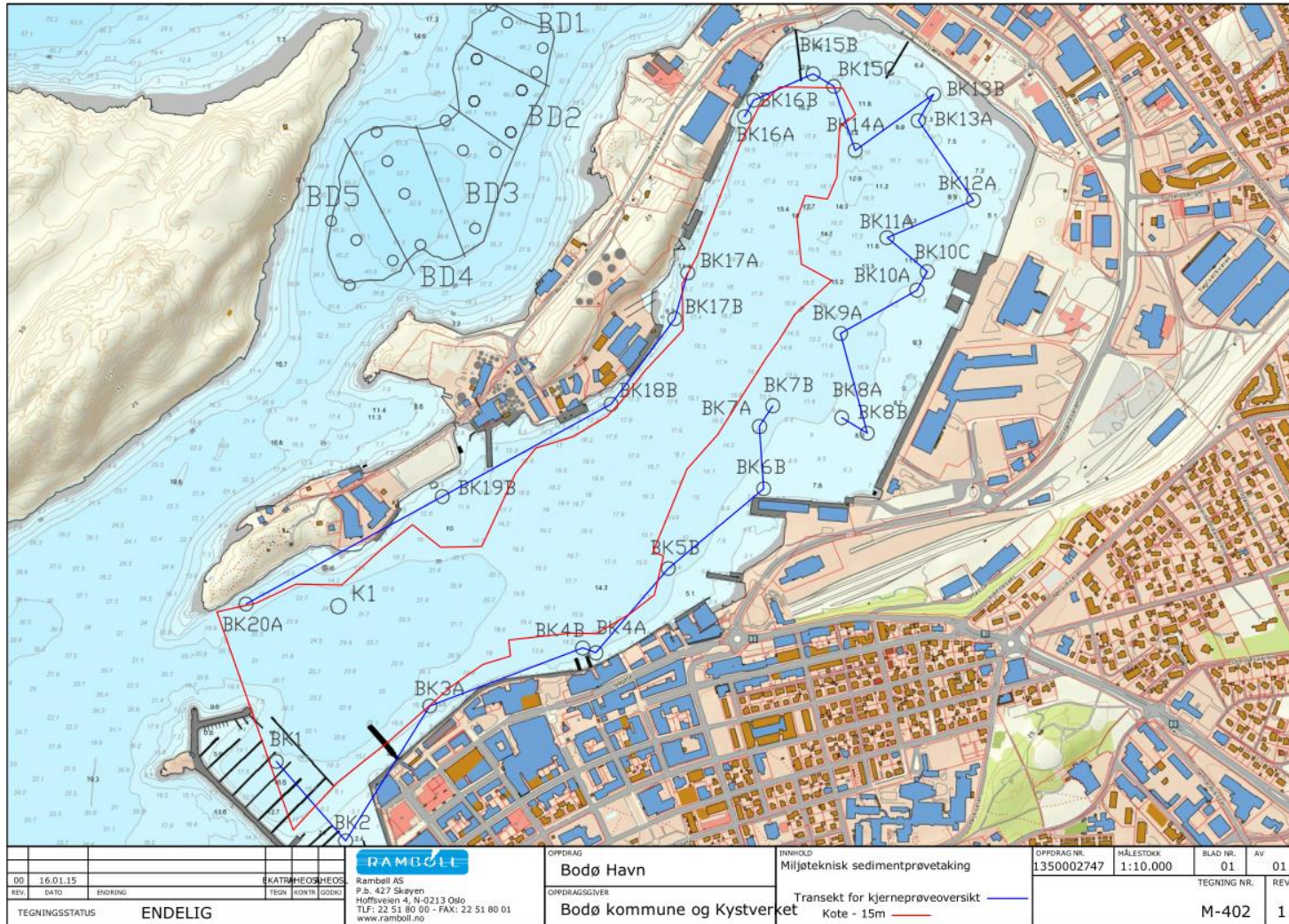
5.9 Aktuelle tiltak

Aktuelle tiltak i Bodø havn er mudring og tildekking. Tildekking av sjøbunnen er å foretrekke der seilingsdyp overskrider 15 m og strømforholdene er egnet. Ved tildekning legges rene masser i et lag over sjøbunnen. Valg av tildekningsmetode avhenger av lokale forhold. Tildekking er mer skånsom enn mudring og isolerer forurensningen slik at den ikke spres. Tildekking vil fungere som en barriere mellom bunnlevende dyr og de forurensede sedimentene. Mudring medfører oppvirvling og spredning av partikler. Grad av spredning avhenger av mudringsmetode.

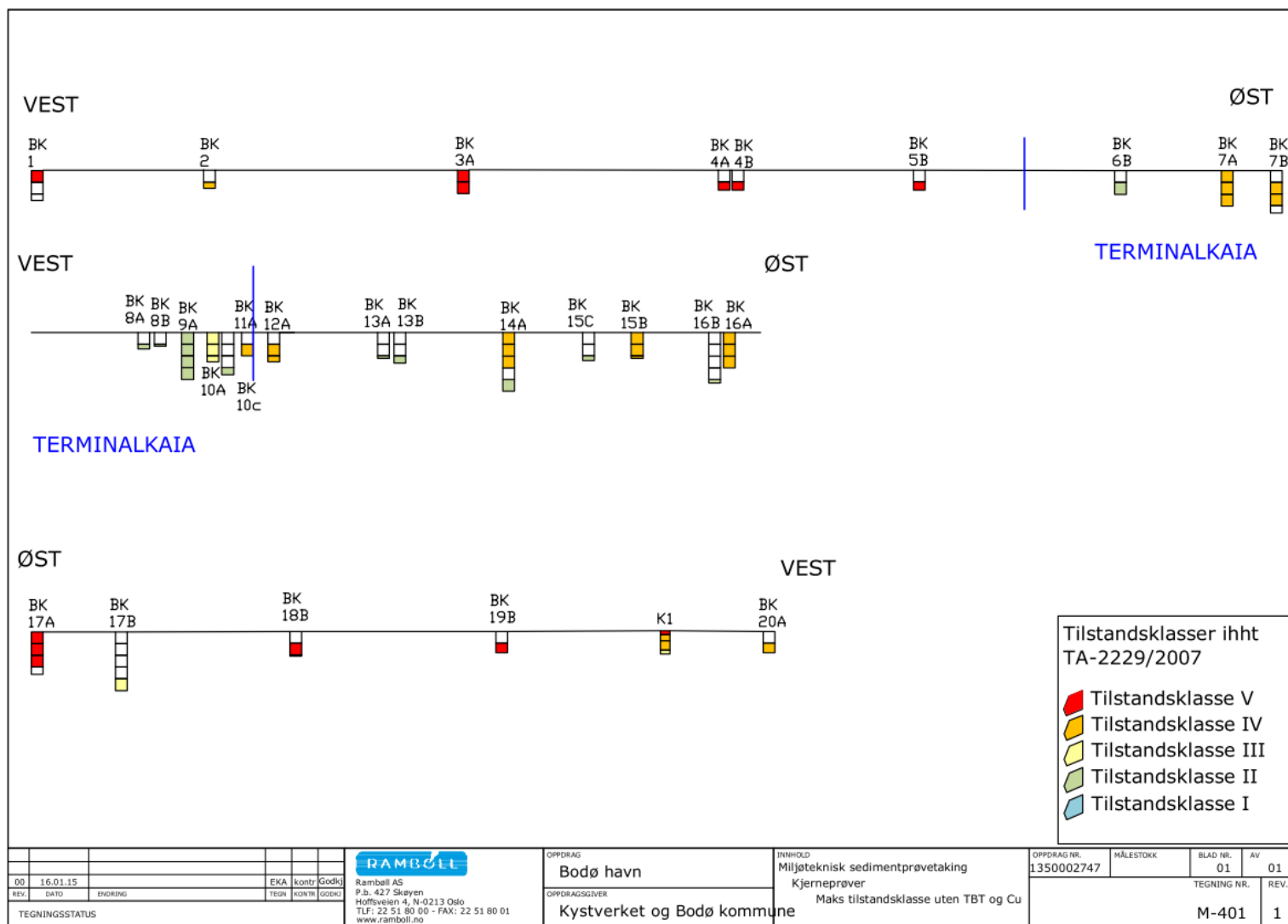
Hvis tiltaket er tildekking i Bodø havn er det rimelig å anta at dekkmassene er rene, tilsvarende tilstandsklasse I. Etter gjennomføring av tiltaket er det derfor også rimelig å anta at den nye sedimentoverflaten i delområdet ikke vil overskride tilstandsklasse I. Hvis tiltaket omfatter mudring er det mindre sannsynlig at det oppnås tilstandsklasse I i overflatesedimentene. Dette skyldes oppvirvling og resedimentasjon samt omrøring i overflaten som mudres. Dette er vist ved flere tiltaksgjennomføringer, eksempelvis i Oslo havn.

