

Masteroppgave: Kartlegging og studie av forurensning i sediment og vannkolonne i området brukt til snødumping i Trondheimsfjorden (vinteren 2016)



Hilde Alida Hammer

Tidligere masterstudent i miljøkjemi ved NTNU (høst 2014 – vår 2016)

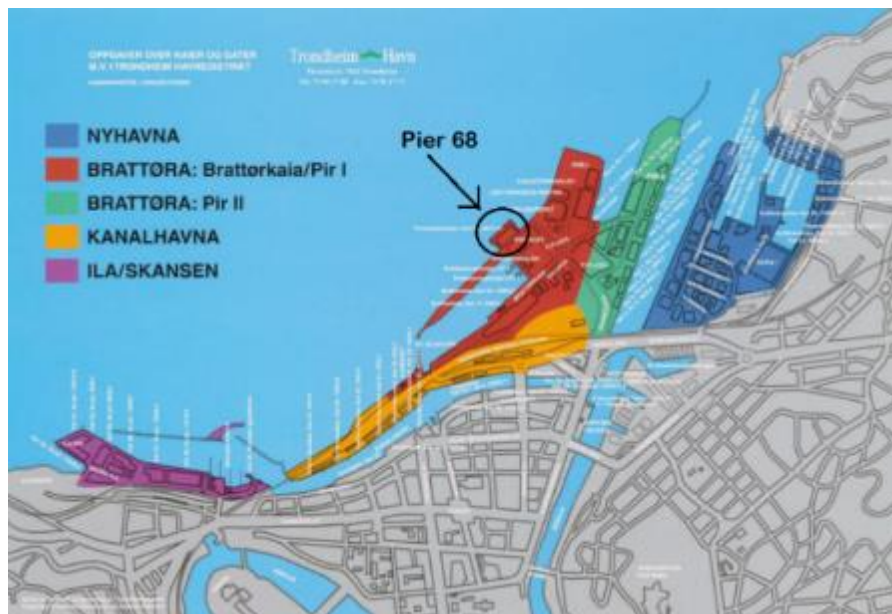
Nå geolog i R3 Entreprenør

Bysnø



Vanlige forurensningskomponenter i snø: tungmetaller (typisk Fe, Zn, Cr og Cu), organiske miljøgifter (PAH-er, PCB-er), næringsstoffer: fosfor og nitrogen, salter, olje og partikler.

Snøtippeplass: **Pir 68**



<http://trondheimhavn.no/uploads/bilder/havna/Kart+Trondheim+havn.jpg>

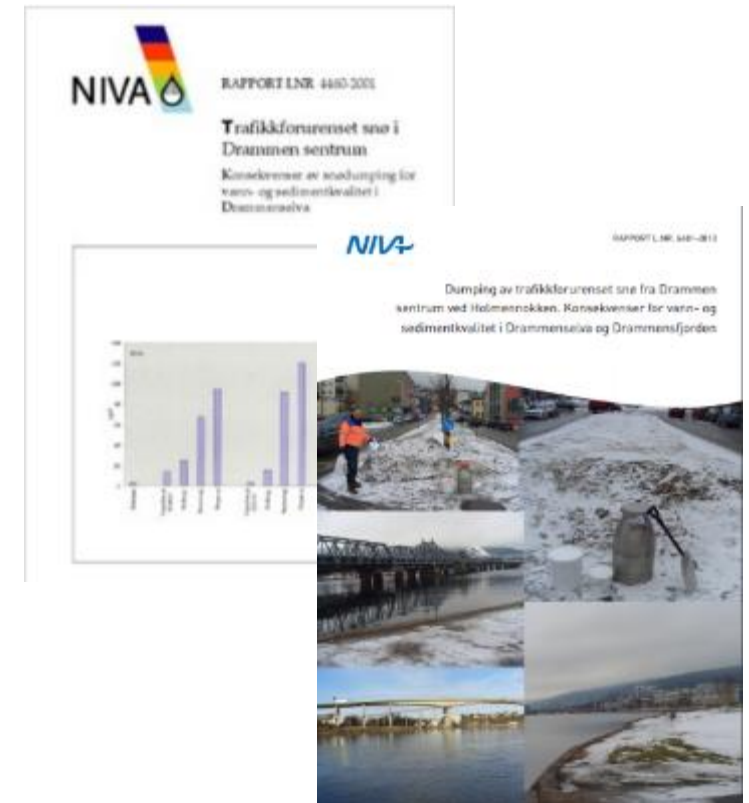


Webcamera Trondheim Havn

Vinter 2015/2016: 40 700 m³ snø ble dumpet

Lignende studier

- Bispevika, Oslo 1993/1994 *Trafikkforurenset snø i Oslo*. Bækken, T. 1994.
- Drammen 2001:
Trafikkforurenset snø i Drammen sentrum. Konsekvenser av snødumping for vann- og sedimentkvalitet i Drammenselva. Bækken, T.; Tjomsland, T. 2001.
- Drammen 2013:
Dumping av trafikkforurenset snø fra Drammen sentrum ved Holmennokken. Konsekvenser for vann- og sedimentkvalitet i Drammenselva og Drammensfjorden. Raneklev, S.; Tjomsland, T.; Kempa, M. 2013



Konklusjoner:

- Bakgrunnskonsentrasjonen av forurensende stoffer økte marginalt
- men Cu og PAH bør følges opp grunnet noen forhøyede konsentrasjoner (opptil moderat forurenset) ved langtids dumping og lite dispersjon i elva (Drammen 2001)
- Konsentrasjonene er lave i forhold til annen avrenning til havna (Bækken, T. 1994)



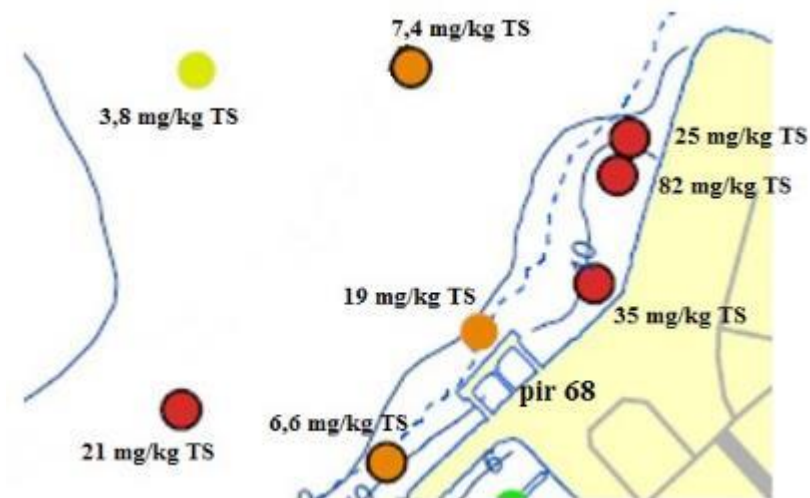
Min oppgave

Målte konsentrasjoner av **As** og **utvalgte tungmetaller** i:

