


NGU Rapport 2009.078
Revidert 15.02.2010

Kartlegging av miljøgifter i eksteriørmaling på
bygninger i Midtbyen i Trondheim
Revidert 15.02 2010

Rapport nr.: 2009.078		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Kartlegging av miljøgifter i eksteriørmaling på bygninger i Midtbyen i Trondheim			
Forfattere: Andersen, M. K., Ataei, M., Buraas, I.K., Dreiås, G. M., Gabrielsen, K.M., Granly, T., Holten, M.A., Isaksen, M.E., Lillevik, M., Lønmo, N.H., Moen, I.M., Paulsrud, L.E., Rusti, E.H., L.E., Som, B., Sørensen, L.		Oppdragsgiver: NTNU og NGU	
Fylke: Sør-Trøndelag		Kommune: Trondheim	
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 51 Kartbilag:	Pris:
Feltarbeid utført: September og oktober, 2009	Rapportdato: Desember 2009	Prosjektnr.: 296000	Ansvarlig: 
<p>Sammendrag:</p> <p>Ved hjelp av et bærbart XRF-instrument er eksteriørmalingen på 290 bygg i Midtbyen i Trondheim undersøkt for innholdet av antimon, arsen, barium, bly, brom, jern, kadmium, klor, kobber, krom, kvikksølv, nikkel, sink, tinn, titan og vanadium.</p> <p>Resultatene viser at miljø- og helsefarlige stoffer forekommer i eksteriørmaling på mange av de 290 undersøkte bygg i Midtbyen i Trondheim. Blyinnholdet som er påvist i de ulike eksteriørmalingene er overraskende høyt. Grenseverdien for farlig avfall for bly overskrides i mange bygg. Flere bygg som ble pusset opp i 1996 forbindelse med 1000 års jubileet for Trondheim, har et høyt innhold av bly i de ytre fasader. Ingen malingsfarger skilte seg spesielt ut med tanke på innhold av blyinnhold.</p> <p>Stående bygningsmasse er sannsynligvis en viktig aktiv forurensningskilde for tungmetaller. Naturlig avflassing og rehabiliteringsarbeider representerer en risiko for spredning av bly og andre miljøgifter til jord og til overvannssystemet med mulighet for videre spredning til havnebassenget.</p> <p>Blyinnholdet i interiørmaling ble undersøkt i ett bygg (Trondheim Katedralskole). Konsentrasjonen av bly i malingen ble her påvist å være høyere enn grenseverdien for farlig avfall (>2500 mg/kg).</p>			
Emneord	Miljøgifter	Bygningsmassen	
Bly	Barium	Antimon	
Krom	Eksteriørmaling	Interiørmaling	

INNHOOLD

1. FORORD.....	7
2. INNLEDNING	8
3. UNDERSØKT OMRÅDE	9
4. METODER.....	10
5. RESULTATER MED KOMMENTARER	11
5.1 Generell kartlegging	11
5.1.1 Arsen	14
5.1.2 Barium.....	14
5.1.3 Brom.....	14
5.1.4 Kadmium.....	14
5.1.5 Klor.....	14
5.1.6 Krom.....	14
5.1.7 Kobber.....	15
5.1.8 Jern	15
5.1.9 Nikkel.....	15
5.1.10 Bly	15
5.1.11 Antimon.....	15
5.1.12 Tinn	15
5.1.13 Titan	15
5.1.14 Vanadium	16
5.1.15 Sink.....	16
6. DETALJERT KARTLEGGING AV TO BYGG.....	16
6.1 Hornemannsgården.....	16
6.2 Stiftsgården.....	18
6.2.1 Tilleggsundersøkelser.....	19
7. INTERIØRMALING	21
7.1 Trondheim Katedral Skole	21
8. DISKUSJON	22
8.1 Malingstyper.....	22
8.2 Innhold av miljøgifter i ulike farger av eksteriørmaling	23
8.2.1 Hvit maling.....	23
8.2.2 Grå maling.....	24
8.2.3 Rød maling	24
8.2.4 Grønn maling.....	24
8.2.5 Gul maling.....	24
8.2.6 Brun maling.....	24
8.2.7 Beige maling	25
9. KONKLUSJON OG ANBEFALINGER	26
10. REFERANSER	26
VEDLEGG	28
Vedlegg 1: Prøvenummer, X,Y-koordinater, analyseresultater	28
Vedlegg 2: Kumulative frekvensfordelinger for de undersøkte grunnstoffer	28
Vedlegg 3: Kart over innhold av grunnstoffer i eksteriørmaling i husfasader i Trondheim	28
Vedlegg 4 Informasjon om de ulike grunnstoffene.....	28
Vedlegg 2	41
Vedlegg 3: Kart over innhold av grunnstoffer i eksteriørmaling på fasader i Trondheim...	48
Vedlegg 4 Informasjon om de ulike grunnstoffene.....	56

1. FORORD

Praktisk oppgave for 15 studenter som tok i faget KJ3071 Anvendt geokjemi på NTNU høst semesteret 2009, var å undersøke innholdet av grunnstoffene antimon (Sb), arsen (As), bly (Pb), brom (Br), jern (Fe), kadmium (Cd), klor (Cl), kobber (Cu), kobolt (Co), krom (Cr), II Rolf Tore Ottesen som vepå 290 husfasader i Midtbyen i Trondheim. Arbeidet ble gjennomført med professor II Rolf Tore Ottesen som veileder. Denne rapporten presenterer resultatene av studentenes arbeid.

Revisjon 15.02.2010

Etter at studentenes målinger var rapportert, ble det utført mer detaljerte målinger på fasadene til Stiftsgården på grunnlag av opplysning om nylig gjennomført vedlikehold inkludert maling i 2008. Statsbygg ønsket å få kontrollert den ferske malingens innhold av bly. Dette ble utført ved måling på nytt panel med bare et strøk maling, og ved at prøver av fersk maling direkte fra malingsspannet ble analysert. Resultatene av disse undersøkelsene er satt inn i nytt kap. 6.2.1

2. INNLEDNING

En viktig aktiv forurensningskilde i et urbant miljø er den stående bygningsmassen (Jartun og medarbeidere, 2009). Maling på utvendige vegger inneholder ofte miljøgifter som via avflassing, opp-pussingsarbeider eller riving kan komme i kontakt med mennesker og dyr (Andersson og medarbeidere, 2004; Jartun og medarbeidere, 2008). I Trondheim har blyholdig hvitmaling på en bygning som blir benyttet til barnehage ført til omfattende jordforurensning i barnehagens uteareal (Hole og Frøland, 2008).



Figur 1 Møllebakken barnehage i Trondheim. Den hvite eksteriørmalingen er blyholdig

I 1921 ble det av et flertall av medlemslandene i Den internasjonale arbeidsorganisasjonen ILO underskrevet en konvensjon om bruk av blymaling, som forbød bruk av blyhvitt og blymønje interiørmaling. Denne konvensjonen satte også en rekke krav til arbeidsmiljøet når blyhvitt og blymønje skulle brukes utendørs. Konvensjonen ble ratifisert av Norge i 1929, og bestemmelsene ble innarbeidet i norsk lov samme år. Blyhvitt ble nå erstattet med sinkhvitt, og på 1940-tallet kom et annet alternativ, titanhvitt, på markedet (Hille, 2001). Det er antatt at innholdet av metaller er høyere i gammel maling sammenliknet med den maling som produseres i dag. Generelt inneholder vannfortynnbare produkter mindre mengder skadelige stoffer enn de løsemiddelbaserte (Melsom, 2008).

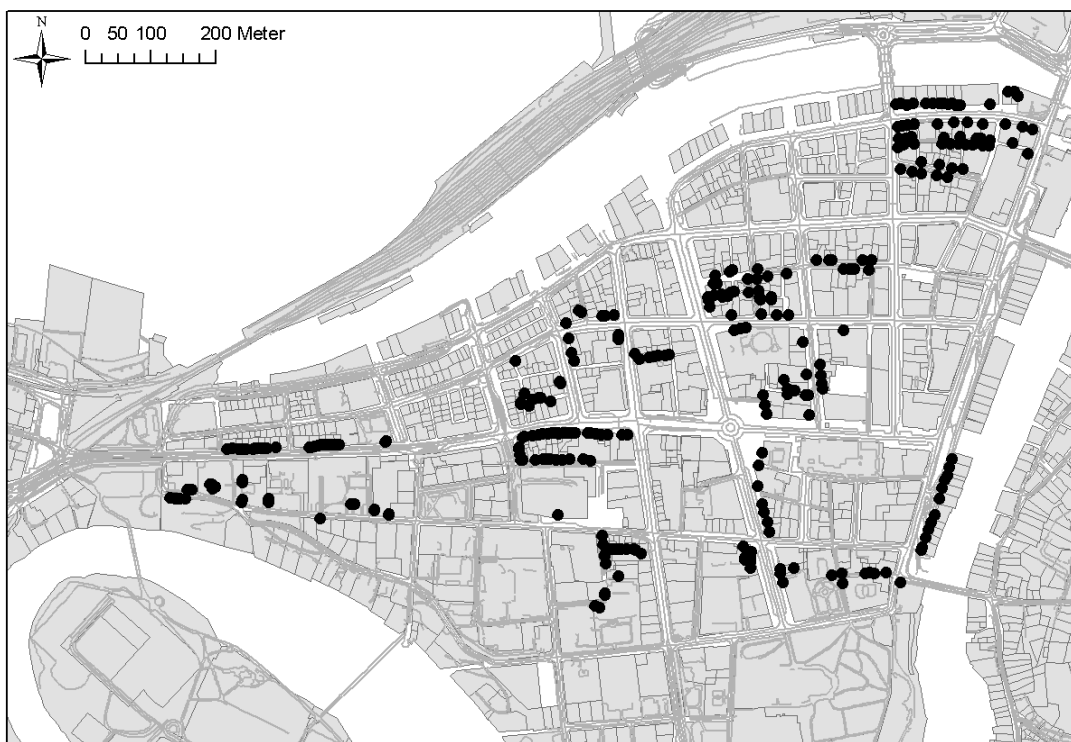
Det samlede salgsvolum for maling i Norge er ca 60 millioner liter per år fordelt på ca 36 millioner liter interiørmaling og ca 24 millioner liter eksteriør maling. Maling inneholder bindemidler, pigmenter, soppdrepende midler, fyllstoffer, hjelpestoffer og løsningsmidler. Maling skal beskytte konstruksjonens overflate mot slitasje, værpåvirkning, kjemikaliepåvirkning, korrosjon og angrep av sopp og skadeinsekter. Funksjonskravene styrer i stor grad valg av bindemidler og pigmenter, som i hovedsak bestemmer den øvrige

sammensetningen av produktet. Grov sett kan produktene deles i to typer, produkter som inneholder organiske løsningsmidler og vannfortynnbare produkter. Maling kan inneholde stoffer som er farlige for helse og miljø.

Praktisk oppgave for 15 studenter som tok i faget KJ3071 Anvendt geokjemi på NTNU høst semesteret 2009, var å undersøke innholdet av grunnstoffene antimon (Sb), arsen (As), bly (Pb), brom (Br), jern (Fe), kadmium (Cd), klor (Cl), kobber (Cu), kobolt (Co), krom (Cr), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni), sink (Zn), tinn (Sn), titan (Ti) og vanadium (V) i eksteriørmaling på 290 husfasader i Midtbyen i Trondheim. Denne rapporten presenterer resultatene av studentenes arbeid, i hovedsakelig i form av tabeller. Kun noen få offentlig eide bygg blir trukket frem. De øvrige undersøkte bygg inngår i det statistiske materiale

3. UNDERSØKT OMRÅDE

Det ble utført målinger på 290 malte bygninger, både betongbygninger og trehus (Figur 2). Det er utført flest målinger på malte trehus. I tillegg, ble to bygg (Hornemannsgården og Stiftsgården) målt i større detalj for å undersøke hvor stor variasjon det var i innholdet av miljøgifter i utvendig maling på samme bygg. Fasadene i Hornemannsgården ble målt på 32 steder, mens Stiftsgårdens fasader ble undersøkt 22 steder. Interiørmaling er i undersøkt i meget begrenset omfang på Trondheim Katedralskole (7 målepunkter).



Figur 2. Undersøkt område med 290 prøvepunktene markert med svarte prikker.

4. METODER

For å bestemme innholdet av grunnstoffene antimon (Sb), arsen (As), bly (Pb), brom (Br), jern (Fe), kadmium (Cd), klor (Cl), kobber (Cu), kobolt (Co), krom (Cr), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni), sink (Zn), tinn (Sn), titan (Ti) og vanadium (V) i eksteriørmalingen på bygg, ble det benyttet en bærbar røntgenfluorescens (XRF) instrument (Figur 3).

Røntgenstråling av høy energi blir sendt inn på en prøve, dette fører til at grunnstoffene sender ut fluorescensstråling. Denne strålingen er karakteristisk for hvert enkelt element. Gitte bølgelengder vil derfor være karakteristiske for hvert grunnstoff. De aktuelle bølgelengdene separeres ut via en passende krystall ved vinkelavhengig refleksjon. Etter det blir den registrert med en detektor. XRF er en analysemetode for å bestemme totalinnholdet av et element i en prøve.

Apparatet som ble brukt ved undersøkelsen var et håndholdt NITON-instrument (Figur 3). Instrumentet var programmert og kalibrert for bestemmelse av grunnstoffer i maling.



Figur 3. XRF-instrumentet som ble benyttet i undersøkelsen.

Hvert målepunktet ble bestrålt i 60 sekunder, og alle resultatene ble lagret i instruments interne datalager. Etter at måleprogrammet var fullført, ble alle data overført til NGUs datalager. Alle målepunktene ble georeferert, og kart som viser den geografiske fordelingene av de ulike grunnstoffene ble produsert ved hjelp av ARC GIS.



Figur 4 Måling av grunnstoffer på malt flate. Flaten ble bestrålt i 60 sekunder i hvert målepunkt.

5. RESULTATER MED KOMMENTARER

5.1 Generell kartlegging

Resultatene fra alle XRF-målingene er dokumentert i vedlegg 1. Enkle statistiske parametre basert på resultatene fra alle målingene er vist i tabell 1. Verdier under påvisningsgrensen for instrumentet er satt lik 0. Statiske parametre for de prøvene hvor de ulike grunnstoffene er sikkert påvist med og med en feilprosent på under 25 % er dokumentert i tabell 2.

Ut i fra tallene (Tabell 1) er titan (Ti) det vanligste av målte tungmetallene i husfasader, etterfulgt av jern (Fe) og sink (Zn). Det er påvist bly i 230 husfasader. Arsen er kun påvist i 4 målinger og kadmium i 9 av 297 målinger (Tabell 1).