5.10 Vertikal utbredelse av forurensning i sedimentene

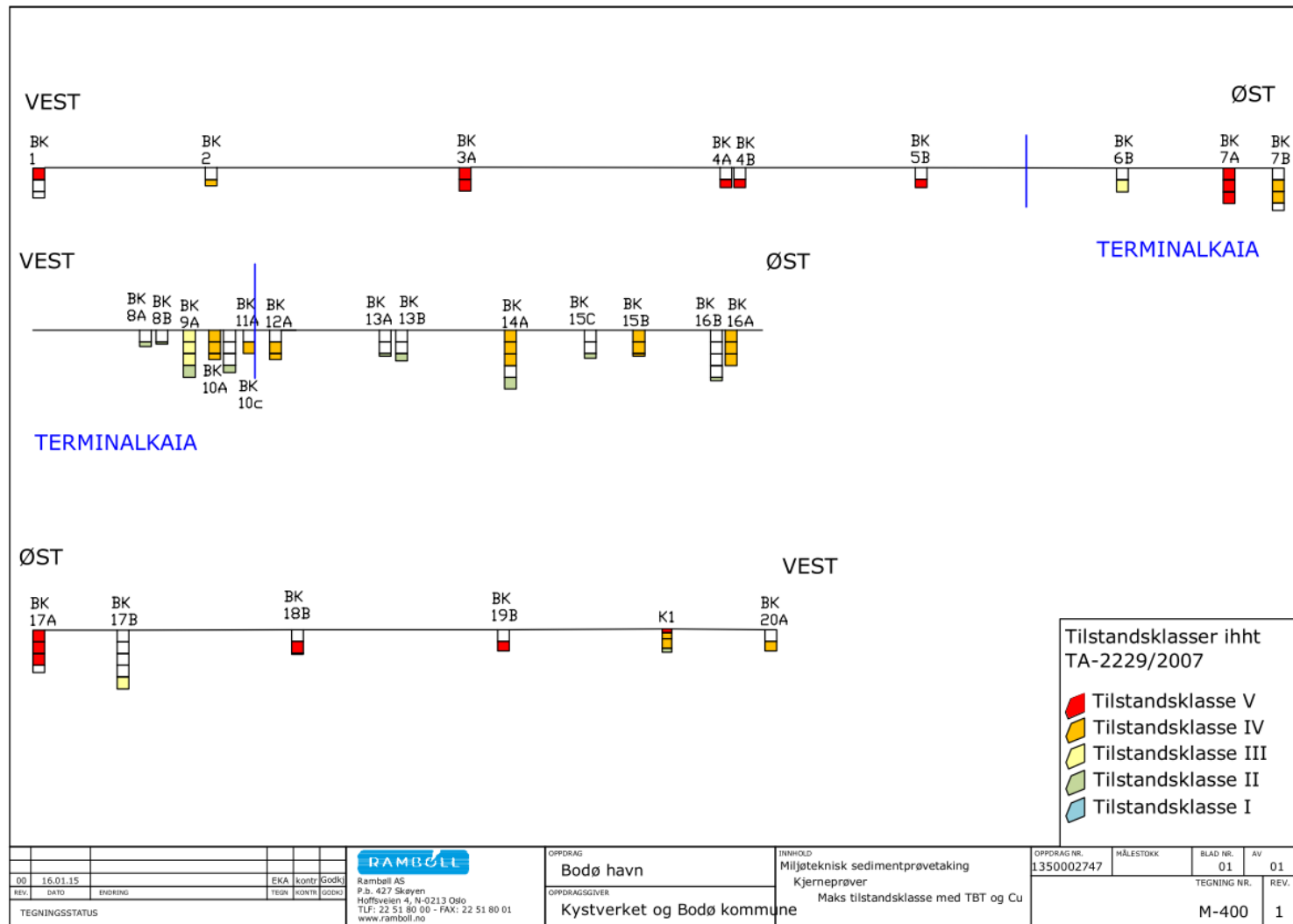
Figur 28 til Figur 30 viser oversiktskart over prøvepunkt for kjerneprøver, og kjerneprøveoversikt hvor analysert prøveutsnitt er farget etter TA-2229/2007. Kjernene er plassert i relativ avstand fra hverandre i figuren. Område hvor Kystverket har sitt tiltaksområde utenfor Terminalkaien er også avmerket og vist i kjerneprøveoversikten (Figur 29 og Figur 30). Figur 29 viser kjerneprøver i maksimum påvist tilstandsklasse uten TBT og Cu. Figur 30 viser kjerneprøver i maksimum påvist tilstandsklasse med TBT og Cu.



Figur 28: Kart som viser kote - 15 m og transekt for kjerneprøveoversikten i Figur 29 og Figur 30.



Figur 29: Kjerneprøveoversikt merket med farger iht. tilstandsklasser i TA-2229/2007. TBT og Cu er ikke tatt med. Kjernene er plassert i relativ avstand fra hverandre. Tiltaksområdet til Kystverket utenfor Terminalkaia er markert.



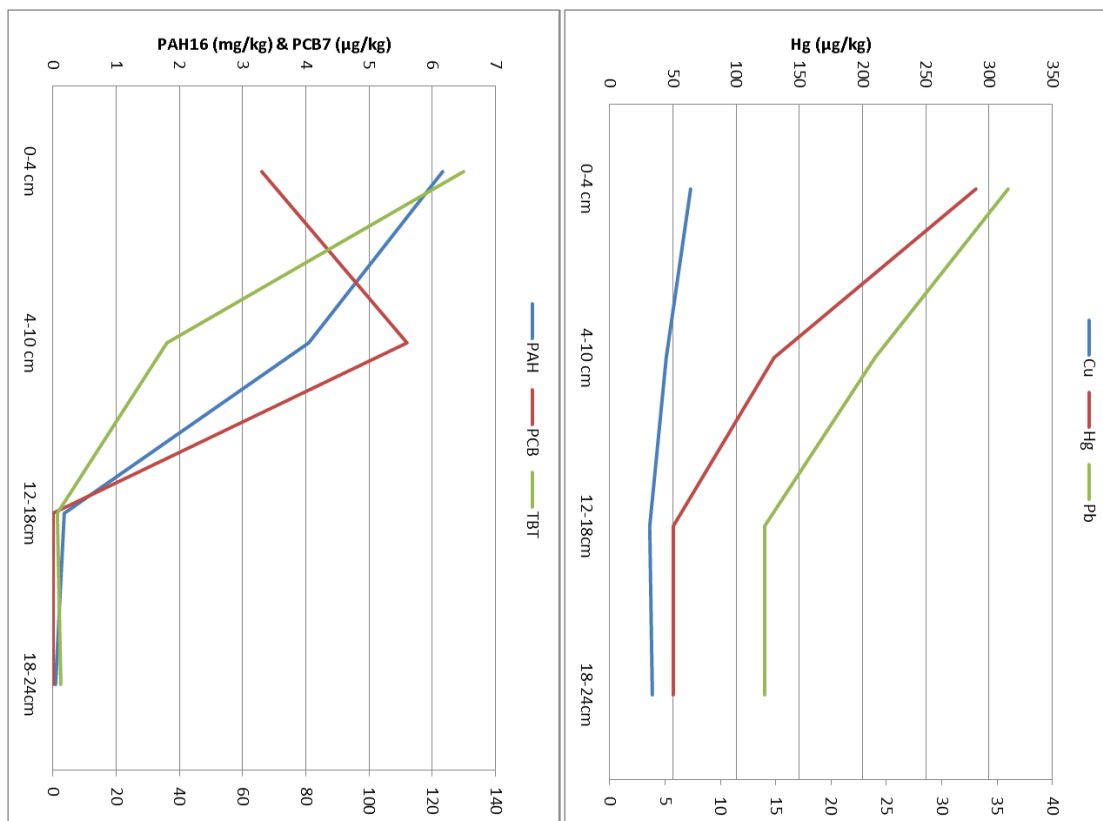
Figur 30: Kjerneprøveoversikt merket med farger iht. tilstandsklasser i TA-2229/2007. TBT og Cu er inkludert. Kjernene er plassert i relativt avstand fra hverandre. Tiltaksområdet til Kystverket utenfor Terminalkaia er markert.