- sedimenterende materiale
- vannoverflaten
- vannkolonnen
- i sedimentet
- samt i snøprøver

i området brukt for dumping av bysnø i Trondheim

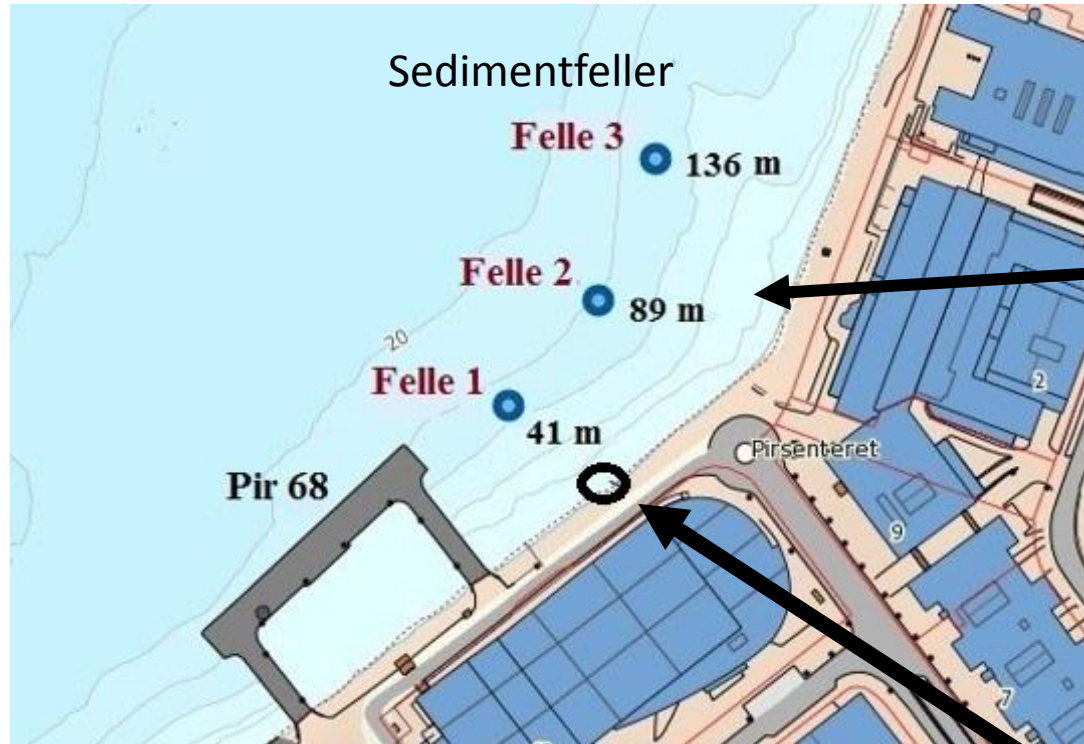
Med studentstipend fra Miljøringen → også **PAHer**
i sedimenterende materiale og i vannkolonne



Referanse: NGI 2011 Delrapport 1B: Risikovurdering. Rev.01

Prøvetaking

Sedimenterende materiale: Sedimentfeller (3 stk)



PAH-er i vann:
POM

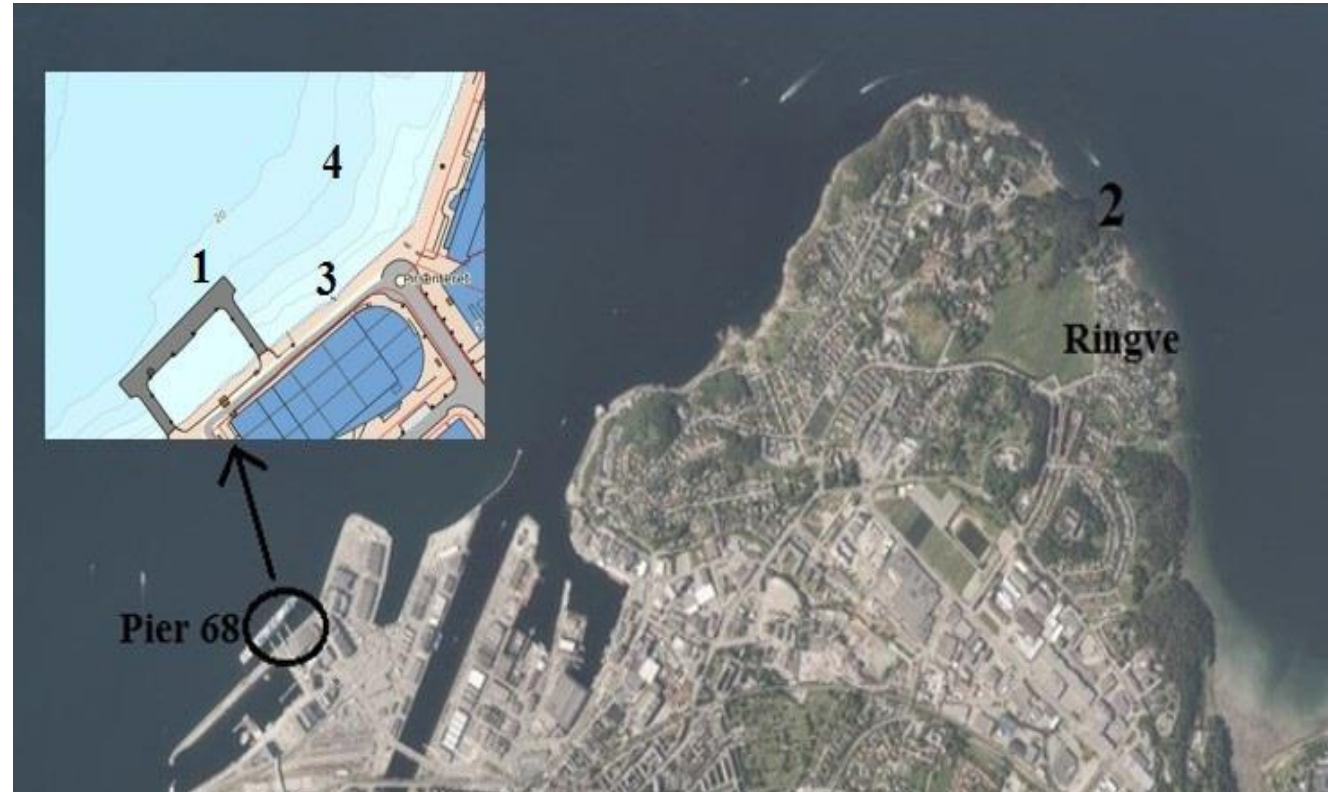


Metaller i vannkolonne:
DGTer
Under og etter snødumpingen



Prøvetaking: overflatevannprøver

- 1:** jan - mars 2015
(8 prøver)
- 2:** jan - mars 2015
(6 prøver)
- 3:** jan - april 2016
(22 prøver)
- 4:** januar 2016
(3 prøver)



Prøvetaking: Sedimentprøver

Nordvest:

Oktober 2014

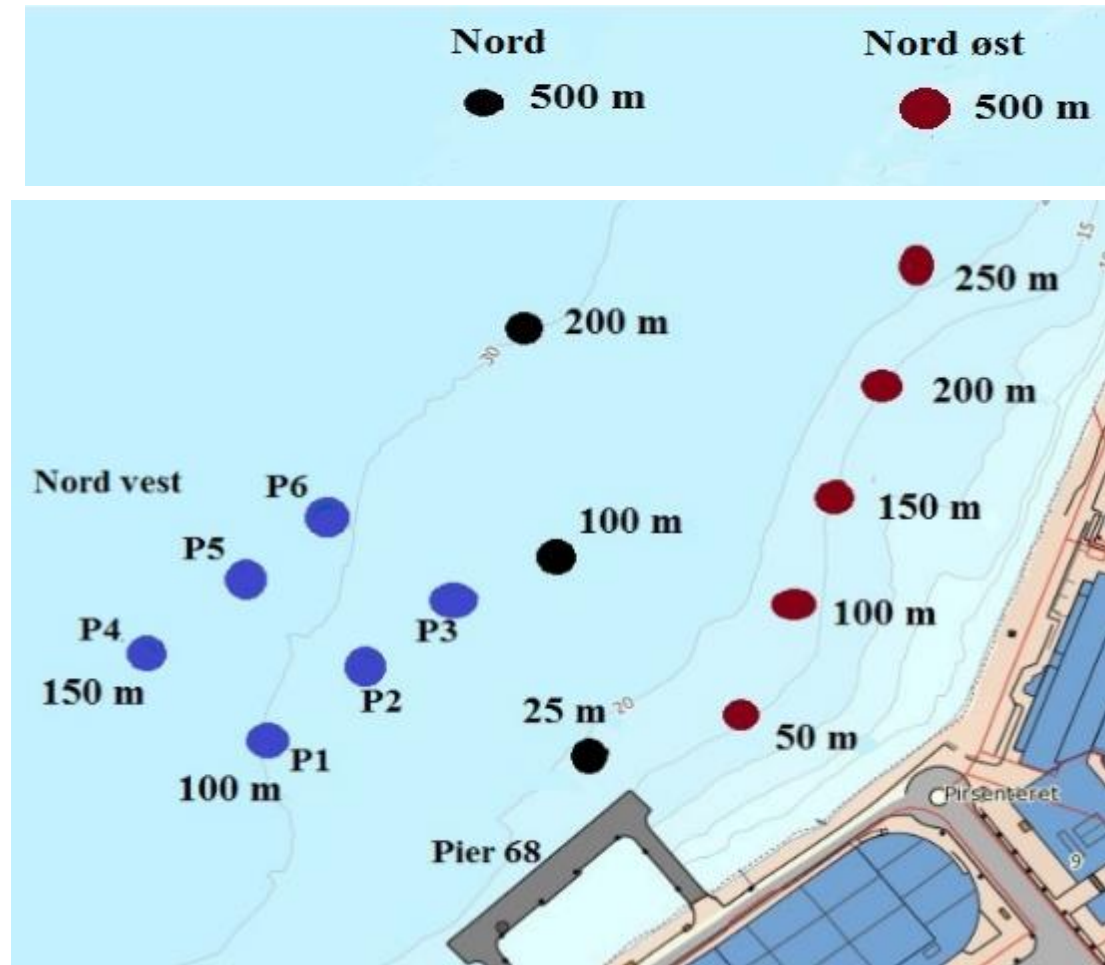
Nord:

Mai 2015

Nordøst:

Februar 2016

Overflate: 0-2 cm



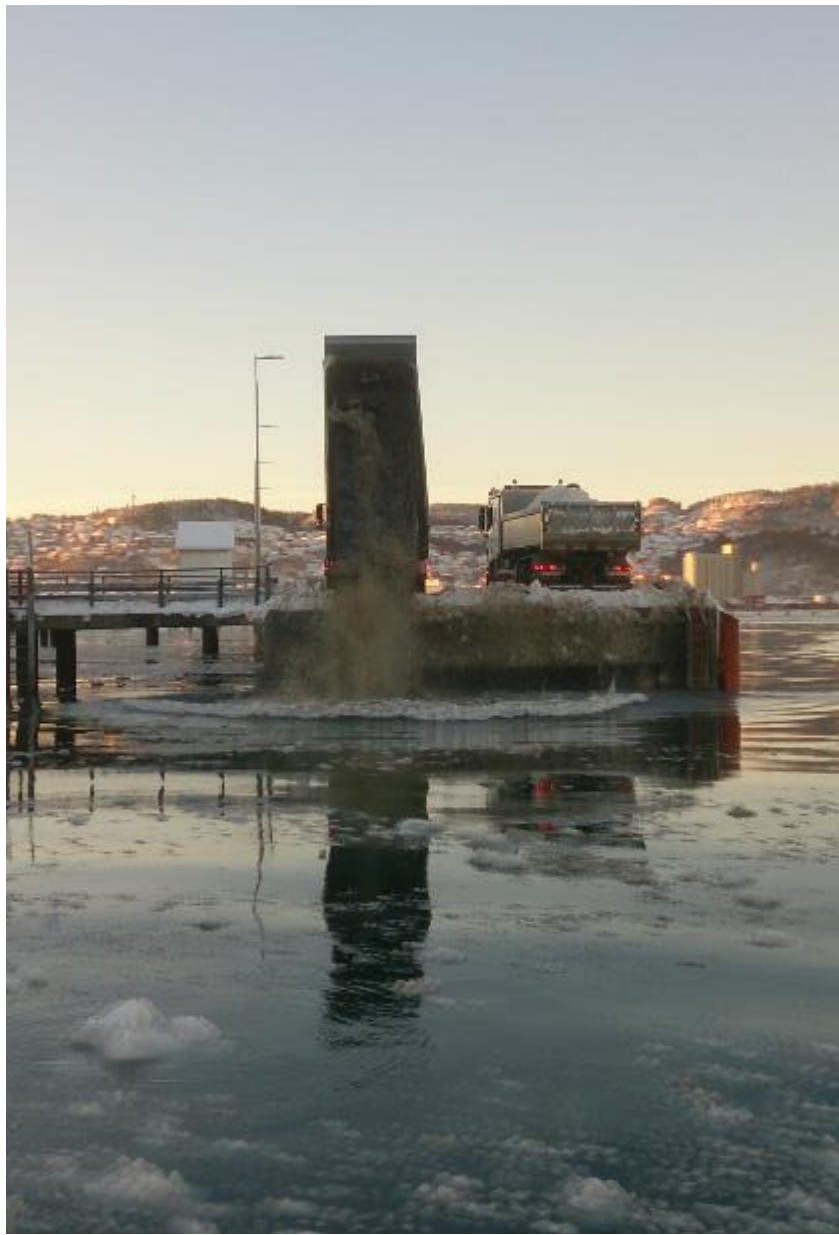
Boxcorer:



Prøvetaking: Snøprøver

17 prøver fra 4 ulike steder











Resultater

Resultater: Snøprøver

Partikulært materiale: Zn, Cu og Cr i høyeste konsentrasjoner

Løst fase: Zn, Cu og Ni i høyeste konsentrasjoner

Bidraget er dermed størst av disse til vann og sediment.