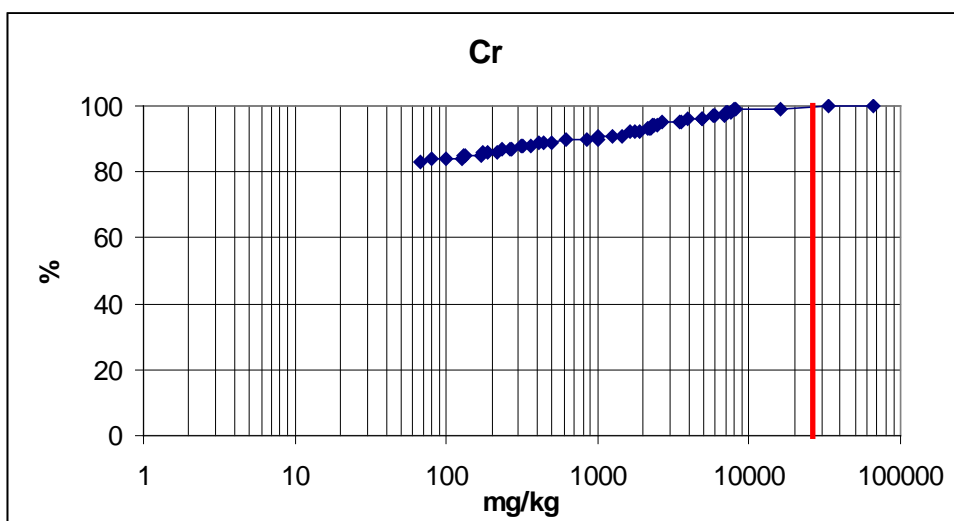
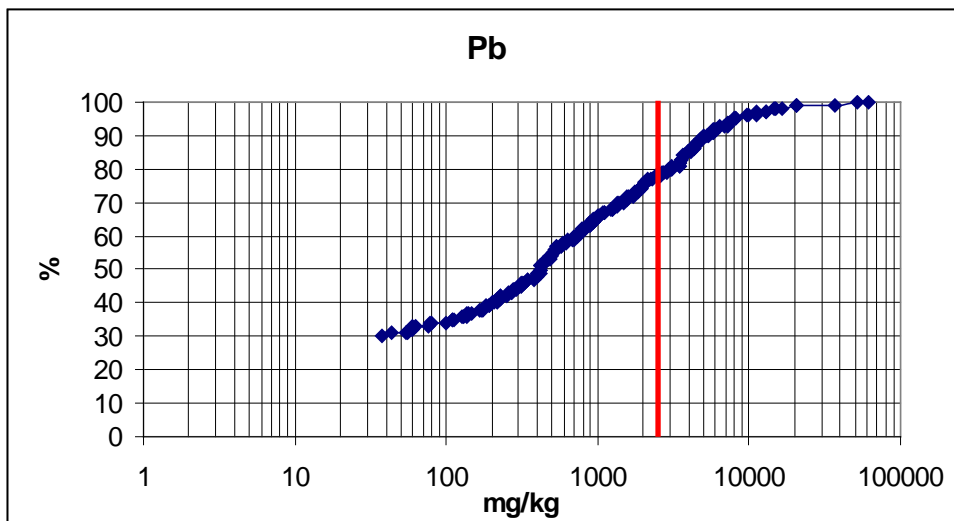
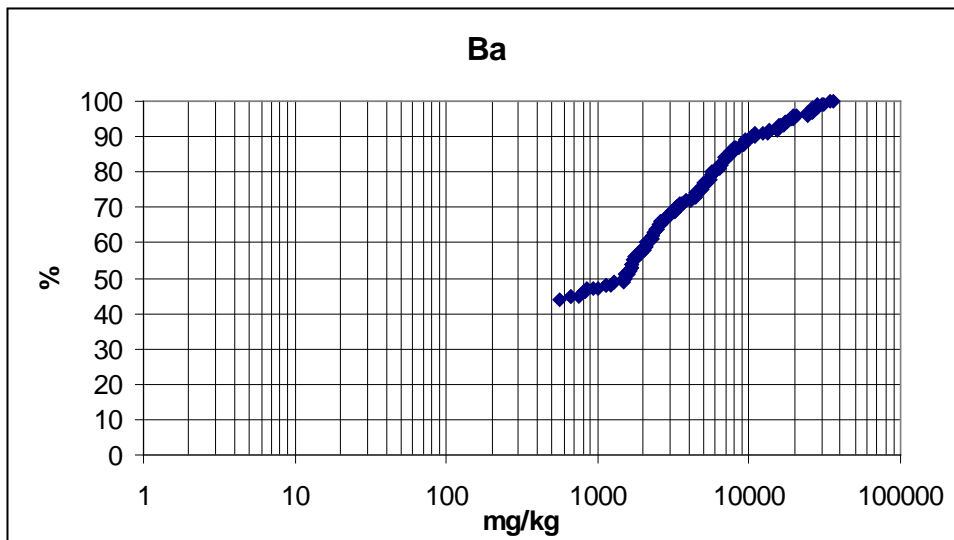
Tabell 1 Innhold (mg/kg) av utvalgte grunnstoffer i utvendig maling i hus i Trondheim sentrum. Målinger med usikkerhet på mer enn 25 % har blitt sett på som upålitelige er satt lik 0 i denne tabellen. Totalt er det utført 297 målinger.

Element	Median (mg/kg)	Aritmetisk middel (mg/kg)	Min (mg/kg)	Maks (mg/kg)	Antall pålitelige målinger	Prosent pålitelige målinger
(As) Arsen	0	27	0	4379	4	1,0 %
(Ba) Barium	1421	3872	0	36125	187	56,6 %
(Br) Brom	0	77	0	5618	80	30,3 %
(Cd) Kadmium	0	2	0	187	6	1,5 %
(Cl) Klor	0	3281	0	83273	72	22,1 %
(Cr) Krom	0	759	0	66374	64	17,6 %
(Cu) Kobber	0	20	0	1010	20	5,2 %
(Fe) Jern	7697	14726	0	385406	328	93,7 %
(Ni) Nikkel	0	120	0	31353	14	3,1 %
(Pb) Bly	422	2192	0	60917	230	71,7%
(Sb) Antimon	0	122	0	3684	44	13,4 %
(Sn) Tinn	0	11	0	599	23	6,2 %
(Ti) Titan	61785	71233	0	260531	321	98,3%
(V) Vanadium	0	528	0	76325	14	3,8 %
(Zn) Sink	1159	13458	0	164046	259	79,3 %

Tabell 2 Innhold (mg/kg) av utvalgte grunnstoffer i utvendig maling i hus i Trondheim sentrum. Kun sikre målinger er tatt med i denne tabellen. Totalt er det utført 297 målinger.

Element	Median (mg/kg)	Aritmetisk middel (mg/kg)	Min (mg/kg)	Maks (mg/kg)	Antall pålitelige målinger
(As) Arsen	1059	2106	880	4379	4
(Ba) Barium	1142	6950	556	36125	187
(Br) Brom	95	260	19	5618	80
(Cd) Kadmium	94	110	79	187	6
(Cl) Klor	6258	14545	3191	83272	72
(Cr) Krom	1631	4420	67	66376	64
(Cu) Kobber	332	390	98	1010	20
(Fe) Jern	7985	14978	322	385406	328
(Ni) Nikkel	295	3970	116	31353	14
(Pb) Bly	977	3130	37	60917	230
(Sb) Antimon	795	926	113	3683	44
(Sn) Tinn	155	186	78	599	23
(Ti) Titan	64157	74232	642	260531	321
(V) Vanadium	5107	14251	1822	76325	14
(Zn) Sink	4282	17378	62	164046	259

Kumulative frekvensfordelinger for barium, bly og krom er dokumentert i figur 5. 12 prosent av prøvene inneholder mer enn 1 vektprosent barium. Blykonsentrasjonene viser stor spredning, fra 0 til med enn 6 prosent. Hele 22 prosent av de målte blyverdiene overskrider grenseverdien for farlig avfall fastsatt for bly (>2500 mg/kg). Kun en liten andel av de målte kromverdier overskrider grensen for farlig avfall fastsatt for krom (> 25 000 mg/kg).



Figur 5 Kumulativ frekvensfordeling av innholdet av barium, bly og krom i eksteriørmaling i Trondheim

5.1.1 Arsen

Ett hus slår ut med arsen i malingen. Fargen er oransje. Målingene i dette huset påviste også kobber og krom. Dette kan indikere at kledningen i husfasaden består av CCA-impregnert trevirke. En hvit vinduslist har et meget høyt innhold av arsen, uten at det påvises kobber og krom. Arsenforbindelser har i mange år vært brukt i pigmenter i maling, men arsen i maling representerer ikke en miljøutfordring i de undersøkte byggene i Trondheim.

5.1.2 Barium

Omtrent halvparten av målingene (Tabell 1) viste at malingen inneholdt barium. Konsentrasjonen av barium i malingen er relativt høy. Ti prosent av prøvene inneholdt mer enn 1 vektprosent barium. Det er ikke kjent hvilken bariumforbindelse som er tilsatt malingen. Noen bariumforbindelser er meget giftige, mens for eksempel bariumsulfat (BaSO_4) ikke er det.

5.1.3 Brom

Brom er påvist i 30 % av målingene, og medianverdiene for de prøvene hvor brom ble påvist er 94 mg/kg. Den høyeste verdien over 0,5 prosent brom. 70 prosent av målingene viste verdier < 10 mg/kg. Det er ingen samvariasjon mellom brom og klor i maling.

5.1.4 Kadmium

Kun 6 målingen har sikre kadmiumverdier. Kadmium i den undersøkte eksteriørmalingen representerer ingen miljørisiko. Den høyeste verdi for kadmium (186 mg/kg) ble imidlertid påvist i interiørmaling på Katedralskolen.

5.1.5 Klor

Reproduserbare klorverdier er påvist i 22 prosent av prøvene. De påvisbare klorverdiene ligger i området 3000 – 80 000 mg/kg.

5.1.6 Krom

Krom påvises i 17,6 prosent av prøvene (Tabell 1). Høyeste kromkonsentrasjon er over 6 prosent. Grønn maling har høyest innhold av krom, etterfulgt av rød, oransje- og sennepsgul maling. Bly og krom opptrer sammen i oransje- og sennepsgule malinger. Dette indikerer blykromat som pigment i disse malingene. Det er ikke kontrollert for hvilket oksidasjonstrinn krom har i malingen. De høyeste kromverdiene overskrider grensen for farlig avfall for krom³⁺ på 25 000 mg/kg.

5.1.7 Kobber

Det er lite kobber i den målte eksteriørmalingen. Kun i 5,2 prosent av prøvene ble det påvist kobber. Høyeste påviste konsentrasjon er 1010 mg/kg. Kobber representerer ikke en miljørisiko i den undersøkte eksteriørmalingen i Trondheim.

5.1.8 Jern

93,7 prosent av prøvene inneholder jern. De høyeste jernkonsentrasjonene finnes i rød maling.

5.1.9 Nikkel

Kun 3,2 prosent av målingene hadde verdier over deteksjonsgrensen for metoden. Høyeste nikkelkonsentrasjon er påvist i en rød maling. I gule og hvite malinger, er det en samvariasjon mellom nikkel og antimon.

5.1.10 Bly

230 av de undersøkte bygg har bly i eksteriørmaling. De høyeste bly konsentrasjonene ble påvist oransje og gråhvit maling. Medianverdien for bly i de prøvene hvor bly med sikkerhet ble påvist er 977 mg/kg. Høyeste målte bly verdi var på over 6 prosent bly. 22 prosent av blyverdiene overskrider grenseverdien for farlig avfall (>2500 mg/kg). Bly er et meget giftig tungmetall.

5.1.11 Antimon

13,4 prosent av målingene inneholdt pålitelige verdier for antimon. Den høyeste påviste konsentrasjon var på 3683 mg/kg. Antimon er et giftig grunnstoff som har fått relativt liten oppmerksomhet i norsk miljøforvaltning.

5.1.12 Tinn

6,2 prosent av prøvene inneholdt pålitelige verdier for tinn. Det ikke undersøkt om det påviste tinn opptrer i en uorganisk eller organisk forbindelse.

5.1.13 Titan

98,3 prosent av prøvene inneholdt pålitelige verdier for titan, og er det vanligst forekommende av de 11 undersøkte grunnstoffene.

5.1.14 Vanadium

3,8 prosent av prøvene inneholdt pålitelige verdier for vanadium. Grunnstoffet er påvist i 6 ulike farger eksteriørmaling. Når vanadium påvises i malingen, er konsentrasjonen av grunnstoffet høy.

5.1.15 Sink

Sink er det tungmetallet som forekommer hyppigst i den undersøkte eksteriørmalingen. 259 bygg har eksteriørmaling som inneholder sink. 15 prosent av de målte verdier overskrider grensen for farlig avfall for sink (25 000 mg/kg).

6. DETALJERT KARTLEGGING AV TO BYGG

6.1 Hornemannsgården

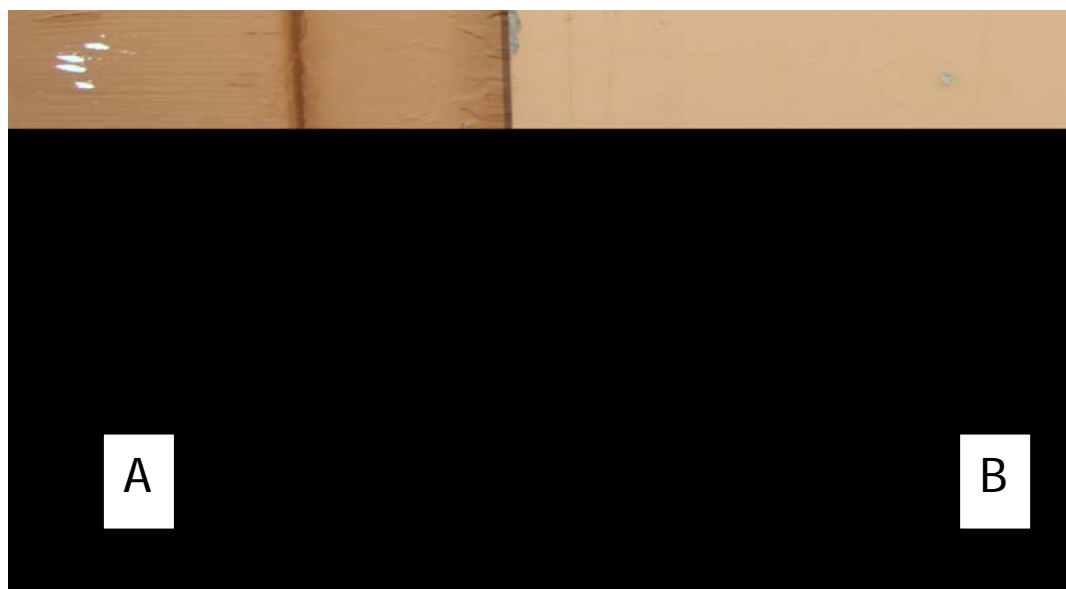
Barium, jern, bly, sink, krom og titan karakteriserer eksteriørmalingen på Hornemannsgården. (Figur 6). Medianverdien for bly er over grensen for farlig avfall (Tabell 3). Innholdet av sink og krom i eksteriørmalingen på Hornemannsgården er også høyt. Bygget ble pusset opp og malt i forbindelse med byjubileet i 1997.



Figur 6 Hornemannsgården i på torget i Trondheim.

Tabell 3 Innhold (mg/kg) av utvalgte grunnstoffer i utvendig maling i Hornemannsgården Trondheim sentrum. Målinger med usikkerhet på mer enn 25 % har blitt sett på som upålitelige og er ikke med i denne tabellen. Upålitelige målinger er registrert som "ikke påvist". (N=32)

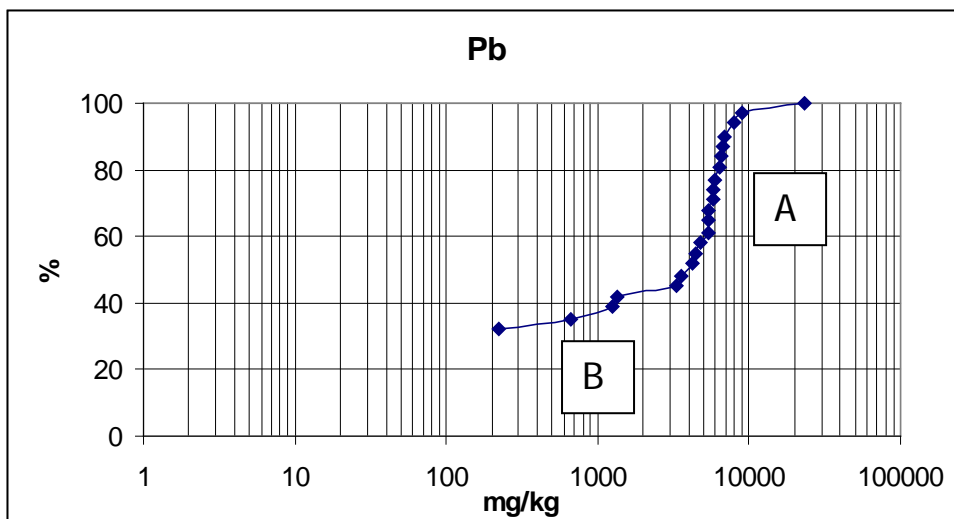
Element	Median (mg/kg)	Middel (mg/kg)	Min (mg/kg)	Maks (mg/kg)	Antall pålitelige målinger	Prosent pålitelige målinger
(As) Arsen	-	-	-	-	0	0 %
(Ba) Barium	9499	12342	638	25666	20	62,5 %
(Br) Brom	122	126	23	338	17	53,1 %
(Cd) Kadmium	71	91	56	179	4	12,5 %
(Cl) Klor	26638	38914	1020	172239	31	96,8 %
(Cr) Krom	3277	3277	263	6290	2	6,2 %
(Cu) Kobber	-	-	-	-	0	0 %
(Fe) Jern	21355	26532	610	104409	32	100 %
(Ni) Nikkel	-	-	-	-	0	0 %
(Pb) Bly	5404	5646	223	23118	22	68,7%
(Sb) Antimon	146	1613	117	6041	4	12,5 %
(Sn) Tinn	200	200	172	228	2	6,2 %
(Ti) Titan	26638	38914	1020	172239	31	96,8 %
(V) Vanadium	1551	1551	904	2198	2	6,2 %
(Zn) Sink	19467	18621	41	65128	26	81,2 %



Figur 7 Detalj fra Hornemannsgården. Gammelt panel med høyt innhold av bly i maling (A) og nytt panel med lavt innhold av bly i maling (B).

Malingen på eldre panel(A) har blyholdig maling med medianverdi for bly på 5437 mg/kg, mens blykonsentrasjonen på nytt panel (B) er < 25 mg/kg. Den blyholdige malingen er helt dominerende arealmessig i bygningens fasade. Blykonsentrasjonen er langt over grenseverdien for farlig avfall.

Blyinnholdet i den gamle malingen varierer mellom 3200 og 20 000 mg/kg. Den kumulative frekvensfordelingen viser tydelig forskjellen mellom de to typene maling, en med høyt innhold av bly (A) og en med lavt innhold av bly (B) (Figur 7 og 8).



Figur 8. Kumulativ frekvensfordeling av bly i eksteriørmalingen på Hornemannsgården.

6.2 Stiftsgården

Resultatene fra 22 målinger av fasadene i Stiftsgården (Figur 9) viser at jern, titan, sink, barium og bly typiske metaller i eksteriørmalingen. Flere av målingene har blykonsentrasjoner over grensen for farlig avfall (Tabell 4). Ulike deler av bygningen ble malt i 1996, 2008 og 2009.



