

Geokjemisk kartlegging av metaller i jord i Hamar by

Ingeborg Nygard

Lektorutdanning med master i realfag

Innlevert: juni 2014

Hovedveileder: Trond Peder Flaten, IKJ

Medveileder: Rolf Tore Ottesen, NGU

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for kjemi

Sammendrag

Denne oppgaven tar for seg kartlegging av innhold av arsen og tungmetaller i overflatejord på Hamar. I 2012 og 2013 ble det tatt til sammen 369 prøver (og tilstrekkelig med duplikatprøver) i Hamar kommune. Prøvene har blitt analysert med inductively coupled plasma - mass spectrometry, (ICP-MS), for 53 grunnstoffer. Det har blitt laget konsentrasjonskart for 46 av grunnstoffene, og resultatene for arsen, og tungmetallene bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv, nikkel, sink og uran har blitt analysert og diskutert. Resultatene har også blitt sammenlignet med resultater fra geokjemiske kartlegginger i andre norske byer. Denne sammenligningen viser at det er veldig høye naturlige verdier av tungmetaller på Hamar, spesielt på Ridabu som ligger oppå et alunskiferbelte. Det er trolig de store forekomstene av skifer og alunskifer som er opphavet til de høye naturlige verdiene av tungmetaller. Forekomster av kadmium, kvikksølv, nikkel og uran styres trolig av geogene forhold, mens det er både geogene og antropogene kilder som styrer arsen, kobber, krom og sink. Bly er det eneste av tungmetallene som synes å kun styres av antropogene forhold.

Analyser av de mest forurensede punktene har vist at det er mest forurensning i Hamar sentrum og på Børstad litt nord for Hamar sentrum. I tillegg har områdene Storhamar og Hamar vest, Ridabu og Åkersvika, og Ingeberg skole blitt klassifisert som forurensede områder. Forurensningen som har blitt funnet består i hovedsak av sink, bly, kobber og arsen, med spredte innslag av de andre tungmetallene. Kildene som har blitt utpekt er industriutslipp, spesielt fra jernbane og verkstedsvirksomheter (Pb, Ni, Zn), utslipp i forbindelse med bybrann (Pb, Cd, Hg, Zn), impregnert trevirke (As), renserivirksomhet (Hg, Zn), malingsrester (Pb, Cd, Zn), biltrafikk (Pb, Cd, Zn), båthavn (Cu, Ni, Cr) og mulig kvikksølv fra krematoriet på Hamar.

Abstract

This report examines the mapping of the content of arsenic and heavy metals in surface soil in Hamar. In 2012 and 2013 a total of 369 samples of surface soil was taken in Hamar. The samples were analyzed with inductively coupled plasma - mass spectrometry, (ICP-MS), for 53 elements. Maps showing geochemical concentrations have been made for 46 of the elements, and the results for arsenic and heavy metals lead, cadmium, copper, chromium, mercury, nickel, zinc and uranium have been analyzed. The results have also been compared with results of geochemical surveys in other Norwegian cities. This comparison shows that there are very high natural levels of heavy metals in Hamar, especially in Ridabu located atop an alum slate belt. The presence of shale and alum shale in Hamar is most likely the origin of these high levels. The levels of cadmium, mercury, nickel and uranium are most likely controlled by underlying bedrock, whereas it is both the underlying bedrock and anthropogenic sources that control levels of arsenic, copper, chromium and zinc. Lead is the only heavy metal that seems to be affected solely by anthropogenic factors.

Analysis of the most polluted samples have shown the most pollution in central Hamar and on Børstad just north of the city center. In addition, areas Storhamar and Hamar Vest, Ridabu and Åkersvika and Ingeberg School were classified as polluted areas. The pollution that has been found mainly consists of zinc, lead, copper and arsenic, with scattered touches of the other heavy metals. The sources that have been identified are industrial emissions, especially from train and metal workshops (Pb, Ni, Zn) emissions associated with the city fire (Pb, Cd, Hg, Zn) impregnated wood (As), dry cleaning business (Hg, Zn), paint residues (Pb, Cd, Zn), traffic (Pb, Cd, Zn), marina (Cu, Ni, Cr) and possibly some mercury from the crematoria in Hamar.

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet ved Institutt for Kjemi ved Norges Teknisk-naturvitenskapelige universitet NTNU, i samarbeid med Norges geologiske undersøkelse NGU. Ansvarlige veiledere har vært Rolf Tore Ottesen, professor II ved Institutt for kjemi og seniorforsker ved NGU, og Trond Peder Flaten, professor ved Institutt for kjemi.

Jeg vil takke Rolf Tore Ottesen for et glødende og smittomt engasjement for geokjemi. Hadde ikke nettopp han undervist dette emnet på NTNU vet jeg ikke om valget hadde falt på denne masteren. Tusen takk for veiledning og all den kunnskapen du øser av deg. Trond Peder Flaten fortjener også en enorm takk. Han har bidratt til at jeg har følt meg veldig godt tatt vare på som masterstudent og svart på alle spørsmål jeg har sittet med. Til sammen er dere et drømmelag!

Andre bidragsytere som fortjener en takk her er Ola A. Eggen som har vært til fantastisk hjelp når ArcGis og R skulle mestres, og som alltid har latt døren og mailen stå åpen for spørsmål. Renate Ryberg i Hamar kommune har svart på alt jeg har spurt om og gjort research hvis noe var uklart. Ingvild Marthinussen og Hamar kommune utførte første delen av feltarbeidet i 2012. Bestemor åpnet døra si, og bidro til at det ble 10 kjempehyggelige dager på Hamar da andre runde med feltarbeid skulle utføres. Jostein Jæger lærte meg opp og trådte til da jeg trengte en ekstra hånd med prøvepreparering på sikterommet på NGU. Dere fortjener alle en stor takk!

Og sist, men ikke minst, tusen takk Lars!

Ingeborg Nygard

Oslo, 31. mai 2014

Innhold

1	Introduksjon	1
2	Bakgrunn	3
2.1	Hamars historie	3
2.2	Industri på Hamar	4
2.3	Bedrifter på Hamar med utslippstillatelser	6
2.3.1	Furnes Hamjern SCC	7
2.3.2	K. A. Rasmussen AS	8
2.3.3	Eidsiva Bioenergi	9
2.3.4	HRR Miljø AS	10
2.3.5	Hias IKS	11
2.3.6	Andre bedrifter med utslippstillatelser på Hamar	12
2.4	Jordforurensning og byjord	12
2.4.1	Tradisjonelle forurensningskilder i by	14
2.4.2	Jordforurensning i Norge	18
2.4.3	Miljøundersøkelser i Hamar kommune	21
2.5	Tilstandsklasser for jord	22
2.6	Toksikologiske effekter av tungmetaller	24
2.7	Radioaktiv stråling og Radon	29
2.8	Organiske miljøgifter i jord	30
2.8.1	PCB	31
2.8.2	PAH	31
2.8.3	TBT	31
2.8.4	Dioksiner	32
2.9	Geologi i hamarområdet	32
2.9.1	Kalkstein	33
2.9.2	Sandstein	34
2.9.3	Skifer	34

2.9.4	Alunskifer.....	34
2.9.5	Forekomst av tungmetaller i ulike bergarter	35
3	Metode.....	37
3.1	Prøvetaking.....	37
3.2	Utvalg	37
3.3	Prøvebehandling	37
3.4	Kjemisk analyse.....	38
3.5	Statistisk analyse.....	38
3.5.1	Kumulativ frekvensfordeling og femdeling av tierpotens.....	38
3.5.2	Cerium/Lantan forhold	39
3.6	Kartframstilling	39
3.7	Metodevurdering	40
3.7.1	Reproduserbarhet	40
3.7.2	Usikkerhet i resultatene	41
4	Resultater.....	43
4.1	Arsen As	46
4.2	Bly, Pb	48
4.3	Kadmium, Cd.....	50
4.4	Kobber, Cu.....	52
4.5	Krom, Cr.....	53
4.6	Kvikksølv, Hg.....	55
4.7	Nikkel, Ni	56
4.8	Sink Zn	58
4.9	Uran, U	60
4.10	Forholdet mellom Cerium og Lantan.....	62
5	Diskusjon.....	63
5.1	Arsen.....	65

5.2	Bly	67
5.3	Kadmium	68
5.4	Kobber	69
5.5	Krom.....	71
5.6	Kvikksølv.....	72
5.7	Nikkel	75
5.8	Sink.....	76
5.9	Uran	78
5.10	Prøvelokaliteter med spesielt høye konsentrasjoner av tungmetaller	79
5.10.1	Hamar vest og Storhamar	80
5.10.2	Sentrum	84
5.10.3	Børstad og Mæhlumsløkka.....	95
5.10.4	Ridabu og Åkersvika.....	99
5.10.5	Ingeberg skole	101
5.10.6	Resterende forurensede punkter:	103
5.11	Videre arbeid.....	103
5.11.1	Sandfangskummer.....	104
5.11.2	Organisk forurensning.....	104
5.11.3	Grenseverdier for flere grunnstoffer.....	104
5.11.4	Statistiske analyser for avgrensede områder på Hamar.....	105
6	Oppsummering og konklusjoner	106
A.	Dominerende bergarter i andre norske byer, brukt til sammenligning	117
B.	Alunskiferkart over Østlandet	118
C.	Alunskiferkart med konsentrasjon av de ulike tungmetallene og Arsen.....	119
D.	Korrelasjonskoeffisienter for alle grunnstoffene i undersøkelsen.....	125
E.	Bergrunnskart med konsentrasjon av de ulike tungmetallene og Arsen.	126
F.	Cerium/Lantan forhold for de mest forurensede prøvene	132

G. Konsentrasjonskart for resterende grunnstoffer	128
---	-----

1 Introduksjon

Denne masteroppgaven tar for seg kartlegging av arsen og tungmetaller i overflatejord i Hamar kommune. Det blir forsøkt å skille mellom antropogene og geogene kilder til tungmetaller og arsen, og der det er mulig blir det pekt på spesifikke antropogene kilder.

Oppgaven er med denne introduksjonen, delt inn i seks kapitler, referanseliste og vedlegg. Kapittel 2 er et teorigapittel som tar opp Hamars historie og industrihistorie, jordforurensning generelt, resultater fra grunnundersøkelser i andre norske byer og miljøundersøkelser i Hamarområdet, tilstandsklasser for jord og toksikologiske effekter av uorganisk jordforurensning, radioaktiv stråling og organiske miljøgifter, og til slutt en gjennomgang av geologien i hamarområdet.

Kapittel 3 forklarer hvilke metoder som er benyttet i undersøkelsen, inkludert prøvetaking, prøvebehandling, statistikk og kartframstilling. Sist i kapitlet kommer en vurdering av metodene, der reproduserbarhet og usikkerhet i resultatene blir diskutert.

Kapittel 4 er resultatkapittel, der alle resultatene legges fram. Først i kapitlet presenteres de statistiske parameterne median, gjennomsnitt, minimums- og maksimumsverdier, 10- og 90-prosentiler og antall prøver under deteksjonsgrense for alle grunnstoffene som inngår i undersøkelsen. Deretter presenteres forurensningskart, tilstandsklassekart og kumulativ frekvensfordeling for arsen, bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv, nikkel og sink, samt kumulativ frekvensfordeling, forurensningskart og alusnkiferkart for uran. Til sist i dette kapitlet presenteres resultater fra analyse av forholdet mellom cerium og lantan.

I kapittel 5 blir resultatene diskutert og sammenlignet med resultatene fra tidligere undersøkelser i andre norske byer. Den første delen av kapittel 5 tar for seg arsen og tungmetallene og diskuterer disse grunnstoffene hver for seg, og den andre delen av kapitlet tar for seg de mest forurensede områdene og peker på mulige kilder til forurensningen i hvert område. Helt til slutt i kapittel 5 fokuseres det på hvordan resultatene fra denne undersøkelsen kan behandles videre. Her kommer det forslag til ulike tiltak som kan settes inn og ytterligere undersøkelser som burde gjennomføres.

I kapittel 6 oppsummeres resultatene fra undersøkelsen og det blir framsatt en konklusjon.

Til slutt i oppgaven kommer referanseliste og vedlegg.

2 Bakgrunn

Hamar kommune har utført flere miljøundersøkelser blant annet i Mjøsa og ulike steder i Hamarregionen, men det har ikke tidligere blitt gjennomført en geokjemisk kartlegging av Hamar. Selv om byen ikke har hatt spesielt mye tungindustri, som er en vanlig kilde til grunnforurensning, har Hamar store forekomster av tungmetallholdige bergarter. Det er derfor interessant å utføre en kartlegging her, for å undersøke både det geogene og det antropogene bidraget til tungmetaller i jorden. I kapittel 2 i folkehelseloven står det at:

«Kommunen skal fremme befolkningens helse, trivsel, gode sosiale og miljømessige forhold og bidra til å forebygge psykisk og somatisk sykdom, skade eller lidelse, bidra til utjevning av sosiale helseforskjeller og bidra til å beskytte befolkningen mot faktorer som kan ha negativ innvirkning på helsen.»

(Helse- og omsorgsdepartementet, 2011)

Ved å få utført en slik kartlegging som denne kan Hamar kommune bedre sørge for å beskytte befolkningen sin mot de negative helseeffektene som grunnforurensning kan føre til, ved å sette inn tiltak der det er behov, og ha bedre kunnskap om grunnen ved framtidige grave- og byggeprosjekter.

Videre i dette kapitlet blir Hamars historie fortalt i korte trekk. Det blir sett på hva slags industri som har holdt til på Hamar og hvilke typer utslipp som kan forbindes med disse og andre virksomheter. Det blir gått gjennom hvordan jordforurensning klassifiseres og hva de ulike uorganiske og organiske forurensningskomponentene utgjør av helsefare. Til slutt blir geologien i Hamarregionen gjennomgått.

2.1 Hamars historie

Det er usikkerhet knyttet til når middelalderbyen Hamar ble grunnlagt. Man vet gjennom myntfunn at kongen hadde en myntmester på Hamar i 1046, som har ført til at en regner byens alder til å starte rundt dette året. På denne tiden hadde byen hovedfunksjon som kaupang (handelssted) på grunn av byens sentrale plassering i et område med tett befolkning

og gode jordsmonn. Dessuten hadde byen en fordelaktig beliggenhet ved Mjøsa, som forbinder elevene Lågen i nord med Glomma og Vorma i sør.

Den nye Hamar by ble etablert i 1849. I 1862 ble jernbanen mellom Hamar og Elverum åpnet og i 1888 ble byen forbundet med jernbane til Oslo. På 1860-tallet fikk byen landets første folkehøyskole og offentlig lærerhøyskole, og i 1876 fikk den gymnas. I året 1890 var innbyggertallet i Hamar by rundt 4.170, et tall som steg til 5.922 i 1930, 13.367 i 1960 (Statistisk Sentralbyrå, 1960) og er per 01.01.2014 på 29.520, (Statistisk Sentralbyrå, 2014). Kommunegrensene har flyttet seg flere ganger i løpet av årene, og en stor del av befolkningsveksten kan tilskrives dette.

I 1935 opplevde Hamar en storbrann på Østre Torg i midten av Hamar sentrum. Mange arbeidsplasser og hjem gikk opp i røyk, og bedrifter måtte starte helt på nytt igjen. (Halvorsen and Lillevold, 1949)

2.2 Industri på Hamar

Byens næring har, utenom jordbruk og næringsmiddelindustri, i hovedsak vært handel. Handelen har ikke begrenset seg kun til eget fylke, men Hamar var tidligere handelssenter også for Oppland. Mot slutten av 1800-tallet og på begynnelsen av 1900-tallet vokste det frem flere bedrifter i Hamar. I hovedsak bestod industrien av verksteder for jernbane og jordbruksmaskiner, støperier, trelast og byggefirma, snekkervirksomheter, garverier og gartnerier. Denne industrien lå for det meste der Hamar sentrum ligger i dag, og på Storhamar, (se figur 2.2-1). Espern, et industriområde like ved jernbanestasjonen huset flere verksted, blant annet Hamar jernbaneverksted, som i dag er fredet. (Gjerdåker, 1998, Halvorsen and Lillevold, 1949) I nyere tid har det blitt anlagt en industripark litt nord for byen, på plassen som kalles Trehørningen. Her holder en rekke ulike bedrifter til, som Norsk Protein AS, Betong Øst AS, Ramirent AS og Norbond AS, (Google Maps, 2014).

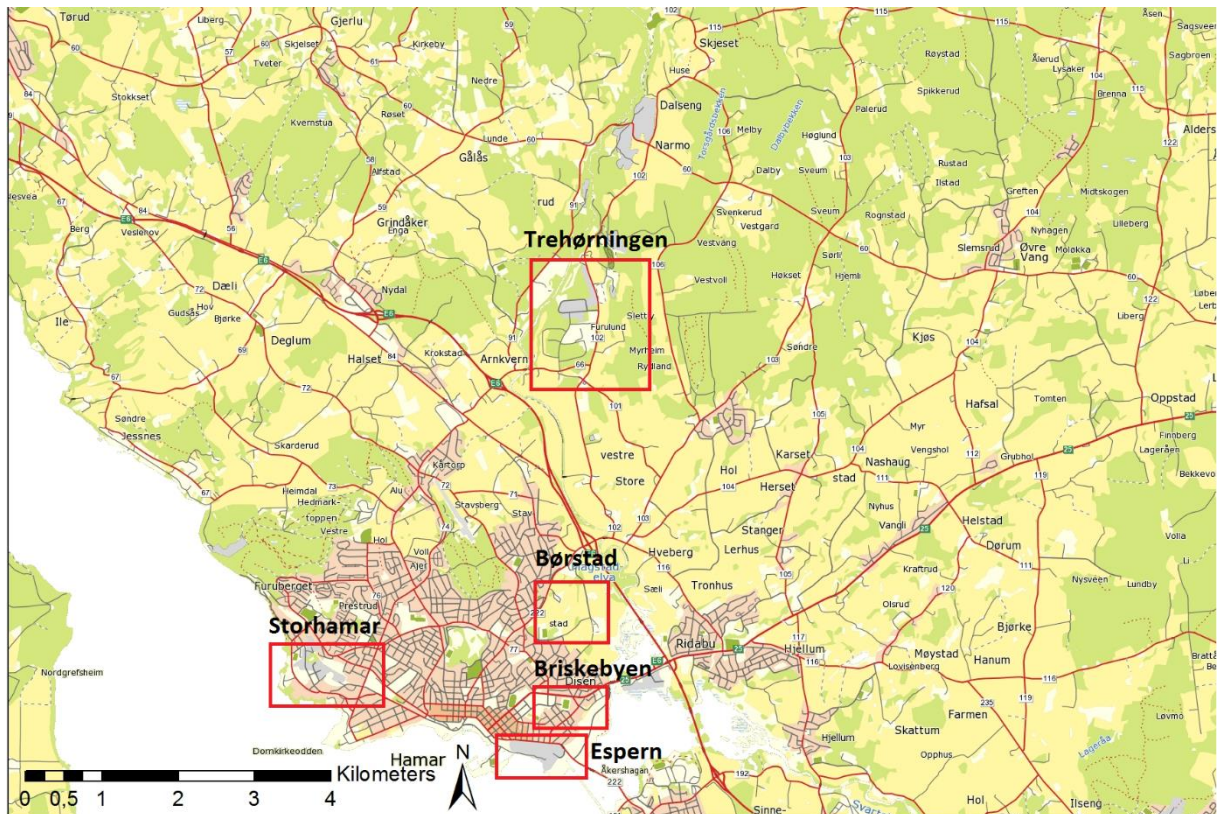


Figure 2.2-1: Kart over Hamar, som viser beliggenheten til industriområdene Trehørningen og Espern, og Storhamar, Børstad og Briskebyen.

Som nevnt har ikke Hamar historisk hatt mye tungindustri. Her nevnes noen av de gamle bedriftene på Hamar for å gi eksempler på hva slags industri som har ligget her, og hva slags omfang industrien har hatt i byen. I tillegg kommer det i kapittel 2.3 en gjennomgang av bedrifter på Hamar som har fått utslippstillatelser i forbindelse med sin virksomhet.

Hamjern

Hamjern ble stiftet i 1895 som A/S Hamar Jernstøperi og Mek. Verksted. Det begynte sin virksomhet i en fabrikkbygning på Østre torg i Hamar sentrum, men ble etter få år flyttet til Espern og Langvikodden, der det fortsatt ligger. Hamjern AS har opp gjennom tiden produsert ulike jernvarer som ovner, støpegods, jordbruksmaskiner og –materiell, lokomotiver og rustfritt stål, (Halvorsen and Lillevold, 1949). I kapittel 2.3.1 blir Hamjernes drift og utslippstillatelser kommentert nærmere.

NSB Jernbane og jernbaneverksted

Som tidligere nevnt fikk Hamar sin første jernbaneforbindelse i 1862, som forbandt Hamar med Elverum, og 28 år senere kom jernbane-forbindelsen til Oslo. Jernbaneverkstedet på Hamar ble etablert allerede i 1862 i sørenden av stasjonsområdet, og het på den tiden NSB Verkstedet Hamar. Verkstedet drives i dag av MiTrans AS, og det er aktivitet i flere av de fredede bygningene Jernbaneverkstedet består av, (Larsen, 2012, 2009). Virksomhet på Jernbaneverkstedet har blitt utpekt som kilde til forurensning av Mjøsa i Åkersvika, (Løvik et al., 2009), dette kommenteres nærmere i avsnitt 2.4.3. Jernbanestasjonen på Hamar er i dag et knutepunkt for linjene sørover til Oslo og Skien, østover mot Elverum og Røros, og nordover mot Lillehammer, Åndalsnes og Trondheim, (Jernbaneverket).

Norrøna

Aktieselskapet Norrøna ble dannet i 1900 på Hamar. Til å begynne med drev selskapet både lærfabrikk og vedhuggeri, men besluttet etter få år å kun fortsette med lærvirksomhet, i form av garveri, skofabrikk og utvalg. Ikke mange år etter dette opphørte også garverivirksomheten, og bedriften bestod kun av framstilling og omsetting av skotøy.

(Gjerdåker, 1998, Halvorsen and Lillevold, 1949)

Gassverk

Det er funnet sparsomt med opplysninger om gassverk på Hamar, men det lå trolig et gassverk i krysset mellom Vangsvegen og Østre gate i Hamar sentrum, som forsynte byen med energi til belysning, (Digitalt Museum).

2.3 Bedrifter på Hamar med utslippstillatelser

Enkelte bedrifter får utslippstillatelser på bakgrunn av søknader til gjeldende miljømyndigheter. Myndighetene er som regel den lokale fylkesmannen, men det kan også være miljødirektoratet som utsteder tillatelsene. Utslippene det søkes om kan være utslipp til vann og luft, tillatelse til å deponere farlig avfall, støy i nærheten av boliger o.l., eller utslipp som fører til temperaturøkning i nærliggende områder. Selv om en bedrift får en grenseverdi å forholde seg til for det aktuelle utslippet, plikter bedriften å arbeide for å redusere utslippene sine ytterligere der det er mulig. I utslippstillatelsen gis det føringer og regler for hvilke tiltak

bedriften burde innføre for å redusere forurensingen sin, og det stilles som regel krav til beredskapsplaner for akutte utslipp. Bedriftene blir også satt i en kontrollklasse, også omtalt som risikoklasse, ut ifra hvor ofte det er nødvendig med kontroller (Tabell 2.3-1). Per mai 2014 har Hamar kommune 7 bedrifter med utslippstillatelser, (Miljødirektoratet). Her kommer en oversikt over de enkelte bedriftene, med en gjennomgang av virksomheten og hvilke utslipp de har fått tillatelser til. Det er kun tatt med utslippsverdier som antas å kunne bidra til grunnforurensning.

Tabell 2.3-1: Forklaring på kontrollklasse-systemet for bedrifter med utslippstillatelse, (Miljøverndepartementet, 1995).

Kontroll-klasse:	Type industri	Antall bedrifter	Kontroll-hyppighet:
1	Aluminiumsverk, cellulosefarbrikker, ferrolegeringsverk, oljeraffinerier, petrokjemisk industri, andre større kjemiske og elektrometallurgiske bedrifter	50-60	Årlig
2	Enkelte gruver, større næringsmiddelfabrikker, sildoljefabrikker, tremasse- og papirfabrikker m.v.	ca. 100	Annethvert år
3	Næringsmiddelindustri, små treforedlingsbedrifter, plast- og kjemisk industri, metallstøperier, galvanoteknisk industri.	ca. 350	Annethvert år
4	Mindre meierier, slakterier og annen næringsmiddelindustri, grafisk industri, pukkverk m.m.	ca. 1000	Sjeldnere, avhengig av klager og spesielle forhold

2.3.1 Furnes Hamjern SCC

Jernstøperiet Furnes Hamjern SCC, nevnt som Hamjern i kapittel 2.2, fisjonerte til Furnes Jernstøperi AS og Hamjern AS i 2011, (Maurdalen, 2014). Hamjern AS har med noe ulike eiere og samarbeidspartnere drevet som støperi og maskinverksted siden 1895. Bedriften har lokaler i Stangeveien på Espern, (Se figur 2.2-1). Til å begynne med bestod produksjonen av jordbruksmaskiner og -utstyr og ulike handelstøpegods. Etter hvert ble det også bygd lokomotiver og dampmaskiner. Ti år etter at bedriften gikk konkurs i 1928, gikk kommunene Hamar, Stange, Vang og Løten sammen for å «kjøpe hjem» bedriften, ved hjelp av statslån. Senere har Hamjern hatt ulike samarbeidspartnere og eiere, den nåværende eieren er

Øyhovden Invest A/S, (Hamjern AS, Halvorsen and Lillevold, 1949, 2009). I 2006 fikk daværende Furnes Hamjern SCC fornyet sin utslippstillatelse (se Tabell 2.3.1-1), men fikk fra da av ikke lenger lov til å deponere avfallet sitt slik de hadde gjort tidligere. Utslippstillatelsen legger også føringer og regler for blant annet energieffektivitet, spillvarme-utnyttelse, avløpsvann, kjemikaliebruk, støy, avfall og deponi. I denne utslippstillatelsen ble Hamjern satt i kontrollklasse 3, (Se tabell 2.3-1). (SFT, 2006)

Tabell 2.3.1-1: Utslippstillatelser til luft fra Furnes Hamjern AS, hentet fra (SFT, 2006).

Utslippskomponent	Utslippskilde	Utslippsgrenser, mg /Nm ³		Gjelder fra
		Timesmiddel	Årsmiddel	
Støv	Forming (maskin- / håndforming)	15	10	01.11.06
Støv	Smelting / støping	15	10	01.11.06
Støv	Sandblåsing / sliping / pussing	15	10	01.11.06
Støv	Tømming / regenerering	15	10	01.11.06
Støv	Etterbehandling Lakkering / emaljering	15	10	01.11.06

2.3.2 K. A. Rasmussen AS

K. A. Rasmussen AS er en edelmetallfabrikk, som ligger i Strandveien, like ved Jernbanemuseet på Storhamar. Det ble stiftet i 1872 i Oslo, men etter krigen ble det opprettet et fabrikkanlegg på Hamar i tillegg, som nå gir jobb til ca 60 ansatte. I dag foregår hovedproduksjonen på Hamar, men selskapet er internasjonalt, med avdelinger i flere ulike land. Produksjonen består av ulike metallegeringer i gull, sølv og platinametaller som for eksempel sølvkatalysatorer, verktøy og maskiner, (K. A. Rasmussen AS., K. A. Rasmussen AS.). Prosessavløpsvannet fra K. A. Rasmussen AS ledes til kommunalt nett etter bedriftens renseanlegg. Avløpsvannet vil inneholde rester av kobber, sølv, jern og sink, og dette har bedriften fått utslippstillatelser for (Se Tabell 2.3.2-1). De har også fått grenser for pH-verdier på 6,0 – 9,2, og den totale mengden prosessvann skal ikke overstige 1 m³/time og 20 m³/døgn. I tillegg inneholder utslippstillatelsen de har fått, regler for utslipp til luft, støy, avfall, kjemikaliebruk, utslippsreducerende tiltak og kontroller. K. A. Rasmussen AS er en bedrift i kontrollklasse 3 (Se tabell 2.3-1), (SFT, 1999).

Tabell 2.3.2-1: Utslippstillatelsene til K. A. Rasmussen AS. Opplysninger hentet fra (SFT, 1999), 29.04.2014.

Utslippskilde	Utslippskomponent	Utslippsgrenser mg/L	Gjelder fra:
Metallproduksjon	Sølv	0,1	01.01.99
"	Kobber	0,5	"
"	Jern	5	"
"	Sink	1	"
"	Flyktige klororganiske løsemidler, VOC	0,1 (uttrykt som klor)	"

2.3.3 Eidsiva Bioenergi

Eidsiva Bioenergi har to anlegg på Hamar. En varmesentral på Børstad og et avfallsforbrenningsanlegg på Trehørningen, (se figur 2.2-1). Varmesentralen er antatt å ikke bidra nevneverdig til grunnforurensningen. Avfallsforbrenningsanlegget Trehørningen Energisentral driftes av Hedmark-Regionen Fjernvarme AS. Anlegget er ført opp i 2011 og har en årlig energiproduksjon på rundt 200 GWh, gjenvunnet av avfall fra Hedmark og Oppland, (Eidsiva). I 2008 fikk Hedmark-Regionen Fjernvarme AS utslippstillatelse, som tillater utslipp til luft som ikke overstiger grenseverdiene i § 10-15 i avfallsforskriften, (Tabell 2.3.3-1). I utslippstillatelsen gis det lov til forbrenning av til sammen 72.000 tonn med:

- Restavfall fra husholdninger
- Brennbart næringsavfall
- Smittefarlig avfall (1000 tonn)

Forbrenningsanlegget har ikke tillatelse til å brenne farlig avfall. Utslippstillatelsen stiller dessuten krav til driftsmetoder, mottakskontroll, energiutnyttelse, lukt, støy, målinger, rapportering og beredskapsplaner, og krever en skorstein for avgasser på 60 meter. Bedriften er satt i kontrollklasse 2 (se tabell 2.2-1). (Fylkesmannen i Hedmark, 2008)

Tabell 2.3.3-1: Utslippstillatelser av § 10-15, i Avfallsforskriften, (Klima- og Miljødepartementet, 2004).

Utslippsparemeter	Utslippsgrenser	Enhet
Kadmium og kadmiumforbindelser, uttrykt som kadmium, Cd Thallium og thalliumforbindelser, uttrykt som thallium, Tl	totalt 0,05	mg/Nm ³
Kvikksølv og kvikksølvforbindelser, uttrykt som kvikksølv, Hg	0,03	mg/Nm ³
Antimon og antimonforbindelser, uttrykt som antimon, Sb Arsen og arsenforbindelser, uttrykt som arsen, As Bly og blyforbindelser, uttrykt som bly, Pb Krom og kromforbindelser, uttrykt som krom, Cr Kobolt og koboltforbindelser, uttrykt som kobolt, Co Kobber og kobberforbindelser, uttrykt som kobber, Cu Mangan og manganforbindelser, uttrykt som mangan, Mn Nikkel og nikkelforbindelser, uttrykt som nikkel, Ni Vanadium og vanadiumforbindelser, uttrykt som vanadium, V	totalt 0,5	mg/Nm ³
Dioksiner, definert i henhold til vedlegg I til dette kapitlet*	0,1	ng/Nm ³

*kapittel 10 § 10-15, i avfallsforskriften.