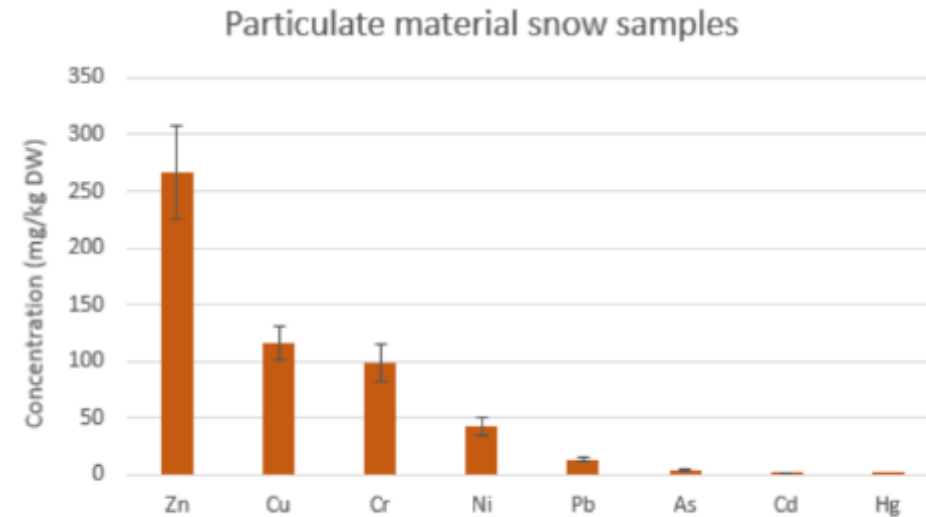
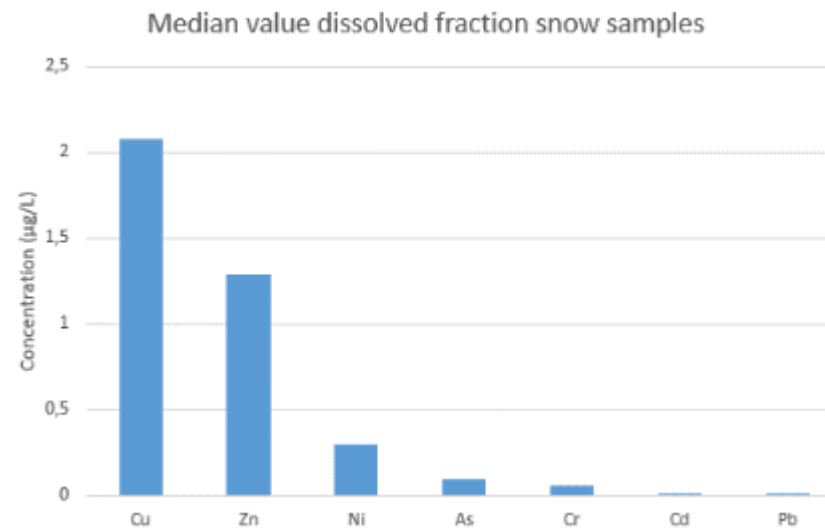


Figure 19. Average concentrations, particulate phase in the snow samples (batch 2, n=3). The error bars show \pm 'one standard deviation'.



Resultater: Sedimentfeller

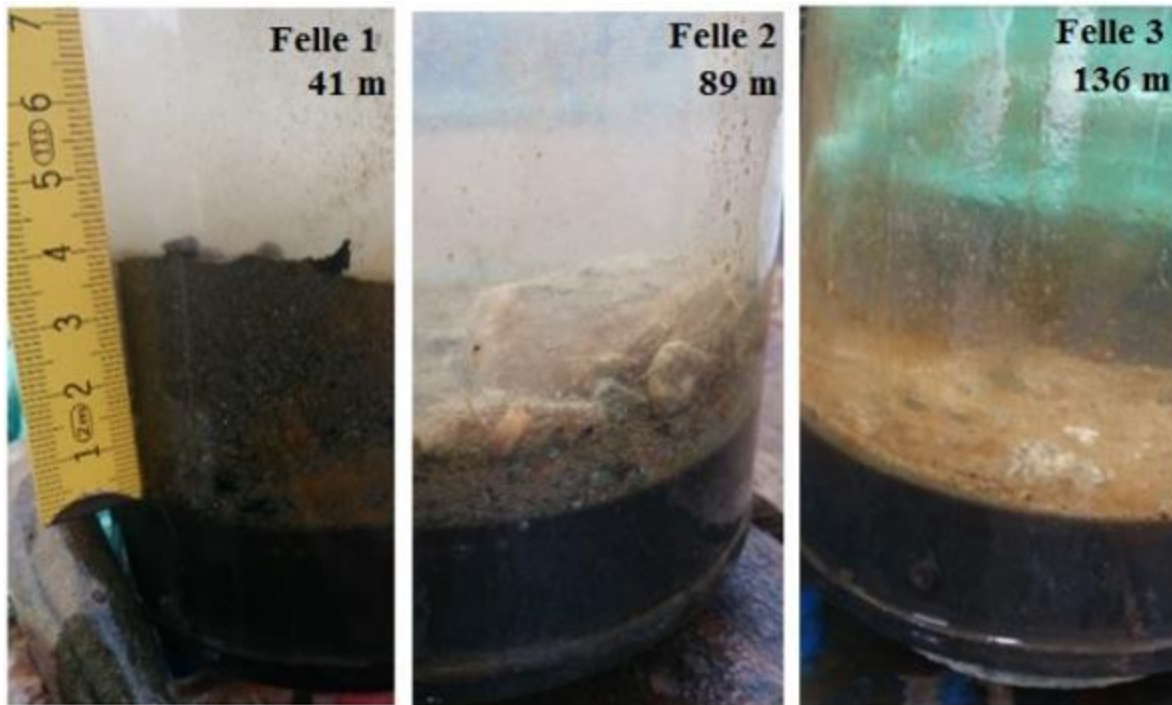
Alle metallene i klasse I

Zn, Cu og Cr i høyeste konsentrasjoner

Metaller (mg/kg TS)	Sedimentfelle nr. (avstand fra pir)		
	1 (41 m)	2 (89 m)	3 (136 m)
As	2,7	4,2	3,6
Pb	7,0	14	7,9
Cd	0,032	0,039	0,027
Cu	26	27	24
Cr	23	20	23
Hg	0,004	< 0,001	0,007
Ni	15	12	15
Zn	33	34	33

I Bakgrunn
II God
III Moderat
IV Dårlig
V Svært dårlig

Sedimentfellene



Naturlig sedimentering:

0,68 – 2,56 mm/år (NGI, 2011b)
4,6 – 79 g tørrstoff (NGI, 2015)

Under snødumping:

1,5 - 2 cm (innenfor ~100 m)
> 410 g tørrstoff (felle 1)
> 160 g tørrstoff (felle 2 og 3)