Figur 9 Stiftsgården i Munkegata i Trondheim

Tabell 4 Innhold (mg/kg) av utvalgte grunnstoffer i utvendig maling i Stiftsgården i Trondheim sentrum. Målinger med usikkerhet på mer enn 25 % har blitt sett på som upålitelige og er ikke med i denne tabellen. Upålitelige målinger er registrert som "ikke påvist". (N=22)

Element	Median (mg/kg)	Middel (mg/kg)	Min (mg/kg)	Maks (mg/kg)	Antall pålitelige målinger	Prosent pålitelige målinger
(As) Arsen	2186	2186	2186	2186	1	4,5 %
(Ba) Barium	18914	17147	964	38929	11	50,0 %
(Br) Brom	187	743	97	2865	6	27,2 %
(Cd) Kadmium	111	111	111	111	1	4,5 %
(Cl) Klor	13446	13446	13446	13446	1	4,5 %
(Cr) Krom	668	668	668	668	1	4,5 %
(Cu) Kobber	2216	2216	890	3542	2	9,0 %
(Fe) Jern	14835	20075	3721	56726	16	72,7 %
(Ni) Nikkel	-	-	-	-	0	0 %
(Pb) Bly	3355	2948	47	6768	16	72,7%
(Sb) Antimon	947	947	947	947	1	4,5 %
(Sn) Tinn	1163	1163	1163	1163	1	4,5 %
(Ti) Titan	40579	62586	13974	25537	19	86,3 %
(V) Vanadium	-	-	-	-	0	0 %
(Zn) Sink	20417	31742	1874	137106	18	81,8 %

Barium, jern, bly, sink og titan karakteriserer eksteriørmalingen på Stiftsgården. Blyinnholdet er høyt, men noe lavere enn i Hornemannsgården og med mindre variasjon. Det er identifisert opptil 23 lag med maling på Stiftsgården.

6.2.1 Tilleggsundersøkelser

NGU kontaktet Statsbygg om funnene. Statsbygg ønsket noen tilleggsmålinger på deler av bygningen som ble malt i 2008 og 2009 for å kontrollere om denne nye malingen inneholdt bly. Dette ble utført ved måling på nytt panel med bare et strøk ny maling. Disse tilleggsmålingene (28 punkter) ble utført 22. Januar 2010. I tillegg sendte Statsbygg inn prøver av maling tatt direkte fra malingspannene til Eurofins laboratorium i Moss for bestemmelse av bly- og sinkinnhold i den nye malingen.



Stiftsgårdens fasade mot Munkegaten ble renskrapet for maling i 2008. Enkelte panelbord ble skiftet ut (Figur 10). Fasaden ble malt i 2008 og 2009 med nyprodusert linoljemaling etter Riksantikvarens anvisninger. Jotun i Sandefjord produserte malingen.

Målinger av bly i fasaden ble utført både på gamle og nye panelbord med et bærbart XRF-instrument (Figur 11). Resultatene av målingene er vist i tabell 5.

Figur 10 Renskrapet fasade i mot Munkegaten



Figur 11 Målepunkt nr 24 er et nytt panelbord, mens målepunkt 25 er et gammel renskrap panelbord.

Malt nytt panel har et meget lavt innhold av bly (Tabell 5). Blykilden er den nye malingen og bly som finnes naturlig i trevirket. Gammelt, men renskrap panel har noe høyere blykonsentrasjon, omtrent 350 mg/kg. Dette skyldes sannsynligvis at rester av bly fra gammel maling som har trengt inn i trevirket og dermed ikke ble fullstendig fjernet sammen med gammel maling.

To prøver av fersk maling direkte fra malingsspannene, viser et meget lavt innhold av bly (2,9 – 4,1 mg/kg) i den nye malingen, mens sinkinnholdet er relativt høyt. (Tabell 6). Det er ikke kjent hvordan prøven ble ekstrahert, men bestemmelsene ble utført med ICP.

Tabell 5 Innholdet av bly og sink i renskrap gammelt panel og nytt panel malt med ny maling i 2008.

Målepunkt	Bly (mg/kg)	Sink (mg/kg)	Sist malt	Farge	Type underlag
18	340	2888	2008	Oker	Renskrap gammel panel
22	43	1891	2008	Oker	Nytt panel
24	58	2220	2008	Oker	Nytt panel
26	389	18939	2008	Oker	Renskrap gammel panel

Tabell 6 Innholdet av bly og sink (mg/kg) i maling tatt direkte fra malingsspannet

Prøvemerkning	Bly (mg/kg)	Sink (mg/kg)
1	2,9	14000
2	4,1	8500

Tillegundersøkelsene dokumenterer at den nye malingen har et meget lavt innhold av bly. Blyinnholdet ligger langt under grensen for farlig avfall.

7. INTERIØRMALING

7.1 Trondheim Katedral Skole



Figur 25 Trondheim Katedral Skole (eldste del) hvor ble interiørmaling ble undersøkt

Sju målinger ble utført på interiørmalingen i ett av byggene på Trondheim Katedralskole (Tabell 7). Interiørmalingen inneholder høye konsentrasjoner av bly og sink. I ett målepunkt ble det påvist kadmium (Tabell 7). Alderen på interiørmalingen på Katedralskolen er ukjent for forfatterne av rapporten.

Tabell 7 Innhold av bly, sink, barium og titan (mg/kg) i 7 prøver av interiørmaling på Trondheim Katedralskole, Trondheim. Tall skrevet med uthevet skrift overskrider grensen for farlig avfall.

Lokalitet	Farge	Bly	Sink	Barium	Kadmium
Vinduskarm	Hvit	2702	32939	1730	0
Vegg	Rosa	3764	120137	6549	0
Dørkarm	Svart	2632	45818	3481	187
Vegg	Rosa	1246	24283	4998	0
List	Grå	3542	11538	4980	0
Gelender	Grå	16423	43845	3457	0
Vegg	Hvit	1603	109299	7558	0
Grenseverdi for farlig avfall		2500	25000	?	1000

8. DISKUSJON

8.1 Malingstyper

Det finnes seks hovedtyper av maling: 1) oljemaling, 2) alkydmaling, 3) lateksmaling, 4) brannhemmende maling, 5) to-komponent maling og 6) rusthemmende grunningsmalinger. I denne undersøkelsen har målingene hovedsakelig vært utført på oljemalinger, alkydmalinger og lateksmalinger. Oljemaling er basert på tørrende oljer som kokt linolje og treoljer og tilsatte tørremidler (sikkativer). Dette var tidligere den vanligste malingstypen. Nå går disse oljene mest til fremstilling av alkydharpikser for alkydmaling. Lateksmaling er vannfortynnbar maling der bindemiddelet består av finfordelte polyakrylat- eller polyvinylacetatdråper (lateks eller emulsjon). Ved tørking fordampes vannet (og eventuelt løsemiddel), lateksdråpene slår seg sammen og danner en kontinuerlig film av bindemiddel. Maling er sammensatt av bindemidler, pigmenter, fyllstoffer, hjelpestoffer og soppdrepende midler (Melsom, 2008).

Bindemidler tilsettes for å finfordele pigmentene og for å gi malingen en konsistens som muliggjør påføring. Bindemidlene kan være syntetiske harpikser og polymerer, tørkede oljer, kalk, sement eller vannløselige silikater. Enkelte bindemidler fordrer tilsetning av myknere til malingen. Linolje eller linfrøolje er fra gammelt av brukt som bindemiddel i maling. Blandet med terpentin, fyllstoffer og pigmenter, blir blandingen lett å stryke ut. Linolje er brukt som bindemiddel i husmaling. Moderne, industrielt fremstilte linoljemalinger tilsettes soppdrepende midler og inneholder organiske løsemidler (Melsom, 2008).

Pigmenter tilsettes for å gi malingen den ønskede farge, konsistens og dekkevne. Pigmentene kan være for eksempel de naturlige jordfarger eller jordpigmenter (oker, umbra, grafitt) eller kunstige fremstilte oksider, kromater, sulfater, sulfider eller silikater av titan, jern, sink, krom, bly, mangan, kobolt, kadmium og flere andre (Melsom, 2008)

Fyllstoffer, for eksempel dolomitt, kalsiumkarbonat, talk, kaolin og glimmer og kiselsyre bidrar til å gi malingen god lagringsstabilitet og den rette konsistens og strykbarhet. De skal også bidra til den ferdige maling filmens holdbarhet, mekaniske egenskaper og eventuell matthet (Melsom, 2008).

Hjelpestoffer tilsettes for å gjøre malingen tiksotropisk eller kremaktig. Vanlige hjelpestoffer er visse polyamider til alkydmaling og visse finkornede pulvere til lateksmaling (Melsom, 2008).

Soppdrepende midler tilsettes for å hindre/ redusere soppangrep.

I denne undersøkelsen har fokus vært på pigmentene (særlig bly, sink, krom, jern og titan og de soppdrepende midlene (bly og arsen). Ingen organiske forbindelser har blitt bestemt.

8.2 Innhold av miljøgifter i ulike farger av eksteriørmaling

Den hyppigst forekommende farge på de målte bygningene er hvit farge, etterfulgt av grå, rød, grønn, gul, brun, beige og oransje (Tabell 8).

Tabell 8 Prosentvis (%) fordeling av malingsfarger undersøkt.

n = 290		
Malingsfarge	# målinger	% av total
Hvit	62	21,4
Grå	43	14,8
Rød	34	11,7
Grønn	33	11,4
Gul	33	11,4
Brun	27	9,3
Beige	22	7,6
Oransje/Oker	18	6,2
Blå	7	2,4
Rosa	5	1,7
Lilla	1	0,3
Svart	1	0,3
Sølv	1	0,3

De undersøkte grunnstoffene: antimon (Sb), arsen (As), bly (Pb), brom (Br), jern (Fe), kadmium (Cd), klor (Cl), kobber (Cu), kobolt (Co), krom (Cr), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni), sink (Zn), tinn (Sn), titan (Ti) og vanadium (V) har forskjellig funksjon i eksteriørmalingen. Der er ikke undersøkt i hvilken kjemisk forbindelse metallene opptrer i malingen.

Sink, titan, jern og krom forekommer hyppig og er sannsynlig brukt som pigmenter i malingen. Langt mindre vanlig forekommer kadmium, antimon, vanadium og nikkel som pigment i de undersøkte eksteriørmalingene. Bly forekommer meget ofte i malingen og har sannsynligvis funksjon både som pigment og som soppdreper. Det er ukjent hvilken blyforbindelse som er benyttet. Barium påvises i omtrent halvparten av alle målingene. Det er ikke kjent hvilken bariumforbindelse som er benyttet, og hvilken funksjon barium har i malingen.

8.2.1 Hvit maling

Hvit eksteriørmaling er karakterisert av barium, bly, jern, sink og titan (Tabell 9). Middelerdiene for disse metallene pluss klor og brom er vist i tabell 9. Sink og titan er sannsynligvis brukt som pigment. Bly har muligens funksjon som soppdreper.

Tabell 9 Middelerdier (mg/kg) for seks metaller, klor og brom i hvit eksteriørmaling

Barium	Bly	Sink	Jern	Titan	Krom	Klor	Antall
7246	2337	16731	4770	124731	0	14164	64

8.2.2 Grå maling

I grå eksteriørmaling (Tabell 10) er sannsynligvis tilsatt sink, titan og noe jern som pigmenter. Bly har muligens funksjon som soppdreper.

Tabell 10 Middelerverdier (mg/kg) for seks metaller, klor og brom i grå eksteriørmaling

Barium	Bly	Sink	Jern	Titan	Krom	Klor	Antall
3886	2567	30494	9106	94792	1096	18811	43

8.2.3 Rød maling

I rød eksteriørmaling (Tabell 11) er sannsynligvis jern, krom, vanadium og sink benyttet som pigmenter. Bly har trolig funksjon som soppdreper.

Tabell 11 Middelerverdier (mg/kg) for seks metaller, klor og brom i rød eksteriørmaling

Barium	Bly	Sink	Jern	Titan	Krom	Klor	Antall
7043	3541	16827	40590	18651	13832	20332	34

8.2.4 Grønn maling

I grønn eksteriørmaling (Tabell 12) er krom, jern, titan og sink brukt som pigmenter, mens det sannsynligvis er brukt bly som soppdreper.

Tabell 12 Middelerverdier (mg/kg) for seks metaller, klor og brom i grønn eksteriørmaling

Barium	Bly	Sink	Jern	Titan	Krom	Klor	Antall
6601	958	9111	10420	52660	18496	6119	33

8.2.5 Gul maling

I gul eksteriørmaling (Tabell 13) er muligens sink, jern og krom brukt som pigment. Bly har funksjon som soppdreper.

Tabell 13 Middelerverdier (mg/kg) for seks metaller, klor og brom i gul eksteriørmaling

Barium	Bly	Sink	Jern	Titan	Krom	Klor	Antall
9794	2397	28913	21471	70845	2795	15451	33

8.2.6 Brun maling

I brun eksteriørmaling er sannsynligvis jern, vanadium og sink brukt som pigmenter i malingen (Tabell 14). Bly har muligens rollen som soppdreper.

Tabell 14 Middelerverdier (mg/kg) for seks metaller, klor og brom i brun eksteriørmaling

Barium	Bly	Sink	Jern	Titan	Krom	Klor	Antall
12895	1603	9644	23209	15038	170	9464	27

8.2.7 Beige maling

I beige eksteriørmaling fungerer sink, bly og titan som pigmenter i malingen (Tabell 15). Bly har sannsynligvis også rollen som soppdreper.

Tabell 15 Middelverdier (mg/kg) for seks metaller, klor og brom i beige eksteriørmaling

Barium	Bly	Sink	Jern	Titan	Krom	Klor	Antall
5049	4426	18363	8555	122743	0	0	22

Tabell 16 gir en oversikt over middelverdiene for de ulike grunnstoffene i ulike farger av eksteriørmaling fra 290 bygg i Midtbyen i Trondheim.

Tabell 16 Innhold av 17 grunnstoffer (middelverdi) i forskjellige farger på eksteriørmaling på bygninger i Midtbyen i Trondheim

Stoff	Blå	Brun	Grønn	Grå	Beige	Gul	Hvit	Oransje	Rosa	Rød
	2,4 %	9,3 %	11,4 %	14,8	7,6 %	11,4 %	21,4 %	6,2 %	1,7 %	11,7 %
As	-	-	-	-	-	-	4379	970	-	-
Ba	19193	12845	6601	3886	5049	9794	7246	3706	4917	7043
Br	113	64	670	134	173	122	234	682	-	148
Cd	-	-	88	-	-	121	92	-	-	-
Cl	41561	9464	6117	18811	4563	15451	14164	-	-	20332
Cr	1013	170	18496	1096	2633	2795	-	5133	-	13832
Cu	549	-	102	-	229	650	1010	339	-	118
Fe	12126	23209	10420	9106	8555	21471	4770	15050	21807	40590
Ni	-	-	382	-	-	895	206	-	-	15779
Pb	2600	1603	958	2567	4426	2397	2337	16051	1668	3541
Sb	-	-	140	182	949	805	566	1387	-	659
Sn	122	213	339	-	154	154	182	212	-	213
Ti	51792	15038	52666	94792	122743	70845	124731	57389	65210	18651
V	-	11263	-	2924	-	14775	3762	1822	-	27963
Zn	8683	9644	9111	30494	18363	28913	16761	12145	41168	4827

Resultatene fra undersøkelsen viser at det er til dels store mengder bly i malingen benyttet på bygninger i Trondheim sentrum. Totalt ble det avdekket bly i over 230 av de 290 undersøkte bygg, og av disse innholdt 22,4 prosent blymengder som er over grensen for farlig avfall for bly i Norge. Den høyeste verdien viser et blyinnhold på mer enn seks prosent.

Det ble påvist sink i 79,3 % av målingene. Totalt oversteg 16,7 % av målingene grensen for farlig avfall. Sink blir ikke ansett for å representere noen risiko for human helse.

I 64 bygg ble det påvist krom. Høyeste kromverdi er på 6,6 prosent. Det er ikke kjent hvilket oksidasjonstrinn krom forekommer i. Treverdige krom er ikke giftig, mens seksverdige krom er meget giftig.

Antimon er et giftig grunnstoff som ble påvist i 44 bygg. Antimonkonsentrasjonene i malingen er relativt høye.

Barium ble detektert i omtrent halvpartene av de undersøkte bygg. Barium opptrer sannsynligvis i form av bariumsulfat i malingen, men dette er ikke bekreftet med kjemiske analyser. Bariumsulfat er lite giftig. Andre bariumforbindelser er meget giftige.

9. KONKLUSJON OG ANBEFALINGER

Resultatene viser at miljø- og helsefarlige stoffer forekommer i eksteriørmaling på mange av de 290 undersøkte bygg i Midtbyen i Trondheim. Særlig representerer bly en miljørisiko. Bly i relativt høye konsentrasjoner ble påvist i 230 bygg. Ingen malingsfarger skilte seg spesielt ut med tanke på innhold av blyinnhold.

Eksteriørmaling kan være en viktig forurensningskilde for tungmetaller med til jord og havnebasseng som følge av forvitring, avflassing og ved opp-pussingsarbeider.