2.3.4 HRR Miljø AS

Hedmark Renovasjon og Resirkulering AS, HRR Miljø AS, driver et mottak for næringsavfall og farlig avfall på Gålåsholmen, like nord for Trehørningen næringspark (se figur 2.2-1). Her tok de i 2012 imot ca 60.000 tonn avfall, (HRR Miljø AS). I 2013 fikk HRR Miljø AS ny utslippstillatelse av fylkesmannen i Hedmark, som ga bedriften tillatelse til mottak og lagring av ulike typer avfall (se tabell 2.3.4-1). Det framgår ingen grenseverdier for utslipp av spesifikke forurensningskomponenter i utslippstillatelsen. I utslippstillatelsen HRR Miljø AS mottok i 2005 ble bedriften satt i kontrollklasse 3, men dette ble endret til kontrollklasse 2, (se tabell 2.3-1), med den nye utslippstillatelsen de fikk i 2009. (Fylkesmannen i Hedmark, 2013, SFT, 2005).

Tabell 2.3.4-1: HRR Miljø AS sine tillatelser til mottak og lagring av avfall, (Fylkesmannen i Hedmark, 2013).

Mottak		Lagring	
Type avfall	Mengde, tonn	Type avfall	Mengde, tonn
Nærings- Og husholdningsavfall	100.000	Ballet og komprimerte energifraksjoner	16.000
Farlig avfall	500	Restavfall (sikterest) fra produksjon av energifraksjon	500
Elektrisk og elektronisk avfall	400	Farlig avfall *	80
Impregnert trevirke	1.500	EE-avfall	40
Våtorganisk avfall for omlasting	1.500	Ukvernet impregnert trevirke, (Oppkvernet skal leveres til godkjent mottak)	150
Frityrolje	20	Smittefarlig avfall	3
Kasserte kjøretøyer	600 stk.	Annet avfall begrenses til lagringstid,	

* rammen for impregnert trevirke og EE-avfall inngår ikke i dette tallet.

2.3.5 Hias IKS

I 1974 ble Hedemarken Interkommunale Avløpssamband, HIAS, etablert etter avdekning av sterkt økende forurensning i Mjøsa, se kapittel 2.4.3. HIAS skulle rense avløpsvannet til kommunene Hamar, Stange, Løten, Ringsaker og Vang, men har etter hvert også arbeidet med vann og renovasjon. Etter noen navneendringer som følge av kommunesammenslåinger og lov om interkommunale selskaper, heter selskapet nå Hias IKS, (Hias IKS). Selskapet har fått utslippstillatelser i forbindelse med renseanlegg på Briskebyen, mellomlagring av avløpsslam, og mottak og behandling av hageavfall på Gålåsholmen, og avfallsdeponi på Heggvin. Utslippstillatelse til mottak av hageavfall ble gitt etter at jordprøvene i undersøkelsen ble tatt, og Heggvin ligger utenfor prøvetakingsområdet. Renseanlegget antas å ikke bidra nevneverdig til grunnforurensning. Disse virksomhetene blir derfor ikke kommentert videre. Tillatelsen til mellomlagring av avløpsslam, som trådte i kraft i januar 2001, krever tørrstoffminimum på 20 %, forutsetter at overvann ikke kommer til anlegget og at sigevann ikke går ned i grunnen under anlegget. Tillatelsesdokumentet setter ikke Hias IKS i noen

kontrollklasse, men i utslippstillatelsen for hageavfallsmottak plasseres de i kontrollklasse 3. Heggvin deponi plasseres også i denne kontrollklassen, mens renseanlegget plasseres i kontrollklasse 1, (se tabell 2.3-1), (Fylkesmannen i Hedmark, 2000, Fylkesmannen i Hedmark, 2007, Fylkesmannen i Hedmark, 2011, Fylkesmannen i Hedmark, 2014).

2.3.6 Andre bedrifter med utslippstillatelser på Hamar

Vang Jakt- og Fiskeforening har fått utslippstillatelse i forbindelse med skytebanen Gåsbu Elg og Lerduebane. Foreningen har her fått tillatelse til 55.000 skudd i året på et begrenset område. Blyhagl er forbudt og skytebanen må samle opp og sortere avfall som så må leveres til godkjente avfallsmottak, og bedriften blir satt i kontrollklasse 4, (se tabell 2.3-1), (Fylkesmannen i Hedmark, 2010). Skytebanen ligger litt utenfor prøveområdet i undersøkelsen.

Norsk Protein AS driver med produksjon av husdyrfôr og et energianlegg på Trehørningen (se figur 2.2-1). Denne virksomheten antas å ikke bidra nevneverdig til grunnforurensning med tanke på tungmetaller.

(Fylkesmannen i Hedmark, 2006)

2.4 Jordforurensning og byjord

Der mennesker har oppholdt seg over lang tid finner man nesten alltid forhøyede verdier av ulike grunnstoffer. Dette har flere grunner. Det er gjerne på steder med høye naturlige forekomster av ulike grunnstoffer at jorda har vært god å dyrke, eller det har vært godt grunnlag for utvinning av ulike metaller og mineraler. Dermed er det der folk har bosatt seg. Det har i gamle byer blitt akkumulert ulike typer avfall gjennom mange år, som før i tiden i stor grad ble gravd ned. Der det har vært ulike typer industri har det også blitt dannet avrenning og avfallsprodukter. Alle disse aktivitetene resulterer i «byjord», som er en blanding av naturlig mineraljord og antropogene komponenter som blant annet rivningsmasser, industriavfall og gravemasser, (Ottesen et al., 2000). Man finner derfor som oftest høyere konsentrasjon av både metaller som forekommer naturlig i området og metaller som ikke gjør det, når man undersøker jorda i byer. Noen bransjer har man erfart forurenser mer enn andre. For eksempel er det målt høyere konsentrasjon av kvikksølv i nærheten av krematorier, (Andersson et al., 2010), og det er målt høyere konsentrasjon av en rekke

metaller og miljøgifter der det er eller tidligere har vært søppelfyllinger, (Holt, 2009). Områdene nær trafikkerte bilveier var før den blyfrie bensinens inntog, sterkt forurenset med bly, (Ottesen and Volden, 1999). Og impregnert treverk har tilført jorda krom, kobber, arsen og ulike organiske miljøgifter, (Haugland et al., 2005). Slike utslippskilder går det mer detaljert gjennom i kapittel 2.4.1.

Det er viktig å kartlegge jordforurensning av flere grunner. Forurensning i jord kan være direkte skadelig ved innånding av støv eller svelging av jord, men forurensningen kan også spres til andre medier og skape utfordringer der. Forurensning i jorda der mat dyrkes, kan tas opp av planter og dyr og mennesker som senere spiser disse plantene. Forurensningen kan spres med vann til innsjøer og vassdrag og være skadelig for vannlevende organismer, dyr og mennesker som bruker vannet som drikkevann, eller til vanningsystemer i jordbruk og generell matproduksjon.

Forurensning deles inn i organiske og uorganiske forurensningskomponenter. Organisk forurensning består av ulike organiske miljøgifter, med *polyklorete bifenyler* (PCB), *polysykliske aromatiske hydrokarboner* (PAH) og *dioksiner* som noen av de viktigste, disse blir beskrevet i kapittel 2.8. Slike miljøgifter har alltid antropogent opphav, og kommer som regel fra produksjonsprosesser, der de oppstår som biprodukter eller de er en del av et sluttprodukt. Organiske miljøgifter er tungt nedbrytbare og bioakkumuleres i naturen over tid, (Miljøstatus). Uorganisk forurensning består av metaller og tungmetaller. Tungmetaller er en betegnelse på metaller med massetetthet høyere enn 5 g/cm^3 . Disse har både naturlig og antropogent opphav, men kalles først for forurensning når konsentrasjonen overstiger de naturlige forekomstene. De uorganiske forurensningskomponentene man er mest bekymret for er arsen, og tungmetallene bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv, nikkel og sink. Disse åtte grunnstoffene er av så stor bekymring at Miljødirektoratet har fastsatt grenseverdier for hvor stor konsentrasjon jorda kan inneholde og fortsatt være forsvarlig til ulike arealbruk. Dette tas opp i kapittel 2.5. I tillegg til disse finnes det andre grunnstoffer som kan skape problemer med sin tilstedeværelse i jorda. Uran er et radioaktivt grunnstoff som kan spaltes ned til ulike datterprodukter og med det avgi α -stråling. Et av urans datterprodukter er radon, som er en luktfri gjennomsiktig gass. Denne gassen kommer seg lett inn i hus via sprekker og kan avgi stråling inne i huset, (Hoel, 2013). Toksikologiske effekter av radioaktiv stråling tas nærmere opp i kapittel 2.7.

2.4.1 Tradisjonelle forurensningskilder i by

Enkelte antropogene aktiviteter og virksomheter er forbundet med økt forurensning. Her kommer en gjennomgang av noen forurensningskilder som det er vanlig å finne i byer i Norge.

Bygningsmaterialer

Tidligere ble forbindelser med bly, sink og noe kadmium brukt som pigment i maling og murpuss. Dette skaper problemer da maling og puss med tid vil flasse av fasadene, og i vedlikeholdsarbeid skrapes ofte bygninger for gammel maling før nye produkter påføres. Malingen og murpussen som skrapes eller flasser av bygninger samles svært sjeldent opp. I stedet faller slike partikler ned i grunnen som forurensning. De kan også transporteres med overvann og forurensningen blir på denne måten spredt utover, (Ottesen et al., 2000), dette blir tatt opp i kapittel 5.11.1.

Impregnert trevirke

Treverk som skal stå ute settes som regel inn med en form for impregnering, som skal beskytte treverket mot, sopp og mikroorganismer, vær og vind. Det finnes flere ulike typer impregneringer, to av dem er kreosot og CCA-impregnering. Kreosotimpregnering er en blanding av ulike forbindelser og har høyt innhold av PAH. CCA-står for krom, kobber og arsen, som denne impregneringen inneholder. Begge typene impregnering vil lekke ut miljøgifter, henholdsvis kreosotolje og tungmetallene krom, kobber og arsen. Arsen er av spesiell interesse da det har vist seg å lekke fortere ut enn kobber og krom, og det betraktes som et farligere metall, se kapittel 2.6 for toksikologiske effekter. Det har kommet restriksjoner for bruk av begge disse typene impregnering og treverk der disse er brukt skal behandles som farlig avfall. (Ottesen et al., 1999, Klima og Forurensningsdirektoratet, 2011, Folkehelseinstituttet, 2008f).

Krematorium

Krematorier har lenge vært en kjent kilde til kvikksølvutslipp. Kvikksølv fra amalgamfyllinger frigjøres under kremeringer og slippes ut til luft. (Hansen et al., 2012)

Denne problematikken har ført til at det finnes egne bestemmelser for utslipp fra krematorier, (Klima og miljødepartementet, 2004). På Hamar finnes det et krematorium like ved Hamar Domkirke. Krematoriet ble oppført i 1936, men ble innviet først i 1938. I 1999 fikk krematoriet installert nytt kremasjonsanlegg etter mange år med dårlig vedlikehold. Det nye anlegget var kun i drift til 2007, da det ble stanset på grunn av tekniske problemer. Siden har det ikke vært i bruk, (2009, Hamar kirkelige fellesråd, 2014, Norske kirkebygg, 2010).

Sjøpelfyllinger og deponi

På sjøpelfyllinger akkumuleres avfall som kan inneholde de fleste typer forurensninger, både organiske og uorganiske. Ved avrenning fra fyllingsplasser og deponier kan forurensningen spres, spesielt til vann. Det er derfor strenge regler for hvordan slike virksomheter kan utformes. Ved forbrenning av avfallet kan det oppstå utslipp til luft som faller ned på bakken og forurenser. Ved deponering kan klimagassen metan utvikles. (Folkehelseinstituttet, 2008h)

Jernbane

I forbindelse med jernbaner er det ulike forurensende aktiviteter. Diesel-søl ved påfylling, lekkasjer fra lagre og impregnerte tresviller, kan alle bidra med forurensning. (Jernbaneverket, 2013). I tillegg er det grunn til å tro at slitasje på spor og vogner avgir forurensning av ulike metaller.

Branntomter/Bybranner/ Vedfyring

Under branner vil det avhengig av hva som forbrennes oppstå utslipp av ulike forbindelser til luft. Under forbrenningsreaksjonene kan det i tillegg dannes miljøgifter som PAH og dioksiner, (Jartun et al., 2002, Miljøstatus, 2013h, Jartun et al., 2005) Det har derfor blitt observert høyere konsentrasjoner av miljøgifter der det tidligere har vært større branner, (Jartun et al., 2002).

Gassverk og forbrenning av kull

Forbrenning av kull kan være en kilde til arsen, kadmium, kvikksølv og bly fordi kull inneholder sulfidmineraler som svovelkis, blyglans og sinkblende, som inneholder disse

metallene. Forbrenningsreaksjoner er i tillegg, som tidligere nevnt, en kilde til forurensning av PAH, (Ottesen and Volden, 1999). Gassverk kan også ha utslipp som fører til forurensning med svovel og de organiske miljøgiftene fenoler, cyanider, benzen, toluen og xylen, (KLIF, 2012).

Biltrafikk

Etter utfasing av blyholdig bensin er utslippene av bly langs norske veier blitt redusert, (Miljøstatus, 2013b), men det ligger fortsatt igjen gamle forurensninger. Bildekk kan inneholde opp mot 2 vektprosent sink, (Ottesen and Volden, 1999), og dekkslitasje kan derfor bidra med sinkforurensning. Fordi Kadmium har lignende egenskaper som sink, finner man ofte kadmium der sink forekommer. Dette gjør at dekkslitasje også kan være en kadmiumkilde, (Jartun et al., 2005).

Nedgravde oljetankere

Nedgravde oljetankere er en stor forurensningskilde, som er spesielt problematisk fordi de ikke er synlige og det ikke er fullstendig oversikt over omfanget av slike og hvor de ligger. Når oljetankere ruster kan olje slippes ut i omgivelsene. Ifølge Miljøstatus er det nettopp nedgravde oljetanker som er den viktigste kilden til akuttutslippene i Hedmark, (Miljøstatus, 2013a). Hamar, Stange og Løten kommuner har egen forskrift for nedgravde oljetanker, som gjelder i tillegg til Miljøverndepartementets forurensningslov (Hamar Kommune, 2009a, Hamar kommune, 2009b). HIB Hedmarken Interkommunale Brann- og feiervesen, fører kontroll med dette.

Renserier

I forbindelse med renseri-virksomhet er det først og fremst forurensning med klororganiske stoffer man er bekymret for. Det kreftfremkallende løsemiddelet PER, *tetrakloreten* og *tetrakloretylen*, har blitt mye brukt tidligere, men på grunn av innføring av avgifter er bruken nå redusert. (Miljøstatus, 2013g) I en undersøkelse NORSAS, Norsk kompetansesenter for avfall og gjenvinning, gjorde for Statens forurensningstilsyn i 2009 ble PER i avfallsstrømmen fra renseribransjen kartlagt. I en tabell i rapporten til NORSAS ble mengder av ulike typer avfall fra renseribransjen i årene 2001-2008 oppsummert. I denne tabellen finnes blant annet kvikksølv- og PCB-holdig avfall. Det er derfor grunn til å tro at

renserivirksomhet kan bidra med forurensning av disse stoffene også, (Statens Forurensningstilsyn, 2009, KLIF, 2012, Miljøstatus, 2013g)

Gartnerier

Gartnerier og planteveksthus kan bidra til forurensning av organiske miljøgifter som DDT og PCB, og tungmetaller. Forurensningen kommer som regel av avrenning fra plantevernmidler som blir brukt, egne komposthauger og deponier, og nedgravde oljetankere, (som nevnt tidligere). Under lagring av plantevernmidler kan det også oppstå forurensning. Gartnerier var en spesielt viktig forurensningskilde før 1970 da plantevernmidlene som ble brukt var mindre nedbrytbare og mer giftige en dagens midler, men forurensningen fra før 1970 kan fortsatt avdekkes i grunnen rundt slike virksomheter. (Klima og Forurensningsdirektoratet, 2009)

Industri

Ulike typer industri vil ha ulike utslipp av miljøgifter til omgivelsene, og ikke alle typer industri forurenses i like stor grad. Eksempler på industrityper på Hamar som kan ha stor betydning for forurensning av miljøet er galvaniske bedrifter som kan forurense med løsemidler, krom, kobber, kadmium, sink, arsen, bly og cyanider, og støperier som kan bidra til forurensning med blant annet kadmium, kobber, krom, arsen, nikkel, bly og sink, (KLIF, 2012).

Båthavner

Båthavner har vist seg å være kilde til kobber og tinn, fordi det brukes kobberholdige og tinnholdige forbindelser i bunnstoff i båter. Spesielt pussing av båter med slike bunnstoffer avgir forurensning da dette sjeldent samles opp og deponeres forsvarlig. Den organiske forbindelsen tributyltinn, se avsnitt 2.8.3, er av spesiell bekymring fordi den er ekstremt farlig for vannlevende organismer. Dette stoffet har det kommet forbud mot å bruke i bunnstoff på båter, men man finner likevel denne forurensningen i sedimenter i båthavner, (Jartun et al., 2005, Miljøstatus, 2013d).

2.4.2 Jordforurensning i Norge

I flere norske byer er jordforurensning kartlagt. Spesielt har tungmetallinnholdet i jorda blitt undersøkt, men flere har også tatt for seg de organiske miljøgiftene PCB og PAH. De fleste byene som er undersøkt viser de samme trekkene: rene yngre bydeler, og forurensede eldre bysentrum. I tillegg er det noen utslippskilder som går igjen i disse undersøkelsene, som for eksempel kvikksølv i nærheten av krematorier, arsen ved impregnert trevirke og bly, sink og PCB fra malings- og bygningsrester. Den eldre forurensningen har flere kilder, blant annet bybranner, gammel industri og deponi. Hamar skiller seg noe fra de andre byene som er undersøkt ved at dette er en innlandsby, at det har vært relativt lite tungindustri på Hamar. Dessuten er berggrunnen på Hamar noe annerledes enn den er i de andre byene, se kapittel 2.9 og vedlegg 1. De følgende avsnittene tar for seg hovedfunnene fra geokjemiske kartlegginger i Tromsø, Trondheim, Bergen, Oslo, Stavanger, Sandnes og Porsgrunn. Det er forsøkt å oppsummere grovt de utpekte forurensningskildene i hver enkelt by og hvilke forurensninger de har bidratt med, der rapportene fra undersøkelsene sier noe om dette.

Tromsø

NGU utførte i 2001 grunnundersøkelser i Tromsø, som ble publisert i en rapport i 2002. Undersøkelsen konkluderte med at de ytre og yngre delene av byen var forholdsvis lite forurenset, mens Tromsø sentrum var forurenset med bly, sink, arsen, og punktvis PAH og PCB. Forurensningskildene som ble utpekt var bybranner (Pb, PAH), biltrafikk (Pb, PAH), industriutslipp, (Pb,Zn), skipsverft (As, Pb, Sn, Zn, PAH, PCB), vedlikehold av bygninger (PCB), transformatoroljer fra andre verdenskrig (PCB) og forflytting av forurensede masser. (Jartun et al., 2002)

Trondheim

Trondheims overflatejord ble i 1994 og 2004 kartlagt av NGU, og resultatene fra de to undersøkelsene ble sammenlignet. I begge undersøkelsene erfarte man at de eldste bydelene var mest forurenset, spesielt med bly, kadmium, kvikksølv, sink og PAH. Det ble konkludert med at arsen, kobber, krom og nikkel hadde både naturlige og antropogene kilder. Det ble observert en statistisk signifikant reduksjon i forurensningen av alle metallene, med unntak av bly. Reduksjonen ble forklart med økt bevissthet rundt forurensning, deponi for forurensede masser og nedlegging av ulike bedrifter som ble antatt å være kilder til forurensningen i 1994.

I Heimdalsområdet, litt sør for Trondheim, ble det observert en liten økning i arsenkonsentrasjonene, som trolig kommer fra privat forbrenning og fjernvarmeanlegg. Det ble observert en økning i konsentrasjonen av PAH, men på grunn av store forskjeller i analysemetoder og prøveantall er det mye usikkerhet knyttet til denne sammenligningen. Hovedkildene til forurensningen i Trondheim ble antatt å være biltrafikk (Pb, Cd, og Zn), Krematorium (Hg) og forbrenning av kull (As). (Andersson et al., 2010, Bechmann et al., 2009, Ottesen and Langedal, 2001, Andersson et al., 2006, Berge, 2009, Cramer et al., 2000)

I 2000 ble det utført en undersøkelse for å kartlegge forurenset grunn og sedimenter i Trondheim by og havn. Det ble tatt borrhullsprøver på land, sedimentprøver fra sjøen og grunnundersøkelser med Georadar. På land viste resultatene fra denne undersøkelsen liten grad av forurensning av tungmetaller, men noe PAH. På sjøen fant man liten grad av forurensning av metaller, med unntak av Ravnkloa stasjonen og Killingdal stasjonen hvor det ble funnet henholdsvis kvikksølvforurensning og sterk til meget sterk forurensning av tungmetaller. I nesten alle prøvene ble det funnet TBT, PAH og PCB. (Cramer et al., 2000)

I 2008 undersøkte en gruppe studenter ved NTNU innholdet av miljøgifter i nedre løp av Nidelva og Nyhavna havnebasseng. Det ble tatt sandfangsprøver, jordprøver og malingsprøver fra husfasader. Undersøkelsen påviste forurensningskilder som renspyling av båter (Pb, TBT), malingsrester (PCB), gjenvinningsbedriften Veolia Miljø (Pb, Cd, Hg, Sn, PCB, PAH) og oljedumping (PAH). I rapporten fra undersøkelsen anbefales det at sandfangene i området blir tømt oftere. (Bechmann et al., 2009)

Bergen

I 1998 undersøkte forskere ved NGU innhold av arsen, tungmetaller, PCB og PAH i jord i Bergen. Resultatene fra denne undersøkelsen viste at de ytre og yngre bydelene var forholdsvis rene, mens de eldre og indre byområdene var forurenset med bly, kadmium, kvikksølv, arsen, PAH og PCB. De viktigste kildene til denne forurensningen ble antatt å være forbrenning av kull (As, Cd, Pb, Zn, PAH), biltrafikk (Pb, Zn, og muligens PAH og PCB), industriutslipp (Pb, Zn, Cd, Hg) og krematorier (Hg). I tillegg ble det undersøkt hvordan tilstanden til jorda i barnehager i Bergen var, og det ble funnet høye verdier av arsen med kilde i impregnert treverk og tilkjørt sand. De sistnevnte resultatene ble fulgt opp med

ulike tiltak og en ny undersøkelse i 1999, som så spesielt på innhold av bly, PCB og PAH i 73 lekearealer i Bergen. Denne slo fast at det var varierende grad av forurensning på lekearealene, med mest forurensning i barnehagene som lå i de eldre delene av byen. Den kom også med forslag til tiltak.

I 2004 ble det tatt 64 sandfangsprøver fra Bergen for å undersøke spredning av forurensningen. Denne undersøkelsen konkluderte med at det var aktiv spredning av PCB, sink og bly med stor utbredelse, mens det var aktiv spredning med begrenset utbredelse av tinn og kobber. (Haugland et al., 2008, Jartun et al., 2005, Ottesen and Volden, 1999, Ottesen et al., 2000)

Oslo

NGU utførte i 2005, 2006 og 2008 geokjemisk kartlegging av grunnen i Oslo. Resultatene fra disse undersøkelsene er grunnlaget for to rapporter som NGU publiserte i 2009 som analyserer innholdet av tungmetaller og de organiske miljøgiftene PCB og PAH i overflatejord, og blandprøver fra 1-2 meter og 2-3 meters dyp. Resultatene fra denne undersøkelsen viser at det er mest forurensning tilstede i sentrum og i de gamle industriområdene nordøst for sentrum. Det er i hovedsak antropogene kilder til bly, kadmium, kvikksølv, sink og organiske miljøgifter. Krom og nikkel har geogent opphav, og arsen og kobber er påvirket av både naturlige og antropogene kilder. En undersøkelse fra 1998, finner lignende resultater og utpeker de antropogene forurensningskildene gassverk og industri (As, Pb, Cd, Cr, Cu, Zn og PAH) og biltrafikk (Pb, Zn, Cd, PAH).

(Eggen et al., 2009, Eggen and Pedersen, 2008, Tjihuis et al., 2002)

Stavanger og Sandnes

I 2012 ble tungmetaller, PCB og PAH i jord i Stavanger og Sandnes kartlagt gjennom en masteroppgave ved NTNU. Det ble tatt 508 prøver, 339 prøver fra Stavanger og 169 prøver fra Sandnes. Av de 508 prøvene ble rundt 130 prøver analysert for PAH og PCB. Resultatene fra undersøkelsen viste en klar trend med høyere verdier av bly, kobber og sink i de eldste områdene. Trenden for arsen, kadmium, krom, kvikksølv og nikkel var ikke like klar, men viste også noe høyere verdier i eldre områder enn i nyere. På grunn av få prøvepunkter for

bestemmelse av PCB og PAH ble det ikke funnet noen klare trender for disse stoffene. Kildene som utpekte seg i området var båthavner (Pb, Cu, Hg, Zn), malingsrester (Pb, Cd, Zn), industri og forbrenning av kull (As, Pb, Zn) og biltrafikk (Pb, Zn). For kadmium, krom og nikkel var trolig det geogene bidraget det viktigste, og arsen ble antatt å ha både geogene og antropogene kilder.

(Pettersen, 2012)

Porsgrunn

Tungmetaller i jord i Porsgrunn ble kartlagt i 2007 og 2008, og resulterte i en masteroppgave våren 2009. Denne slo fast at medianverdiene for tungmetaller og arsen stort sett var lavere i Porsgrunn enn for tidligere undersøkte byer i Norge, men at maksimumsverdiene var høyere enn tilsvarende for andre norske byer. Spesielt industriområdene i Porsgrunn var tungt forurenset med tungmetaller og arsen. I båthavnene ble det funnet veldig høye verdier av bly, kobber, kvikksølv og tinn. Ellers viste resultatene fra undersøkelsen at forurensningen fulgte et mønster med størst forekomster i de eldste delene av byen. Kildene som ble utpekt var bly fra malingsrester og biltrafikk, tungindustri (As, Pb, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Sn, Zn), båthavner (Pb, Cu, Hg, Sn), og et mulig deponi (As, Pb, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Sn, Zn)

(Holt, 2009)

2.4.3 Miljøundersøkelser i Hamar kommune

Mjøsa

På 1960-tallet og 1970-tallet ble det oppdaget algeoppblomstring, som følge av overgjødning i Mjøsa. Dette satte i gang flere tiltaksprosjekter, blant annet «Mjøsaksjonen», som er Norges største regionale satsing for å rydde opp i et overgjødningsproblem, (Løvik et al., 2014). Det ble også oppdaget høye verdier av kvikksølv i fisk i Mjøsa på 60- og 70-tallet. Da kvikksølv i innsjøsedimenter i Mjøsa ble kartlagt på 80-tallet, fant forskere ut at det var blitt tilført 1,8 tonn antropogent kvikksølv. Forurensningen antas å komme hovedsakelig fra industri på Lillehammer, men også noe fra Gjøvik og Hamarregionen. Spesielt treforedlingsindustri før kvikksølvforbud i 1970 er en viktig kilde, men det er trolig også langtransporterte forurensninger som har bidratt. Kvikksølv i fisk i Mjøsa har heldigvis blitt redusert siden 60 og 70-tallet, men det er fortsatt så høye verdier i enkelte rovfiskarter at Mattilsynet blant annet

fraråder gravide og ammende å spise gjedde og abbor over 25 cm fra Mjøsa. I 2001 ble 5000 m³ masser forurenset med PCB og oljestoffer, fjernet fra Åkersvika naturreservat. Det ble antatt at NSBs verkstedsområder var kilden til denne forurensningen. I 2005 og 2006 ble det oppdaget DDT-forurensning i Furnesfjorden, som trolig hadde lekket ut fra en gammel fylling på Nes. Denne forurensningen ble fjernet i 2009.

(Løvik et al., 2009, Løvik et al., 2014)

Børstad

I forbindelse med utbygging av idrettsbaner på Børstadjordet, ble det avdekket grunnforurensning, blant annet det kreftfremkallende stoffet tetrakloreten, se avsnitt om renserier i kapittel 2.4.1. Etter grundige undersøkelser konkluderte Hamar Kommune med at det var det kjemiske renseriet RENO, som i sin tid holdt til på oversiden av Furnesvegen, som stod bak denne forurensningen, (Ryberg, 2014). Da dette firmaet har skiftet eiere og ikke har bedrevet renseriaktivitet på mange år, har det vært usikkerhet rundt ansvar for utgifter i forbindelse med oppryddingen av denne forurensningen.

Hamar Kommune har også foretatt grunnundersøkelser og oppryddingssaker på Storhamar og Hamar Vest, og funnet naturlige høye verdier av Krom og Nikkel. Hamar kommune er også kjent med forurensning på tomten til den tidligere galvaniske bedriften PECO i Sanglundvegen 3, på Børstad, (Ryberg, 2014).

2.5 Tilstandsklasser for jord

For å kunne avgjøre i hvilken grad jord er forurenset har Folkehelseintituttet i Norge, med hjelp fra blant annet Norges geologiske undersøkelse, utviklet et sett med grenseverdier for konsentrasjon av ulike forurensninger i jorda. Grenseverdiene er delt inn i uorganiske og organiske forurensninger, og grenseverdiene for uorganiske forurensninger er satt for arsen, bly, kadmium, kvikksølv, kobber, sink, krom (III og VI) og nikkel, (Tabell 2.5-1), (SFT-veileder, 2009). Disse grenseverdiene er delt inn i 5 kategorier fra «Meget god» til «Svært dårlig». Dette er gjort for å skille mellom kvalitetskriteriene vi stiller avhengig av bruksformålet med jorda. Det er også satt grenseverdier for organiske miljøgifter, men disse tas ikke opp i denne oppgaven.

Tabell 2.5-1: Tilstandsklasser for As, Pb, Cd, Hg, Cu, Zn, Cr og Ni Enheten for verdiene er mg/kg, (SFT-veileder, 2009).