5.11 Tiltaksareal og volumberegning

Det er gjennomført et grovt anslag av mengde masse som er aktuelt for mudring i hvert delområde og hvor stort areal som er aktuelt for tildekkning. Områder dypere enn 15 m antas tildekket, mens områder grunnere enn 15 m antas mudret. Hele indre havn utgjør et areal på 995 834 m², fordelt på 532 534 m² grunnere enn 15 m og 422.000 m² dypere enn 15 m. Området som planlegges mudret av Kystverket utgjør ca 130.000 m² (delområde 1b) og er en del av tiltaksområde 1 som totalt utgjør 420.000 m² (Tabell 9). I delområde 1b skal Kystverket mudre ned til 13,3 meters vanddyb. Øvrige grunne områder har ikke behov for økt seilingsdyb og mudres derfor kun ut fra miljøhensyn. Område 5 og 6 er områdene med høyest grad av forurensning, og er også de områdene hvor minst masse må mudres for å fjerne det forurensete laget.

Det er tatt 20 kjerner i havna for å kartlegge vertikal utbredelse av forurensningen i sedimentene. I tillegg er det tatt en kerne i det dypeste partiet i havna for å få oversikt over eventuelle endringer i forurensningen gjennom tid (Kjerne K1, Figur 30). Forutsatt at tilførselen av forurensning til havna startet for ca 100 år siden (ca. 1900) vil en kunne anta at forureningsmektighet i sedimentene på ca 20 til 30 cm. Det antas da en sedimentasjonshastighet på ca 2-3 mm/år, hvilket er sannsynlig i dette området som ikke har partikkeltilførsler fra noen store elver. Kjerne K1 er fra det dypeste området i havna (25 m) og kan derfor antas å være fra det mest stabile sedimentasjonsområdet. Analyser viser at sedimentene dypere enn ca 20 cm er rene, dette gjelder både metaller og organiske miljøgifter (Figur 31). Analysene indikerer også at tilførselene av PCB har avtatt med tiden, mens PAH og TBT fortsatt tilføres havna. En bedre oppløsning med mindre vertikale prøvesjikt og flere prøver ville kanskje kunne gi et mer detaljert bilde av utviklingen. Siden sedimentasjonshastigheten er såpass liten vil imidlertid bioturbasjon i større grad føre til utvisking av gradienter enn hvis sedimentasjonen hadde vært høy.

I de grunne områdene utenfor terminalkaia (delområde 1) og i innerst i havna mot vest (delområde 6) viser analyser av sedimentkjernene at mektigheten av forurensning er ca 40 cm. I småbåthavna (Delområde 4), området ytterst i havna mot øst (delområde 2) og vest (delområde 5) lyktes det ikke å få opp lengre kjerner enn drøye 20 cm. I delområdene 2 og 5 var det mye bomskudd og prøvetakingsrør brakk. Dette tyder på at det finnes endel hardbunnsområder innenfor delområdene. Alle kjerneprøver som ble analysert i disse to områdene var forurenset, hvilket tyder på at minst de øvre 20 cm av sedimentene er forurenset. Observasjoner under prøvetaking (hardbunn) kan tyde på at mektighetene av sediment i disse to områdene er beskjeden, at det er liten overdekning til fjell. I mer beskyttede områder innenfor delområdet, eksempelvis inne ved kaia på vestsiden i delområde 5, vil det erfaringsvis kunne samles sediment, tilført ved oppvirvling fra skip (jf kap. 5.2). Slike sediment vil kunne ha en større mektighet enn i området forøvrig og kan være gjenstand for stadig oppvirvling og resedimentasjon. Ved beregning av volum forurenset sediment i delområde 2 og 5 er mektigheten av forurenset sediment satt til gjennomsnittlig 20 cm, og som et øvre estimat 40 cm tilsvarende som i områdene lenger inn i havna (Tabell 9).



Figur 31. Kjerne K1 fra dypområdet i Bodø havn: Vertikal fordeling av PAH16, PCB7 og TBT (µg/kg, sekundærakse angitt nederst i plot til venstre). Vertikal fordeling av kvikksølv (Hg), kobber (Cu) og tributyltinn (TBT) (sekundærakse angitt nederst i plot til høre for Cu og Pb).

Tabell 9: Tabellen angir areal som er aktuelt for for mudring og tildekking, omtrentelig mektighet basert på kjerneprøver og omtrentelig volum for mudring basert på et mudredyp på 40 cm. Det gjøres oppmerksom på at dette kun er et grovt estimat i forhold til volum og areal. Arealene er beregnet ut i fra AutoCAD. Område 1a er farledsutdyping, som omfattes av Kystverkets arbeider i Bodø havn.

Tiltak	Område	Areal	Mektighet	Mektighet	Nedre	Øvre
		(m ²)	(cm) Nedre antagelse	(cm) Øvre antagelse	volum (m ³)	volum (m ³)
Mudring	1a >10m	34 590	40	40	13 836	13 836
	1a <10m	56 000	300	300	168 000	168 000
	Sum 1a	90 590				
	1b	173 114	40	40	69 246	69 246
	2	108 645	20	40	21 729	43 458
	3	0				
	4 <15 m	60 930	40	40	24 372	24 372
	5	57 079	20	40	11 416	22 832
	6	51 893	40	40	20 757	20 757
	SUM	542 251			329 356	362 500
	SUM MILJØ	369 137			260 110	293 255
	SUM FARLED	173 114			69 246	69 246
Tildekking	1	156 810	20	40	31 362	62 724
	2	0				
	3	262 899	20	40	52 580	105 160
	4 >15 m	33 874	20	40	6 775	13 550
	5	0				
	6	0				
	SUM	453 583			90 717	181 433

*Området 1a skal utdypes ned til 13,3 meters dyp 90 000 indikerer arealet mellom 10 og 15 m. Her er det regnet med et mudringdyp på 40 cm. 56000 indikerer areal grunnere enn 10 m. Her er det regnet med et gjennomsnittlig mudringsdyp på 3m.

5.12 Disponering av masser

Massene som skal mudres i Bodø havn er planlagt deponert i dypvannsdeponi. Det anbefales at massene som skal mudres i sammenheng med opprydning i havnen deponeres først, slik at disse sedimentene legges i bunnen av deponiet.

Det største mudringsvolumet kommer fra vedlikeholdsmudringen utenfor Terminalkaia. Det er forventet at mesteparten av disse sedimentene er rene. De kan derfor legges som dekkmasser i deponiet for å dekke til de forurensede massene fra opprydningen. Eventuell overskuddsmasse av ren karakter kan benyttes til å dekke til forurensede sedimenter dypere en 15 m. Dette fordrer at sedimentene er egnet til å benyttes som tildekningsmateriale i disse relativt grunne områdene. Et dypvannsdeponi vil krever overvåking og kontroll under og etter deponering.