Sedimentprøvene, topplaget 0-2 cm

Klasse I og II

Cr høyest i sedimentet (naturlig), deretter Zn, Ni og Cu

Retning nordvest

Metall (mg/kg TS)	100 m			150 m		
	Punkt 1	Punkt 2	Punkt 3	Punkt 4	Punkt 5	Punkt 6
As	3,08	3,29	2,71	3,88	3,47	7,61
Pb	13,4	13,6	18,2	25,4	38,2	27,4
Cd	0,0732	0,0653	0,0827	0,0804	0,305	0,191
Cu	17,6	15,9	20,1	28,6	27,2	28,1
Cr	69,5	63,3	78,2	92,0	94,6	87,5
Hg	0,0593	0,0529	0,0672	0,120	0,128	0,197
Ni	25,6	23,7	25,6	30,5	29,7	29,7
Zn	47,6	43,0	69,7	78,7	200	82,5

Retning nord

Metall (mg/kg TS)	25 m	100 m	200 m	500 m
As	3,84	6,76	6,74	6,14
Pb	17,3	18,8	22,8	28,6
Cd	0,0514	0,135	0,0503	0,0406
Cu	26,5	21,7	25,9	18,9
Cr	64,1	81,7	91,1	60,3
Hg	0,0417	0,101	0,172	0,222
Ni	25,1	28,0	32,9	23,9
Zn	55,3	69,5	78,4	65,9

Retning nordøst

Metall (mg/kg TS)	50 m	100 m	150 m	200 m	250 m	500 m
As	9,52	4,78	7,26	4,52	3,27	5,77
Pb	23,3	14,8	26,4	24,1	19,2	18,3
Cd	0,0959	0,0477	0,0507	0,0720	0,0565	0,0470
Cu	48,9	17,3	34,1	27,5	21,3	20,6
Cr	120	70,1	97,9	82,8	79,8	78,5
Hg	0,107	0,0405	0,0991	0,0913	0,0798	0,116
Ni	37,2	24,8	32,1	28,4	24,8	29,8
Zn	93,5	53,5	80,4	74,6	59,5	59,3

TS = tørrstoff

Sediment

Noe høyere konsentrasjoner i retning nordøst

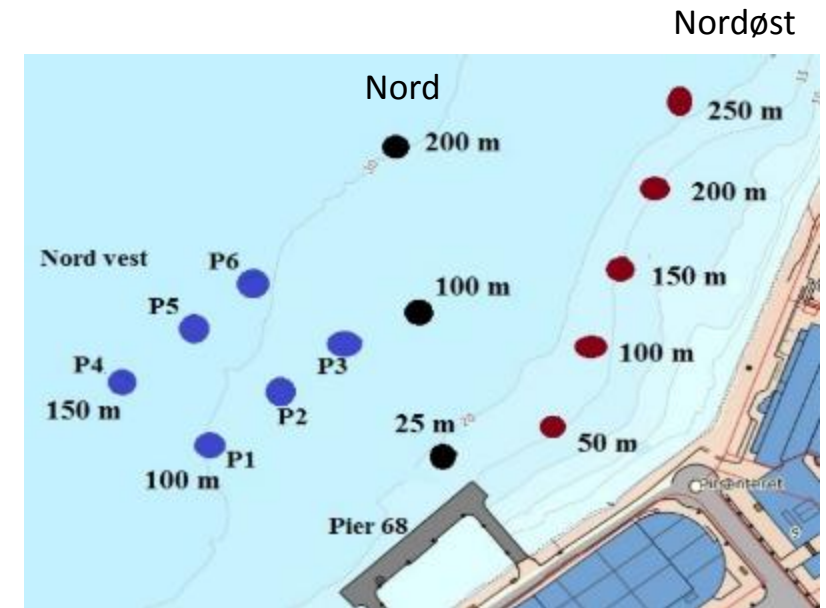
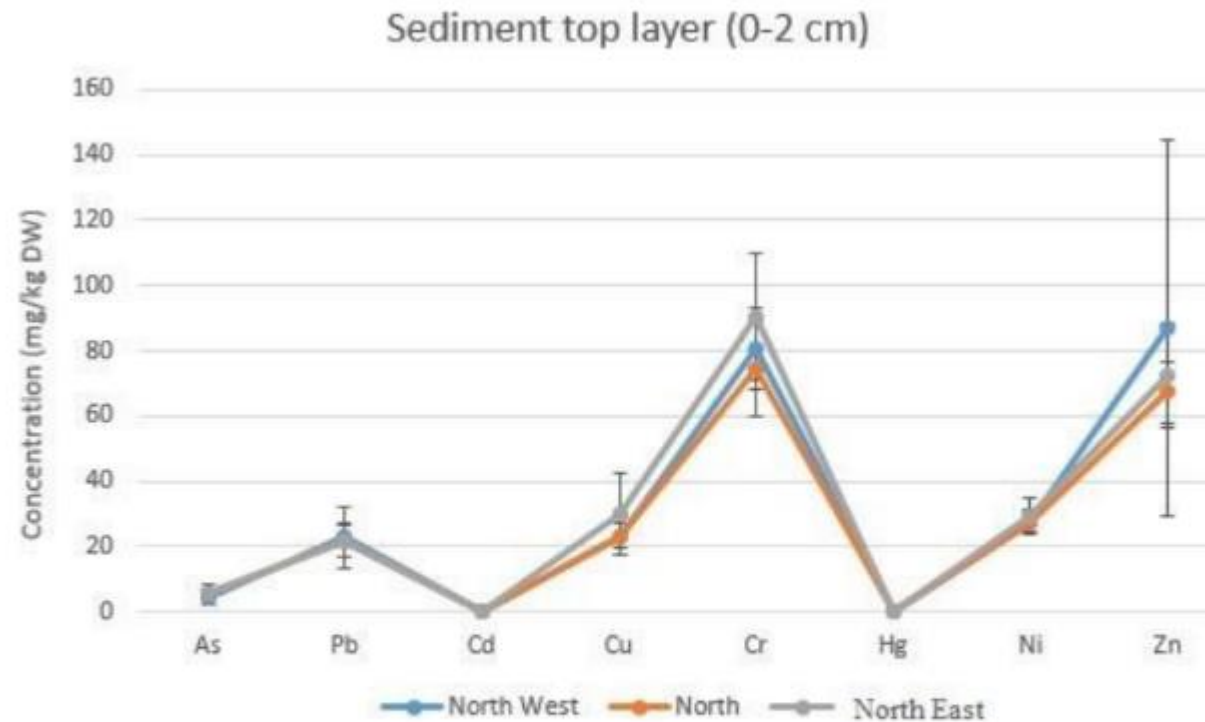


Figure 21. Average concentrations in the sediment samples from the top layer (0-2 cm) for each of the directions ($n=14$). Sampling points 500 m are not included. The error bars show \pm 'one standard deviation'.

Sediment retning nordøst



Grus fra snø observert
ut til 250 m.