Tilstandsklasse	1 Meget god	2 God	3 Moderat	4 Dårlig	5 Svært dårlig
Arsen	< 8	8 - 20	20 - 50	50 - 600	600 - 1000
Bly	< 60	60 - 100	100 - 300	300 - 700	700 - 2500
Kadmium	< 1.5	1,5 - 10	10 - 15	15 - 30	30 - 1000
Kvikksølv	< 1	1 - 2	2 - 4	4 - 10	10 - 1000
Kobber	< 100	100 - 200	200 - 1000	1000 - 8500	8500 - 25.000
Sink	< 200	200 - 500	500 - 1000	1000 - 5000	5000 - 25.000
Krom	< 50	50 - 200	200 - 500	500 - 2800	2800 - 25.000
Nikkel	< 60	60 - 135	135 - 200	200 - 1200	1200 - 2500

Tabell 2.5-2: Forklaring på hvordan grensene er satt i de ulike tilstandsklassene. (SFT-veileder, 2009)

Tilstandsklasse	1	2	3	4	5
Beskrivelse av tilstand	Meget god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Øvre grense styres av	Normverdi	Helsebaserte akseptkriterier	Helsebaserte akseptkriterier	Helsebaserte akseptkriterier	Nivå som anses å være farlig avfall

Kategorien «Meget god» (tabell 2.5-2) bestemmes av *normverdien*. Normverdien er den konsentrasjonsgrensen som avgjør når et grunnstoff kan utgjøre en helse-risiko, uavhengig av arealbruk. For arsen, sink og krom har bakgrunnsverdier blitt tatt med i beregningen av normverdiene. Kategoriene «God», «Moderat» og «Dårlig» er satt ut i fra helsebaserte akseptkriterier og «Svært dårlig» er konsentrasjoner som er så høye at jorda må anses som farlig avfall. (SFT-veileder, 2009, Eggen and Andersson, 2009)

Bruk av tilstandsklassene er som nevnt avhengig av formålet med jorda, se tabell 2.5-3, men også dybden til forurensningen. Miljødirektoratet har satt opp kvalitetskriterier basert på tilstandsklassene til ulike arealbruk. Dette prosjektet har kun tatt for seg toppjord, så det er kun denne som blir kommentert videre i oppgaven. For jordbruk, som har de strengeste kravene til jordkvalitet kreves tilstand 1. Barnehager, skolegårder og boliger krever tilstand 2 eller lavere, kontorer og sentrumsområder uten boliger krever tilstand 3 eller lavere, og industriområder og trafikkarealer kan ha tilstand 4 dersom det dokumenteres at det ikke er fare for spredning av miljøgifter. Tilstandsklasse 5 er kun forsvarlig på avfallsdeponier, og anses for å være sterkt forurenset jord. I områder som har blandet arealbruk, skal den mest sensitive arealbruken bestemme grensen for tilstanden til jorda, (SFT-veileder, 2009).

Tabell 2.5-3: Kvalitetskrav til overflatejord for ulike arealbruk, (Eggen and Andersson, 2009, SFT-veileder, 2009)

Tilstandsklasse	Arealbruksklasse
1	All arealbruk, utenom landbruk, som har egne grenseverdier
2	barnehager, boliger, skoler, idrettsanlegg, parker og lekeplasser
3	Sentrumsområder uten boliger, kontorer, forretninger, torg og parkeringsplasser
4	Industriområder, trafikkarealer, jernbane og båthavn
5	Deponi og avfallsanlegg

2.6 Toksikologiske effekter av tungmetaller

Jordforurensning er viktig å kartlegge og forbygge fordi jordforurensning i tillegg til å opptre i jorda kan spre seg til luft, vann og vegetasjon, som nevnt i kapittel 2.4. Metall-forurensning i jord har tidligere blitt kalt «Chemical time bomb» (Facchinelli et al., 2001) eller «Kjemisk tikkende bombe» (Naturvernforbundet), fordi slik forurensning kan ligge en lang stund i jorda uten å gjøre skade, men ved små endringer i andre jord-parametere som pH-verdi eller

oksygentilførsel kan det plutselig slå ut i problemer. Dette gjør seg spesielt gjeldende i forbindelse med gravearbeid og andre terrenginngrep, (Hansen et al., 2012). Nedenfor er en gjennomgang av de viktigste eksponeringskilder til og helseeffekter av arsen, bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv, nikkel og sink. Det er også tatt med grenseverdier for inntak der slike finnes, stort sett gjelder disse for drikkevann. Daglige inntak for bly, kadmium og kvikksølv er beregnet for Norges befolkning, verdiene for arsen, kobber og nikkel er trolig internasjonale tall. Tallet for arsen er hentet fra Folkehelseinstituttets rapport Luftkvalitetskriterier fra 2009. De andre verdiene er hentet fra Folkehelseinstituttets kunnskapsbase Miljø og Helse, som ble skrevet i 2008, revidert i 2013, og nå er under ny revidering. For krom og sink er det ikke funnet slike verdier.

Tabell 2.6-1: Hovedkilder, daglig inntak, grenseverdier og helseeffekter av As, Pb, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni og Zn. Informasjon er hentet fra: (Tokar et al., 2013, Folkehelseinstituttet, 2013, Folkehelseinstituttet, 2008b, Folkehelseinstituttet, 2008f, Folkehelseinstituttet, 2008c)

Grunn- stoff	Hovedkilde	Daglig inntak	WHO's Grenseverdi	Helseeffekter
As	Kontaminert mat, sjømat og drikkevann	0,13 – 0,56 µg/kg kroppsvekt per dag (Internasjonale tall)	< 10 µg/L (drikkevann)	<ul style="list-style-type: none"> • Skade på nervesystem og lever • Kreftfremkallende, lungekreft • Kan muligens forårsake kromosomskader • Kan gi misdannelser på foster under svangerskap
Pb	Mat, noe lufteksponering (reduisert etter forbud mot blyholdig bensin) og dårlig glasert keramikk	Voksne: <20 – 30 µg (Opptak ca 10 %) Barn: 15 µg (Opptak >60 %) (Norske tall)	Voksne: 250 µg/dag Barn: 35 – 70 µg/dag	<ul style="list-style-type: none"> • Effekter på sentralnervesystemet • Kan føre til reduserte kognitive og motoriske ferdigheter hos foster • Reduserte kognitive ferdigheter hos barn

Grunn- stoff	Hovedkilde	Daglig inntak	WHO's Grenseverdi	Helseeffekter
Cd	Røyking Mat	10 – 25 µg (Norske tall)	60 – 90 µg/dag	<ul style="list-style-type: none"> • Anrikning i nyre og lever • Nyreskader, spesielt på rørsystemene i nyrebarken • Forstyrrelser i omsetning av kalsium, som kan føre til skjelettskader
Cu	Drikkevann	1 – 3 mg (Internasjonale tall)	Voksne: 0,9 mg/dag Barn: 0,4 – 0,77 mg/dag	<ul style="list-style-type: none"> • Leverskade, nekrose • Akutt forgiftning ved meget høye verdier • Spesielt farlig for personer med den genetiske sykdommen Wilsons sykdom, som medfører kobbersensitivitet • Kobbersalter giftig for vannlevende organismer
Cr	Mat	-	Anbefalt: 33 µg/dag Øvre grense: 50 µg/L	<ul style="list-style-type: none"> • Skade på lever og nyre • Anemi, hemolyse • Gentoksisk • Kreftfremkallende • Irritasjon av luftveier og mage-tarm • Allergen • Reproduksjonseffekter
Hg	Mat [fisk]	4 µg/dag Høyinntak: 20 µg/dag (Norske tall)	14 – 20 µg/dag [Metyl- kvikksølv]	<ul style="list-style-type: none"> • Akkumuleres som metylkvikksølv, • Skader på nyre og sentralnervesystem • Kan gi skader på foster, fosterets nervesystem, og gi reduserte kognitive og motoriske evner
Ni	Luft Røyking Mat Drikkevann [armatur]	0,1 – 0,3 mg (Internasjonale tall)	70 µg/L [drikkevann]	<ul style="list-style-type: none"> • Nikkelallergi og eksem • Lunge- og nasal kreft hos høyeksponerte arbeidere • Kreftfremkallende ved inhalasjon av nikkelsubsulfidrøyk

Grunn- stoff	Hovedkilde	Daglig inntak	WHO's Grenseverdi	Helseeffekter
Zn	Mat Drikkevann, [armatur]		Anbefalt: 15 – 20 mg/døgn	<ul style="list-style-type: none"> • «Metal fume fever» som blant annet kan gi feber, kvalme, brystmerter, og hoste • Ved kronisk høyt inntak: lav kobberstatus, endret jern-funksjon, og redusert immunfunksjon

Arsen, As

Arsen er et metall som i ulike forbindelser kan gi akutt giftighet. Arsen står sammen med blant annet bly, kadmium og kvikksølv på Verdens Helseorganisasjons liste over de 10 viktigste kjemikaliene som angår folkehelsen, (WHO). Hovedkilden til arsen er kontaminert mat og drikkevann, se tabell 2.6-1, (Folkehelseinstituttet, 2013).

Bly, Pb

Bly anses som et av de mest skadelige av tungmetallene, og er spesielt farlig for barn da bly-eksponering hos barn kan resultere i reduserte kognitive evner, se tabell 2.6-1, (Folkehelseinstituttet, 2008c). I en rapport NGU har gjort for Bergen kommune i 2000 ble det beregnet at barns inntak av bly fra jord der blykonsentrasjonen overstiger 150 mg/kg, er dobbelt så stor som inntaket fra mat. Dette gir grunn til å sette inn tiltak i barnehager og lekearealer, som har høy konsentrasjon av bly. (Ottesen et al., 2000).

Kadmium, Cd

Kadmium anses sammen med arsen, bly og kvikksølv som de farligste tungmetallene, (WHO), 2010. Røyking er den klart største kilden til kadmiumeksponering, se tabell 2.6-1, og etter det kommer mat, spesielt cerealier, fisk og skalldyr. Det forskes for tiden på om det er noen sammenheng mellom beinskjørhet og lavgradig eksponering av kadmium i Norge og Sverige. (Folkehelseinstituttet, 2008c)

Kobber, Cu

Kobber er et essensielt metall som mennesker ikke klarer seg uten, men kan i høye doser være skadelig. Spesielt utsatte grupper er barn som ikke har ferdig utviklet metabolisme og personer med den kroniske sykdommen Wilsons sykdom, som fører til unormal utskillelse av kobber, (Folkehelseinstituttet, 2008b). Frie ioner av kobber kan være spesielt skadelige fordi de er svært reaktive (Folkehelseinstituttet, 2013). For vannlevende organismer kan kobbersalter være meget giftig, blant annet kan det ha hormonforstyrrende effekter, se tabell 2.6-1, (Tokar et al., 2013).

Krom, Cr

Krom forekommer på 3-verdig og 6-verdig form, og det er den 6-verdige formen av krom som er mest helseskadelig. Den 3-verdige formen er den mest dominerende og den er også et spormetall, det vil si at den forekommer i veldig små mengder i kroppen, og er nødvendig for enkelte reaksjoner. Av de negative helseeffektene krom kan gi er det spesielt kreft og lungekreft ved inhalering som anses som viktig, (Folkehelseinstituttet, 2013). Andre helseeffekter er gentoksisitet og skader på nyre og lever, se tabell 2.6-1. (Folkehelseinstituttet, 2008b)

Kvikksølv, Hg:

Kvikksølv er sammen med bly, kadmium og arsen oppført på lista over de farligste tungmetallene, (WHO). Det kan gi skader på nervesystem, også hos foster, og kan føre til hjerneskader. Dette metallet akkumuleres i organismer som metylkvikksølv, og forekomster av denne forbindelsen i rovfisk har ført til restriksjoner i anbefalt inntak av slike fisker, se avsnittet om Mjøsa, kapittel 2.4.3. (Folkehelseinstituttet, 2008c) I en forskningsrapport som tok for seg transport av kvikksølv i planter, kom man fram til at ulike planter kan fungere effektivt som kanaler for å frakte kvikksølv mellom litosfæren og atmosfæren. Resultatene i denne undersøkelsen viste at ratioen mellom kvikksølv sluppet ut i atmosfæren og beholdt i bladene kunne komme opp i 12 -14 for enkelte planter. (Leonard et al., 1998)

Nikkel, Ni

Det er usikkerhet rundt karsinogene effekter av oral nikkel-eksponering, (Folkehelseinstituttet, 2008b, Tokar et al., 2013), men man vet gjennom studier at inhalasjon

av nikkelsubstanser kan gi kreft, (Tokar et al., 2013) Det kan også utvikles reaktive oksygenforbindelser, ROS, ved overgang fra treverdig til toverdig nikkel. Dette er farlig da ROS kan skade cellene, (Folkehelseinstituttet, 2013).

Sink, Zn:

Sink er i likhet med kobber et essensielt metall, som er viktig for menneskers helse. Uren sink kan inneholde kadmium, fordi disse metallene har lignende kjemiske egenskaper, og derfor ofte opptrer sammen. Selv om det skal veldig høye sinkverdier til for å gi skader hos mennesker, tas sinkforurensning på alvor, fordi det kan være en indikasjon på tilstedeværelse av andre tungmetaller, spesielt kadmium.

(Folkehelseinstituttet, 2008b, Tokar et al., 2013).

Tungmetaller og barn

Barn er spesielt utsatt for tungmetaller i jord, da de først og fremst får i seg mer ved å slikke seg på hender og andre objekter i kontakt med jord. I tillegg kan deres inntak av ulike tungmetaller være ekstra skadelig fordi deres metabolisme ikke er ferdig utviklet enda. Dette kan føre til høyere opptak og lavere utskillelse av tungmetaller hos barn enn hos voksne, (Folkehelseinstituttet, 2008g).

2.7 Radioaktiv stråling og Radon

Stråling kan i likhet med tungmetaller ha både naturlige og menneskeskapt kilder. Ser man bort fra medisinsk stråling er naturlige kilder ansvarlig for 98 % av strålingen mennesker utsettes for. I Norge er den største strålingskilden Radon. Det regnes med at Radon står for halvparten av strålingen nordmenn utsettes for, og det antas at stråling fra radongass er årsaken til rundt 300 dødsfall av lungekreft i Norge årlig. Radongass utvikles der berggrunnen inneholder store mengder av de radioaktive grunnstoffene uran eller thorium, se tabell 2.7-1. Radon er en edelgass og vil derfor ikke binde seg til andre stoffer. Dette gjør at den kan sive ut fra sprekker i berggrunnen og inn i hus og bygninger som nevnt i kapittel 2.3. Ulike isotoper av uran og thorium gir ulike isotoper radon. Radon i sin tur har ulike datterprodukter, som alle er radioaktive. I motsetning til radon, er ikke datterproduktene edelgasser, og vil feste seg til støvpartikler som kan innåndes. Inne i lungene avsettes datterproduktene og kan

bestråle vevet der de avsettes. Dette er spesielt farlig for røykere. Sammenhengen mellom dose og respons antas å være lineær for stråling fra radongass. Det finnes teorier om at radongass kan bidra til å utvikle leukemi da gassen er lettløselig i blod og kan samle seg i bloddannende organer. Dette er det imidlertid usikkerhet om. Da radongassen er både luktfri og fargeløs, er den umulig å oppdage, med mindre man foretar en kjemisk analyse. De siste 30 årene har radonkonsentrasjonen i inneluften i norske boliger økt på grunn av tettere isolerte hus som gir lavere luftutskilling. Fyring vil også føre til høyere innsug av radongass på grunn av trykkforskjeller mellom inneluft og uteluft. Dersom det oppdages for høye verdier av radon i inneluften i en bygning er det flere tiltak som kan gjøres. Det mest effektive er å tette overgangen mellom berggrunn og hus, med en tettesåle, men det vil også hjelpe å sørge for bedre utluftning eller installere et punktavsug som ventilerer bort radongassen før den når huset. For nye bygg i områder med forekomster av uranholdig eller thoriumholdig berggrunn burde denne problematikken være en del av byggeprosessen tidlig, for å redusere risiko. (Manzetti, 2012, Statens strålevern, 2013, Hoel, 2013, Folkehelseinstituttet, 2008i)

Tabell 2.7-1: Hovedkilde, grenseverdier og helseeffekter av stråling fra radon.

Hovedkilde	Grenseverdi	Helseeffekter
Uran- eller thoriumholdig berggrunn	Maksgrense: 200 Bq/m ³ Tiltaksgrense: 100 Bq/m ³	<ul style="list-style-type: none"> • Skader på DNA i cellene som fører til arvelige mutasjoner • Utvikling av lungekreft (latenstid på 20 – 30 år) • Usikkerhet rundt utvikling av leukemi

2.8 Organiske miljøgifter i jord

Som tidligere nevnt deles jordforurensning inn i uorganiske og organiske forurensninger. Noen av de organiske forurensningene som vekker størst bekymring med tanke på jordforurensning er *Polyklorerte bifenyler - PCB*, *Polysykliske aromatiske hydrokarboner - PAH*, *Tributyltinnforbindelser - TBT* og *Dioksiner*. Her kommer en kort beskrivelse av disse miljøgiftene.

2.8.1 PCB

Polyklorerte bifenyler deles inn i dioksinlignende og ikke-dioksinlignende. Det er totalt 209 forskjellige forbindelser som går under navnet PCB, hvorav 12 er dioksinlignende. Det er disse tolv som er mest potente. Begge gruppene er fettløselige, lagres i fettvev hos organismer og er tungt nedbrytbare. Hovedkilden til menneskelig eksponering for PCB er fet fisk.

Kildene til PCB-forurensning er mange. PCB har vært forbudt siden 1980, men har tidligere blitt brukt til en rekke ulike formål, som for eksempel tilsetning i bygningsmaterialer som maling, fugemasse, betong, kondensatorer og transformatorer. Selv om det i dag er forbudt å bruke PCB, finner man disse forbindelsene både i eksisterende bygg og produkter, og avfall. Som nevnt i kapittel 2.4.3 har man funnet høye verdier av PCB i Mjøsa. Helseeffektene av PCB, avhengig av hva slags type forbindelse, er kreft, forstyrrelser i reproduksjonsevnen, nedsatt immunforsvar og skader på sentralnervesystemet. Det er fortsatt usikkerhet knyttet til mulige samvirkninger av ulike typer PCB, men det regnes som sannsynlig at slike finnes. (Folkehelseinstituttet, 2008d, Miljøstatus, 2013f)

2.8.2 PAH

Polysykliske aromatiske hydrokarboner er en gruppe med organiske forbindelser som inneholder flere benzenringer. De forekommer naturlig i råolje og er et biprodukt i forbrenningsreaksjoner. Da forbrenning skjer overalt, i industri, oppvarming, fritidsaktiviteter og lignende, finnes det mange kilder til denne gruppen med forurensninger. Det finnes flere hundre ulike forbindelser i denne gruppen, og for å effektivisere analysemetoden velges det som regel ut noen av de mest skadelige forbindelsene når det gjøres grunnundersøkelser. Inntak av PAH kan føre til kreft, skader på arvestoffet, nedsatt immunforsvar, reproduksjonsskader og arteriosklerose, og benzen blir av WHO sett på som en av de 10 farligste kjemiske forbindelsene. (Folkehelseinstituttet, 2008a, Folkehelseinstituttet, 2008e, Miljøstatus, 2014, Ottesen et al., 2000, WHO)

2.8.3 TBT

Tributyltinn er en organisk tinnforbindelse som har blitt brukt i bunnstoff på båter for å forhindre begroing. TBT ble forbudt å bruke i bunnstoff til båter i 2004, men det var tillatt å la gamle påføringer være helt fram til 2008. På grunn av langvarig bruk av denne forbindelsen er det funnet sterkt forurensede sedimenter i norske fjorder og havner. Helseeffektene av dette

stoffet er størst i akvatiske miljøer der det har hormonforstyrrende effekter og kan være dødelig. (Klima og Miljødepartementet, 2010, Miljøstatus, 2013d, Miljøstatus, 2013e)

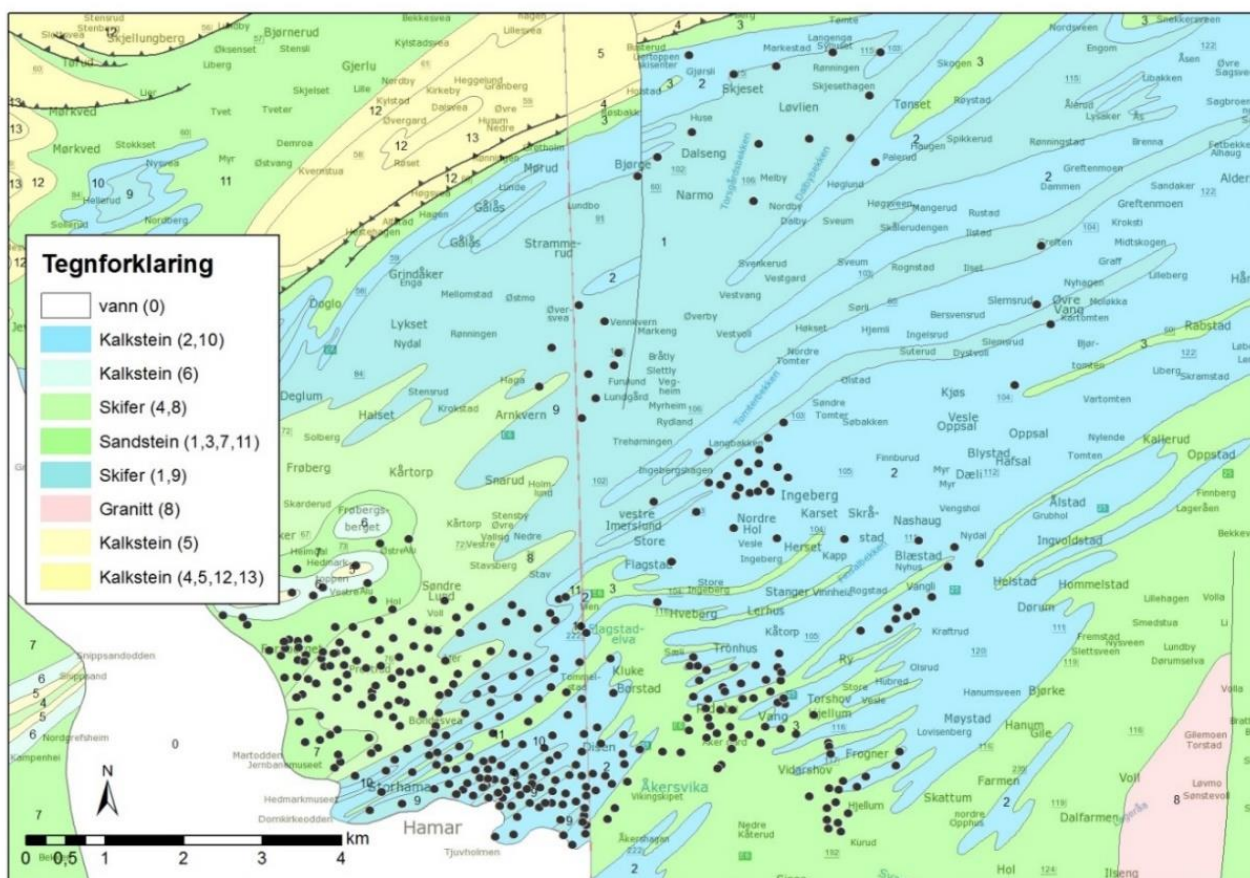
2.8.4 Dioksiner

Dioksiner regnes som å være blant de farligste miljøgiftene som finnes. Dioksiner er en fellesbetegnelse for 75 klorerte dioksiner og 135 klorerte furaner. De produseres ved tilstedeværelse av klor og karbon under forbrenningsprosesser, som for eksempel produksjon av klorbleket papir og avfallsforbrenning. Som PCB (se avsnitt 2.8.1), er dioksiner fettløselige og hopper seg opp i fettvev, og har de samme toksiske egenskapene som dioksinlignende PCB; forstyrrelser i reproduksjonsevne, nedsatt immunforsvar og kreft. I tillegg kan dioksiner gi skader på foster og de kan være akutt giftige for mange pattedyr og fugler. Det er stor variasjon i grad av toksisitet mellom de minst skadelige og de mest skadelige dioksinene. (Folkehelseinstituttet, 2008d, Miljøstatus, 2013c)

2.9 Geologi i hamarområdet

Her kommer en kort presentasjon av geologien i Hamarområdet. De dominerende bergartene i området blir omtalt i hvert sitt delkapittel, og til slutt kommer en gjennomgang av tungmetallforekomster i de ulike bergartene.

Hamar ligger på den nordligste delen av Oslofeltet, som strekker seg fra Langesund til Brumunddal. I Hamarområdet domineres berggrunnen av de sedimentære bergartene sandstein, kalkstein og skifer, fra kambrosilur, 545-417 millioner år siden, som alle forvitrer relativt lett. (NGF, 2006, SNL, Bryhni, 2012h, Bryhni, 2012d). På figur 2.9-1 vises et berggrunnskart, med forekomster av sandstein, kalkstein og skifer i Hamarområdet. Dette kartet viser kun naturlig forekommende bergarter, ikke antropogene masser.



Figur 2.9-1: Kart som viser prøvepunktene i Hamar kommune, med berggrunnen i ulike farger.

2.9.1 Kalkstein

Kalkstein er en sedimentær bergart som består av over 50 % kalsiumkarbonat eller kalkspat, CaCO_3 i blanding med andre karbonatmineraler som for eksempel dolomitt, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Kalksteinen som forekommer på og rundt Hamar er stort sett dannet i midtre eller senere ordovicisk tid, rundt 450 millioner år siden, og har fått navnet Mjøskalkstein av Johan Kiær i 1908. Mjøskalksteinen er ofte mørk og mikrittisk, som vil si leirholdig kalkstein, den kan inneholde opp mot 95 % CaCO_3 som gjør at den har egner seg til kalkbrenning, bygningsstein og celluloseindustri. Hamar har også noe Orthocerkalkstein, som har fått navn etter den utdødde blekksprutarten *Orthoceras*, og som også har blitt brukt til kalkbrenning og bygningsstein. Generelt inneholder kalkstein lite tungmetaller, se avsnitt 2.9.5.

(Bryhni, 2012c, NGU, 2008, Bryhni, 2012g, Høy et al., 1980)

2.9.2 Sandstein

Sandstein er også en sedimentær bergart, som består av sammenkittede sandkorn. De dominerende mineralene i sandstein er i hovedsak kvarts og feltspat. Kvarts består av silikater, som er silisium og oksygen i forholdet SiO_2 . Feltspat er aluminiumsilikater av kalium, natrium og kalsium, men kan også inneholde mindre mengder barium, strontium og jern. Sandstein har heller ikke spesielt høyt innhold av tungmetaller, se avsnitt 2.9.5.

(Bryhni, 2012j, Bryhni, 2012e, Bryhni, 2012b)

2.9.3 Skifer

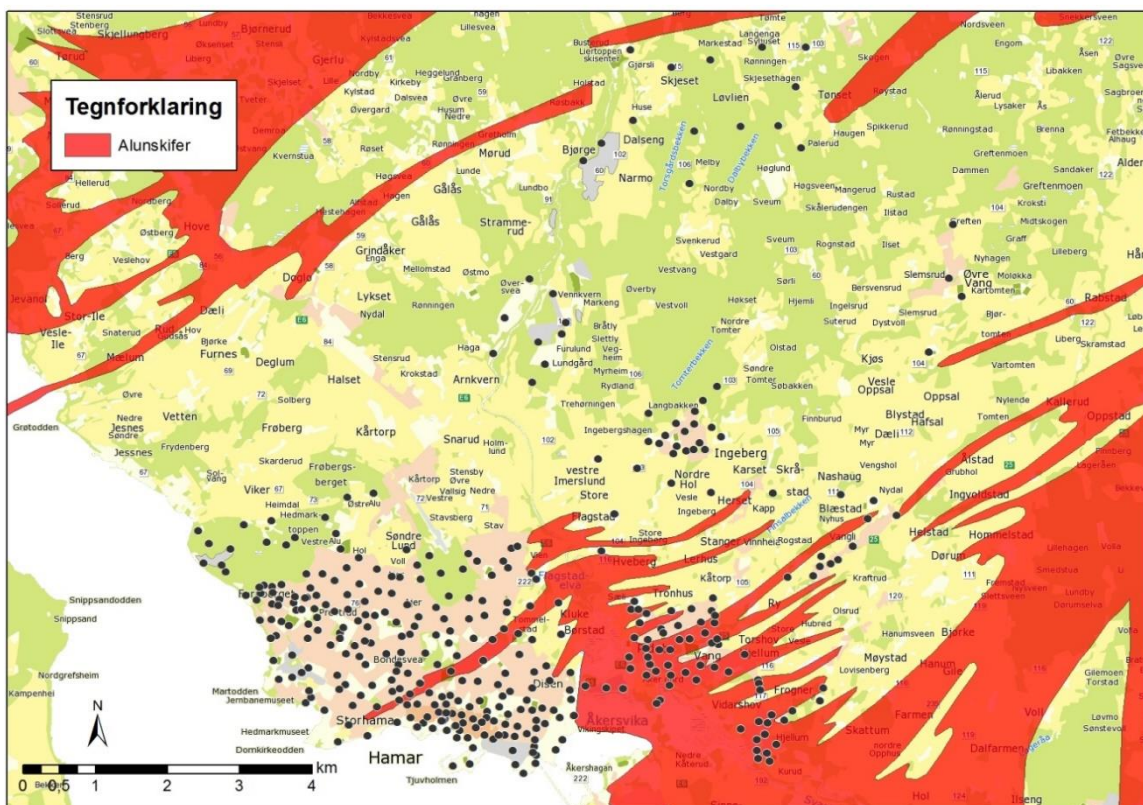
Skifer er en bergart som lett lar seg oppstykke i tynne skiver. Grunnen til dette er at skifer har parallelle kløvflater eller parallellstilte mineraler i skiver. Det finnes mange ulike typer skifer, som får navnene sine fra den dominerende bergarten skiferen består av, som for eksempel leirskifer, glimmerskifer og kalkskifer, eller fra geografiske områder som Altaskifer og Oppdalskifer. Skifer inneholder som regel høyere konsentrasjoner av tungmetaller enn kalkstein og sandstein, se avsnitt 2.9.5. På og rundt Hamar finnes det Hovinholmskifer, Didymograptusskifer, Ogygiocarisskifer og Alunskifer. Disse er alle mørke tungmetallholdige skifertyper, men det er spesielt alunskiferen som er av bekymring med tanke på tungmetallinnhold.

(Bryhni, 2012k, Bryhni, 2012f, Høy et al., 1980)

2.9.4 Alunskifer

Alunskifer er en spesiell type leirskifer med høyt innhold av karbon og tungmetaller. Den har på grunn av det høye karboninnholdet en mørk farge. Alunskifer er av spesiell interesse i geokjemiske kartlegginger fordi den inneholder mye tungmetaller, som for eksempel uran. som kan føre til betydelige mengder stråling gjennom radongass, se avsnitt 2.7. Dessuten kan alunskifer by på byggetekniske problemer da den i kontakt med vann og oksygen utvikler syre som vil korrodere jernforbindelser og kan få betong til å smuldre opp. I Norge finnes alunskiferforekomster stort sett på Østlandet, se figur 7.2-1 i Vedlegg 2.