5.13 Sedimentenes miljøkvalitet i Nyholmsundet

Nyholmsundet er undersøkt for å avklare om det er egnet som dypvannsdeponi for mudrede masser fra Bodø havn. Analyser av sedimentprøvene fra dypvannsdeponiet vist at samtlige stasjoner hadde overskridelser av grenseverdi for tilstandsklasse III for flere PAH-komponenter. Konsentrasjonene av benzo(a)antracen, indeno(123cd)pyren og benzo(ghi)perylene lå alle innenfor tilstandsklasse IV ved alle stasjoner. Ellers ble det funnet konsentrasjoner av

fluoranthen og krysen tilsvarende tilstandsklasse IV ved henholdsvis stasjon BD1 Og BD2. Sum PAH16 lå også innenfor tilstandsklasse IV ved BD1. Ved BD5 ble det registrert TBT tilsvarende tilstandsklasse IV. Alle analyseresultater finnes i Vedlegg 2.

5.13.1 Vurdering av Nyholmsundet som dypvannsdeponi

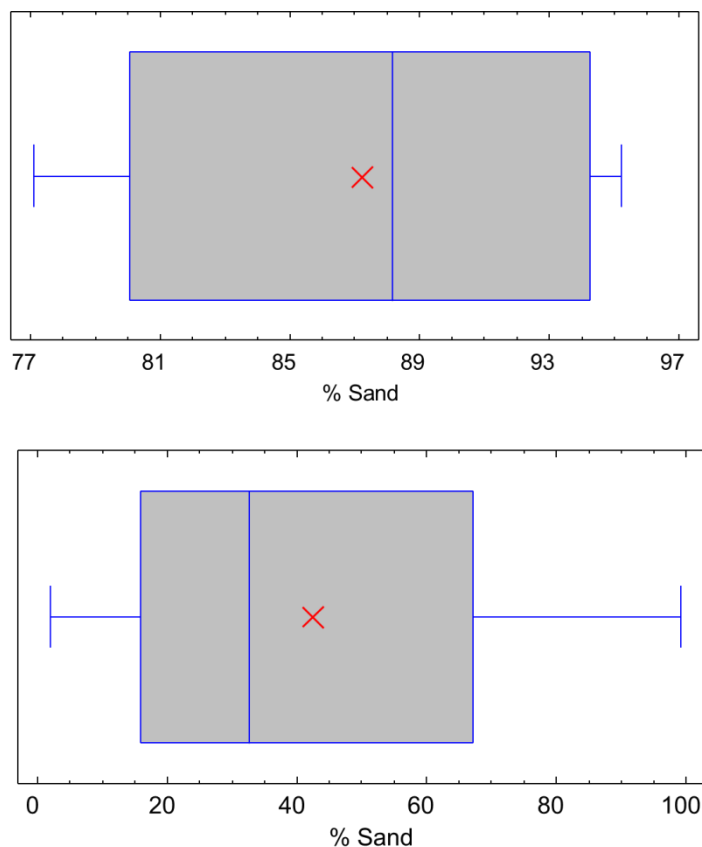
Nyholmsundet har vært et aktuelt område for disponering av overskuddsmasser, både forurenset og rene masser. I den forbindelse har Akvaplan NIVA vært utførende part for strømmålinger i Nyholmsundet og Bodø havn. I rapporten fra Akvaplan-niva beskrives det at strømmålingen pågikk i én måned og at måleren ble plassert på det dypeste punktet i sundet (kote -54 m). Det ble benyttet to strømmålere for å kartlegge strømbildet; en profilerende som målte mange lag av vannsøylen fra - 44 m til - 10 m vanddyb, og en punktmåler som målte strømmen ved - 52 m vanddyb. Målerriggene ble satt ut 06.10.2014 og tatt opp 17.11.2014. Det oppsto tekniske problemer med den profilerende måleren slik at kun data fra perioden 06.10-16.10 er ansett som kvalitetsmessig gode nok til å vurdere strømforholdene i deponiområdet. I tillegg til strøm ble det også målt temperatur og trykk (målt ved - 52 m vanddyb).

Strømretningen var for de fleste dyp målt til å være mot sørvest og nord. Dette samsvarer med orienteringen på Nyholmsundet som har åpning mot Bodø i sørvest og Vestfjorden i nord.

Dypet i bassenger er målt til å være – 55 m og terskeldypet like nord for målelokaliteten er ca. - 23-20 m dypt og sørvest for måleren ca. - 20-22 m dypt. Rapporten fra Akvaplan-niva beskriver at strømmen er målt til å være sterk i hele vannsøylen (median 7 cm/s), og at sterkere strømmer opp mot 20 cm/s og er ansett som vanlig. Videre beskrives det at strømstyrken varierer lite med vanddybet, og at sterk strøm var målt så dypt som helt ned til – 52 m. Maksimal strøm på -52 m dyp er målt til å være større enn 50 cm/s, men dette forekommer skjeldent [11]. I måleperioden over en måned ble slik strømstyrke registrert i perioder over tre dager.

Strømmålingene viser stor variasjoner i strømbildet. Tidevannsstrømmen utgjør en betydelig del av totalstrømmen og denne er hovedsakelig rettet mot sørvest på synkende vannstand og mot nord på stigende vannstand. Reststrømmen i måleperioden viste en stor variasjon i styrke og retning. Forklaringen kan være at området er åpent, hvor det er rimelig å anta at restmen vil være sterkt påvirket av værforhold, samt at det er påvirkning fra sirkulasjon i det større området rundt målelokaliteten [11].

Sterke bunnstrømmer tilsier at sedimentene i deponiområdet er grovkornet. Dette ble bekreftet av kornfordelingsanalyser av sedimentene, andelen sand varierte fra 77 til 95%. Figur 32 viser at sedimentene i deponiområdet har en større andel sand enn sedimentene i Bodø havn. Rentningslinjene for sjødeponier (TA-2624/2010) sier at "Massen som skal deponeres ikke er mer finkornet enn bunnmassene som ligger i deponiområdet før deponering" [15]. Dette betyr at en del av massene fra Bodø havn ikke er egnet for deponering i Nyholmsundet. En strømstyrke på 50 cm/s, som er registrert i Nygårdsund, vil kunne transportere partikler av sand størrelse. Det betyr at en del av massene fra Bodø havn vil kunne transporteres vekk fra deponiområde under deponering. Strømstyrker på over 100 cm/s skal til for å erodere sand (i henhold til Hjulstrøms diagram). Ut i fra kornstørrelsen på sedimentene i deponiområdet er det lite sannsynlig at så høy strøm forekommer. Hvis området i Nyholmsundet likevel ønskes ytterligere vurdert som deponi må det i tilfelle avklares om det er perioder hvor strømstyrken i deponiet er mindre enn det som er vist ved foreliggende målinger, dette kan gjøres ved å gjennomføre målinger over en lengre periode. I tillegg kan en se mer i detalj på forekomsten av grove og fine sedimenter i havna og eventuelt planlegge deponeringen i forhold til rådende strømforhold, slik at finkornede masser fortrinnsvis legges ut ved lav strøm og i bunnen av deponiet. Dette kan imidlertid være vanskelig å gjennomføre rent praktisk. Toppskjiktet i deponiet må tilfredsstillende kriteriene gitt i TA-2624/2010.



Figur 32. spredningsdiagram (box-plot) for andelen sand i sedimentene i Nyholmsundet (øvre figur) og Bodø havn (nedre figur)

5.14 Overvåkning ved gjennomføring av tiltak

Det er utført strømmålinger ved innløpet av havna [12] Figur 6 som viser forholdsvis lite strøm i området. 90 % av måledataene viser strøm på under 10 cm/s og nettostrømmen var under 1 cm/s for alle dyp. Tidevannsstrømmen var dominerende i øst-vest retning hvor den forklarer 58 % av variabiliteten i dataen, mens i den nordlige retningen var den nesten negleskjerbar. Maksimum tidevannsstrøm ble estimert til å være 5,6 cm/s [12].

Siden det er forholdsvis lite strøm i området vil det være relativt liten risiko for spredning av partikler fra tiltaket ut av selve havna. Spredningen vil foregå for det mest med tidevannsstrømmen.

