

NGU Rapport 99.077

Jordforurensning i Bergen - Undersøkelse av
barnehager, barneparker og lekeplasser på
Nordnes, Jekteviken og Dokken
Helseisikovurdering

Rapport nr.: 99.077		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Jordforurensning i Bergen - Undersøkelse av barnehager, barneparker og lekeplasser på Nordnes, Jekteviken og Dokken: Helseisikovurdering			
Forfatter: Rolf Tore Ottesen, Tore Volden, Tor Erik Finne og Jan Alexander		Oppdragsgiver: Bergen kommune og Norges geologiske undersøkelse	
Fylke: Hordaland		Kommune: Bergen	
Kartblad (M=1:250.000) Bergen		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1115 1 Bergen	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 57	Pris: Kr. 284,-
Feltarbeid utført: Mars og april 1999		Rapportdato: 10. august 1999	Prosjektnr.: 280801
<p>Ansvarlig: <i>Tore Volden</i></p>			
<p>Sammendrag:</p> <p>Norges geologiske undersøkelse (NGU) og Statens institutt for folkehelse (Folkehelsa) har undersøkt innholdet av arsen, bly og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i 21 barnehager, barneparker og lekeplasser på Nordnes, Jekteviken og Dokkenområdet i Bergen. Resultatene er brukt i en helseisikovurdering. Det øverste jordlaget i barnehager, barneparker og lekeplasser på Nordnes, Jekteviken og Dokken er i varierende grad forurenset med bly og benso(a)pyren. Deler av området er sterkt forurenset. Forurensningens kildene i "gammel" byjord kan være mange. Det virker imidlertid som slagg og andre avfallsprodukter fra Bergens gassverk er brukt som fyllmateriale i stor grad. Andre kilder kan være rivningsmasser etter ulike bybranner. Sand i sandkassene i de undersøkte lekearealene er moderat forurenset med arsen. Arsenforurensningen skyldes i hovedsak utlekking av arsen fra trykkimpregnert trevirke.</p> <p>Som et resultat av denne undersøkelsen anbefales følgende tiltak for bedring av situasjonen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fjerning av jord/sand i 1 meters bredde og 20 – 30 cm dybde rundt trykkimpregnert trevirke i kontakt med jord/sand. • Minimum oljebeising av trevirket før å redusere videre utlekking av arsen, men helst utskifting av trykkimpregnert trevirke i kontakt med jord/sand. • I tillegg bør det arbeides for å få bort CCA-impregnert materiale (CCA = kobber-krom-arsen) fra barns lekemiljø. • Fjerning av jord/sand hvor arseninnholdet er høyere enn 20 mg/kg, blyinnholdet er høyere enn 150 mg/kg og hvor innholdet av benso(a)pyren er høyere enn 0.5 mg/kg. • Massene erstattes med ren jord. • Til sammen mellom 600 og 1000 m³ forurenset masse foreslås fjernet i tillegg til massene rundt trykkimpregnert trevirke. <p>Gammel byjord er "brukt" mange ganger og er tilført forurensninger av ulike typer gjennom historisk tid. Ved graving i gammel byjord, er det stor sannsynlighet for at massene er forurenset. Det bør derfor etableres retningslinjer for hvordan slike masser skal håndteres ved graving, og hva slike masser kan brukes til. Særlig varsomhet bør utvises i arealer hvor små barn skal leke.</p>			
Emneord: Jordforurensning	Barnehager og barneparker	Lekeplasser	
Arsen	Bly	PAH	
Benso(a)pyren	Helseisikovurdering	Bergen kommune	

INNHOOLD

1.	INNLEDNING	5
2.	VURDERING OG FORSLAG TIL TILTAK	5
2.1	Jekteviken barnehage	7
2.2	Dokkebakken barnepark	8
2.3	Jekteviksbakken lekeplass	9
2.5	Johanneskirken barnepark	10
2.6	Nygårdsparken barnepark	11
2.7	Fredriksberg barnehage	12
2.8	Nordnes skole	13
2.9	Nordnesparken barnepark	14
2.10	Nordnesparken lekeplass	15
2.11	Nordnes balløkke	16
2.12	Tollbodalmeningen lekeplass	17
2.13	Nykirken barnehage	18
2.14	Bergen barnehage	19
2.15	Klosterhaugen lekeplass	20
2.16	Galgebakken balløkke	21
2.17	Klosteret barnehage	22
2.18	Solgården barnehage	23
2.19	Kalmergaten barnehage	24
2.20	Lekeplass ved Klosteret	25
2.21	Ytre Markevei balløkke	26
3.	METODER OG GJENNOMFØRING	28
3.1	Prøvetaking, prøvepreparering og kjemisk analyse	28
3.2	Kartfremstilling og datalagring	28
3.3	Kildekarakterisering	28
3.4	Karakterisering av spredningsveier	29
3.5	Stedsspesifikk risikovurdering	29
4.	DATAGRUNNLAG	30
4.1	Nordnes, Jekteviken og Dokken i forhold til resten av kommunen	31
4.2	Jordforurensning i barnehager, barneparker og lekeplasser på Nordnes, Jekteviken og Dokken	32
4.3	Løselighet av arsen og bly i jordprøver	34
5.	TOKSIKOLOGISK GRUNNLAG	36
5.1	Arsen	36
5.2	Bly	37
5.3	Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)	38
6.	HELSERISIKOVURDERING	39
6.1	Akseptkriterier	39

6.2	Barns eksponering av arsen, bly og PAH-forbindelser i barnehager, barneparker og lekeplasser på Nordnes, Jekteviken og Dokken	39
6.2.1	Arsen	40
6.2.2	Bly	43
6.2.3	Benso(a)pyren	46
7.	KONKLUSJON	49
8.	LITTERATUR	50
9.	VEDLEGG: Analyserlister	53

1. INNLEDNING

Tidligere er innholdet av arsen, kadmium, krom, kobber, kvikksølv, nikkel, bly, sink og utvalgte organiske miljøgifter kartlagt i overflatejord fra parker, plener, enger og hager i Bergen. I det indre byområdet (Sentrum-, Løvestakken-, Landås-, Sandviken- og Laksevåg-bydeler) er innholdet av miljøgifter oppkonsentrert i forhold til gjennomsnittet for hele kommunen. Innenfor Bergen sentrum har Nordnes de høyeste konsentrasjonene av bl.a. arsen og bly, mens Jekteviken og Dokken har de høyeste konsentrasjonene av polysykliske hydrokarboner (PAH) (Ottesen og Volden 1999). I barnehagesand i 85 tilfeldig utvalgte barnehager jevnt fordelt over hele kommunen, er innholdet av arsen gjennomgående tre ganger høyere enn i byjorden. Barnehagesanden har ellers et lavt innhold av de undersøkte tungmetaller, med unntak av et uteareal i Jekteviken som har et relativt høyt blyinnhold (Ottesen og Volden 1999).

Basert på funnene som ble gjort i den byovergripende undersøkelsen, ønsket Bergen kommune bl.a. å gjennomføre en undersøkelse av barnehager, barnepark og lekeplasser i området Nordnes – Jekteviken og Dokken med ytterligere prøvetaking og helserisikovurdering etterfulgt av eventuelle tiltak.

Norges geologiske undersøkelse (NGU) og Statens institutt for folkehelse (Folkehelse) har nå gjennomført en slik undersøkelse, og denne rapporten presenterer resultatene fra undersøkelse av 21 lekearealer på Nordnes, Jekteviken og Dokken (Jekteviken barnehage, Dokkebakken barnepark, Jekteviksbakken lekeplass, Wenches barnehage, Johanneskirken barnepark, Nygårdsparken barnepark, Fredriksberg barnehage, Nordnes skole, Nordnesparken barnepark, Nordnesparken lekeplass, Nordnes balløkke, Tollbodalmeningen lekeplass, Nykirken barnehage, Bergen barnehage, Klosterhaugen lekeplass, Galgebakken balløkke, Klosteret barnehage, Solgården barnehage, Kalmergaten barnehage, Lekeplass ved Klosteret og Ytre Markevei balløkke).

2. VURDERING OG FORSLAG TIL TILTAK

I undersøkelsen skilles det mellom jord som betyr den lokale "naturlige" jord på tomten og sand som betyr tilkjørt til sandkasser og lekeapparater. Kartleggingen av lekearealene har avdekket tildels sterk forurensing av jorden med bly og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og moderat forurensing med arsen. Barnehagesanden er svak til moderat forurenset med arsen. I helserisikovurderingene er det valgt å bruke verdiene for benso(a)pyren som markør for PAH-forbindelsene. Vurderingene har resultert i forslag til tiltak i 20 av de 21 undersøkte lekearealene (Tabell 1). Tiltakene går ut på fjerning av forurenset masse som erstattes med ren jord. Trykkimpregnert materiale i jordkontakt bør fjernes eller minimum oljebeises for å redusere ytterligere utlekking av arsen. Ved nyanskaffelser av lekeutstyr, bør det ikke benyttes apparater av trykkimpregnert materiale.

Tabell 1 *Oppsummering for de undersøkte barnehager, barneparker og lekeplasser. Forurensningsgrad (uforurenset, svak, moderat, sterk og meget sterkt). Arsen = As, bly = Pb og benso(a)pyrene = BaP.*

Lekeareal	Forurensningsgrad og type	Forslag til tiltak
2.1 Jekteviken barnehage	Moderat As, Pb, BaP	Omfattende fjerning av masser
2.2 Dokkenbakken barnepark	Svak til moderat As, Pb, BaP	Begrenser fjerning av masser
2.3 Jekteviksbakken lekeplass	Moderat As, Pb, BaP	Begrenset fjerning av masser
2.4 Wenches barnehage	Sterkt Pb, BaP, Moderat As	Omfattende fjerning av masser
2.5 Johanneskirken barnepark	Sterk BaP, Svak til moderat As, Pb	Relativt omfattende fjerning av masser
2.6 Nygårdsparken barnepark	Uforurenset	Anbefaler oljebeising av trevirke
2.7 Fredriksberg barnehage	Moderat As, Pb	Begrenset fjerning av masser
2.8 Nordnes skole	Svak As, BaP	Anbefaler oljebeising av trevirke
2.9 Nordnesparken barnepark	Moderat As	Begrenset fjerning av masser
2.10 Nordnesparken lekeplass	Svak til moderat Pb, As	Begrenset fjerning av masser
2.11 Nordnes balløkke	Moderat As, Pb, BaP	Fjerning av et lass med fuyllmasser
2.12 Tollbodalmeningen lekeplass	Moderat As, Svak Pb, BaP	Begrenset fjerning av masser
2.13 Nykirken barnehage	Moderat As	Begrenset fjerning av masser
2.14 Bergen barnehage	Meget sterk Pb, Moderat As, BaP	Omfattende fjerning av masser
2.15 Klosterhaugen lekeplass	Sterk Pb, Moderat As, BaP	Relativt omfattende fjerning av masser
2.16 Galgebakken balløkke	Moderat til sterk Pb, Moderat BaP	Ingen tiltak
2.17 Klosteret barnehage	Sterk Pb	Relativt omfattende fjerning av masser
2.18 Solgården barnehage	Sterk Pb, Moderat As, Svak BaP	Begrenset fjerning av masser
2.19 Kalmegaten barnehage	Sterk Pb, Moderat As	Fjerning av masser, eventuelt legge fast dekke
2.20 Lekeplass ved Klosteret	Meget sterk Pb, Moderat As	Begrenset fjerning av masser
2.21 Ytre Markevei balløkke	Sterk Pb	Begrenset fjerning av masser

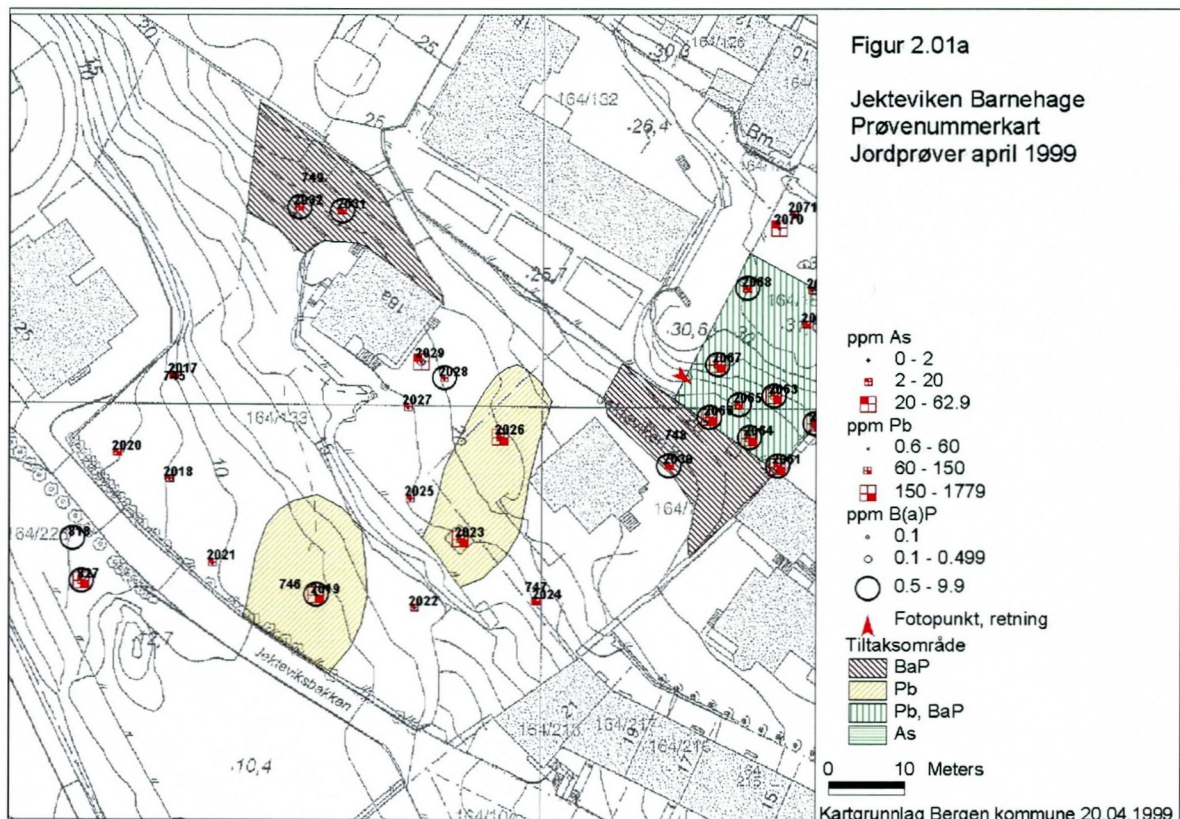
2.1 Jekteviken barnehage

Den lokale jorden i Jekteviken barnehage er moderat forurenset med arsen, bly og benso(a)pyren. De lokale massene har et høyt innhold av slagge og avfallsprodukter fra gassverket. Disse produktene er sannsynligvis hovedkildene for forurensningen av jorden i Jekteviken barnehage med bly og benso(a)pyren.

Forslag til tiltak:

Figur 2.1 viser hvor i barnehagen det er behov for tiltak. Tiltakene består i:

- Fjerning av jord/sand i 1 meters bredde og 20 - 30 cm dybde rundt trykkimpregnert trevirke i kontakt med jord/sand, dvs ved trapp, bord, sandkasse, huske og lekehus.
- Minimum oljebeising av trevirket, men helst utskifting av trykkimpregnert trevirke i kontakt med jord/sand.
- Fjerning av sand i sandkassen på grunn av noe høyt innhold av benso(a)pyren. Sanden erstattes med ren sand.
- Fordi den lokale jorden er forurenset, bør det vurderes å legge en duk under sandkassen før ny sand tilføres.
- Fjerning av jord hvor blyinnholdet er høyere enn 150 mg/kg og hvor innholdet av benso(a)pyrene er høyere enn 0.5 mg/kg.
- Massene graves ut til 20 - 30 cm dyp og i utbredelse som vist på figur 2.1 Massene erstattes med ren jord.



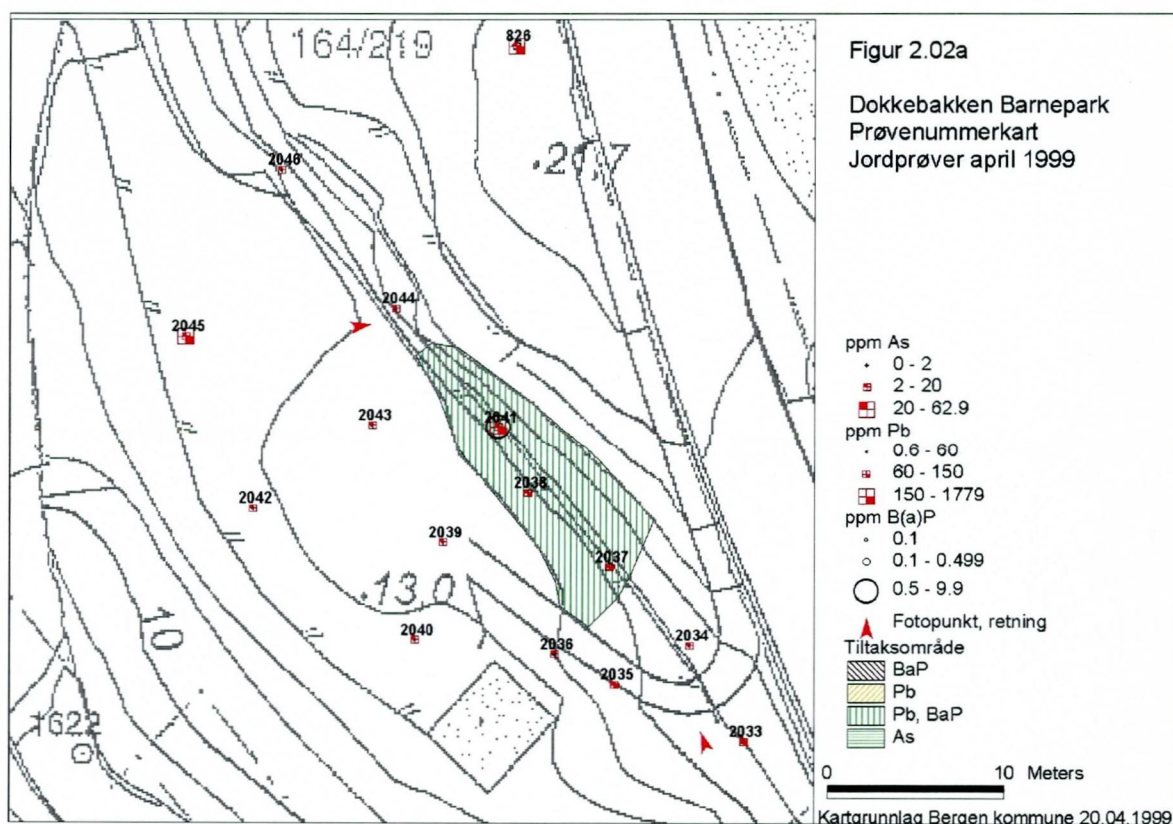
2.2 Dokkebakken barnepark

Jorden i Dokkebakken barnepark er svakt til moderat forurenset med arsen, bly og benso(a)pyren. Sandkassesanden har et svakt forhøyet innhold av arsen. Sanden er ikke forurenset med bly eller benso(a)pyren.