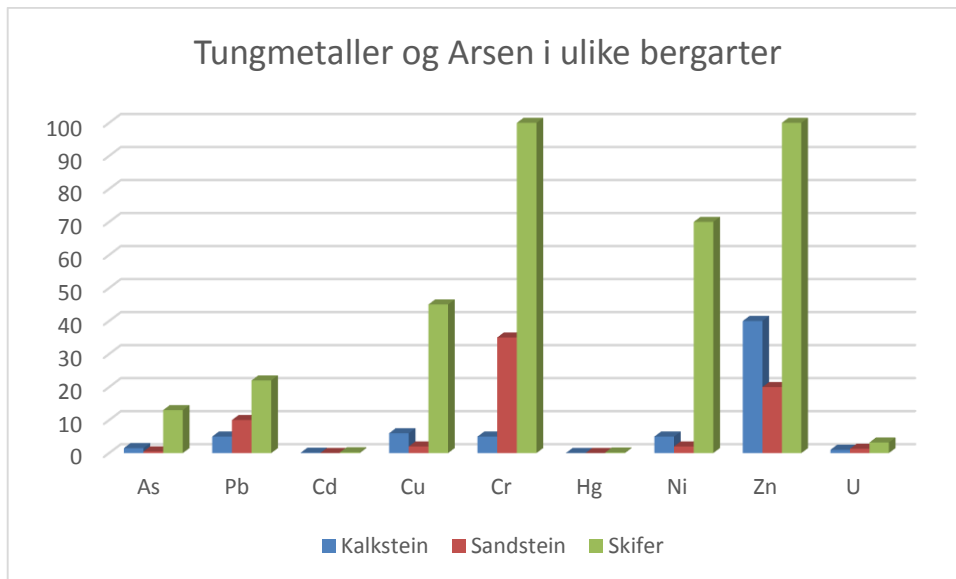
(Bryhni, 2012a, Bryhni, 2012i)



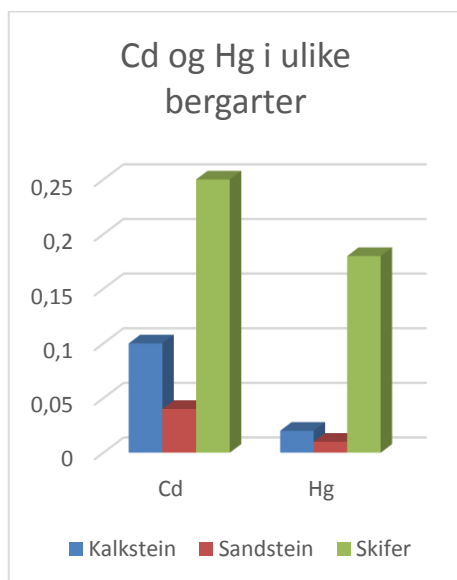
Figur 2.9.4-1: Kart som viser prøvepunktene i Hamar kommune, og forekomst av alunskifer merket med rød farge.

2.9.5 Forekomst av tungmetaller i ulike bergarter

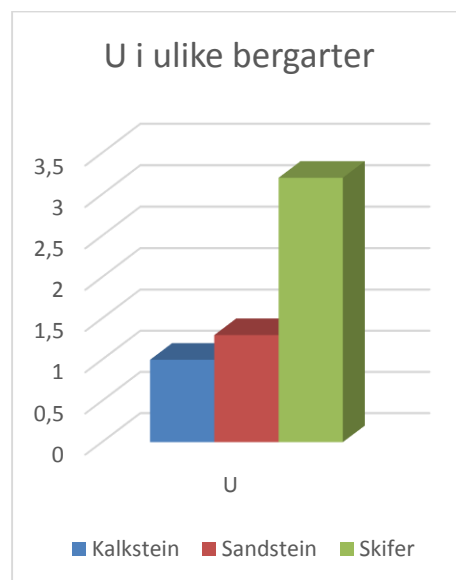
Da organisk materiale naturlig inneholder mer arsen, bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv, nikkel og sink enn rent mineralmateriale, vil overflatejord som regel inneholde noe mer tungmetaller enn berggrunnen, (Ottesen and Volden, 1999). Likevel gir innhold av tungmetaller i berggrunnen en indikasjon på innholdet i overflatejorda. Stort sett inneholder skifer mer arsen og tungmetaller enn både sandstein og kalkstein (figur 2.9.5-1, 2.9.5-2 og 2.9.5-3). Derfor vil også overflatejorden der berggrunnen er dominert av skifer gjøre det samme. Informasjonen i figurene er hentet fra (Reimann and Caritat, 1998). Verdiene er gjennomsnittsverdier for bergarter fra hele verden, og kan variere fra område til område. Det er likevel valgt å ta dem med her fordi de gir et bilde på forholdet mellom konsentrasjoner av metallene i de ulike bergartene.



Figur 2.9.5-1: Konsentrasjon av tungmetaller og Arsen i kalkstein, sandstein og skifer.



Figur 2.9.5-2: Forstørret diagram av konsentrasjon av Cd og Hg i kalkstein, sandstein og skifer.



Figur 2.9.5-3: Forstørret diagram av konsentrasjon av U i kalkstein, sandstein og skifer.

3 Metode

I dette kapitlet blir metodene som er brukt i undersøkelsen gjennomgått. Til slutt i kapitlet kommer en vurdering av metoden med fokus på reproduserbarhet og usikkerhet i resultatene. Alt feltarbeid og annet praktisk arbeid er utført gjennom NGU, i henhold til deres HMS-regler og retningslinjer.

3.1 Prøvetaking

Sommeren 2012 ble det tatt ca 400 prøver av overflatejord i Hamar kommune. Etter lagring viste det seg imidlertid at beholderne prøvene ble oppbevart i, hadde smuldret opp og det var kun 164 prøver og 7 duplikatprøver som kunne reddes. Høsten 2013 ble 205 nye prøver samt 20 duplikatprøver tatt. Prøvene ble tatt med nedslippte hagespader for å forhindre forurensning til prøvene fra spadelakken. Spaden ble også rensset mellom hver prøve ved stikk i jorda i nærheten av den aktuelle prøven. Prøvene som ble samlet i 2012 ble oppbevart i poser av papir, og prøvene som ble samlet i 2013 ble oppbevart i poser av plast, bundet igjen med plaststrips. På begge typer prøveposer ble prøvenummeret skrevet ned med markeringstusj. Ved hvert prøvepunkt ble det registrert GPS-koordinater. I tillegg ble prøveområdet og eventuelt andre opplysninger, beskrevet i en feltlogg. På hvert prøvepunkt ble det tatt 3-5 fotografier av området rundt.

3.2 Utvalg

Det ble bestemt å bruke prøver av overflatejord i dette prosjektet fordi overflatejord gir informasjon om både det naturlige geologiske bidraget og det antropogene bidraget av grunnstoffer til jorda. Det er også den øverste delen av jorda som mennesker, og spesielt barn har mest kontakt med og som kan spre seg til luften. Prøvepunktene ble tilfeldig valgt ut, basert på innbyggertetthet, med høyest prøvetetthet i bystrøkene. I tillegg ble det valgt ut en del prøvepunkter i barnehager og på lekeplasser. Det ble laget feltkart med kartprogrammet ArcGis.

3.3 Prøvebehandling

Prøvene ble sendt med fraktbil fra Hamar til NGU i Trondheim. Her ble de først tørket ved 30 grader Celsius i 3 uker. De ble deretter siktet med nylonsikt for fraksjon < 2 mm, hvorav ca. 50 gram ble overført til merkede prøvebeholdere. Det resterende prøvematerialet < 2 mm ble tatt vare på i den originale prøveemballasjen, og veid før og etter uttaket, for å bestemme mengde restmateriale til lagring. Prøvene som ble tatt i 2012 ble tørket, siktet og veid inn før

lagring. Prøvebeholderne ble så merket med nye randomiserte navn. Randomiseringen ble utført slik at det for ca. hver 20 prøve ble lagt inn en standardprøve laget av materiale NGU har lagret, der grunnstoffkonsentrasjonen er kjent. Rekkefølgen på de nye randomiserte prøvenumrene ble i tillegg utført slik at duplikater kom rett etter hverandre og i nærhet av en standardprøve.

3.4 Kjemisk analyse

De randomiserte prøvene ble sendt til Acme Laboratories i Vancouver i Canada. Der ble de analysert med inductively coupled plasma - mass spectrometry (ICP-MS), for 53 grunnstoffer.

3.5 Statistisk analyse

Informasjon om prøvene ble behandlet i Microsoft Excel 2013. Informasjonen ble hentet fra feltlogg, GPS-koordinater, fotografier, vektskjema og resultatfiler fra Acme Laboratories. Informasjonen ble brukt til statistisk analyse i statistikkprogrammet R. Etter statistiske beregninger ble det for hvert av grunnstoffene laget plott som viser den kumulative frekvensfordeling. Disse plottene viser konsentrasjon i PPM (mg/kg) mot akkumulert sannsynlighet for denne konsentrasjonen.

For verdier som ligger under deteksjonsgrensen er det brukt halv deteksjonsgrense. Dette er gjort for at kartprogrammet, som kun kan ta inn tallverdier, skal kunne ta inn disse verdiene. Å bytte ut «under deteksjonsgrense» med «0» ville i mange tilfeller gitt et urealistisk bilde av konsentrasjonene fordi «0» er et helt annet resultat, og derfor gir en helt annen informasjon. På samme måte ville det bli feil å bytte ut verdiene med selve deteksjonsgrensen, da denne i de fleste tilfeller er mye høyere enn det faktiske resultatet, (Reimann et al., 2008).

3.5.1 Kumulativ frekvensfordeling og femdeling av tierpotens

Kumulativ frekvensfordeling viser hvor stor andel av datapunktene i et datasett som oppfyller ulike verdier, i dette tilfellet konsentrasjon av det enkelte grunnstoff. Plottet av kumulativ frekvensfordeling ble brukt til å lage en inndeling for konsentrasjonsintervaller. Denne inndelingen ble laget ved femdeling av tierpotensen. Det vil si at hver tierpotens ble delt inn i fem intervaller, med lik avstand på en logaritmisk skala. Dette gjøres fordi den kumulative frekvensfordelingen som oftest ikke er lineær for slike datasett, men stykkevis lognormal. (Bølviken, 1973). Disse intervallene ble så brukt til å lage konsentrasjonskart med

prøveresultatet på hvert prøvepunkt framstilt som en sort boble med økende størrelse for økende konsentrasjon.

Naturlig bakgrunnsverdi

Manuell avlesning av den kumulative frekvensfordelingen ga øvre og nedre intervallgrenser for naturlige bakgrunnsverdier. Knekkpunkter i grafen til den kumulative frekvensfordelingen indikerer et skifte i kilde til grunnstoffet. Det lineære området som følger regresjonslinjen er antatt å komme fra naturlige kilder, og det er dette området som bestemmes ved avlesningen.

3.5.2 Cerium/Lantan forhold

En foreslått metode for å undersøke tilstedeværelse av antropogen forurensning i jord er å se på forholdet mellom konsentrasjonen av grunnstoffene cerium og lantan. NGU har erfart fra sine grunnundersøkelser at forholdet mellom cerium og lantan i naturlig upåvirket jord ligger mellom 1,8 og 2,2. I jord der dette forholdet er enten under 1,8 eller over 2,2 er sannsynligheten stor for at det er blandet inn antropogene partikler. Slike partikler kan for eksempel være rester fra maling eller murpuss, (Jartun et al., 2005). Dette forholdet kommenteres i de prøvene hvor det ligger over 2,2 eller under 1,8, i kapittel 5.10 i diskusjonsdelen.

3.6 Kartframstilling

Kartprogrammet ArcGis ble brukt til å fremstille ulike kart basert på prøveresultatene. Resultatene ble plottet inn i ArcGIS fra Excel, og ble fremstilt i kartene som sorte bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon av grunnstoffet. Det ble laget slike kart for hvert grunnstoff. Kartene for arsen, bly, kadmium, krom, kobber, kvikksølv, nikkel, sink og uran vises i resultatkapitlet. Kartene for de andre grunnstoffene vises i vedlegg 7. I tillegg ble det laget kart for As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn og U, med bergrunnskartlag og med alunskiferkartlag for å undersøke om det var noen sammenheng mellom forekomst av alunskifer eller berggrunn, og prøveresultatene. Disse finnes i Vedlegg 4 og 6. Det ble også laget kart som viser tilstandsklasser for hvert av grunnstoffene; As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb og Zn, og et kart for sammenlagt tilstandsklasse, det vil si den høyeste tilstandsklassen for hvert prøvepunkt. I disse kartene er de ulike tilstandsklassene, (se kapittel 2.5), fremstilt som sirkler med ulike

farger. I tillegg er det laget noen kart over forstørrede utsnitt som viser tilstandsklasser i de mest forurensede områdene. Disse presenteres i kapittel 5.11.

3.7 Metodevurdering

3.7.1 Reproduserbarhet

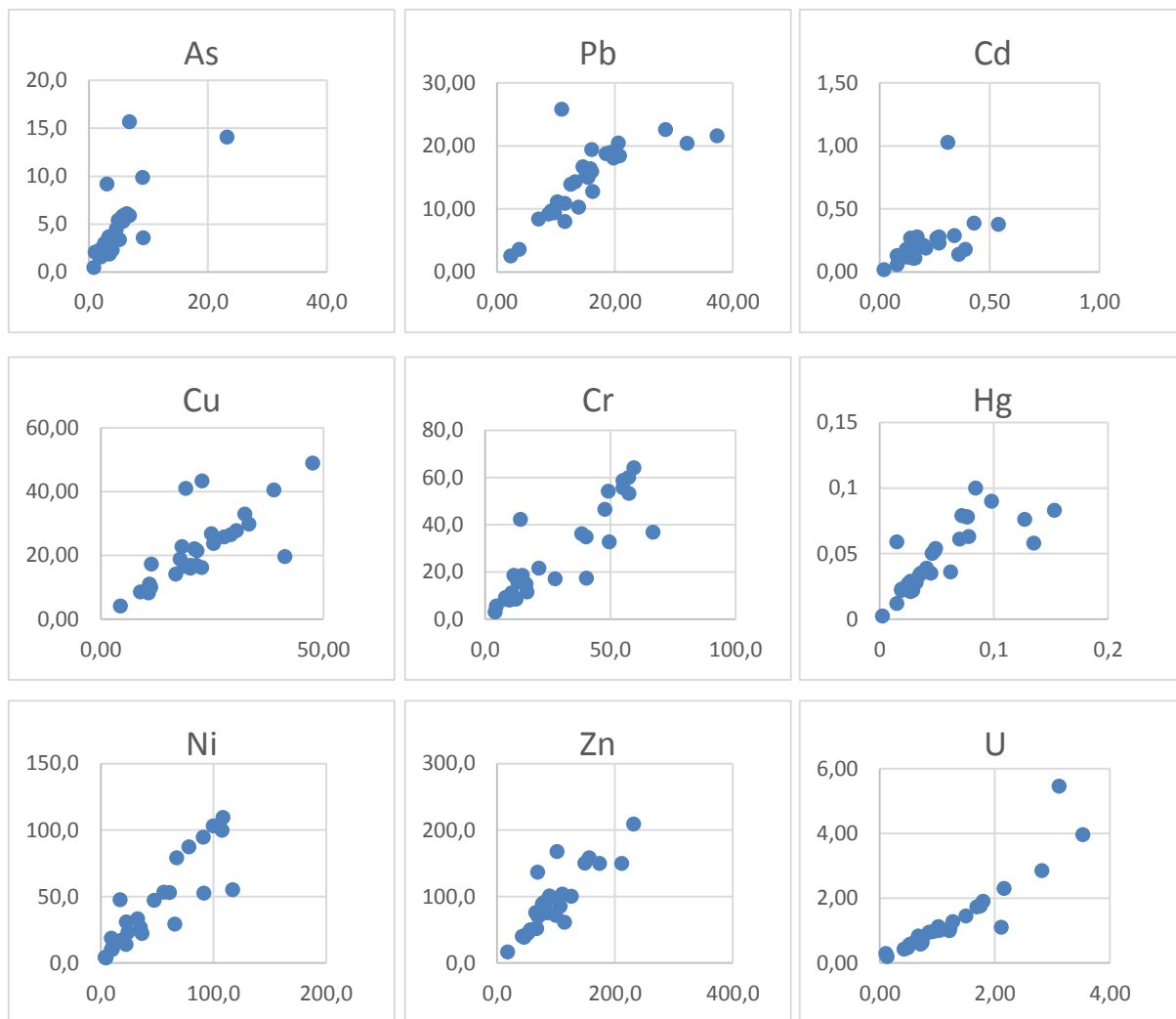
Reproduserbarheten i datasettet ble undersøkt ved å regne ut korrelasjonskoeffisienten, r , som ble funnet med følgende formel:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Korrelasjonskoeffisienten er et tall mellom 0 og 1, der 1 tilsvarer høy korrelasjon og reproduserbarhet, og 0 tilsvarer ingen korrelasjon eller reproduserbarhet. For arsen, bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv, nikkel, sink og uran ligger korrelasjonskoeffisientene mellom 0,828 og 0,984, se tabell 3.7.1-1. Dette betyr at resultatene for krom, kvikksølv, nikkel og uran, som alle har korrelasjonskoeffisient over 0,93 har resultatene svært god reproduserbarhet. Arsen, bly, kobber og sink har noe lavere korrelasjonskoeffisienter, fra 0,876 – 0,907, som betyr at disse resultatene har noe lavere reproduserbarhet. Kadmium har den laveste korrelasjonskoeffisienten på 0,828 og har de minst reproduserbare resultatene av tungmetallene det fokuseres på i undersøkelsen. Alle tungmetallene har imidlertid god nok reproduserbarhet til at resultatene kan anses å være pålitelige. Dette kan også tolkes ut fra korrelasjonsplottene, se figur 3.7.1-1.

Tabell 3.77.1-1: Korrelasjonskoeffisienter for As, Pb, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Zn og U.

Grunnstoff	r
As	0,907
Pb	0,876
Cd	0,828
Cu	0,897
Cr	0,931
Hg	0,945
Ni	0,970
Zn	0,901
U	0,984



Figur 3.7.1-1: Reproduserbarhetsplot for As, Pb, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Zn og U.

3.7.2 Usikkerhet i resultatene

For noen av grunnstoffene er konsentrasjonen til flere av prøvene så nær deteksjonsgrensen, eller under den, at det er stor usikkerhet knyttet til resultatene, se tabell 3.7.2-1. Dette medfører at kartene som er laget for disse grunnstoffene kun kan benyttes som en svak indikasjon. Dette gjelder grunnstoffene indium, tellur, selen og hafnium. Noen grunnstoffer hadde så få prøver over deteksjonsgrense at det ikke kunne brukes statistiske verktøy på dem. Dette gjelder tantal, germanium, palladium, rhenium og platina. Disse grunnstoffene er det derfor ikke laget kart for, men de er inkludert i resultat-tabellen i kapittel 4. Det er uklart hvorfor det var mulig å bruke resultatene til Indium, men ikke Platina, da Indium hadde flere prøver under deteksjonsgrense enn Platina.

Tabell 3.77.2-1: Prosentandel prøver under deteksjonsgrense for Ta, Ge, Pd, Re, In, Pt, Te, Se og Hf.

Grunnstoff	Prosent prøver under deteksjonsgrense
Ta	99,7
Ge	98,9
Pd	95,1
Re	84,3
In	74,5
Pt	69,4
Te	42,0
Se	31,4
Hf	17,3

Det er antatt at prøvene tatt i 2012 og de tatt i 2013 er tatt på så like måter, og at lagringen av de eldste prøvene ikke har blitt så godt lagret, at resultatene fra de to rundene ikke skal variere nevneverdig.

4 Resultater

Her kommer en presentasjon av resultatene. Først presenteres statistiske parametere for alle grunnstoffene som er undersøkt, og tilstandsklasser for arsen og tungmetaller. Videre vises kumulativ frekvensfordeling, forurensningskart og tilstandsklassekart for hver av arsen, bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv, nikkel og sink, samt kumulativ frekvensfordeling, forurensningskart og alunskiferkart for uran. På flere av figurene brukes enheten PPM. Dette tilsvarer mg/kg, som er enheten som brukes i teksten. Til sist i kapitlet vises resultater fra analyse av forholdet mellom cerium og lantan.

Resultater for alle grunnstoffene

Tabell 4-1: Resultater for alle grunnstoffene det ble undersøkt for, med aritmetisk gjennomsnitt, median, minimumsverdi, maksimumsverdi, prosentiler for 10 og 90 % og antall prøver under deteksjonsgrense (DG).

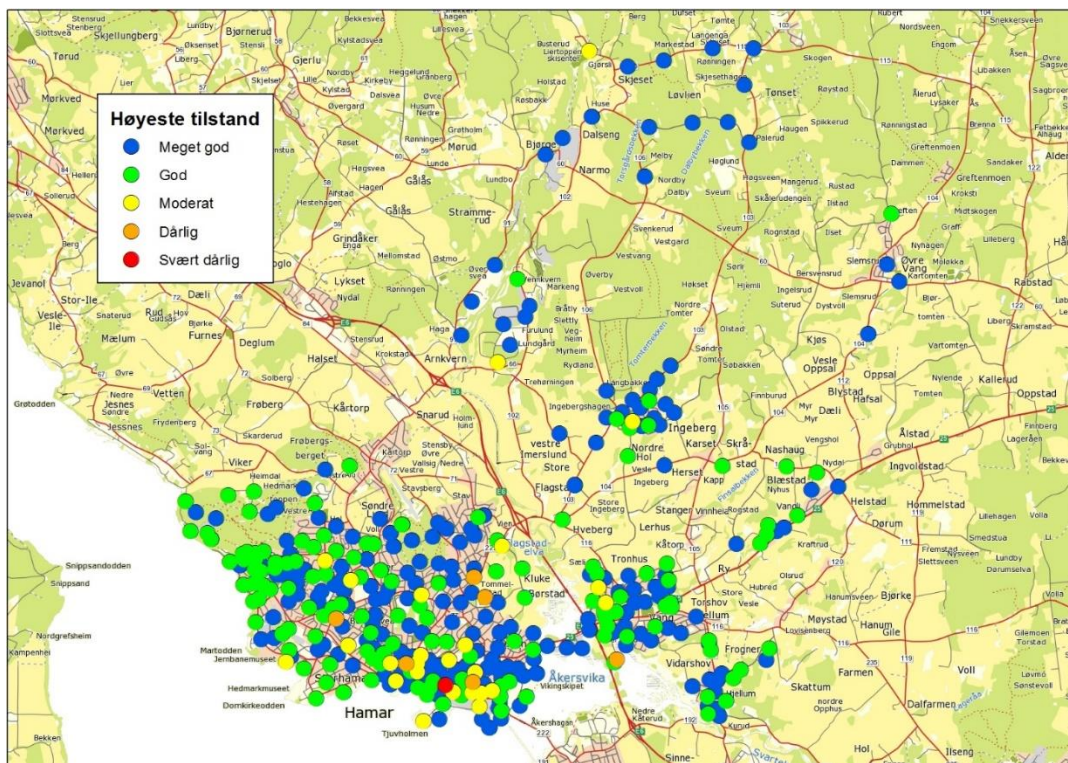
Grunnstoff	Gjennomsnitt	Median	Min	Maks	10-Persentil	90-Persentil	Under DG
Ag	0,21	0,11	0,01	9,57	0,047	0,352	0
Al	9049	8300	1100	22400	4800	14620	0
As	5,80	4,70	0,20	44,70	1,79	10,32	0
Au	0,01	0,00	< 0,0002	0,17	0,0005	0,012	18
B	4,45	4,00	< 1	41,00	2	7,1	16
Ba	176	145	22,6	811	74	315	0
Be	0,46	0,40	< 0,1	1,40	0,2	0,8	12
Bi	0,18	0,15	0,03	1,61	0,08	0,291	0
Ca	10648	6700	800	178200	2800	18220	0
Cd	0,40	0,26	0,02	11,1	0,11	0,78	0
Ce	34	33	4,40	92	23	46	0
Co	9,4	8,6	0,70	25,1	4,7	16	0
Cr	22	16	3,20	211	8	47	0
Cs	0,56	0,49	0,10	3,64	0,29	0,89	0
Cu	38	24	4,34	2791	9,77	47,15	0
Fe	18827	17650	1900	91100	10970	28900	0
Ga	2,71	2,50	0,40	5,90	1,6	4,1	0
Ge	0,05	0,05	< 0,1	0,10	0,05	0,05	365
Hf	0,06	0,05	< 0,02	0,23	0,01	0,12	64
Hg	0,10	0,05	< 0,005	5,32	0,017	0,158	7
In	0,01	0,01	< 0,02	0,06	0,01	0,03	275
K	1633	1500	300	7500	900	2300	0
La	16	15	2	48	10	21	0
Li	15,3	13,3	1,20	54,6	7,4	27	0
Mg	4968	3900	600	89800	2300	8700	0
Mn	596	520	77	4011	301	862	0

Grunnstoff	Gjennomsnitt	Median	Min	Maks	10-Persentil	90-Persentil	Under DG
Mo	3,3	1,4	0,08	76,1	0,5	7,1	0
Na*	50	30	< 10	770	10	90	22
Nb	0,29	0,25	0,02	4,19	0,15	0,42	0
Ni	34,5	26,9	3,7	234,6	10,0	74,2	0
P	928	840	160	3600	490	1462	0
Pb	26,9	19,1	2,3	201,5	10,2	47,6	0
Pd	0,01	0,01	< 0,01	0,07	0,005	0,005	351
Pt	0,003	0,001	< 0,002	0,091	0,001	0,005	256
Rb	9,7	9,2	1,7	40,5	5,9	13,8	0
Re	0,001	0,001	< 0,001	0,034	0,0005	0,002	311
S	634	600	< 200	4400	200	1100	24
Sb	0,59	0,44	0,03	3,76	0,17	1,11	0
Sc	2,32	2,00	0,40	6,80	1,1	4	0
Se	0,23	0,20	< 0,1	2,60	0,05	0,4	116
Sn	1,87	0,80	< 0,1	75,6	0,3	3,81	3
Sr	32,3	26,9	4,9	233	13	59	0
Ta	0,03	0,03	< 0,05	0,03	0,025	0,025	368
Te	0,03	0,02	< 0,02	0,20	0,01	0,07	155
Th	2,5	2,4	0,2	9	1,2	3,8	0
Ti	91	60	10	720	30	161	0
Tl	0,13	0,10	< 0,02	1,06	0,06	0,24	1
U	1,97	1,22	0,08	23	0,539	3,913	0
V	24	22	< 2	142	12	37	1
W	0,82	0,33	< 0,05	12,77	0,07	1,967	18
Y	9,90	9,39	0,78	28,91	5,22	15,06	0
Zn	168	96	18	10000	46	253	0
Zr	2,25	1,90	0,40	12,40	0,7	4,2	0

*Det antas at resultatene for Natrium er altfor lave, da dette er et mye vanligere grunnstoff enn resultatene skulle tilsi, (Reimann and Caritat, 1998).

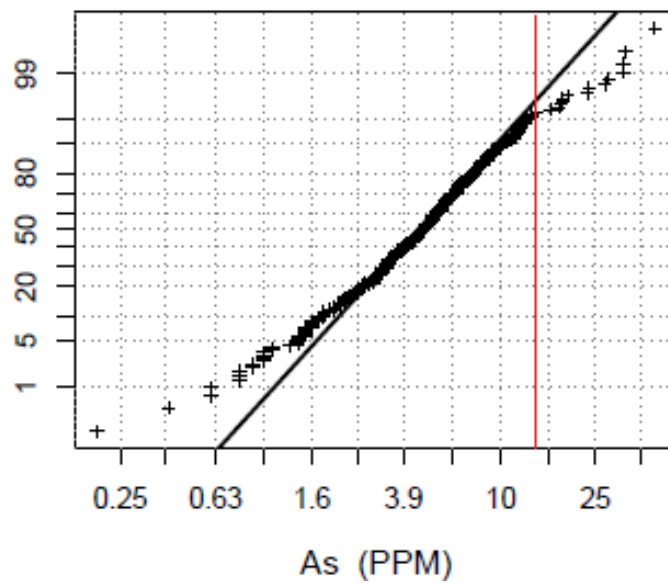
Tabell 4-2: Antall og prosentandel prøver fra de ulike tilstandsklassene for As, Pb, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni og Zn.

	Tilstandsklasser	1	2	3	4	5	Sum
As	Antall prøver	305	56	8	0	0	369
	Prosentandel	82,7	15,2	2,2	0,0	0,0	100
Pb	Antall prøver	344	14	11	0	0	369
	Prosentandel	93,2	3,8	3,0	0,0	0,0	100
Cd	Antall prøver	363	5	1	0	0	369
	Prosentandel	98,4	1,4	0,3	0,0	0,0	100
Cu	Antall prøver	362	2	4	1	0	369
	Prosentandel	98,1	0,5	1,1	0,3	0,0	100
Cr	Antall prøver	340	28	1	0	0	369
	Prosentandel	92,1	7,6	0,3	0,0	0,0	100
Hg	Antall prøver	364	3	1	1	0	369
	Prosentandel	98,6	0,8	0,3	0,3	0,0	100
Ni	Antall prøver	310	57	1	1	0	369
	Prosentandel	84,0	15,4	0,3	0,3	0,0	100
Zn	Antall prøver	320	35	9	4	1	369
	Prosentandel	86,7	9,5	2,4	1,1	0,3	100

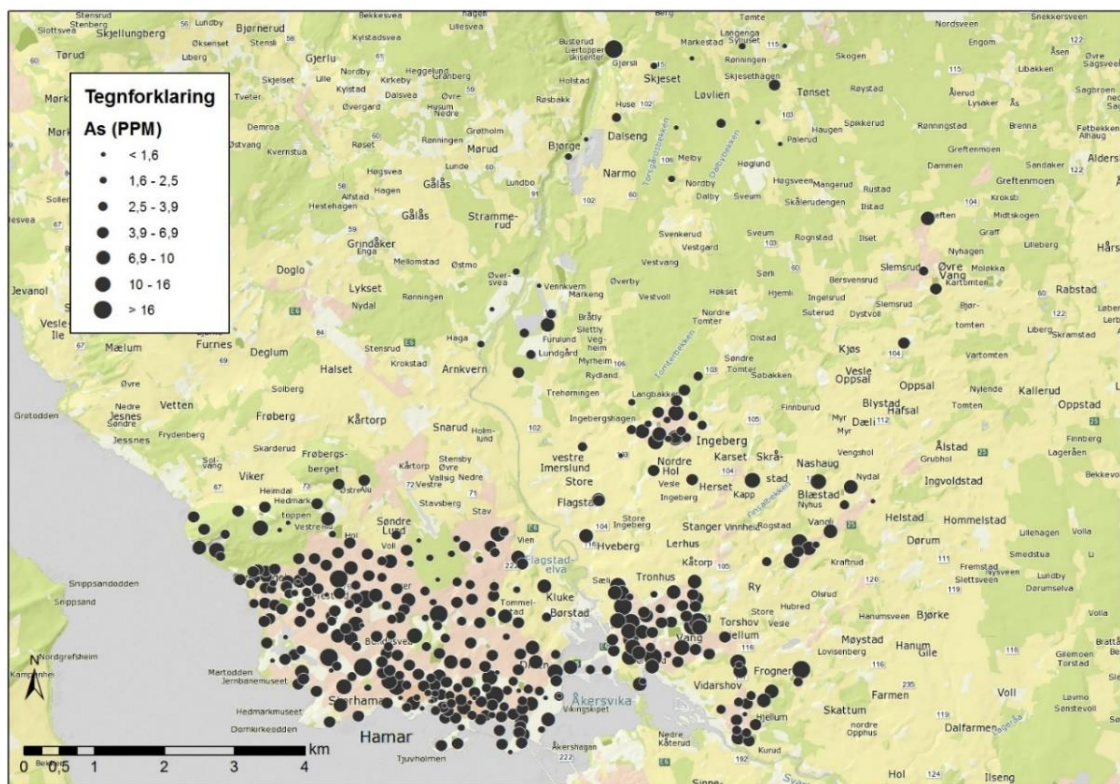


Figur 4-1: Kart med alle prøvepunktene representert ved farger etter høyeste tilstandsklasse.