Resultater: overflatevannprøver Ringve og pir 68 januar – mars 2015

Minimalt med snødumping 2015

Ganske like konsentrasjoner på pir 68 og på Ringve

Metall (µg/L)	Ringve (n = 6)	Pir 68, 2015 (n = 8)
As	1,22 ± 0,073	1,22 ± 0,094
Pb	0,0209 ± 0,027	< 0,02
Cd	< 0,02	< 0,02
Cu	0,483 ± 0,062	0,451 ± 0,083
Cr	0,120 ± 0,018	0,110 ± 0,020
Hg	< 0,01	< 0,01
Ni	0,319 ± 0,055	0,316 ± 0,040
Zn	1,18 ± 0,29	1,54 ± 0,54

Gjennomsnittskonsentrasjoner ± 1 std. avvik

I Bakgrunn
II God
III Moderat
IV Dårlig
V Svært dårlig

Resultater: Overflatevannprøver, under snødumping

Flere metaller i høyere tilstandsklasser enn uten snødumping: Pb og Cr → klasse II
Cu oppe i klasse III og IV

Ved land

Metall (µg/L)	21.01.16	26.01.16	02.02.16	08.02.16	18.02.16	21.02.16
As	1,28	0,924	0,846	0,974	0,617	0,847
Pb	0,189	0,187	0,148	0,0793	0,187	0,221
Cd	0,0585	0,0222	0,0372	0,0284	< 0,02	0,0552
Cu	5,17	0,882	0,766	0,505	0,910	0,665
Cr	2,09	1,69	2,21	1,51	1,57	2,29
Hg	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Ni	0,833	0,380	0,289	0,342	0,266	0,342
Zn	2,67	1,16	2,93	0,456	< 0,25	< 0,25

Ute på fjorden

Metall (µg/L)	Punkt 1	Punkt 2	Punkt 3
As	1,23	0,848	1,05
Pb	0,174	0,286	0,135
Cd	0,0693	0,0265	0,0525
Cu	2,53	1,74	1,54
Cr	2,52	2,24	2,78
Hg	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Ni	0,417	0,417	0,683
Zn	10,3	1,78	< 0,25

I Bakgrunn
II God
III Moderat
IV Dårlig
V Svært dårlig

Resultater: overflatevannprøver, etter snødumping (april)

De fleste konsentrasjonene er i klasse I igjen, unntatt for Cu, Ni og Zn

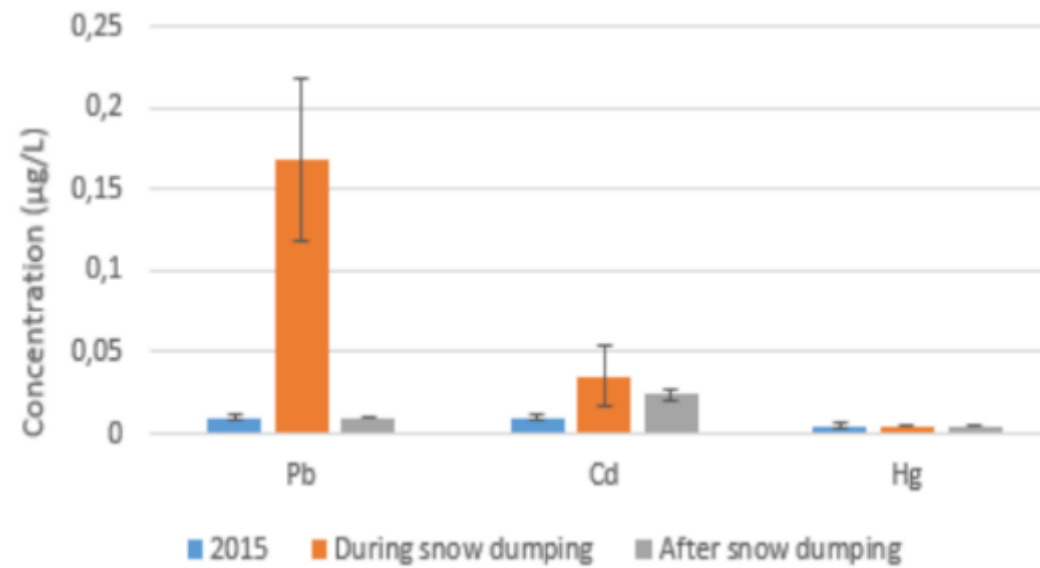
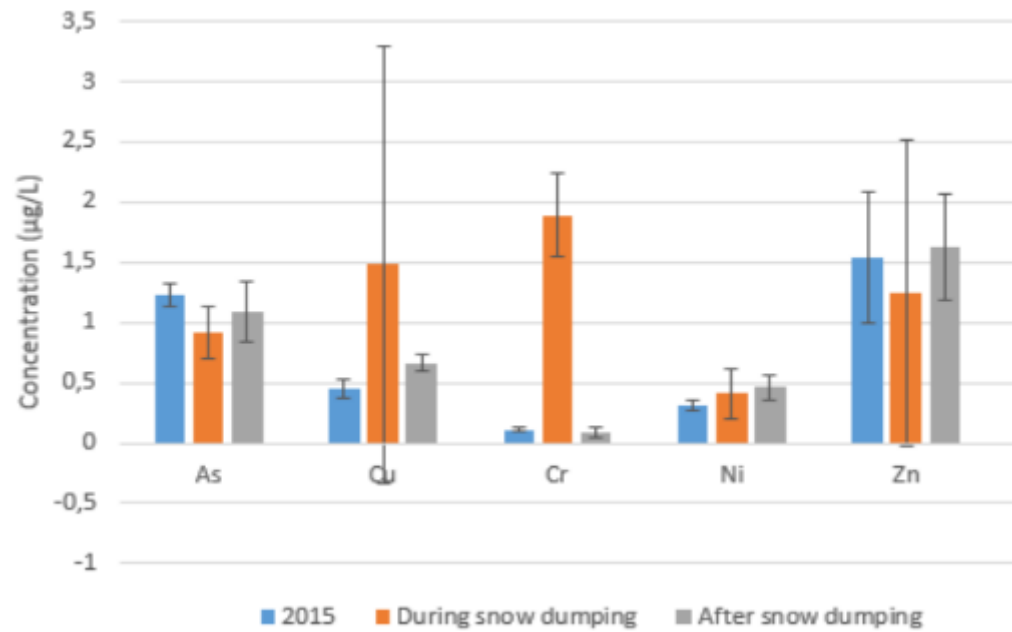
Gjennomsnittskonsentrasjoner for hver prøvetakingsdato.

Metall (µg/L)	12.04 (n = 5)	15.04 (n = 3)	17.04 (n = 4)	19.04 (n = 4)
As	1,39	0,796	1,14	1,01
Pb	0,01	0,01	0,01	0,01
Cd	0,0237	0,0197	0,0273	0,0265
Cu	0,625	0,645	0,769	0,611
Cr	0,0663	0,122	0,123	0,0427
Hg	0,005	0,005	0,005	0,005
Ni	0,399	0,602	0,487	0,373
Zn	1,24	1,46	2,26	1,54

I Bakgrunn
II God
III Moderat
IV Dårlig
V Svært dårlig

Zn µg/L	Cu µg/L
0,965	0,545
1,23	0,540
1,07	0,722
1,22	0,620
1,69	0,699
1,20	0,618
1,90	0,696
1,27	0,622
3,76	0,797
1,52	0,681
1,28	0,717
2,47	0,597
1,75	0,574
1,07	0,643
1,16	0,631
2,16	

Overflatevann



Cr og Pb størst økning i konsentrasjon

Resultater: vannkolonne, metaller

De fleste i klasse I både under og etter snødumping → lavere enn i overflatevannet
Cr signifikant høyere under snødumpingen

