

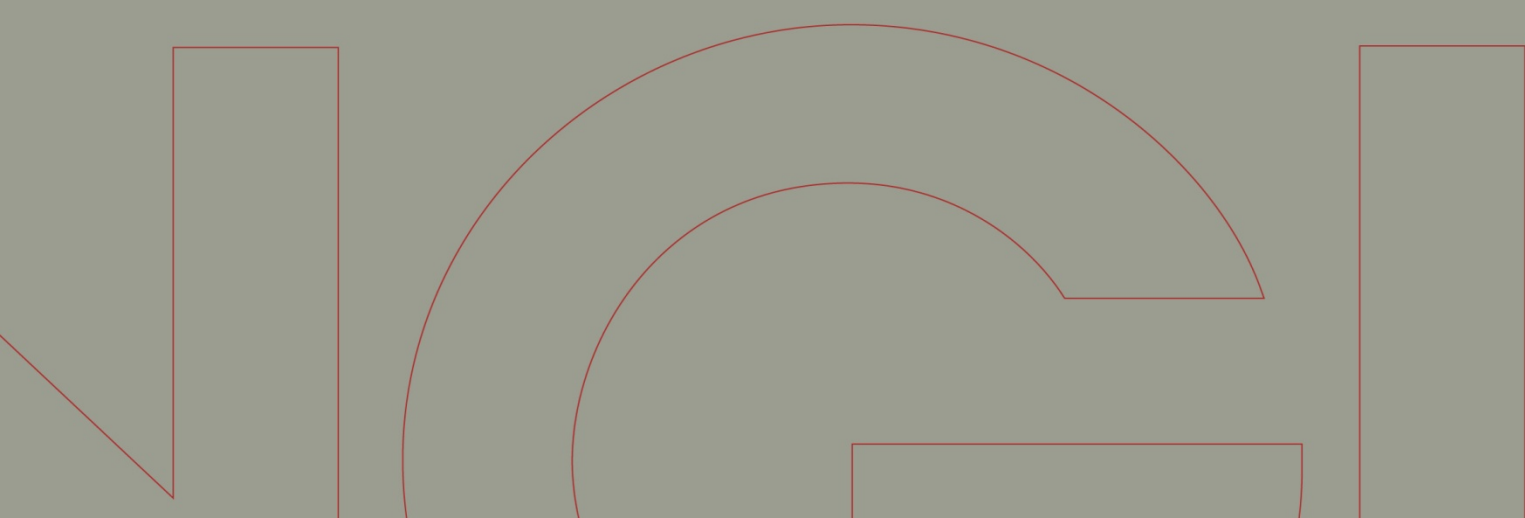


Rapport / Report

Pilottest tynntildekking Fagervika

Vurdering av tildekkingsmateriale

20120405-02-R
21. juni 2013
Rev. nr.:



Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGL.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGL.



Prosjekt

Prosjekt: Pilottest tynntildekking Fagervika
Dokumenttittel: Vurdering av tildekkingsmateriale
Dokumentnr.: 20120405-02-R
Dato: 21. juni 2013
Rev. nr./rev. dato:

Hovedkontor:
Pb. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd Trondheim:
Pb. 1230 Sluppen
7462 Trondheim

T 22 02 30 00
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281
Org. nr 958 254 318 MVA

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Trondheim kommune
Kontaktperson: v/ Stein Ove Brandslet
Kontraktreferanse: Kontrakt datert 28.september 2012

For NGI

Prosjektleder: Mari Moseid
Utarbeidet av: Mari Moseid og Vidar Gjelsvik
Kontrollert av: Gijs Breedveld
Kyrre Emaus

Sammendrag

Tiltaksplanen for Trondheim havn beskriver tildekking i området Ilsvika og Fagervika. Et tildekkingsareal på totalt 110.000 m² ned til kote -20 m. De to områdene gir utfordringer knyttet til valg av tildekkingsmateriale og mektighet grunnet bratt skrånende sjøbunn. Tildekkingen er tenkt som en tynntildekking. For å komme fram til egnet materiale utføres en pilottest som ser på typer materiale og utlegging av tildekkingsmasser i et testfelt på ca 4.000 m². NGI har sammen med NTNU utført forundersøkelser i testfeltet og utført laboratorietester på sedimenter fra testfeltet og aktuelt tildekkingsmateriale. Tildekkingsmaterialer som er vurdert er leire fra et lokalt mudreprosjekt (Grilstadfjæra) samt maskinsand og natursand fra lokal masseleverandør. Ut fra materialenes fysiske egenskaper vurderes maskinsandmasser, 0/8, som best egnet som tildekkingsmasser i pilottestfeltet.

Innhold

1	Innledning	5
2	Generelt om tildekking og tynn tildekking	5
3	Karakterisering av testfeltet	7
4	Prøvetaking av sedimenter i testfeltet	8
5	Prøvetaking av tildekkingsmaterialer	10
5.1	Oppmudret leire fra Grilstad marina	10
5.2	Lokale sandmasser	11
6	Laboratorieundersøkelser	11
6.1	Kjemiske laboratorieundersøkelser	11
6.2	Geotekniske laboratorieundersøkelser	19
7	Vurdering av egnethet som tildekkingsmateriale	21
7.1	Krav til permeabilitet og filteregenskaper	21
7.2	Geoteknisk stabilitet	23
7.3	Egnethet ved utlegging	24
8	Vurdering av andre materialer	25
9	Valg av tildekkingsmateriale	25
10	Referanser	26

Vedlegg

Vedlegg A: Attest fra leverandør

Vedlegg B: Geotekniske laboratorieundersøkelser, NGI.

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

Tiltaksplanen for Trondheim havn beskriver tildekking i området Ilsvika og Fagervika (NGI/DNV, 2011). Et tildekkingsareal på totalt 110.000 m² ned til kote - 20 m. De to områdene gir utfordringer knyttet til valg av tildekkingsmateriale og mektighet grunnet bratt skrånende sjøbunn. Tildekkingen er tenkt som en tynntildekking. For å komme fram til egnet materiale utføres en pilottest som ser på typer materiale og utlegging av tildekkingsmasser i et testfelt på ca. 4.000 m². Vurderingen av tildekkingsmaterialet i prøvetildekkingsfeltet skal ha som mål å avklare om materialet er egnet som tildekkingsmateriale i hele tiltaksområdet ved Ilsvika og Fagervika, beskrevet i tiltaksplan for Trondheim havn. Testfeltet ligger i et område med sterkt skrånende bunn. Deler av feltet ligger i en tidligere rasgrop og har tydelige tegn på erosjon med en ravinert sjøbunn. I og med at tildekkingsarealet er stort er det viktig at massene som benyttes i pilotstudien vil være kostnadmessig fordelaktig i det planlagte hovedprosjektet til Trondheim kommune. Tilgjengelige mudringsmasser fra utbyggingsprosjektet Grilstad marina i Grilstadfjæra, Trondheim kommune, inngår derfor også i vurderingen som et av de aktuelle tildekkingsmaterialer.

I søknad om tiltak i sjø til Klif er det søkt om bruk av leirmasser eller lokale sandmasser. Denne rapporten beskriver prøvetaking, laboratorietester, samt utvelgelse av aktuelt tildekkingsmateriale i testfeltet. Utvelgelse av materiale og vurdering av egnethet som dekkmasser er også sett i sammenheng med kriterier som er gitt i ”Tildekkingsveilederen” fra Klif (Klif, 2005).

2 Generelt om tildekking og tynn tildekking

Tildekking av forurenset sjøbunn gjøres for å redusere kontakten mellom bunnfauna og vannet over disse med forurensete massene. Før tildekking spres forurensete masser via diffusjon være sterkt redusert i forhold til før tildekking. Tynntildekking har vært utprøvd i forskningsprosjektet OPTICAP som ser på tynntildekking med aktive og passive (uten spesifikke bindingsegenskaper) materialer (NGI, 2007). Bakgrunnen for prosjektet er å se på mulige tiltaksløsninger for store sedimentareal hvor mudring og isolering (tradisjonell tildekking) vil medføre et betydelig inngrep i fjordområdet og medføre stor ressursbruk og kostnader. Tynntildekking forventes å ha mindre negativ effekt på bunnfaunaen og vil også koste mindre enn både mudring og isolasjonstildekking (stor mektighet opptil 0,5 m tykkelse). I OPTICAP er det testet ut tildekkingsmaterialer både som har innblanding av aktive materialer samt rene mineralske materialer. Resultatene fra prosjektet tyder på at tynn tildekking med mineralsk materiale uten særskilt bindingsevne kan være et godt tiltak avhengig av type forurensetning som finnes i sedimentene.

Tildekkingslaget skal redusere transport som følge av diffusjon fra forurenset sjøbunn til vannet over. Dette skjer ved at tildekkingslaget sørger for et tykkere lag med stillestående vann der advektiv transport er ubetydelig og diffusjon derfor er viktigste transportmekanisme (Figur 1). Diffusjonsfluks av miljøgifter er omvendt proporsjonal med diffusjonsveien. Diffusjonsvei uten tildekking (diffusivt grenselag mellom

sediment og vannet over, δ) er i størrelsesorden 1 mm. Et isolasjonslag på 10 cm vil derfor kunne redusere transport fra de forurensete massene med 99 %. Denne effekten er en ren fysisk effekt av et tykkere lag som miljøgiftene må diffundere gjennom for å transporteres til vannet over tildekkingen. Dette hemmer transporten av miljøgifter fra sedimentet til vannet over. Likning 1 i faktaboksen under beskriver størrelsen på spredningsfluks (F) på grunn av diffusjon, som reduseres på grunn av tildekkingslaget (NGI, 2005).

$$F = D \cdot \frac{C_{\text{porevann}} - C_{\text{sjøvann}}}{\Delta z} \quad (1)$$

der

D er diffusjonskoeffisienten; i vann: $D = D_m$ (molekylær diffusjonskoeffisient), i porevann i tildekkingslaget: $D = \epsilon^{4/3} \times D_m$ (ϵ = porøsitet).

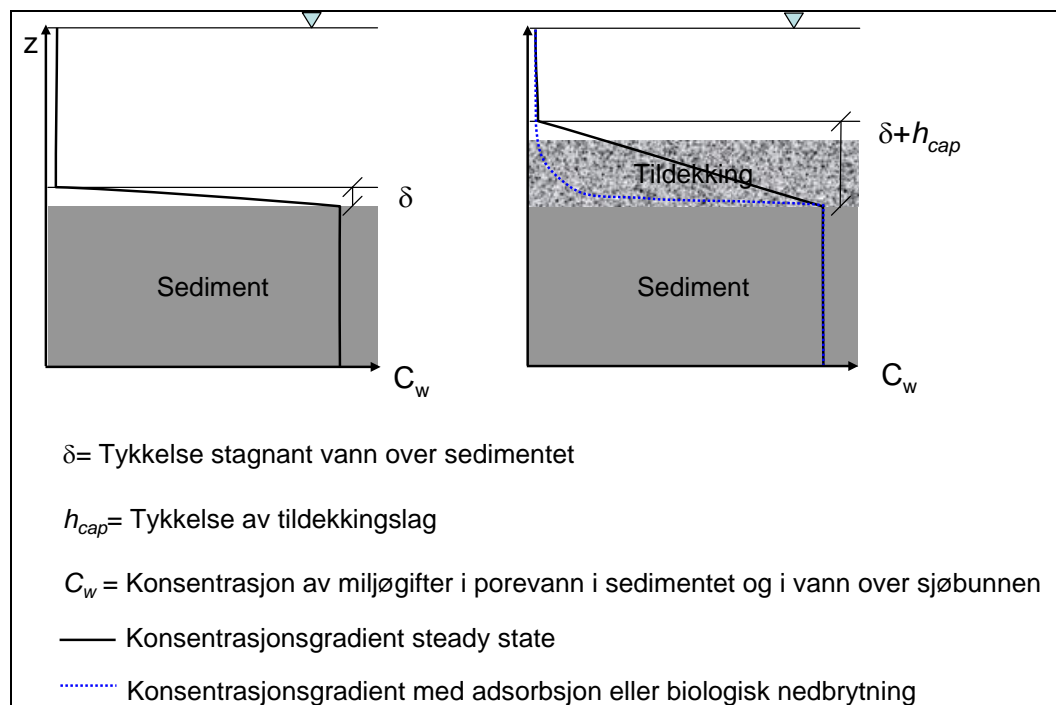
C_{porevann} = konsentrasjonen av miljøgifter i porevannet

$C_{\text{sjøvann}}$ = konsentrasjonen av miljøgifter i vannet over sedimentet

Δz = lengden på diffusjonsveien

Uten tildekking:
 $\Delta z = \delta$

Med tildekking
 $\Delta z = h_{\text{cap}}$ – bioturbasjonslag



Figur 1: Transport av miljøgifter fra forurenset sediment med og uten tildekking (NGI, 2005).

Studier av effekten av tildekkingen gjennomført av NGI, viser at 1 cm uforstyrret tildekking (uforstyrret av for eksempel bioturbasjon) kan redusere transport av enkelte miljøgifter med opptil 90 %. Disse resultatene stemmer overens med analytiske modeller for diffusjonstransport gjennom tildekkingslag (Eek et al., 2008).

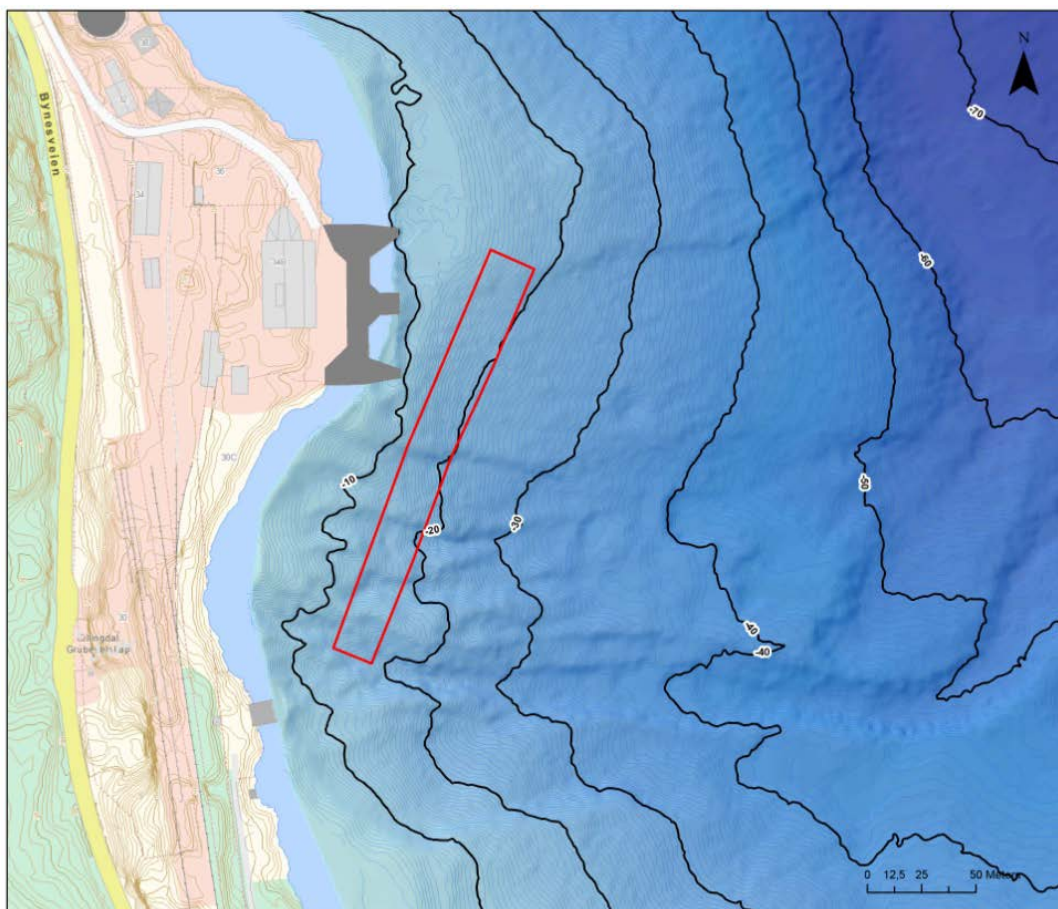
3 Karakterisering av testfeltet

Området der forsøksfeltet skal konstrueres er angitt i figur 2. Under feltarbeidet 24. september og 28. september 2012, ble testfeltet justert noe lenger sør basert på observasjoner i felt. Ved å plassere testfeltet noe lenger sør unngås konflikt med båttrafikk i tilknytning til Killingdal kai. Feltet planlegges i en skråning der det er funnet høye konsentrasjoner av tungmetaller, beskrevet i kapittel 6.1. Et felt på 4.000 m² (20 m x 200 m) planlegges dekket til med suspendert leire eller sand. Basert på beregninger fra dybdekart for området varierer helningsvinkelen fra ca 14° til 27° (ca 1:4 til 1:2) i testfeltet. Dette tilsvarer sjøbunns helning flere steder i Fagervika og Ilsvika.

Testfeltets lokalisering er planlagt for å få data i forbindelse med ulike problemstillinger knyttet til tildekkingsområdets bunntopografi. Følgende problemstillinger er forsøkt dekket gjennom testtildekkingen:

- Erosjonsområde
- Område innenfor en undersjøisk rasgrop fra 1950

For å få realisert dette planlegges forsøksfeltet i en stripe på 20 x 200 m rundt kote -20 m (figur 2). Hele testfeltet på 4.000 m² skal dekkes til med 0,1 m materiale som tilsvarer ca. 400 m³(teoretisk mengde).



Figur 2: Plassering av forsøksfeltet pilottest i Fagervika (rød ramme). (Sjøbunnsdata fra Geo Sub Sea). Begrenset datagrunnlag langs land.