Forslag til tiltak:

Figur 2.2 viser hvor i barneparken det er behov for tiltak. Tiltakene består i:

- Fjerning av jord/sand i 1 meters bredde og 20 - 30 cm dybde rundt trykkimpregnert trevirke i kontakt med jord/sand.
- Minimum oljebeising av trevirket, men helst utskifting av trykkimpregnert trevirke i kontakt med jord/sand.
- Fordi den lokale jorden er forurenset, bør det vurderes å legge en duk under sandkassen når sanden likevel skiftes.
- Fjerning av jord hvor blyinnholdet er høyere enn 150 mg/kg og innholdet av benso(a)pyrene er høyere enn 0.5 mg/kg, dvs i skråningen opp mot Dokkeveien.
- Massene graves ut til 20 -30 cm dyp og i utbredelse som vist på figur 2.2 Massene erstattes med ren jord.
- Hele barneparken bør gruses opp på nytt.



2.3 Jekteviksbakken lekeplass

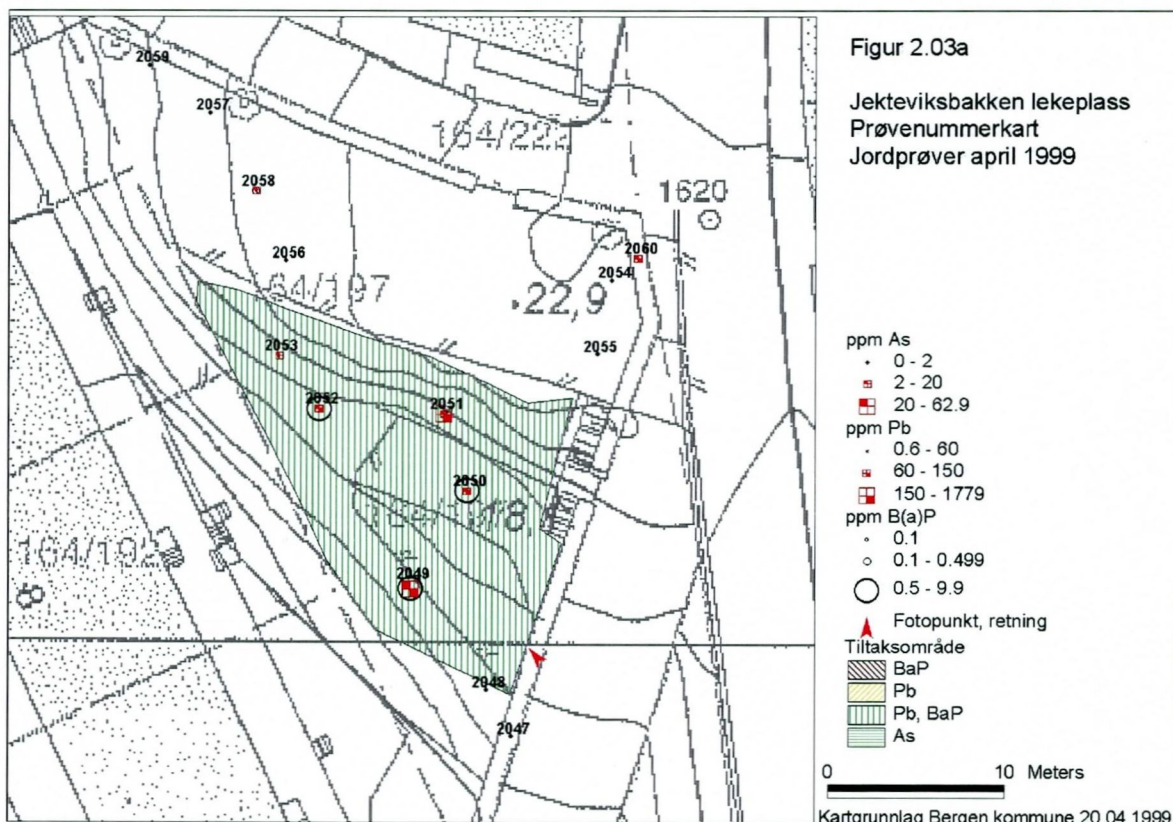
Jorden i Jekteviksbakken lekeplass har et stort innslag av avfallsprodukter fra gassverket. Jorden er moderat forurenset med arsen, bly og benso(a)pyren. Sanden har lavt innhold av de undersøkte forbindelser.

Forslag til tiltak:

Figur 2.3 viser hvor i lekeplassen det er behov for tiltak. Tiltakene består i:

- Fjerning av jord hvor arseninnholdet er høyere enn 20 mg/kg, blyinnholdet er høyere enn 150 mg/kg og innholdet av benso(a)pyrene er høyere enn 0.5 mg/kg
- Massene graves ut til 20 - 30 cm dyp og i utbredelse som vist på figur 2.3. Massene erstattes med ren jord.
- Fordi den lokale jorden er forurenset, bør det vurderes å legge en duk under sandkassen når sanden likevel skal skiftes ut.

Av preventive hensyn bør det trykkimpregnert trevirket oljebeises årlig for å redusere fremtidig lekkasje av arsen fra trevirket til jorden.



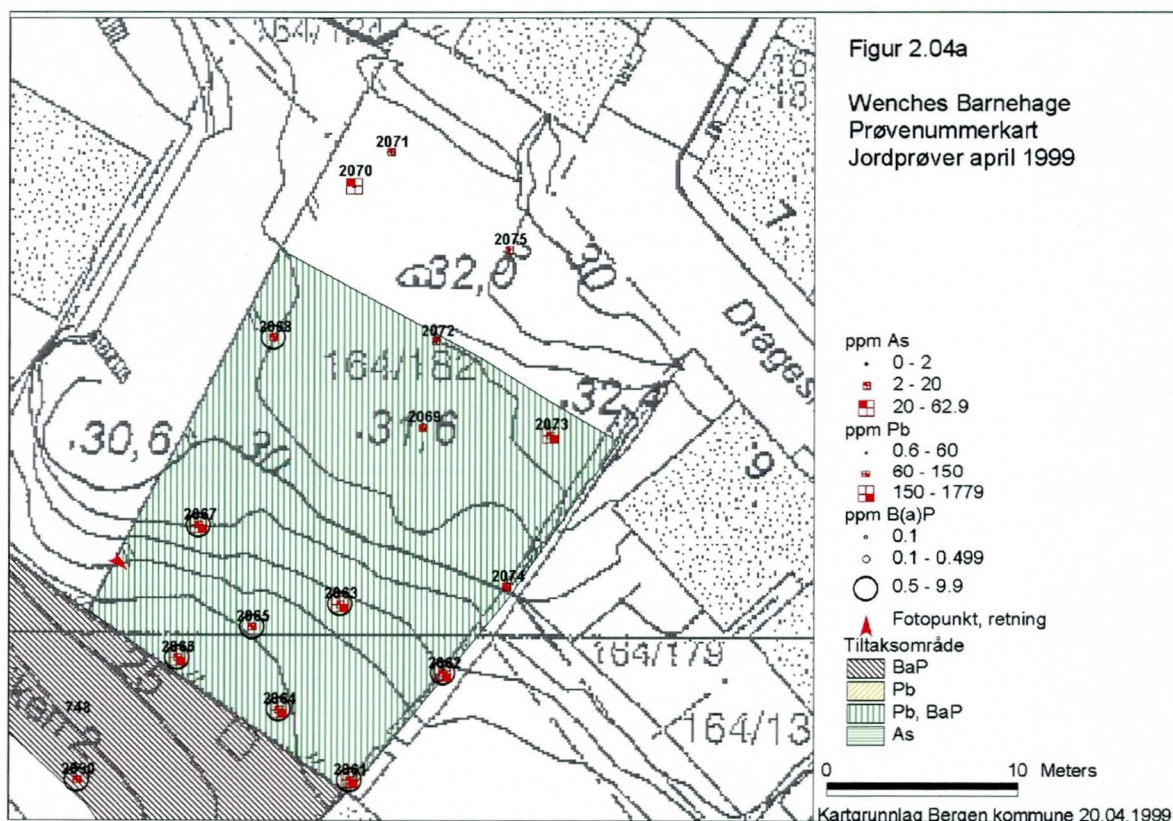
2.4 Wenches barnehage

I godt over halvparten av utearealet i Wenches barnehage er jorden sterkt forurenset med bly og benso(a)pyren og moderat forurenset med arsen. Sanden er svakt forurenset med arsen og ikke forurenset med bly og benso(a)pyren.

Forslag til tiltak:

Figur 2.4 viser hvor i barnehagen det er behov for tiltak. Tiltakene består i:

- Fjerning av jord/sand i 1 meters bredde og 20 - 30 cm dybde rundt trykkimpregnert trevirke i kontakt med jord/sand.
- Minimum oljebeising av trevirket, men helst utskifting av trykkimpregnert trevirke i kontakt med jord/sand.
- Fordi den lokale jorden er forurenset, bør det vurderes å legge en duk under sandkassen før ny sand tilføres.
- Fjerning av jord hvor blyinnholdet er høyere enn 150 mg/kg og hvor innholdet av benso(a)pyren er høyere enn 0.5 mg/kg (figur 2.4).
- Massene graves ut til 20 - 30 cm dyp og i utbredelse som vist på figur 2.4. Massene erstattes med ren jord.



2.5 Johanneskirken barnepark

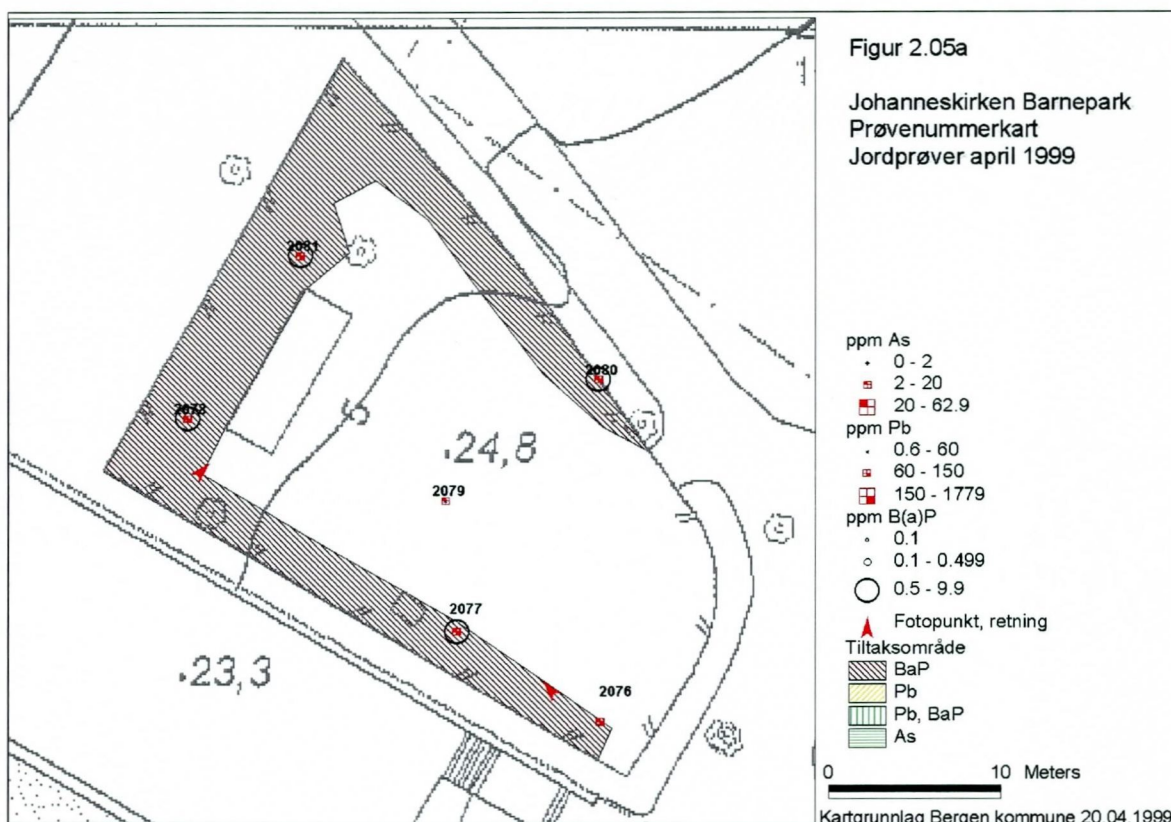
Lekearealene i Johanneskirken barnepark består for en stor del av et asfaltert område med ”gammel” byjord rundt. Jordarealene er sterkt forurenset med benso(a)pyren og svakt til moderat forurenset arsen og bly. Sanden er moderat forurenset med arsen og ikke forurenset med bly.

Forslag til tiltak:

Figur 2.5 viser hvor i barneparken det er behov for tiltak. Tiltakene består i:

- Fjerning av jord hvor innholdet av benso(a)pyrene er høyere enn 0.5 mg/kg
- Massene graves ut til 20 - 30 cm dyp og i utbredelse som vist på figur 2.5. Massene erstattes med ren jord.
- Fordi den lokale jorden er forurenset, bør det vurderes å legge en duk under sandkassen neste gang sand likevel skal skiftes.

Av preventive hensyn bør det trykkimpregnert trevirket oljebeises årlig for å redusere fremtidig lekkasje av arsen fra trevirket til jorden.

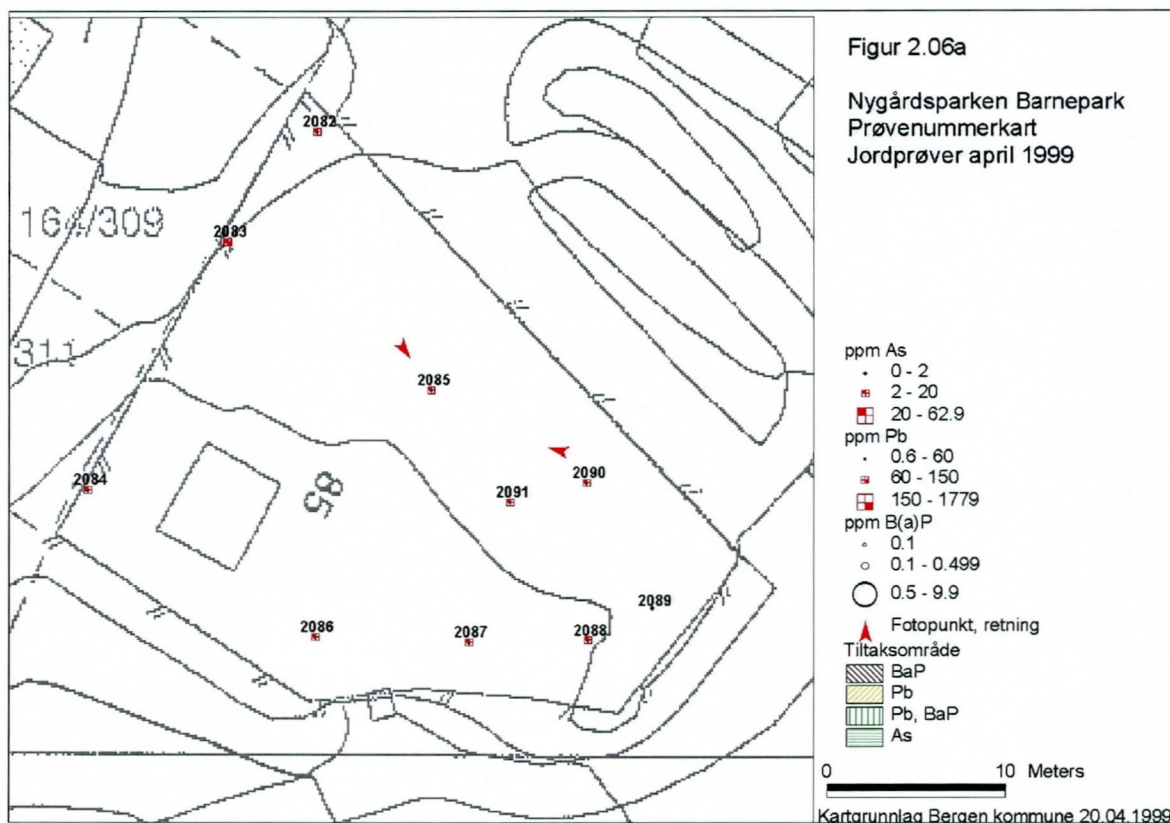


2.6 Nygårdsparken barnepark

I Nygårdsparken barnepark (figur 2.6) er ikke jorden forurenset av arsen, bly eller benso(a)pyren. Sanden er svak til moderat forurenset med arsen.

Forslag til tiltak:

Ingen tiltak er nødvendig, men av preventive hensyn bør det trykkimpregnerte trevirket oljebeises årlig for å redusere fremtidig lekkasje av arsen fra trevirket til jord/sand.



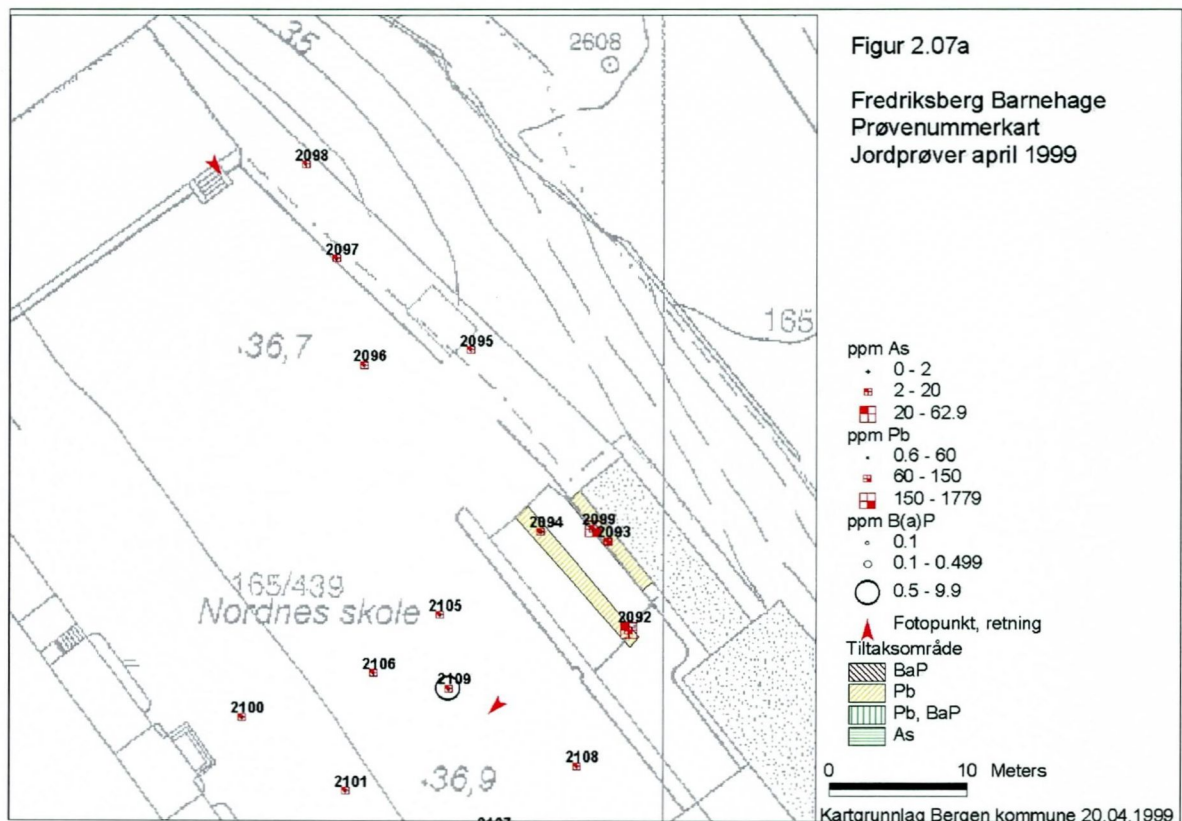
2.7 Fredriksberg barnehage

I Fredriksberg barnehage er jorden i blomsterbed moderat til sterkt forurenset med bly og moderat forurenset med arsen. Sanden i barnehagen er lite forurenset.