Det er lite sannsynlig at det vil gjennomføres tiltak i hele Bodø havn. Det er mer sannsynlig at det gjennomføres tiltak i enkelte delområder. Det vil være vanskelig å kvantifisere og føre miljøgiftregnskap basert på spredningen fra hvert enkelt delområde. Dette har med hvor det er mulig og hensiktsmessig å gjennomføre overvåkingen (posisjoner for målere). Det er alltid en diskusjon om hvor nær et tiltak overvåkingen skal eller bør foregå. Det kan være vanskelig og lite hensiktsmessig å måle for tett opp til selve tiltaket. Erfaring tilsier at mudre- og tildekkingsområder må anses som et anleggsområde som krever en viss sikkerhetssone. Dette er avhengig av størrelse på skip, mudringsutstyr og operatør. Det anbefales derfor å betrakte hele Bodø havn som et tiltaksområde, og ikke skille ut delområder. Overvåkingen bør ha som mål å sørge for at det ikke foregår uakseptabel spredning ut av havna. Det vil derfor være hensiktsmessig å plassere turbiditetsmålere ved utløpet av havna og i tillegg en eller to målere innover mot tiltaksområdet slik at en eventuell spredning kan oppdages og korrigeres på et tidlig tidspunkt.

5.15 Geotekniske forhold

Det er utført en rekke geotekniske undersøkelser i og rundt havna som viser at grunnforholdene i Bodø havn er ustabile. Hensynet til stabilitet på land vil derfor være styrende for tiltaksgjennomføring i sjøen. Det er lite hensiktsmessig å gjennomføre nye undersøkelser på nåværende tidspunkt. Når det er bestemt hvor tiltak skal gjennomføres og omfanget er klarlagt må geotekniske forhold vurderes spesielt for hvert område.

Det er utført stabilitetsvurderinger for området foran terminalkaia hvor det planlegges å mudres ned til 13,3 m vanddyb. Terminalkaia er fundamentert på stålrørspeler og er forankret i plate i steinfyllinga bak kaia (flere byggetrinn med ulik forankringsløsning). Byggene innenfor kaia ser ut til å være pelefundamentert, men det kan være deler som er direktefundamentert. Steinfyllinga ligger hovedsakelig på fast leire. Stabilitetsforholdene er tilfredsstillende for dype og omfattende skjærflater ved dagens situasjon. Det er i hht avtale benyttet ei terrenglast på 20 x 1,3 kPa bak kaia ved beregningene. Stabiliteten for grunnere flater er mye avhengig av helninga på steinfyllinga under kaia og er med antatt helning, i underkant av det som kreves (1,3 – 1,4 for effektivspenningsanalyse). Uten geoteknisk tiltak vil det ikke være mulig å utdype foran kaia i forhold til dagens sjøbunn/steinfylling. Det er derfor i prinsippet to løsninger som er aktuelle, enten oppstøtting med avstivet støttevegg (som rammes/bores ned i faste masser og forankres i toppen) eller det bygges på kaia ut til tilstrekkelig vanddybde for å få plass til skråning og motfylling under den nye kaia.

En støttekonstruksjon krever boret spunt da foten på konstruksjonen må ned i de faste massene. Vanlig spunt vil ikke kunne rammes tilstrekkelig langt nok ned. Det antas behov for borelengder på 8 – 10 m. Konstruksjonen må avstives da den må dimensjoneres for å ta mer jordtrykk enn vanlig konstruksjon, for å kunne «stoppe» dype skjærflater. Mulig avstivningssystem er ikke vurdert i detalj, men det antas at mest aktuelt nivå er enten på kote 0 eller mot kaidekket (kun enkelte rør som stikker opp). Et annet alternativ er å avstive litt over sjøbunnen med mothold i ei rekke av rammede stålrør som føres opp til kaidekket. Det er sannsynlig at erosjonssikringa og fyllinga under kaia må forsterkes/utslakes og at foten har feste mot støttekonstruksjonen som da må stikke litt opp over dagens sjøbunn. Etter peleveiledningen er det relativt ugunstige parametere som benyttes ved korrosjon i sjøen så en eventuell rørkonstruksjonen må nok påregnes utstøpt og armert. Installasjonen av en slik konstruksjon må antas å bli krevende.

Dersom kaia kan bygges på utover i sjøen, vil fyllinga under kaia kunne avtrappes og det vil være plass til forsterking /utslaking av dagens fyllingsfront/erosjonssikring og denne løsningen vil dermed kunne øke sikkerhetsnivået noe i forhold til dagens situasjon (som er stabilitetsmessig i grenseland ved et nytt prosjekt) selv om sjøbunnen senkes. I profilene er det beregnet en 10 m utvidelse av kaia. Dette gir en reduksjon av sikkerhetsnivået fra 1,3 - 1,4 til 1,2 – 1,3 som ikke kan tolereres uten tiltak. Sikkerheten mot dype og omfattende skjærflater er også ned mot og delvis under grensa for det som kan aksepteres.

Før endelig valg av løsning, basert på nærmere beregninger, må sjøbunnen foran og under kaia kartlegges/profileres. Fra et miljøperspektiv, anbefales løsningen med å bygge kai ut over sjøen. Dette vil redusere behov for mudring og vil følgelig redusere totalvolumet av tiltaket.

I de øvrige delene av havna må det vurderes om mudring av 40 cm sediment og tildekking har effekt på stabiliteten.

6. KONKLUSJON

Hovedkonklusjonen av risikovurdering trinn 3 er at ingen av delområdene (Figur 20) kan friskmeldes etter en risikovurdering trinn 3.

Risikovurdering av forurensede sedimenter i Bodø havn viser at miljømålene for havna ikke vil nås med dagens miljøkvalitet i sedimentene. Ikke alle områder i havna representerer like stor risiko, men alle delområder overskrider fastsatte grenseverdier for akseptable risiko når det gjelder spredning av miljøgifter og økologien i havna. Det er knyttet størst samlet risiko til områdene grunnere enn 15 m innerst i havna mot nordvest (delområde 6) og sørøst i havna (delområde 2). Det anbefales derfor å prioritere tiltak her først. I videre prioritert rekkefølge følger delområdene 5, 4, 3 og 1. Det er områdene 6, 2 og 5 hvor det tar lengst tid å tømme lageret av miljøgifter i sedimentene (flere titalls til hundre år). I delområde 1, som utgjør det største arealet, skal Kystverket utdype ned til 13,3 m utenfor Terminalkaia. Utdypingsområdet er det minst forurensede i hele Bodø havn, noe som sannsynligvis skyldes erosjon og oppvirvling av bunnen fra skip. Det resterende av delområde 1 representerer likevel området med lavest samlet risiko i Bodø havn. I delområdene 3, 4 og 1 vil naturlig restitusjon kunne bedre forholdene på sikt. Risikovurderingens regneark viser at lageret av miljøgifter vil tømmes i løpet av drøye 10 år i delområde 3 og 1 og ca 30 år i delområde 4.

Alle delområdene i havna overskrider mer eller mindre fastsatte grenseverdier for akseptable risiko, hvilket betyr at hvis miljømålet om tilstandsklasse III i sedimentene skal innfris innen 2021 må det utføres tiltak i hele havna. Grunne områder bør prioriteres før dype områder siden spredning av partikler og derved miljøgifter skjer fra grunt til dypt vann. En slik prioritering støttes av faktumet at det er de grunne områdene (delområde 6, 2 og 5) som utgjør størst risiko for spredning og økologien i havna.

Tiltak mot forurensning i sedimentene har til hensikt å stoppe spredning av metaller og organiske miljøgifter, risikoen for effekter på organismer vil da reduseres. Hvor mye metaller og organiske miljøgifter som hindres i å spres vil være avhengig av fluksen og størrelsen på tiltaksarealet. Tiltak over store arealer som eksempelvis delområde 1 (420.000 m²) og delområde 3 (263.000 m²) gir en større reduksjon i total spredning av metaller (kg/år) enn tiltak i mindre delområder som 6, 5 og 2.