4 Prøvetaking av sedimenter i testfeltet

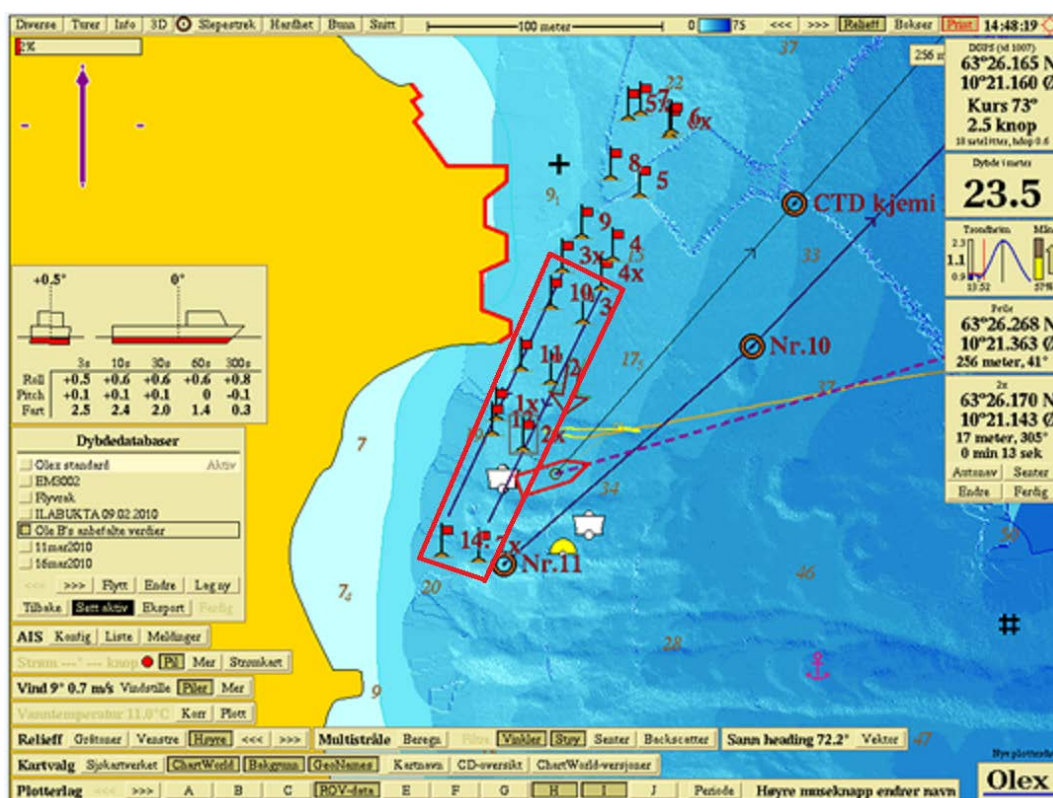
NGI har sammen med NTNU utført kjerneprøvetaking og grabbprøvetaking av sjøbunnen i testfeltet i Fagervika. NTNUs båt Gunnerus ble benyttet for prøvetakingen. Prøvetaking for geoteknisk testing er gjennomført i et rutenett på 6 stasjoner i testfeltet. Hver av stasjonene er valgt for å gi et representativt bilde av de ulike typer sjøbunn som er observert i Fagervika. Prøvetakingen for kjemisk testing er utført i de samme stasjoner. I tillegg har NTNU tatt ut prøver i overflatemasser i ytterligere 8 stasjoner i området for kjemisk testing.

Prøvetaking ble utført med ulike typer prøvetakingsutstyr.

- vanVeen grabb
- bokscorer
- stor gravity corer (75 mm)
- liten gravity corer (54 mm)

Grabbprøver representerer de øvre 10 cm av sjøbunnen mens kjerneprøvene representerer i tillegg dypere liggende og eldre sedimentlag på sjøbunnen. Det ble forsøkt tatt opp kjerneprøver i alle stasjoner. Der hvor kjerneprøver ikke nådde langt nok ned i sedimentene er grabbprøver brukt i de geotekniske labforsøkene.

Prøver for kjemisk analyse ble tatt ut av NTNU om bord mens prøver for geotekniske laboratorieundersøkelser ble sendt til NGIs geotekniske lab. Kjerner ble lagret og transportert stående til NGIs lab. Posisjoner for prøvestasjonene, samt avgrensningen av testfeltet er vist i figur 3.



Figur 3: Kartskisse med prøvetakingspunkter i og utenfor tildekkingsfeltet (Gunnerus/NTNU).

5 Prøvetaking av tildekkingsmaterialer

5.1 Oppmudret leire fra Grilstad marina

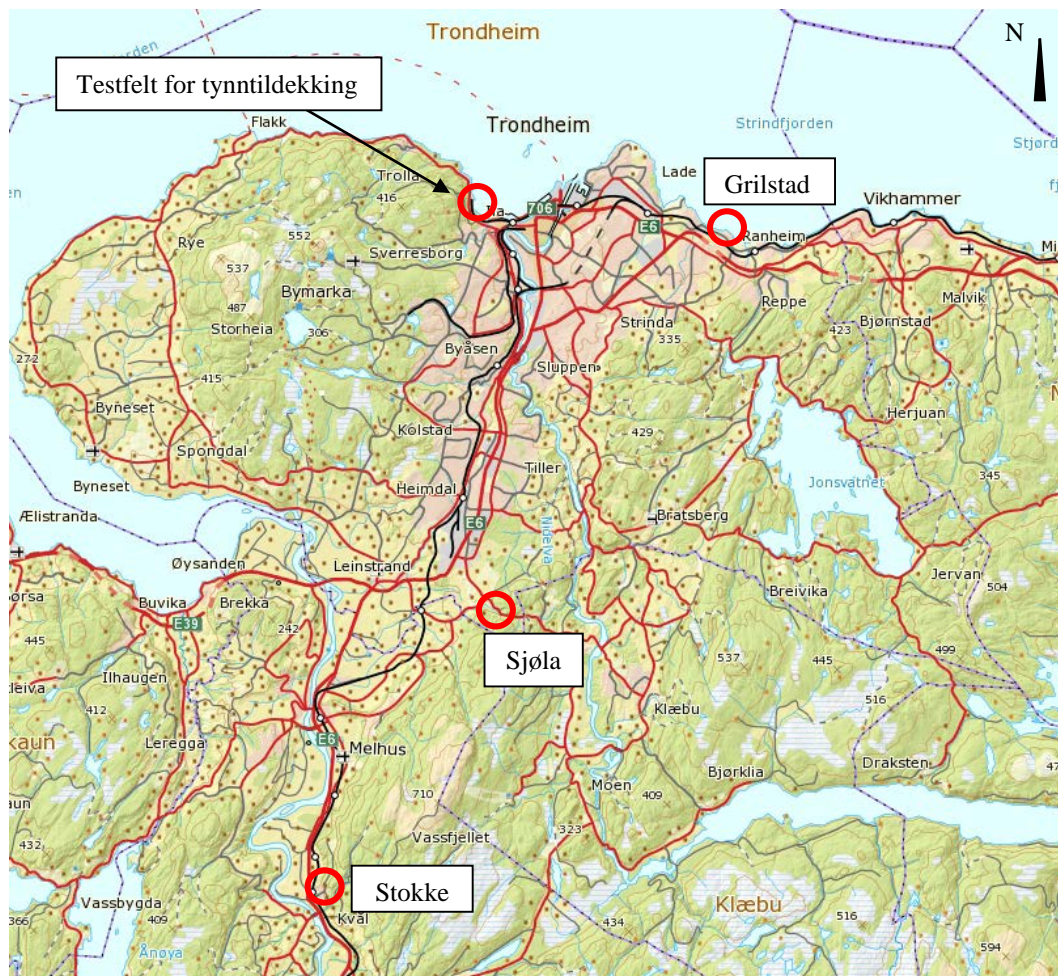
I forbindelse med mudringsarbeider fra byggeprosjektet Grilstad marina, Grilstadfjæra ble det tatt ut en stor blandeprøve av oppmudrede masser. Mudremassene er hentet fra utdyping av småbåthavn på innsiden av en etablert steinmolo. Lokaliteten er vist på figur 4. Prøvetaking ble utført av utførende entreprenør i mudreprosjektet. Eksakte plassering av prøvetatt materiale er ikke oppgitt av entreprenør, men skal være representativ for mudremassene. Prøvematerialet ble sendt til NGIs geotekniske lab for testing.



Figur 4: Kart over utdypingsområdet for prosjektet Grilstad Marina (Multi-consult, 2012).

5.2 Lokale sandmasser

To typer sandmasser fra lokal leverandør er vurdert. Dette er natursand som er naturlig avsatt, hentet fra Kvål (Stokke) i Gauldalen. Aktuelle maskinsandmasser, knust berg, er hentet fra pukkverk i Sjøla, Klæbu kommune. Lokalteter er vist på kart, figur 5.



Figur 5: Oversiktskart over testfelt og lokaliteter for levering av aktuelle tildekkingsmasser.

6 Laboratorieundersøkelser

6.1 Kjemiske laboratorieundersøkelser

Det har blitt utført kjemiske analyser på sjøbunnsprøver fra tildekkingslokaliteten hos NTNU, Institutt for kjemi. Kjemiske analyser for de ulike tildekkingsmaterialene er dels oppgitt fra leverandør og dels utført i forbindelse med dette prosjektet.

6.1.1 Sjøbunn ved lokalitet

Resultater fra tidligere undersøkelser i området grunnere enn 20 m i Fagervika er gitt i tabell 1 og 2. Disse resultatene viser høye verdier for tungmetallene arsen, bly, kobber og sink i sedimentene mens relativt lave verdier for organiske miljøgifter (NGI, 2011).

I forbindelse med prøvetaking i testfeltet høsten 2012 utførte NTNU prøvetaking i punkter både i og utenfor testfeltet for kjemisk analyse. Prøvene ble skjøvet ut og pakket i feltlaboratoriet på Gunnerus under feltarbeidet. Det ble tatt ut prøver i totalt 14 stasjoner hvor stasjon 1, 2, 3, 10, 11, 12, 13 og 14 er innenfor testfeltet mens prøvene 4, 5, 6, 7, 8 og 9 er lokalisert nord for testfeltet. Det ble analysert prøver for intervallene 0-2 cm, 2-4 cm, 4-6 cm, 6-8 cm, 8-10 cm og 14-16 cm. Resultater for overflateprøver 0-2 cm er vist i tabell 3. Analysene viser tilsvarende høyt innhold for arsen, bly, kobber og sink (klasse 5) som tidligere undersøkelser.

Tabell 1: Konsentrasjoner av tungmetaller i overflatesedimenter i delområde Fagervika, Trondheim havn utført 2009. Fargeklassifisering etter Klifs tilstandsklasser for forurenset sediment (Klif, 2007).

Prøve nr	Arsen mg/kg	Bly mg/kg	Kadmium mg/kg	Kobber mg/kg	Krom mg/kg	Kvikksølv mg/kg	Nikkel mg/kg	Sink mg/kg
T108 0-10 cm	14	17	0,41	37	17	0,022	10	81
T109 0-10 cm	390	460	5,2	700	82	0,40	41	2700
T110 0-10 cm	370	560	6	960	83	0,53	41	3400
T111 0-10 cm	680	700	9,4	1300	84	0,56	40	4300
T112 0-10 cm	810	620	9	1800	57	0,45	33	4000
T113 0-10 cm	1200	1800	23	3000	74	0,79	34	9900
T114 0-10 cm	530	690	9,5	1500	62	0,59	32	4500
NGU5-1 0-2 cm	912	1300	14	2016	43	0,40	25	5871
NGU5-2 2-10 cm	862	1713	18	1904	52	0,47	18	7499
NGU5-4 0-63 cm	283	731	7,7	702	55	0,20	35	3212
NGU36-2 0-20 cm	67	85	1,4	172	18	0,02	15	547
NGU37-1 0-2 cm	41	209	18	1653	112	0,19	101	4027
NGU37-40-137 cm	920	2965	185	8360	4	3,6	12	<2

Tabell 2: *Konsentrasjoner av organiske miljøgifter i overflatesedimenter i delområdet Fagervika, Trondheim havn utført 2009. Fargeklassifisering etter Klifs tilstandsklasser for forurenset sediment (Klif, 2007).*

Prøve nr	PCB mg/kg	PAH mg/kg	BaP mg/kg	TBT mg/kg
T108 0-10 cm	<0,0035	1,5	0,1	15,6
T109 0-10 cm	0,0088	3,8	0,32	2,2
T110 0-10 cm	0,015	2,7	0,15	1,5
T111 0-10 cm	0,0069	1,5	0,097	2,8
T112 0-10 cm	0,0025	1,3	0,078	3,9
T113 0-10 cm	0,00063	2,1	0,260	9,9
T114 0-10 cm	0,039	22	0,960	3,3
NGU5-1 0-2 cm	nd	3,4	0,198	na
NGU5-2 2-10 cm	nd	2,1	0,146	na
NGU5-4 0-63 cm	nd	0,8	0,078	na
NGU36-2 0-20 cm	0,011	1,8	0,120	na
NGU37-1 0-2 cm	nd	<0,2	<0,01	<1
NGU37-40-137 cm	nd	<0,2	<0,01	na

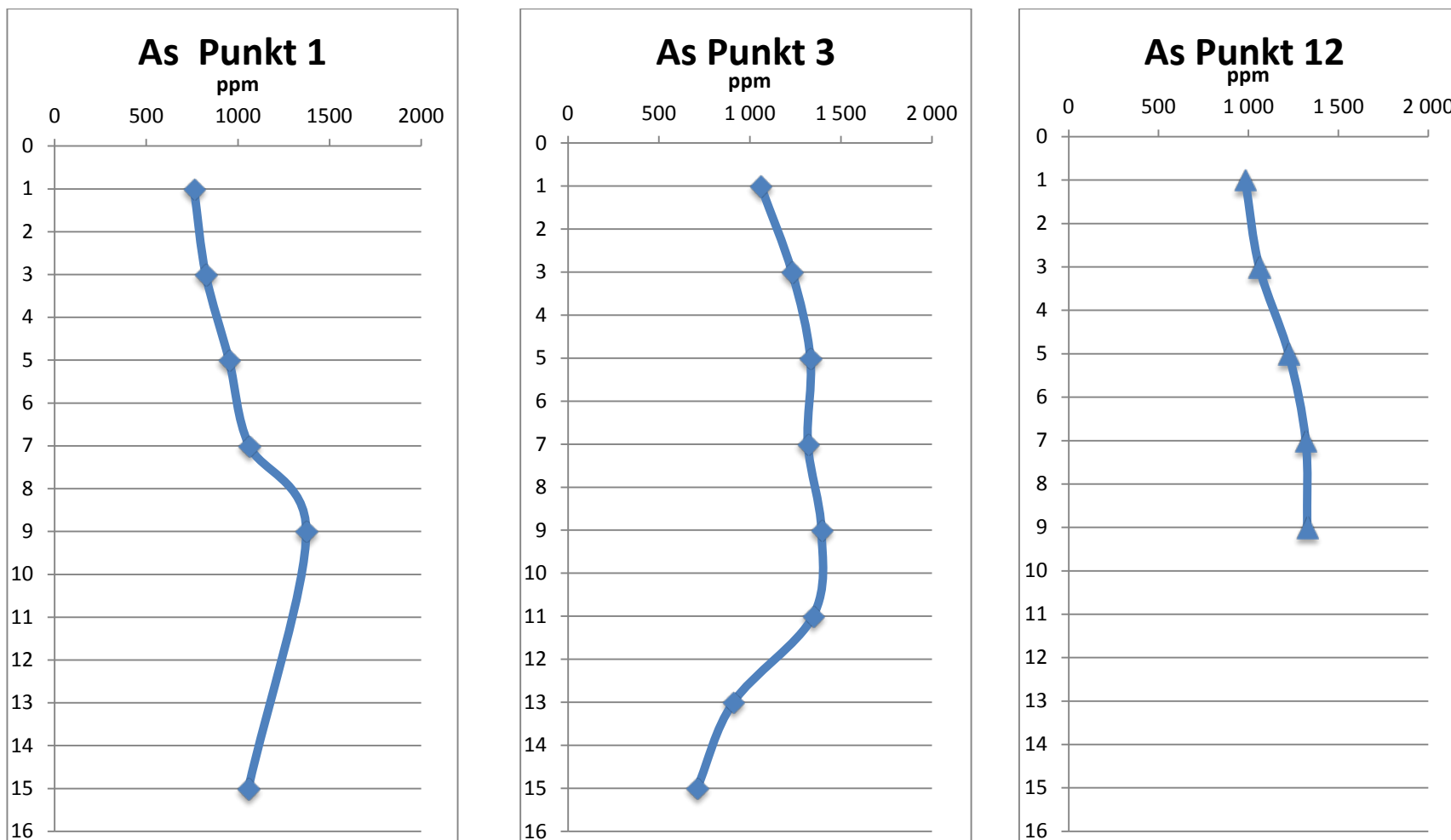
n.a. = ikke analysert

n.d = ikke påvist

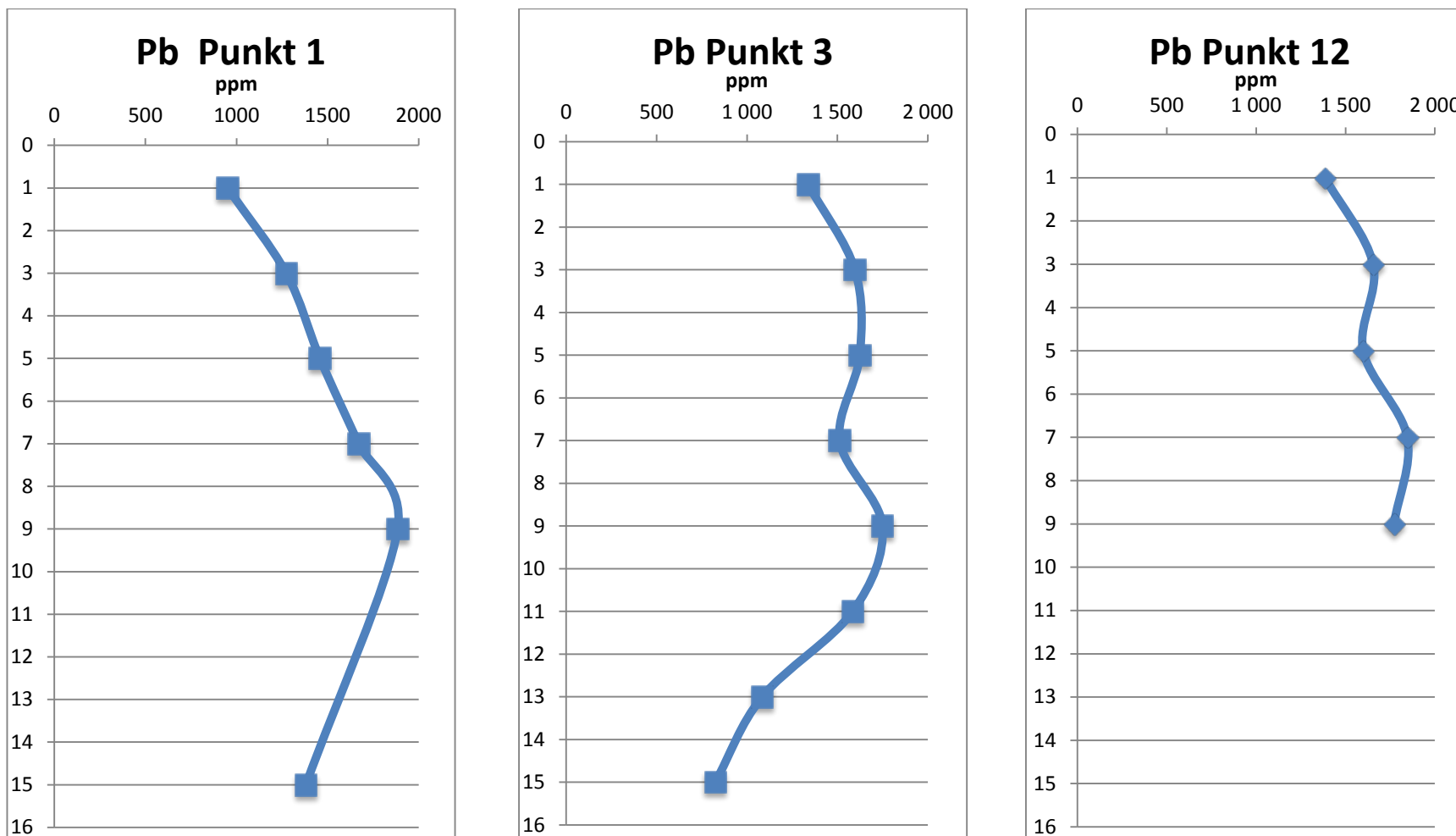
Tabell 3: *Konsentrasjoner i øvre 2 cm i Fagervika, målt av NTNU høsten 2012. Fargeklassifisering etter Klifs tilstandsklasser for forurenset sediment (Klif, 2007)*