Forslag til tiltak:

Figur 2.7 viser hvor i barnehagen det er behov for tiltak. Tiltakene består i:

- Fjerning av jord/sand i 1 meters bredde og 20 - 30 cm dybde rundt trykkimpregnert trevirke i kontakt med jord/sand.
- Minimum oljebeising av trevirket, men helst utskifting av trykkimpregnert trevirke i kontakt med jord/sand.
- Fordi den lokale jorden er forurenset, bør det vurderes å legge en duk under sandkassen når sanden likevel skal skiftes ut.
- Fjerning av jord hvor blyinnholdet er høyere enn 150 mg/kg.
- Massene graves ut til 20 - 30 cm dyp og i utbredelse som vist på figur 2.7. Massene erstattes med ren jord.



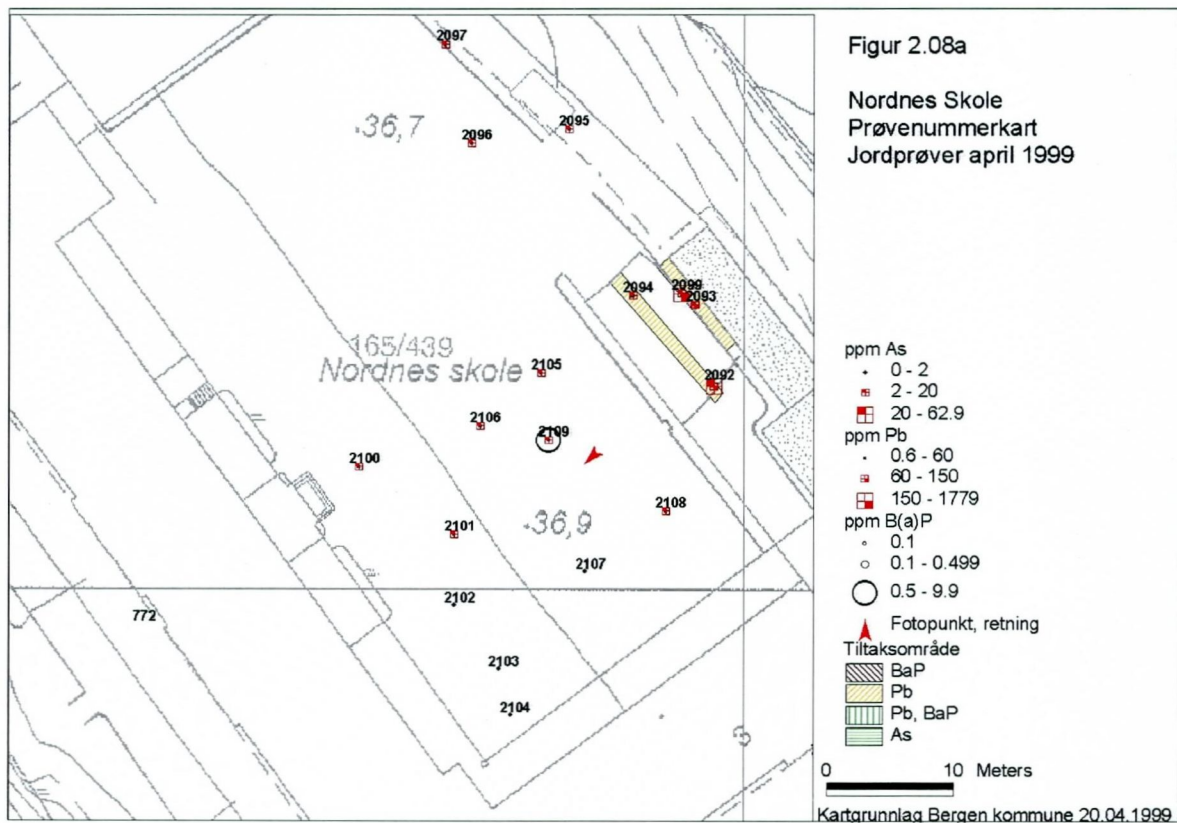
2.8 Nordnes skole

Sanden i skolegården på Nordnes skole er ikke forurenset med bly, men moderat forurenset med arsen og benso(a)pyren.

Forslag til tiltak:

Figur 2.8 viser hvor i skolegården det er behov for tiltak. Tiltakene består i:

- Minimum oljebeising av trevirket, men helst utskifting av trykkimpregnert trevirke i kontakt med jord/sand.



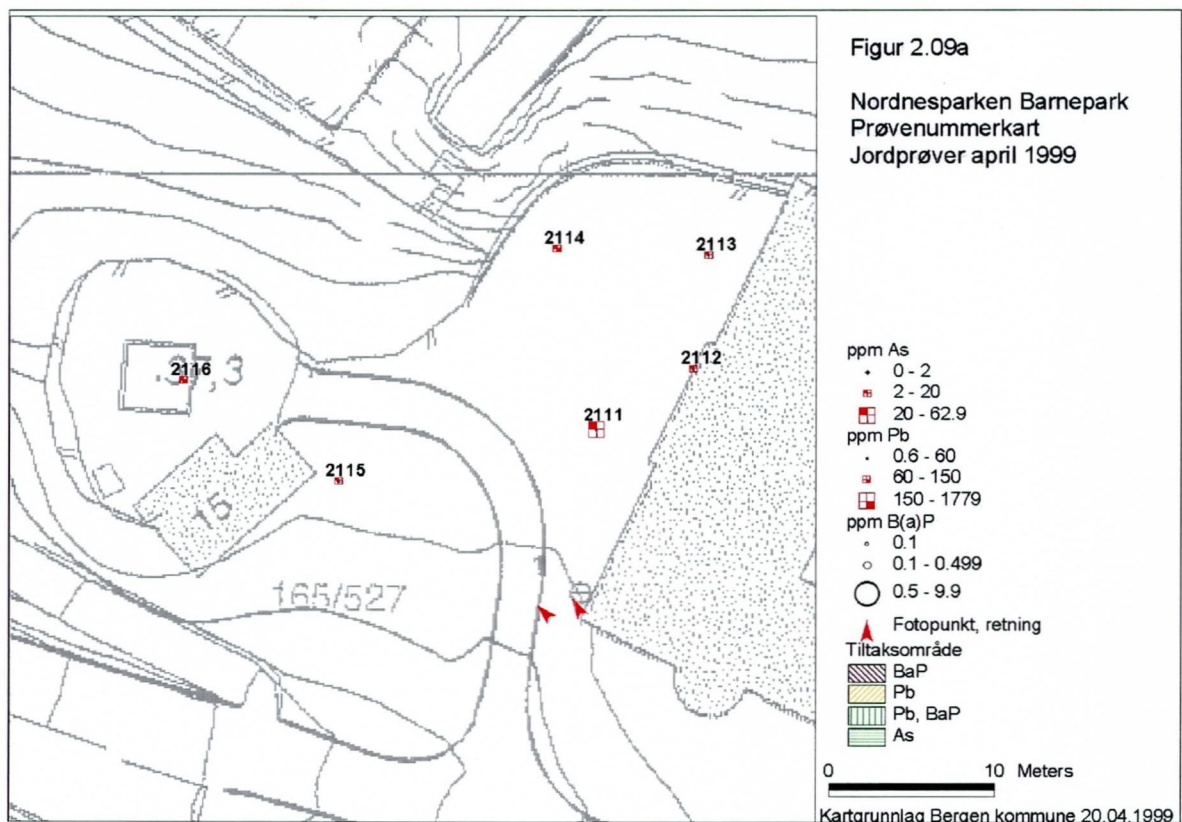
2.9 Nordnesparken barnepark

I Nordnesparken barnepark er sanden moderat forurenset med arsen og bly. Sanden er ikke forurenset med benso(a)pyren.

Forslag til tiltak:

Figur 2.9 viser hvor i barneparken det er behov for tiltak. Tiltakene består i:

- Fjerning av jord/sand i 1 meters bredde og 20 - 30 cm dybde rundt trykkimpregnert trevirke i kontakt med jord/sand.
- Minimum oljebeising av trevirket, men helst utskifting av trykkimpregnert trevirke i kontakt med jord/sand.
- Massene erstattes med ren sand.



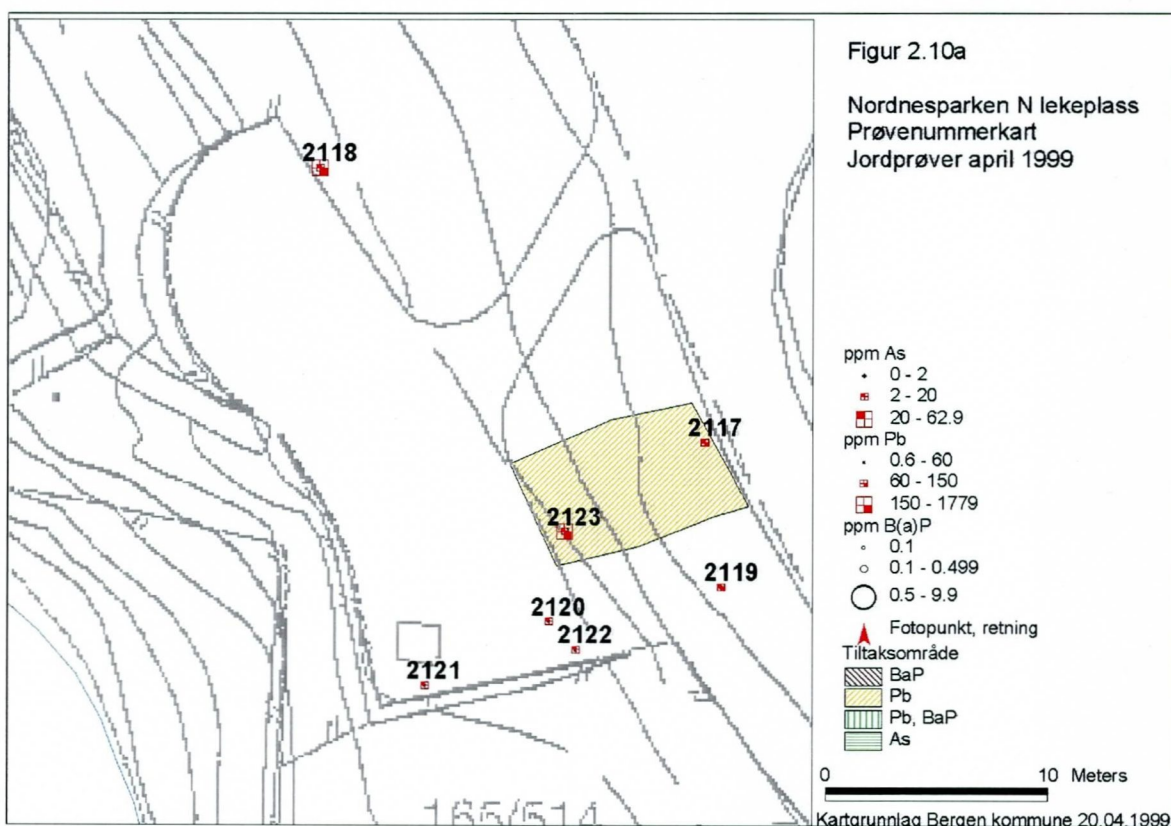
2.10 Nordnesparken lekeplass

I Nordnesparken lekeplass er jorden moderat forurenset med arsen og bly. Jorden inneholder ubetydelig mengder benso(a)pyren. Sanden er moderat forurenset med arsen ellers uforurenset.

Forslag til tiltak:

Figur 2.10 viser hvor i lekeklassen det er behov for tiltak. Tiltakene består i:

- Fjerning av jord/sand i 1 meters bredde og 20 - 30 cm dybde rundt trykkimpregnert trevirke i kontakt med jord/sand.
- Minimum oljebeising av trevirket, men helst utskifting av trykkimpregnert trevirke i kontakt med jord/sand.



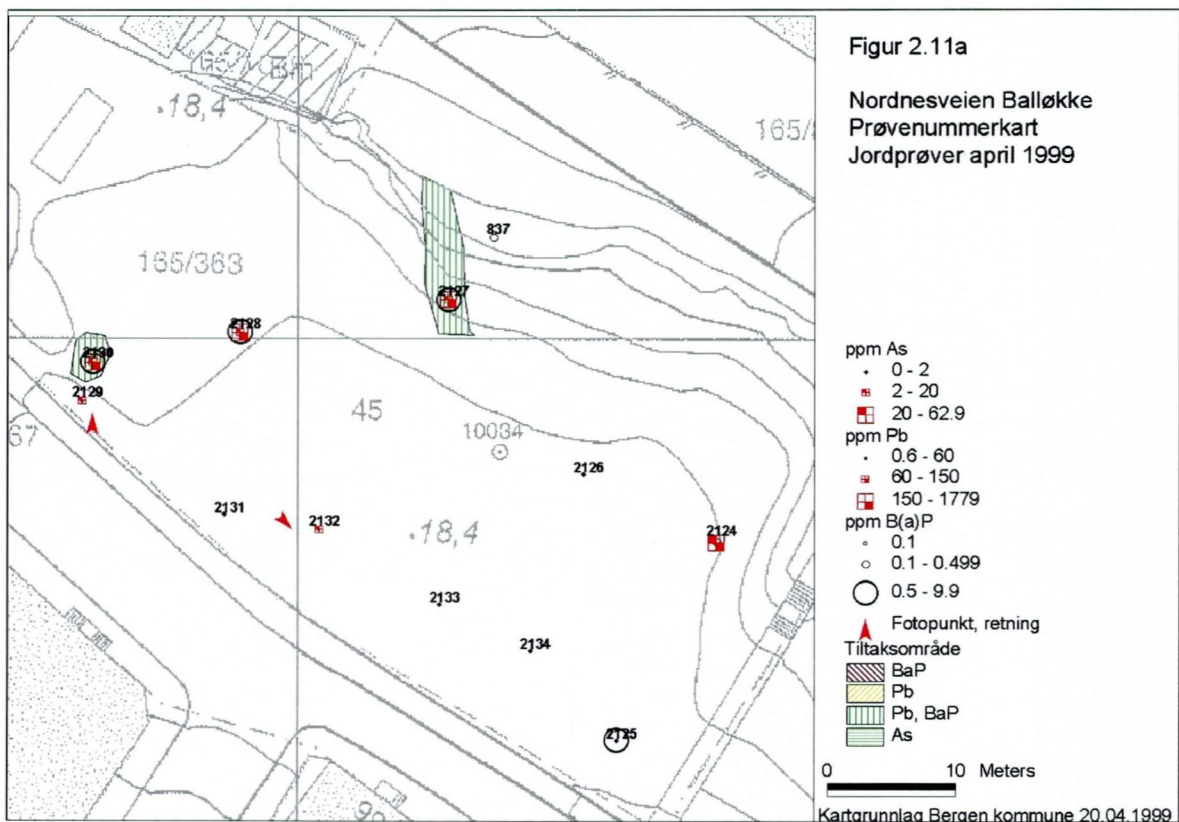
2.11 Nordnes balløkke

De grasbevokste områdene rundt Nordnes balløkke er moderat forurenset med arsen og benso(a)pyren og moderat til sterkt forurenset med bly. Et lass med byjord på plassen ved punkt 2130 inneholder mye benso(a)pyren. Sanden på ballplassen er uforurenset.

Forslag til tiltak:

Figur 2.11 viser hvor i balløkken det er behov for tiltak. Tiltakene består i:

- Fjerning av tilkjørt byjord.
- Fjerning av jord hvor blyinnholdet er høyere enn 150 mg/kg og hvor innholdet av benso(a)pyren er høyere enn 0.5 mg/kg.
- Massene graves ut til 20 - 30 cm dyp og i utbredelse som vist på figur 2.7. Massene erstattes med ren jord.



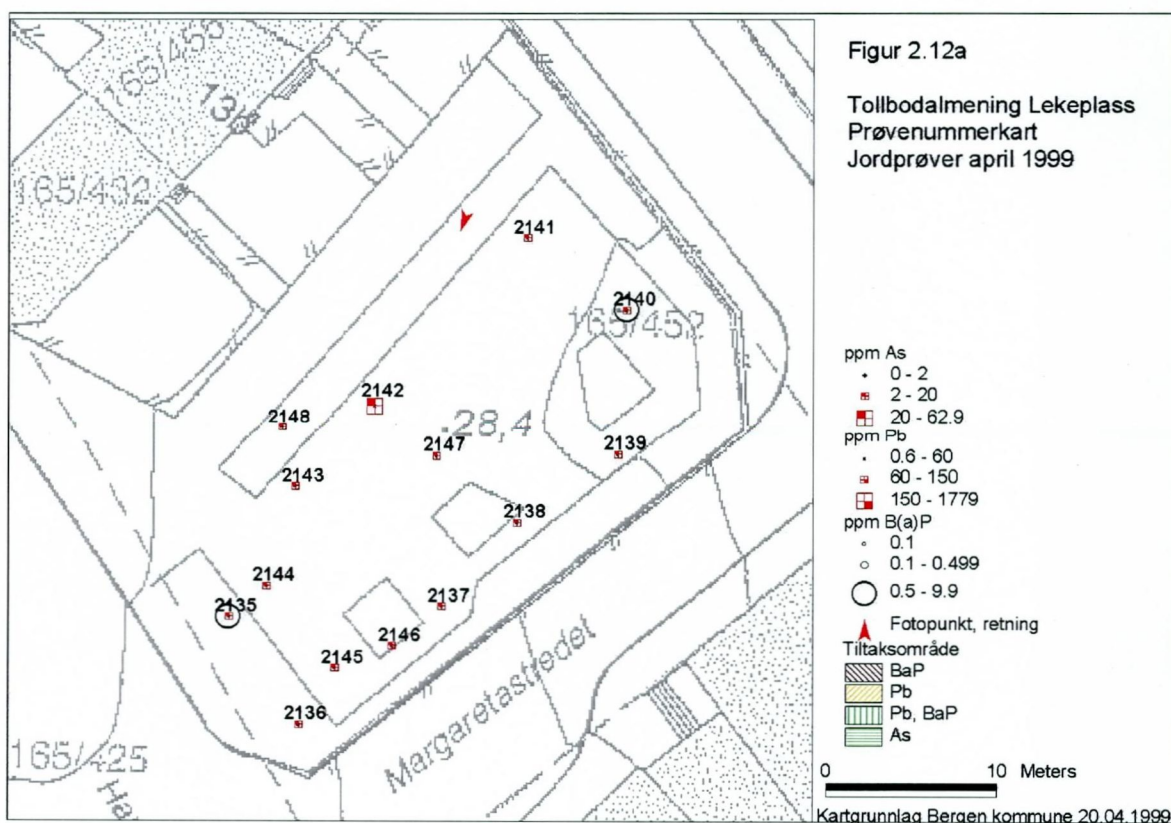
2.12 Tollbodalmeningen lekeklass

Sanden i Tollbodalmeningen lekeklass er moderat forurenset med arsen og svakt forurenset med benso(a)pyren.