I tillegg er det fare for at fasader med malingsrester ikke blir behandlet som farlig avfall til tross for høye verdier av enkeltforbindelser, på grunn av uvitenhet hos byggeier. Det er særlig viktig å være klar over problemstillingen ved rehabilitering eller riving.

Bly og sink ble påvist i høye konsentrasjoner i interiørmaling i ett bygg på Trondheim Katedralskole.

Ved miljøkartlegging av bygg, må det rettes fokus mot bly både i eksteriør- og interiørmaling.

Det bør utarbeides en veileder for hvordan man skal håndtere problemet, og vurdere hvordan innbyggerne i Trondheim skal få informasjon knyttet til kjøp, bruk og avfallshåndtering av maling i forbindelse med oppussing.

10. REFERANSER

Andersson, M., Ottesen, R. T., Volden, T. (2004). Building materials as a source of PCB pollution in Bergen. *Science of the Total Environment*, 325, 139-144.

Gondal, M. A. and T. Hussain (2007). "Determination of poisonous metals in wastewater collected from paint manufacturing plant using laser-induced breakdown spectroscopy." *Talanta* **71**(1): 73-80.

Gulson, B. L., J. J. Davis, et al. (1995). "Paint as a source of recontamination of houses in urban environments and its role in maintaining elevated blood leads in children." *Science of The Total Environment* **164**(3): 221-235.

Hole, M. og Frøland, S., 2008: Jordforurensning i 10 barnehager i Trondheim. NGU-rapport 2008.011. 52 sider.

Hille, J., (2001). Miljøtrusler for døve ører. Fremtiden i våre hendes forskningsinstitutt (FIFI), Rapport 1,80 sider.

Jartun, M., Eggen, O.A., Volden, T. og Ottesen, R.T., 2008: Nasjonalt estimat og mengdeberegning for PCB i stående bygningsmasse i Norge. NGU rapport 2008.080.

Melsom, K., 2008: Miljø og helse – En forskningsbasert kunnskapsbase. Folkehelseinstituttet. Rapport 2008:2.

VEDLEGG

Vedlegg 1: Prøvenummer, X,Y-koordinater, analyseresultater

Vedlegg 2: Kumulative frekvensfordelinger for de undersøkte grunnstoffer

Vedlegg 3: Kart over innhold av grunnstoffer i eksteriørmaling i husfasader i Trondheim

Vedlegg 4 Informasjon om de ulike grunnstoffene

Id	X	Y	Sb	Sn	Cd	Ba	As	Pb	Zn	Cu	Ni	Fe	Cr	V	Ti	Cl	Br
26	570057	7034823				2443						9735			42717		
27	570057	7034823				2301			263			10296			39412		
28	570052	7034831							420			2177			41000	6288	28
29	570052	7034831							385			2631			43800	3987	43
30	570052	7034831														0	
31	570052	7034831						77	793			1316			56033		
32	570052	7034831						1986	19114			2256			94392		
33	570043	7034831										4522			31912		
34	570043	7034831										4464			32053		
35	570043	7034831						44	1553			3920			46075	3818	
36	570015	7034811										3440			30809		
37	569969	7034810							723			3039			27166		
38	569962	7034810							1033			4367			29643		
39	569956	7034812										11328			858		
40	569951	7034811						534	525			9934			13229		22
41	569944	7034813	1076					930	358			5275	3568		49936		
42	569937	7034812	917	165	86	1273		1077	465	152		4755	3883	3278	60011		
43	569927	7034812										5045					
44	569916	7034812										8554			8233		
45	569897	7034812						530	76			4318			49246		
46	569888	7034810						627	166			4605			46627		30
47	569877	7034812	874					1032	106			11377			19804	4596	
48	569871	7034811	668					695	62			8728	273		20212		22
49	569874	7034776	1899			4485		4378	39403			28057	7248		105475		145
50	569881	7034778				6129			1757			30278	363		85945	7999	
51	569889	7034779							109			1311			73334		
52	569899	7034780				1871		1883	1998			7044			62850	6289	50
53	569935	7034781				2633						7265			62316		
54	569959	7034784				3821		171	666			2703			158834		
55	569980	7034784				2253		138	350			27868			80449		

Id	X	Y	Sb	Sn	Cd	Ba	As	Pb	Zn	Cu	Ni	Fe	Cr	V	Ti	Cl	Br	
56	570004	7034781					1821		275	1211			19697			130455	83273	766
57	570038	7034781					2027		268	1157			14146			95771		
58	570064	7034777					2096						26386			76520		
59	570080	7034772					15215		2932	666			65190			5755		107
60	570073	7034735		140					420	9508			3016			103870	6036	
61	570050	7034751					2284						21729			82520		
62	570015	7034756					1928			469			17537			100851	36311	404
63	570013	7034747	275						193				14289	495		12120	3633	
64	570001	7034759					9965		4996	6965			23907			156140	79915	972
65	570003	7034748							595	8430			7831			2098		
66	569994	7034759					2373		881	22138			20961			95171		
67	569988	7034749							443	30830			1442			62200		
68	569978	7034749							164				6990			41597	3982	
69	569966	7034750					6052		2873	27779			17807			111217	7812	321
70	569969	7034761					6677		504	1833			9213			139758		
71	569954	7034750					806		825	38987			29952			3932		
72	569944	7034760					2793		1531	788			10158			72675		
73	569941	7034750					10472		11052	80519			39776	441		60471	11422	
74	569899	7034750	203						258	78			6753			60020		
75	569894	7034761											3369			34309	3501	
76	569886	7034759					36125		6001	21069			23542			145194		
77	569882	7034749					661		478	7115			3798			75947	5366	63
78	569875	7034758	3684				4110		1941	5656			32143	7033		92906	8173	61
79	569874	7034745							328	186			2546			66513		
80	569877	7034712							394	81			5467			59297		
81	569896	7034707					1511				333		12171			84974		99
82	569910	7034722								816	118		6708			56256		
83	569909	7034705					2743						6002	320		64316		
84	569937	7034718					19767		868	2957			4264			233176		50

ld	X	Y	Sb	Sn	Cd	Ba	As	Pb	Zn	Cu	Ni	Fe	Cr	V	Ti	Cl	Br
85	569933	7034701				1617			535			21036			130623		
86	569957	7034713				20636		14848		448		7012			142297		449
87	569950	7034699				28227		7975	23128			23925			191076		231
88	569973	7034711				2290						3221			64157		
96	569672	7034335						1221	28305			17730			32464		
97	569670	7034348				1655						1527			123847		
98	569667	7034364				3541						4072				27724	
99	569704	7034374						62	92			17358			1718		25
100																	0
101	569699	7034387				1958						6766			134240		46
102	569716	7034371				1867			2851			32468			93883		
103	569704	7034365				2138						45818			3528		
104	569732	7034364						415	15946			15755			33977		
105	569736	7034364						131	4103			7205			18081		
106	569738	7034333						251	25615			26991		1822	19737		
107	569758	7034374										10855			68088		25
108	569757	7034381	230	152	121	1143				650		15246			85340		66
109	569756	7034394				5694		227				5397			165248		
110	569733	7034395				1580		516	1108			6030			168280		
111	569755	7034411	218			2305						16787	173		19813	26715	93
112	569728	7034445		213		10992		994	772			34771	233		31013		59
113	569791	7034464				2593			277			3997			104678		
114	569706	7034487						712				12683			34717	4338	
115	569688	7034487							1663			1432			63701	4792	
116	569664	7034488						398	5947			2592			90972		
117	569641	7034468				27960		5608	95768			48426			42069		182
118	569632	7034466						1366	41164			26079			26681		
119	569623	7034464				24608		3462	74286			53013			55445		151
120	569619	7034487				18746		409	329			20858			74857		

Id	X	Y	Sb	Sn	Cd	Ba	As	Pb	Zn	Cu	Ni	Fe	Cr	V	Ti	Cl	Br
121	569585	7034500				28185		966				3563			83640	7517	143
122	569584	7034509				1667						30496			86944		154
123	569583	7034514						109	5751			1914			72411		
124	569586	7034515		154		5284		1305	10775			4094			133370		83
125	569592	7034517				4379		5785	78888			59623			16118	14453	
126	569603	7034519	1031			5614		5358	14134			4953			173762		209
127	569605	7034514				1618			688			23529			43942		
128	569613	7034516				2885						10737	15949		10990		
129	569623	7034523	2041					137	134		295	1837			106428		65
130	569617	7034522				752		7319	2766	229		2853			104459		155
131	569594	7034548				13298		7269	17653			43008			29024	7416	122
132	569596	7034536				4744		12886	8861			4453			161552		367
133	569591	7034535				2616		900	5908			3169			105170		41
134	569616	7034554										1688			76525		
135	569620	7034556						388				5153			85527		42
136	569643	7034542				1469						4757			143611		
137	569658	7034543						1358	1442			2485			115232		46
138	569645	7034522				2953						1018			109706		65
139	569660	7034525							116			1918			81055		
140	569662	7034515															0
141	569663	7034511						818	11140			3313			87853		
142	569679	7034515	202	160		2502		1761	34106			28603			12649		
143	569680	7034511						218	166			458			63722		
144	569659	7034558				664		1117	8214			2213			124533		
145	569674	7034547				17432		3966	30694			5382			206367		
146	569703	7034551						380	4650			7259			64986		
147	569749	7034571		599		1143			21955			11396			192046		
148	569768	7034572						511	200			13769			15196		
149	569773	7034572						226	6786			512			79926		

Id	X	Y	Sb	Sn	Cd	Ba	As	Pb	Zn	Cu	Ni	Fe	Cr	V	Ti	Cl	Br
150	569791	7034558											8155			67536	
151	569800	7034558											3196	33687		20366	
152	569807	7034558				1470			278				7077		37071	66002	42
153	569819	7034572				12194							7986		198566		
154	569833	7034572				1583			273				8497		80990		107
155	569829	7034556	151					756	579		116	2085			74803	4316	
156	569666	7034275				5512		5273	26578				38420		29880		79
157	569660	7034255				2108							47359		7470		
158	569659	7034224				2119							51189		92151		
159	569666	7034196				2028							62346		94188		
160	569669	7034184				2514			352				6278	621	41715		
161	569674	7034168				6012		675	12522				22181		35398		
162	569677	7034153				5123		1734	7258				44421		94975		
163	569693	7034097		136		4558		1572	6435				1199		202129		
165	569694	7034090				2993		2102	20980				1278		228305		
166	569698	7034075				3225			14374				22064	1250	32138		
167	569714	7034098				2110		784	1600				3684		108986		
168	569772	7034086															
169	569789	7034074	793			4969		4345	38773				18636	2633	44312		
170	569788	7034089				7600		1531	1159				24530		27775	68181	108
172	569823	7034090				2362		445	582				47462		738		
173	569831	7034091						147	2065				9214		16816		
174	569837	7034090							87638				950		155947		
175	569855	7034091						292	1090				27054		7152	6563	
176	569878	7034075				6707							46227	168	14342		
177	569909	7034125		123				3461	1593				23948		9506		
178	569911	7034130		301				6357	3015				28382		11264		52
179	569916	7034145	659					705	7332		205	33787	262		1499		
180	569921	7034157						310	1600				1429		58790		

ld	X	Y	Sb	Sn	Cd	Ba	As	Pb	Zn	Cu	Ni	Fe	Cr	V	Ti	Cl	Br
181	569925	7034168						9181	20486	12387			49829			8070	449
182	569930	7034179								8291			8747				
183	569937	7034205							110	179			12211			3172	
184	569942	7034221						1268	1002	588			15755			119509	
185	569946	7034233							54				10386			11645	
186	569952	7034253							112	410			4317			12028	
187	569949	7034241						6001		19432			3475			34857	
188	569957	7034266							60				9079	132		6049	5063
201	569523	7034426						8163	8183	111629			12773	851		70041	
202	569517	7034424											2039			32216	
203	569506	7034424											573			98974	
204	569501	7034423	448							154			1768	2282		35798	3446
205	569493	7034422						7513	310	14842			2679			159397	
206	569478	7034419								74			1355			67637	5130
207	569470	7034428								165			464			78115	
208	569470	7034427							473	8688			1779			37232	
209	569445	7034456		194				19671	3107	23472			21389			121915	82
210	569446	7034451			91				505	355			3602			46987	
211	569446	7034449			80				2622	3480			5137			72318	
212	569438	7034487	405						173	89			6216	1766		29625	
214	569424	7034485							888	250			2503			81785	27
215	569421	7034485							612	188	98	190	18072			5869	5809
216	569384	7034494	1012					3618	1980	19916			20732	4846		85771	7626
217	569389	7034491	2215					6832	1318	3404			35232	5913		82634	6986
218	569365	7034475						1009	4405	4153			1918			92603	57
219	569369	7034451						7169	3531	24619			4732			134907	
220	569374	7034429							495	799			2454			77159	
221	569377	7034416							925	2756			2273			61785	
222	569356	7034385	491							342			3038	2218		43914	6229

Id	X	Y	Sb	Sn	Cd	Ba	As	Pb	Zn	Cu	Ni	Fe	Cr	V	Ti	Cl	Br
223	569357	7034382									344					23382	
224	569341	7034354				1775						3260				155194	
225	569326	7034360				31385		4105	41630			73706			9416	22688	
226	569324	7034359				25346		1960	20731			4216			248355		69
227	569314	7034357				10972		183	23311			12222		3762	21432		
228	569309	7034347				844		2062	41273			15158		2456	41679	11472	
229	569296	7034350	841			7832		10016	26276			4468			214220		262
230	569296	7034352	1131			7273		11101	22491			4134			222371		292
231	569301	7034366				935		12932	44979			25828			643		
232	569287	7034416						988	7729			6988			40833		
234	569460	7034303				7665		1826	1214			45290			79241		72
235	569451	7034303				4399		2226	20080			50797	2121		50289		80
236	569429	7034303				1521			989			9369			134321	63351	80
237	569419	7034303						316	182			1799			76026		
238	569411	7034304				30308		7375	14942	754		16319	1013		32934	14941	149
239	569403	7034305						206	371			32553			20016		
240	569398	7034305				6368		931	11633			4518			191364		94
241	569379	7034305			97	9025		1997	750			5043			130024		62
242	569374	7034305						60	2432			5679			12618	4430	
243	569368	7034305				16227		3443	15801			23610				14108	5618
244	569364	7034305	1266			24319		4646	70955			24322	4868		78418		186
245	569361	7034305				34640		7242	52257			38616			207523		
246	569354	7034304				9258		4786	39619			42413			11291		136
247	569352	7034305				19001		3952	3942			29970			4372	11640	54
248	569348	7034305				8592		3034	59549			9988			166195		136
249	569344	7034305	113		92	1768		732	7936			3080			51860		
250	569337	7034304						308	66			13654			2666	4710	
251	569329	7034304				6372		3664	23701			12805			123758	9126	113
252	569323	7034303						431	2977			9712			1488	5968	

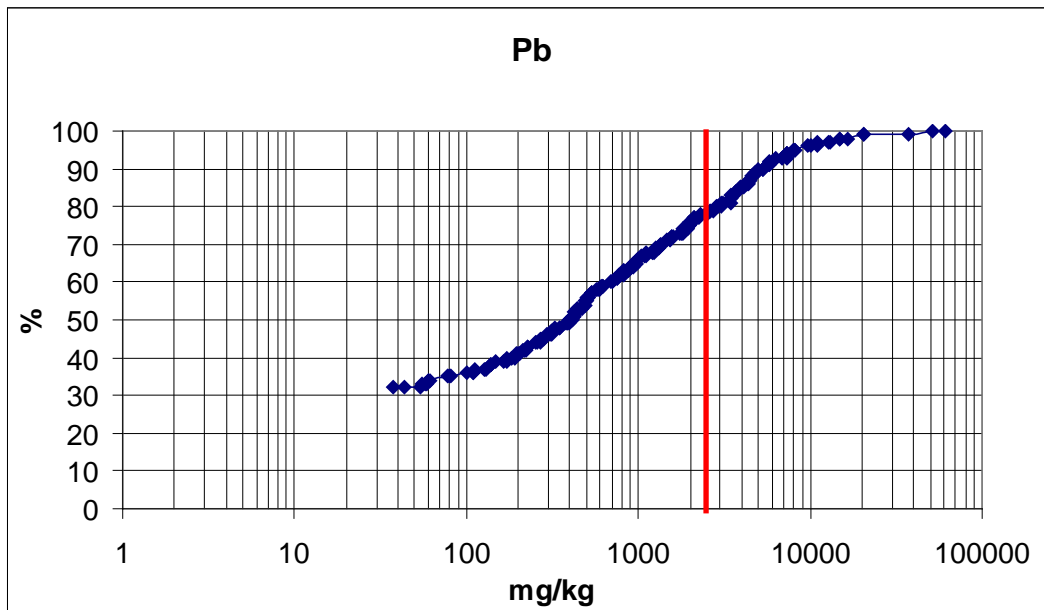
Id	X	Y	Sb	Sn	Cd	Ba	As	Pb	Zn	Cu	Ni	Fe	Cr	V	Ti	Cl	Br
253	569314	7034302				9514		5797	4636				2532		237058		112
254	569302	7034300						80					8825	79	11539	5938	
255	569298	7034299						79					9286	67	10645	5317	
256	569293	7034283				10480		4268	14514				46775	410	71778		348
257	569293	7034281				1526		4322	86129				6797		177612		
258	569295	7034272						1546	3494				1651		83216		
259	569296	7034264		134				58					323		58892		
260	569298	7034264						37					11240		3478	4246	
261	569318	7034264											15990		7792		
262	569331	7034265						59	2158				2792		45942		
263	569336	7034265	641					880	55	432	451		9100	2449	30519		
264	569340	7034265	795					1060	481	213	227		15674	2332	38318		
265	569350	7034264						759	38471				25844		1181		
266	569360	7034264						222	9852				4103		86431		
267	569371	7034265						580			118		25496		2139	4730	
268	569391	7034265				2242							1053		108137		
269	569403	7034262				26179					####	385406	66374	76325	31482	43751	
270	569352	7034179				1736			458				4313		151217		
271	569421	7034147						422	2295				16247		40982		
272	569422	7034134				556		270	11258				20279		8022		
273	569425	7034119				15270		9633	10158				31428		40431		275
274	569425	7034116				17273		20589	45127				28755		169139		1603
275	569426	7034104						619	1019				1064	2924	77393	4054	
276	569445	7034085				1663			262				14603		137939	57533	
277	569425	7034056				1765			423				13777		152294	16025	284
278	569425	7034059				1679			281				5660		198959	7627	
279	569410	7034039				2490			1267				30753		33182		
280	569416	7034037				2594			406				15876	1904	77021		
281	569434	7034127						3479	8301				10275		2316		