Stoff	Arsen	Bly	Kobber	Sink	Kadmium	Krom	Kvikksølv	Nikkel
Dybde	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2
Punkt 1	761	951	1 739	4 238	8,58	115,5	0,64	39,34
Punkt 2	892	1 070	1 950	5 306	10,81	122,4	0,83	41,23
Punkt 3	1060	1 338	2 000	7 665	15,51	144,2	0,90	41,24
Punkt 4	755	1 018	1 946	5 405	10,43	131,7	0,71	41,47
Punkt 5	760	869	1 514	3 694	4,91	128,3	0,61	41,52
Punkt 6	666	817	1 147	3 791	6,52	131,6	0,60	42,65
Punkt 7	568	685	1 101	3 248	5,73	109,1	0,66	38,59
Punkt 8	455	580	1 219	2 881	4,64	97,0	0,53	30,15
Punkt 9	765	1 045	2 010	5 981	13,17	113,4	0,70	33,63
Punkt 10	681	801	1 989	5 077	13,41	90,3	0,83	33,95
Punkt 11	934	1 084	1 574	5 642	13,55	103,3	0,65	26,74
Punkt 12	982	1 385	2 294	8 302	20,30	93,6	0,85	25,22
Punkt 13	710	730	1 726	3 845	9,07	82,7	0,61	29,88
Punkt 14	1283	1 374	1 443	6 159	16,06	93,7	0,61	21,63

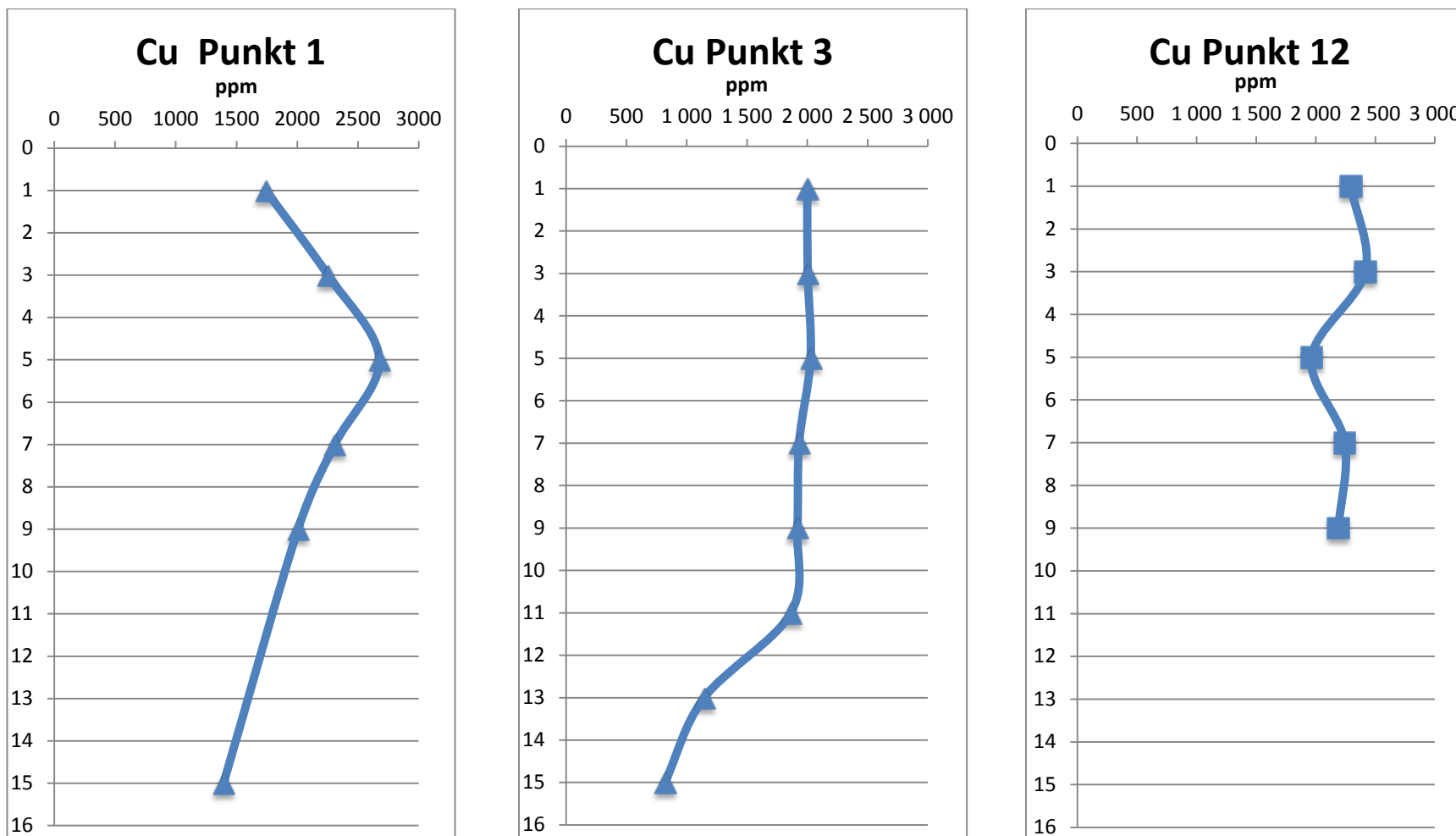
Prøvetaking i 2009 var basert på prøver fra øvre 10 cm, mens prøvene tatt høsten 2012 er analysert for hver 2 cm ned i dypet som beskrevet over. Fordeling av arsen, bly, kobber og sink i prøvene varierer med dypet. Eksempel er vist for prøve 1, 3 og 12 i figur 6 til 9.



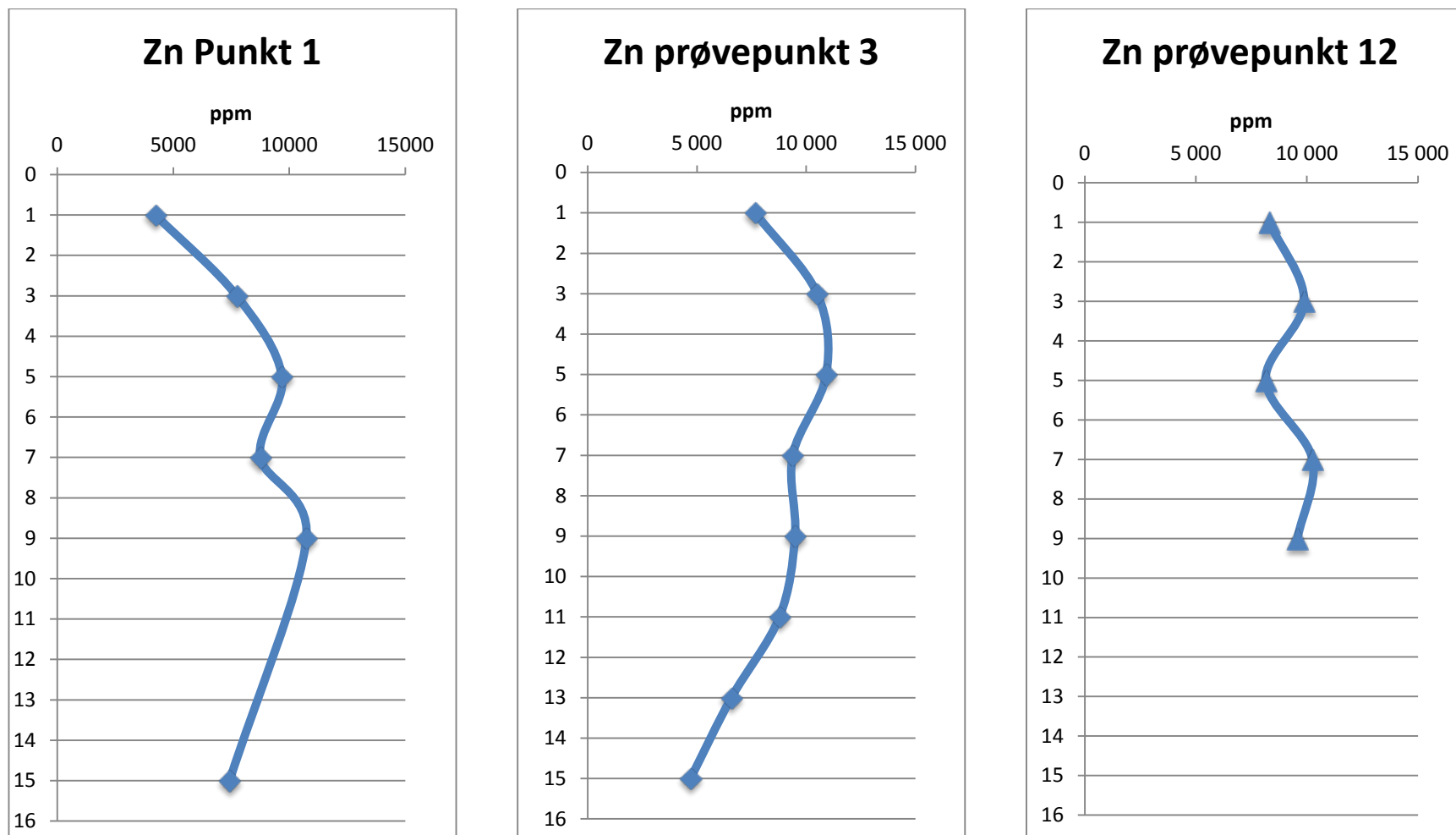
Figur 6: Fordeling av arsen i øvre 10 og 16 cm i prøver fra punkt 1, 3 og 12. Vertikal akse angir dybde i cm.



Figur 7: Fordeling av bly i øvre 10 og 16 cm i prøver fra punktene 1, 3 og 12. Vertikal akse angir dybde i cm.



Figur 8: Fordeling av kobber i øvre 10 og 16 cm i prøver fra punktene 1, 3 og 12. Vertikal akse angir dybde i cm.



Figur 9: Fordeling av sink i øvre 10 og 16 cm i prøver fra punktene 1, 3 og 12. Vertikal akse angir dybde i cm.

6.1.2 Leire fra Grilstad

Sjøbunnen i mudreområdet ved Grilstad ble analysert før mudring startet og omfatter prøvetaking og analyser av prøver i 4 stasjoner i følge prosjektets søknad til Fylkesmannen i Sør-Trøndelag. Påviste konsentrasjoner av tungmetaller, ligger lavere enn øvre grenseverdier for tilstandsklasse 1 (bakgrunnskonsentrasjonen) i sedimenter, med unntak av nikkel (Ni). Nikkel-konsentrasjonen ligger innenfor tilstandsklasse 2 (god kvalitet). I søknad til Fylkesmannen i Sør-Trøndelag har Grilstad marina konkludert med at massene er rene da nikkelverdien regnes å ligge innenfor naturlig forhøyet nivå i Trondheimsområdet. Mudremassene inneholder ikke TBT, olje eller PCB. Med bakgrunn i dette konkluderes det i søknaden at sjøbunnsedimentene er rene.

6.1.3 Natursand 0/8

Aktuelle sandmasser som er naturlig avsatt er hentet fra lokalt sandtak på Kvål, Gauldalen. Leverandøren har dokumentert at massene er rene ved kjemisk analyse av blandprøver (tabell 4). Analyseprogrammet omfatter tungmetaller og organiske miljøgifter. Attest fra leverandøren (vedlegg A) viser at konsentrasjoner av tungmetaller ligger innenfor ren jord i Trondheim og tilstandsklasse 1 for sedimenter.

Tabell 4: Analyseresultater for natursandprøve klassifisert etter Klifs tilstandsklasser for sediment.

	Prøve Stokke mg/kg	Tilstandsklasse 1 sediment	Tilstandsklasse 1 Jord i Trondheim
As	3,8	20	8
Pb	4,2	30	60
Cd	<0,1	0,25	1,5
Cr	24,7	70	100*
Hg	0,011	0,15	1
Ni	22,7	30	75*
Zn	23,2	150	200
PAH	i.p.	0,3	2
BaP	<0,010	0,006	0,1
PCB	i.p.	0,005	0,01

*Ren jord i Trondheim (TK, 2010)
 i.p. = ikke påvist.

6.1.4 Maskinsand 0/8

Aktuelle sandmasser, knust berg, er hentet fra lokalt pukkverk, Sjøla, Klæbu kommune. Leverandøren har dokumentert massen ved mineralogisk testing. Bergarten består av mørke, mafiske bergarter (grønnstein og gabbro) som ikke er alkalieraktive bergarter. Analyseresultater viser at konsentrasjoner av tungmetaller ligger innenfor ren jord i Trondheim og tilstandsklasse 1 for sedimenter (tabell 5).

Tabell 5: *Analyseresultater for maskinsandmasser klassifisert etter Klifs tilstandsklasser for sediment.*

	Prøve Sjøla (maskinsand) mg/kg	Tilstandsklasse 1 sediment	Tilstandsklasse 1 Jord i Trondheim
As	12,6	20	8
Pb	1,5	30	60
Cd	<0,1	0,25	1,5
Cr	47,6	70	100*
Hg	<0,20	0,15	1
Ni	26,8	30	75*
Zn	10,7	150	200
PAH	i.p.	0,3	2
BaP	<0,010	0,006	0,1
PCB	i.p.	0,005	0,01

*Ren jord i Trondheim (TK, 2010)
 i.p. = ikke påvist.

6.2 Geotekniske laboratorieundersøkelser

Geotekniske laboratorieundersøkelser av materialet som ble prøvetatt i testfeltet, samt prøvemateriale levert fra mudreprosjektet ved Grilstad marina er utført ved NGIs laboratorium. Prosedyre for prøvebehandling er beskrevet under. Geoteknikk testing av sandmasser er ikke utført av NGIs lab, men prøvingsrapporter for de aktuelle sandmaterialene er oversendt fra leverandør.

6.2.1 Stedlige masser i tildekkingsområdet.

Kjerneprøver ble etter prøvetaking fraktet og lagret stående frem til analyse i NGIs lab for best å bevare topplaget i prøvene. Kjerneprøver ble skjøvet ut i NGIs lab og splittet i prøver for hver 10 cm. For grabbprøver ble det tatt ut en representativ prøve av blandprøve som representerer de øvre 10 cm av sjøbunnen i den aktuelle prøve-stasjonen.

Hvilke tester de ulike prøvene skulle gjennomgå ble bestemt etter feltarbeidet, og endelig bestemt etter at prøvene var åpnet. Det er utført kornfordelingsanalyser, vanninnhold, humusinnhold og skjærfasthetsforsøk på prøvene. Det er utført ulike analyser for kjerne- og grabbprøver. Hvilke tester som er utført for de ulike prøvene er gitt i tabell 6. Resultater fra de geotekniske undersøkelsene er gitt i vedlegg B.

Tabell 6: Oversikt over utførte geotekniske labforsøk.

Prøve nr	Kornfordeling Fall drop	Humusinnhold (glødetap)	Vanninnhold	Skjærstyrke	Prøvetype/diameter
1x	X	X	X		Kjerne / 110 mm
1xekstra	X	X			Kjerne / 54 mm
2x	X	X	X	X	Kjerne / 54 mm
3x	X				Grabb
4x	X	X			Grabb
7x	X	X	X		Kjerne / 72 mm
8x	X	X	X	X	Kjerne / 72 mm
Grilstad 1	X	X			Grabb
	X		X		

Resultater fra kornfordelingsanalysene klassifiserer alle prøvene i testfeltet som leirholdig silt. Leireinnholdet varierer fra 7,9 til 13,2 %. Resultater er oppsummert i tabell 7.

Tabell 7: Jordartsbetegnelse for sedimentprøver i testfeltet.