Forslag til tiltak:

Figur 2.12 viser hvor i lekeklassen det er behov for tiltak. Tiltakene består i:

- Fjerning av jord/sand i 1 meters bredde og 20 - 30 cm dybde rundt trykkimpregneret trevirke i kontakt med jord/sand.
- Minimum oljebeising av trevirket, men helst utskifting av trykkimpregneret trevirke i kontakt med jord/sand.



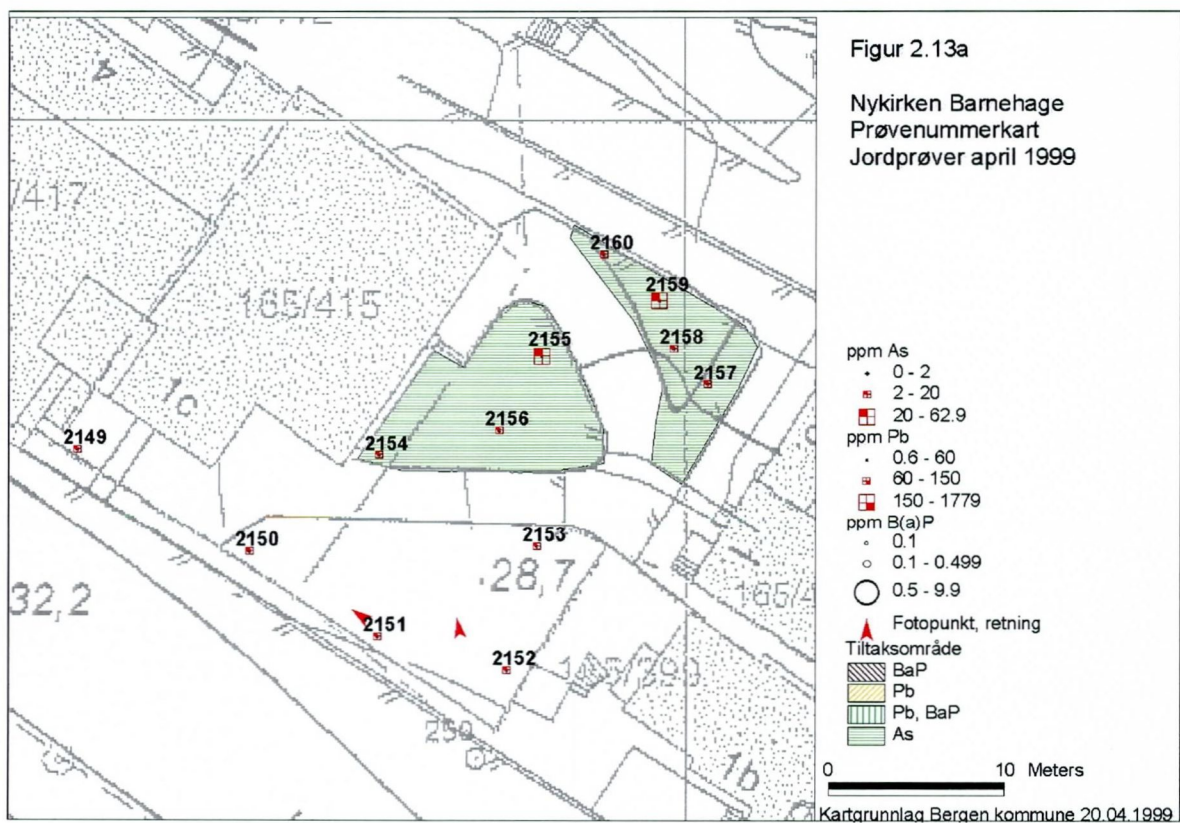
2.13 Nykirken barnehage

Sanden i Nykirken barnehage er moderat forurenset med arsen og uforurenset når det gjelder bly og benso(a)pyren.

Forslag til tiltak:

Figur 2.13 viser hvor i barnehagen det er behov for tiltak. Tiltakene består i:

- Fjerning av jord/sand rundt trykkimpregnert trevirke i kontakt med jord/sand. Massene graves ut til 20 - 30 cm dyp og i utbredelse som vist på figur 2.13. Massene erstattes med ren jord.
- Minimum oljebeising av trevirket, men helst utskifting av trykkimpregnert trevirke i kontakt med jord/sand.



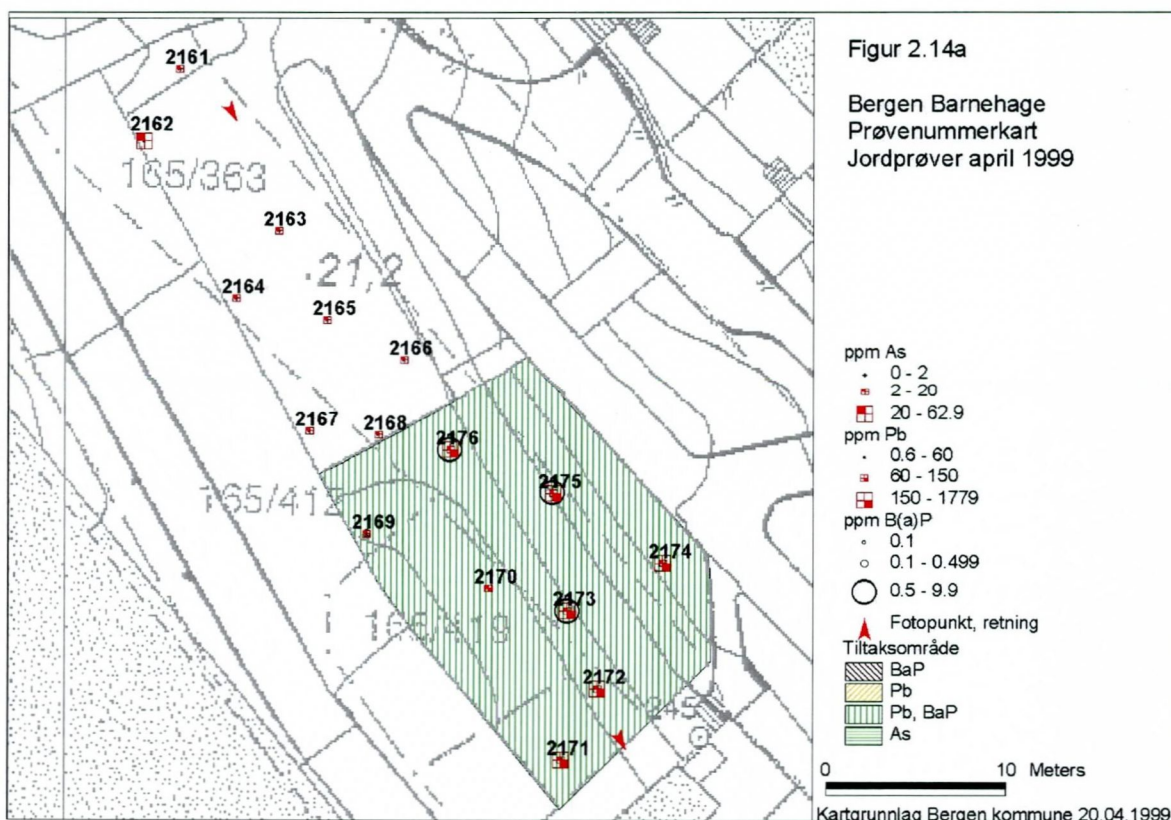
2.14 Bergen barnehage

Den lokale jorden i Bergen barnehage er sterkt til meget sterkt forurenset med bly, moderat til sterkt forurenset med benso(a)pyren og moderat forurenset med arsen. Sanden er moderat til sterkt forurenset med arsen.

Forslag til tiltak:

Figur 2.14 viser hvor i barnehagen det er behov for tiltak. Tiltakene består i:

- Fjerning av jord/sand i 1 metres bredde og 20 - 30 cm dybde rundt trykkimpregnert trevirke i kontakt med jord/sand.
- Minimum oljebeising av trevirket, men helst utskifting av trykkimpregnert trevirke i kontakt med jord/sand.
- Fordi den lokale jorden er forurenset, bør det vurderes å legge en duk under sandkassen før ny sand tilføres.
- Fjerning av jord hvor blyinnholdet er høyere enn 150 mg/kg og hvor innholdet av benso(a)pyren er høyere enn 0.5 mg/kg.
- Massene graves ut til 20 - 30 cm dyp og i utbredelse som vist på figur 2.14. Massene erstattes med ren jord.



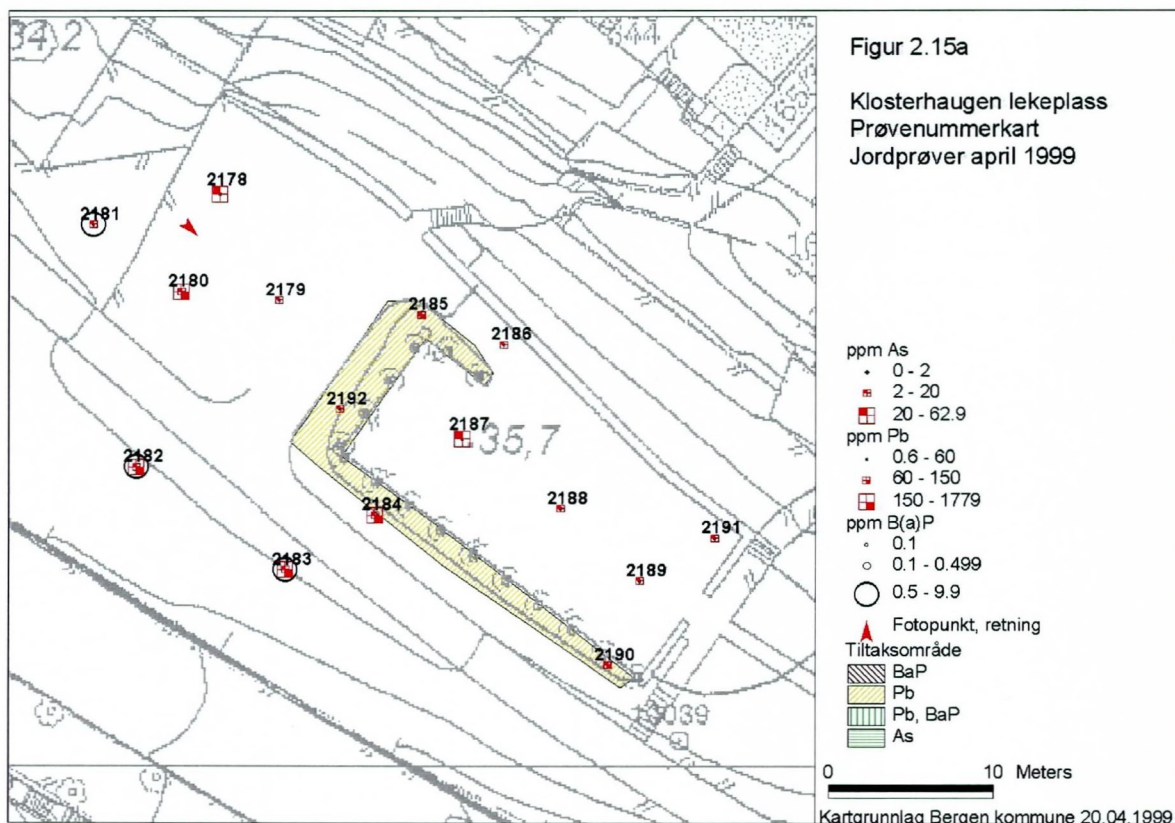
2.15 Klosterhaugen lekeplass

Over halvparten av arealet med lokal jord i Klosterhaugen lekeplass er sterkt forurenset med bly, moderat forurenset med benzo(a)pyren og moderat forurenset med arsen. Sanden på lekeplassen er moderat forurenset med arsen.

Forslag til tiltak:

Figur 2.15 viser hvor i lekeplassen det er behov for tiltak. Tiltakene består i:

- Fjerning av jord/sand i 1 meters bredde og 20 – 30 cm dybde rundt trykkimpregnert trevirke i kontakt med jord/sand.
- Minimum oljebeising av trevirket, men helst utskifting av trykkimpregnert trevirke i kontakt med jord/sand.
- Fordi den lokale jorden er forurenset, bør det vurderes å legge en duk under sandkassen når den likevel skal skiftes ut.
- Fjerning av jord ved trappen, og i sandbassenget (Blyinnhold >150 mg/kg)
- Massene graves ut til 20 - 30 cm dyp og i utbredelse som vist på figur 2.15. Massene erstattes med ren jord.

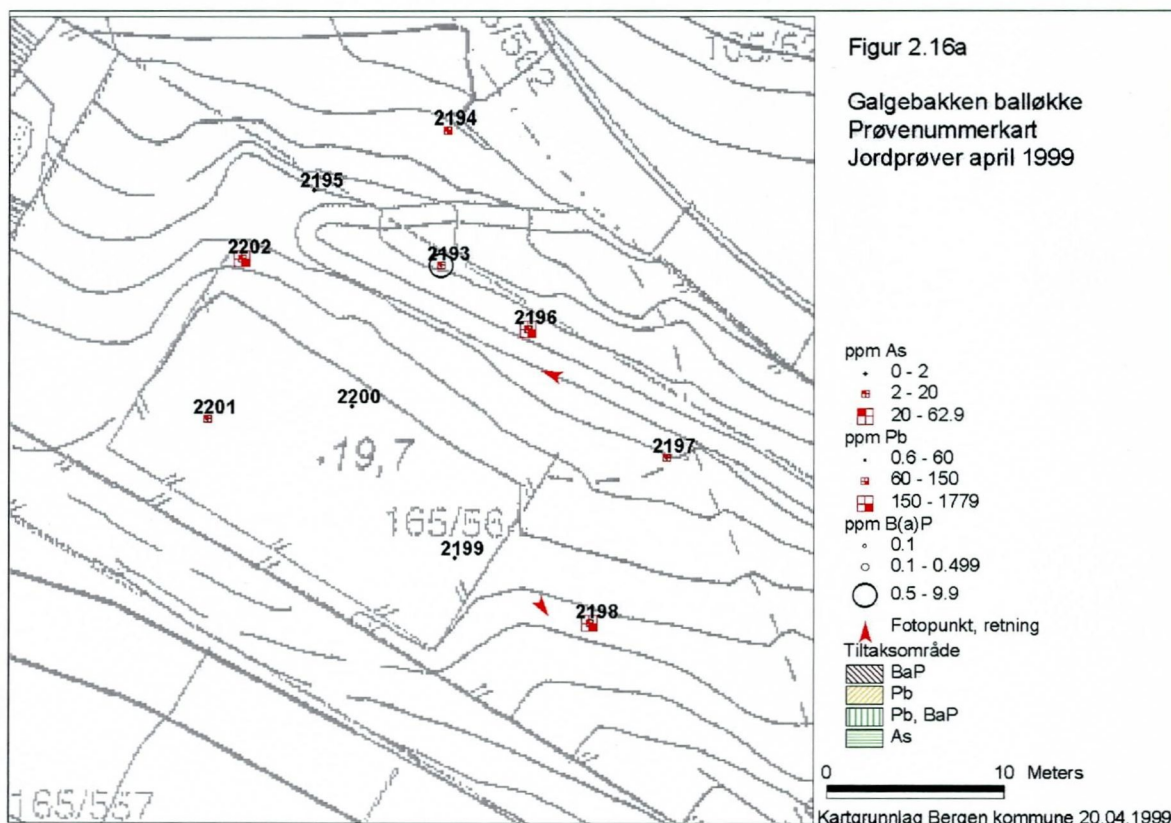


2.16 Galgebakken balløkke

Den lokale jorden på tomten (Figur 2.16) er moderat til sterkt forurenset med bly og moderat forurenset med benso(a)pyren. Arseninnholdet er lavt. Sanden er uforurenset.

Forslag til tiltak:

På grunn av at plassen hovedsakelig brukes av litt større barn, anses det ikke nødvendig med tiltak. Ved eventuell fremtidig graving på tomten må det tas hensyn til den påviste forurensning.



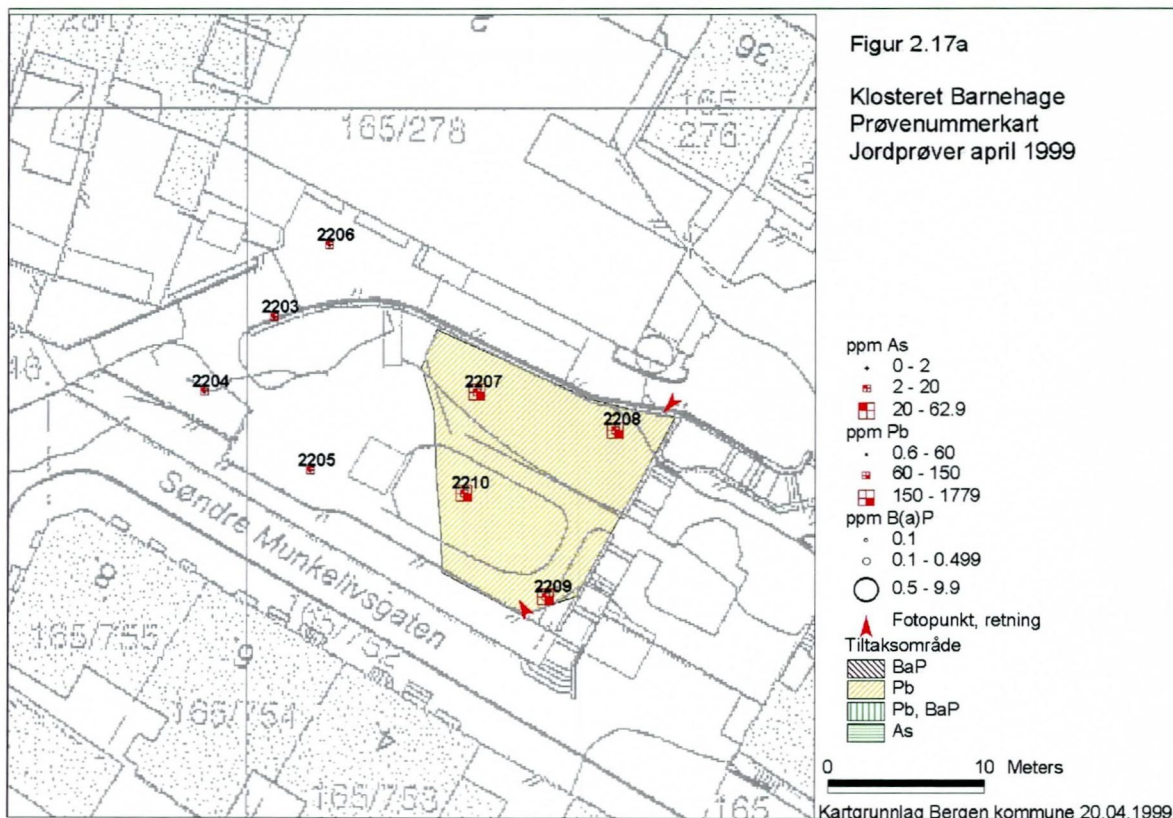
2.17 Klosteret barnehage

Den lokale jorden på tomten til Klosteret barnehage er sterkt forurenset med bly og moderat forurenset med arsen. Sanden i barnehagen er moderat forurenset med arsen.