Id	X	Y	Sb	Sn	Cd	Ba	As	Pb	Zn	Cu	Ni	Fe	Cr	V	Ti	Cl	Br	
282	569442	7034127	1642				4848		60917	25121			7697	6841		138626	896	
283	569445	7034127	2589				4491		37090	35494			7388	8212		127022	842	
284	569450	7034127	933						348	91			3142	3439		51476		
285	569444	7034127	1723				4929		51279	18619			7903	7648		139402	937	
286	569458	7034127							128				4029			14486	4485	
287	569469	7034127							283	64			5888			30937		
288	569472	7034126					6344		6040	89952			23580			5304	140	
289	569480	7034120		258				4379		691	1010		3838			88786		
291	569636	7034131					1730		2702	32939			1430			201773		
292	569649	7034122					6549		3764	120137			15751			141624		
293	569648	7034114				187	3481		2632	45818			8181	126		847		
294	569646	7034110					4998		1246	24283			16758			100726		
295	569647	7034108					4980		3542	11538			17450			29834	65	
296	569648	7034098					3457		16423	43845			9617	994		34259	349	
297	569639	7034114					7558		1603	109299			3856			154415		
298	569639	7034110							1111				10322					
299	569090	7034293					5540		14708	12648			61248			2381	9126	336
300	569088	7034292					800		2128	1642			31427			1080		
301	569017	7034287							100				15629	5853		2851	6015	485
302	569014	7034287							771	2230			4382			110330		
303	569006	7034287	248						214	172			8694	1438		37585	4198	
304	569000	7034287							190	125			3103			65725		
305	568994	7034287								125			4425			28512	4199	
306	568990	7034287								85			583			44254	3191	
308	568985	7034286					1687			639			15947		5108	5530		
310	568980	7034285					7814		200	5859			9320	187	11985			
311	568975	7034284					3342		487	8460			10097	219	12780	4640		
312	568972	7034284					2367		439	5238			8628	130	10540		4861	
313	568921	7034283											2398			67385	73	

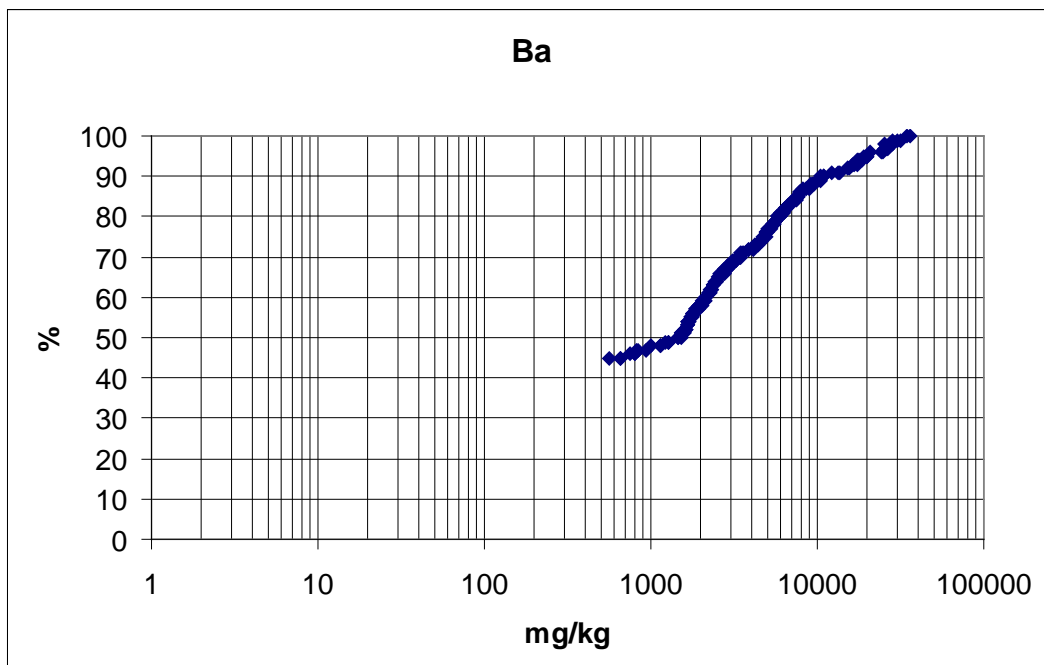
Id	X	Y	Sb	Sn	Cd	Ba	As	Pb	Zn	Cu	Ni	Fe	Cr	V	Ti	Cl	Br	
314	568907	7034282	331						573	219		338	4577	2176		56046		
315	568904	7034282							422	348			2392			55949		
316	568900	7034282							2484	83123			5564			170706		
317	568897	7034282							2296	65576			4721			178922	94	
318	568894	7034282							1257	30081			1643			212534	261	
321	568889	7034282	140	79	80	828			137	136	106		8290			60845	4085	98
322	568886	7034281								119			2833			74111		
323	568875	7034281							395	146			3469			70097		19
324	568871	7034281							228				3114			56210		
325	568864	7034281	1176			26503					2284	15143		25789	82848			
326	568854	7034282							317				3522			33427	3899	43
327	568846	7034281		225					348	242			792			65667		
328	568759	7034206				2828			3712	164046			3793			80017		
329	568767	7034205				1673			6872	121519			5379			173474		
330	568774	7034205							4523	114892			4311			125312		
331	568782	7034204							1356	59599			5031			145270		
332	568785	7034218				4229							1985			58145		
333	568791	7034218				7956			5795	1848	818		17454	99		2826		782
334	568822	7034226				5670			4628	2366			139468			14447		
335	568820	7034226				5629			2426	4706			13578			114218		
336	568828	7034223				17817			8207	134073			4164			260531		
337	568824	7034220				13653			4429	97683			1097			143601		
338	568869	7034233		156					534	12381			50263			753		
339	568869	7034230							1812	6454			1186			79797		
340	568869	7034203	323			15705			3055	4734			2839			180907		76
341	568868	7034199				1211			2030	5979			1390			145080		
342	568910	7034204								11458		131	2569			19589		
343	568910	7034199				3845			4853	71126		827	4660			53289		135
344	568989	7034174				2900							10144			30052		

Id	X	Y	Sb	Sn	Cd	Ba	As	Pb	Zn	Cu	Ni	Fe	Cr	V	Ti	Cl	Br
345	569036	7034196	1732					16773	4838	18636			11851	7897		129079	86
346	569041	7034196	145					10003	3479	14373			10558			144943	
347	569072	7034188						4892	422	1544			1967			70071	
348	569072	7034186						1953	489	939			18534	1632		82727	68
349	569094	7034179								4411			16250			31295	
350	569094	7034181	889					5345	1474	147099			46885	314		82246	

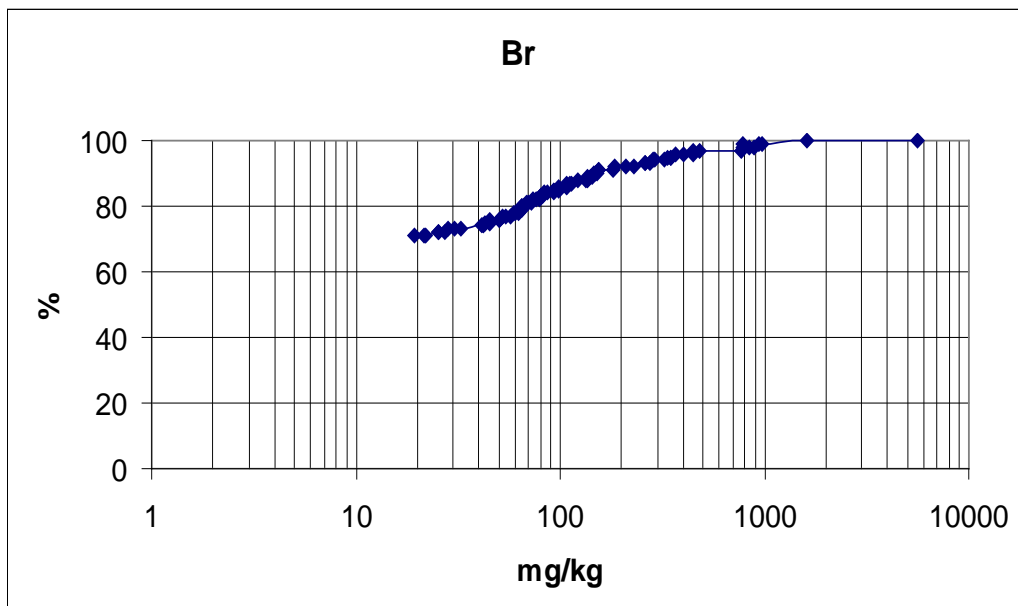
Vedlegg 2



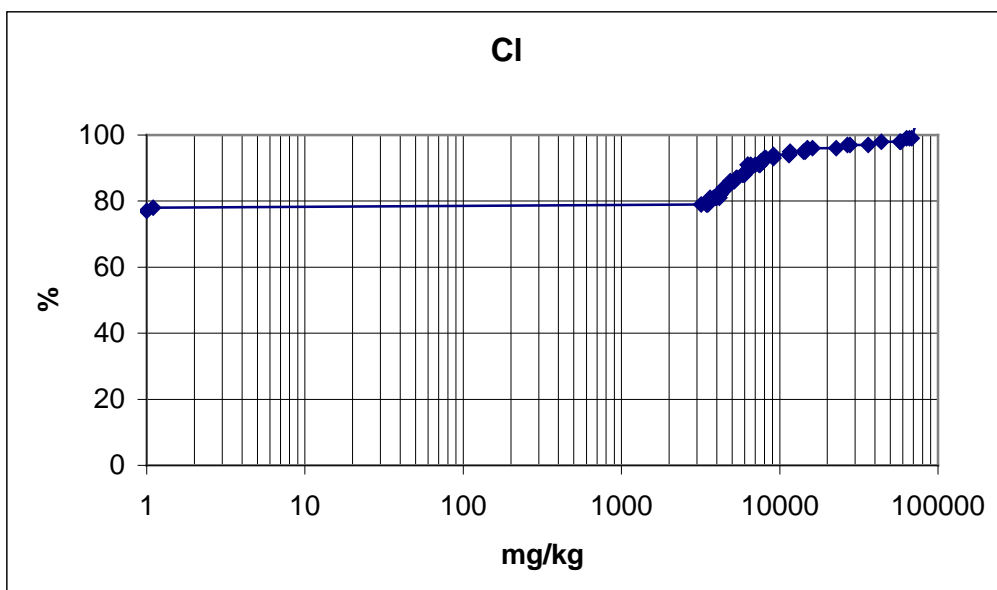
Figur 20 Kumulativ frekvensfordeling for bly i maling på bygg i Midtbyen i Trondheim. Den røde streken representerer grensen for farlig avfall. 24 % av målingene overskrider denne grensen.



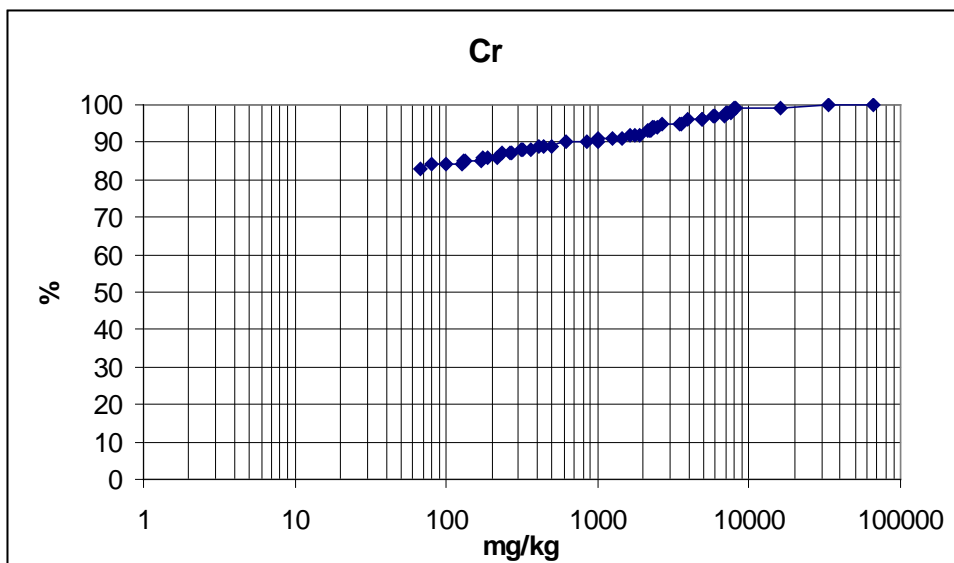
Figur 21 Kumulativ frekvensfordeling for barium i maling på bygg i Midtbyen i Trondheim. Den røde streken representerer grensen for farlig avfall. 10 % av målingene viser verdier over 1 prosent barium i malingen.



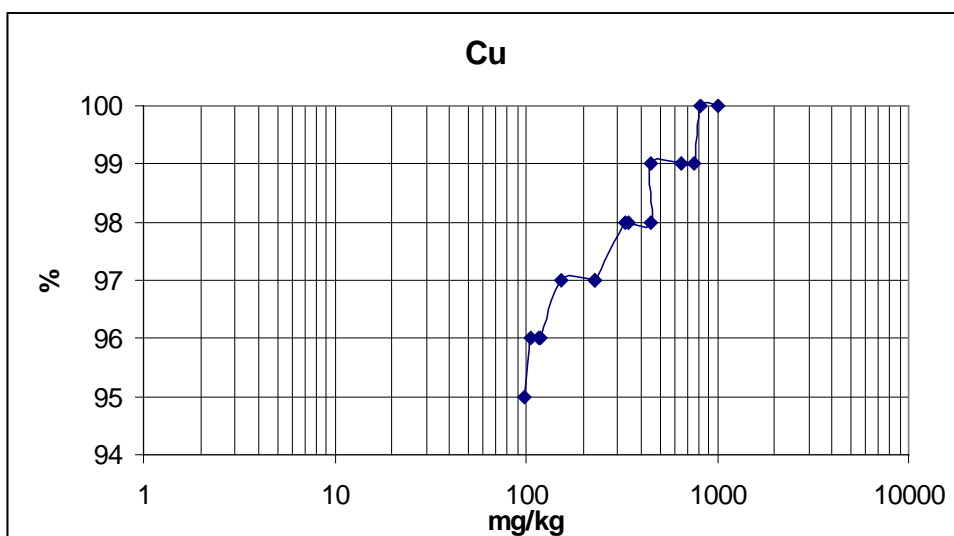
Figur 22 Kumulativ frekvensfordeling for brom i maling på bygg i Midtbyen i Trondheim. 10 % av målingene viser verdier over 1 prosent barium i malingen.