Utførte strømmålinger og analyser av bunnsedimenten i deponiområdet i Nyholmsund viser sterke strømmer og at en del av massene fra Bodø havn ikke er egnet for deponering i dette området. Hvis området likevel ønskes ytterligere vurdert som deponi må det i tilfelle avklares om det er perioder hvor strømstyrken i deponiet er mindre enn det som er vist ved foreliggende målinger, dette kan gjøres ved å gjennomføre målinger over en lengre periode. I tillegg kan en se mer i detalj på forekomsten av grove og fine sedimenter i havna og eventuelt planlegge deponeringen i forhold til rådende strømforhold, slik at finkornede masser fortrinnsvis legges ut ved lav strøm og i bunnen av deponiet. Dette kan imidlertid være vanskelig å gjennomføre rent praktisk. Toppskjiktet i deponiet må tilfredsstillende kriteriene gitt i TA-2624/2010.

7. REFERANSER

1. Multiconsult, *Miljøundersøkelser sjøbunnssedimenter - Datarapport og risikovurdering forurenset sjøbunn 711398 -RIGm/1*. 2013.
2. Miljødirektoratet, *Risikovurdering av forurenset sediment 2230/2007*. 2007, Miljødirektoratet.
3. Rambøll, *Bodø havn Utdyping utenfor Terminalkaia - Geotekniske undersøkelser*. 2014.
4. Portal, V.-N. *Vann fra fjell til fjord*. 2014; Available from: <http://vann-nett.no/portal/default.aspx>.
5. NIVA, *Miljøgifter i kystområdene 2012 M-69/2013*. 2012.
6. Multiconsult, *Orienterende geoteknisk vurdering*. 2012.
7. Kystverket. *Kystinfo*. 2014; Available from: <http://kart.kystverket.no/default.aspx?gui=1&lang=2>.
8. Miljødirektoratet, *Grunnforurensningsdatabasen*.
9. Miljødirektoratet. *Naturbase*. 2014; Available from: <http://www.miljodirektoratet.no/no/Tjenester-og-verktoy/Database/Naturbase/>.
10. SFT, *Veileder for klassifisering av miljøgifter i vann og sediment, in TA2229/2007*, SFT, Editor. 2007. p. 12.
11. Akvaplan-niva, *Strømmålinger i Nyholmsundet ved Bodø, 2014*. 2014. p. 28.
12. Akvaplan-niva, *Strømmålinger ved Bodø havn i Nordland, 2014*. 2014. p. 28.
13. SFT, *Veiledning 97:04* 1997.
14. Klif, *Veileder risikovurdering av forurenset sediment, in TA-2802/2011*. 2011.
15. Miljødirektoratet, *Retningslinjer for sjødeponier TA-2624/2010*. 2010.

8. VEDLEGG

Vedlegg 1 – Tegning	I
Vedlegg 2 – Trinn 1 vurdering grenser for tilstandsklasser.....	II
Vedlegg 3 – Situasjonkart, sedimentundersøkelse vår og høst 2014.....	III
Vedlegg 4 – Situasjonkart, sedimentundersøkelse 2012.....	IV
Vedlegg 5 – Kjernelogger	V
Vedlegg 6 – Risikovurdering trinn 3	VI
Vedlegg 7 - Analyseresultater	VII

Beregnet til
Osvald Åge Torrissen

Dokument type
Datarapport

Dato
2009-11-18

DATARAPPORT

MILJØUNDERSØKELSE

FOR BODØ

SILDOLJEFABRIKK AS,

BURØYA

**MILJØUNDERSØKELSE FOR BODØ SILDOLJEFABRIKK
AS, BURØYA**

Revisjon **00**
Dato **2009-11-18**
Utført av **Siw-Christin Taftø** *Siw-Christin Taftø*
Kontrollert av **Elisabet Bostrøm** *Elisabet Bostrøm*
Godkjent av **Elisabet Bostrøm**
Beskrivelse **Datarapport etter undersøkelse av sjøsediment ved Bodø
Sildoljefabrikk, Burøya**

Vår ref. M-rap-001-6090643

Rambøll
Mellomila 79

NO-7493 TRONDHEIM
T +47 73 84 10 00
F +47 73 84 10 60
www.ramboll.no

SAMMENDRAG

Bodø Sildoljefabrikk planlegger etablering av tørkehall ved eksisterende industribygg på sørsiden av eksisterende bru, samt omlegging av veg på nordsiden av bru. Begge tiltakene krever fylling i sjø.

Rambøll Norge AS har på oppdrag fra Bodø Sildoljefabrikk gjennomført miljøtekniske undersøkelser av sjøsedimentenes kontamineringsgrad på begge sider av eksisterende bru.

Sedimentprøver fra åtte prøvepunkter er tatt opp med van Veen grabb og analysert for SFTs prioriterte miljøgifter i sediment.

Det er påvist konsentrasjoner av metaller, sett bort fra arsen, krom og nikkel, samt TBT, PAH, PCB og B(a)P som overskrider grenseverdiene for SFTs tilstandsklasse 1 (ubetydelig/liten forurensningsgrad). TBT er påvist i høye konsentrasjoner ved alle prøvepunkter, og er den mest framtrædende parameter i forhold til forurensningsgrad. Prøvepunktene 8 og 11 framstår som sterkest kontaminert om alle analyserte parametere legges til grunn.

Ved overskridelser av tilstandsklasse 1 (ubetydelig/liten forurensningsgrad) i sedimenter må det, ifølge forurensningsloven § 7, utarbeides en risikovurdering med fokus på aktuelle tiltak i sedimentene.

INNHold

1.	ORIENTERING	5
1.1	Planlagt prosjekt	5
1.2	Beskrivelse av oppdraget	5
1.3	Rapportens innhold	5
1.4	Områdebeskrivelse.....	5
2.	UTFØRTE UNDERSØKELSER	6
2.1	Feltundersøkelser.....	6
2.2	Innmåling av punkter	6
2.3	Kjemiske analyser	6
3.	RESULTATER	7
3.1	Grunnforhold	7
3.2	Kjemiske analyser	7
4.	KOMMENTAR	8
	REFERANSER	9

TEGNINGER:

Tegn. nr.	Rev. nr	Tittel	Målestokk
201	00	Oversiktskart	1:50000
202	00	Situasjonsplan	1:1000

VEDLEGG:

1. Analyseresultater sammenstilt med SFTs tilstandsklasser for sedimenter
2. Analyserapport

1. ORIENTERING

1.1 Planlagt prosjekt

Bodø Sildoljefabrikk AS planlegger utbygging av ny tørkehall ved sitt anlegg i Burøyveien 27 i Bodø. Se tegning 201 for områdets beliggenhet.

1.2 Beskrivelse av oppdraget

I forbindelse med vurdering og prosjektering av planlagt fylling har Rambøll utført geo- og miljøtekniske grunnundersøkelser av sediment på begge sider av bru over til Nyholmen. De gjennomførte miljøtekniske undersøkelsene vil gi grunnlag for å vurdere eventuelle behov for tiltak i forbindelse med mudring og gjenfylling.

1.3 Rapportens innhold

Rapporten inneholder resultater fra innledende miljøundersøkelser av sediment fra det planlagte utbyggingsområdet. Analyseresultatene er sammenstilt med SFTs tilstandsklasser for sediment (TA-2229/2007) /1/.

1.4 Områdebeskrivelse

Burøya, hvor Bodø Sildoljefabrikk er lokalisert, har historisk vært preget av ulike industrielle virksomheter innenfor fiskeforedling, lager samt olje- og gass. Shell Norge har et tankanlegg, og Barents Naturgass et mottaksanlegg på området i tillegg til eksisterende skips- og verftsindustri. Sildoljefabrikken ble stiftet i 1966, og ligger i dag plassert i nær tilknytning til nevnte virksomheter. Fabrikken er knyttet opp mot bearbeiding og konservering av fisk og fiskevarer, og produserer fiskemel og fiskeolje til oppdrettsnæringen. Råvarene er i all hovedsak fisk levert av fiskeflåten.

I et aktivt havneområde som Bodø havn, vil kontamineringsgraden i sjøsedimentene være preget av det totale utslippet til havnebassenget. Med bakgrunn i informasjon om andre Industrielle virksomheter i området er det sannsynlig at forurensning i sedimentene nær Sildeoljefabrikken vil være påvirket av utslipp fra disse. Trolig vil organisk avfall, kontaminering fra lagring, lossing og skipstrafikk utgjøre hovedandelen av forurensning til sjø fra Bodø Sildoljefabrikk.