Forslag til tiltak:

Figur 2.17 viser hvor i barnehagen det er behov for tiltak. Tiltakene består i:

- Fjerning av jord/sand i 1 meters bredde og 20 – 30 cm dybde rundt trykkimpregnert trevirke i kontakt med jord/sand og hvor arsen innholdet er høyere enn 20 mg/kg.
- Minimum oljebeising av trevirket, men helst utskifting av trykkimpregnert trevirke i kontakt med jord/sand.
- Fordi den lokale jorden er forurenset, bør det vurderes å legge en duk under sandkassen når sanden likevel skal skiftes.
- Fjerning av jord hvor blyinnholdet er høyere enn 150 mg/kg, vist på figur 2.17.
- Massene graves ut til 20 - 30 cm dyp og i utbredelse som vist på figur 2.17. Massene erstattes med ren jord.



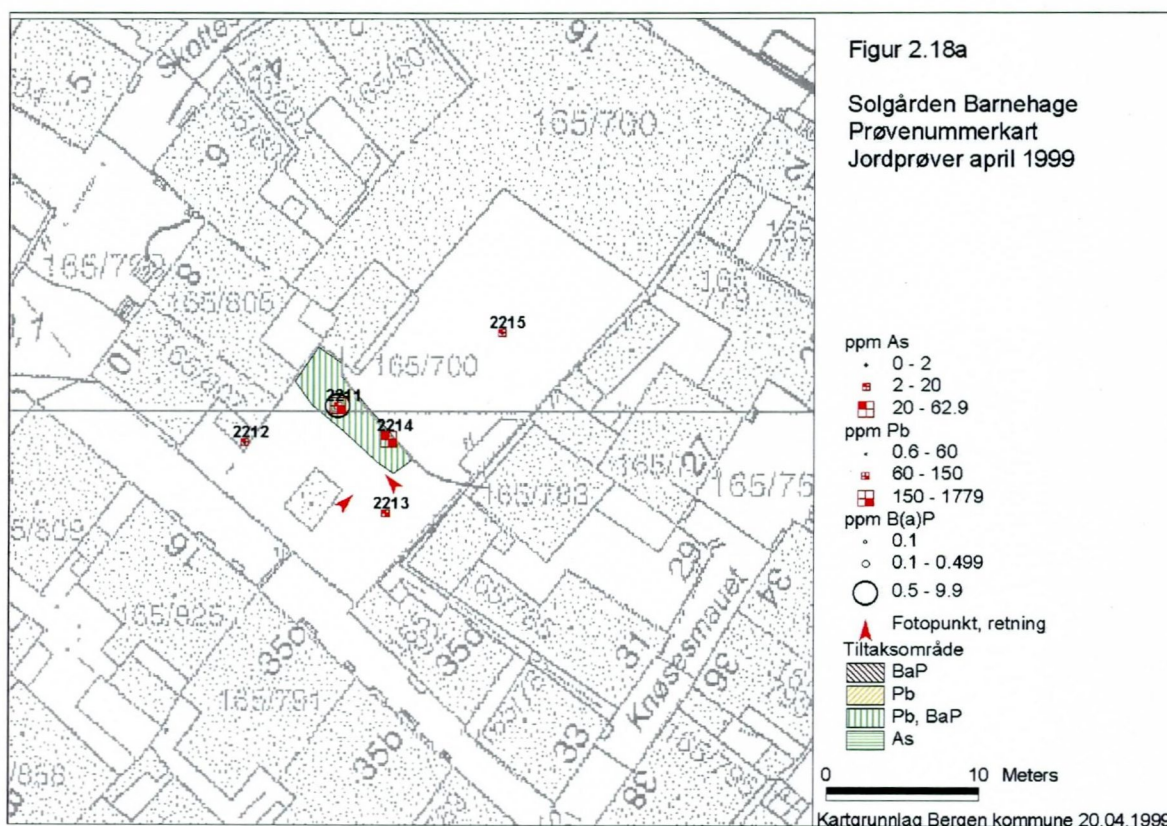
2.18 Solgården barnehage

Jorden i Solgården barnehage er sterkt forurenset med bly, moderat forurenset med arsen og svakt forurenset med benso(a)pyren. Sanden i barnehagen er moderat forurenset med arsen og moderat til sterkt forurenset med bly.

Forslag til tiltak:

Figur 2.18 viser hvor i barnehage det er behov for tiltak. Tiltakene består i:

- Fjerning av jord/sand i 1 meters bredde og 20 – 30 cm dybde rundt trykkimpregnert trevirke i kontakt med jord/sand
- Minimum oljebeising av trevirket, men helst utskifting av trykkimpregnert trevirke i kontakt med jord/sand.
- Fordi den lokale jorden er forurenset, bør det vurderes å legge en duk under sandkassen når sanden likevel skal skiftes.
- Fjerning av jord hvor blyinnholdet er høyere enn 150 mg/kg og hvor innholdet av benso(a)pyren er høyere enn 0.5 mg/kg..
- Massene graves ut til 20 - 30 cm dyp og i utbredelse som vist på figur 2.18. Massene erstattes med ren jord.



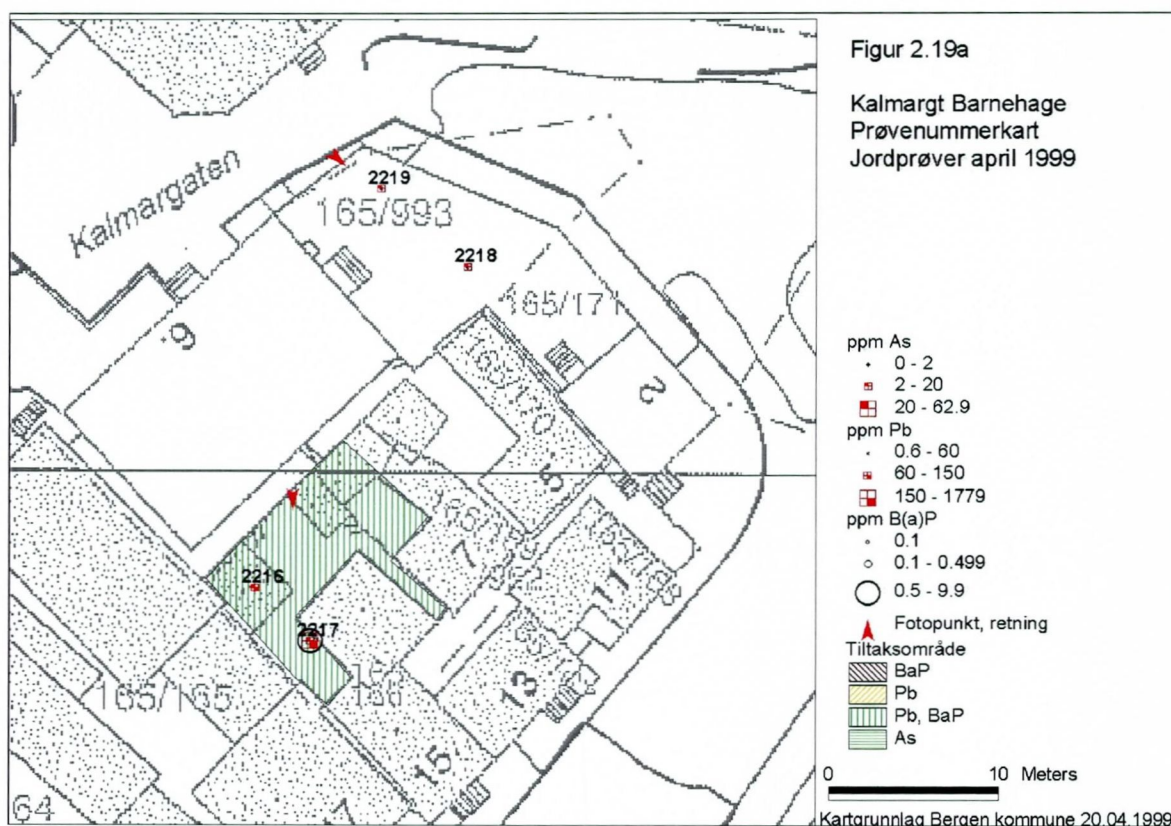
2.19 Kalmargaten barnehage

Det er lite uteareal i Kalmargaten barnehage. Utearealet er for en stor del dekket med heller og det er lite jord og sand eksponert. Jorden og sanden er moderat forurenset med arsen. En prøve har et meget høyt innhold av bly.

Forslag til tiltak:

Figur 2.19 viser hvor i barnehage det er behov for tiltak. Tiltakene består i:

- Fjerning av jord/sand i 1 meters bredde og 20 – 30 cm dybde rundt trykkimpregnert trevirke i kontakt med jord/sand
- Minimum oljebeising av trevirket, men helst utskifting av trykkimpregnert trevirke i kontakt med jord/sand.
- Fordi den lokale jorden er forurenset, bør det vurderes å legge en duk under sandkassen når sanden likevel skal skiftes.
- Fjerning av jord hvor blyinnholdet er høyere enn 150 mg/kg.
- Massene graves ut til 20 - 30 cm dyp og i utbredelse som vist på figur 2.19. Massene erstattes med ren jord.



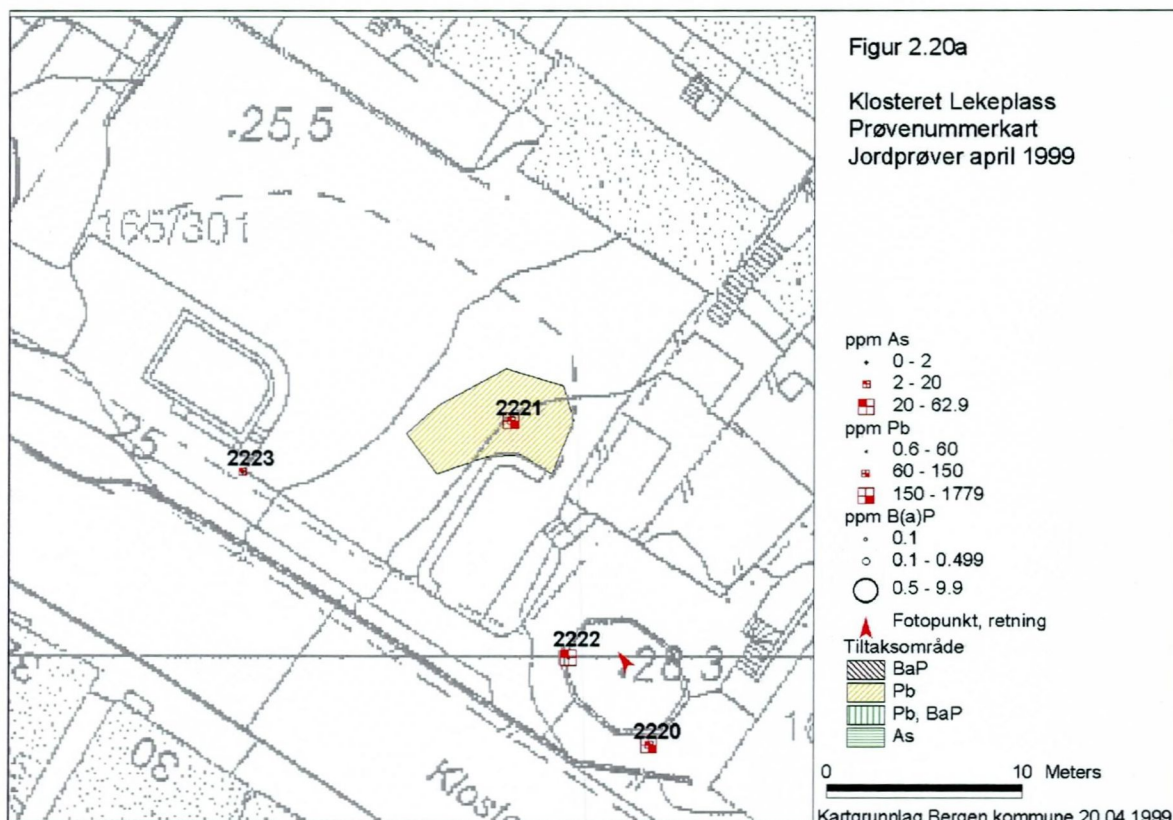
2.20 Lekeplass ved Klosteret

Jorden på lekeklassen er moderat til meget sterkt forurenset med bly og moderat forurenset med arsen. Sanden er moderat forurenset med arsen.

Forslag til tiltak:

Figur 2.20 viser hvor i lekeklassen det er behov for tiltak. Tiltakene består i:

- Fjerning av jord/sand i 1 meters bredde og 20 – 30 dybde rundt trykkimpregnert trevirke i kontakt med jord/sand.
- Minimum olje beising av trevirket, men helst utskifting av trykkimpregnert trevirke i kontakt med jord/sand.
- Fordi den lokale jorden er forurenset, bør det vurderes å legge en duk under sandkassen når sanden likevel skal skiftes.
- Fjerning av jord hvor blyinnholdet er høyere enn 150 mg/kg.
- Massene graves ut til 20 -30 cm dyp og i utbredelse som vist på figur 2.20. Massene erstattes med ren jord.



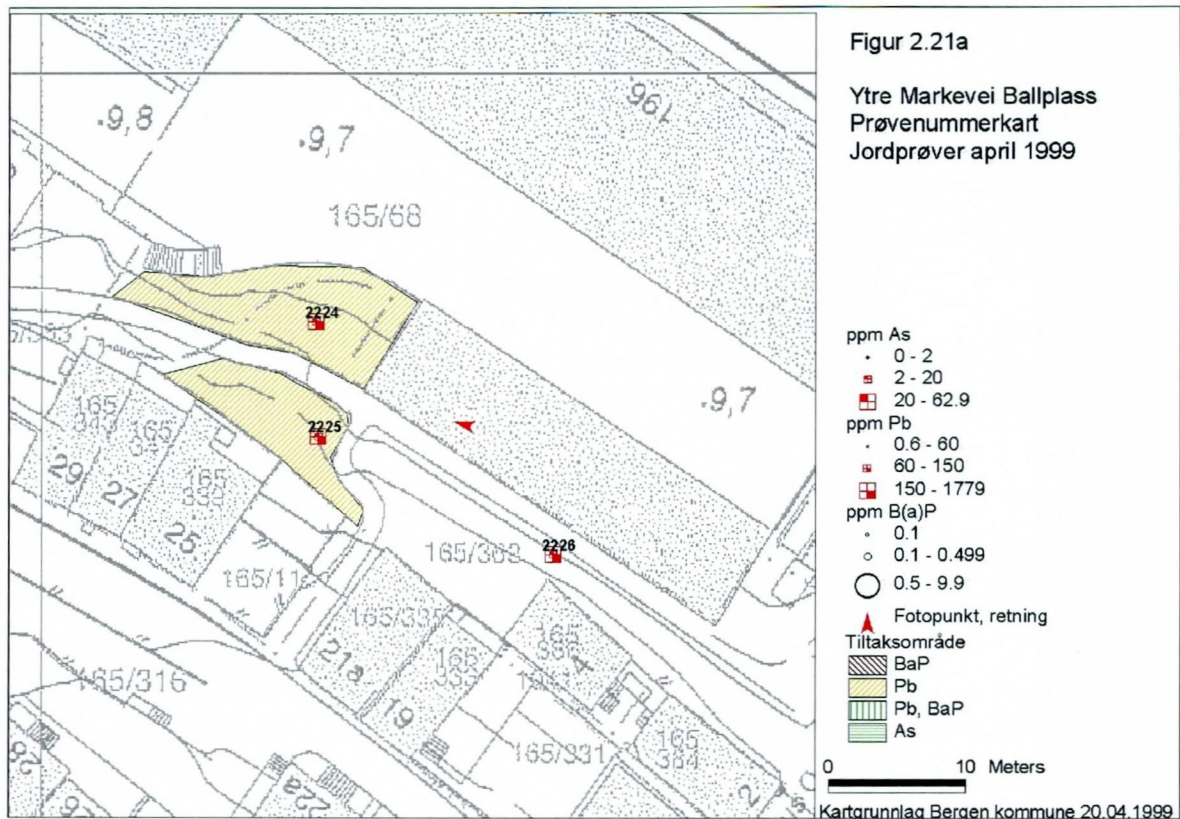
2.21 Ytre Markevei balløkke

Deler av arealet er sterkt forurenset med bly.

Forslag til tiltak:

Figur 2.21 viser hvor i balløkken det er behov for tiltak. Tiltakene består i:

- Fjerning av jord hvor blyinnholdet er høyere enn 150 mg/kg.
- Massene graves ut til 20 - 30 cm dyp og i utbredelse som vist på figur 2.21. Massene erstattes med ren jord.



3. METODER OG GJENNOMFØRING

3.1 Prøvetaking, prøvepreparering og kjemisk analyse

Byjord består av lokal naturlig mineraljord, gravemasser, sprengstein, organisk jord (ofte tilkjørt), rivningsmasser (asfalt, teglstein, betong), industriavfall og kloakkslam. I barnehager, barnepark og lekeplasser finnes det to typer masser: byjord og tilkjørt sand til sandkasser og sand under og rundt lekeapparater. Den tilkjørte sanden kommer hovedsakelig fra grustak i Modalen og Etne.

Det er samlet 215 jordprøver fra 21 lekeområder (barnehager, barnepark, lekeplasser og en skolegård) fra Nordnes, Jekteviken og Dokken – Møhlenpris. Fra hver lokalitet er det samlet inn prøver av jord innenfor tomtegrensen, samt sand ved og under lekeapparater og sand fra sandkasser. 100 av prøvene er overflate byjord (0-2 cm) og 115 prøver er av tilkjørt sand. Jord- og sandprøvene ble tørket, og siktet gjennom nylonsikt med maskeåpning 2 mm og deretter analysert på arsen og bly ved NGUs laboratorium.

Fra 128 av prøvestedene, ble det tatt en ekstra jordprøve som umiddelbart (og i nedkjølt tilstand) ble sendt til Nederland (Tauw Milieu Laboratory) for å bestemme av innholdet av organiske miljøgifter. Alle 128 prøvene ble analysert på 16 typer PAH-forbindelser. Innholdet av polyklorerte bifenyler (PCB) ble bestemt i 11 prøver og dioksininnholdet ble analysert i 2 prøver.

For å undersøke om arsen og bly i jorden og/eller sanden er lett tilgjengelig for mennesker, ble 37 prøver valgt ut til mer detaljerte undersøkelser. Disse prøvene ble først løst opp i vann, deretter i 0.01 M bariumklorid, og så i 0.01 M saltsyre (pH 2). Disse ekstraksjonene foregikk ved romtemperatur i 2 timer. Tilslutt ble materialet løst i konge vann ved 90 °C i en time. Mellom ekstraksjonene ble materialet skylt i rent vann. Alle ekstraksjonsvæskene ble analysert på arsen og bly.

3.2 Kartfremstilling og datalagring

Prøvelokalitetene er tegnet inn på økonomisk kart i målestokk 1:1000 og koordinatfestet (digitalisert) for kartfremstilling ved hjelp av datateknologi (Arc View). Koordinater og kjemiske data er lagt inn på NGUs database og er tilgjengelig for allmennheten.

3.3 Kildekarakterisering

Den lokale jorden i lekearealene på Nordnes, Jekteviken og Dokken er "brukt" mange ganger og inneholder ofte spor av rivningsavfall som f.eks teglsteinbiter og lignende samt slagpartikler som sannsynligvis stammer fra Bergens gassverk (avfall?). Prøvene med synlig slag har ofte et høyt innhold av bly og polysykliske hydrokarboner (PAH). Det er sannsynlig at slagget er en viktig kilde til de observerte forhøyede konsentrasjoner av bly og PAH-forbindelser. Andre mulige kilder for bly er malingsflak, ulike avfallsprodukter og avgasser fra biltrafikk. Arsen har sannsynligvis tre kilder: 1) Tilkjørt sand med naturlig forhøyet

arseninhold, 2) Arsen som sporstoff i kull og derved fra utslipp eller slaggprodukter fra gassverket og 3) Arsen som har lekket ut fra trykkimpregnert trevirke.