Prøve nr	Jordartsbetegnelse	Leireinnhold (%)
1x 0,05 cm	Silt, leirig	9,8
1x 0,2 cm	Silt, leirig	9,3
2x	Silt, leirig	9,0
3x	Silt, leirig	13,2
4x	Silt, leirig	10,2
7x	Silt, leirig	12,3
8x	Silt, leirig	7,9

Ut i fra rutineundersøkelsene kan sedimentene karakteriseres som en middels fast siltig leire, med lav til middels høy sensitivitet, og middels høyt vanninnhold. Plastisitet er ikke undersøkt, men siltige leirer har normalt lav plastisitet

Vanninnhold

Vanninnhold målt på kjerneprøvene (prøve 1x, 2x, 7x og 8x) antas å være representativt for in situ forhold. Denne ligger i området 25 – 42 %, som er relativt stor spredning, men kan betegnes som middels høyt og er innenfor normal spekter for norske leirer.

Humusinnhold

Målt humusinnhold varierer fra 2,5 til 9,6 %

Skjærfasthet

Målt skjærfasthet i rutineundersøkelsene er på 14 – 36 kN/m². De laveste verdiene antas ikke representative pga. prøvforstyrrelse, slik at leiren kan karakteriseres som en middels fast leire. Sensitiviteten er relativt lav.

6.2.2 Grilstad

Prøvemateriale fra mudringsprosjektet ble tatt ut av fra grabb under mudring og levert til NGI. I NGIs lab ble det utført kornfordeling, bestemmelse av vanninnhold og humus, tilsvarende som for grabbprøver fra testfeltet. Resultater fra de geotekniske testene er vist i vedlegg B.

Kornfordelingsanalysene klassifiserer materiale som leire med et leireinnhold på 35,1 - 36,0 % (tabell 8).

Tabell 8: Prøveresultat for leire fra Grilstad.

Prøve nr	Jordartsbetegnelse	Leireinnhold (%)
Grilstad 1A	Leire	35,1
Grilstad 1B	Leire	36,0

De mudrede massene kan karakteriseres som en middels plastisk leire, dog relativt plastisk for trønderske forhold med middels høyt vanninnhold. Siden prøven fra Grilstad må betegnes som en omrørt prøve, er det ikke mulig å karakterisere massen ut i fra dens fasthet. Leirer med slik plastisitet er normalt lite sensitive.

6.2.3 Natursand og maskinsand fra lokal leverandør

Leverandør av sandmasser, natursand og maskinsand, har fått utført kornfordelingsanalyser for fraksjon 0/8. Kornfordelingsanalysene viser at maskinsand har høyere andel finfraksjon (< 0,063µm) enn natursand. Kornfordelingskurver er gitt i vedlegg B.

7 Vurdering av egnethet som tildekkingsmateriale

7.1 Krav til permeabilitet og filteregenskaper

Egnetheten til de tre ulike massene som tildekkingsmateriale med hensyn til permeabilitet og filteregenskaper er vurdert basert på anbefalinger i Klifs tildekkingsveileder (Klif, 2005). Formel som benyttes for å vurdere effekten av tildekkingslaget er gitt i faktaboksen under.

	$2*d_{15(sediment)} < d_{15(filter)} < 5*d_{85(sediment)} \quad (2)$
Der	$d_{15(filter)} < 5*d_{85(sediment)}$ skal sikre at finstoff fra de deponerte massen ikke skal vaskes ut gjennom tildekkingslaget
	$2*d_{15(sediment)} < d_{15(filter)}$ skal sikre at tildekkingslaget har tilstrekkelig permeabilitet til å hindre overtrykk i sedimentet

I tabell 9 er variasjonen i $d_{15(sediment)}$ og $d_{85(sediment)}$ sammenstilt med $d_{15(filter)}$ for de ulike tildekkingsstypene. Det er i tillegg vurdert om betingelsene over er oppfylt.

Tabell 9: Vurdering av tildekkingsmaterialenes egnethet basert på kornfordeling.

Sediment i testfeltet	$d_{10}(\text{sediment})$	$d_{15}(\text{sediment})$	$2*d_{15}(\text{sediment})$	$d_{85}(\text{sediment})$	$5* d_{85}(\text{sediment})$
Gjennomsnitt	0,0022	0,013	0,026	0,045	0,225
Min	0,0020	0,002	0,004	0,04	0,2
Maks	0,0024	0,03	0,06	0,06	0,3

Tildeckingsmateriale	$d_{10}(\text{filter})$	$d_{15}(\text{filter})$	$2*d_{15}(\text{sediment}) < d_{15}(\text{filter})$	$d_{15}(\text{filter}) < 5*d_{85}(\text{sediment})$
Leire fra Grilstad	<0,002	<0,002	Betingelse ikke oppfylt	Betingelse oppfylt
Natursand Stokke	0,13	0,2	Betingelse oppfylt	Betingelse oppfylt*
Maskinsand Sjøla	0,075	0,2	Betingelse oppfylt	Betingelse oppfylt*

*Verdien er akkurat på grensen når det gjelder minimumsverdi for d_{85} sediment.

For sandmaterialene er kriterium 1 ($d_{15}(\text{filter}) < 5*d_{85}(\text{sediment})$) bare så vidt oppfylt. Det er større sannsynlighet for at en maskinsand vil tilfredsstillte kriteriet i forhold til en naturlig sand siden maskinsand har en bedre gradering. I henhold til filterkriterier er denne dermed å foretrekke.

Hva gjelder filteregenskapene til leiren fra Grilstad, er kriterium 2 langt fra tilfredsstillt. Leira vil dermed virke som et vanntett sjikt på sjøbunnen. Vi har informasjon om at det i deler av dette området finnes poreovertrykk ved fjell, og dermed en oppadrettet grunnvannstrøm. Dersom det innføres et tett sjikt på sjøbunnen ligger forholdene til rette for en poretrykksendring i sjøbunnsedimentene som kan påvirke geoteknisk stabilitet i området.

Permeabiliteten til tildekkingsmaterialet kan estimeres ut i fra kornfordelingskurvene ved hjelp av Hazens formel:

$$K=100*d_{10}^2$$

Permeabiliteten til sedimentene og tildekkingslaget er beregnet og vist i tabell 10. Ved å benytte den gjennomsnittlige d_{10} beregnes permeabiliteten i sedimentene til ca. $4,84*10^{-4}$ cm/s. Sammenlignet med permeabiliteten til de ulike tildekkingsmaterialene leire $< 4*10^{-4}$ cm/s, natursand 1,69 cm/s og maskinsand 0,562 cm/s er permeabiliteten i sedimentene lavere enn sand, men høyere enn leirmaterialet. Natursand og maskinsand vil med dette tillate enn viss drenering av porevann fra det underliggende sedimentet dersom dette skulle være aktuelt.

Tabell 10: Beregnet permeabilitet i sedimenter og tildekkingslag.

Sediment i testfeltet	$d_{10(\text{sediment})}$	$K=100*d_{10}^2$ (cm/s)	Tildekkingsmateriale	$d_{10(\text{filter})}$	$K=100*d_{10}^2$ (cm/s)
Gjennomsnitt	0,0022	0,0005	Leire fra Grilstad	<0,002	< 0,0004
Min	0,0020	0,0004	Natursand Stokke	0,13	1,69
Maks	0,0024	0,0006	Maskinsand Sjøla	0,075	0,562

7.2 Geoteknisk stabilitet

I og med at sjøbunnen i Fagervika stedvis har en bratt helning er en av hovedutfordringene å få tildekkingsmassen til å ligge stabilt. I tillegg er det flere andre forhold som kan være med å påvirke stabiliteten av tildekkingslaget, slik som strømningsforhold og erosjon, type tildekkingsmateriale, lagets tykkelse og utleggingsmetode. Pilotforsøket vil gi svar på en del av disse spørsmål. I det følgende er de ulike aspektene kort diskutert.

En grunnleggende forutsetning for et stabilt lag er at helningen ikke er større enn at tildekkingsmaterialet kan bære sin egen vekt. Lagringsfastheten av tildekkingsmaterialet er avhengig av type masse og utleggingsmetoden. Dersom massen strøs sakte utover sjøbunnen vil den antagelig få en meget løs lagring. Fall fra splittlekter og kontrollert nedføring med en viss hastighet vil gi en bedre lagring, men fremdeles relativt løst. Stabilitet av sandige masser kan vurderes ut i fra antatt friksjonsvinkel ved en statisk analyse. Antas ingen kohesjon i sandmassene, som er en rimelig antagelse, vil massen ligge labilt dersom helningsvinkelen er lik friksjonsvinkelen. En løst lagret sand kan antas å ha en friksjonsvinkel på ca. $\phi = 33^\circ$, noe som vil tilsvare en maksimal helning på 1:1,5. Dersom en skal ha noe sikkerhet mot brudd, og robusthet mot påvirkninger kan for eksempel 1:2 antas som en maks helning.

Ved ev. bruk av leire som tildekkingsmateriale kreves kun en meget lav skjærfasthet selv med bratt helning, så lenge tildekkingslaget er tynt. Usikkerheten er antagelig mest knyttet til om leira vil feste seg til underlaget eller om den vil skli på overflaten når den treffer bunnen.

Strømningsforholdene vil sikkert variere en del langs sjøbunnen, og spesielt langs ravinene er det grunn til å anta at strømmingen kan være sterk, og gi muligheter for overflateerosjon av tildekkingsmaterialet. I denne sammenheng vil leira antagelig være mest motstandsdyktig mot erosjon. Av de sandige massene vil maskinsandmaterialet i utgangspunktet få den tetteste lagringen på grunn av bedre gradering (Sjøla $C_u = 33$, Stokke $C_u = 11$) og dermed også bedre beskyttet mot erosjon enn en naturlig sand, som med en løs lagring må antas å være erosjonsømfintlig.

For å kunne vurdere om stabiliteten under og etter tildekking av områdene må man kjenne tilleggsbelastningen fra tildekkingsmaterialet. Da må egenvekt og poretrykksoppbygging/konsolideringsegenskaper være kjent.

Tildeckingslagets egenvekt bestemmes ut ifra korndensiteten, antatt løseste lagring, gitt i faktaboks under.

$$\gamma' = (1 - n_{max}) \cdot (\gamma_s - \gamma_w) \quad (2)$$

der n_{max} = største mulige porøsitet (løseste lagring)
 γ_s = korndensitet
 γ_w = tyngdetetthet av vann

7.3 Egnethet ved utlegging

7.3.1 Sand

Utlegging med sandmaterialer er tenkt utført ved hjelp av en liten fallbunnslekter, hvor massene strøs ut fra en spalte mens lekteren er i fart. Dette vil danne striper av sand på sjøbunnen som til slutt skal gi et noenlunde jevntykt og heldekkende lag når hele arealet er trafikkert av lekteren. Både hastighet på fartøyet, størrelsen på spalten, som kan tenkes regulert ved hydraulikk, og massenes kornfordeling og strømningsforhold vil kunne påvirke det endelige resultatet. Dersom massene blir helt oppslemmet i vannet i det de forlater lekteren, for eksempel ved en smal spalteåpning, kan det antas at det er en eksponentiell sammenheng mellom partikkelstørrelsen og sedimentasjonshastigheten, dvs.

$$v = a \cdot D^2$$

Hvor a er en funksjon av tyngdens akselerasjon, korndensitet, densitet av vann og viskositet av vann

Dermed er det grunn til å tro at massene vil separeres under sedimentasjonen slik at de groveste partiklene ligger i bunnen av tildeckingslaget, og blir gradvis finere oppover. Ved en slik utleggingsmetode vil lekteren antagelig måtte trafikkere over flere ganger slik at tildekkingen består av flere tynne lag. Dersom det er en del strømning vil en del av finstoffet forsvinne og dermed mangle i tildeckingslaget. Dette vil i så fall være mer utpreget for maskinsandmaterialet enn for den naturlige sanda.

Ved bruk av en større spalteåpning, hvor massen forlater lekteren i større hastighet og ikke slemmes fullstendig opp kan det bli vanskeligere å få lagt et jevntykt lag. Imidlertid er det større mulighet for å beholde en del av finstoffet.

Hvordan massen legger seg på skrånende terreng vil være avhengig av sedimentasjonshastigheten. I og med at tildeckingsmassen i utgangspunktet må antas å ligge labilt ved en helning på 1:2 er det mulig at de groveste partiklene, som har høyest hastighet når de treffer bunnen, vil "rulle" nedover der det er brattest. Dette vil kunne gi en tendens til øket tykkelse av laget ved større vanddyp.

Hvilken masse som egner seg best i forhold til utleggingen er ikke opplagt. Det er en mulighet for at en del av finstoffet vil forsvinne. I og med at maskinsandmassen av andre grunner, ref. punkt 7.1 og 7.2, regnes som den mest gunstigste velger vi å anbefale denne.

7.3.2 Leire

Leire må føres kontrollert ned til sjøbunnen for å unngå oppslemming og spredning av finstoff, og for å kunne kontrollere at massen blir lagt ut i et jevnt lag. Leire har vært benyttet til tildekking blant annet i Oslo havn, men da med et tykt lag. Leira ble da kvernet opp i store klumper som ble ført ned på flat sjøbunn. Dersom denne metoden skal benyttes til en tynntildekking vil det være behov for å kverne opp leira i mindre biter, som føres kontrollert ned ved hjelp av et rør eller slange. Vår vurdering er at leira fra Grilstad er for plastisk og har for høyt vanninnhold til at dette kan la seg gjøre. Denne leira vil være en meget seig masse å jobbe med.

8 Vurdering av andre materialer

Hovedutfordringen ved utlegging ved Fagervika er den fysiske stabiliteten av tildekkingslaget i sterk skrånende terreng. Det som vil være styrende er spesifikk vekt til massene samt at den er velgradert slik at det massene setter seg etter utlegging.

Forurensningstypen (tungmetaller) er ikke av en slik art at det kreves spesielt tilpassede og kostbare sorbentmaterialer. Leire (fra Grilstad) hadde vært et egnet naturlig materiale som kan fungere som sorbent for tungmetaller. Dette leirematerialet er imidlertid ikke egnet som tildekkingsmateriale i det aktuelle området basert på vurderinger knyttet til korngradering, plastisitet og permeabilitet.

9 Valg av tildekkingsmateriale

De aktuelle tildekkingsmaterialene som er vurdert til tildekking i testfeltet i Fagervika er leire-materiale fra mudreprosjekt i Grilstadfjæra samt maskinsand og natursand fra lokal leverandør. Leiremasser fra Grilstad er vurdert ikke å være egnet da et leirelag på sjøbunnen vil kunne gi en oppbygging av poreovertrykk i underliggende masser og dermed kunne påvirke stabiliteten i området. Natursand og maskinsand vil tillate enn viss drenering av porevann fra det underliggende sedimentet dersom dette skulle være aktuelt.

Hvilken sandmasse som egner seg best i forhold til utleggingen er ikke opplagt. Maskinsand-massene anbefales imidlertid ut fra at den har bedre filteregenskaper og er mer beskyttet mot erosjon enn natursand og regnes dermed som det mest gunstige materialet.

10 Referanser

NGI/DNV, 2011

Trondheim havn. Helhetlig tiltaksplan for Trondheim havnebasseng. Delrapport 4 – Tiltaksplan. Rapport 20081794-00-62-R, Rev 2. 24. oktober 2011.

NGI, 2011

Trondheim havn. Helhetlig tiltaksplan for Trondheim havnebasseng. Delrapport 1B – Risikovurdering. Rapport 20081794-00-52-R, Rev. 1. 24. oktober 2011.

NGI, 2007

Nye materialer og nye metoder for utlegging av tynn tildekking på forurenset sjøbunn, OPTICAP. NGI-rapport 20071139-5. mars 2011

NGI, 2005

Capping og contaminated sediments, Anbefalinger ved prosjektering av tildekking av forurenset sediment. NGI-rapport 20021244-4. 7. Juni 2005.

Eek, E., Cornelissen, G., Kibsgaard, A., Breedveld, G.D. , 2008

Diffusion of PAH and PCB from contaminated sediments with and without mineral capping; measurement and modelling. Chemosphere 71, 1629–1638.

Grøndal, 2013

Kartlegging av metallforurensing i sedimenter utenfor Ilsvika/Fagervika. Laboratorieforsøk for utlekking av metaller gjennom tildekkingsmaterialer. NTNU. Mai 2013.

Multiconsult, 2012

Grilstad Marina, Grunnforhold i utdypingsområder. Notat RIG 414345-RIG-NOT-003. 24.april 2012.

Klif, 2007

Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann

Klif, 2005

Veiledende testprogram for masser til bruk for tildekking av forurensete sedimenter. TA-21/2005

TK, 2010

Faktaark nr 50 ”Hva er rene masser?” Trondheim kommune, Miljøenheten, 2010.



Dokumentnr.: 20120405-02-R
Dato: 2013-06-21
Rev.nr.: 0
Vedlegg A, Side 1

Vedlegg A - Attest fra leverandør

 Prøvingsrapport			Norsk betong - og tilslagslaboratorium AS	
Oppdragsgiver(e) Ramlo Sandtak AS			Sorgenfriveien 11 7037 Trondheim Telefon: 73 945150	
Oppdragsgivers referanse Kurt Kvalmes			Telefax: 73 945151 E-mail: viggo.jensen@nbt.no Web: www.nbt.no	
Oppdragets art Tilslagsprøving iht. NS - EN standarder			Organisasjonsnr. NO 984 706 138 Sertifisert prøvingslaboratorium nr U19 	
Prøvematerialet Pukk 4-16 mm fra Sjøla			Ansvarlig signatur: Viggo Jensen 	
Rapportnummer	Dato	Gradering	Sider + bilag	Saksbehandler
P 11177A	05.09.2011	Fortrolig	2 + 6	Viggo Jensen
Innhold Prøvingsresultater				

1. Formål

Formålet er å dokumentere tilslaget iht. norske produktstandarder NS-EN 12620, NS-EN 13043, NS-EN 13242, NS-EN 13450 og tilhørende prøvingsstandarder

2. Prøvematerialet

Plastposer mottatt den 3. august 2011 inneholdende ca 3 x 15 kg tilslag og følgeskriv.