Under snødumping (gjennomsnittskonsentrasjoner i DGT-ene for hver prøvetakingsrunde)

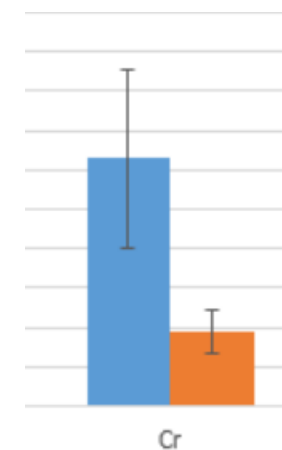
Metall ($\mu\text{g/L}$)	21.01-26.01	26.01-02.02	02.02-08.02	08.02-18.02	18.02-21.02
Pb	0,0282	0,0217	0,0355	0,118	0,0430
Cd	0,0104	0,0107	0,0132	0,00962	0,0112
Cu	8,35	0,911	5,77	5,70	3,75
Cr	0,0527	0,041	0,0480	0,0948	0,0778
Ni	0,166	0,266	0,419	0,163	0,174
Zn	1,14	0,806	1,43	0,775	0,935

Etter snødumping

(gjennomsnitt 2 DGT-er)

07.04 – 15.04
0,0245
0,0168
3,68
0,0189
0,424
1,78

I Bakgrunn
II God
III Moderat
IV Dårlig
V Svært dårlig



Resultater for As og Hg ikke oppgitt grunnet mangel på gode elueringsfaktorer.

Resultater: vannkolonne, PAH-er

POM2:
Kontaminering?
Analysefeil?

PAH	Kons.	POM (avstand fra pir)		
		POM1 (41 m)	POM2 (89 m)	POM3 (136 m)
Naftalen	ng/L	164	273	148
Acenaftilen	ng/L	1,21	12,2	1,24
Acenaften	ng/L	6,25	1390	57,0
Fluoren	ng/L	7,66	671	38,1
Fenantren	ng/L	33,3	1520	149
Antracen	ng/L	0,546	42,3	3,25
Fluoranten	ng/L	7,58	231	37,5
Pyren	ng/L	6,10	111	18,8
Benzo(a)antracen	ng/L	0,180	2,09	0,393
Krysen	ng/L	0,780	3,53	0,881
Benzo(b)fluoranten	ng/L	0,286	0,263	0,306
Benzo(k)fluoranten	ng/L	0,174	0,172	0,158
Benzo(a)pyren	ng/L	0,307	0,107	0,0821
Indeno(1,2,3-cd)pyren	ng/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Dibenzo(a,h)antracen	ng/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Benzo(ghi)perylene	ng/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Sum PAH-16	ng/L	0,228	4,26	0,455

I Bakgrunn
II God
III Moderat
IV Dårlig
V Svært dårlig



Resultater: PAH-er i sedimenterende materiale

PAH-er i klasse I og II

PAH (mg/kg tørrstoff)	Sedimentfelle nr. (avstand fra pir)		
	1 (41 m)	2 (89 m)	3 (136 m)
Naftalen	<0,010	<0,010	<0,010
Acenaftylen	<0,010	<0,010	<0,010
Acenaften	<0,010	<0,010	<0,010
Fluoren	<0,010	<0,010	<0,010
Fenantren	0,042	0,017	0,021
Antracen	<0,010	<0,010	<0,010
Fluoranten	0,061	0,033	0,052
Pyren	0,060	0,037	0,058
Benzo(a)antracen	0,016	<0,010	0,016
Krysen	0,052	0,030	0,050
Benzo(b)fluoranten	0,022	0,014	0,026
Benzo(k)fluoranten	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo(a)pyren	0,022	0,013	0,024
Indeno(1,2,3-cd)pyren	<0,010	<0,010	0,013
Dibenzo(a,h)antracen	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo(ghi)perylen	0,015	0,011	0,020
Sum PAH-16	0,29	0,16	0,28

Andre sedimentfeller

Metaller

Table 41. Sediment traps in different areas than pier 68 in the harbour January to March 2015 (NGI, 2015)(DW = dry weight).

		Sediment traps other areas in the harbour (NGI, 2015)								This study
		BI	I1	I2	N	K1	K2	K3	Ref	Pier 68
As	mg/kg DW	11	110	60	4.4	15	15	7.6	6.1	3.5 ± 0.75
Pb	mg/kg DW	56	240	120	24	71	56	30	23	9.6 ± 3.8
Cd	mg/kg DW	0.16	2.2	0.95	0.39	0.25	0.19	0.22	0.2	0.033 ± 0.0060
Cr	mg/kg DW	73	48	40	56	93	100	73	71	26 ± 1.5
Cu	mg/kg DW	59	5500	210	43	86	86	65	66	22 ± 1.7
Hg	mg/kg DW	<0.10	0.28	0.19	<0.10	0.16	<0.10	<0.10	<0.10	0.004 ± 0.0033
Ni	mg/kg DW	41	26	23	31	55	60	48	48	14 ± 1.7
Zn	mg/kg DW	110	2300	580	120	220	200	150	150	33 ± 0.58

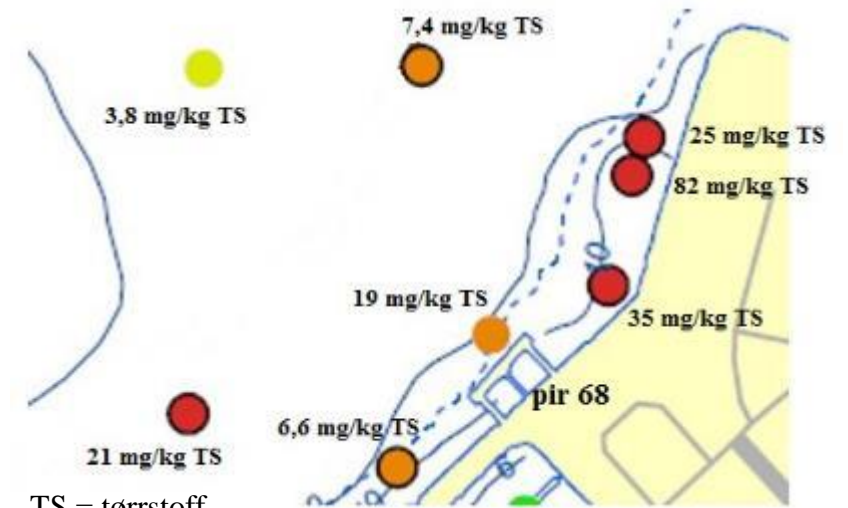
Fortynningseffekt?