3.4 Karakterisering av spredningsveier

Det virker som om slagg og aske fra gassverket er brukt som fyllmasse i gassverkets nærområder på Nordnes, Jekteviken og Dokken. Den viktigste spredningsmåten for de undersøkte kjemiske elementene og forbindelsene på Nordnes, Jekteviken og Dokken, er sannsynligvis ved hjelp av lastebil og/eller hest og vogn og en mindre del som utslipp til luft.

Spredning lokalt i lekeområdene skjer ved barns lek hvor de kopierer de voksnes transport av masser ved hjelp av bøtter og trehjulssykler samt via støvtransport eller ved at jordpartikler fester seg til barnas støvler eller tøy og flyttes.

3.5 Stedsspesifikk risikovurdering

I den systematiske gjennomgangen er det gjort noen begrensninger og antagelser som ligger til grunn for risikovurderingen:

- Denne undersøkelsen avgrenses til eksponering av barn ved undersøkte lekearealer og for den tid de er i barnehage, barneparken eller lekeplassen.
- For direkte eksponering fra jord vurderes: inntak via munnen, hudkontakt med jord og trykkimpregnert trevirke og innånding av støv.
- For eksponering fra matvarer, vann og luft er det valgt å benytte data fra litteraturen.
- Det antas at jordinntaket hos barn på Nordnes, Jekteviken og Dokken er på liknende nivå som er rapportert i andre undersøkelser (Calabrese og medarbeidere 1989, van Wijnen og medarbeidere, Calabrese og Stanek 1991).
- Eksponering fra spising av "snø" er ikke estimert.
- Det antas at alt arsen, bly og PAH-forbindelsene forekommer i en biotilgjengelig form.

Eksponeringsanalysen følger de krav som er satt til årsaksanalyse i Norsk standard NS 5814 "Krav til risikoanalyser".

Amerikanske og nederlandske undersøkelser har vist at mengden jord barn spiser varierer fra barn til barn (Tabell 2). Det må understrekes at tallene i tabell 2 er usikre. Allikevel representerer disse undersøkelsene det beste anslaget vi har, og vil bli lagt til grunn når helseeffektene av arsen, bly og PAH-forbindelser i jord fra lekearealer på Nordnes, Jekteviken og Dokken blir vurdert.

Tabell 2 *Inntak av jord hos barn på 1 – 4 år.*

Prosentandel av alle barn	50	10	Svært få
Inntak av jord (mg/dag)	15 – 55	200	8000

Helseeffekten av et stoff avhenger av mange faktorer:

- Hvor mye av stoffet du har fått i deg og hvor lenge du har vært i kontakt med stoffet
- Om kontakten skjer via hud, mage-tarmsystemet eller luftveiene
- Samvirke med andre stoffer du er i kontakt med
- Kjønn, alder, livsstil, sosiale forhold, ernæringsmessige forhold, generell helsetilstand (fysisk og psykisk) og familieforhold.

Det er derfor store forskjeller fra person til person når det gjelder helseeffekter av kontakt med uorganiske og organiske forbindelser i jord.

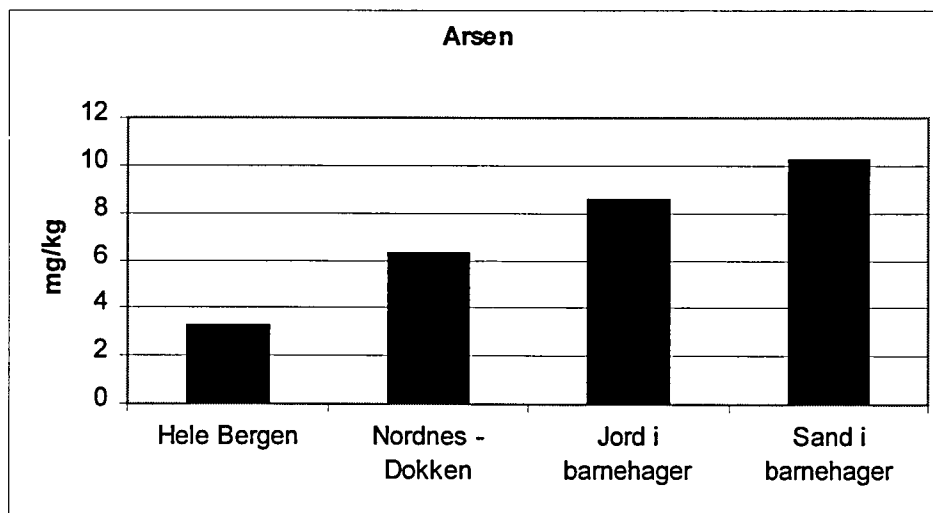
4. DATAGRUNNLAG

4.1 Nordnes, Jekteviken og Dokken i forhold til resten av kommunen

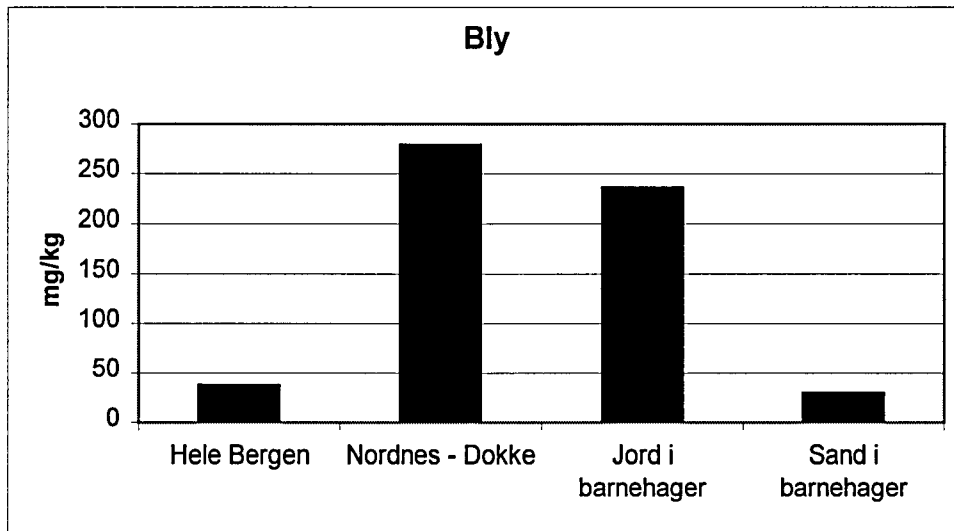
I forhold den kjemiske sammensetningen for overflatejord fra hele Bergen kommune har overflatejorden på Nordnes, Jekteviken og Dokken en markert oppkonsentrering av arsen, bly og PAH-forbindelser (Figur 4.1a,b,c). PCB-konsentrasjonene på Nordnes, Jekteviken og Dokken er omtrent som for hele kommunen, mens dioksinverdiene er lavere enn for hele kommunen (Analyselister i vedlegg).

Sammenliknet med resultatene fra 85 barnehager fordelt over hele Bergen kommune, har barnehagene i sentrum og spesielt på Nordnes, Jekteviken og Dokken er høyere innhold av arsen og bly (Figur 4.2a,b).

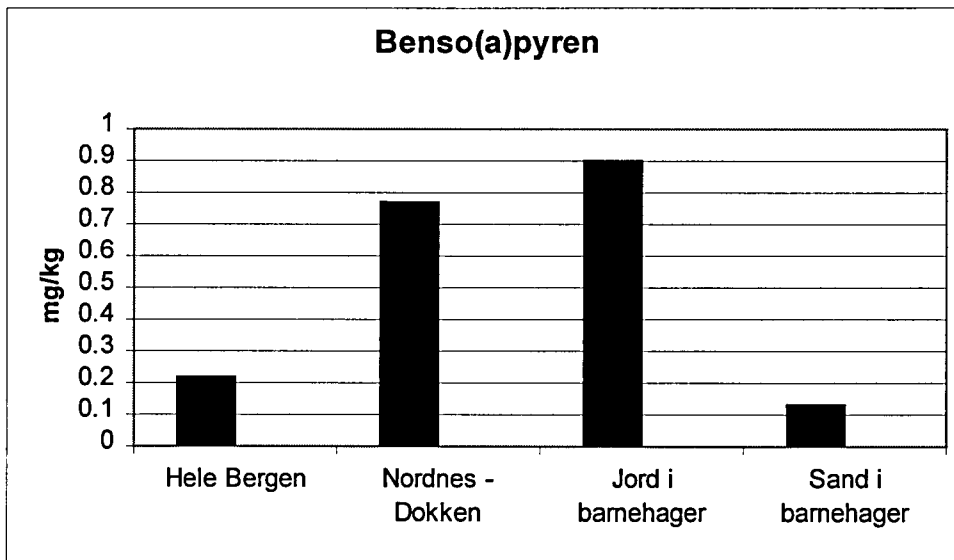
Figur 4.1a Diagram som viser gjennomsnittlig innhold av arsen i prøver av overflatejord fra Bergen.



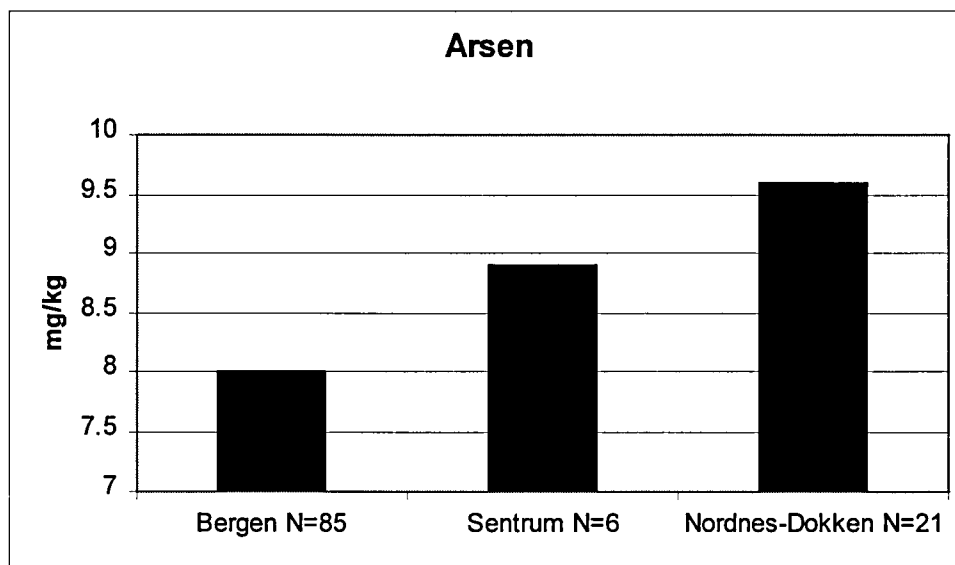
Figur 4.1b Diagram som viser gjennomsnittlig innhold av bly i prøver av overflatejord fra Bergen.



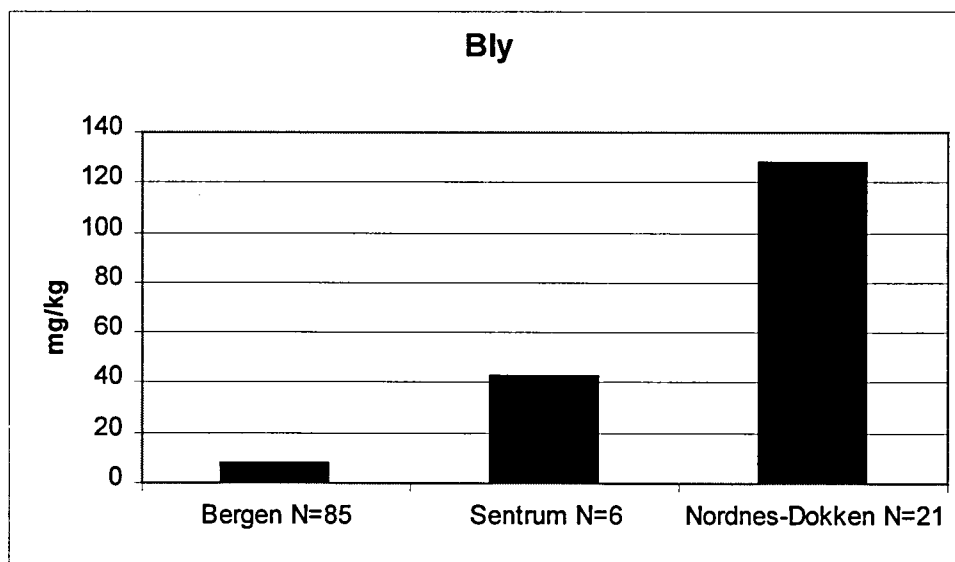
Figur 4.1c Diagram som viser innhold av benso(a)pyren i prøver av overflatejord fra Bergen.



Figur 4.2a Diagram som viser innholdet av arsen i jord/sand fra barnehager i Bergen.



Figur 4.2b Diagram som viser innholdet av bly i jord/sand fra barnehager i Bergen.



4.1 Jordforurensning i barnehager, barneparker og lekeplasser på Nordnes, Jekteviken og Dokken

Barnehagejord

Et av de undersøkte lekearealene er uforurenset (Nygårdsparken barnepark). De øvrige arealene er fra moderat til meget sterkt forurenset med bly og PAH-forbindelser (Tabell 3).

Tabell 3 Gjennomsnittlig innhold av arsen (As), bly (Pb), Σ 16 PAH og benso(a)-pyren(BaP) i barnehagejord fra 21 lokaliteter på Nordnes, Jekteviken og Dokken. Antall prøver oppgitt i kursiv gjelder prøver hvor organiske miljøgifter er bestemt.

Lokalitet	As (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Σ PAH (mg/kg)	BaP (mg/kg)	Antall prøver
Jekteviken barnehage	7.6	155	6.4	0.84	13 – 13
Dokkebakken barnepark	6.9	117	2.53	0.27	10 – 9
Jekteviksbakken barnepark	9.0	158	6.45	0.65	5 – 5
Wenches barnehage	11.2	288	8.1	0.50	14 – 11
Johanneskirken barnepark	6.8	118	21.8	2.72	5 – 5
Nygårdsparken barnepark	4.5	39	0.4	0.05	3 – 1
Fredriksberg barnehage	16.7	179	0.67	0.08	4 – 2
Nordnes skole	-	-	-	-	- -
Nordnesparken barnepark	-	-	-	-	-
Nordnesparken lekeplass	6.3	157	1.15	0.13	4 – 4
Nordnes balløkke	6.0	197	7.46	1.13	8 – 6
Tollbodalmeningen lekeplass	-	-	-	-	- -
Nykirken barnehage	-	-	-	-	- -
Bergen barnehage	17.9	594	12.55	1.16	8 – 7
Klosterhaugen lekeplass	10.4	244	4.82	0.62	8 – 5
Galgebakken balløkke	4.9	149	3.17	0.3	5 – 3
Klosteret barnehage	11.4	362	-	-	4 - -
Solgården barnehage	14.2	356	7.8	0.6	1 – 1
Kalmergaten barnehage	13.9	386	5.4	0.5	3 – 1
Lekeplass ved Klosteret	8.5	776	0.7	0.08	2 – 1
Ytre Markevei balløkke	5.3	281	1.8	0.2	3 – 2

Barnehagesand

Barnehagesanden har med unntak av en barnehage, et lavt innhold av bly og PAH-forbindelser. Arsen forurenset jord opptrer hovedsakelig i nær tilknytning til trykkimpregnert trevirke i kontakt med jord (Tabell 4).

Tabell 4 Gjennomsnittlig innhold av arsen (As), bly (Pb), Σ 16 PAH og benso(a)-pyren(BaP) i barnehagesand fra 21 lokaliteter på Nordnes, Jekteviken og Dokken. Antall prøver oppgitt i kursiv gjelder prøver hvor organiske miljøgifter er bestemt.

Lokalitet	As (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Σ PAH (mg/kg)	BaP (mg/kg)	Antall prøver
Jekteviken barnehage	28.4	14.3	3.3	0.29	3 – 3
Dokkebakken barnepark	9.4	11.8	n.a.	-	4 – 1
Jekteviksbakken barnepark	2.2	13.7	0.73	0.042	8 – 5
Wenches barnehage	9.0	13.6	0.6	0.08	1 – 1
Johanneskirken barnepark	10.6	4.3	-	-	1 – -
Nygårdsparken barnepark	7.1	12.4	n.a.	0.005	7 – 1
Fredriksberg barnehage	4.6	5.7	0.07	0.01	4 – 1
Nordnes skole	7.7	79.2	1.5	0.3	11 – 2
Nordnesparken barnepark	11.8	22.6	0.38	0.03	6 – 3
Nordnesparken lekeplass	7.3	29.6	0.28	0.03	4 – 2
Nordnes balløkke	2.1	6.4	n.a.	0.005	3 – 1
Tollbodalmeningen lekeplass	10.2	18.8	1.54	0.18	14 – 7
Nykirken barnehage	12.1	18.9	0.42	0.05	12 – 3
Bergen barnehage	7.6	9.3	-	-	9 – -
Klosterhaugen lekeplass	17.2	18.2	-	-	7 – -
Galgebakken balløkke	2.4	62.7	-	-	5 – -
Klosteret barnehage	12.1	15.5	-	-	4 – -
Solgården barnehage	17.1	164	-	-	4 – -
Kalmergaten barnehage	15.6	0.6	-	-	1 – -
Lekeplass ved Klosteret	12.1	8.6	-	-	2 – -
Ytre Markevei balløkke	-	-	-	-	- - -

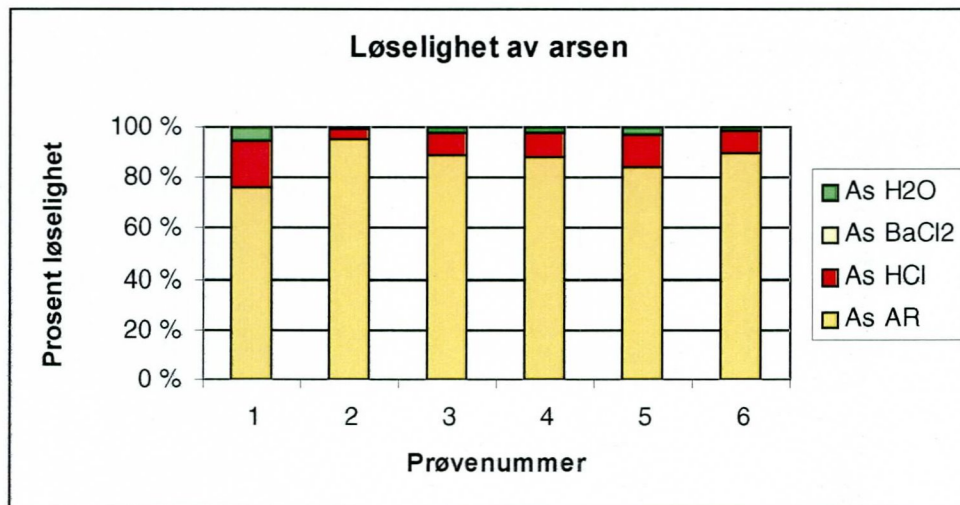
4.3 Løselighet av arsen og bly i jordprøver

Seks jordprøver tatt nær trykkimpregnert materiale i kontakt med jord viser et relativt høyt innhold av arsen (gjennomsnittsinhold 29.6 mg Arsen/kg jord/sand). 5 – 24 % av dette arsenet opptrer i en lettløselig (tilgjengelig) form (Figur 4.3.1).