NBTL har ikke andre opplysninger om tilslaget/forekomsten enn gitt av oppdragsgiver

3. Utførte prøvinger

Der er utført følgende prøvinger:

- Forenklet petrografisk analyse iht. NS-EN 932-3
- Innhold av skjell iht. NS-EN 933-7
- Alkalireaktivitet ved punktelling i tynnslip iht. NB 21
- Kornform (flisighetsindeks) iht. NS-EN 933-3
- Korndensitet og vannabsorpsjon iht. NS-EN 1097-6
- Los Angeles knusingsverdi iht. NS-EN 1097-2
- Kulemølle - motstand mot piggdegdekkslitasje iht. NS-EN 1097-9
- Micro Deval - motstand mot slitasje iht. NS-EN 1097-1
- Humusinnhold iht. NS-EN 1744-1 del 15.1
- Kloridinnhold iht. NS-EN 1744-1 del 7
- Syreløselig sulfat iht. NS-EN 1744-1 del 12
- Totalt svovelinnhold iht. NS-EN 1744-1 del 11

Norsk betong- og tilslagslaboratorium AS (NBTL) er et uavhengig norsk selskap. Et av formålene med selskapet er å tilby kostnadseffektiv prøving og tjenester av høy kvalitet til byggindustrien, byggherrer og betong- og tilslagsbransjen.

4. Resultater

Resultatene av prøvingene er gitt i det etterfølgende. I vedlegg er gitt ytterligere informasjon om prøvingene samt viktige kommentarer og informasjon (noter).

Petrografisk type - og sammendrag:

Knust fjellforekomst av mafisk bergart (grønnstein). Hovedsakelig sammensatt av kubisk skarpkantede korn. Løst belegg på kornoverflater, ingen forvitrede korn og ingen meget svake korn.

Resultatene kan ikke benyttes for vurdering av alkalireaktivitet.

Tabell over resultater. Kategorier iht. NS-EN 12620 (NB21), 13242, 13043

Metode	Enhet	Resultat	Kategori
Innhold av skjell	vekt %	0	SC 10
Innhold av risikobergarter iht. NB 32	volum %	2,0	(ingen)
Sammenligningsverdi (Sv)	volum %	5,1	(krav 20,0 %)
Vurdering av tilslagets alkalireaktivitet:	NB 21	Ikke alkalireaktivt	
Flisighetsindeks	FI	7	FI 15
Korndensitet vannmettet og overflatetørr	Mg/m ³	3,02	ingen
Korndensitet tilsynelatende	Mg/m ³	3,05	ingen
Vannabsorpsjon	vekt %	0,4	ingen
Los Angeles verdi - knusingsverdi	LA	17	LA 20
Kulemølleverdi - piggdegdekkslitasje	AN	15	AN 19
Micro Deval koeffisient	M _{DE}	13	M _{DE} 15
Humusinnhold: Farge sammenlignet med standard:	farge	Fargeløs	ingen
Kloridinnhold	vekt %	0,000	ingen
Syreløselig sulfat	vekt %	0,02	AS 0,2
Totalt svovelinnhold	vekt %	0,07	ingen

Kategorier kan variere for samme verdi avhengig av produktstandard

Vedlegg på etterfølgende sider:

Vedlegg: Petrografisk analyse inkl skjellinnhold, 1 side

Vedlegg : Alkalireaktivitet, 3 sider

Vedlegg: Kornform (flisighetsindeks), 1 side

Vedlegg: Korndensitet og vannabsorpsjon, 1 side

Vedlegg: Mekaniske test, 1 side

Vedlegg: Kjemiske analyser, 1 side





NS-EN 932-3 Forenklet petrografisk analyse

NS-EN 933-7 Bestemmelse av skjellinnhold

Prøvenummer 11177A Pukk 4-16 mm fra Sjøla

Bergart(er) og mineraler	<i>les om forbehold i noter</i>	Vekt (%)
Mafisk bergart, grønnstein		100
Kalkstein		0
	sum	100
Type forekomst:	Knust fjellforekomst	

Kornform (NS 427 del 2)	Vekt (%)
Kubisk rundet/kantrundet	0
Kubisk skarpkantet	91
Flisig/stenglet	9

100

Belegg og fysiske egenskaper (bla. håndbok 014)	
Overflatebelegg:	løst
Forvitrede korn:	ingen
Meget svake korn:	ingen
Forurensninger	ingen
Annet:	enkelte kalkholdige korn og enkelte korn med sulfidmineralisering

NS-EN 933-7 Totalt innhold av skjell (vekt %)	SC	0,0
---	----	-----

Sammendrag:

Knust fjellforekomst av mafisk bergart (grønnstein). Hovedsakelig sammensatt av kubisk skarpkantete korn. Løst belegg på kornoverflater, ingen forvitrede korn og ingen meget svake korn.

Note 1: Ved forenklet petrografisk analyse er bergarts- og mineralklassifiseringen foretatt uten bruk av tynnslip. Resultatene kan derfor ikke benyttes for vurdering av alkalireaktivitet.

Note 2: Identifikasjon og klassifikasjon av bergarter- og mineraler er utført vha. stereomikroskop og diverse teknikker og er derfor kun veiledende. En mer sikker identifikasjon, klassifisering og kvantifisering av bergarter- og mineraler er punktelling i tynnslip (alkalireaktivitet ved petrografisk analyse).

Note 3. NBTL har ingen andre opplysninger om tilslaget/tilslagsforekomsten enn gitt av oppdragsgiver. Dette er bla. opplysninger om tilslaget er knust, ren natur, delvis knust eller sammensatt av flere forekomster.

NBTL laboratoriet

05.09.2011



NB21: Alkalireaktivitet ved punktelling i tynnslip

Prøvenr. 11177A Pukk 4-16 mm fra Sjøla

Bergarts- og mineralsammensetning	Volum %	Klasse	Subklasse
mørke (mafiske) bergarter, grønnstein, gabbro	98	3	6
kvartsrisk bergart	2	2	5
<i>sum</i>	100	<i>sum pkt.</i>	1020
Innhold av risikobergarter (klasse 1 + klasse 2), se side 3 i vedlegg:			2,0 volum %

Klasse 1 :Alkalireaktive bergarter, **Klasse 2** :Tvilstilfeller, **Klasse 3** :Ikke alkalireaktive bergarter

Vurdering av alkalireaktivitet:

Revidert publikasjon NB 21 (september 2004) skal etterleves av alle betong- og tilslagsprodusenter. Tilslagets alkalireaktivitet skal beregnes utefra en sammenligningsverdi (Sv) "på alle tilgjengelige petrografiske analyser med tynnslip utført etter 1993 for det aktuelle tilslaget". Beregning av sammenligningsverdien utført av NBTL forutsetter at NBTL har mottatt alle tidligere petrografiske analyser og at disse er "korrekte" samt tilslaget oppfyller kravene til korngradering i NB 21.

Beregning av sammenligningsverdi *måling 2-6 er tidligere resultater hvis oppgitt*

Målinger	11177A	2	3	4	5	6
Risikobergarter (%):	2,0	0,0				
Beregnet veid gjennomsnitt av risikobergarter:					(Vg) =	2,1
Vekting av risikobergarter, stein* F = 2					Sikkerhetsmargin (Sm) =	3,0
Sammenligningsverdi stein Sv (volum %)*:					(Sv = Vg + Sm)	5,1
*Sammenligningsverdi fine stein Sv (volum %)						4,6

Note 1 : Innholdet av risikobergarter skal vektet forskjellig avhengig av kornstørrelse. Risikobergarter i sand skal multipliseres med 1, fine steinfraksjoner med 1,5 og stein med 2, dvs. at stein er dobbel så reaktiv som sand.

Sammenligningsverdien fine stein kan bestemmes separat eller beregnes utefra bergartssammensetningen i sandfraksjonen. For pukk kan sammenligningsverdien fine stein bestemmes utefra stein når tilslaget er ikke reaktiv.

Note 2 : Et tilslags alkalireaktivitet vurderes utefra beregnet sammenligningsverdi (Sv). I tilfeller sammenligningsverdien er større enn 20,0 volum% anses tilslaget som alkalireaktivt

Note 3 :Resultatet fra den petrografiske analyse av alkalireaktivitet kan overprøves vha. akselerert mørtelprismemotode og/eller norsk betongprismemotode.

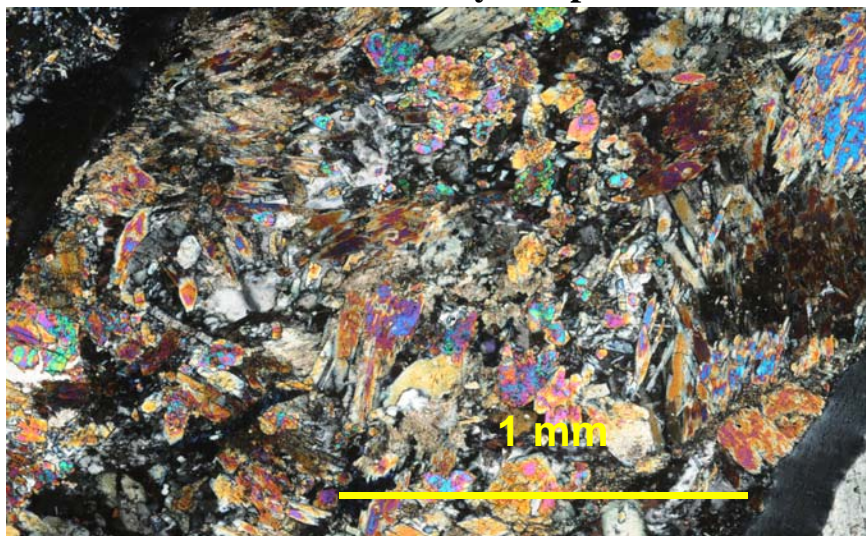
På etterfølgende sider er vedlagt:

- 1 side med mikrofotos fra prøven
- 1 side med bergartslisten fra Kontrollrådet

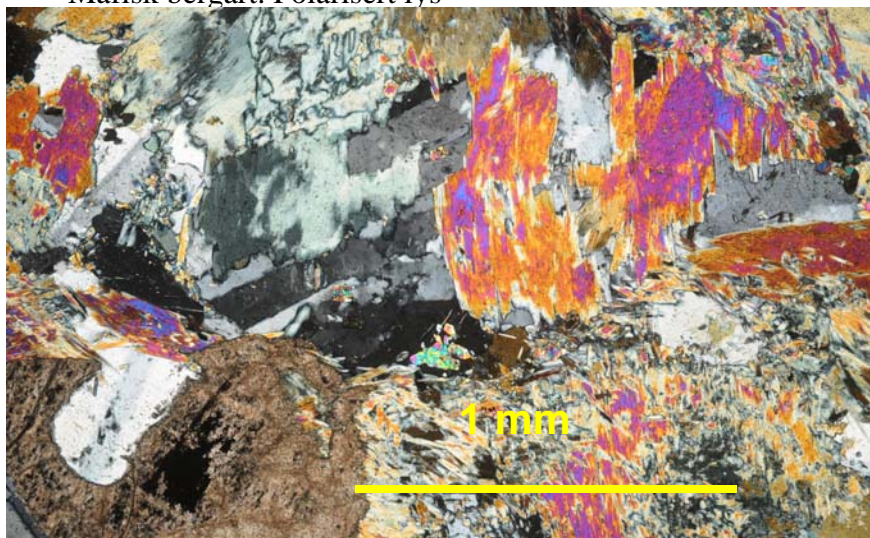
NBTL laboratoriet 05.09.2011



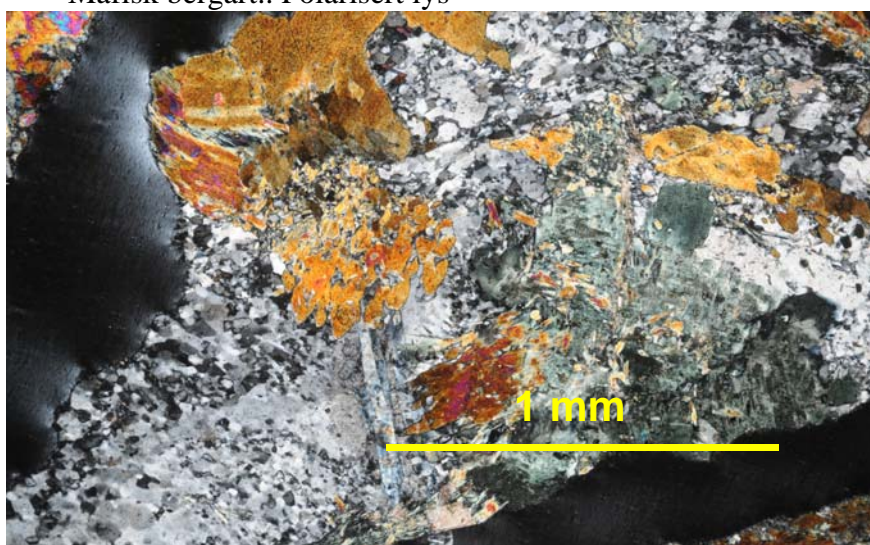
Mikrofotos fra tynnslip.



Mafisk bergart. Polarisert lys



Mafisk bergart.. Polarisert lys



Kvartsrik bergart. Polarisert lys.



VEDLEGG 4 - BERGARTSLISTE

<p>Klasse 1 ALKALIREAKTIVE BERGARTER <i>(Dokumentert i betongkonstruksjoner)</i></p>	<p>Klasse 2 TVILSTILFELLER</p>	<p>Klasse 3 KKE ALKALIREAKTIVE BERGARTER</p>
<p>1. SEDIMENTÆRE BERGARTER</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sandstein - Arkose - Kvartssandstein • Leirstein (også skifrig) • Siltstein (også skifrig) • Mergelstein-/skifer (også omdannet) • Gråvakke (Også omdannet) <p><i>Det forutsettes at det observeres sedimentære trekk</i></p>	<p>5. TVILSTILFELLER</p> <p>Eksempler:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kvartsitt/kvartsskifer • Kvartsrik bergart (Kvartsinnhold >20%) • Kalkstein m/ urenheter (urenheter - finfordelt kvarts) • Hornfels • Lyse mylonitter med lite kvarts (1-5%) 	<p>6. MØRKE BERGARTER</p> <ul style="list-style-type: none"> • Basalt • Grønnstein • Gabbro • Amfibolitt <p><i>(alle bergarter, også som omdannet)</i></p>
<p>2. MYLONITT/KATAKLASITT (Kvartsholdige)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mylonitter • Kataklasitter • Mylonittgneis 	<p><i>Alle bergarter inneholdene kvarts-mineral kan i utgangspunktet være potensielle reaktive bergarter. Dette avhenger av petrografiske parametre som kornstørrelse, grad av deformasjon, og mikrostruktur.</i></p> <p><i>Flere typer kvartsitt har reagert i betong.</i></p> <p><i>Mikrokrystallin kvartsitt (kvartskorn <60 µm) grupperes som alkalireaktive.</i></p> <p><i>Kvartsitt med kornstørrelse <130 µm) grupperes som mulig tvilstilfeller.</i></p> <p><i>Kvartsitt (kvartskorn > 130 µm) grupperes som ikke alkalireaktiv, selvom kvartsitten inneholder "strained" kvarts.</i></p>	<p>7. KVARTSHOLDIGE BERGARTER</p> <ul style="list-style-type: none"> • Granitt/Gneis • Kvartsitt-/skifer • Glimmerskifer
<p>3. LYSE, SURE VULKANSKE BERGARTER</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ryolitt • Kvartskeratofyr 		<p>8. FELTSPATISKE BERGARTER</p>
<p>4. ANDRE</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mikrokrystallin kvartsitt • Fyllitt • Kvartsskifer 		<p>9. ANNET/UIDENTIFISERT</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kalkstein (ren) og marmor • Andre ikke reaktive (også frikorn) • Porfyrer • Kvartsfrie mylonitter
<p>Typisk kornstørrelse for kvarts; < 60 µm UNNTAK: Sandstein</p>	<p>Typisk kornstørrelse for kvarts; < 130 µm</p>	<p>Typisk kornstørrelse for kvarts; > 130 µm, eller kvarts ikke tilstede</p>

Bergartsnomenklatur; Gjelle og Sigmond, 1994: Bergartsklassifisering og kartfremstilling. Norges geologiske undersøkelse, Skrifter 113.