2. UTFØRTE UNDERSØKELSER

2.1 Feltundersøkelser

Feltarbeid med uttak av sedimentprøver er utført av Rambøll i uke 40, 2009. Totalt åtte prøver (pkt 1, 2, 3, 4, 7, 8, 10 og 11) er tatt opp med Van Veen grabb fra rigg; fire på hver side av eksisterende bru. Prøvepunktene er vist på situasjonsplan, tegning 202.

2.2 Innmåling av punkter

Prøvetakingspunktene er satt ut av Rambøll Norge AS med utmål fra eksisterende bygning og vegkant, og er koordinatbestemt ved hjelp av håndholdt gps.

Tabell 2.1. Koordinatliste (NGO). Punktene er høydebestemt i forhold til eksisterende kai med kote +3,61 NGO.

Punkt Nr.	X (m)	Y (m)
1	473132	7463784
2	473153	7463791
3	473143	7463758
4	473161	7463761
7	473103	7463813
8	473096	7463831
10	473080	7463789
11	473064	7463815

2.3 Kjemiske analyser

Det er foretatt kjemiske analyser av åtte sedimentprøver. I analyseprogrammet inngår SFTs prioriterte miljøgifter i sediment, som omfatter:

- Åtte tungmetaller: arsen (As), krom (Cr), kobber (Cu), kadmium (Cd), nikkel (Ni), bly (Pb), sink (Zn) og kvikksølv (Hg)
- Polysykliske aromatiske hydrokarboner ($\Sigma 16$ PAH) og polyklorerte bifenyler ($\Sigma 7$ PCB)
- BTEX (benzen, toluen, etylbenzen, xylener)
- Olje (THC) med 5 intervaller (C6-C35)
- TBT

Det er foretatt analyser av organisk innhold (TOC).

Kjemiske analyser er utført av Eurofins Norsk Miljøanalyse AS. Firmaet er akkreditert for alle utførte analyser. For fullstendig analyserapport se vedlegg 2.

3. RESULTATER

3.1 Grunnforhold

Sjøbunnen er fallende mot SØ på sørsiden, og fallende mot NV på nordsiden av brua.

Resultater fra geotekniske undersøkelser viser at sedimentene i prøvepunkt 3 består av leire, silt, gruskorn, kalkkonkresjoner og skjellrester. Massene karakteriseres som bløte. I prøvepunkt 11 består sedimentene av leire, silt og kalkkonkresjoner samt enkelte gruskorn.

3.1.1 Kjemiske analyser

Resultatene av de kjemiske analysene for de åtte prøvepunktene er sammenstilt med SFTs tilstandsklasser for sedimenter /1/.

Det er påvist forhøyede verdier for alle parametere i alle prøvepunkter sett bort fra arsen og tungmetallene arsen, krom og nikkel, som er påvist i konsentrasjoner innenfor tilstandsklasse 1 (ubetydelig/liten forurensningsgrad).

Analyserte prøver fra punkt 1,2,3,4 og 7 er påvist i konsentrasjoner innenfor klasse 1 (ubetydelig/liten forurensningsgrad) og klasse 2 (moderat forurensningsgrad), sett bort fra kobber, som er påvist i konsentrasjoner innenfor tilstandsklasse 4 (sterk forurensningsgrad) i prøvepunkt 1 og 2. Forurensningsgraden er samsvarende på stasjon 10, sett bort fra kvikksølv, som klassifiseres som markert forurenset (klasse 3). Sett samlet er forurensningsgraden for tungmetallene kobber, kadmium, bly, sink og kvikksølv høyest på prøvepunkt 8 og 11. I punkt 8 er det påvist kadmium, bly og sink i konsentrasjoner tilsvarende meget sterk forurensningsgrad (klasse 5).

Det er påvist konsentrasjoner av TBT innenfor klasse 3 til klasse 5 i alle prøvepunkter. TBT er påvist med forurensningsgrad meget sterk i punkt 1 og 2. Det er påvist konsentrasjoner av B(a)P innenfor tilstandsklasse 2 i de fleste prøvepunkter, sett bort fra punkt 8, markert forurensningsgrad, og punkt 11, meget sterk forurensningsgrad. PAH er påvist med moderat til meget sterk forurensningsgrad. For PCB er det påvist konsentrasjoner tilsvarende ubetydelig til moderat forurensningsgrad, med unntak for prøvepunkt 8 hvor forurensningsgraden er markert.

Sett samlet framstår prøvene fra punkt 8 og 11 som de mest forurensede. I prøvepunkt 8 er det påvist konsentrasjoner av seks parametere tilsvarende tilstandsklasse 4 (sterk forurensningsgrad) og/eller 5 (meget sterk forurensningsgrad), hvorav fire parametere er påvist innenfor tilstandsklasse 5. I prøvepunkt 11 er fem parametere påvist i konsentrasjoner tilsvarende tilstandsklasse 4 og 5.

For fullstendig analyserapport se vedlegg 2.

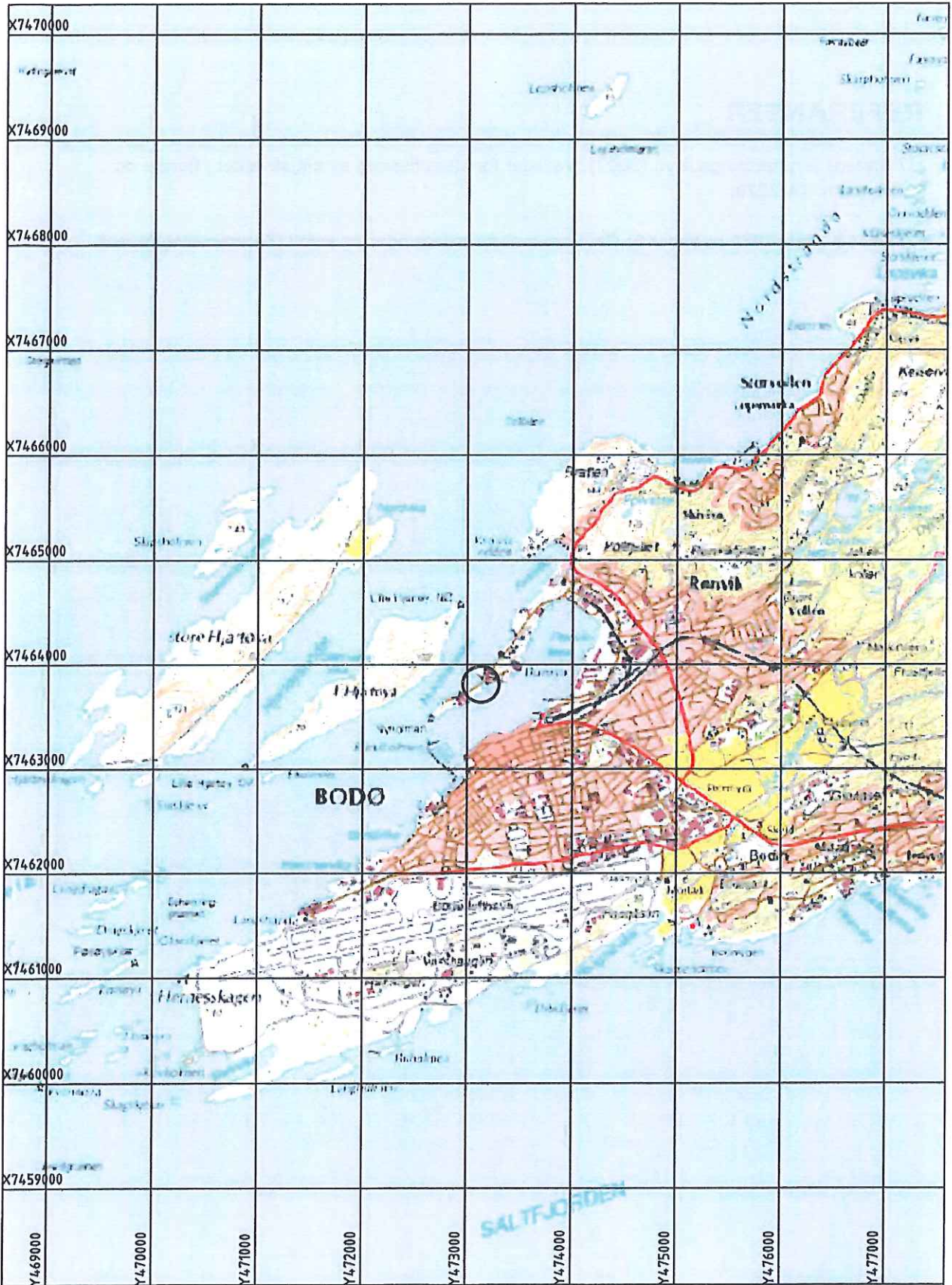
4. KOMMENTAR

Med bakgrunn i forurensningsloven, § 7 /2/, skal det ved overskridelser av tilstandsklasse 1 (bakgrunnsnivå) i henhold til SFTs veileder for klassifisering av sedimenter /1/ utarbeides en risikovurdering i forhold til aktuelle planlagte tiltak i sediment.