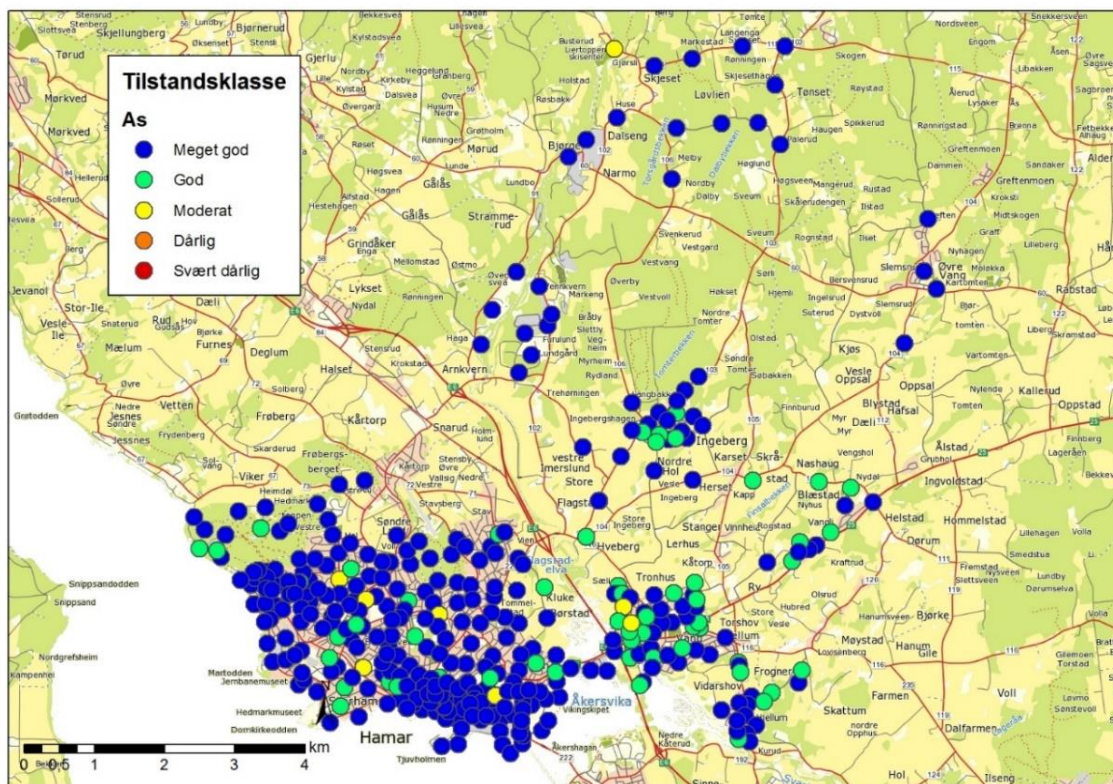
4.1 Arsen As



Figur 4.1-1: Graf over kumulativ frekvensfordeling av arsen i Hamar kommune. Rød linje indikerer grense mellom naturlig bakgrunnsnivå og andre kilder.

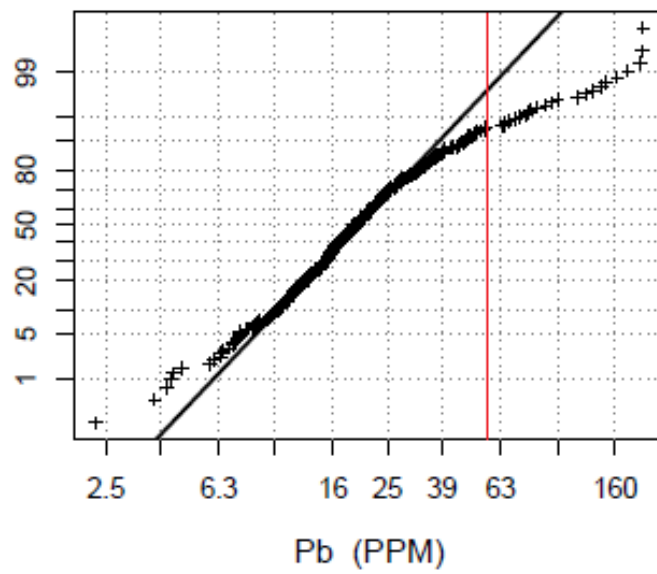


Figur 4.1-2: Prøvepunktene med konsentrasjon av arsen fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.

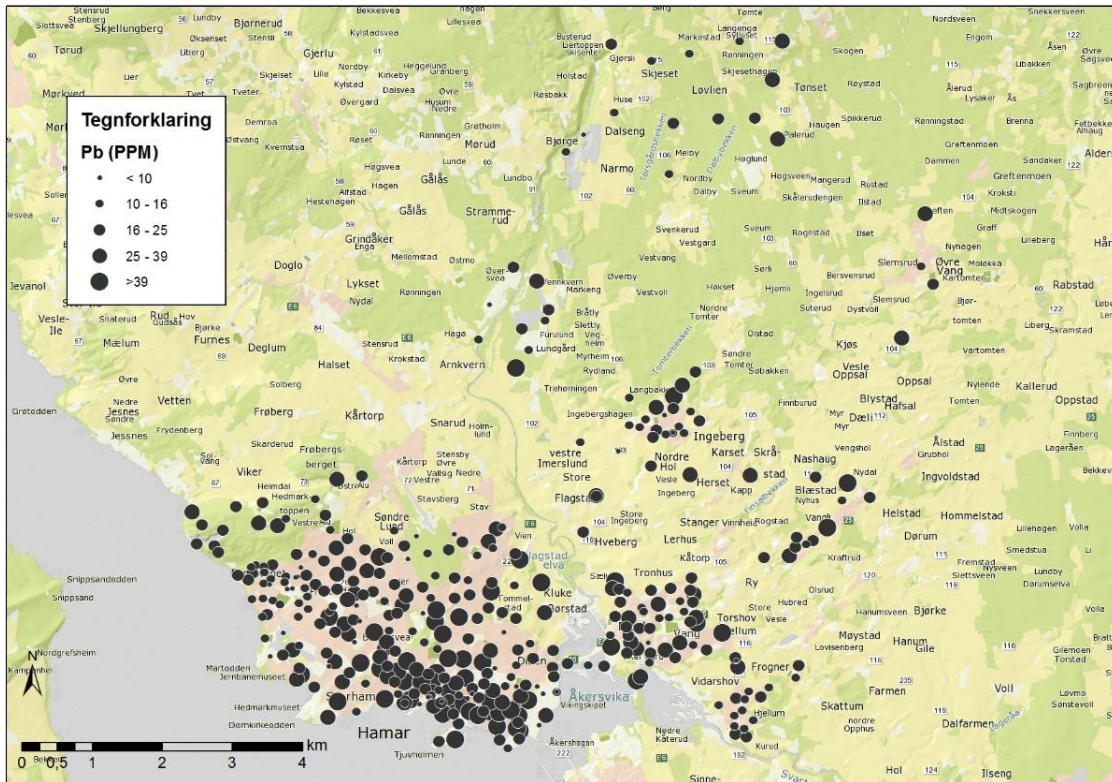


Figur 4.1-3: Prøvepunktene med tilstandsklasse for arsen.

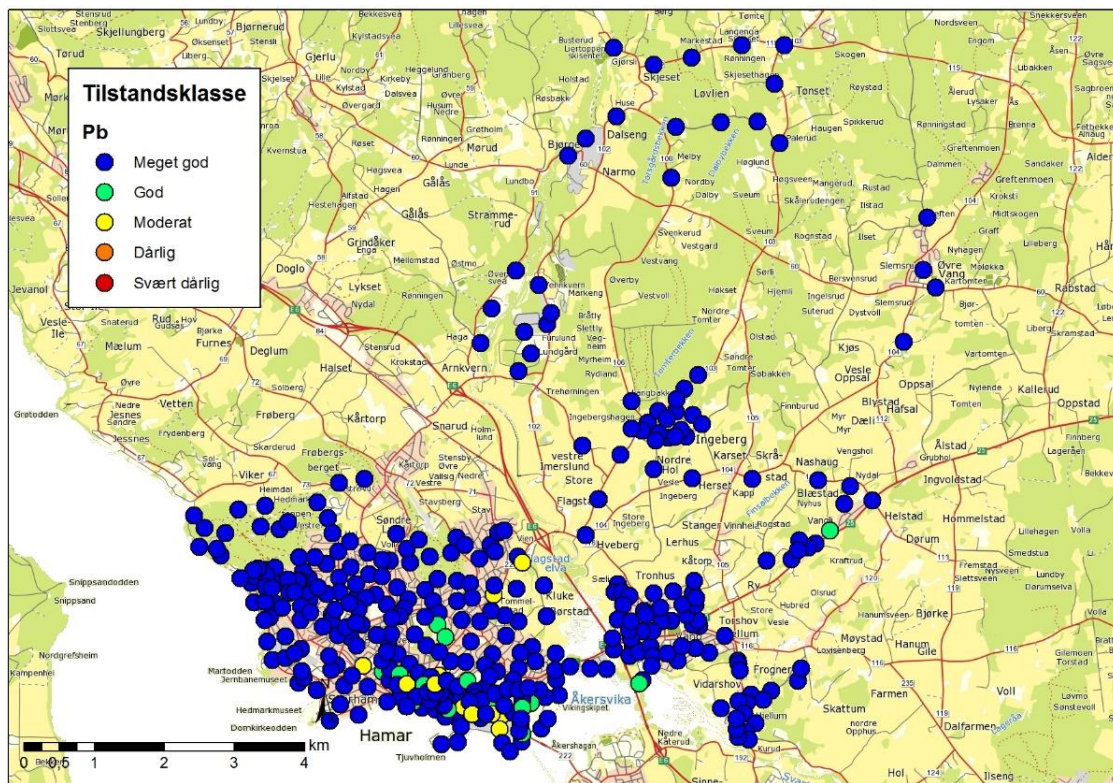
4.2 Bly, Pb



Figur 4.2-1: Graf over kumulativ frekvensfordeling av bly i Hamar kommune. Rød linje indikerer grense mellom naturlig bakgrunnsnivå og andre kilder.

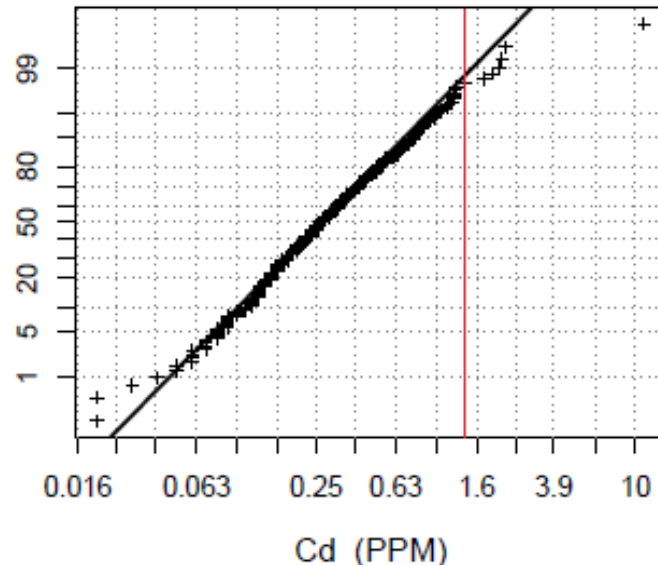


Figur 4.2-2: Prøvepunktene med konsentrasjon av bly fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.

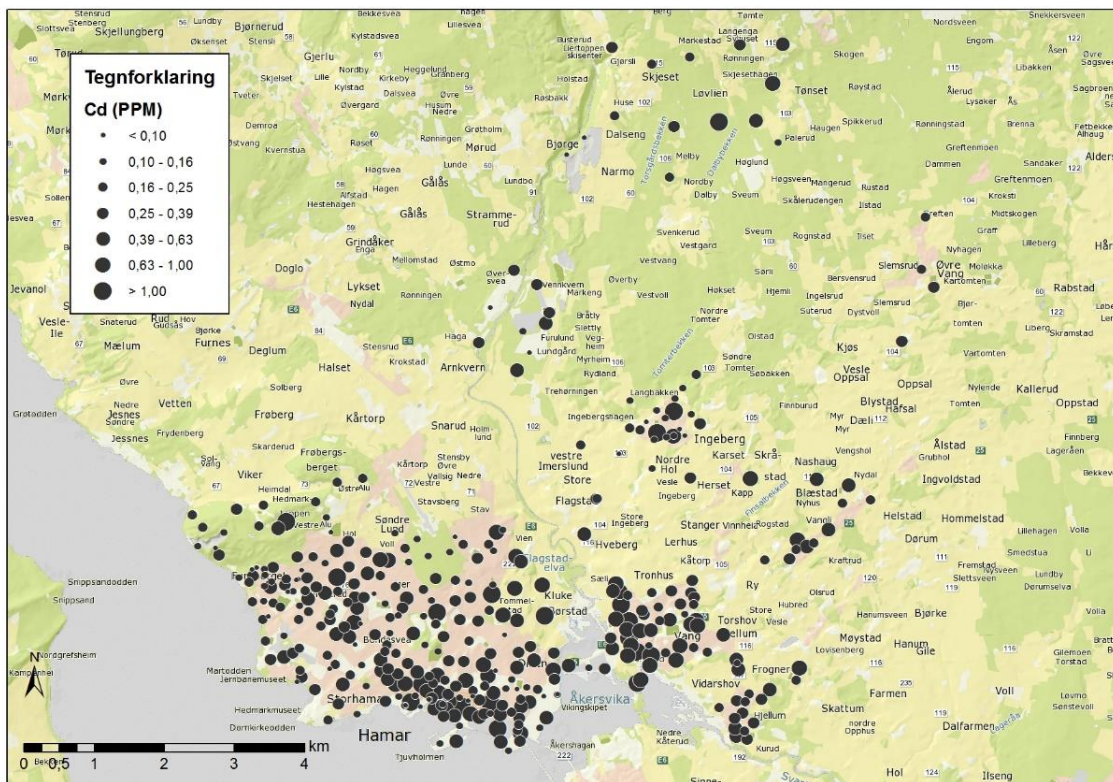


Figur 4.2-3: Prøvepunktene med tilstandsklasse for bly.

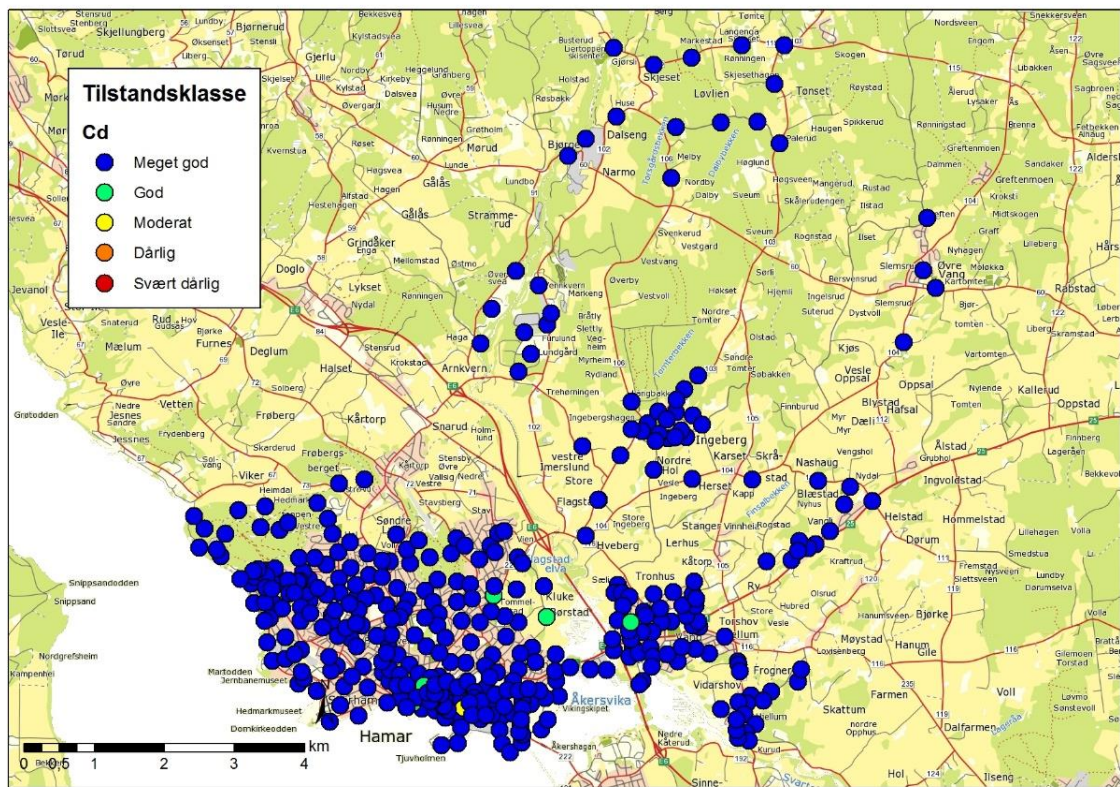
4.3 Kadmium, Cd



Figur 4.3-1: Graf over kumulativ frekvensfordeling av kadmium i Hamar kommune. Rød linje indikerer grense mellom naturlig bakgrunnsnivå og andre kilder.

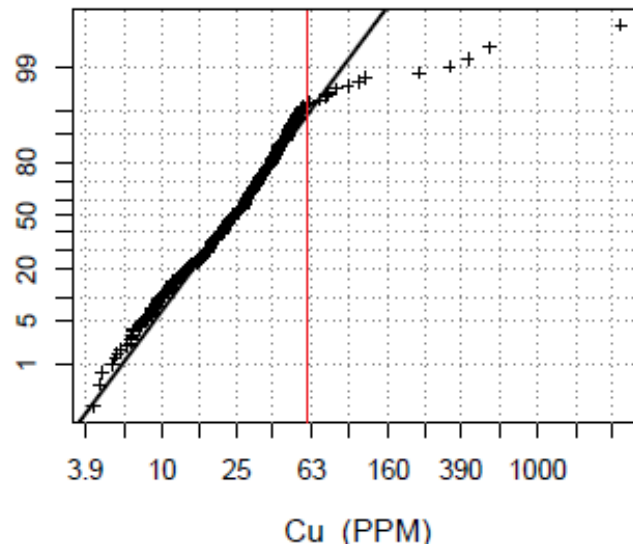


Figur 4.3-2: Prøvepunktene med konsentrasjon av kadmium fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.

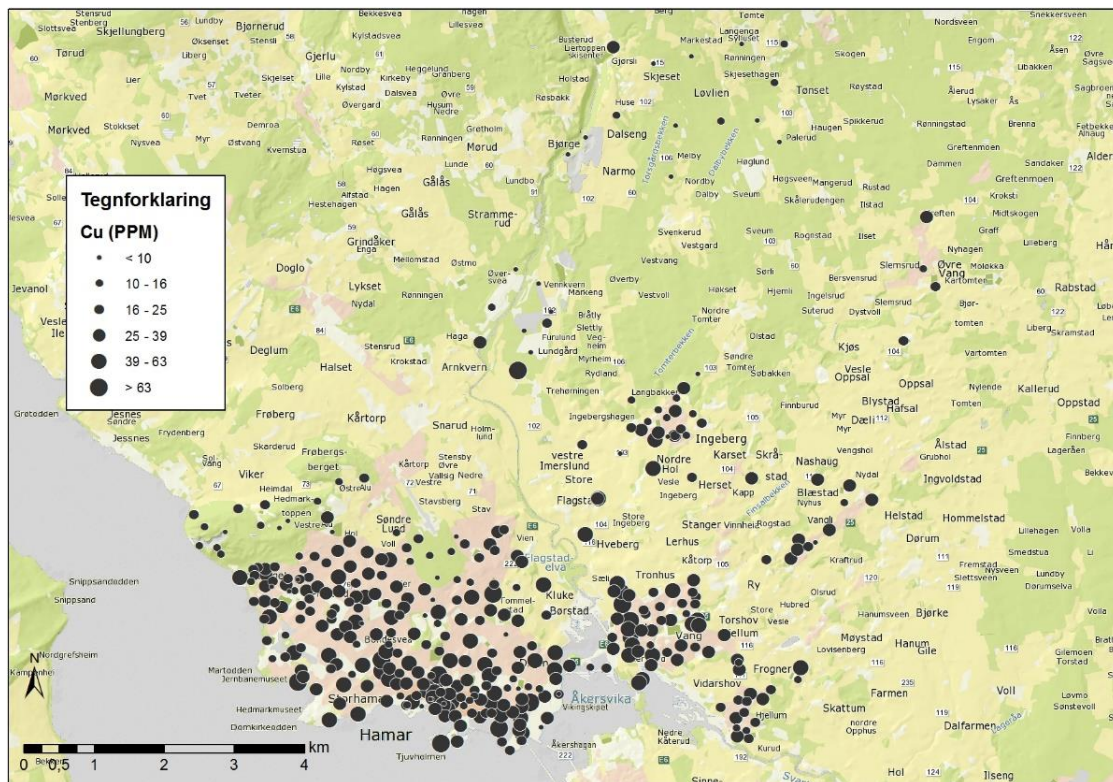


Figur 4.3-3: Prøvepunktene med tilstandsklasse for kadmium.

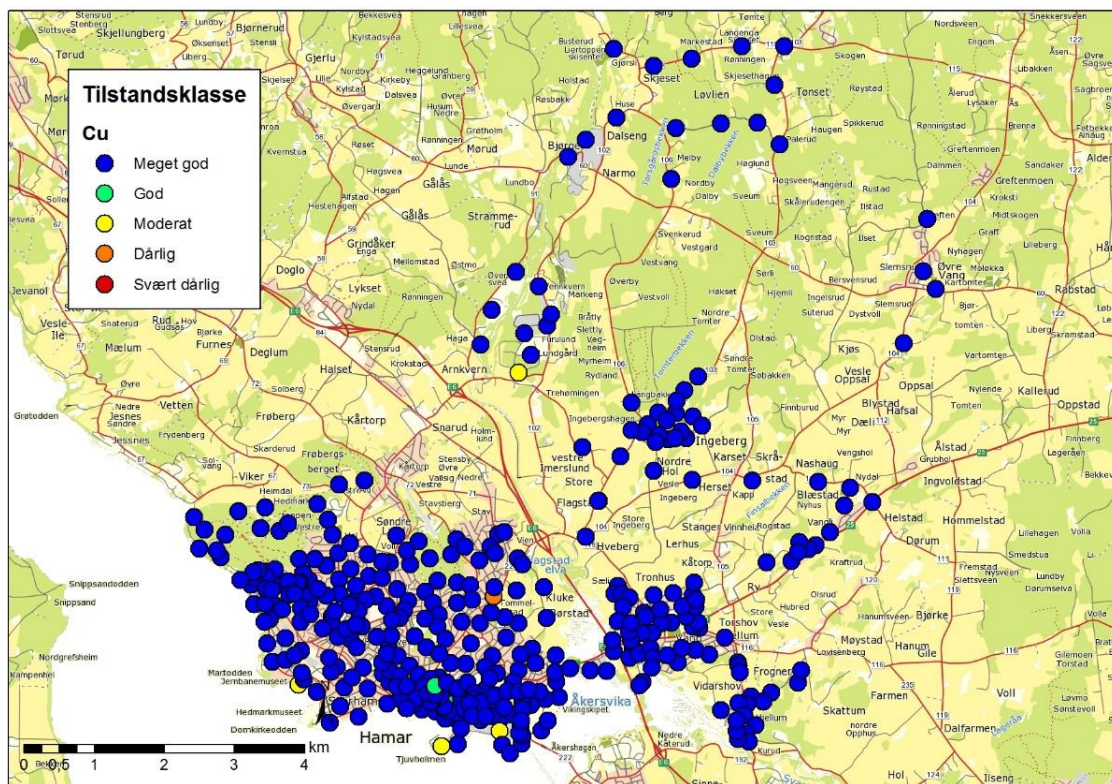
4.4 Kobber, Cu



Figur 4.4-1: Graf over kumulativ frekvensfordeling av kobber i Hamar kommune. Rød linje indikerer grense mellom naturlig bakgrunnsnivå og andre kilder.

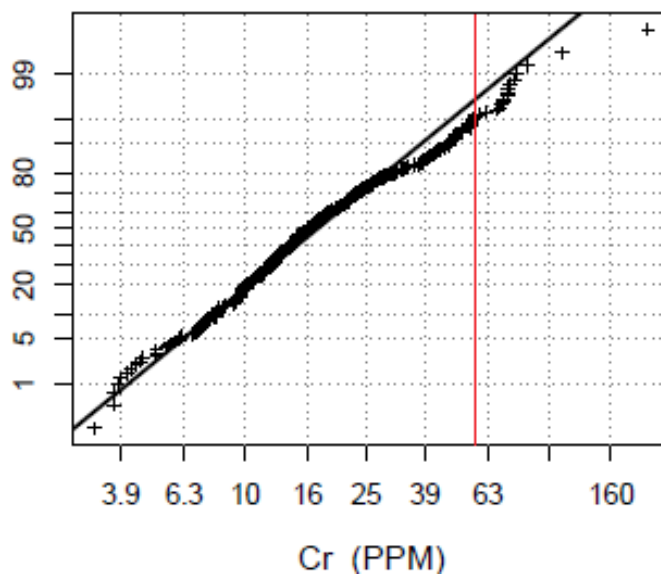


Figur 4.4-2: Prøvepunktene med konsentrasjon av kobber fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.

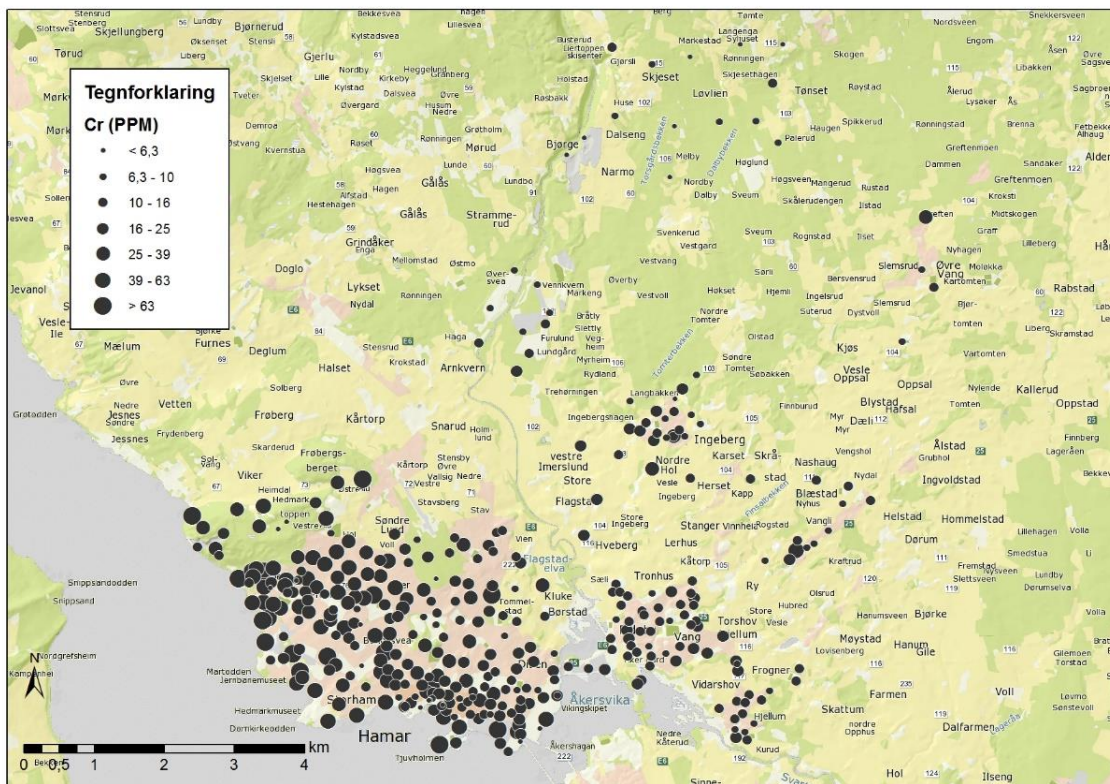


Figur 4.4-3: Prøvepunktene med tilstandsklasse for kobber.

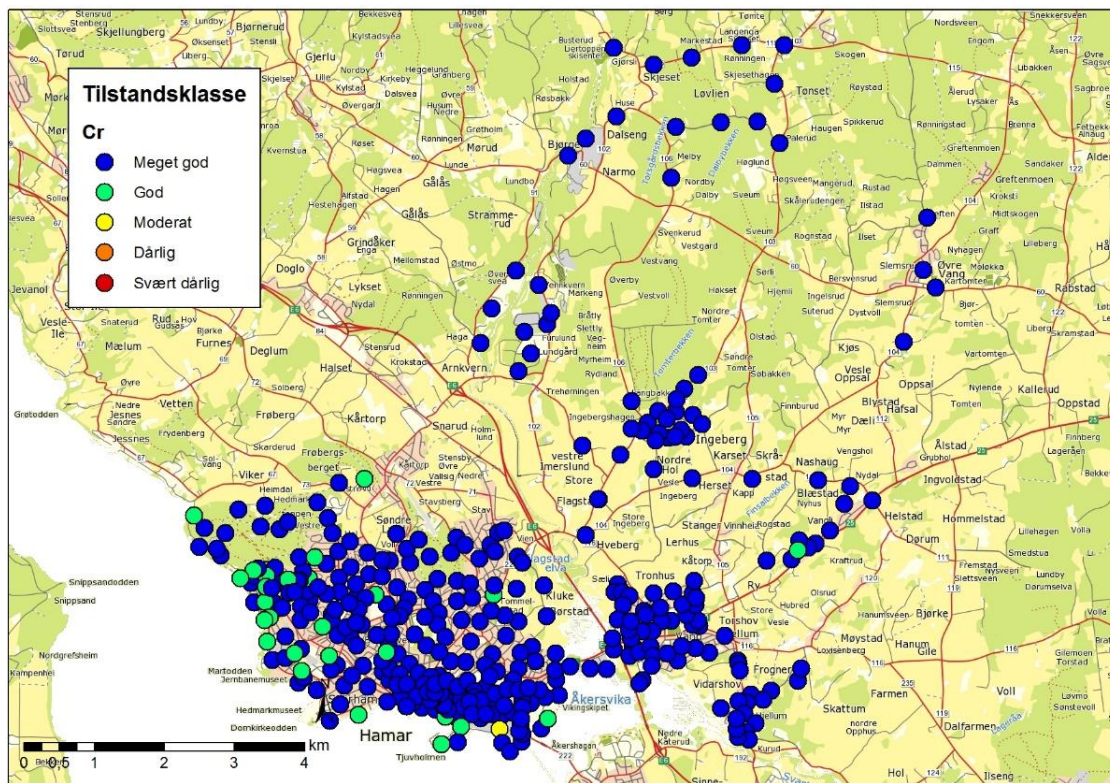
4.5 Krom, Cr



Figur 4.5-1: Graf over kumulativ frekvensfordeling av krom i Hamar kommune. Rød linje indikerer grense mellom naturlig bakgrunnsnivå og andre kilder.