NS-EN 933-3 Kornform - flisighetsindeks

Prøvenr. 11177A

Pukk 4-16 mm fra Sjøla

Fraksjon (mm)	Masse (g)	Stavsikt (mm)	Masse (g)	Flisighet (fraksjon)	Kontroll og flisighetsindeks	
d_i/D_i	R_i		m_i	FI_i	Total siktet masse M_o (g)	1448
< 80	0,0		0,0	0		
63/80	0,0	40	0,0	0		
50/63	0,0	32	0,0	0		
40/50	0,0	25	0,0	0		
32/40	0,0	20	0,0	0		
25/32	0,0	16	0,0	0	Sum kastet masse (g)	10,8
20/25	0,0	12,5	0,0	0	Tap under sikting (%)	0,02
16/20	0,0	10	0,0	0		
12,5/16	457,3	8	13,8	3		
10/12,5	457,8	6,3	22,1	5		
8/10	311,5	5	29,1	9		
6,3/8	144,6	4	20,1	14		
5/6,3	50,1	3,15	6,7	13		
4/5	15,6	2,5	1,8	12		
< 4 mm	10,8		0,0	0		
M_1	1436,9	M_2	93,6		Flisighetsindeks FI	6,5

NBTL laboratoriet

05.09.2011



NS-EN 1097-6 Korndensitet og vannabsorpsjon i tilslag

Prøvenr. 11177A Pukk 4-16 mm fra Sjøla

Resultater: Fraksjonen 4 mm til 31,5 mm

Vannabsorpsjon (%)	0,44
--------------------	------

Korndensitet vannmettet og overflatetørr (Mg/m^3)	3,019
Tilsynelatende korndensitet (Mg/m^3)	3,047
Korndensitet ovntørr prøve (Mg/m^3)	3,006

Prøvemasse (g)

1544,4

Definisjoner

Vannabsorpsjon er vannmengden i prosent av tørr masse inkl.vann i porer tilgjengelig for vann

Korndensitet vannmettet og overflatetørr er masse/volum av materialet inkl.vannfylte porer

Tilsynelatende korndensitet er masse/volum av materialet inkl. interne lukkede pore men eks. porer tilgjengelig for vann

Korndensitet ovntørr prøve er masse/volum av materialet inkl.porer tilgjengelig for vann men eks. interne lukkede porer

Note: Mg/m^3 (megagram per kubikmeter) tilsvarer kg/m^3 (kilo per kubikmeter)/1000

NBTL laboratoriet

05.09.2011



Prøvenr. 11177A

Pukk 4-16 mm fra Sjøla

NS-EN 1097-9 Kulemølle - piggdekkslitasje

Prøvingsporsjonen: 11,2 - 16 mm

Pretørr partikkel dens., $\rho_s =$	3,006	m_i beregnet =	1130,1
Kontroll og resultater	m_i veiet (g)	m_2 veiet (g)	A_N
delprøve 1	1130,9	955,7	15,5
delprøve 2	1130,3	955,2	15,5
Gjennomsnitt	1130,6	955,5	
Mølleverdi, $A_N = 100(m_i - m_2)/m_i$		$A_N =$	15,5

avvik fra middelerverdi (%)

0,0

NS-EN 1097-2 Los Angeles test - knusingsverdi

Prøvingsporsjonen: 10 - 14 mm

Kontroll og resultater	Før test <i>10-14 mm (g)</i>	Etter test; m <i>>1,6 mm (g)</i>	
11177A	5000,4	4151,3	
Los Angeles-koeffisient, $LA = (5000 - m)/50$		$LA =$	17,0

NS-EN 1097-1 Micro Deval - slitasjemotstand

Prøvingsporsjonen: 10 - 14 mm

Kontroll og resultater	Før test <i>10-14 mm</i>	Etter test; m <i>>1,6 mm (g)</i>	
delprøve 1	500,7	437,8	12,4
delprøve 2*	501,1	435,2	13,0
Gjennomsnitt	500,9	436,5	
Micro Deval koeffisient, $M_{DE} = (500 - m)/5$		$M_{DE} =$	12,7

NBTL laboratoriet

05.09.2011



NS-EN 1744-1 Kjemisk analyse

Prøvenummer 11177A Pukk 4-16 mm fra Sjøla

Vannopløselig kloridinnhold - Volhard titrering (standardmetode)

Kloridinnhold (% av tør prøvemasse)	
Delprøve 1	0,0000
Delprøve 2	0,0000
Gjennomsnitt	0,0000

Total prøvemasse (g) # 2000,5

Innhold av syreløselig sulfat og total svovel	
Syreløselig sulfat (vekt%)	0,0233
Totalt svovelinnhold (vekt%)	0,0666

Note: Iht. NS -EN 12620 skal syreløselig sulfat analysert iht.NS-EN 1744-1 avsnitt 12 og deklarereres som kategori iht. tabell 20

Note: Krav iht. NS -EN 12620: Maks 1 % total S analysert iht.NS-EN 1744-1 avsnitt 11. Hvis magnetkis er påvist er kravet maks 0,1 vekt % S. I tilfeller total svovel er større enn 0,1 vekt % anbefales det å utføre en "skadelig kisanalyse iht. Kontrollrådet".

Humusinnhold	Farge sammenlignet med standard:	Fargeløs
---------------------	----------------------------------	-----------------

NBTL laboratoriet

05.09.2011

Oppdragsgiver(e)

Ramlo Sandtak AS

Sorgenfriveien 11

7037 Trondheim

Telefon: 73 945150

Oppdragsgivers referanse

Svein A. Grudt

Telefax: 73 945151

E-mail: viggo.jensen@nbt.no

Web: www.nbt.no

Oppdragets art

Tilslagsprøving iht. NS - EN standarder

Organisasjonsnr. NO 984 706 138

Sertifisert prøvingslaboratorium nr U19



Prøvematerialet

Sand 0-2 mm fra Stokke

Ansvarlig signatur: Viggo Jensen



Rapportnummer

P 09256

Dato

25.02.2010

Gradering

Fortrolig

Sider + bilag

1 + 0

Saksbehandler

Viggo Jensen

Innhold

Prøvingsresultater

1. Formål

Formålet er å dokumentere innholdet av tungmetaller samt PAH-16 og PCB-7 iht. krav for barnehagejord, SFT

2. Prøvematerialet

Plastpose mottatt den 8. desember 2009 inneholdende ca 10 kg sand.

NBTL har ikke andre opplysninger om tilslaget/forekomsten enn gitt av oppdragsgiver

3. Utførte prøvinger

Der er utført følgende prøvinger:

* analysert av eksternt akkreditert laboratorium

Splitting og fraksjonering av representativ delprøve på ca 0,5 kg.

Tungmetaller analysert iht NS 4770*

PAH-16 og PCB 7 analysert iht. Nordtest metode 1143-93, GC-MS*

4. Resultater

Stoff (mg/kg)	Normallekeklass**	Grønn barnehage, skole**	Prøven
Arsen	20	20	3,8
Bly	100	100	4,2
Kadmium	10	10	< 0,1
Krom	40 ⁺	40 ⁺	24,7
Kvikksølv	1	1	0,011
Nikkel	135	135	22,7
PAH-16	8	2	ingen
Benso(a)pyren	0,5	0,1	< 0,010
Sum PCB 7	0,5	0,01	ingen
Zink	Normverdi iht. SFT er 200 mg/kg		23,2

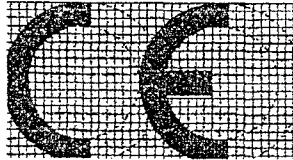
** Verdier fra Nasjonalt folkehelseinstitutt, Jan Alexander 10. november 2006

+ Når krom > 40 mg/kg skal Krom VI analyseres, krav for Krom VI er 5 mg/kg

Vurdering av resultater: Prøven oppfyller kravene til barnehagejord iht. krav fra SFT

Norsk betong- og tilslagslaboratorium AS (NBTL) er et uavhengig norsk selskap. Et av formålene med selskapet er å tilby kostnadseffektiv prøving og tjenester av høy kvalitet til byggindustrien, byggherrer og betong- og tilslagsbransjen.

Samsvarserklæring



1111-CPD-0021
06

RAMLO SANDTAK AS
INDUSTRIVEIEN 63
7080 HEIMDAL

NS-EN-12620
TILSLAG TIL BETONG

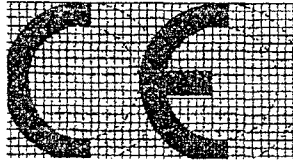
Gradering	G _{NG90}
Tilslagsstørrelse	0/8 mm
Kornform	F ₁₅
Skjellinnhold	SC ₁₀
Finstoffinnhold	f ₃
Korndensitet	2,71 Mg/m ³
Vannabsorpsjon	0,4%
Motstand mot frysing og tining	f ₁
Alkalireaktivitet (andel risikobergarter)	43,6 %
Klorider	0,000 %
Syreløselige sulfater	AS _{0,2}
Totalt innhold av svovel	< 0,03 %
Bestanddelene som endrer størknings/herdetid for betong	Lysere enn standardfarge

Petrografi

Uknust sandtilslag fra løsmasseforekomst bestående av Gneis, Granitt, Fyllitt, Kvartsitt med innslag av mørke bergarter. Dominans av kubiske korn. Rundete kantrundete korn dominerer over skarpkantete. Ikke synlig belegg. Hovedsakelig friske kantoverflater. Meget svake korn er ikke registrert.

Produksjonsleder
Tore Ramlo

Samsvarserklæring



1111-CPD-0021
06

RAMLO SANDTAK AS
INDUSTRIVEIEN 63
7080 HEIMDAL

NS-EN-12620
TILSLAG TIL BETONG

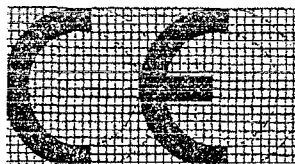
Gradering	G _{NG90}
Tilslagsstørrelse	0/8 mm
Kornform	F ₁₅
Skjellinnhold	SC ₁₀
Finstoffinnhold	f ₃
Korndensitet	2,71 Mg/m ³
Vannabsorpsjon	0,4%
Motstand mot frysing og tining	f ₁
Alkalireaktivitet (andel risikobergarter)	43,6 %
Klorider	0,000 %
Syreløselige sulfater	AS _{0,2}
Totalt innhold av svovel	< 0,03 %
Bestanddelene som endrer størknings/herdetid for betong	Lysere enn standardfarge

Petrografi

Uknust sandtilslag fra løsmasseforekomst bestående av Gneis, Granitt, Fyllitt, Kvartsitt med innslag av mørke bergarter. Dominans av kubiske korn. Rundete kantrundete korn dominerer over skarpkantete. Ikke synlig belegg. Hovedsakelig friske kantoverflater. Meget svake korn er ikke registrert.

Produksjonsleder
Tore Ramlo

Samsvarserklæring



1111-CPD-0021
06

RAMLO SANDTAK AS
INDUSTRIVEIEN 63
7080 HEIMDAL

NS-EN-12620

TILSLAG TIL BETONG

Gradering	G _C 90/15
Tilslagsstørrelse	8/16 mm
Kornform (Flisighetsindeks)	Fl ₁₅
Skjellinnhold	SC ₁₀
Finstoffinnhold	f _{1,5} (≤1,5%)
Korndensitet	2,71 Mg/m ³
Vannabsorpsjon	0,8%
Motstand mot frysing og tining	f ₁
Alkalireaktivitet	42,3 %
Klorider	< 0,005 %
Syreløselige sulfater	AS _{0,2} (< 0,005 %)
Totalt innhold av svovel	< 0,002 %
Bestanddelene som endrer styrknings/herdetid for betong	Lysere enn standardfarge
Los Angeles verdi –knusingsverdi	LA ₃₀

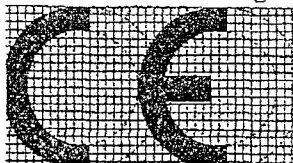
Petrografi

Uknust sandtilslag fra løsmasseforekomst bestående av Gneis, Granitt, Fyllitt, Kvartsitt med innslag av mørke bergarter. Dominans av kubiske korn. Rundete kantrundete korn dominerer over skarpkantete. Ikke synlig belegg. Hovedsakelig friske kantoverflater. Meget svake korn er ikke registrert.

Produksjonsleder
Tore Ramlo

Tore Ramlo

Samvarserklæring



1111-CPD-0021

06

RAMLO SANDTAK AS
INDUSTRIVEIEN 63
7080 HEIMDAL

NS-EN-12620
TILSLAG TIL BETONG

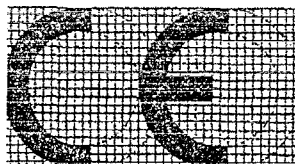
Gradering	G _C 85/20
Tilslagsstørrelse	16/22 mm
Kornform	F ₁₅
Skjellinnhold	SC ₁₀
Finstoffinnhold	f ₄
Korndensitet	2,69 Mg/m ³
Vannabsorpsjon	0,71% (0,9%)
Motstand mot frysing og tining	f ₁
Alkalireaktivitet (andel risikobergarter)	43 %
Klorider	< 0,005 %
Syreløselige sulfater	< 0,005 %
Totalt innhold av svovel	< 0,002 %
Bestandeler som endrer styrknings/herdetid for betong	Lysere enn standardfarge

Petrografi

Rund/knust pukk tilslag fra løsmasseforekomst bestående av Gneis, Granitt, Fyllitt, Kvartsitt med innslag av mørke bergarter. Dominans av kubiske korn. Rundete kantrundete korn dominerer over skarpkantete. Ikke synlig belegg. Hovedsakelig friske kantoverflater. Meget svake korn er ikke registrert.

Produksjonsleder
Tore Ramlo

Samsvarserklæring



1111-CPD-0021
06

RAMLO SANDTAK AS
INDUSTRIVEIEN 63
7080 HEIMDAL

NS-EN-12620

TILSLAG TIL BETONG

Gradering	G _C 90/15
Tilslagsstørrelse	8/16 mm
Kornform (Flisighetsindeks)	Fl ₁₅
Skjellinnhold	SC ₁₀
Finstoffinnhold	f _{1,5} (≤1,5%)
Korndensitet	2,71 Mg/m ³
Vannabsorpsjon	0,8%
Motstand mot frysing og tining	f ₁
Alkalireaktivitet	42,3 %
Klorider	< 0,005 %
Syreløselige sulfater	AS _{0,2} (< 0,005 %)
Totalt innhold av svovel	< 0,002 %
Bestanddelene som endrer størknings/herdetid for betong	Lysere enn standardfarge
Los Angeles verdi –knusingsverdi	LA ₃₀

Petrografi

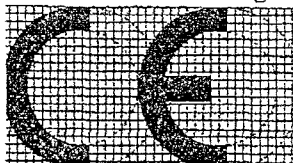
Uknust sandtilslag fra løsmasseforekomst bestående av Gneis, Granitt, Fyllitt, Kvartsitt med innslag av mørke bergarter. Dominans av kubiske korn. Rundete kantrundete korn dominerer over skarpkantete. Ikke synlig belegg. Hovedsakelig friske kantoverflater. Meget svake korn er ikke registrert.

Produksjonsleder

Tore Ramlo

Tore Ramlo

Samvarserklæring



1111-CPD-0021

06

RAMLO SANDTAK AS
INDUSTRIVEIEN 63
7080 HEIMDAL

NS-EN-12620
TILSLAG TIL BETONG

Gradering	G _C 85/20
Tilslagsstørrelse	16/22 mm
Kornform	F ₁₅
Skjellinnhold	SC ₁₀
Finstoffinnhold	f ₄
Korndensitet	2,69 Mg/m ³
Vannabsorpsjon	0,71% (0,9%)
Motstand mot frysing og tining	f ₁
Alkalireaktivitet (andel risikobergarter)	43 %
Klorider	< 0,005 %
Syreløselige sulfater	< 0,005 %
Totalt innhold av svovel	< 0,002 %
Bestandeler som endrer styrknings/herdetid for betong	Lysere enn standardfarge

Petrografi

Rund/knust pukk tilslag fra løsmasseforekomst bestående av Gneis, Granitt, Fyllitt, Kvartsitt med innslag av mørke bergarter. Dominans av kubiske korn. Rundete kantrundete korn dominerer over skarpkantete. Ikke synlig belegg. Hovedsakelig friske kantoverflater. Meget svake korn er ikke registrert.

Produksjonsleder
Tore Ramlo



Prosjekt **Pilottest Fagervika**
 Bestnr **20120405**
 Registrert **2012-12-17**
 Utstedt **2012-12-18**

NGI
Arne Pettersen
Miljøgeologi
Box 3930 Ullevål Stadion
N-0806 Oslo
Norge

Analyse av faststoff

Deres prøvenavn	SJØLA					
	Jord					
Labnummer	N00231862					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (E)	99.1	4.95	%	1	1	MORO
As	12.6	2.51	mg/kg TS	1	1	MORO
Ba	0.88	0.18	mg/kg TS	1	1	MORO
Be	<0.010		mg/kg TS	1	1	MORO
Cd	<0.10		mg/kg TS	1	1	MORO
Co	17.9	3.58	mg/kg TS	1	1	MORO
Cr	47.6	9.52	mg/kg TS	1	1	MORO
Cu	12.2	2.44	mg/kg TS	1	1	MORO
Fe	18500	3700	mg/kg TS	1	1	MORO
Hg	<0.20		mg/kg TS	1	1	MORO
Mn	226	45.3	mg/kg TS	1	1	MORO
Mo	<0.40		mg/kg TS	1	1	MORO
Ni	26.8	5.4	mg/kg TS	1	1	MORO
P	207	41.4	mg/kg TS	1	1	MORO
Pb	1.5	0.3	mg/kg TS	1	1	MORO
Sr	17.2	3.45	mg/kg TS	1	1	MORO
V	40.3	8.06	mg/kg TS	1	1	MORO
Zn	10.7	2.1	mg/kg TS	1	1	MORO
Li	7.8	1.6	mg/kg TS	1	1	MORO
Naftalen	<0.010		mg/kg TS	2	1	MORO
Acenaftylen	<0.010		mg/kg TS	2	1	MORO
Acenaften	<0.010		mg/kg TS	2	1	MORO
Fluoren	<0.010		mg/kg TS	2	1	MORO
Fenantren	<0.010		mg/kg TS	2	1	MORO
Antracen	<0.010		mg/kg TS	2	1	MORO
Fluoranten	<0.010		mg/kg TS	2	1	MORO
Pyren	<0.010		mg/kg TS	2	1	MORO
Benso(a)antracen[^]	<0.010		mg/kg TS	2	1	MORO
Krysen[^]	<0.010		mg/kg TS	2	1	MORO
Benso(b)fluoranten[^]	<0.010		mg/kg TS	2	1	MORO
Benso(k)fluoranten[^]	<0.010		mg/kg TS	2	1	MORO
Benso(a)pyren[^]	<0.010		mg/kg TS	2	1	MORO
Dibenso(ah)antracen[^]	<0.010		mg/kg TS	2	1	MORO
Benso(ghi)perylene	<0.010		mg/kg TS	2	1	MORO
Indeno(123cd)pyren[^]	<0.010		mg/kg TS	2	1	MORO
Sum PAH-16[*]	n.d.		mg/kg TS	2	1	MORO
Sum PAH carcinogene^{^*}	n.d.		mg/kg TS	2	1	MORO
PCB 28	<0.0030		mg/kg TS	2	1	MORO
PCB 52	<0.0030		mg/kg TS	2	1	MORO
PCB 101	<0.0030		mg/kg TS	2	1	MORO
PCB 118	<0.0030		mg/kg TS	2	1	MORO



Deres prøvenavn	SJØLA Jord					
Labnummer	N00231862					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
PCB 138	<0.0030		mg/kg TS	2	1	MORO
PCB 153	<0.0030		mg/kg TS	2	1	MORO
PCB 180	<0.0030		mg/kg TS	2	1	MORO
Sum PCB-7*	n.d.		mg/kg TS	2	1	MORO



* etter parameternavn indikerer uakkreditert analyse.