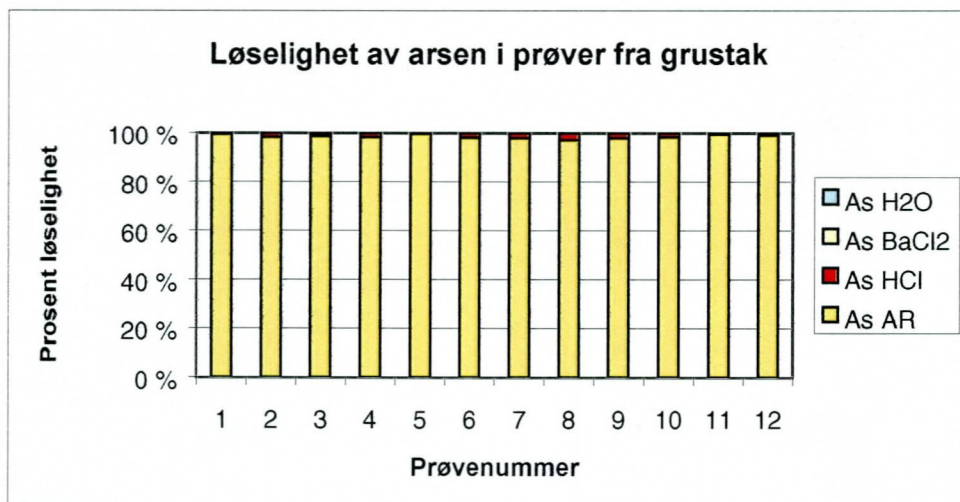
Et av de distriktene som leverer sand til barnehager, barneparker og lekeplasser i Bergen kommune har et naturlig forhøyet innhold av arsen i sitt produkt. 12 prøver er undersøkt for å bestemme løselighet og tilgjengelighet av arsen i denne sanden. Resultatene bekrefter et relativt høyt naturlig innhold av arsen. Imidlertid er kun 1 – 5 % av det påviste arsenet er lettløselig i vann eller svak syre (Figur 4.3.2).

30 prøver med høyt innhold av bly er undersøkt for bestemme hvor mye av blyet som forekommer i en lett-løselig form. Resultatene viser at kun en liten andel av blyet er løselig i vann eller svak syre (Figur 4.3.3).

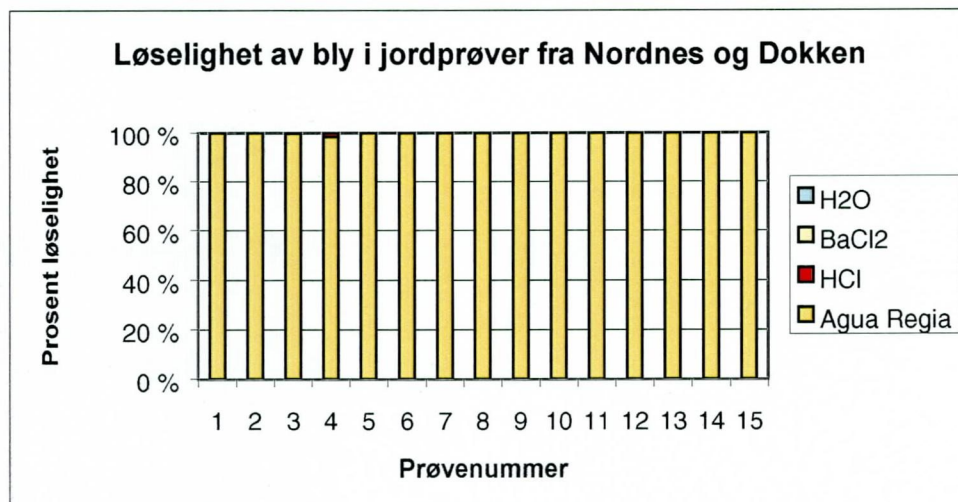
Figur 4.3.1 Løselighet av arsen i jordprøver innsamlet nær trykkimpregnert trevirke.



Figur 4.3.2 Løselighet av arsen i jordprøver fra grustak.



Figur 4.3.3 Løselighet av bly i jordprøver fra Nordnes og Dokken



5. TOKSIKOLOGISK GRUNNLAG

5.1 Arsen

Mennesker eksponeres normalt for arsen gjennom maten der konsum av fisk og skalldyr er de viktigste kilder. I de sistnevnte produkter foreligger arsen i en organisk form som lett skilles ut av kroppen. I enkelte områder av verden inneholder drikkevannet mye arsen p.g.a. lokale geologiske forhold og her er vannet en viktig arsen kilde.

Barn kommer i kontakt med arsen i jord og trykkimpregnert trevirke når de har hudkontakt med jorda eller med trykkimpregnert trevirke i lekeapparater og lignende eller når de spiser jord eller slikker på skitne fingre. De kan også få i seg arsen ved å puste inn jord som er virvlet opp i lufta. Hvis barn svelger arsen i mat og drikke eller jord, vil arsenet lett tas opp i kroppen. Hvis barn puster inn støv som inneholder arsen, vil de minste partiklene sette seg i lungene og mesteparten av arsenet i disse tas opp av kroppen. Hudkontakt med arsen regnes ikke som noen viktig eksponeringsvei. Mesteparten av arsenet som har kommet inn i kroppen blir skilt ut i urinen i løpet av noen få dager, men noe forblir i kroppen i flere måneder.

Det har så langt ikke vært påvist at arsen er et nødvendig sporstoff. I gamle dager ble arsenholdige legemidler brukt som styrkemedisin. I svært høye doser er arsen akuttgiftig og kan være dødelig eller gi symptomer fra magetarmkanalen. Fortykkelser av hornhuden på hender og føtter har vært sett hos personer som har fått i seg arsen gjennom lang tid. Slik eksponering er forbundet med økt risiko for hudkreft. Inhalasjon av store mengder arsen over lang tid gir risiko for lungekreft.

Verdens helseorganisasjon (WHO) fastsatte i 1988 et tolerabelt daglig inntak av arsen på 2 µg/kg kroppsvekt/dag. Denne mengden skal kunne inntas gjennom hele livet uten at det oppstår helseskade.

Tabell 5 Kilder for arsen eksponering av mennesker.

Kilde	Kommentar	Referanse
Mat	Gjennomsnittlig daglig inntak hos barn er 15µg. Arsen forekommer i størst konsentrasjon i fisk og skalldyr. I slike produkter foreligger arsen i organisk form.	Petito og Beck, 1991 Pershagen, 1979
Drikkevann	Typisk verdi for arsen i norsk drikkevann 0,2 – 1 µg/l	Beck og Jaques, 1993
Jord	Barn kan få i seg arsen ved å spise jord med Høyt arseninnhold	Langedal og Hellesnes 1997, Berntzen 1997
Luft	Gjennomsnittlig innhold i luft i Norge: 0,63 ng/m ³	Beck og Jaques, 1993

5.2 Bly

Svenske undersøkelser viser at barn får i seg 15 mikrogram bly per dag gjennom normalt kosthold. Drikkevann inneholder generelt lite bly. Voksne tar bare opp 10 % av det blyet de spiser, mens resten skilles ut i avføringen. Barn kan ta opp opptil 60 % av det blyet de spiser avhengig av blyets løselighet i mage-tarmsystemet. Både voksne og barn tar opp ca 50 % av det blyet de puster inn. Bly som tas opp av kroppen fordeles raskt til blod og muskler/fettvev. Bein og tenner er kroppens lagringsplass for bly. Hvis eksponeringen avtar og blykonsentrasjonen i blodet går ned, kan bly fra beinvevet frigjøres til blodet og forsinke nedgangen. Bly som ikke blir lagret i beinvevet skilles ut gjennom urin. Det er ikke kjent at bly har noen positive helseeffekter. Blyet har mange negative helseeffekter avhengig av dose og hvor lenge en person er eksponert. Ved relativt lave doser er det funnet sammenheng mellom bly og effekter på sentralnervesystemet, i form av noe redusert IQ og konsentrasjonsevne. Mekanismene bak slike sammenhenger er ikke klarlagt.

Tabell 6 Kilder for bly eksponering av mennesker.

Kilde	Kommentar	Referanse
Mat	Gjennomsnittlig daglig inntak av bly hos barn er 15 µg og hos voksne <20 – 30 µg/dag.	Petito og Beck, 1991 Pershagen, 1979
Drikkevann	Typisk verdi for bly i norsk drikkevann <1 - 5 µg/l	Folehelsa 1998, Beck og Jaques, 1993
Jord	Barn kan få i seg bly ved å spise jord med Høyt blyinnhold	Langedal og Hellesnes 1997, Berntzen 1997
Luft	Gjennomsnittlig innhold i byluft i Norge: 90 – 200 ng/m ³	Beck og Jaques, 1993

5.3 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) er en stor gruppe organiske forbindelser som dannes ved ufullstendig forbrenning av organisk materiale. Det er identifisert flere hundre PAH-forbindelser. Det er ikke praktisk mulig å analysere og kvantifisere alle de ulike PAHene som dannes. I denne undersøkelsen er følgende PAH-forbindelser analysert: naftalen, acenaftalen, acenaften, fluoren, fenantren, antrasen, fluoranten, pyren, benso(a)antrasen, krysen, benso(b)fluoranten, benso(k)fluoranten, benso(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibenso(a,h)antrasen og benso(ghi)perylene. Det velges gjerne ut et antall markørforbindelser, særlig de kreftfremkallende. I tidligere studier og i denne er det valgt å benytte benso(a)pyren.

PAH-forbindelsene kan også dannes under tilberedning av mat. For eksempel under grilling av mat ved at fett drypper ned på grillkull, fettene pyrolyserer og det dannes en røyk inneholdende PAH som så avsettes på matvaren.

Mange PAH-forbindelser skader arvestoffet i bakterier og cellekulturer samt i dyreforsøk. PAH-forbindelsene omdannes til reaktive molekyler som bindes til arvestoff. Dyreforsøk har vist at flere PAH-forbindelser kan være kreftfremkallende. PAH i maten leder til svulster i magesekken, mens inhalasjon av PAH fører til svulster i lungene. Epidemiologiske studier har vist at det finnes en sammenheng mellom yrkesmessig eksponering fra PAH via hud eller lunger og kreft.

Det foreligger ingen beregninger av det totale PAH-inntaket i den norske befolkningen. Inntaksberegninger gjort i Sverige gir et gjennomsnittlig inntak av PAH fra næringsmidler på 1 mg PAH/person/år. Inntaksberegningen er gjort på basis av 9 ulike PAH-forbindelser hvorav 7 anses for å være kreftfremkallende. Inntaket av benso(a)pyren ble i den samme undersøkelsen antatt å være ca. 0.03 mg/person/år. Bidraget fra maten var størst fra

kornprodukter. Til tross for et relativt lavt PAH-innhold i disse produktene er de viktige fordi det er et høyt konsum av ceralprodukter.

Tabell 7 *Kilder for PAH eksponering av mennesker.*

Kilde	Kommentar	Referanse
Mat	Gjennomsnittlig daglig inntak av PAH hos mennesker er anslått til 1 mg PAH/person/år..	Folkehelsa, 1998
Drikkevann		
Jord	Barn kan få i seg PAH ved å spise jord med høyt PAH-innhold	Langedal og Hellesnes 1997, Berntzen 1997
Luft	Gjennomsnittlig innhold i av PAH i luft i Norge: 5 – 39 ng/m ³	Beck og Jaques, 1993

Det er ikke fastsatt er tolerabelt daglig inntak av polysykliske aromatiske hydrokarboner. I risikovurdering er kun data for benso(a)pyren benyttet, fordi dette er den viktigste av de kreftfremkallende PAH-forbindelsene. De øvrige PAH-forbindelsene forekommer i så lave konsentrasjoner at deres helsemessige risiko er minimal.

6. HELSERISIKOVURDERING

6.1 Akseptkriterier

Akseptkriteriene som er lagt til grunn for denne risikoanalysen er at ingen av barna eller ansatte i de undersøkte lekearealene skal utsettes for helsefare på grunn av arsen-, bly- eller PAH-forurenset jord.

6.2 Barns eksponering av arsen, bly og benso(a)pyren i barnehager, barneparker og lekeplasser på Nordnes, Jekteviken og Døkken

I en barnehage, barnepark eller lekeplass kan sannsynligvis barna eksponeres for forurenset jord via følgende eksponeringsveier:

- Inntak av jord eller støv gjennom munnen
- Hudkontakt med jord og støv
- Innånding av støv (ute og inne)
- Spising av ”snø” avsatt på jord eller trykkimpregnert materiale
- Hudkontakt med trykkimpregnert materiale i lekeapparater etterfulgt av slikking på hånd og fingre.

6.2.1 Arsen

Fra en SFT-veileder for gjennomføring av risikovurdering av forurenset grunn viser beregninger at bidraget fra inhalert støv og opptak gjennom huden er av relativt liten betydning. Det oppgis det følgende delkonsentrasjoner for mest følsom arealbruk:

- Inntak gjennom munnen av jord eller støv: 3.75 mg As/kg jord tørrstoff
- Hudkontakt med jord eller støv: 59.4 mg As/kg jord tørrstoff
- Innånding av støv: 61 mg As/kg jord tørrstoff

Ved å sette disse konsentrasjonene inn i formelen for beregning av total eksponering

$$C_{\text{Total eksponering}} = \frac{1}{\frac{1}{C_{\text{Oral inntak}}} + \frac{1}{C_{\text{Hudkontakt}}} + \frac{1}{C_{\text{Innånding}}}}$$

oppnås følgende resultat: $C_{\text{Total eksponering}} = 3,33 \text{ mg arsen/kg jord tørrstoff}$

Ved beregnet maksimum daglig inntak av arsen fra ulike kilder er det tatt utgangspunkt i de 10 % av barna som spiser 200 mg eller mer jord per dag. Vi har gjort en forsiktig beregning av totalinntaket av arsen gitt et høyt inntak av jord daglig og tatt utgangspunkt i høye arsen verdier i jorden. Inntaket er overvurdert og vil som regel ligge lavere. Verdens helseorganisasjon (WHO) fastsatte i 1988 et tolerabelt ukentlig inntak av arsen på 15 µg arsen/kg kroppsvekt dvs ca 2 µg/kg kroppsvekt/dag. Denne mengden skal kunne inntas gjennom hele livet uten at det oppstår helseskade. For et barn på 13 kg tilsvarer det 26 µg arsen pr. dag. Ved et relativt høyt inntak av jord vil et gjennomsnittsinnhold på ca 20 mg arsen /kg jord gi et bidrag av arsen som er relativt lavt og hvor ikke det tolerable ukentlige inntaket er overskredet. Inntak av jord med høyere arseninnhold, f.eks jord i kontakt med trykkimpregnert trevirke vil gi en uakseptabel tilleggsbelastning. Barna barnehagene på Nordnes, Jekteviken og Dokken har neppe vært utsatt for arsen i uakseptable mengder fordi gjennomsnittsverdien for arsen er relativt lav. Dessuten må inntaket av arsen foregå over mange år dersom det skal kunne forårsake økt risiko for hudkreft. Et arsen innhold på opptil 20 mg As/kg jord anses å være forsvarlig. De høyeste nivåene som er funnet anses for å gi en unødvendig tilleggsbelastning, særlig også fordi disse prøvene inneholder en betydelig andel lettløselig arsen.

Tabell 8 Beregnet maksimum daglig inntak av arsen fra ulike kilder for barnehage barn.

Kilde	Barnehagebarn (13 kg)
Mat (µg/dag)	15 µg
Drikkevann (µg/dag)	0,2 µg
Jord og støv, 200 mg/dag	4 µg ¹
Luft (µg/dag)	0,005 µg
Total (µg/dag)	19,2 ¹

¹Beregnet ut fra konsentrasjon i den av sandkassene med høyest arseninnhold (20 mg/kg

Tabell 9 Arsen inntak ($\mu\text{g}/\text{dag}$) fra jord hos barn som spiser 200 mg jord/dag.

Lekeareal	Antall prøver	Arsen i barnehagejord, gjennomsnitt (mg/kg)	Inntak av jord (200mg/dag)
Jekteviken barnehage	13	7.6	1.5
Dokkenbakken barnepark	10	6.9	1.4
Jekteviksbakken lekeplass	5	9.0	1.8
Wenches barnehage	14	11.2	2.2
Johanneskirken barnepark	5	6.8	1.4
Nygårdsparken barnepark	3	4.5	0.9
Fredriksberg barnehage	4	16.7	3.3
Nordnes skole	-	-	-
Nordnesparken barnepark	3	7.7	1.5
Nordnesparken lekeplass	4	6.3	1.3
Nordnes balløkke	8	6.0	1.2
Tollbodalmeningen lekeplass			
Nykirken barnehage	-	-	-
Bergen barnehage	8	17.9	3.6
Klosterhaugen lekeplass	8	10.4	2.1
Galgebakken balløkke	5	4.9	1.0
Klosteret barnehage	4	11.4	2.3
Solgården barnehage	1	14.2	2.8
Kalmergaten barnehage	3	13.9	2.8
Lekeplass ved Klosteret	2	8.5	1.7
Ytre Markevei balløkke	3	5.3	1.1

Tabell 10 Arsen inntak ($\mu\text{g}/\text{dag}$) fra sand hos barn som spiser 200 mg sand/dag.

Lekeareal	Antall prøver	Arsen i barnehagesand, (gjennomsnitt, mg/kg)	Inntak av sand, 200 mg/dag
Jekteviken barnehage	3	28.4	5.7
Dokkenbakken barnepark	4	9.4	1.9
Jekteviksbakken lekeplass	8	2.2	0.4
Wenches barnehage	1	9.0	1.8
Johanneskirken barnepark	1	10.6	2.1
Nygårdsparken barnepark	7	7.1	1.4
Fredriksberg barnehage	4	4.6	0.9
Nordnes skole	11	7.7	1.5
Nordnesparken barnepark	6	11.8	2.4
Nordnesparken lekeplass	3	7.3	1.5
Nordnes balløkke	3	2.1	0.4
Tollbodalmeningen lekeplass	14	10.2	2.0
Nykirken barnehage	12	12.1	2.4
Bergen barnehage	9	7.6	1.5
Klosterhaugen lekeplass	7	17.2	3.4
Galgebakken balløkke	5	2.4	0.5
Klosteret barnehage	4	12.1	2.4
Solgården barnehage	4	17.1	3.4
Kalmergaten barnehage	1	15.6	3.1
Lekeplass ved Klosteret	2	12.1	2.4
Ytre Markevei balløkke	-	-	-

6.2.2 Bly

Fra en SFT-veileder for gjennomføring av risikovurdering av forurenset grunn oppgis det følgende delkonsentrasjoner for mest følsom arealbruk:

- Inntak gjennom munnen av jord eller støv: 100 mg Pb/kg jord tørrstoff
- Hudkontakt med jord eller støv: 7990 mg Pb/kg jord tørrstoff
- Innånding av støv: 12200 mg Pb/kg jord tørrstoff

Ved å sette disse konsentrasjonene inn i formelen for beregning av total eksponering

$$C_{\text{Total eksponering}} = \frac{1}{1/C_{\text{Oral inntak}} + 1/C_{\text{Hudkontakt}} + 1/C_{\text{Innånding}}}$$

oppnås følgende resultat: $C_{\text{Total eksponering}} = 99 \text{ mg bly/kg jord tørrstoff}$

Ved beregnet maksimum daglig inntak av bly fra ulike kilder er det tatt utgangspunkt i de 10 % av barna som spiser 200 mg eller mer jord per dag. Vi har gjort en forsiktig beregning av totalinntaket av bly gitt et høyt inntak av jord daglig og tatt utgangspunkt i høye bly verdier i jorden. Inntaket er overvurdert og vil som regel ligge lavere. Verdens helseorganisasjon (WHO) har fastsatt et tolerabelt daglig inntak av bly på 35 – 70 µg bly for barn som veier 10 – 20 kg. Denne mengden skal kunne inntas gjennom hele livet uten at det oppstår helseskade.