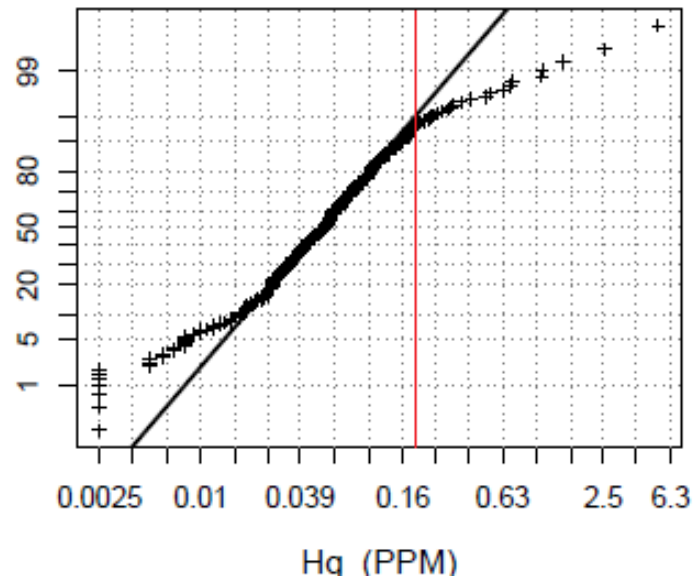


Figur 4.5-2: Prøvepunktene med konsentrasjon av krom fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.

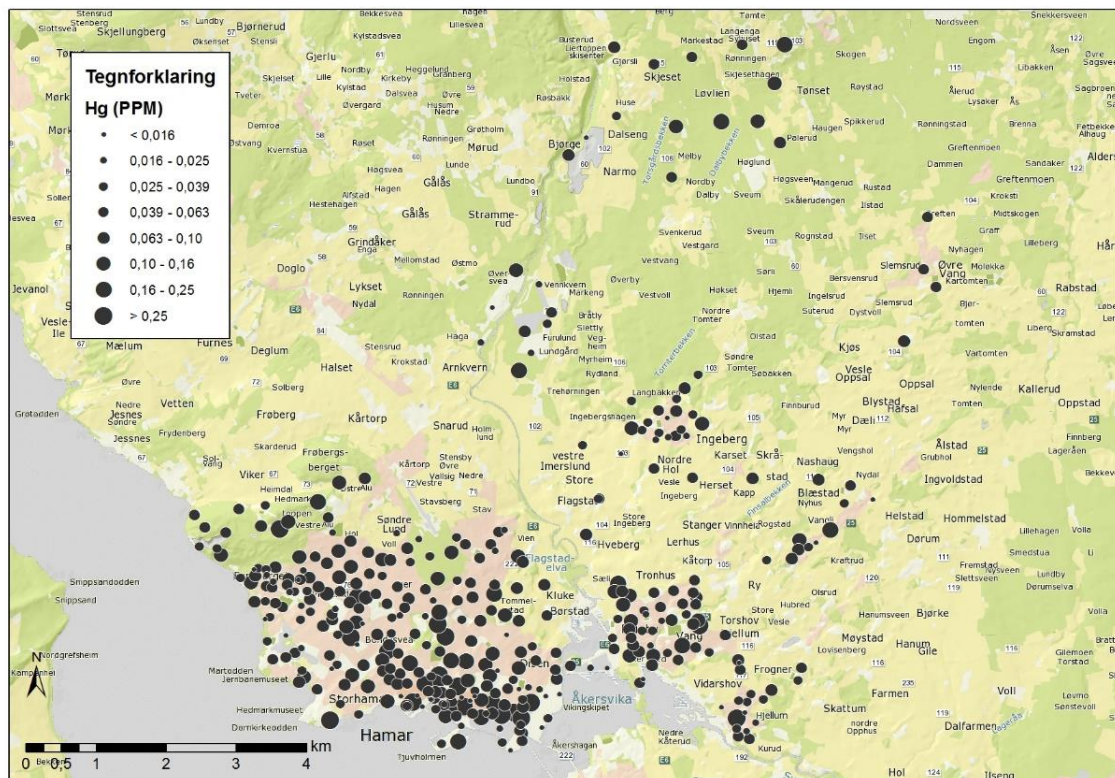


Figur 4.5-3: Prøvepunktene med tilstandsklasse for krom.

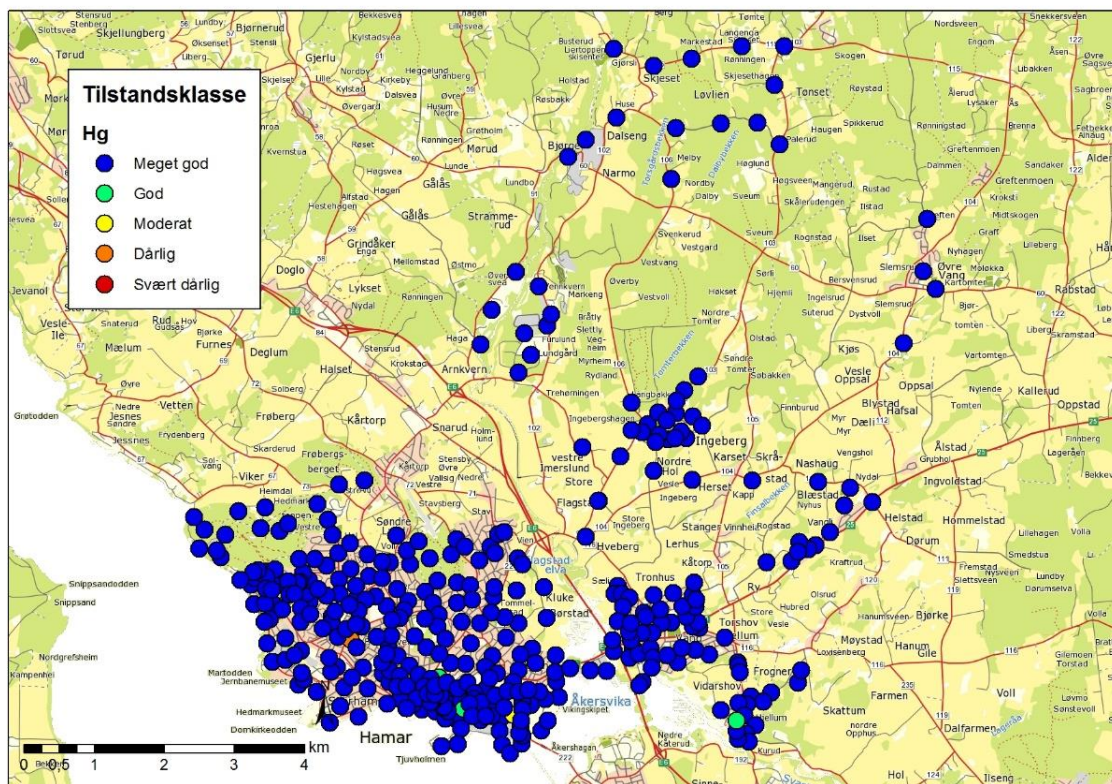
4.6 Kvikksølv, Hg



Figur 4.6-1: Graf over kumulativ frekvensfordeling av kvikksølv i Hamar kommune. Rød linje indikerer grense mellom naturlig bakgrunnsnivå og andre kilder.

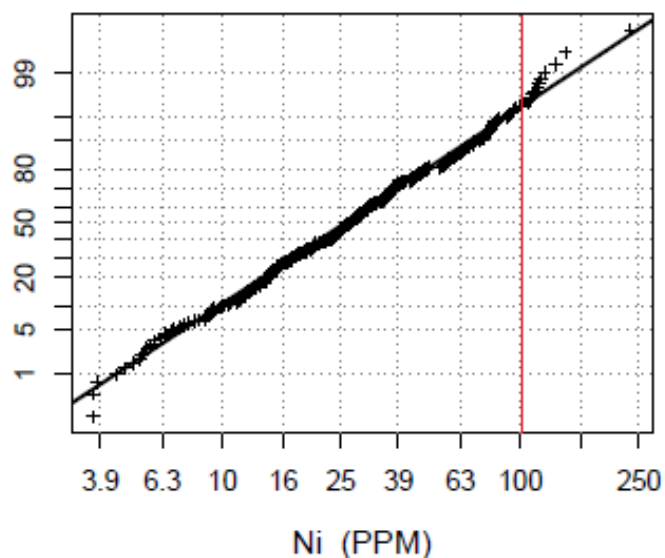


Figur 4.6-2: Prøvpunktene med konsentrasjon av kvikksølv fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.

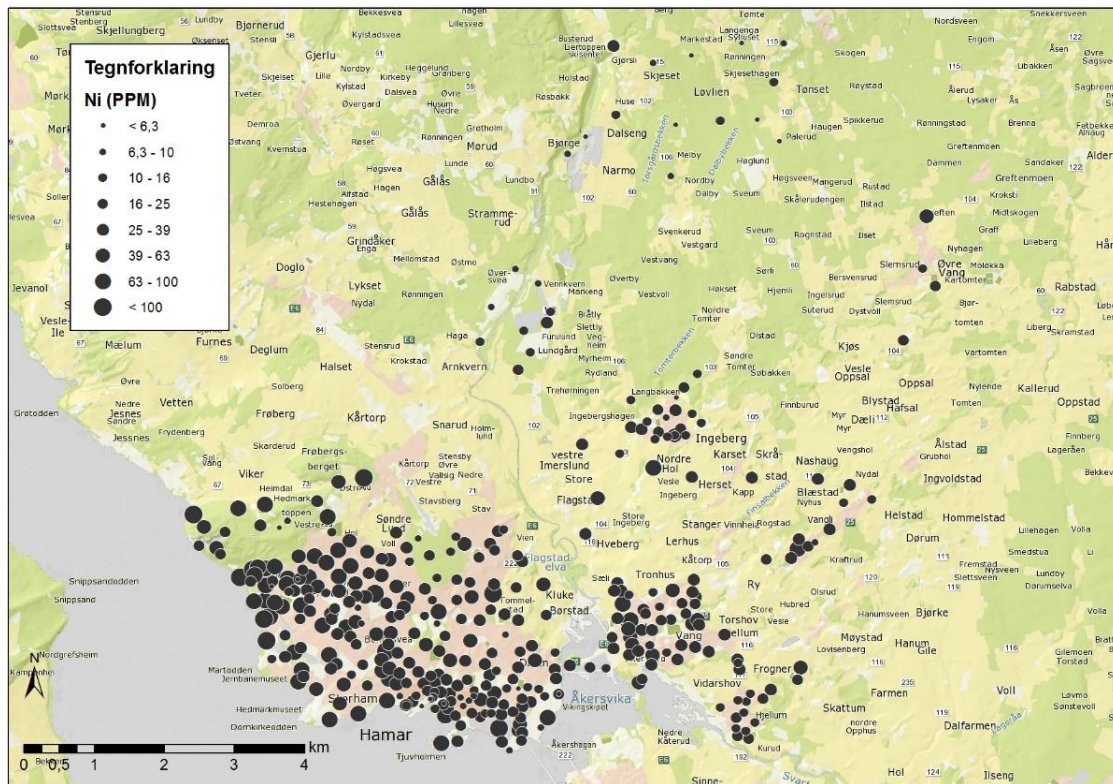


Figur 4.6-3: Prøvepunktene med tilstandsklasse for kvikksølv.

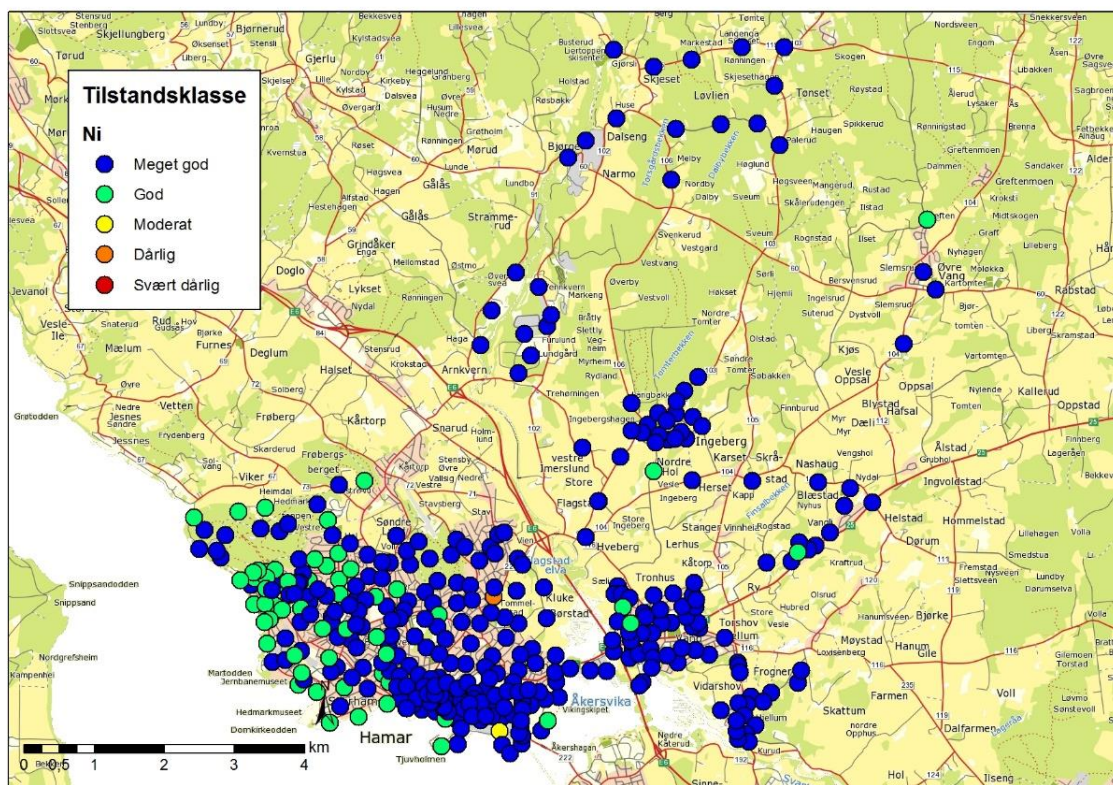
4.7 Nikkel, Ni



Figur 4.7-1: Graf over kumulativ frekvensfordeling av nikkell i Hamar kommune. Rød linje indikerer grense mellom naturlig bakgrunnsnivå og andre kilder.

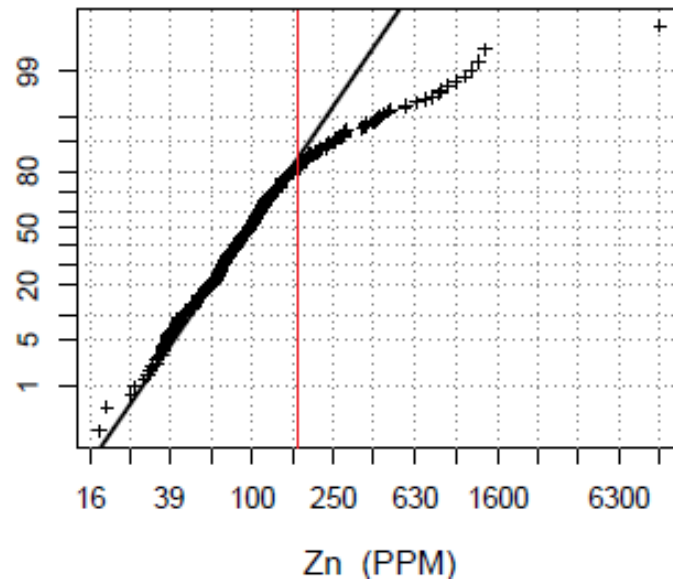


Figur 4.7-2: Prøvepunktene med konsentrasjon av nikkel fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.

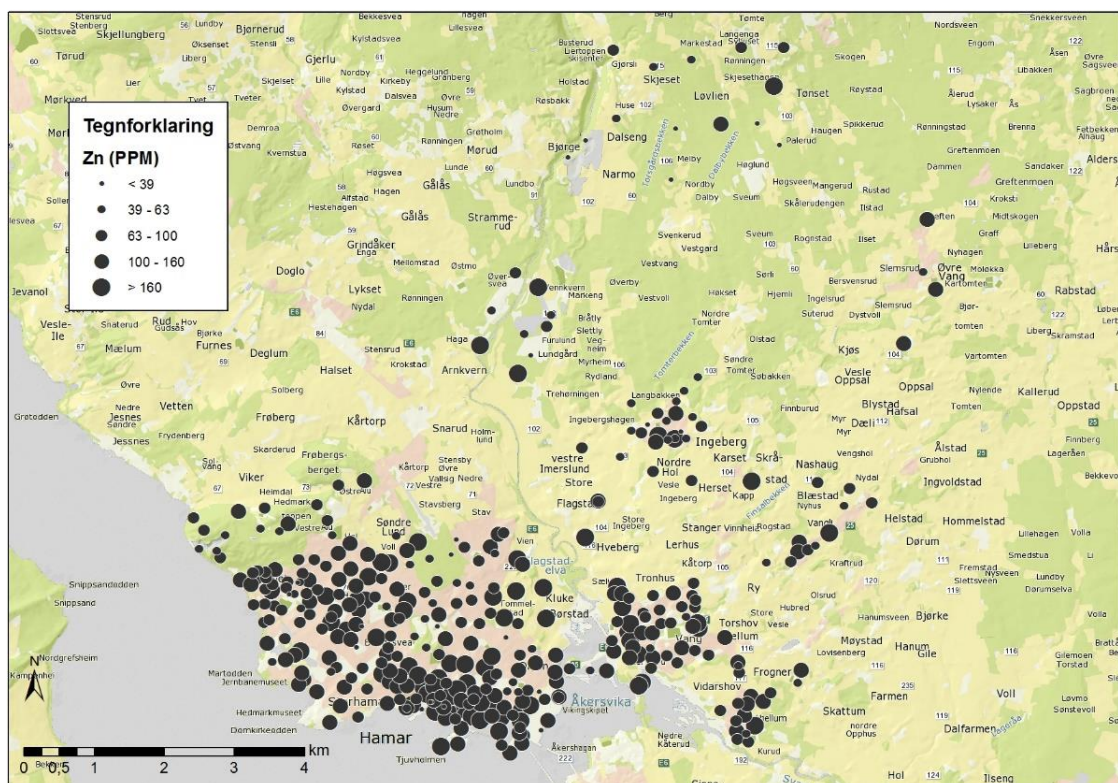


Figur 4.7-3: Prøvepunktene med tilstandsklasse for nikkel.

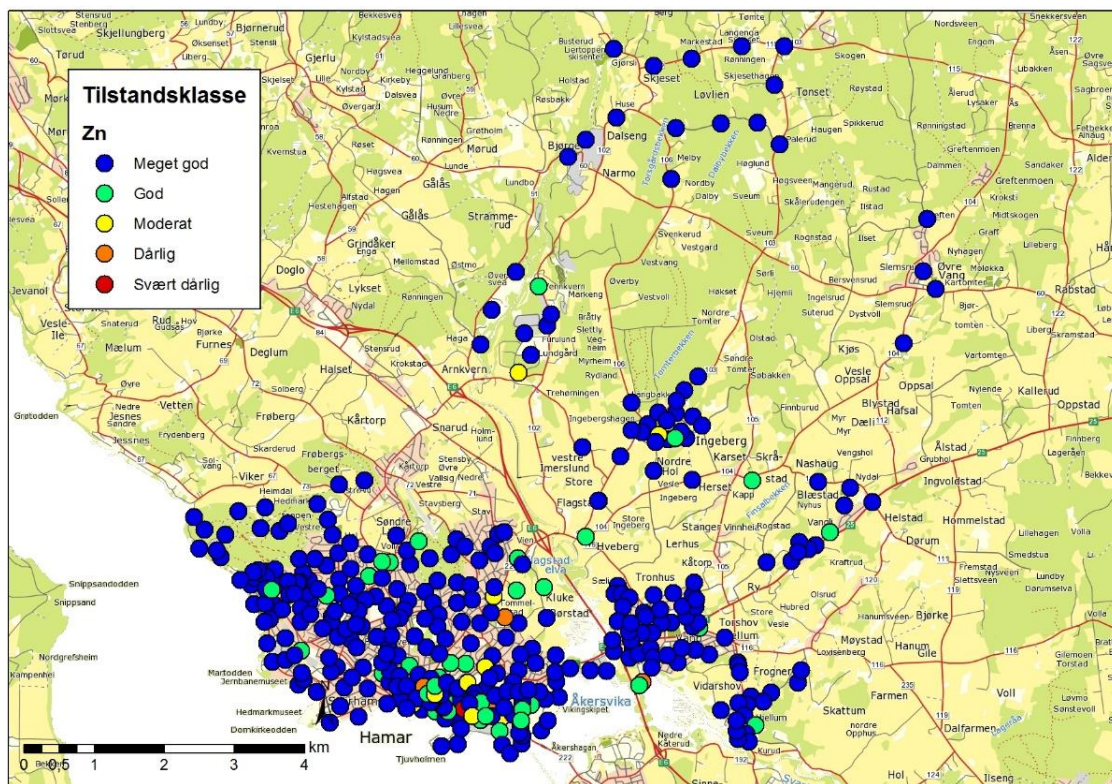
4.8 Sink Zn



Figur 4.8-1: Graf over kumulativ frekvensfordeling av sink i Hamar kommune. Rød linje indikerer grense mellom naturlig bakgrunnsnivå og andre kilder.



Figur 4.8-2: Prøvepunktene med konsentrasjon av sink fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.

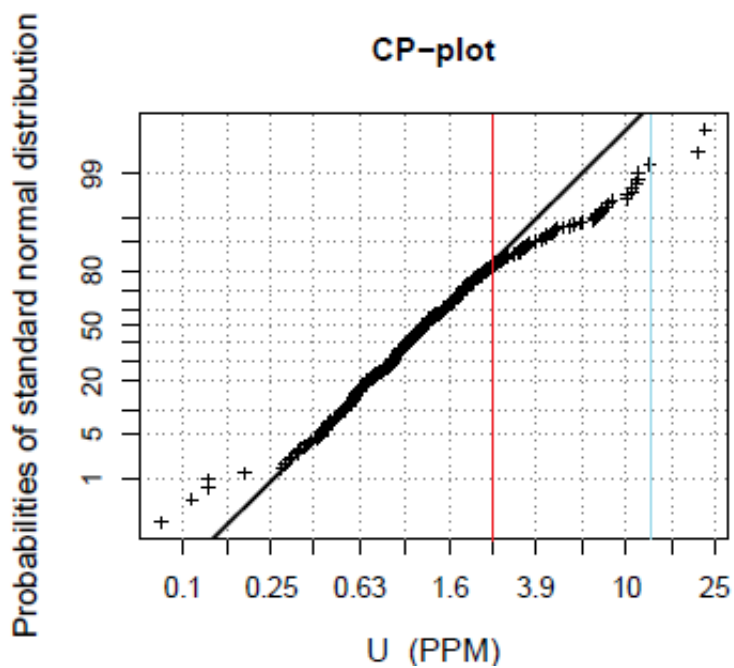


Figur 4.8-3: Prøvepunktene med tilstandsklasse for sink.

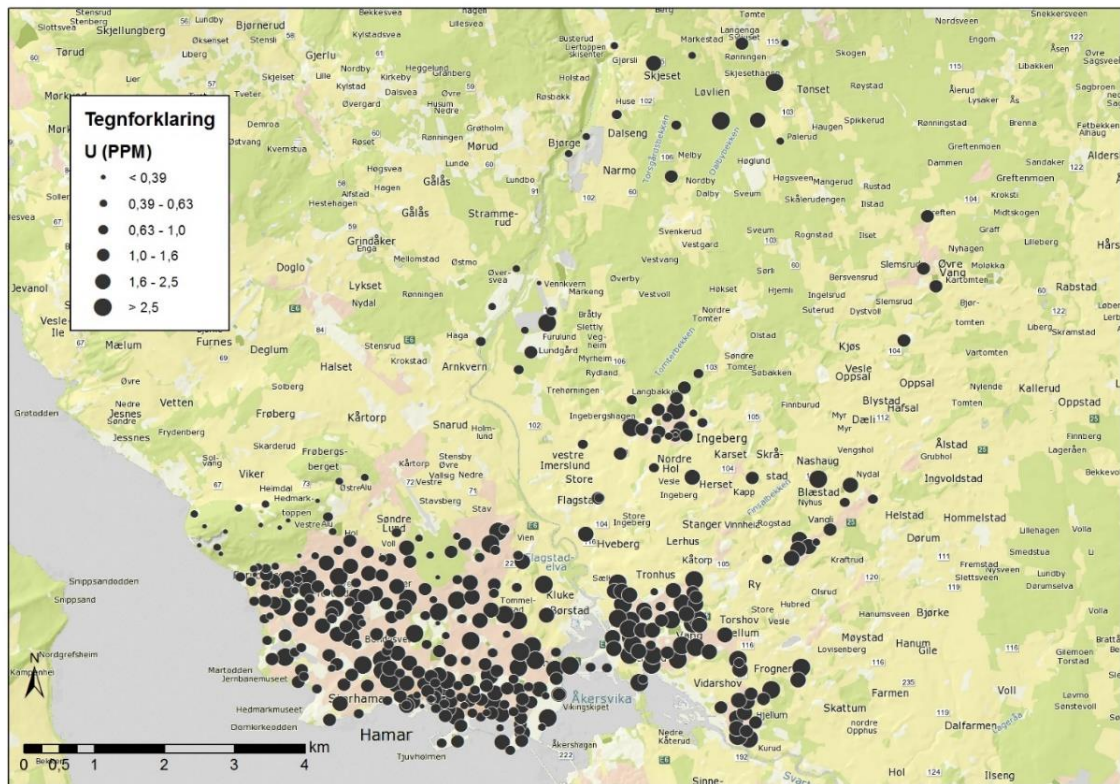
4.9 Uran, U

Tabell 4.9-1: Antall prøver og prosentandel av ulike konsentrasjonsintervaller for uran. Konsentrasjonintervallene i tabellen er de samme som er brukt i kartene under.

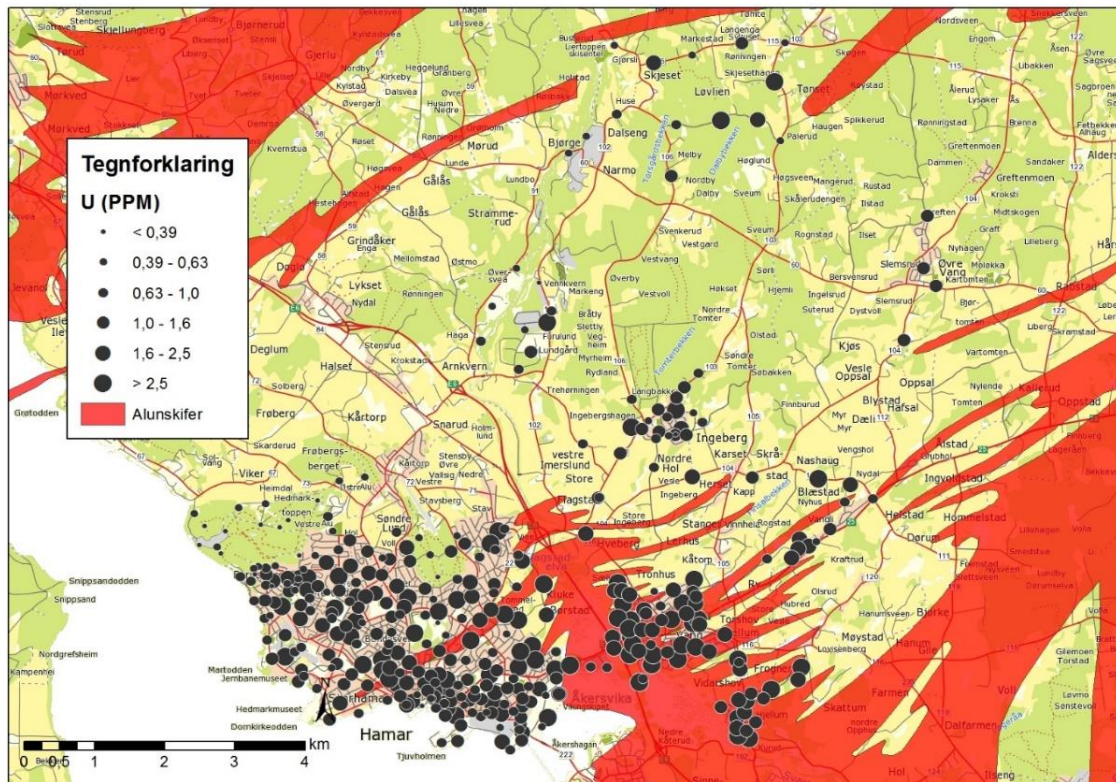
mg/kg	<0,39	0,39-0,63	0,63-1,0	1,0-1,6	1,6-2,5	>2,5	Sum
Antall	16	48	80	89	71	65	369
Prosent	4,3	13,0	21,7	24,1	19,2	17,6	100



Figur 4.9-1: Graf som viser kumulativ frekvensfordeling av uran. De røde og blå linjene indikerer grenser mellom ulike kilder til grunnstoffet.



Figur 4.9-2: Prøvepunktene med konsentrasjon av uran fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



Figur 4.9-3: Prøvepunktene med konsentrasjon av uran fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon, og forekomst av alunskifer markert med rød farge.