Metodespesifikasjon	
1	<p>Analyse av tungmetaller (M-1C)</p> <p>Metode: EPA metoder 200.7, ISO 11885 Forbehandling: Sikting 2 mm. Oppslutning jordprøver: HNO₃ og 0,5 ml H₂O₂ i mikrobølgeovn. Oppslutning slam- og sedimentprøver: HNO₃/vann (1:1) i mikrobølgeovn.</p>
2	<p>Bestemmelse av PAH-16 og PCB-7</p> <p>Metode: PAH-16 CSN EN ISO 6468 PCB-7: EPA 8082, DIN 38407-del 2</p> <p>Ekstraksjon: PAH-16: Heksan PCB-7: Aceton/heksan</p> <p>Deteksjon og kvantifisering: PAH-16: GC-MSD PCB-7: GC-ECD, to kolonner med ulik polaritet</p> <p>Kvantifikasjonsgrenser: PAH-16: 0,01-0,1 mg/kg TS PCB-7: 0,002 mg/kg TS.</p>

Godkjenner	
MORO	Monia Ronningen

Underleverandør ¹	
1	<p>Ansvarlig laboratorium: ALS Laboratory Group, ALS Czech Republic s.r.o, Na Harfě 9/336, Praha, Tsjekkia</p> <p>Lokalisering av andre ALS laboratorier:</p> <p>Ceska Lipa Bendlova 1687/7, 470 03 Ceska Lipa Pardubice V Raji 906, 530 02 Pardubice</p> <p>Akkreditering: Czech Accreditation Institute, labnr. 1163.</p> <p>Kontakt ALS Laboratory Group Norge, for ytterligere informasjon</p>

Måleusikkerheten angis som en utvidet måleusikkerhet (etter definisjon i "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", ISO, Geneva, Switzerland 1993) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensintervall på om lag 95%.

Måleusikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

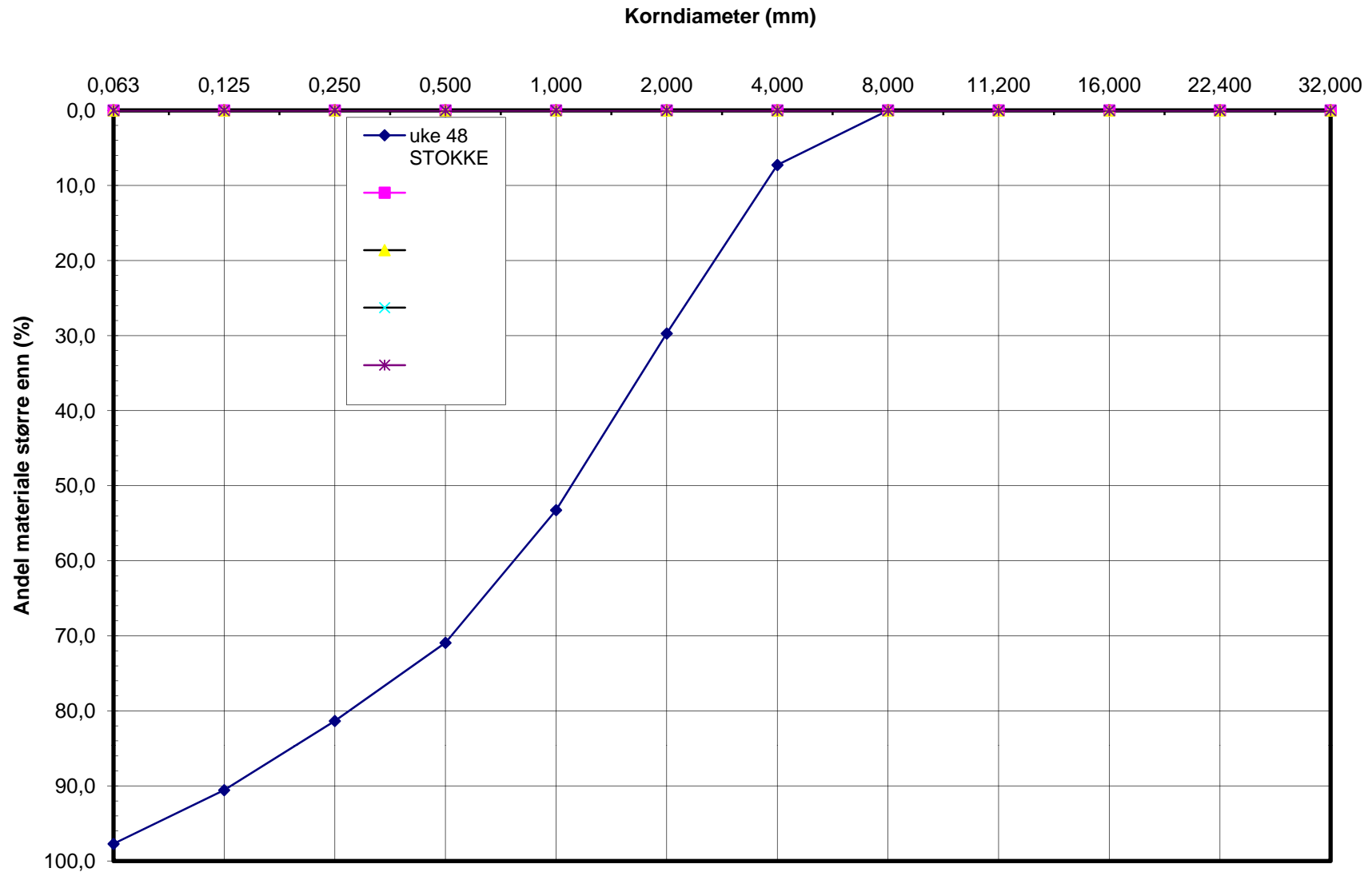
Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet.

Angående laboratoriets ansvar i forbindelse med oppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webside www.alsglobal.no

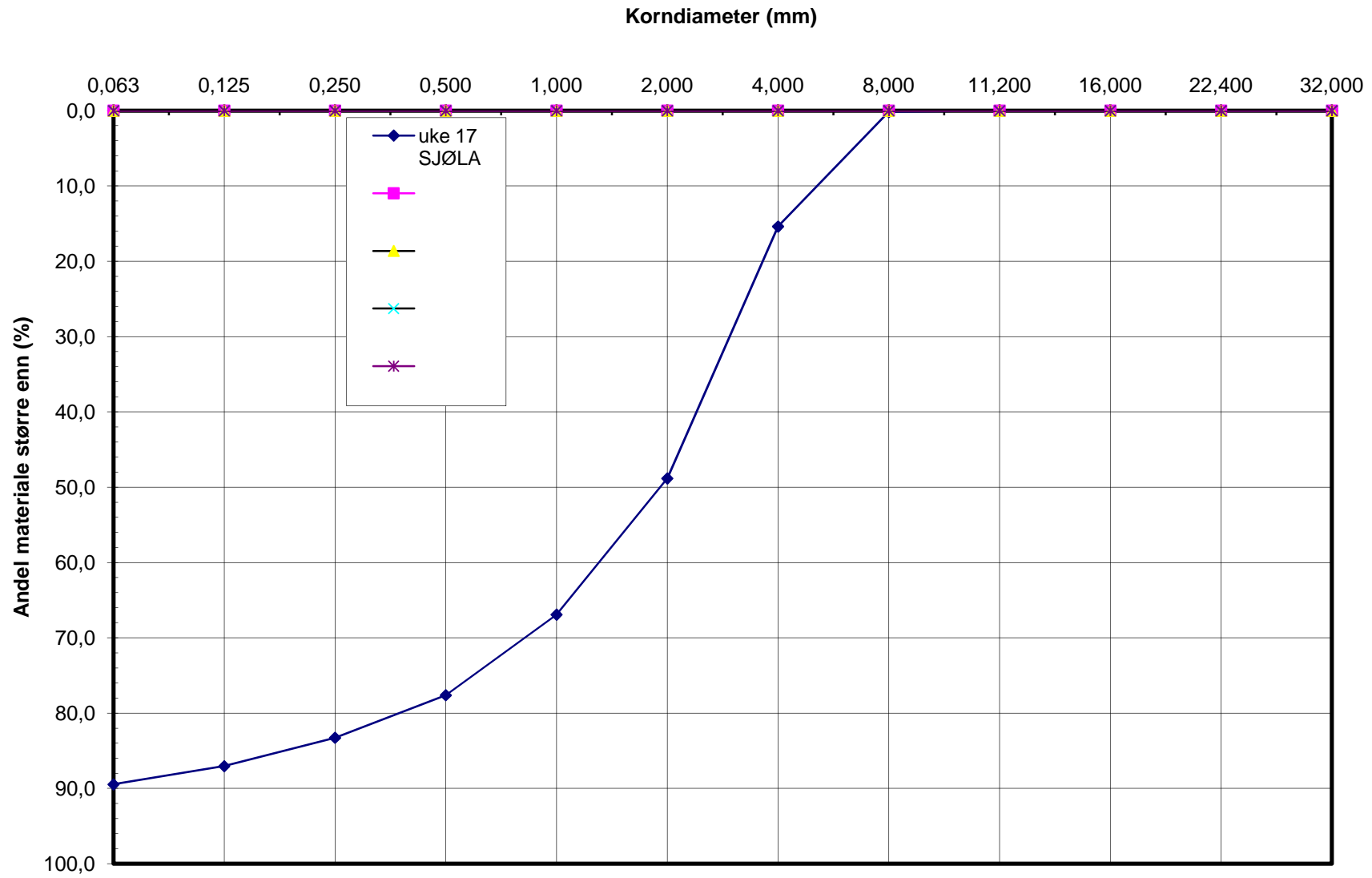
Den digitalt signert PDF-fil representerer den opprinnelige rapporten. Eventuelle utskrifter er å anse som kopier.

¹ Utførende teknisk enhet (innen ALS Laboratory Group) eller eksternt laboratorium (underleverandør).

Korngraderingsanalyser av sand- og pukkmaterialer.



Korngraderingsanalyser av sand- og pukkmaterialer.

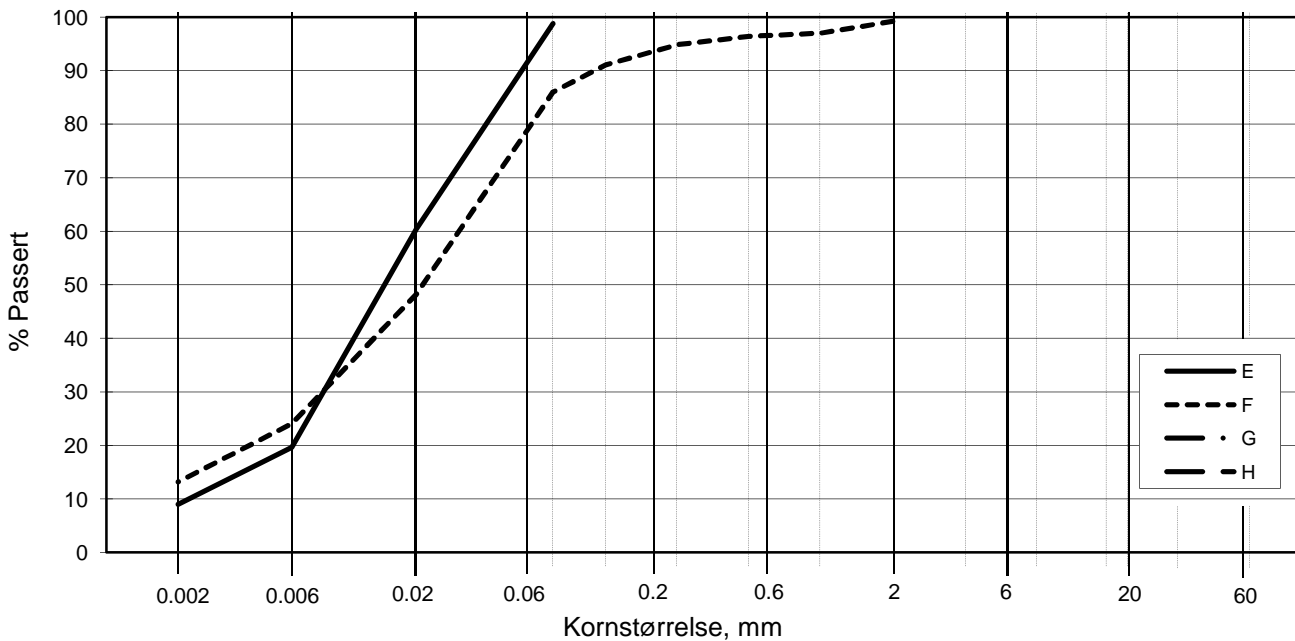
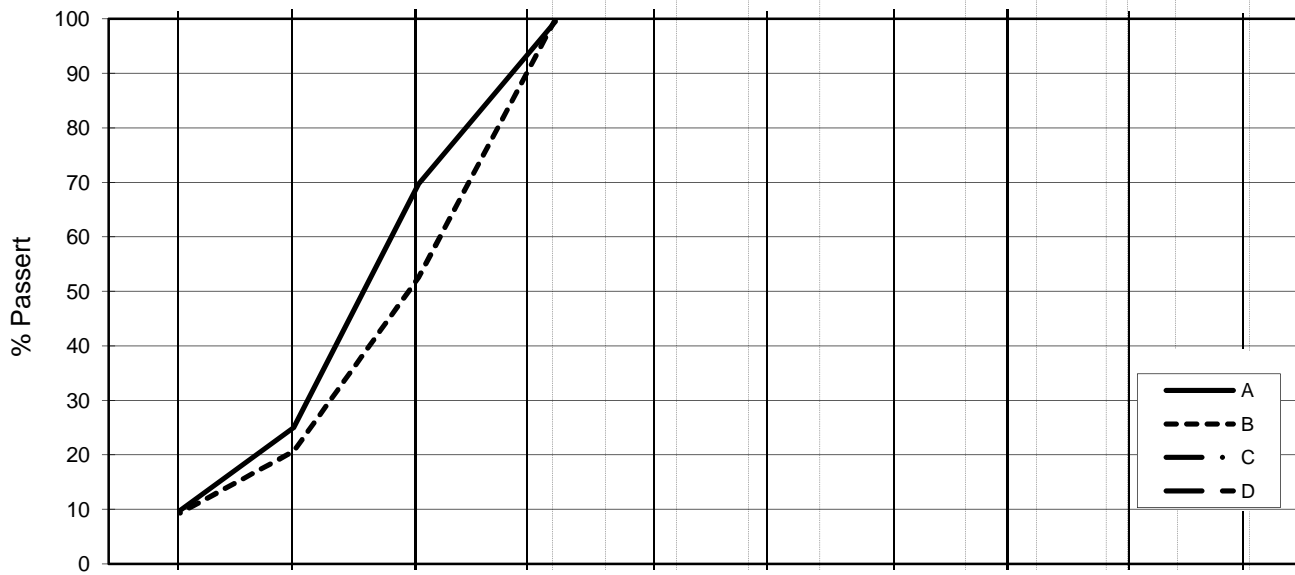




Dokumentnr.: 20120405-02-R
Dato: 2013-06-21
Rev.nr.: 0
Vedlegg B, Side 1

Vedlegg B - Geotekniske laboratorieundersøkelser, NGI


L E I R	SILT			SAND			GRUS							
	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov					
US Standard Sikt				200	100	50	30	16	8	4	3/8"	3/4"	1.5"	3"
ISO Standard Sikt				.075	.125	.25	.5	1	2	4	8	16	31.5	63



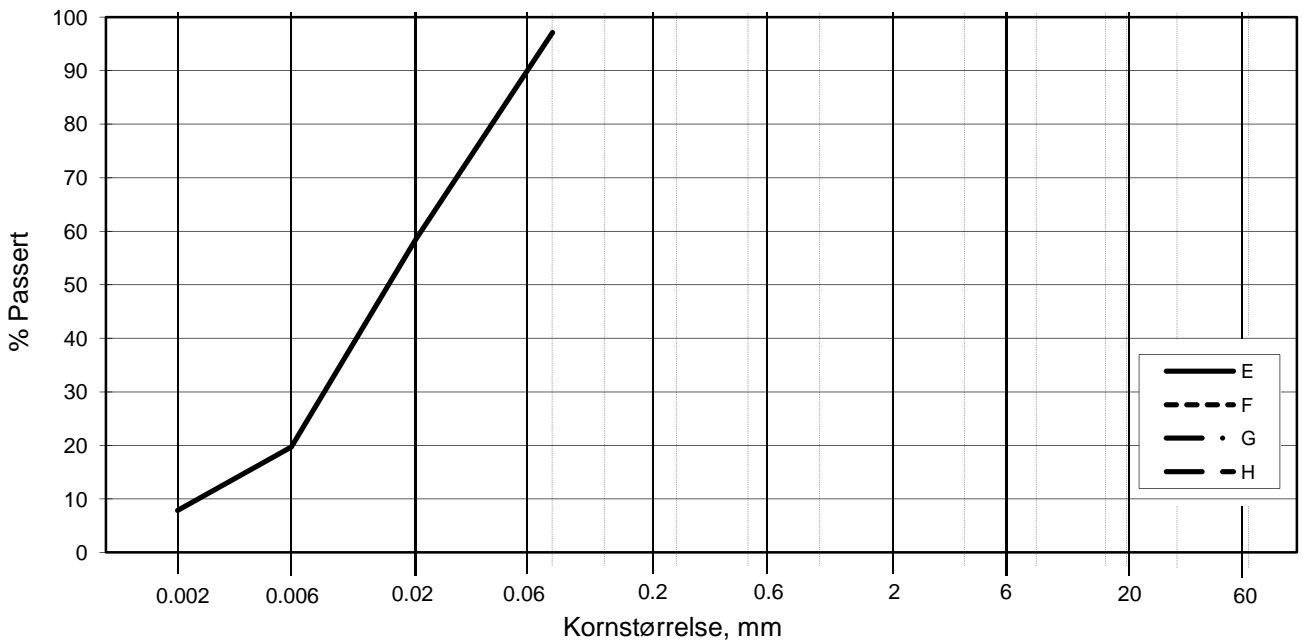
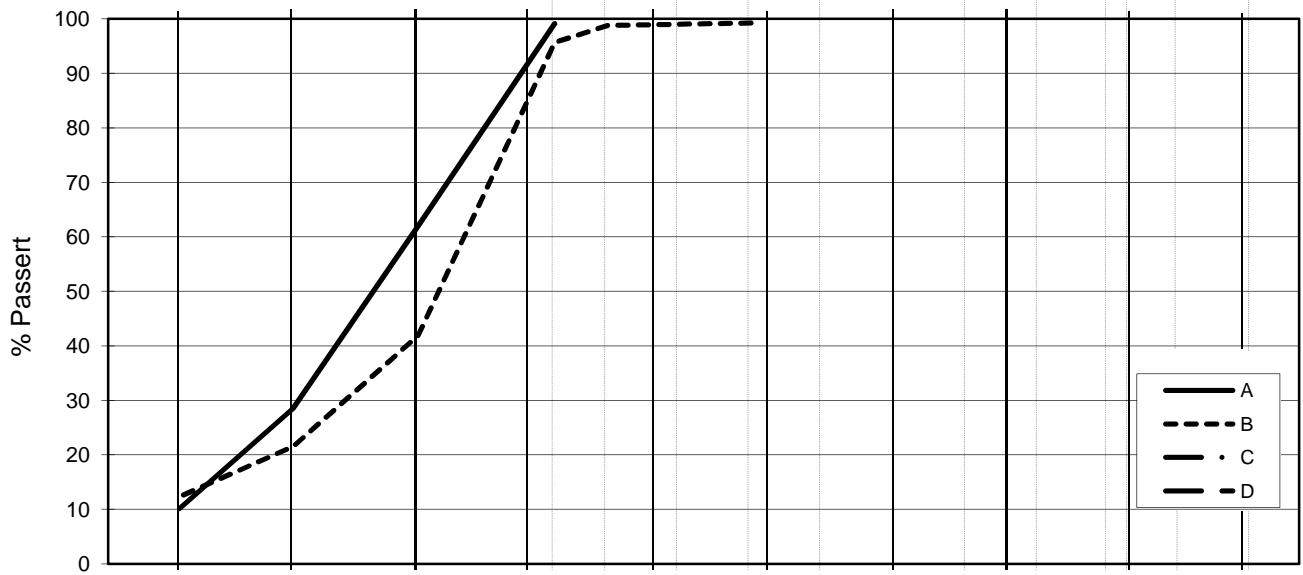
Kurve	Hull nr.	Prøve nr.	Dybde m	C_u (d_{60} / d_{10})	Tele gr.	Leir innh. %	Jordartsbetegnelse	Metode tørr/våt sikt
A	1x	1	0.05	7.6	T4	9.8	SILT, leirig	Fall
B	1x	2	0.2	11.5	T4	9.3	SILT, leirig	Fall
C								
D								
E	2x		0.2	8.9	T4	9.0	SILT, leirig	Fall
F	3x	1A	0-1		T4	13.2	SILT, leirig	Fall
G								
H								