Andre sedimentfeller

PAH-er

PAH (mg/kg DW)	Sediment traps other areas in the harbour (NGI, 2015)								Pier 68
	BI	I1	I2	N	K1	K2	K3	Ref	
Naphthalene	<0.05 0	<0.05 0	<0.05 0	0.16	0.14	0,062	<0.05 0	<0.05 0	<0.010
Acenaphthylene	<0.05 0	<0.05 0	<0.05 0	0.29	<0.05 0	<0.05 0	<0.05 0	<0.05 0	<0.010
Acenaphthene	<0.05 0	<0.05 0	<0.05 0	0.13	<0.05 0	<0.05 0	<0.05 0	<0.05 0	<0.010
Fluorene	<0.05 0	<0.05 0	<0.05 0	0.40	0.064	<0.05 0	<0.05 0	<0.05 0	<0.010
Phenanthrene	0.36	0.13	0.31	2.8	1.6	0.38	0.37	0.44	0.0267
Anthracene	0.088	0.067	0.10	0.85	0.20	0.15	0.056	0.059	<0.010
Fluoranthene	0.76	0.37	0.70	5.8	2.3	1.2	1.0	0.85	0.0487
Pyrene	0.53	0.30	0.56	4.0	1.3	0.82	0.66	0.56	0.0517
Benzo(a)anthracene	0.25	0.16	0.28	2.1	0.29	0.32	0.14	0.11	0.0123
Chrysene	0.23	0.15	0.24	1.5	0.33	0.35	0.17	0.10	0.044
Benzo(b)-fluoranthene	0.22	0.13	0.26	1.8	0.26	0.32	0.12	0.11	0.0207
Benzo(k)-fluoranthene	0.13	0.098	0.16	0.90	0.17	0.19	0.080	0.060	<0.010
Benzo(a)pyrene	0.26	0.19	0.33	2.2	0.35	0.31	0.13	0.12	0.0197
Indeno(1,2,3-cd)-pyrene	0.24	0.15	0.30	2.3	0.33	0.32	0.15	0.13	<0.010
Dibenzo(a,h)-anthracene	<0.05 0	<0.05 0	0.052	0.28	<0.05 0	<0.05 0	<0.05 0	<0.05 0	<0.010
Benzo(ghi)-perylene	0.24	0.14	0.26	1.9	0.32	0.30	0.16	0.14	0.0153



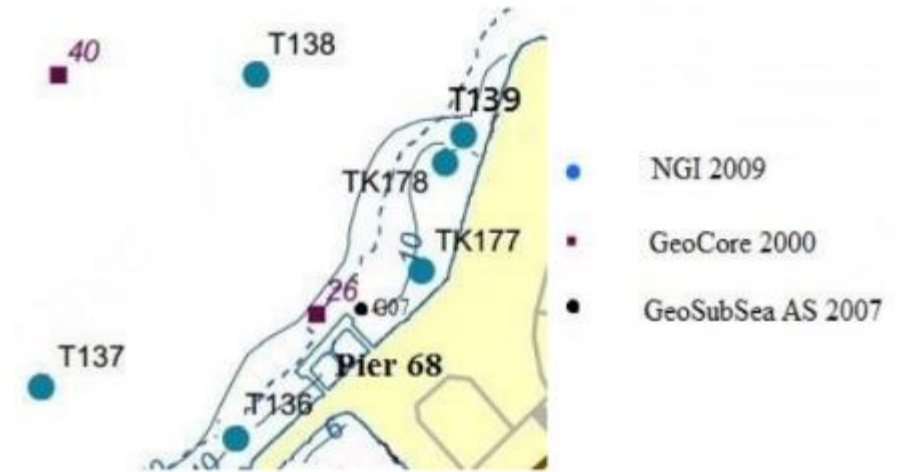
TS = tørrstoff

Referanse: NGI 2011 Delrapport 1B: Risikovurdering. Rev.01



Konklusjon:

- Like konklusjoner som tidligere undersøkelser:
 - bidrar marginalt med forurensninger til sedimentet
 - men bidrar med masse → øker behovet for mudring
 - Cu kan komme noe høyt
- Marginal påvirkning i vannet
 - De fleste er I klasse I og II (god tilstand), unntatt for Cu og Zn som er oppe i klasse III og IV
 - Pb og Cr størst økning i overflatevannet
 - Cr significant høyere i vannkolonna under snødumping
- Sedimentene stort sett i klasse I og II → god tilstand



Sampling point	G07	26	40	T136	T138	TK177	TK178	T139
Layer in the sediment (cm)	0 - 10	0 - 2	0 - 2	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 10
As (mg/kg DW)	2.4	4	7	4	7.3	5.4	6	4.8
Pb (mg/kg DW)	17.3	22	85	14	26	120	24	30
Cd (mg/kg DW)	0.14	0.5	0.70	0.39	0.47	0.58	0.4	0.68
Cu (mg/kg DW)	51.8	32	36	19	36	32	26	38
Cr (mg/kg DW)	43.6	32	29	33	43	50	140	100
Hg (mg/kg DW)	0.03	0.55	0.15	0.038	0.19	0.087	0.017	0.23
Ni (mg/kg DW)	36.9	29	21	22	27	31	26	32
Zn (mg/kg DW)	112	81	147	82	110	89	41	87

Praksis i dag i Trondheim

Hentet fra trondheimhavn.no

Loggføring

All snø som tømmes ved kai 68 skal loggføres med opplysning om volum, hvor snøen kommer fra og lagringsperiode.

Miljøkrav

Det er ikke tillatt å tømme forurenset snø eller annen forurenset masse i fjorden. Hver enkelt er ansvarlig for at snø som skal tømmes ved kai oppfyller alle miljøkrav i henhold til [Forurensningsforskriften](#).

Annet avfall henvises til **andre mottaksordninger**.

Anvist område

Snøtømming skal kun skje på anvist område ved kai 68. Det er ikke tillatt å tømme snø andre steder i havneområdet, eller ved [ISPS-anløp på kai 68](#).

Trondheim Bydrift tar prøver av snøen før den dumpes.

Takk for oppmerksomheten

Takk til:

- **NTNU**
- Hovedveileder **Øyvind Mikkelsen** og medveileder **Silje Salomonsen**
- **NGI** og **Anita Nybakk** for hjelp og støtte
- **Trondheim Havn, Renere Havn** og **Miljøenheten ved Trondheim Kommune** for støtte

Og ikke minst **Miljøringen** for studentstipend



Referanser

NGI 2011b. Delrapport 1B: Risikovurdering. Rev.01.

NGI 2015. Månedrapport mars og april 2015.

Oppsummering resultater:

Snøprøver:

Partikulær fase: Zn, Cu og Cr i høyest konsentrasjoner

Løst fase: Zn, Cu og Ni i høyeste konsentrasjoner

Sedimenterende materiale: mest materiale i felle nærmest dumpestedet, 1,5 – 2 cm innenfor 100 m.

Metaller: klasse I, Zn, Cu og Cr høyest konsentrasjon

PAH-er: klasse I og II

Sediment: Alle metaller i klasse I og II. Cr høyest (av naturlige årsaker)

Ikke mye forskjell mellom retningene

Vannoverflaten:

Uten snødumping: Klasse I for metallene, kun Cu i klasse II

Under snødumping: Cr og Pb kommer i klasse II, Cr og Pb størst økning i vannoverflaten under snødumping, Cu og Zn oppe i klasse III og IV

Etter: tilbake i klasse I igjen, Cu fortsatt en tilstandsklasse over de andre.

Vannkolonnen:

Metaller: klasse I under snødumping, lavere enn i overflata.

Cr signifikant høyere under snødumpingen

PAH-er: klasse II, unntatt noen i klasse III og V i POM2 (kontaminering?, analysefeil?)