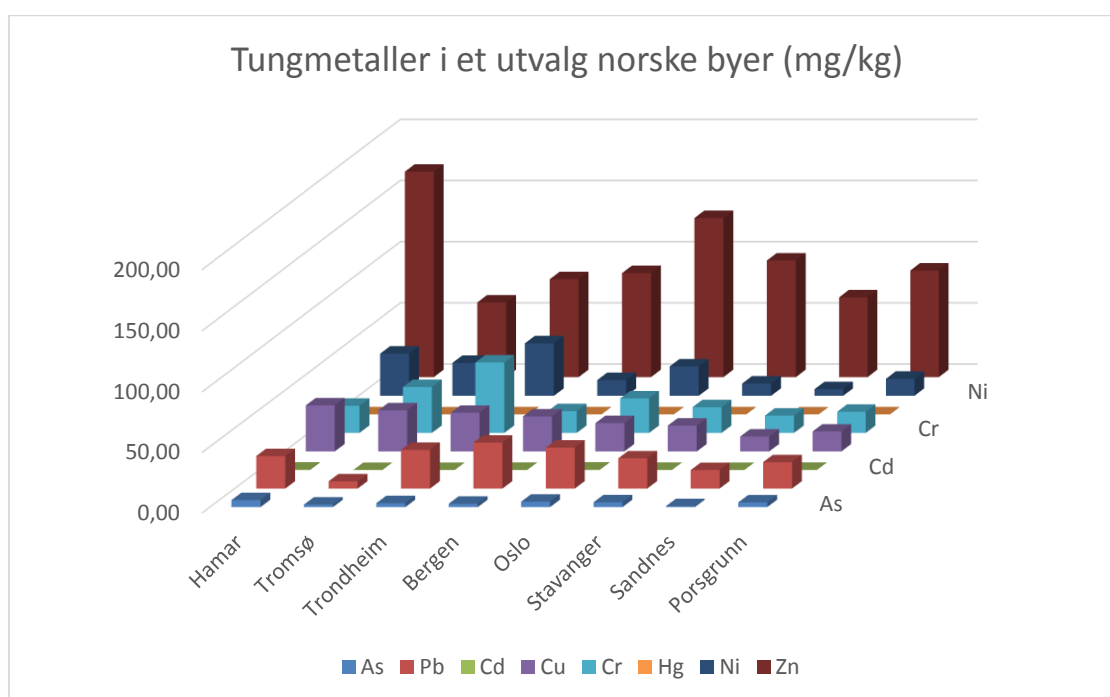
4.10 Forholdet mellom Cerium og Lantan

Tabell 4.10-1: Antall og prosentandel av prøvene der forholdet mellom cerium og lantan er mindre enn 1,8 eller større enn 2,2.

Ce/La	< 1,8	1,8 - 2,2	> 2,2	Sum
Antall	5	199	164	368
Prosent	1,36	54,08	44,57	100,0

5 Diskusjon

Resultatene fra undersøkelsen blir i dette kapitlet diskutert og sammenlignet med resultater fra lignende undersøkelser i andre norske byer. I den første delen av kapitlet blir resultatene for hvert av grunnstoffene As, Pb, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Zn og U kommentert og diskutert. Deretter kommer en gjennomgang av de mest forurensede områdene i Hamar kommune. Det vil si de områdene som har flere prøvepunkter der et eller flere grunnstoffer forekommer i konsentrasjoner som tilsvarer tilstandsklasse 3 eller høyere.



Figur 5-1: 3-Dimensjonalt stolpediagram som viser forekomst av tungmetaller i norske byer sammenlignet med Hamar. De ulike tungmetallene og arsen har fått ulike farger og vises etter hverandre langs y-aksen.

Tabell 5-1: Medianverdier i mg/kg for As, Pb, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni og Zn, fra jordprøver på Hamar, Tromsø, Trondheim, Bergen, Oslo, Stavanger, Sandnes og Porsgrunn.

	Hamar N = 369	Tromsø N = 302	Trondheim N = 321	Bergen N = 435	Oslo N = 297	Stavanger N = 339	Sandnes N = 169	Porsgrunn N = 651
As	5,80	2,1	3,3	2,8	4,5	4	0,8	3,9
Pb	26,86	6	32	38	33,9	25	15,3	21,8
Cd	0,40	0,13	0,12	0,2	0,34	0,16	0,1	0,21
Cu	38,14	34	32	29	23,5	21,4	12,4	16,5
Cr	22,44	38	58	18	28,5	21,3	14,3	17,5
Hg	0,10	0,02	0,09	0,1	0,06	0,0627	0,0287	0,0483
Ni	34,53	27	43	13	24,1	10,1	5,5	14
Zn	167,86	61	80	85	130	95,3	65,2	87,1

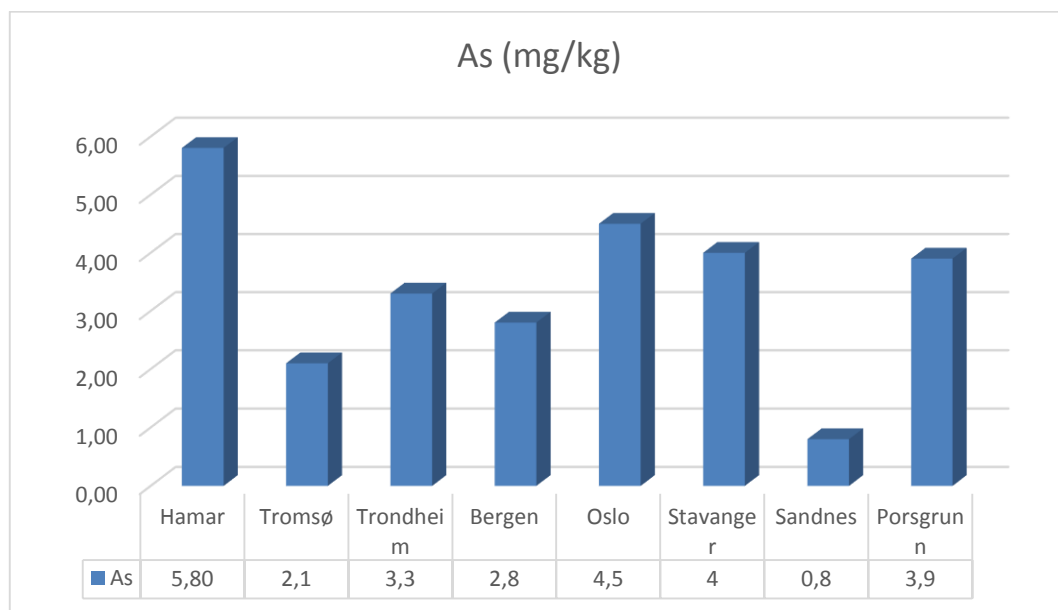
Resultatene fra byene denne undersøkelsen har blitt sammenlignet med (figur 5-1 og tabell 5-1) er Tromsø, Trondheim, Bergen, Oslo, Stavanger, Sandnes og Porsgrunn. Tromsø, Trondheim, Bergen og Oslo er valgt fordi det er store og gamle byer. Stavanger, Sandnes og Porsgrunn har blitt valgt på bakgrunn av at disse undersøkelsene også er masterprosjekter gjennom NGU og derfor ligner veldig på denne undersøkelsen. Prøveantallet for de ulike byene er relativt likt, mellom 297 – 435 prøver, med unntak av Sandnes og Porsgrunn som er byene med færrest og flest prøver, henholdsvis 169 og 651. Da prøveantallet fra Sandnes er så lite er ikke disse prøveresultatene like godt egnet for sammenligning, men de har blitt inkludert her da prosjektet i Sandnes ligner veldig på dette prosjektet. Det legges likevel ikke like stor vekt på disse prøveresultatene som på resultatene fra de andre byene.

5.1 Arsen

Den naturlige bakgrunns-verdien til arsen i Hamar kommune ble bestemt til å ligge på ca 1,5 – 15 mg/kg, (figur 4.1-1). Dette spenner over tilstandsklassene 1 og 2, henholdsvis < 8 og 8 – 20 mg/kg. 82,7 Prosent av prøvene oppnår tilstandsklasse 1, som defineres som Meget god. Til sammen lå 17,3 % av prøvene over normverdien for arsen, fordelt på 15,2 % i tilstandsklasse 2 og 2,2 % i tilstandsklasse 3, (se tabell 5.1-1).

Tabell 5.1-1: Antall prøver og prosentandel i hver tilstandsklasse for arsen.

Tilstandsklasser	1 Meget god	2 God	3 Moderat	4 Dårlig	5 Svært Dårlig	Sum
Antall prøver	305	56	8	0	0	369
Prosentandel	82,7	15,2	2,2	0,0	0,0	100



Figur 5.1-1: Medianverdi for arsen i Hamar og de norske byene Tromsø, Trondheim, Bergen, Oslo, Stavanger, Sandnes og Porsgrunn. Enheter i mg/kg.

Sammenlignet med medianverdien for arsen i jord i andre norske byer, ligger verdien for Hamar veldig høyt (se figur 5.1-1). Det er en differanse på over 1 mg/kg ned til medianverdien i Oslo, som har den høyeste medianverdien av de andre byene. Dette kan ha flere forklaringer. Først og fremst er det verdt å merke seg at nesten 46 % av prøvene hadde

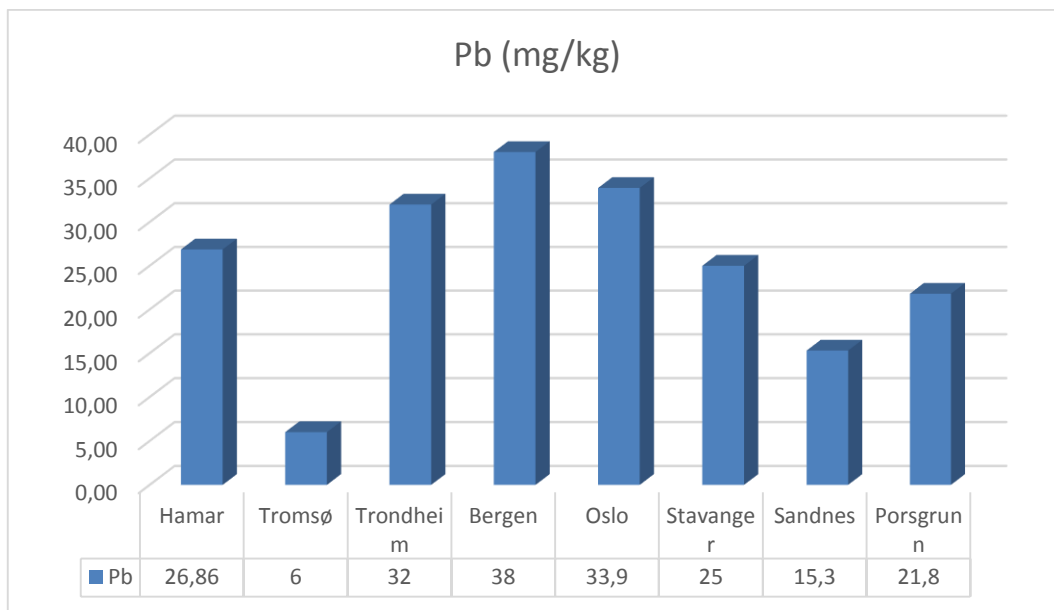
Ce/La –forhold som indikerer at prøvene er forurenset med antropogene partikler (se kap 3.5.2). Dessuten er mye av berggrunnen i Hamar skifer, som kan inneholde 13 mg/kg arsen, se kapittel 2.9.5. Oslo og Stavanger som har de høyeste medianverdiene etter Hamar (Se Figur 5.1-1) er også områder med skifer (Se vedlegg 1), og i Oslo er det i tillegg forekomster av alunskifer (Se vedlegg 2). Ut ifra kartene som viser arsen-forekomster på Hamar (figur 4.1-2 og 4.1-3) ser man at det er mest arsen i jordprøvene som er tatt i Hamar by og på Ridabu. Det er også noe høye verdier på Ingeberg. Ser man på kart over alunskiferutbredelse på Hamar (Figur 2.9.4-1), ser man at Ridabu ligger oppå et alunskiferområde. Det går også et belte med alunskifer gjennom Hamar by og sentrum, men dette samsvarer ikke like godt med hvor de høyeste konsentrasjonene av arsen opptrer. (Se Vedlegg 3 for kart med alunskifer og Arsen). Det er derfor grunn til å tro at både antropogene og geogene kilder styrer arsen-verdiene på Hamar.

5.2 Bly

Tabell 5.2-1: Antall prøver og prosentandel i hver tilstandsklasse for bly.

Tilstandsklasser	1 Meget god	2 God	3 Moderat	4 Dårlig	5 Svært Dårlig	Sum
Antall prøver	344	14	11	0	0	369
Prosentandel	93,2	3,8	3,0	0,0	0,0	100,0

Bakgrunnsverdien til bly i Hamar kommune ble bestemt til å ligge rundt 6 – 60 mg/kg (figur 4.2-1). Dette ligger innenfor grensen til tilstandsklasse 1 «Meget god», der 93,2 prosent av prøvene befinner seg. 3,8 Prosent ble klassifisert som «God» og 3 prosent av prøvene som «Moderat». Alle prøvene som fikk tilstandsklasse 3 ble funnet i Hamar sentrum og på Børstad (se figur 4.2-2 og 4.2-3). Sammenlignet med andre norske byer er ikke medianverdien til bly i Hamar spesielt høy. De store byene, Bergen, Oslo og Trondheim, har alle høyere medianverdi enn Hamar. Stavanger, Porsgrunn og Sandnes har noe lavere, og Tromsø har veldig lav medianverdi. Av byene som sammenlignes her er Tromsø og Porsgrunn de yngste (Det nordiske administrative forbund, Holt, 2009) , dette kan forklare hvorfor Hamar har høyere medianverdier enn disse to byene. Trondheim, Bergen, Oslo og Hamar ble alle grunnlagt mellom 997-1070 (Rosvold, Thune, Tvedt, Halvorsen and Lillevold, 1949), men Hamar er vesentlig mindre enn de tre andre byene, som kan forklare hvorfor disse har høyere medianverdier. Det er trolig antropogene forhold som styrer forekomstene av bly på Hamar.



Figur 5.2-1: Medianverdi for bly i Hamar og de norske byene; Tromsø, Trondheim, Bergen, Oslo, Stavanger, Sandnes og Porsgrunn. Enheter i mg/kg.

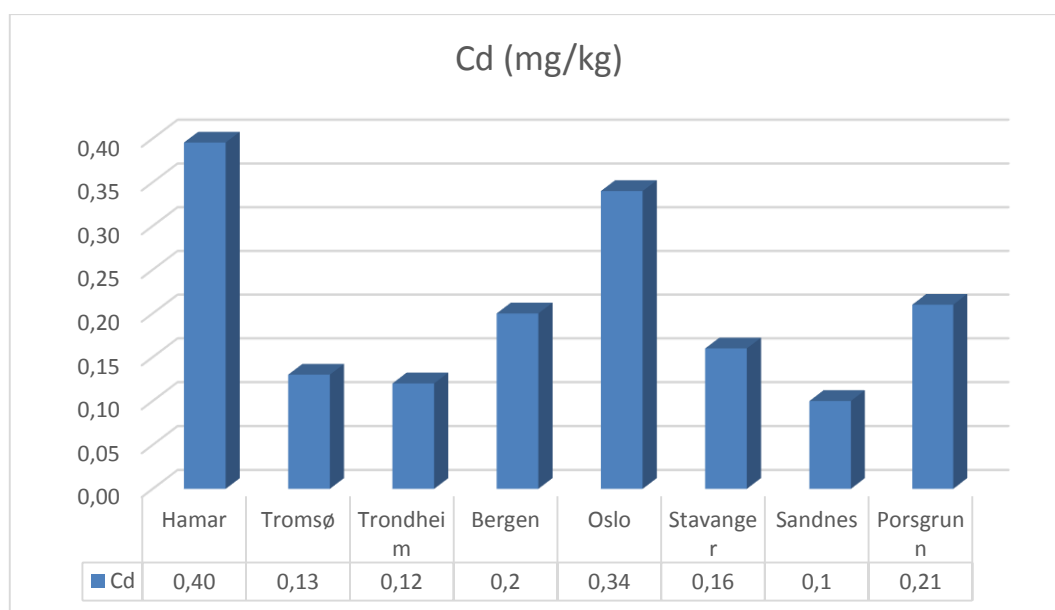
5.3 Kadmium

Tabell 5.3-1: Antall prøver og prosentandel i hver tilstandsklasse for kadmium.

Tilstandsklasser	1 Meget god	2 God	3 Moderat	4 Dårlig	5 Svært Dårlig	Sum
Antall prøver	363	5	1	0	0	369
Prosentandel	98,4	1,4	0,3	0,0	0,0	100,0

Den naturlige bakgrunnsverdien til kadmium i Hamar kommune ble bestemt til å ligge rundt 0,06 – 1,5 mg/kg (figur 4.3-1). Dette tilsvarer tilstandsklasse 1, der 98,4 prosent av prøvene ligger. 1,4 Prosent har Cd-verdier som oppnår tilstandsklasse 2 og 0,3 prosent har tilstandsklasse 3. Selv om det er kun litt under to prosent av prøvene som ligger over normverdien for kadmium ser vi av figur 5.3-1 at medianverdien for kadmium i Hamar er mye høyere enn medianverdiene for de fleste av sammenligningsbyene. Oslo har også en høy medianverdi for kadmium, men denne er en del lavere enn Hamar-verdien. Tidligere er det nevnt at Oslo i likhet med Hamar har en del skifer og noe alunskifer. Dette kan være med på å forklare de høye medianverdiene for disse to områdene. Prøvene med de høyeste kadmium-konsentrasjonene ble funnet på Ridabu, Børstad og i sentrum, (se figur 4.3-2 og 4.3-3), noe

som samsvarer med alunskiferutbredelse. Det er derfor trolig geogene forhold som styrer kadmiumkonsentrasjonen på Hamar.



Figur 5.3-1: Medianverdi for kadmium i Hamar og de norske byene; Tromsø, Trondheim, Bergen, Oslo, Stavanger, Sandnes og Porsgrunn. Enheter i mg/kg.

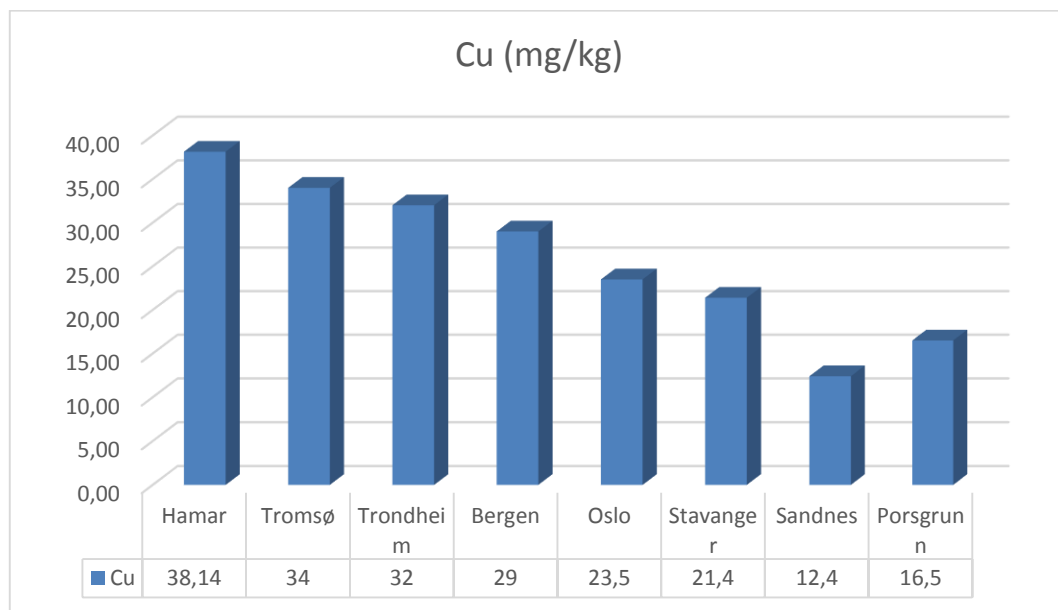
5.4 Kobber

Tabell 5.4-1: Antall prøver og prosentandel i hver tilstandsklasse for kobber.

Tilstandsklasser	1 Meget god	2 God	3 Moderat	4 Dårlig	5 Svært Dårlig	Sum
Antall prøver	362	2	4	1	0	369
Prosentandel	98,1	0,5	1,1	0,3	0,0	100,0

Naturlig bakgrunnsverdi for kobber ble anslått til å være 6 -60 mg/kg i Hamar kommune. Dette ligger innenfor tilstandsklasse 1. 98,1 % av prøvene ligger innenfor tilstandsklasse 1, 0,5 % av prøvene i tilstandsklasse 2, 1,1 % av prøvene i tilstandsklasse 3 og én prøve lå i tilstandsklasse 4 «Dårlig». De mest forurensede prøvene ble funnet på Børstad, Espern, Tjuvholmen og ved jernbanemuseet, se figur 4.6-3, men det ble også funnet høye verdier av kobber på Ridabu og spredt rundt i Hamar by, se figur 4.4-2.

Hamar har høyere medianverdi for kobber en alle de andre sammenligningsbyene. Etter Hamar følger medianverdiene i en rekkefølge som går fra nord til sør henholdsvis; Tromsø, Trondheim, Bergen, Oslo og Stavanger. Dette har mest sannsynlig sin forklaring i geologien i byene. På Hamar er det mest sannsynlig både antropogene og geogene forhold som styrer kobberverdiene



Figur 5.4-1: Medianverdi for kobber i Hamar og de norske byene; Tromsø, Trondheim, Bergen, Oslo, Stavanger, Sandnes og Porsgrunn. Enheter i mg/kg.

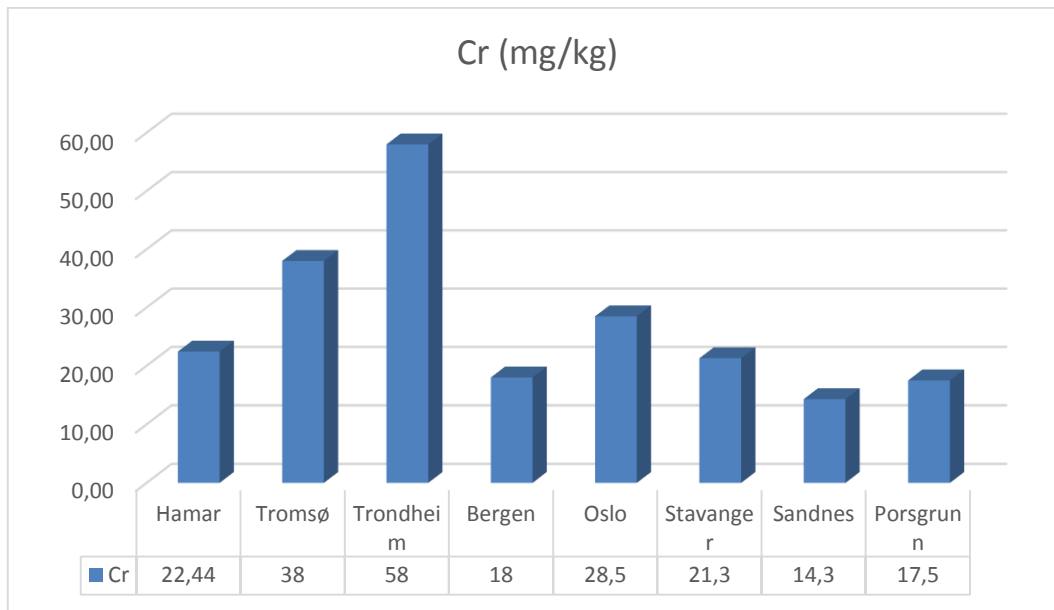
5.5 Krom

Tabell 5.5-1: Antall prøver og prosentandel i hver tilstandsklasse for krom.

Tilstandsklasser	1 Meget god	2 God	3 Moderat	4 Dårlig	5 Svært Dårlig	Sum
Antall prøver	340	28	1	0	0	369
Prosentandel	92,1	7,6	0,3	0,0	0,0	100,0

Det naturlige bakgrunnsnivået for krom i Hamar ble bestemt til å ligge mellom 4 – 60 mg/kg (figur 4.5-1). Dette er verdier som strekker seg over tilstandsklasse 1 og 2. Der man finner henholdsvis 92,1 og 7,6 prosent av prøvene. Det ble også funnet én prøve i tilstandsklasse 3. Det er en ganske høy andel av prøvene som oppnår tilstandsklasse 2. De fleste prøvene med tilstandsklasse 2 ligger langs stranda til Mjøsa og i boligfelt vest i Hamar by, se figur 4.7-2 og 4.7-3. Dette samsvarer med forekomster av skifer, men ikke alunskifer, (se figur C-5 i vedlegg C og E-5 i vedlegg E).

Sammenlignet med medianverdien for krom i de andre byene (Se Figur 5.5-1) er ikke Hamars medianverdi spesielt høy. Den høyeste medianverdien ble funnet i Trondheim, der den ligger 8 mg/kg over normverdien. Medianverdien i Tromsø og Oslo er også høyere enn medianverdien i Hamar. Verdiene for Stavanger, Bergen, Porsgrunn og Sandnes ligger under, men nokså nærme verdien i Hamar. Det er grunn til å tro at både geogene og antropogene faktorer styrer forekomster av krom på Hamar.



Figur 5.5-1: Medianverdi for krom i Hamar og de norske byene; Tromsø, Trondheim, Bergen, Oslo, Stavanger, Sandnes og Porsgrunn. Enheter i mg/kg.

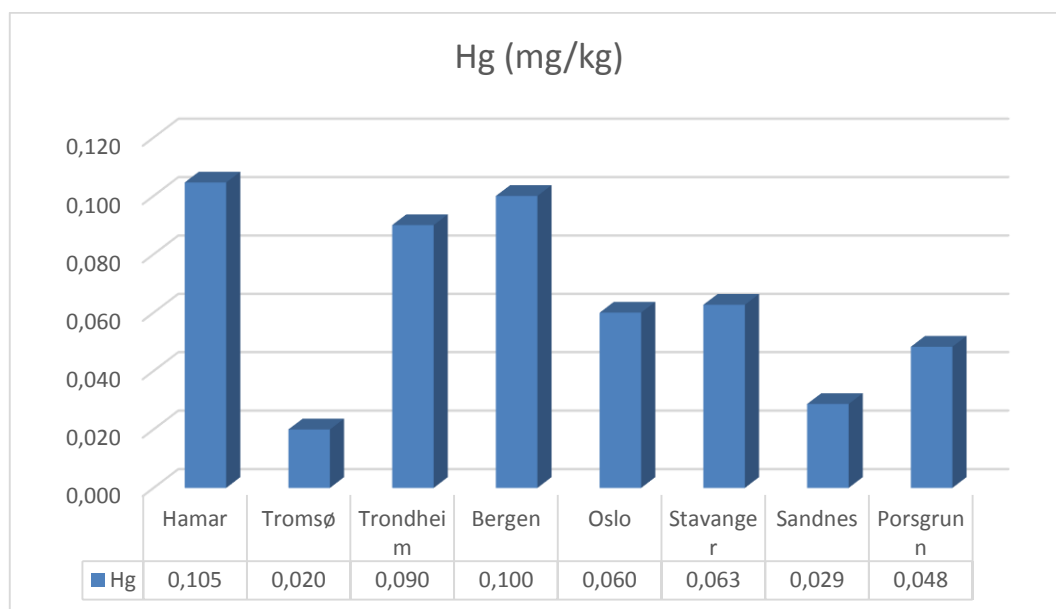
5.6 Kvikksølv

Tabell 5.6-1: Antall prøver og prosentandel i hver tilstandsklasse for kvikksølv.

Tilstandsklasser	1 Meget god	2 God	3 Moderat	4 Dårlig	5 Svært Dårlig	Sum
Antall prøver	364	3	1	1	0	369
Prosentandel	98,6	0,8	0,3	0,3	0,0	100,0

Naturlige bakgrunnsverdier for kvikksølv er bestemt til å ligge mellom 0,016 – 0,2 mg/kg (figur 4.6-1). Dette ligger et godt stykke innenfor tilstandsklasse 1. 98 Prosent av prøvene oppnår denne tilstandsklassen, 0,8 prosent av prøvene oppnår tilstandsklasse 2, og det ble funnet én prøve med hver av tilstandsklassene 3 og 4. Disse prøvene ble funnet i sentrum og på Storhamar, (figur 4.6-3). På forurensningskartet, (figur 4.6-2), ser man at de største forekomstene av kvikksølv på Hamar ligger på Ridabu, i Hamar sentrum og Hamar Vest. På Ridabu er det store forekomster av alunskifer, mens det i Hamar sentrum og Hamar vest er annen skifer, (se figur C-6 i vedlegg C og figur E-6 i vedlegg E).

Medianverdien for kvikksølv på Hamar er høyere en medianverdiene i sammenligningsbyene, men med meget liten margin ned til Bergen og Trondheim. Deretter er det en stor differanse ned til Oslo Stavanger og Porsgrunn, og en enda større differanse ned til Tromsø og Sandnes. Alle medianverdiene ligger langt under normverdien for kvikksølv, som er 1 mg/kg. I Bergen ble de høyeste kvikksølvverdiene forklart med industriutslipp og krematorie-virksomhet. I Hamar ligger det et krematorie ved Hamar Domkirke. I området rundt dette krematoriet ble det funnet én prøve med tilstandsklasse 2. Denne prøven hadde også arsen og sink-innhold som tilsvarer tilstandsklasse 2 og blyinnhold med tilstandsklasse 3. Dette indikerer at det kan være andre typer forurensning som er tilstede i denne prøven. Foruten denne enkeltprøven ble det ikke funnet spesielt høye kvikksølv-verdier i området rundt krematoriet. Den dominerende vindretningen på Hamar er nordvest om vinteren og sør og sørvest om sommeren, (figur 5.6-2 og 5.6-3), (Meteorologisk Institutt, 2014). Da det ble funnet kun fire punkter med kvikksølv i tilstandsklasser over 1, og medianverdien for kvikksølv på Hamar er såpass høy sammenlignet med andre byer er det god grunn til å tro at kvikksølv på Hamar i hovedsak styres av geogene forhold.



Figur 5.6-1: Medianverdi for kvikksølv i Hamar og de norske byene; Tromsø, Trondheim, Bergen, Oslo, Stavanger, Sandnes og Porsgrunn. Enheter i mg/kg.