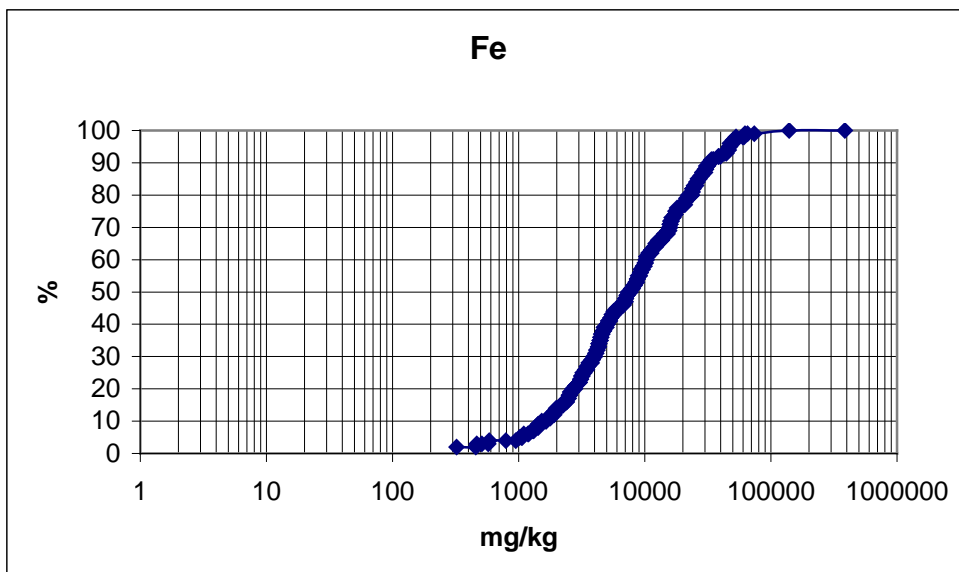
Figur 23 Kumulativ frekvensfordeling for klor i maling på bygg i Midtbyen i Trondheim. 22 prosent av målingene viser pålitelig tall for klor.



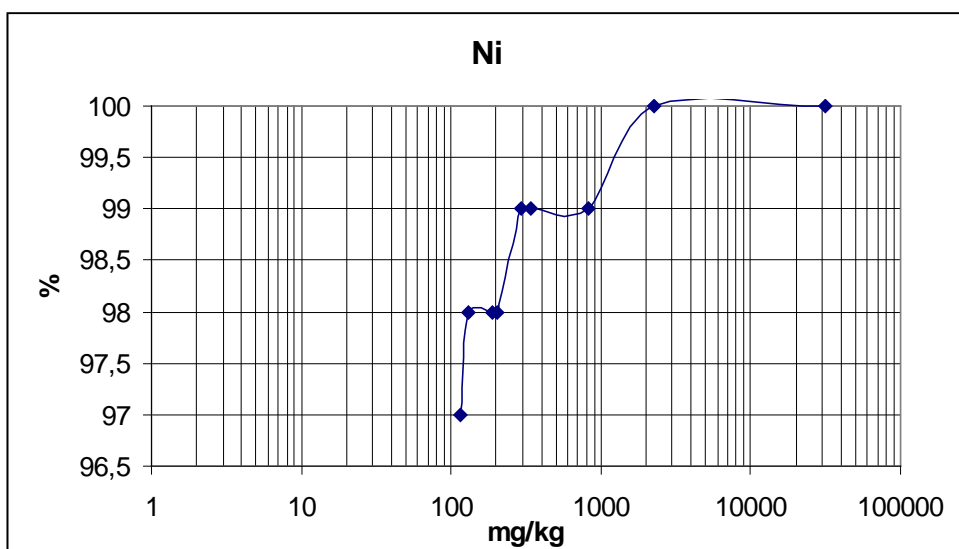
Figur 24 Kumulativ frekvensfordeling for krom i maling på bygg i Midtbyen i Trondheim. 17,6 prosent av målingene viser pålitelig tall for krom. Kobberkonsentrasjonen strekker seg over en tierpotens.



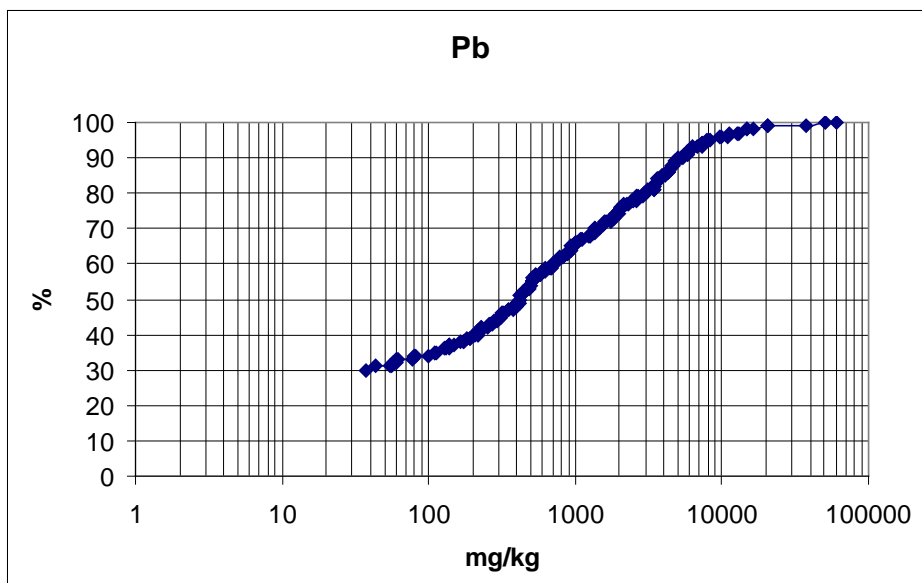
Figur 25 Kumulativ frekvensfordeling for kobber i maling på bygg i Midtbyen i Trondheim. 5,2 prosent av målingene viser pålitelig tall for kobber. Kromkonsentrasjonen strekker seg over 3 tierpotenser.



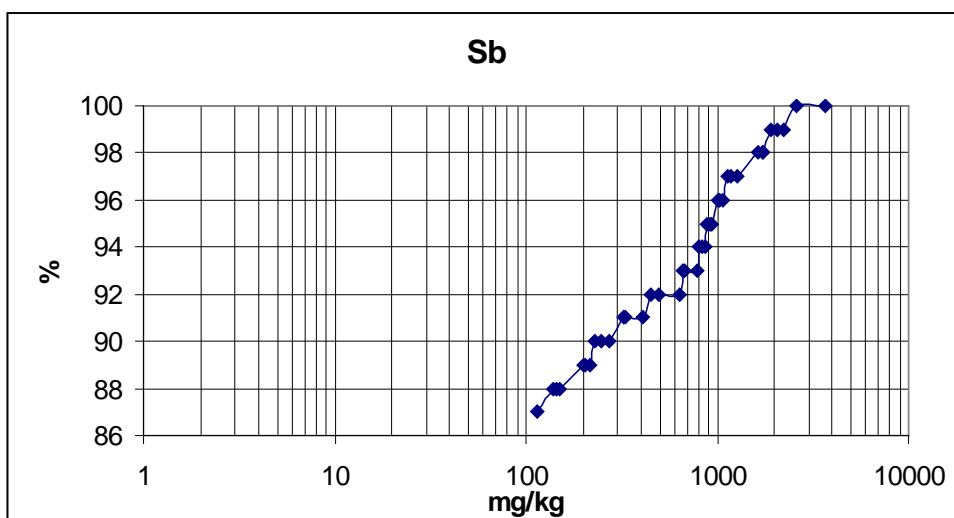
Figur 26 Kumulativ frekvensfordeling for jern i maling på bygg i Midtbyen i Trondheim. 93,7 prosent av målingene viser pålitelig tall for jern. Jernkonsentrasjonen strekker seg over 3 tierpotenser.



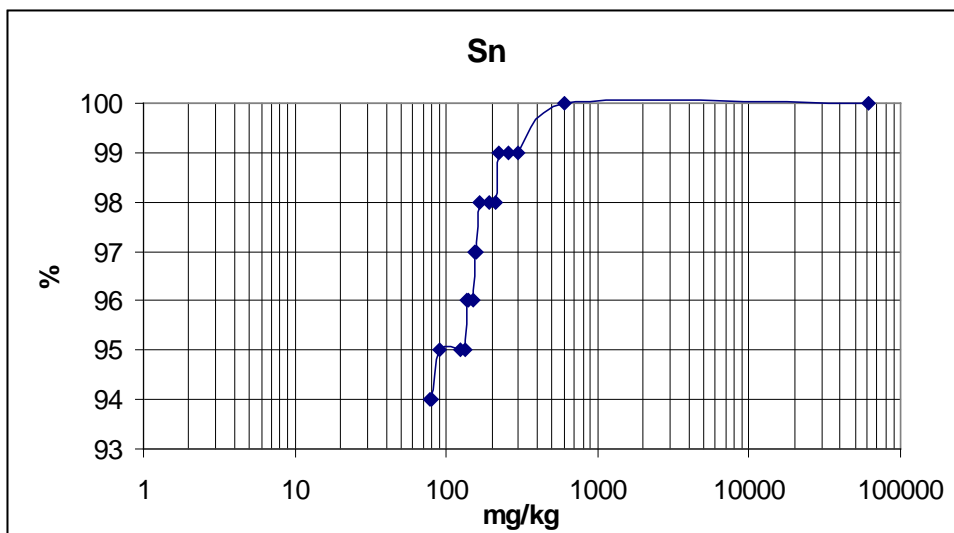
Figur 27 Kumulativ frekvensfordeling for nikkel i maling på bygg i Midtbyen i Trondheim. 5,2 prosent av målingene viser pålitelig tall for jern. Jernkonsentrasjonen strekker seg over 3 tierpotenser.

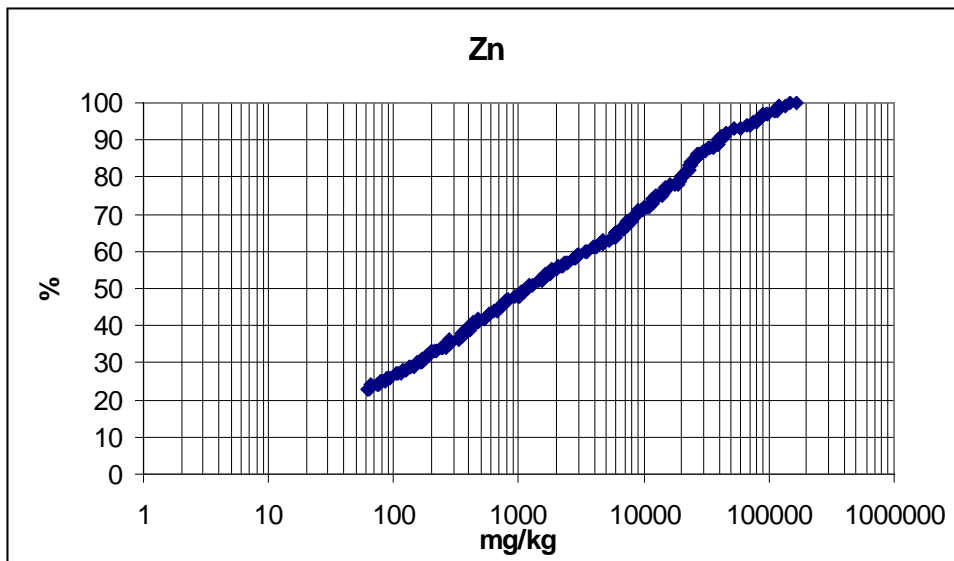


Figur 28 Kumulativ frekvensfordeling for bly i maling på bygg i Midtbyen i Trondheim. 71,7 prosent av målingene viser pålitelig tall for bly. Blykonsentrasjonen strekker seg over 3 tierpotenser.



Figur 29 Kumulativ frekvensfordeling for antimon i maling på bygg i Midtbyen i Trondheim. 13,4 prosent av målingene viser pålitelig tall for antimon.

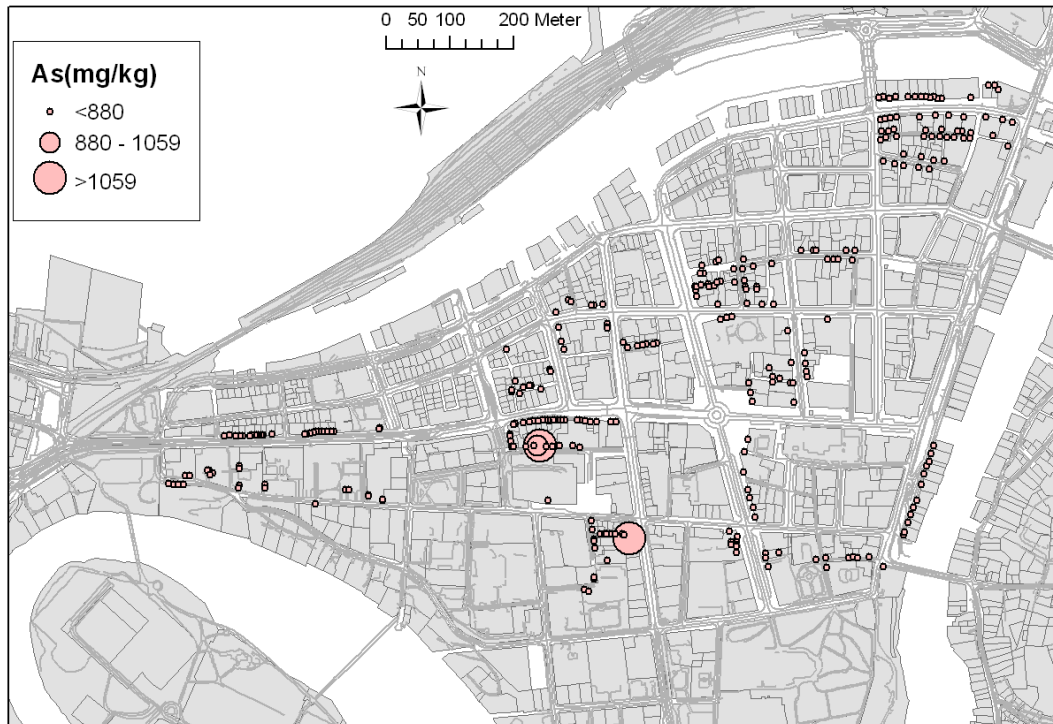




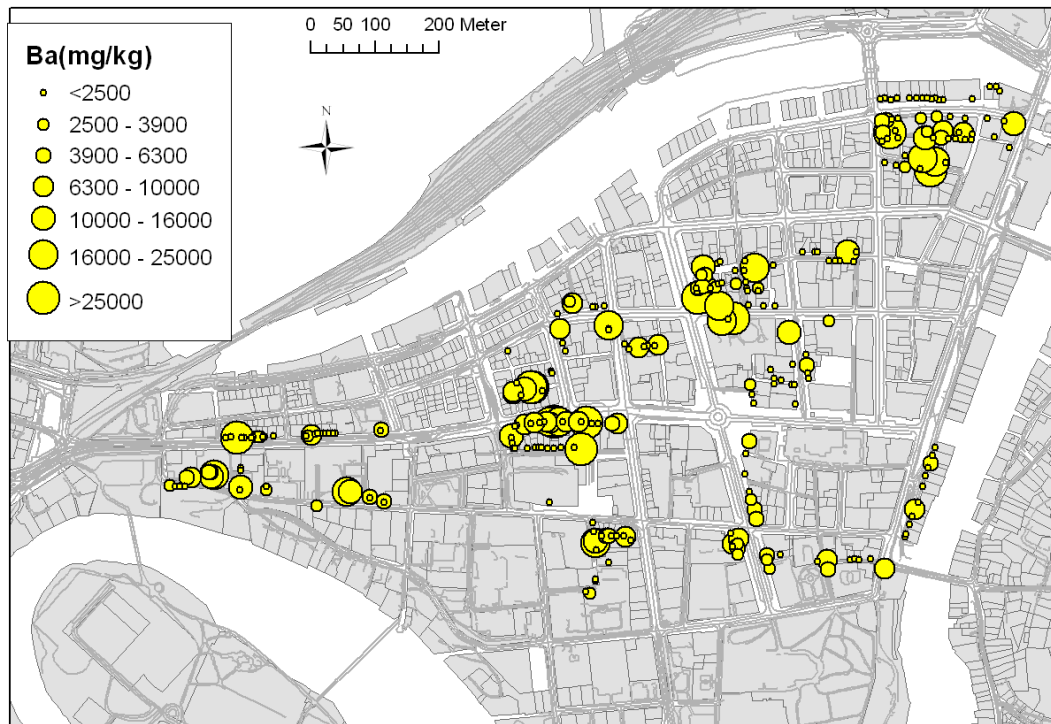
Figur 32 Kumulativ frekvensfordeling for sink i maling på bygg i Midtbyen i Trondheim. 79,3 prosent av målingene viser pålitelig tall for sink.