REFERANSER

/1/ Statens forurensningstilsyn (2007). Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, TA-2229.

/2/ Lov 13. Mars 1981 nummer 6: Om vern mot forurensninger og avfall (Forurensningsloven).



Rev.	Dato	Tekst	Utarb	Kontr	Godkj
	10.10.09		BVN	SCT	SCT

Oppdrag nr. 6090643 Målestokk: 1:50000 Status:

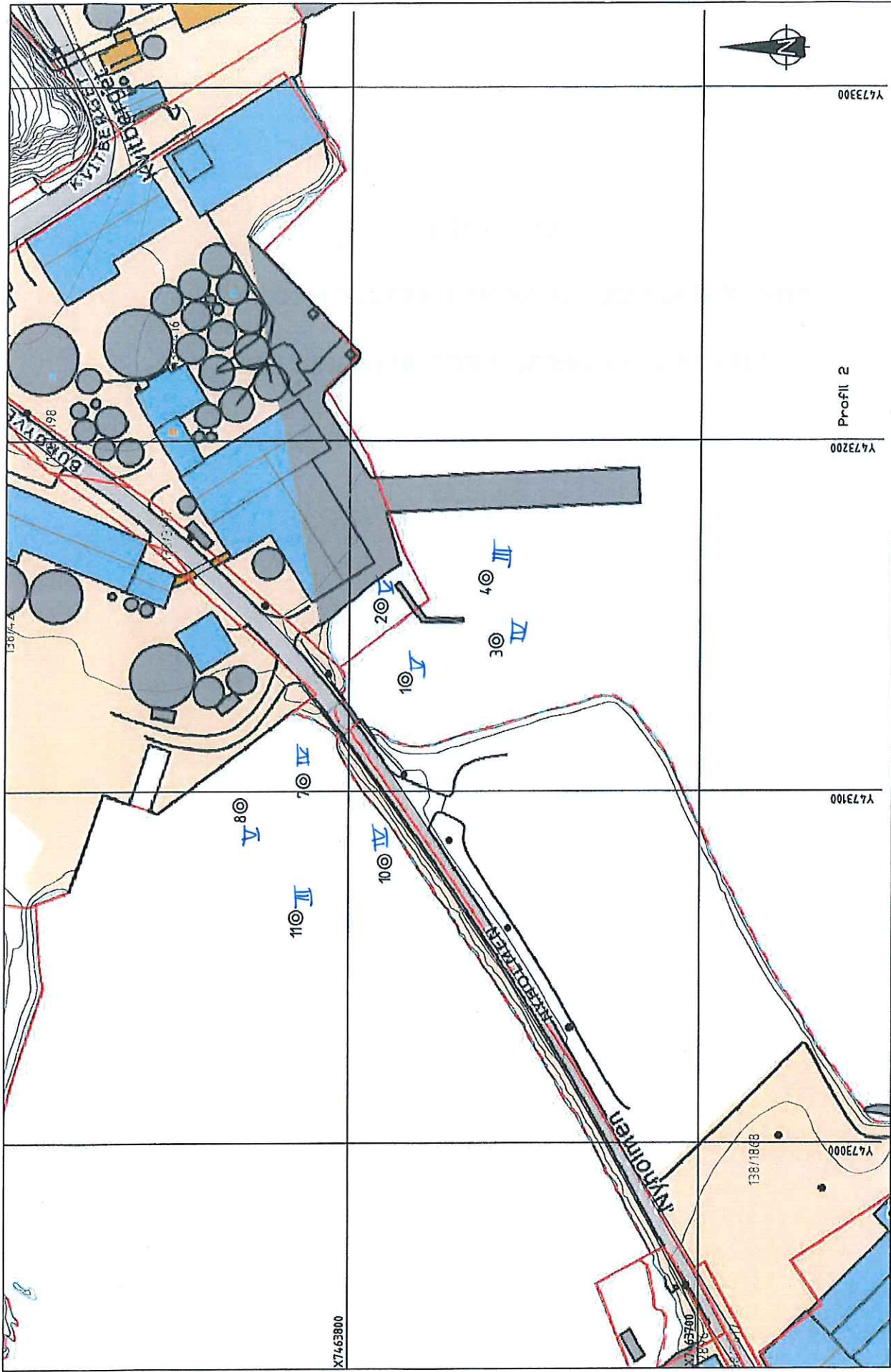
Bodø sildoljefabrikk AS
 Bodø sildoljefabrikk - Miljøtekniske undersøkelser

OVERSIKTSKART
 UTM-ref.(UTM33) 04731 74638

RAMBOLL

P.B. 7493 Mellomila 79
 N-7018 Trondheim
 TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60
 www.ramboll.no

Tegning nr. 201 Rev.



OPPDRAG Bodø sildoljefabrikk OPPDRAGSGIVER Bodø sildoljefabrikk AS		INNHOLD SITUASJONSPLAN - miljøtekniske undersøkelser		OPPDRAG NR. 6090643	MÅLSTOKK 1:1000	BLAD NR. 1	AV 1
REV. 14.10.09 DATO ENDRING		TEGNING NR. 202		REV. 00			
TEGNINGSTATUS ENDRING		© Miljø prøvetaking		Y473100 Y473200 Y473300			
BUNN 3/21 5/21 TEGN KONTR GODKJ		RAMBOLL Ramboll Norge AS - Region Midt-Norge P.O. 7493 Midlands 20, N-2018 Trondheim TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60		X7463800 X7463700 X7463600 138/1848 138/1830			

VEDLEGG 1

ANALYSERESULTAT SAMMENSTILT MED SFTS

TILSTANDSKLASSER FOR SEDIMENTER

6090643 Bodø Sildoljefabrikk - geotekniske grunnundersøkelser

Utskriftsdato: 18.11.2009
Side 1 av 1

Profilnr.	Tilstandsklasse for sedimenter		As mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Cd mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg	Hg mg/kg	PAH mg/kg	BaP mg/kg	PCB mg/kg	TBT mg/kg
	Dybde [m]	Analyse-ID												
01	0,00 - 0,00	1	5,2	8,6	62	0,36	5,5	31	66	0,065	1,6	0,14	0,0091	0,63
02	0,00 - 0,00	2	9,7	20	58	0,62	15	35	170	0,36	3	0,25	0,011	0,13
03	0,00 - 0,00	3	5	9,4	16	0,36	5,1	72	63	0,026	1,2	0,09	<0,004	0,098
04	0,00 - 0,00	4	2,3	9,6	9,5	0,31	6,2	4,3	40	0,034	0,78	0,063	<0,004	0,013
07	0,00 - 0,00	7	4	9,7	17	0,41	4,9	25	72	0,077	2,1	0,17	<0,004	0,037
08	0,00 - 0,00	8	15	60	160	12	12	3300	23000	3,7	8,1	0,58	0,028	0,15
10	0,00 - 0,00	10	4,7	11	21	0,3	6,2	23	93	0,7	2,8	0,22	<0,004	0,027
11	0,00 - 0,00	11	19	12	160	1,2	14	1100	670	0,42	190	10	<0,004	0,016



VEDLEGG 2

ANALYSERAPPORTER