Rev. NT-12 / Dato 2010-11-22 / Sign. SK/EB

H:\LABDATA\2012\20120405\Rutne\grain_3.xlsx\Plot

<h2>Pilottest tynn tildekking i Fagervika, Trondheim havn</h2> <h3>Kornfordelingskurver</h3>	Dokumentnr.	20120405
	Dato	2012-11-26
	Figurnr.	XX.XX
	Tegnet av	FP\
		

L E I R	SILT			SAND			GRUS							
	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov					
US Standard Sikt				200	100	50	30	16	8	4	3/8"	3/4"	1.5"	3"
ISO Standard Sikt				.075	.125	.25	.5	1	2	4	8	16	31.5	63



Kurve	Hull nr.	Prøve nr.	Dybde m	C_u (d_{60} / d_{10})	Tele gr.	Leir innh. %	Jordartsbetegnelse	Metode tørr/våt sikt
A	4x	1B			T4	10.2	SILT, leirig	Fall
B	7x		0.05		T4	12.3	SILT, leirig	Fall
C								
D								
E	8x		0.22	8.6	T4	7.9	SILT, leirig	Fall
F								
G								
H								

Rev. NT-12 / Dato 2010-11-22 / Sign.SK/EB

H:\LABDATA\2012\20120405\Rutine\grain_3.xlsx\Plot

Pilottest tynn tildekking i Fagervika, Trondheim havn

Kornfordelingskurver

Dokumentnr.
20120405

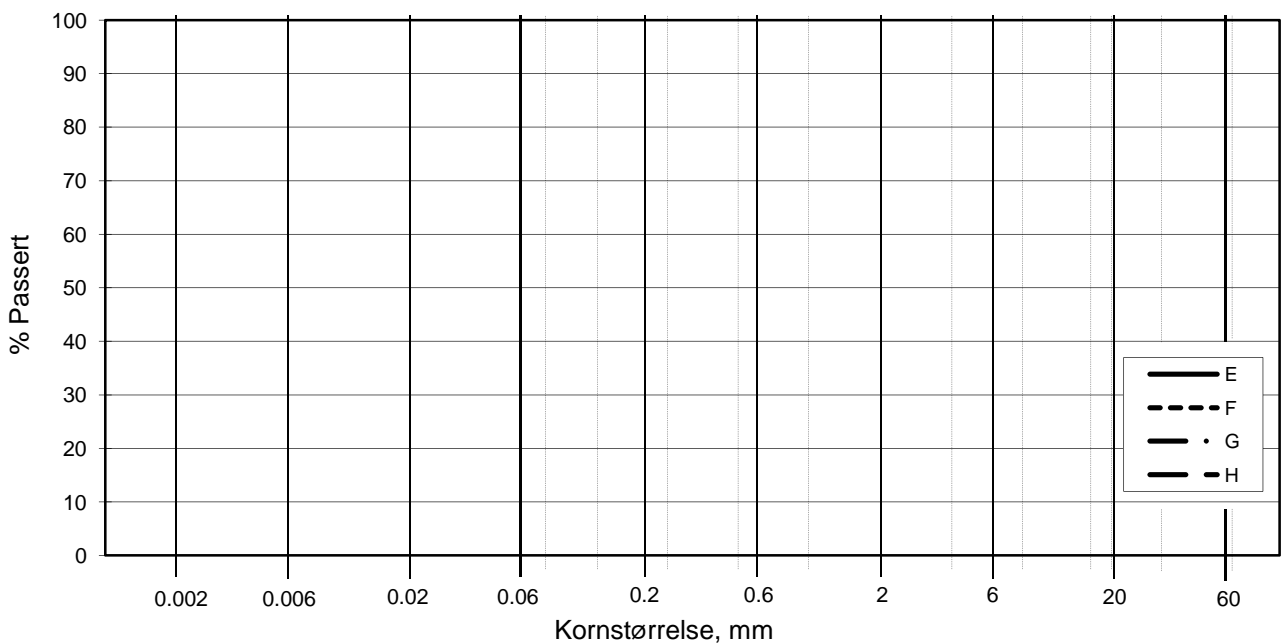
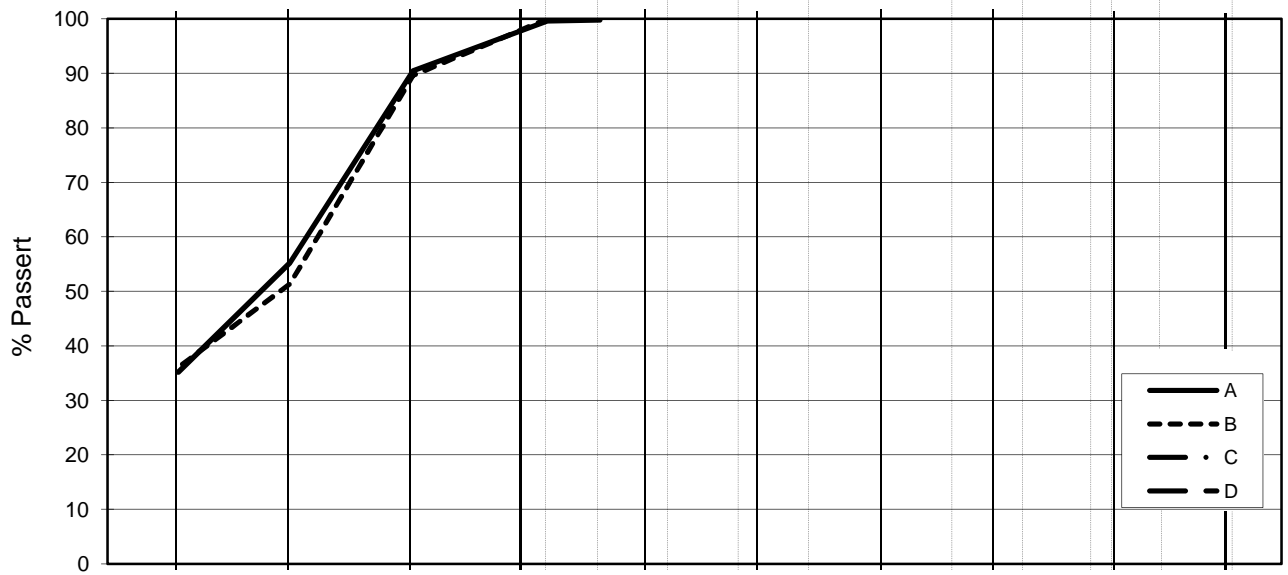
Dato
2012-11-26

Figurnr.
XX.XX

Tegnet av
FP\



L E I R	SILT			SAND			GRUS							
	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov					
US Standard Sikt				200	100	50	30	16	8	4	3/8"	3/4"	1.5"	3"
ISO Standard Sikt				.075	.125	.25	.5	1	2	4	8	16	31.5	63



Kurve	Hull nr.	Prøve nr.	Dybde m	C_u (d_{60} / d_{10})	Tele gr.	Leir innh. %	Jordartsbetegnelse	Metode tørr/våt sikt
A	Grillstad1		0-0.05		T4	35.1	LEIRE	Fall
B	Grillstad1		0.1-0.15		T4	36.0	LEIRE	Fall
C								
D								
E								
F								
G								
H								

Rev. NT-12 / Dato 2010-11-22 / Sign. SK/EB

H:\LABDATA\2012\20120405\Rutine\grain_3.xlsx\Plott

Pilottest tynn tildekking i Fagervika, Trondheim havn

Kornfordelingskurver

Dokumentnr.
20120405

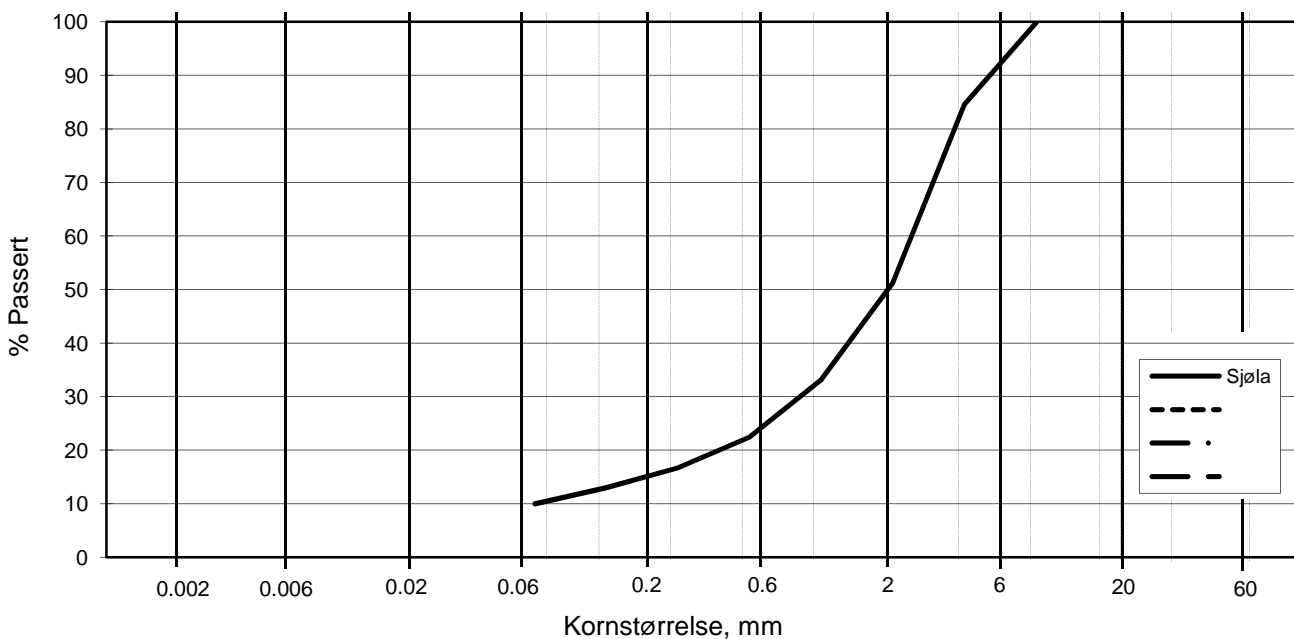
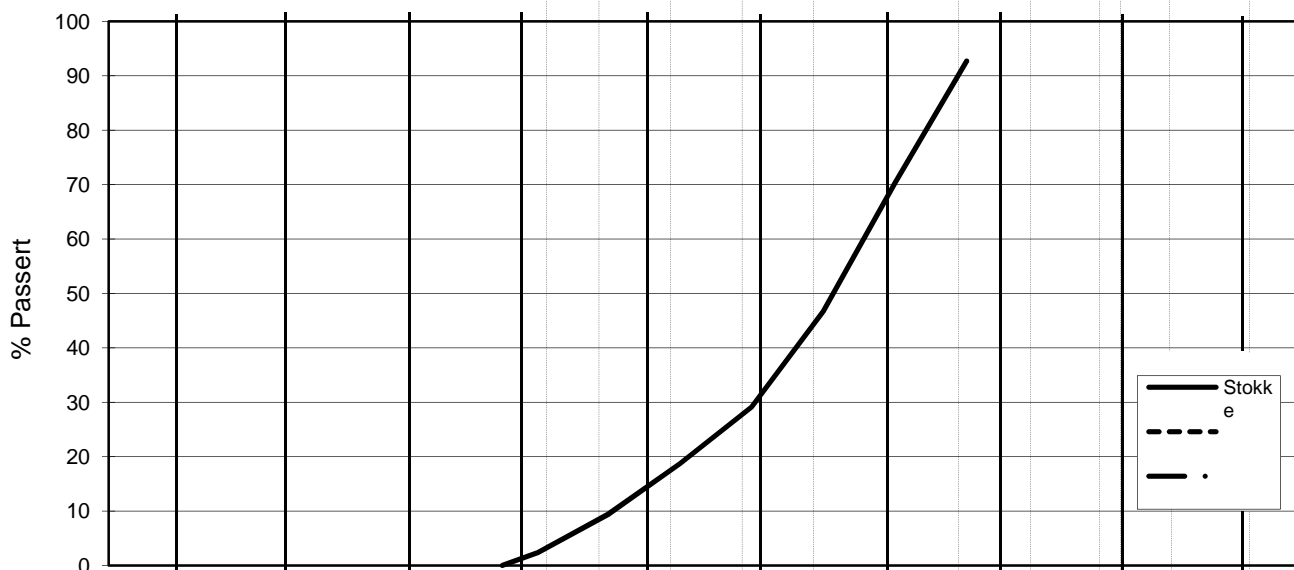
Dato
2012-11-26

Figurnr.
XX.XX

Tegnet av

FP\

L E I R	SILT			SAND			GRUS							
	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov					
US Standard Sikt				200	100	50	30	16	8	4	3/8"	3/4"	1.5"	3"
ISO Standard Sikt				.075	.125	.25	.5	1	2	4	8	16	31.5	63



Kurve	Hull nr.	Prøve nr.	Dybde m	C_u (d_{60} / d_{10})	Tele gr.	Leir innh. %	Jordartsbetegnelse	Metode tørr/våt sikt
A	Stokke			11,3				
B								
C								
D								
E	Sjøla			32,0				
F								
G								
H								

Rev. NT-10 / Dato 2009-08-14 / Sign. SK

P:\2012\04\20120405\Laboratorarbeid\tra leverandør\Kornfordeling.xlsx\Plot

Pilottest tynn tildekking i Fagervika, Trondheim havn

Kornfordelingskurver

Dokumentnr.

20120405

Dato

2012-12-13

Figurnr.

Tegnet av



Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Dokumentinformasjon/Document information														
Dokumenttittel/Document title Pilottest tynntildekking Fagervika – Vurdering av tildekkingsmateriale						Dokumentnr./Document No. 20120405-02-R								
Dokumenttype/Type of document Rapport/Report			Distribusjon/Distribution Fri/Unlimited			Dato/Date 21. juni 2013		Rev.nr.&dato/Rev.No.&date -0-						
Oppdragsgiver/Client Trondheim kommune														
Emneord/Keywords Forurenset sjøbunn, tynntildekking,														
Stedfesting/Geographical information														
Land, fylke/Country, County Norge, Sør-Trøndelag						Havområde/Offshore area								
Kommune/Municipality Trondheim						Feltnavn/Field name								
Sted/Location Fagervika						Sted/Location								
Kartblad/Map 1621 IV Trondheim						Felt, blokknr./Field, Block No.								
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone 32 N7035023 E567498														
Dokumentkontroll/Document control														
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001														
Rev./Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision					Egen-kontroll/ Self review av/by:		Sidemanns-kontroll/ Colleague review av/by:		Uavhengig kontroll/ Independent review av/by:		Tverrfaglig kontroll/ Inter-disciplinary review av/by:		
0	Originaldokument					MMo	KHc	GBr	B					
Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release						Dato/Date 21. juni 2013		Sign. Prosjektleder/Project Manager Mauri Roseid						

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen geofagene. Vi utvikler optimale løsninger for samfunnet, og tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg.

Vi arbeider i følgende markeder: olje, gass og energi, bygg, anlegg og samferdsel, naturskade og miljøteknologi. NGI er en privat stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA.

NGI ble utnevnt til "Senter for fremragende forskning" (SFF) i 2002 og leder "International Centre for Geohazards" (ICG).

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting in the geosciences. NGI develops optimum solutions for society, and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the oil, gas and energy, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors. NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA.

NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002 and leads the International Centre for Geohazards (ICG).

www.ngi.no



Hovedkontor/Main office:
PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo
Norway

Besøksadresse/Street address:
Sognsveien 72, NO-0855 Oslo

Avd Trondheim/Trondheim office:
PO Box 1230 Pirsenteret
NO-7462 Trondheim
Norway

Besøksadresse/Street address:
Pirsenteret, Havnegata 9, NO-7010 Trondheim

T: (+47) 22 02 30 00
F: (+47) 22 23 04 48

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Kontonr 5096 05 01281 / IBAN NO26 5096 0501 281
Org. nr./Company No.: 958 254 318 MVA

BSI EN ISO 9001
Sertifisert av/Certified by BSI, Reg. No. FS 32989