Vedlegg 3: Kart over innhold av grunnstoffer i eksteriørmaling på fasader i Trondheim

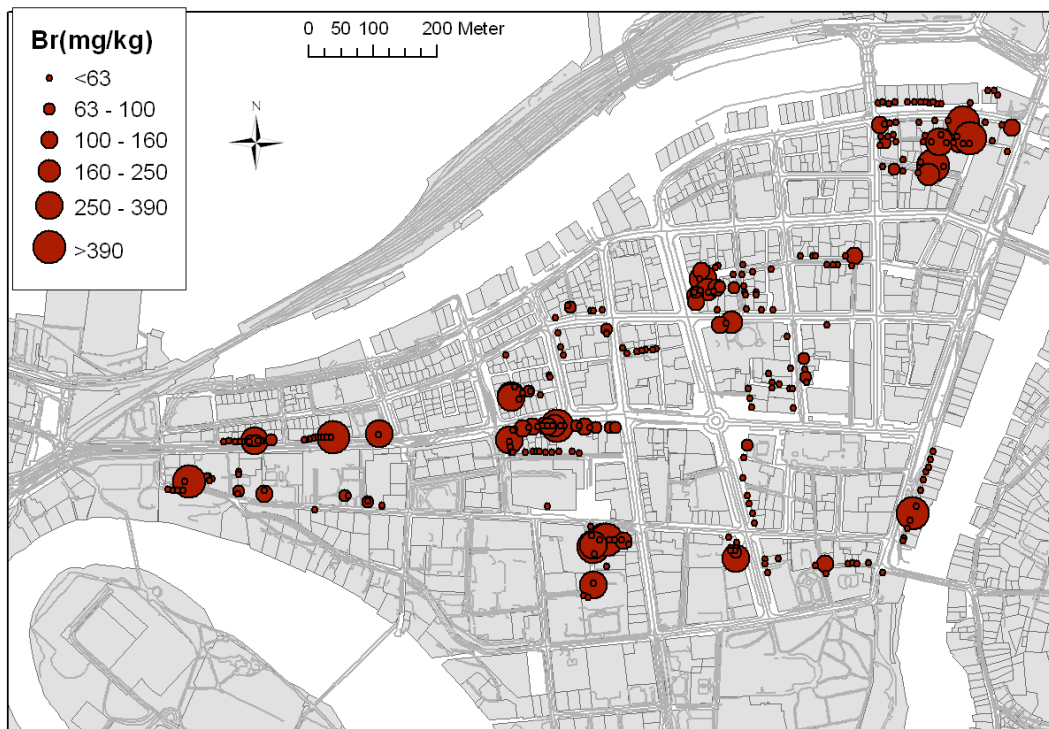
Kart som viser den geografiske fordelingen av de undersøkte grunnstoffer er dokumentert i figurene 6 – 20.



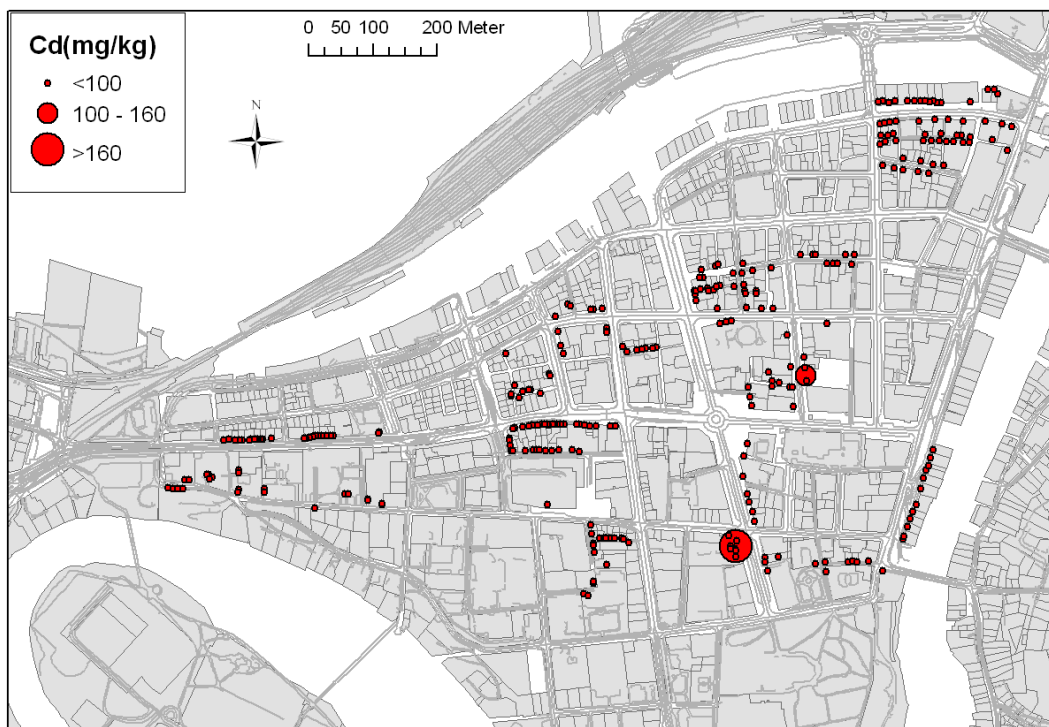
Figur 6. Innholdet av arsen i husfasader i Trondheim



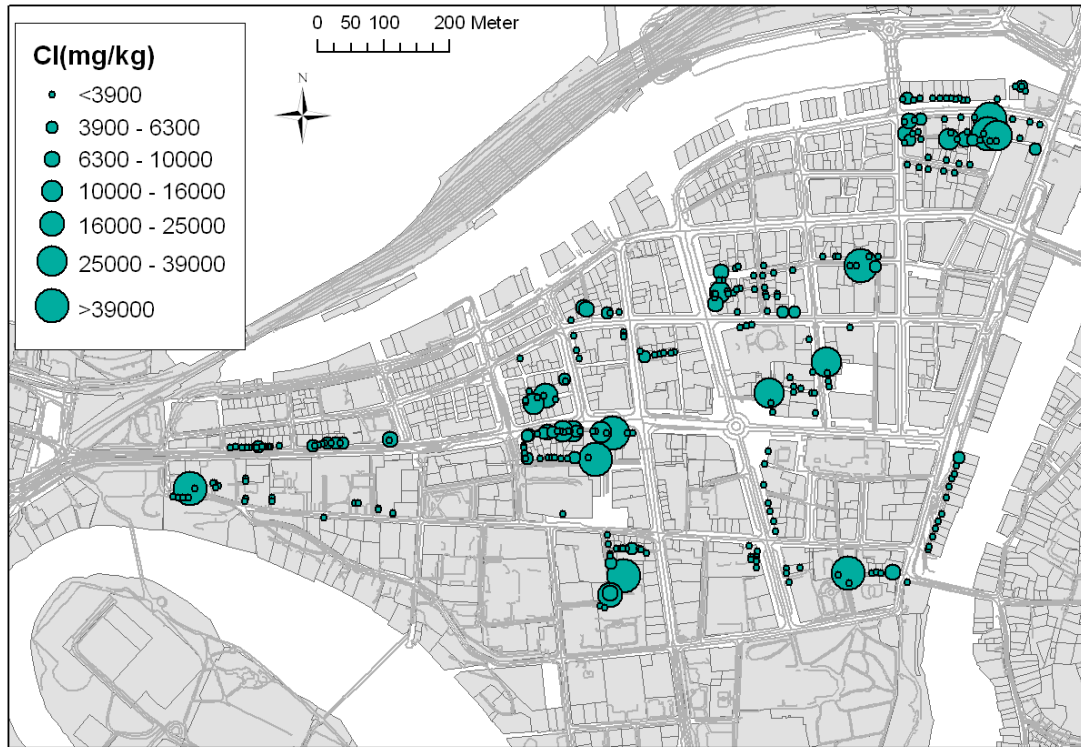
Figur 7 Innholdet av barium i husfasader i Trondheim



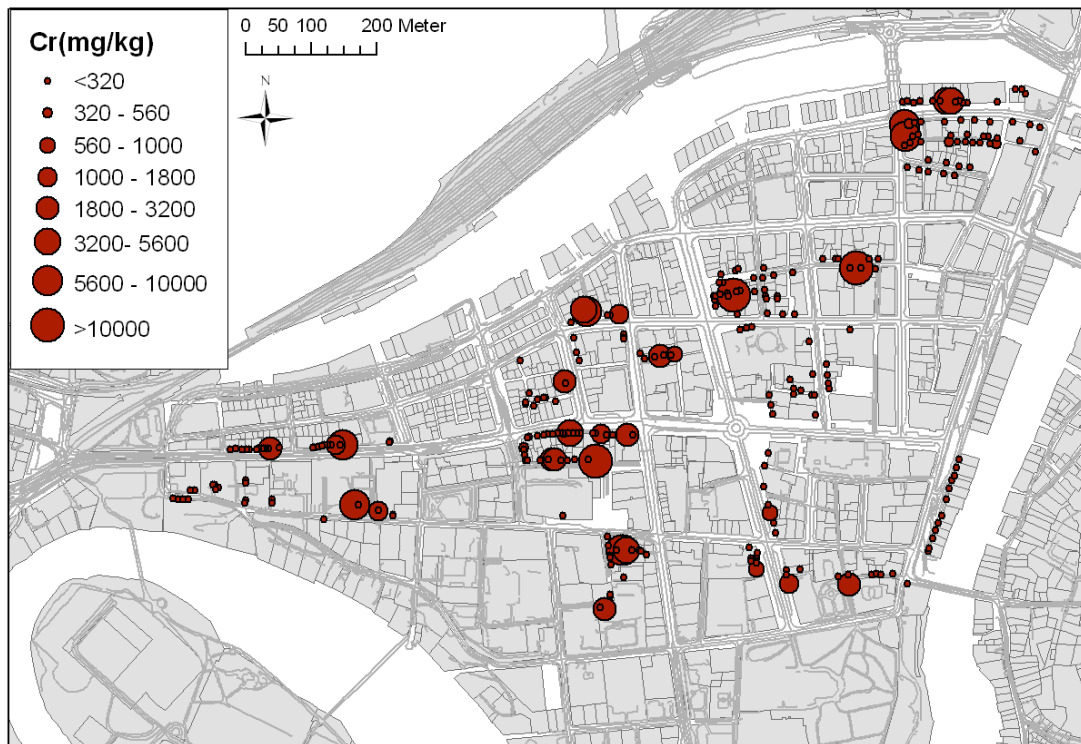
Figur 8 Innholdet av brom i husfasader i Trondheim



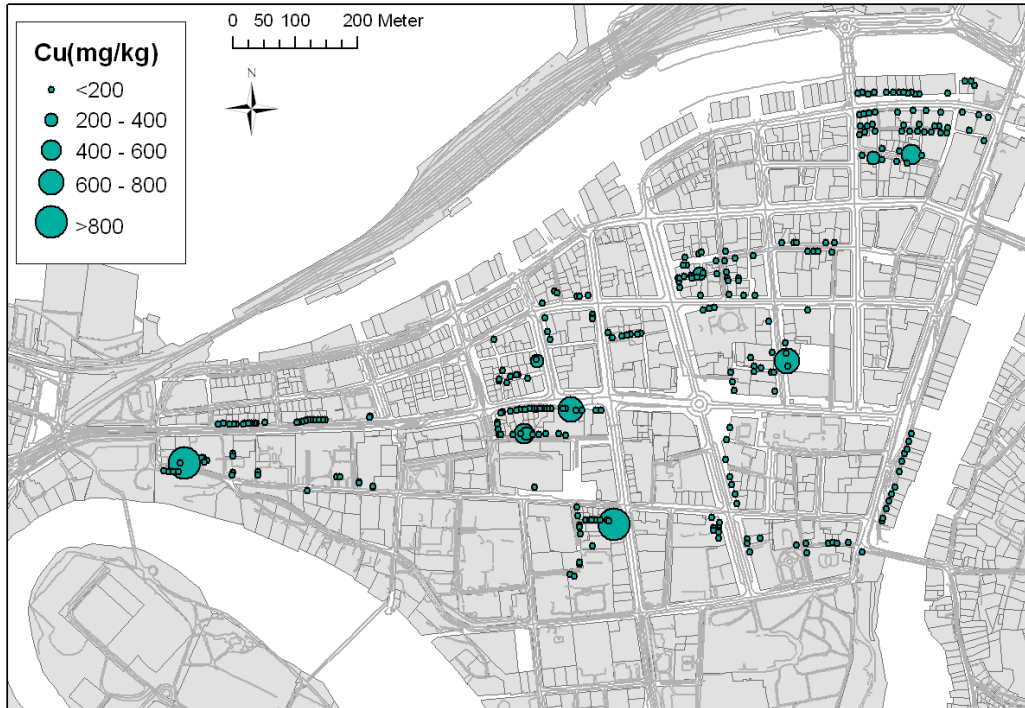
Figur 9 Innholdet av kadmium i husfasader i Trondheim



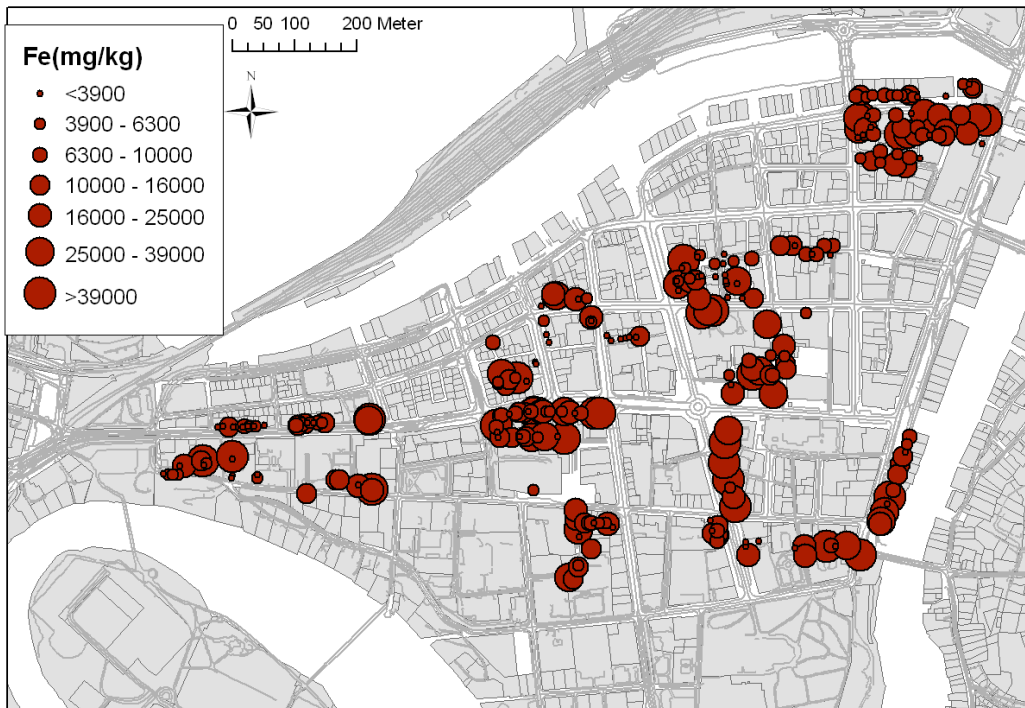
Figur 10 Innholdet av klor i husfasader i Trondheim.



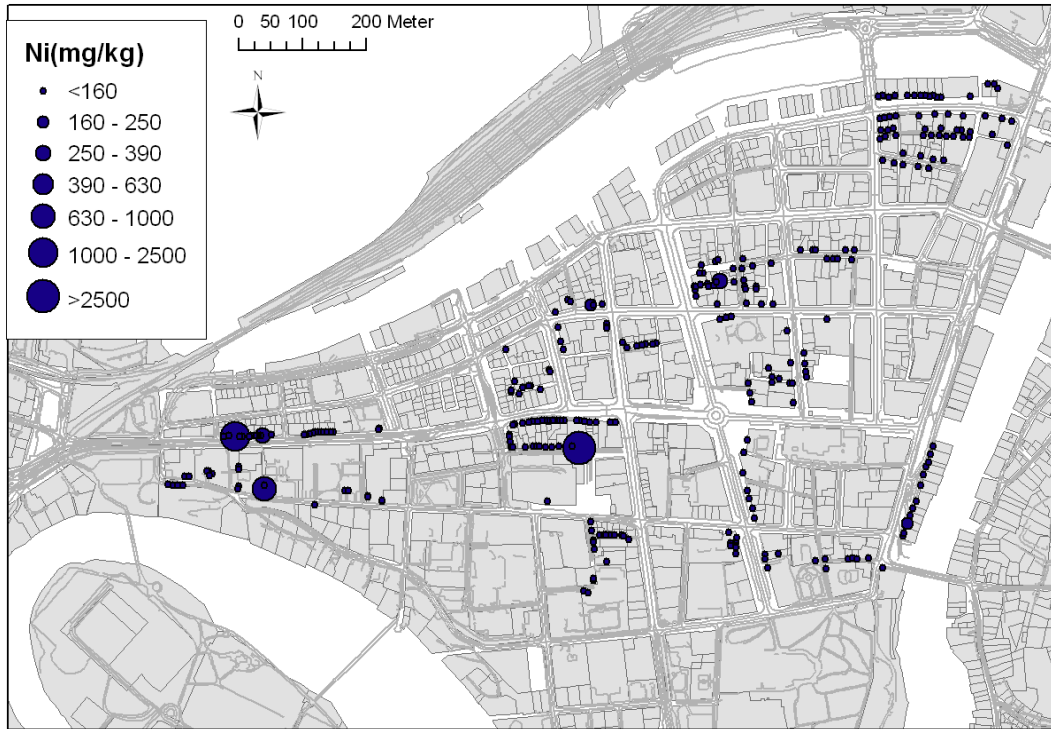
Figur 11 Innholdet av krom i husfasader i Trondheim