Ved et relativt høyt inntak av jord vil et gjennomsnittsinhold på ca 150 mg bly/kg jord gi et bidrag av bly som er akseptabelt og hvor ikke det tolerable daglige inntaket er overskredet.

Tabell 11 Beregnet maksimum daglig inntak av bly fra ulike kilder for barnehage barn.

Kilde	Barnehagebarn (13 kg)
Mat (µg/dag)	15 µg
Drikkevann (µg/dag)	<1.5 µg
Jord og støv, 200 mg/dag	30 µg ¹
Luft (µg/dag)	0,005 µg
Total (µg/dag)	47 ¹

¹Beregnet ut fra en blykonsentrasjon i jord eller sand på 150 mg bly/kg jord eller sand.

Dette betyr at i områder med blyverdier over 150 mg/kg anbefaler vi å sette i verk tiltak.

Tabell 12 Bly inntak ($\mu\text{g}/\text{dag}$) fra jord hos barn som spiser 200 mg jord/dag.

Lekeareal	Antall prøver	Bly i barnehagejord, (gjennomsnitt, mg/kg)	Inntak av jord, 200 mg/dag
Jekteviken barnehage	13	155	31
Dokkenbakken barnepark	10	117	23.4
Jekteviksbakken lekeplass	5	158	31.6
Wenches barnehage	14	288	57.6
Johanneskirken barnepark	5	118	23.6
Nygårdsparken barnepark	3	39.2	7.8
Fredriksberg barnehage	4	179	35.8
Nordnes skole	-	-	-
Nordnesparken barnepark	3	156	31.2
Nordnesparken lekeplass	4	157	31.4
Nordnes balløkke	8	197	39.4
Tollbodalmeningen lekeplass	-	-	-
Nykirken barnehage	-	-	-
Bergen barnehage	8	594	118.8
Klosterhaugen lekeplass	8	244	48.8
Galgebakken balløkke	5	149	29.8
Klosteret barnehage	4	362	72.4
Solgården barnehage	1	356	71.2
Kalmergaten barnehage	3	386	77.2
Lekeplass ved Klosteret	2	776	155.2
Ytre Markevei balløkke	3	281	56.2

Tabell 13 Bly inntak ($\mu\text{g}/\text{dag}$) fra sand hos barn som spiser 200 mg sand/dag.

Lekeareal	Antall prøver	Bly i barnehagesand, (gjennomsnitt, mg/kg)	Inntak av sand, 200 mg/dag
Jekteviken barnehage	3	14.3	2.9
Dokkenbakken barnepark	4	11.8	2.4
Jekteviksbakken lekeplass	8	13.7	2.7
Wenches barnehage	1	13.6	2.7
Johanneskirken barnepark	1	4.3	0.9
Nygårdsparken barnepark	7	12.4	2.5
Fredriksberg barnehage	4	5.7	1.1
Nordnes skole	11	79.2	15.8
Nordnesparken barnepark	6	22.6	4.5
Nordnesparken lekeplass	3	29.6	5.9
Nordnes balløkke	3	6.4	1.3
Tollbodalmeningen lekeplass	14	18.8	3.8
Nykirken barnehage	12	18.9	3.8
Bergen barnehage	9	9.3	1.9
Klosterhaugen lekeplass	7	18.2	3.6
Galgebakken balløkke	5	62.7	12.5
Klosteret barnehage	4	15.5	3.1
Solgården barnehage	4	164	32.8
Kalmergaten barnehage	1	0.6	0.1
Lekeplass ved Klosteret	2	8.6	1.7
Ytre Markevei balløkke	-	-	-

6.2.3 Benso(a)pyren

Fra en SFT-veileder for gjennomføring av risikovurdering av forurenset grunn oppgis det følgende delkonsentrasjoner for mest følsom arealbruk:

- Inntak gjennom munnen av jord eller støv: 0,876 mg benso(a)pyrene/kg jord tørrstoff
- Hudkontakt med jord eller støv: 2,08 mg benso(a)pyrene /kg jord tørrstoff
- Innånding av støv: 2.68 mg benso(a)pyrene /kg jord tørrstoff

Ved å sette disse konsentrasjonene inn i formelen for beregning av total eksponering

$$C_{\text{Total eksponering}} = \frac{1}{\frac{1}{C_{\text{Oral inntak}}} + \frac{1}{C_{\text{Hudkontakt}}} + \frac{1}{C_{\text{Innånding}}}}$$

oppnås følgende resultat: $C_{\text{Total eksponering}} = 0.50$ mg benso(a)pyren /kg jord tørrstoff

Ved beregnet maksimum daglig inntak av benso(a)pyren fra ulike kilder er det tatt utgangspunkt i de 10 % av barna som spiser 200 mg eller mer jord per dag. Vi har gjort en forsiktig beregning av totalinntaket av benso(a)pyren gitt et høyt inntak av jord daglig og tatt utgangspunkt i høye verdier av benso(a)pyren i jorden. Inntaket er overvurdert og vil som regel ligge lavere. Norske myndigheter har ikke fastsatt et tolerabelt daglig inntak av benso(a)pyrene. Inntaket av benso(a)pyren fra mat er i Sverige antatt å være ca. 0.03 mg/person/år.

Basert på et nylig avsluttet dyreforsøk med tilførsel gjennom munnen (peroral) av benso(a)pyren utført ved det nederlandske folkehelsens institutt. Folkehelsea har fått tilgang til dette arbeidet og beregnet en human ekvivalent dose ved 10^{-5} livstids risiko. Dette anses som en akseptabel risiko. Folkehelsea har kommet til en verdi på 25 ng/kg kroppvekt/dag. Benso(a)pyren vil foreligge i en blanding med andre PAH-forbindelser, noe som kan gi en forsterkende effekt. På den annen side vil eksponering for jord gjennom munnen bare foregå i en meget begrenset periode av livet mens risikovurderingen gjelder livstidseksponering. Folkehelsea mener derfor at 25 ng/kg kroppsvekt/dag utgjør et tolerabelt inntaksnivå.

Tabell 14 Beregnet maksimum daglig inntak av benso(a)pyren fra ulike kilder for barnehage barn.

Kilde	Barnehagebarn (13 kg)
Mat (µg/dag)	1,5 ng ¹
Drikkevann (µg/dag)	0
Jord og støv, 200 mg/dag	100 ng ²
Luft (µg/dag)	-
Total (µg/dag)	102 ng

¹ Basert på et svensk estimat.

² Beregnet ut fra 0.5 mg benso(a)pyren /kg jord eller sand.

Ved et relativt høyt inntak av jord vil et gjennomsnittsinhold på ca 0.5 mg benso(a)pyren/kg jord gi et bidrag av benso(a)pyren som er akseptabelt.

Tabell 15 Benso(a)pyren inntak ($\mu\text{g}/\text{dag}$) fra jord hos barn som spiser 200 mg jord/dag.

Lekeareal	Antall prøver	Benso(a) pyren i barnehagejord, (gjennomsnitt, mg/kg)	Inntak av jord, 200 mg/dag
Jekteviken barnehage	13	0.84	0.17
Dokkenbakken barnepark	9	0.27	0.05
Jekteviksbakken lekeplass	5	0.65	0.13
Wenches barnehage	11	0.50	0.10
Johanneskirken barnepark	5	2.72	0.54
Nygårdsparken barnepark	1	0.05	0.01
Fredriksberg barnehage	2	0.08	0.02
Nordnes skole	-	-	-
Nordnesparken barnepark	4	0.125	0.03
Nordnesparken lekeplass	2	0.03	0.006
Nordnes balløkke	8	1.13	0.23
Tollbodalmeningen lekeplass			
Nykirken barnehage	-	-	-
Bergen barnehage	7	1.16	0.23
Klosterhaugen lekeplass	5	0.62	0.012
Galgebakken balløkke	3	0.3	0.06
Klosteret barnehage	-	-	-
Solgården barnehage	1	0.6	0.12
Kalmergaten barnehage	1	0.5	0.10
Lekeplass ved Klosteret	1	0.08	0.02
Ytre Markevei balløkke	2	0.2	0.04

Tabell 16 Benso(a)pyren inntak ($\mu\text{g}/\text{dag}$) fra sand hos barn som spiser 200 mg sand/dag.

Lekeareal	Antall prøver	Benso(a)pyren i barnehagesand, (gjennomsnitt, mg/kg)	Inntak av sand, 200 mg/dag
Jekteviken barnehage	3	0.29	0.06
Dokkenbakken barnepark	1	-	-
Jekteviksbakken lekeplass	5	0.042	0.008
Wenches barnehage	1	0.08	0.02
Johanneskirken barnepark	-	-	-
Nygårdsparken barnepark	1	0.005	0.001
Fredriksberg barnehage	1	0.01	0.002
Nordnes skole	1	0.3	0.10
Nordnesparken barnepark	3	0.03	0.006
Nordnesparken lekeplass	2	0.03	0.006
Nordnes balløkke	1	0.005	0.001
Tollbodalmeningen lekeplass	7	0.18	0.04
Nykirken barnehage	3	0.05	0.01
Bergen barnehage	-	-	-
Klosterhaugen lekeplass	-	-	-
Galgebakken balløkke	3	-	-
Klosteret barnehage	-	-	-
Solgården barnehage	-	-	-
Kalmergaten barnehage	-	-	-
Lekeplass ved Klosteret	-	-	-
Ytre Markevei balløkke	-	-	-

7. KONKLUSJON

Det øverste jordlaget i barnehager, barneparker og lekeplasser på Nordnes, Jekteviken og Dokken er i varierende grad forurenset med bly og benso(a)pyren. Deler av området er sterkt forurenset. Forurensningskildene i "gammel" byjord kan være mange. Byjord består av lokal naturlig mineraljord, gravemasser, sprengstein, organisk jord (ofte tilkjørt), rivningsmasser (asfalt, teglstein, betong), industriavfall og kloakkslam. Det virker imidlertid som slagg og andre avfallsprodukter fra Bergens gassverk er brukt som fyllmateriale i stor grad. Andre kilder kan være rivningsmasser etter ulike bybranner.

Sand i sandkassene i de undersøkte lekearealene er moderat forurenset med arsen. Arsenforurensningen skyldes i hovedsak utlekking av arsen fra trykkimpregnert trevirke. I barnehager, barneparker og lekeplasser finnes det to typer masser: byjord og tilkjørt sand til sandkasser og sand under og rundt lekeapparater. Den tilkjørte sanden kommer hovedsakelig fra grustak i Modalen og Etne. Prøver tatt nær trykkimpregnert trevirke har et relativt høyt innhold av arsen og en betydelig andel av dette arsenet er lettløselig.

Det er gjennomført en helserisikovurdering hvor barns eksponering for arsen, bly og benso(a)pyren er vurdert. Bidraget fra inntak av jord, hudkontakt med jord og trykkimpregnert trevirke og innånding av støv er sammenholdt med data for bidraget fra næringsmidler. Det konkluderes med at arsenkonsentrasjoner mindre enn 20 mg/kg, blykonsentrasjoner mindre enn 150 mg/kg og benso(a)pyren konsentrasjoner mindre enn 0.5 mg/kg anses å representere en akseptabel tilleggsbelastning. Jord med høyere innhold av arsen, bly og benso(a)pyren anbefales fjernet og erstattet med ren jord.

Som et resultat av denne undersøkelsen anbefales derfor følgende tiltak for bedring av situasjonen:

- Fjerning av jord/sand i 1 meters bredde og 20 – 30 cm dybde rundt trykkimpregnert trevirke i kontakt med jord/sand.
- Minimum oljebeising av trevirket før å redusere videre utlekking av arsen, men helst utskifting av trykkimpregnert trevirke i kontakt med jord/sand.
- I tillegg bør det arbeides for å få bort CCA-impregnert materiale (CCA = kobber-krom-arsen) fra barns lekemiljø.
- Fjerning av jord/sand hvor arseninnholdet er høyere enn 20 mg/kg, blyinnholdet er høyere enn 150 mg/kg og hvor innholdet av benso(a)pyren er høyere enn 0.5 mg/kg.
- Massene erstattes med ren jord.
- Til sammen mellom 600 og 1000 m³ forurenset masse foreslås fjernet i tillegg til massene rundt trykkimpregnert trevirke.

Gammel byjord har brukt mange ganger og er tilført forurensninger av ulike typer gjennom historisk tid. Ved graving i gammel byjord, er det stor sannsynlighet for at massene er

forurenset. Det bør derfor etableres retningslinjer for hvordan slike masser skal håndteres ved graving, og hva slike masser kan brukes til. Særlig varsomhet bør utvises i arealer hvor små barn skal leke.

8. BAKGRUNNSLITTERATUR

Almklov, P.G., 1995: Innhold av organiske miljøgifter i overflatejord fra Trondheim. Prosjektoppgave, Institutt for geologi og bergteknikk, Norges tekniske høgskole, 80 sider.

Bergen Lysverker, 1986: Bergens gassverk 1856 – 1985. Kort skisse over gassverkets historie. Bergen Lysverker, Informasjonskontoret.

Bowen, H.J.M., 1966. Trace elements in biochemistry. Academic Press, 241 sider.

Bækken, T. 1993. Miljøvirkninger av vegtrafikkens asfalt og dekkslitasje. Nordiske seminar og arbeidsrapporter, Nordisk råd, 1993:628.

Davidson, R.M. & Clarke, L.B. 1996: Trace elements in coal. Perspectives, January 1996.

Duun-Moen, K., 1996: Tungmetallinnhold i utvalgte avfallsfraksjoner. Hovedoppgave. Institutt for fysikalsk kjemi. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.

Fossen, H., 1988a: The Ulriken Gneiss Complex and the Rundemanen Formation: a basement-cover relationship in the Bergen Arcs, West Norway. Norges geologiske undersøkelse, Bulletin 412, 67-86.

Fossen, H., 1988b: Metamorphic history in the Bergen Arcs, Norway, as determined from amphibole chemistry. Norsk Geologisk tidsskrift, Vol. 68, 223-239

Fossen, H., 1989: Geology of the Minor Bergen Arc, West Norway. Norges geologiske undersøkelse, Bulletin 416, 47-62.

Hantho, G., 1996: Kjemisk karakterisering av veistøv fra trafikk i bymiljø. Hovedoppgave. Institutt for fysikalsk kjemi. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.

Heksestad, B., Hofshagen, N. Furnes, H. og Pedersen, R.B., 1994: The geochemical evolution of the Gulffjellet Ophiolite Complex, West Norwegian Caledonides. Norsk Geologisk Tidsskrift, Vol 74, 77-88.

Johnsen, E., 1995: Bergen byatlas 1995. Bergen kommune, Byutvikling, Boligavdelingen.

Langedal, M., 1997: Helseisikovurdering av metaller i jord i bysamfunn. Eksempel for nikkel og bly i utemiljøet i Trondheim. Trondheim kommune. Miljøavdelingens rapporter TM 97/04.

Langedal, M., & Hellesnes, I., 1997: Innhold av tungmetaller i overflatejord og bakterier i sandkasser i barnehager i Trondheim. Trondheim kommune, Miljøavdelingen, TM 97/03.

Ottesen, R.T., Almklov P.G. & Tijhuis, L., 1995: Innhold av tungmetaller og organiske miljøgifter i overflatejord fra Trondheim. Trondheim kommune, Miljøavdelingens rapporter, TM 95/06

Ottesen, R.T. og Volden, T., 1999: Jordforurensning i Bergen. NGU-rapport 99.022.

Ottesen, R.T., Volden, T. , Finne, T.E. og Alexander, J., 1999: Undersøkelse av polyklorerte bifenyler (PCB) i jorden i skolegården ved Skjold skole. NGU-rapport 99.049.

Ottesen, R.T., Volden, T. , Finne, T.E. og Alexander, J., 1999: Undersøkelse av arseninnholdet i jorden ved Stormyra barnehage. NGU-rapport 99.058

Ottesen, R.T., Volden, T. , Finne, T.E. og Alexander, J., 1999: Undersøkelse av polyklorerte bifenyler (PCB) i jorden i skolegården ved Hellen skole. NGU-rapport 99.062.

Skare, J.E., 1997: Miljøtekniske grunnundersøkelser ved Jekteviken og Grønneviksøren i forbindelse med nye pumpestasjoner og avløpsledninger. Asplan Viak Bergen. Prosjektnr. 25.6802, Hefte nr. 7507.

Solhaug, K.P., 1997: Søknad om tillatelse til graving og disponering av forurenset masse fra Lyder Sagensgate 15 og 17 og Daniel Hansensgate 5. Instanes A/S, prosjektnr. 3487 og 3369.

Solhaug, K.P., 1998: Miljøteknisk grunnundersøkelse, Haugeveien 40. Feltrapport med søknad om tillatelse til graving i forurenset grunn. Instanes A/S, prosjekt nr. 3701.

Solhaug, K.P., Paulsen, A. & Ness, M., 1998a: Miljøteknisk grunnundersøkelse på Tjørnen, Melkeplassen. Feltrapport med tiltaksvurdering. Instanes A/S, prosjekt nr. 3592.

Solhaug, K.P., Paulsen, A. & Ness, M., 1998b: Miljøteknisk undersøkelse på Hjortland, Åsane. Feltrapport med tiltaksvurdering.

Statens forurensningstilsyn, 1993: Miljøgifter i Norge. SFT-rapport 93:22, 114 sider.

Statens forurensningstilsyn, 1993: Datarapport for miljøgifter i Norge. SFT-rapport 93:23, 313 sider.

Statens forurensningstilsyn, 1994: Dioksiner. SFT-dokument 94:04, 74 sider.

Statens forurensningstilsyn, 1995: Håndtering av grunnforurensningsaker. SFT-rapport 95:09, 54 sider.

Statens forurensningstilsyn, 1996: PCB i Norge. Forekomst og forslag til tiltak. SFT-rapport 96:08.

Statens forurensningstilsyn, 1997: Forurenset grunn. Metoder for kjemisk analyse. SFT-rapport 97:34.

Statens forurensningstilsyn, 1997: Utskrift av deponidatabasen (registrerte lokaliteter i Bergen kommune).

Statens forurensningstilsyn, 1998: SFT-veiledning for gjennomføring av risikovurdering av forurenset grunn. Utkast.

Tønnesen, D., 1998: Luftforurensning fra avfallsforbrenningsanlegg i Rådalen. Norsk institutt for luftforskning. Referanse O-98048.

Weiss, L.E., 1977: Structural features of the Laksevåg Gneiss, Bergen, Norway. Norges geologiske undersøkelse, Bulletin 334, 1-17.

Wennberg, O.P. & Milnes, G., 1994: Interpretation of kinematic indicators along the northeastern margin of the Bergen Arc System: a preliminary field study. Norsk Geologisk Tidsskrift, Vol. 74, 166-1173.

Aanes, D., 1959: Om Bergens gassverk. Et forsøk på en belysning av aktuell gassverksproblemer. Norges Handels høyskole.

9. VEDLEGG: Analyserlister