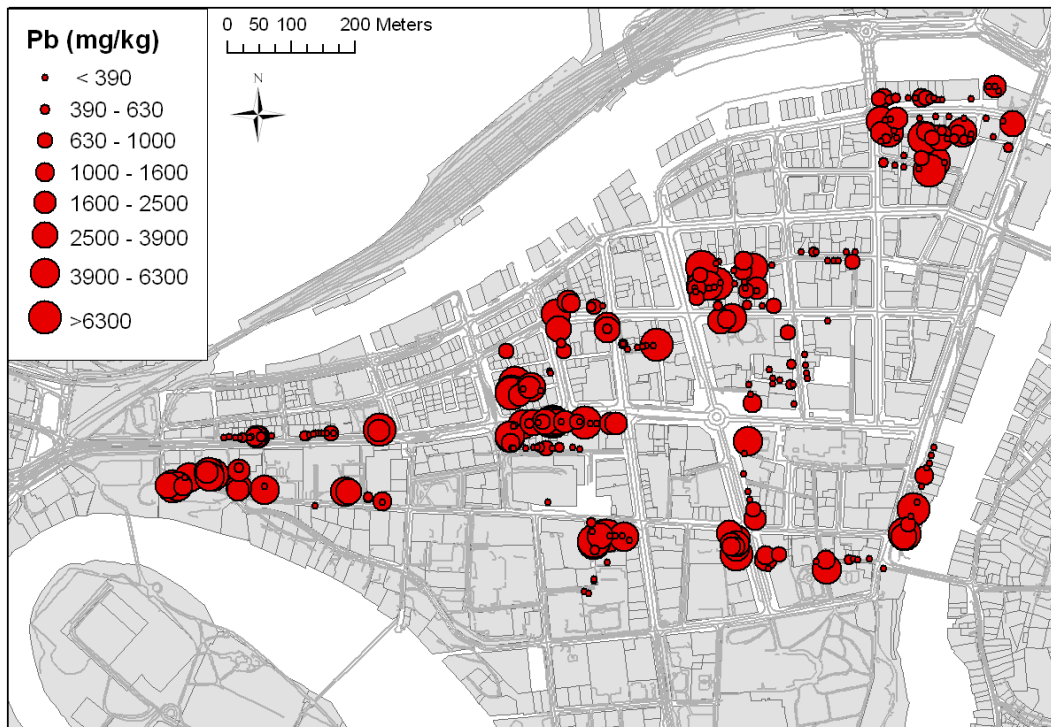
Figur 12 Innholdet av kobber i husfasader i Trondheim



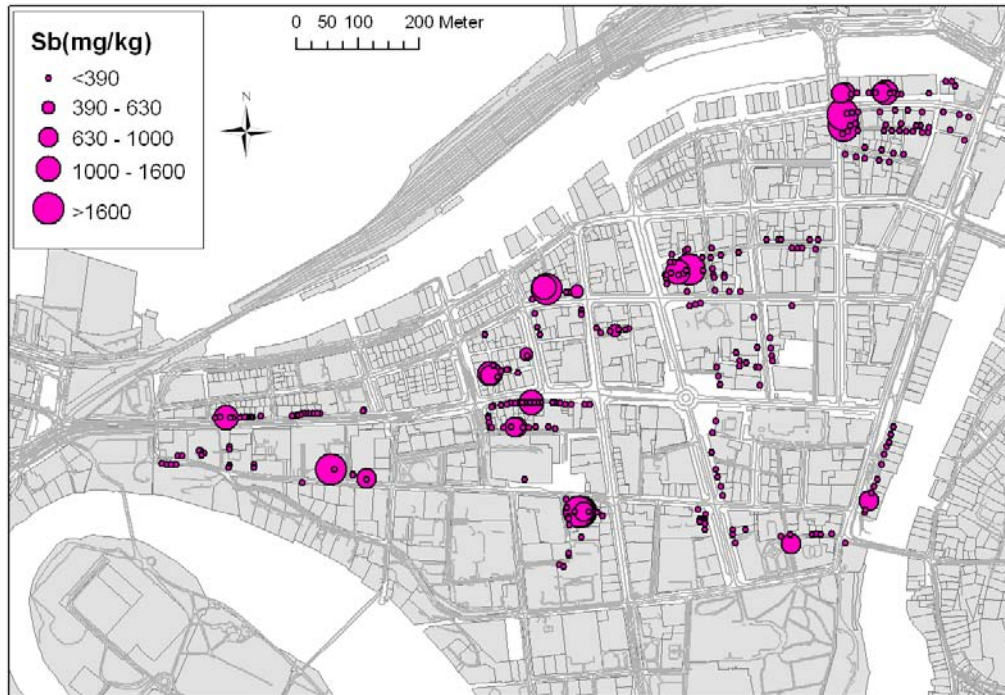
Figur 13 Innholdet av jern i husfasader i Trondheim



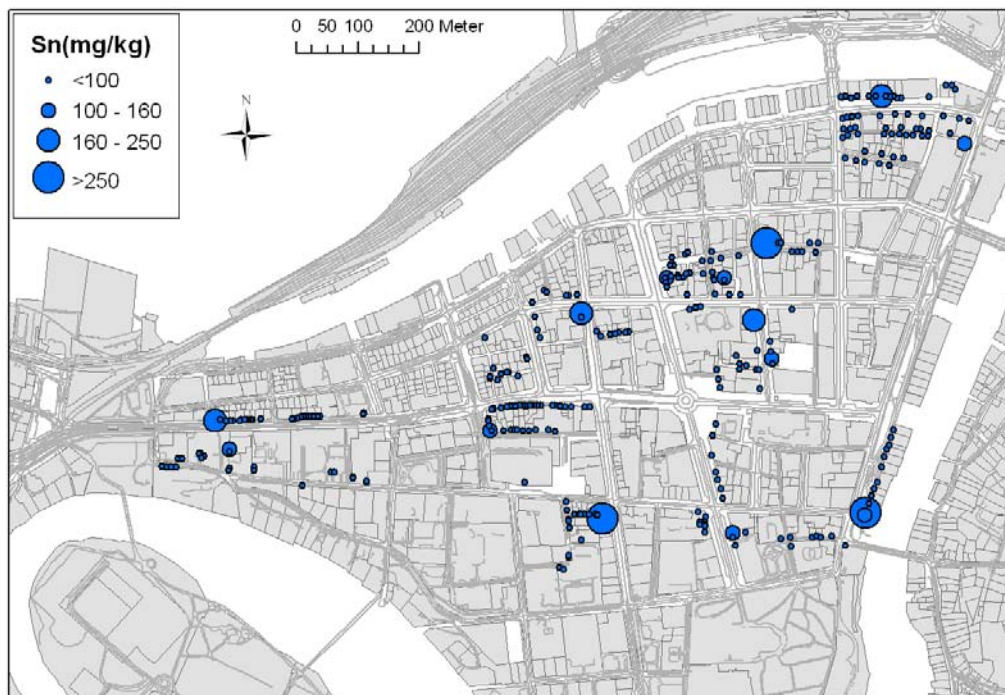
Figur 14 Innholdet av nikkel i husfasader i Trondheim



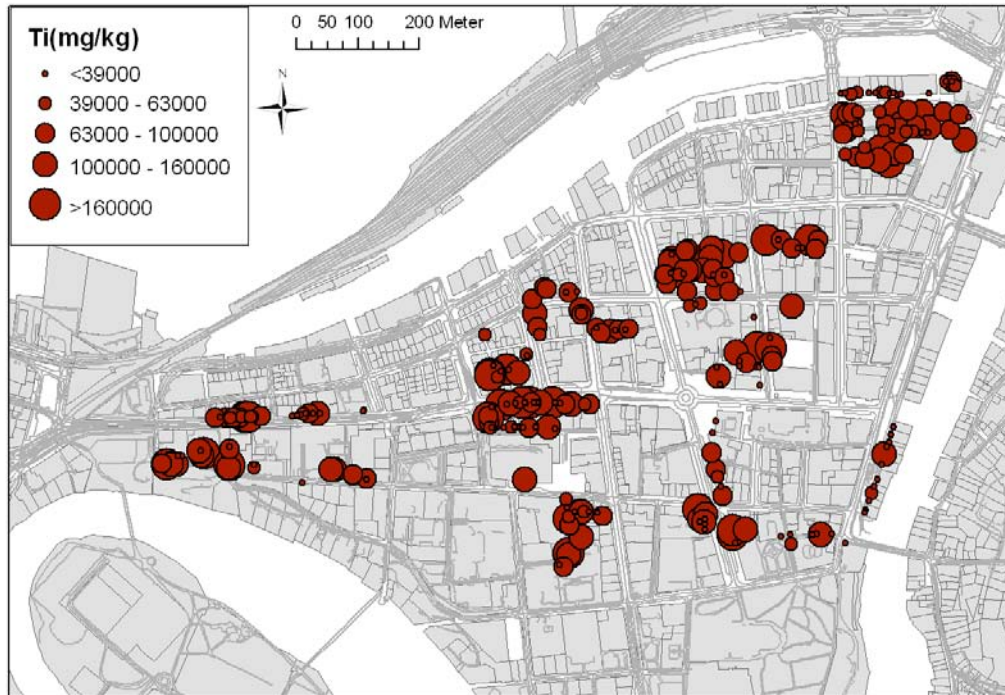
Figur 15 Innholdet av bly i husfasader i Trondheim



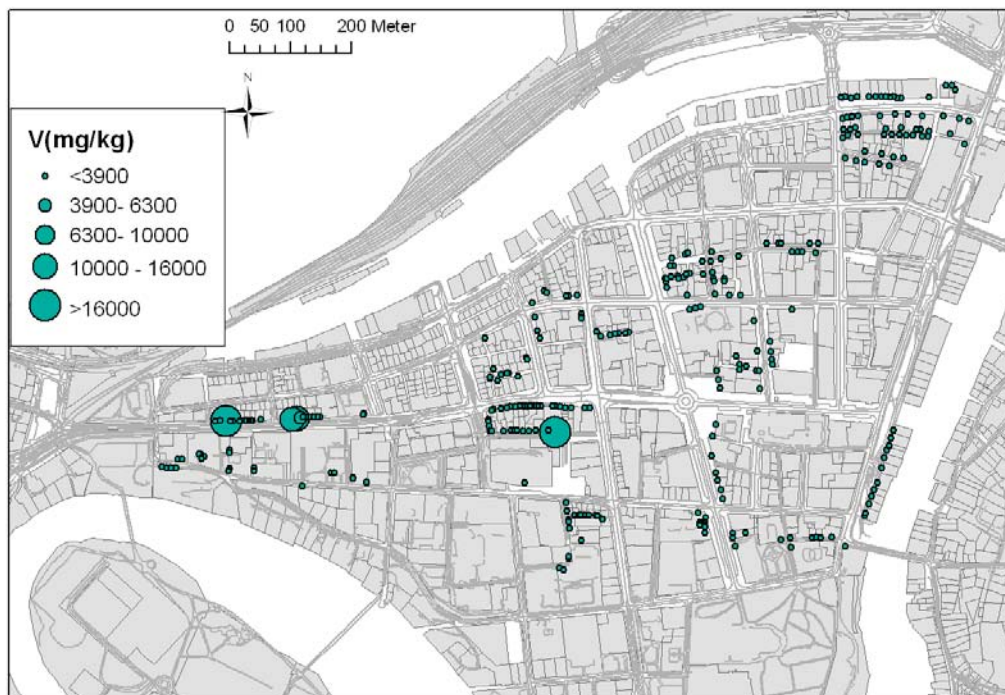
Figur 16 Innholdet av antimon i husfasader i Trondheim



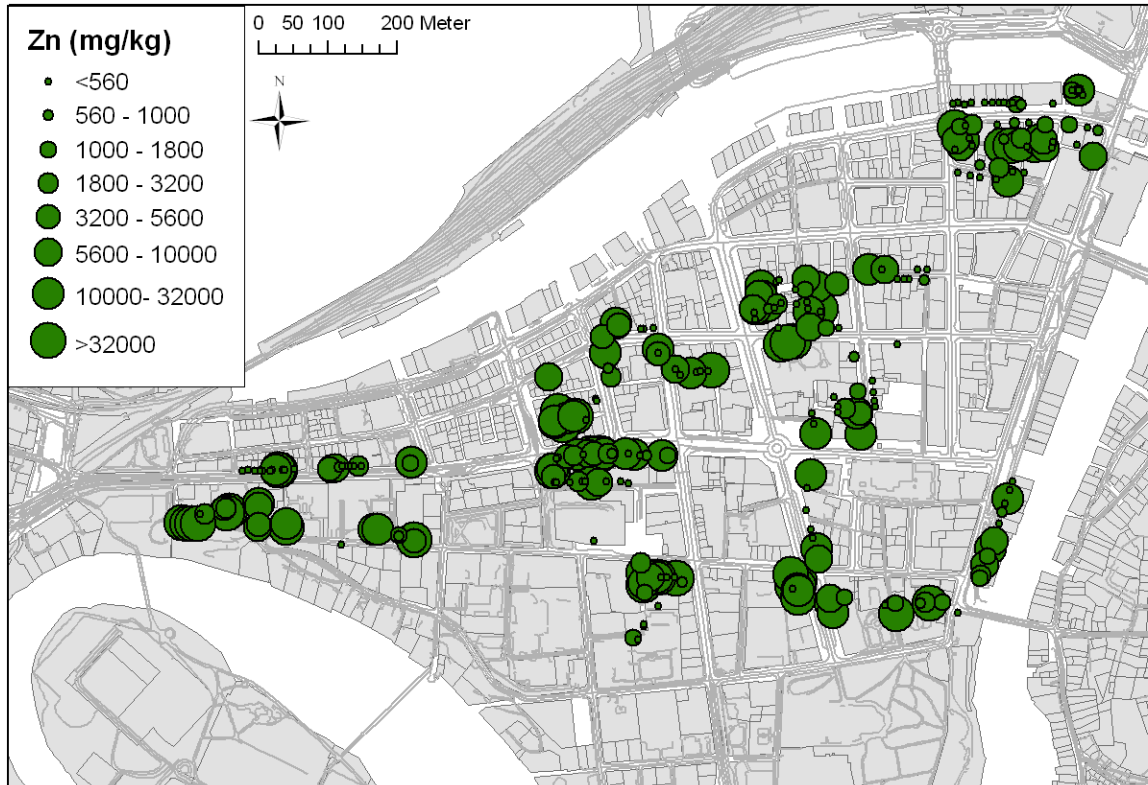
Figur 17 Innholdet av tinn i husfasader i Trondheim



Figur 18 Innholdet av titan i husfasader i Trondheim



Figur 19 Innholdet av vanadium i husfasader i Trondheim



Figur 20 Innholdet av sink i husfasader i Trondheim

Vedlegg 4 Informasjon om de ulike grunnstoffene

Arsen, As: Uorganiske arsenforbindelser er helseskadelige. I høye doser er arsen akutt giftig og kan være dødelig eller gi symptomer i magetarmkanalen. Arsenforbindelser kan også fremkalle hudkreft ved inntak gjennom munnen eller lungekreft ved inhalasjon av store mengder arsen over lang tid. TDI for arsen er satt av WHO til 2 µg /kg kroppsvekt/dag.

Bly, Pb: Bly er giftig, og selv mindre mengder har vist seg skadelig for human helse. Bly skader utvikling av sentralnervesystemet hos barn, og særlig følsomt er foster i mors liv. En av helsekonsekvensene er redusert utvikling av kognitive funksjoner (tenkeevne, IQ). Allerede ved 2,5 mg/dL i blod kan man se negative effekter. TDI for bly er 3,5 µg/ kg kroppsvekt/dag.

Kadmium, Cd: Kadmium er helseskadelig, skilles ikke ut av kroppen og hopper derfor opp i kroppen og særlig nyrene. Kortvarig høyere eksponering er derfor av liten betydning fordi det er den samlede eksponering som er av betydning. Ved lav livslang kadmiumeksponering sees nyreskader helst hos eldre. Kadmium kan også være kreftfremkallende. TDI er 1µg/kg kroppsvekt/dag.

Kobber, Cu: Kobber er et essensielt metall for kroppen. Inntak av store mengder kobber kan føre til akutt irritasjon av mage- og tarmslimhinne, med oppkast og diaré. Tolerabelt daglig inntak-verdien (TDI) for kobber er 140 µg/kg pr dag.

Krom, Cr(III): Cr(III) vil dominere i naturen jord, fordi Cr(VI) lett reduseres til Cr(III) av organiske stoffer. Cr(III) er stabilt og nødvendig for mennesker. Krom(III)konsentrasjoner over 25 000 mg/kg er å anse som farlig avfall.

Krom, Cr(VI): Cr(VI) tas lett opp i kroppen og er helseskadelig. Cr(VI) skader arvestoffet og er kreftfremkallende ved inhalasjon. Stoffet kan også forårsake kontaktallergi.

Konsentrasjoner av Cr(VI) over 78 mg/kg anses som farlig avfall. Normverdi er 2 mg/kg.

Nikkel, Ni: Nikkel kan virke kreftfremkallende ved inhalasjon. Høye inntak av nikkel gjennom munnen kan forverre hudallergi hos personer som allerede har kontaktallergi for

nikkel. TDI-verdien er 50 µg/kg pr dag. Nikkelinnhold over 2500 mg/kg anses som farlig avfall. Normverdi er 60 mg/kg.

Sink, Zn: Sinkinnholdet i jord representerer ingen risiko for human helse. Først meget store konsentrasjoner av sink i jord vil ha betydning for human helse, selv for barn. Jord med sinkkonsentrasjoner over 25 000 mg/kg er farlig avfall.