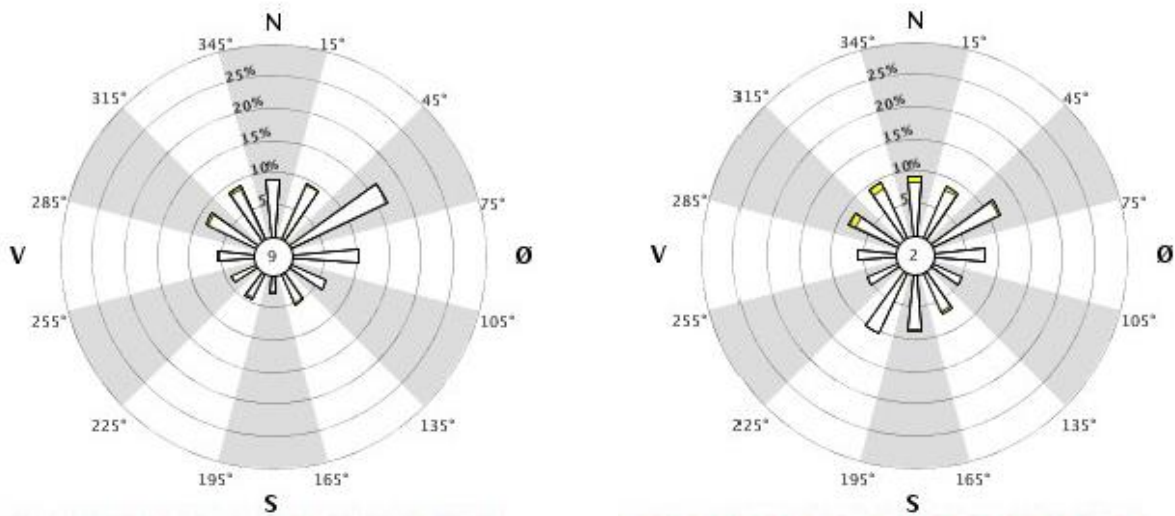
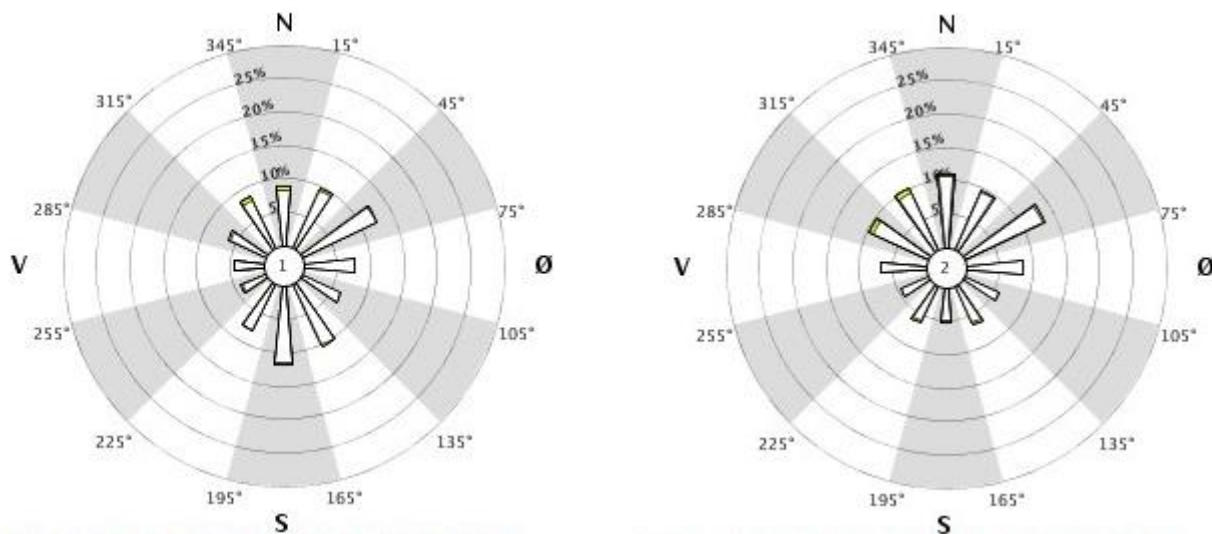


Figure 5.6-2: Vindroser for henholdsvis des-feb og mar-mai 2005-2014, (Metrologisk Institutt, 2014).



Figur 5.6-3: Vindroser for henholdsvis jun-aug og sept-nov 2005-2014, (Meterologisk Institutt, 2014)

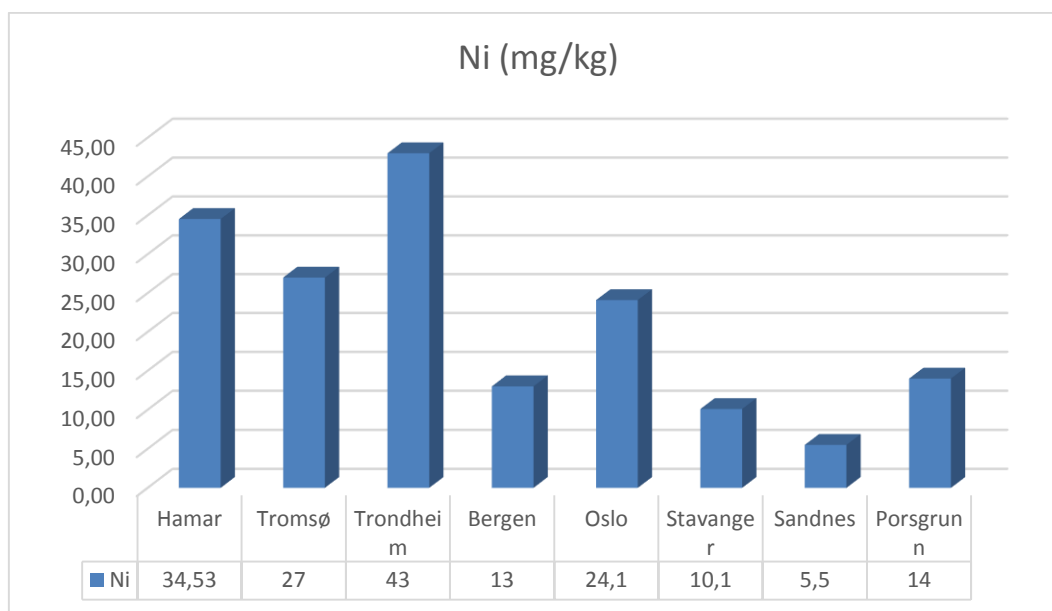
5.7 Nikkel

Tabell 5.7-1: Antall prøver og prosentandel i hver tilstandsklasse for nikkel.

Tilstandsklasser	1 Meget god	2 God	3 Moderat	4 Dårlig	5 Svært Dårlig	Sum
Antall prøver	310	57	1	1	0	369
Prosentandel	84,0	15,4	0,3	0,3	0,0	100,0

Bakgrunnsnivået for nikkel i Hamar ble bestemt til å ligge mellom 4 – 100 mg/kg (figur 4.7-1). Dette spenner over tilstandsklasse 1 og 2 der henholdsvis 84 og 15,4 prosent av prøvene ligger. Én prøve fikk tilstand 3 og én fikk tilstand 4. Prøvene med tilstand 2, med hensyn på nikkel, ble funnet på stort sett samme punkter som prøvene med tilstand 2, med hensyn på krom. Det er i tillegg er det en del flere prøvepunkter med nikkelnivåer med tilstand 2 på de samme geografiske områdene, langs Mjøsa og vestre del av Hamar by, og noen spredte enkeltpunkter på Ridabu, Ingeberg, Blæstad og Østre Vang, (se figur 4.7-2 og 4.7-3).

Medianverdien til nikkel på Hamar er lavere enn medianverdien i Trondheim, men høyere enn i de øvrige byene, med en lite steg ned til Tromsø og Oslo, differanser på henholdsvis 7,53 og 10,43 mg/kg og et større gap ned til Porsgrunn, Bergen Stavanger og Sandnes, med differanser på henholdsvis 20,53, 21,53, 24,43 og 29,03 mg/kg. I Trondheim har undersøkelser konkludert med at høye nikkilverdier skyldes naturlige forekomster fra berggrunnen. I Hamar kan forklaringen være ganske lik, da det naturlige bakgrunnsnivået som ble funnet er veldig høyt.



Figur 5.7-1: Medianverdi for nikkell i Hamar og de norske byene; Tromsø, Trondheim, Bergen, Oslo, Stavanger, Sandnes og Porsgrunn. Enheter i mg/kg.

5.8 Sink

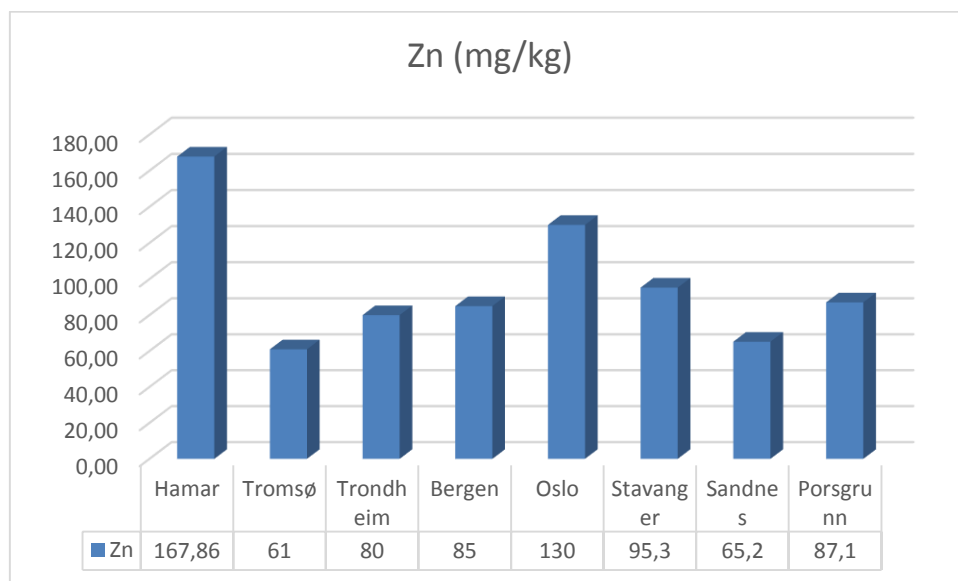
Tabell 5.8-1: Antall prøver og prosentandel i hver tilstandsklasse for sink.

Tilstandsklasser	1 Meget god	2 God	3 Moderat	4 Dårlig	5 Svært Dårlig	Sum
Antall prøver	320	35	9	4	1	369
Prosentandel	86,7	9,5	2,4	1,1	0,3	100,0

Det naturlige bakgrunnsnivået som ble funnet for sink i Hamar er 25 – 160 mg/kg (figur 4.8-1). Dette intervallet er innenfor tilstandsklasse 1. Likevel ligger en del prøver over dette, og hele 13,3 prosent av prøvene ligger over normverdien, fordelt på 9,5prosent med tilstandsklasse 2, 2,4 prosent med tilstandsklasse 3, 1,1 prosent med tilstandsklasse 4 og én prøve med tilstandsklasse 5 «Svært Dårlig». Sistnevnte prøve blir diskutert nærmere i kapittel 5.10.2.

Sammenlignet med medianverdiene funnet i andre norske byer er sink-verdien i Hamar meget høy. Den er høyere enn samtlige av verdiene i de andre byene og differansen ned til nesthøyeste verdi, fra Oslo, er på 37,86 mg/kg. Under dette spenner medianverdiene seg fra 61 – 95,3 mg/kg. Ut fra den kumulative frekvensfordelingen for sink, (figur 4.8-1), ser man at

det er en stor andel prøver som ligger til høyre for knekkpunktet som angir et kilde-skifte. Med andre ord er det stor grunn til å tro at sinkverdiene har både antropogent og geogent opphav. Ut fra forurensningskartet og tilstandsklassekartet, (figur 4.8-2 og 4.8-3), ser man at fordelingen av de høyeste sink-konsentrasjonene er noe spredt, men med hovedtyngde i Hamar sentrum og på Børstad. Disse områdene kommenteres nærmere i kapitlene 5.10.2 og 5.10.3.



Figur 5.8-1: Medianverdi for sink i Hamar og de norske byene; Tromsø, Trondheim, Bergen, Oslo, Stavanger, Sandnes og Porsgrunn. Enheter i mg/kg.

5.9 Uran

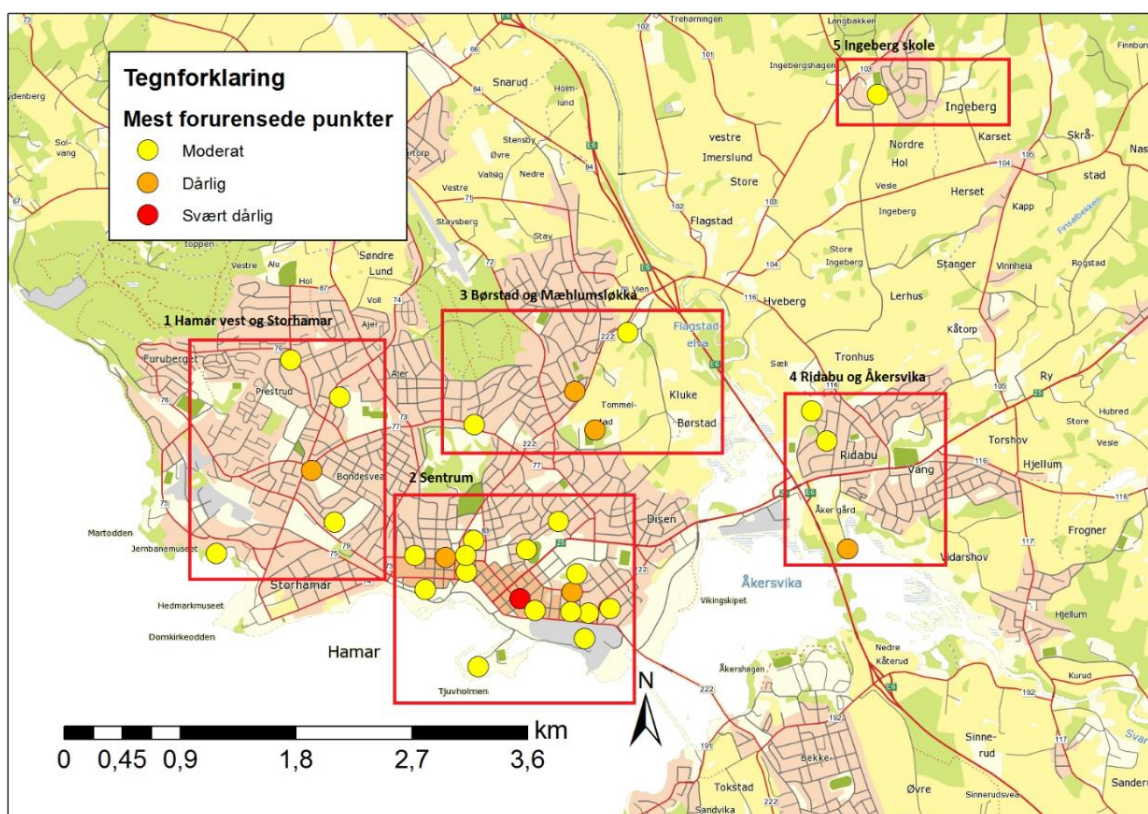
Det naturlige bakgrunnsintervallet til uran ble bestemt å være 0,25 – 2,5 mg/kg. 10 av de totalt 369 prøvene som ble undersøkt inneholdt mer enn 10 mg/kg uran. Av disse var det kun to prøver som inneholdt mer enn 20 mg/kg uran, som anses å være grensen for hva som kalles uranbærende skifer (Swanson 1961). Medianverdien lå på 1,22 mg/kg og gjennomsnittet på 1,97 mg/kg.

Det ble funnet høye Urankonsentrasjoner i hele kommunen, (se figur 4.9-2 og 4.9-3). Det er tettest mellom høye konsentrasjoner av uran på Ridabu, som ligger oppå et alunskiferfelt. Det er også nokså tett mellom prøvepunkter med høy urankonsentrasjon i Hamar by. Flere steder i Hamar by og sentrum er skifer dominerende bergart, (se figur E-9). Ifølge Reiman og Caritat (Reimann and Caritat, 1998) er gjennomsnittlig innhold av uran i skifer 3,2 mg/kg, mens det i sandstein og kalkstein er henholdsvis 1,3 og 1 mg/kg uran. Dette stemmer godt overens med hvor det er funnet høye konsentrasjoner av uran i dette denne undersøkelsen, og gir grunn til å anta at uran styres mest av geogene forhold.

5.10 Prøvelokaliteter med spesielt høye konsentrasjoner av tungmetaller

Her ses det nærmere på områder der den høyeste tilstandsklassen for tungmetallene er 3 eller høyere, for flere prøver. Det er valgt å bruke opprinnelige prøvenavn, da det er disse som står på prøvebeholdere på bildene. Rekkefølgen på områdeinndelingen går fra vest mot øst. For hvert område blir enkeltpunktene gjennomgått, og tilstand, mulige kilder og behov for tiltak blir tatt opp.

Av de 32 prøvepunktene som har fått tilstandsklasse 3 eller høyere er det kun 9 stykker som oppfyller kravene til tilstand basert på arealbruksklasse. Dette kommenteres nærmere i de følgende avsnittene. Arealbruksklassene er satt opp etter forslagene i Tabell 2.5.3, og markert med tilhørende farge. Arealbruksklasse 4 kan, som nevnt i kapittel 2.5, stå på grunn med tilstand 4, dersom det foretas en risikovurdering. Derfor er slike arealbruk markert med oransje i tabellene i dette kapitlet. Ce/La-forhold blir kun kommentert på prøvene med unaturlig forhold.



Figur 5.10-1: Avgrensning for forurensede områder i Hamar kommune. 1) Hamar vest og Storhamar, 2) Sentrum, 3) Børstad og Mæhlumsløkka, 4) Ridabu og Åkersvika og 5) Ingeberg skole.

5.10.1 Hamar vest og Storhamar

Det ble funnet fem punkter der høyeste tilstandsklasse var 3 eller høyere på Hamar Vest og Storhamar, (figur 5.10.1-1). En kort gjennomgang av konsentrasjon av de ulike tungmetallene i hver prøve, og arealbruksklasse finnes i tabell 5.10.1-1, og på figur 5.10.1-2 ser man fotografier tatt av området rundt hver prøve, med merking av prøvenavn i det nedre hjørnet. På Storhamar og Hamar Vest ble det funnet fire prøver med tilstandsklasse 3 og en prøve med tilstand 4. Forurensningene består av arsen, bly, kobber og kvikksølv.

Prøve 5697 ble tatt under en gran i en hage på Hamar Vest, (se figur 5.10.1-2). Denne prøven fikk tilstand 3 på grunn av høyt arseninnhold. Det var også nikkelinhold tilsvarende tilstandsklasse 2 i prøven. nikkelinholdet kan ha både antropogent opphav eller geogent, da det naturlige bakgrunnsnivået for nikkell på Hamar er såpass høyt. Fordi prøvens Ce/La-forhold lå over 2,2 (Se tabell F-1 i Vedlegg F), er det stor grunn til å tro at prøven er forurenset med antropogene partikler. Arsenforurensning i boligområder kommer ofte fra CCA-impregnert treverk, for eksempel fra gjerder og terrassebord. Da det ikke er noen andre kilder som utpeker seg i området, er dette mest sannsynlig grunnen til arsennivået i prøven. Arealbruken i området rundt prøven krever overflatejord med tilstandsklasse 2, derfor burde det vurderes å sette inn tiltak i området rundt prøven.

Prøve 6607 ble tatt på gresset ved parkeringsplassen utenfor Hamar Katedralskole (figur 5.10.1-1 og 5.10.1-2). Under prøvetaking ble det gravd fram litt plankebiter og isopor, som kan ha bidratt til forurensningen i punktet. Også i denne prøven bestod forurensningen av arsen med tilstandsklasse 3, (tabell 5.10.1-1). Framgravningen av planke- og isopor-materiale gir grunn til å tro at forurensningen i dette punktet skyldes utlekking fra antropogent avfall i jorda. Arealbruken rundt dette punktet har blitt klassifisert som skole, og krever tilstand 2 i overflatejorda. Da tilstanden i punktet er 3, burde det vurderes tiltak.

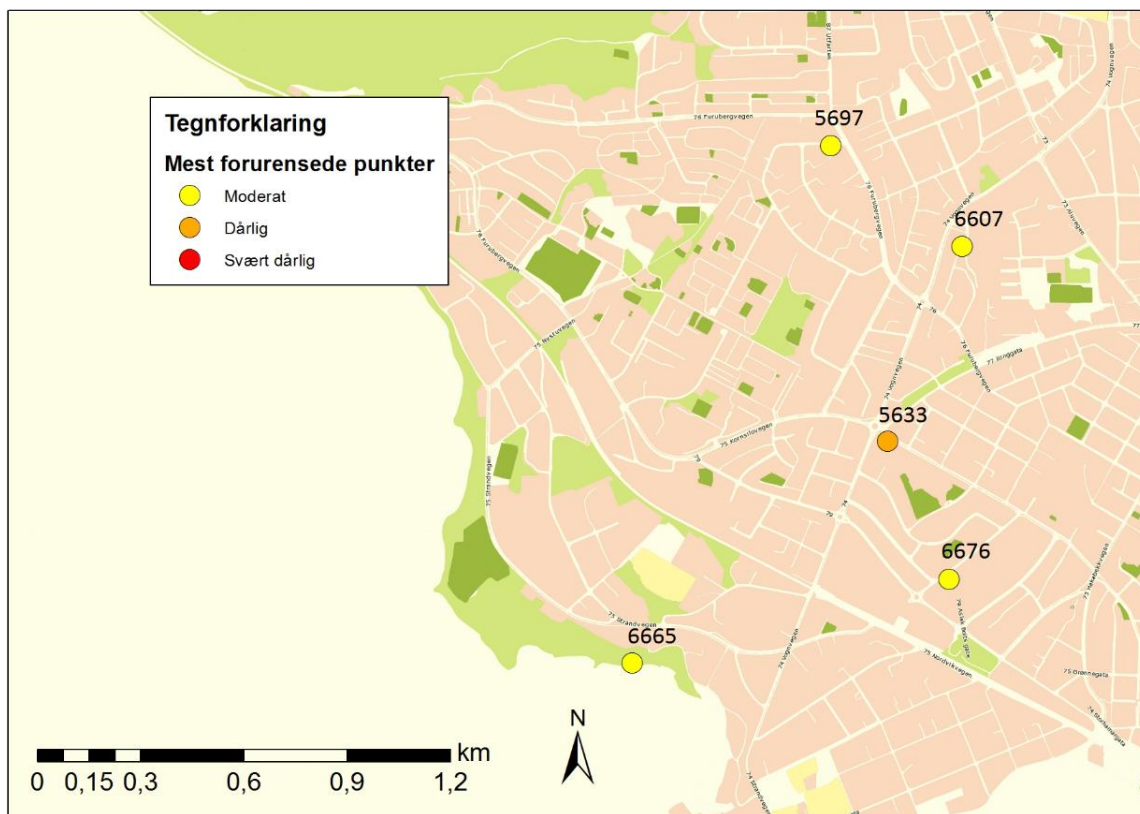
Den mest forurensede prøven på Hamar Vest (figur 5.10.1-1), er prøve 5633, som har fått tilstand 4 på grunn av det høye kvikksølv-nivået, (tabell 5.10.1-1). Denne prøven har Ce/La forhold som tilsier tilstedeværelse av antropogene partikler, (se tabell F-1 i Vedlegg F). Prøven ble tatt på under et tre utenfor Hamar Kjemiske Renseri AS (figur 5.10.1-2). Dette foretaket ble ifølge Brønnøysundregisteret stiftet 27.02.2013, (Brønnøysundregisteret), men

ifølge dagens eier har det vært renserivirksomhet der siden bygget ble oppført i 1958. Selv om det i hovedsak er klororganiske løsemidler man er bekymret for med tanke på forurensning fra renserier, er det grunn til å tro at slik virksomhet også kan tilføre miljøet kvikksølvholdig avfall, se avsnitt om renserier i kapittel 2.4.1. I avsnittet om kvikksølv i kapittel 2.6 nevnes det at enkelte planter kan transportere kvikksølv fra litosfæren til atmosfæren. Dette kan være en mulig problematikk her. Arealbruken i punktet klassifiseres som forretning og krever tilstand 3, som er en klasse høyere enn den som ble funnet i punktet. Derfor burde tiltak vurderes her, spesielt for å hindre videre spredning.

Prøve 6676 hadde både nivåer av arsen og bly med tilstandsklasse 3, (tabell 5.10.1-1). Prøven ble tatt på en parkeringsplass mellom et boligområde og en bensinstasjon, med i tilknytning til garasjer for store kjøretøy, (figur 5.10.1-2). På et område med mye biltrafikk er det naturlig å anta at dette er kilden til høyt bly-innhold i grunnen. Bensin før 1995 inneholdt bly, og selv om det ikke lenger brukes blyholdig bensin, kan det fortsatt ligge igjen mye forurensning i grunnen, fra tiden slik bensin var i bruk. I området rundt prøven ligger flere foretak, blant annet trafikkskole, møbelkjede, el-butikk og bensinstasjon. Arsenforurensning kan komme fra flere kilder i området. Selv om prøven hadde høye verdier av bly og arsen, overskrider ikke tilstandsklassen i prøven kravet til arealbruk, som har blitt klassifisert som parkeringsplass. Derfor må det ikke nødvendigvis ryddes opp rundt prøven, men det anbefales å forsøke å hindre videre spredning, da det er boligområder på den andre siden av veien fra prøvepunktet.

Prøve 6665 ble tatt ved en sti langs Mjøsa, like ved Jernbanemuseet (figur 5.10.1-1 og 5.10.1-2), og er en av de få prøvene i denne undersøkelsen som er forurenset med kobber.

Kobberinnholdet har tilstand 3, noe som er en klasse for høyt i forhold til arealbruken i området, klassifisert som Park, (Tabell 5.10.1-1). Kobberet kan komme fra jernbanevogner og annet jernmateriale på Jernbanemuseet, men dette stemmer lite overens med de andre prøvene som ble tatt ved museet. Prøven ble tatt ikke så langt unna metallbedriften K.A. Rasmussen, som ble beskrevet i kapittel 2.3.2. Dette kan være en mulig kilde til forurensningen. Det anbefales å undersøke dette nøyere og eventuelt sette inn tiltak for opprydding og for å forhindre spredning. Dette er et friluftsområde som brukes aktivt av både barn og voksne, og det ligger meget nærme Mjøsa, som er hoved-drikkevannet i kommunen (Hamar kommune, 2006).



Figur 5.10.1-1: Kart over de mest forurensede punktene på Hamar vest og Storhamar.

Tabell 5.10-1-1: Konsentrasjon av As, Pb, Cu, Cd, Cr, Hg, Ni og Zn, med tilhørende tilstandsklasser, for prøvepunktene på Hamar vest og Storhamar.

5697	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	Arealbruk
Konsentrasjon (mg/kg)	28,6	25,32	1,04	47,50	25,4	0,105	80,7	136,4	Boligfelt
Tilstandsklasse	3	1	1	1	1	1	2	1	
6607	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	Arealbruk
Konsentrasjon (mg/kg)	23,2	20,79	0,26	47,52	47,8	0,127	47,3	173,7	Skole
Tilstandsklasse	3	1	1	1	1	1	1	1	
5633	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	Arealbruk
Konsentrasjon (mg/kg)	7,3	33,65	0,55	27,33	17,9	5,316	25,1	1,0	Forretning
Tilstandsklasse	1	1	1	1	1	4	1	1	
6676	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	Arealbruk
Konsentrasjon (mg/kg)	33,0	118,41	0,15	58,76	4,2	0,079	18,1	76,3	Parkeringsplass
Tilstandsklasse	3	3	1	1	1	1	1	1	
6665	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	Arealbruk
Konsentrasjon (mg/kg)	6,0	31,71	0,09	557,95	48,1	0,073	65,5	108,3	Park
Tilstandsklasse	1	1	1	3	1	1	2	1	



Figur 5.10.1-2: Områdene rundt prøvepunktene 5697, 6607, 5633, 6676 og 6665.

5.10.2 Sentrum

Hamar sentrum er det området med tettest og flest prøvepunkter der en eller flere metaller opptrer i tilstandsklasse 3 eller høyere. Forurensningen i sentrum består hovedsakelig av bly og sink, med noen spredte innslag av de andre metallene. Lignende undersøkelser i andre byer har vist at det som oftest er mest forurensning i bykjernen. Resultatene for punktene som kommenteres her er oppsummert i Tabell 5.10.2-1. Her fremkommer konsentrasjon og tilstandsklasse for hvert metall i hvert punkt, og hvilken arealbruksklasse prøvepunktet er definert som i denne undersøkelsen. I figur 5.10.2-1 vises et kart over prøvepunktene med fargekoder for tilstandsklasser, og i figur 5.10.2-2, 5.10.2-3 og 5.10.2-4 vises fotografiene som ble tatt rundt de ulike prøvepunktene. Disse er satt opp i samme rekkefølge som de fremkommer i resultat-tabellen, og er i tillegg markert i det nederste hjørnet med prøvenavn.

Prøve 6629 ble tatt under et stålgerde langs en vei i et boligområde like ved sentrum, (figur 5.10.2-1). Det stod en lyktestolpe like ved prøvepunktet, og asfalten på veien var mosegrodd (figur 5.10.2-2), som viser at den har ligget der en god stund. Prøven var forurenset med sink i tilstandsklasse 4, (Tabell 5.10.2-1). Det var i tillegg bly og kadmium i tilstandsklasse 2, dvs. høyere enn det naturlige bakgrunnsnivået som har blitt bestemt i denne oppgaven. Både gjerdet, lyktestolpen og asfalten kan være mulige kilder til zink-innholdet i prøven. Biltrafikk kan forårsake sink- og kadmiumforurensning da bildekk, som nevnt i kapittel 2.4.1, inneholder disse grunnstoffene og slites ved bruk. Sink, bly og kadmium er alle metaller som har blitt brukt som tilsetningsstoffer i maling, og kan derfor stamme fra husmaling som har skallet av, eller blitt pusset vekk og skylt ned på veien. Arealbruket ved denne prøven er klassifisert som boligområde, dermed er jorda i denne prøven to klasser for dårlig i forhold til arealbruket. Her burde det gjøres videre undersøkelser, jorda burde vurderes flyttet og tiltak for å hindre videre spredning bør settes inn.

Prøve 5779 ble tatt i en park mellom Skappels gate og jernbanelinja, (figur 5.10.2-1 og 5.10.2-2). Prøven har en sinkkonsentrasjon som tilsvarer tilstandsklasse 3 og også denne prøven har bly og kadmiumverdier med tilstandsklasse 2 (tabell 5.10.2-1). Da det ikke utpeker seg andre nærliggende kilder enn jernbanen er det grunn til å tro at kilden til bly og kadmium kan være malingsrester fra hus i området, og kildene til sink kan være både slike malingsrester og jernbanen. Arealbruket er her klassifisert som park, som krever en

tilstandsklasse høyere enn det denne prøven oppnår, det anbefales derfor å vurdere tiltak for opprydding i dette punktet.

Prøve 6626 ble tatt i et brosteinsbelagt bed ved en parkeringsplass, (figur 5.10.2-1 og 5.10.2-2), ved Grønnegata 151. Prøven inneholdt bly med tilstandsklasse 3 (tabell 5.10.2-1). Da prøven ble tatt like ved en parkeringsplass er det grunn til å tro at det er biltrafikk som er kilden til forurensningen. I området rundt ligger det boliger, sentrumsområder og virksomheten ISS Skadeservice, en privat tjenesteyter. Prøvepunktet klassifiseres som parkeringsplass og prøvetilstanden oppfyller derfor kravet til arealbruk.

Prøve 6644 ble tatt på gresset ved siden av en parkeringsplass i Bekkegata, (figur 5.10.2-1 og 5.10.2-2). Prøven inneholdt bly med tilstandsklasse 3 og kobber og sink med tilstandsklasse 2, (tabell 5.10.2-1). Området rundt parkeringsplassen bestod av en boligblokk, misjonshus og et galleri, dermed er det god grunn til å anta at forurensningen har sin kilde i enten biltrafikken eller malings- og mur-rester fra nærliggende fasader. Tilstanden i prøven oppfyller kravene til arealbruken, som er klassifisert som parkeringsplass.

Prøve 5909 er den mest forurensede prøven i hele undersøkelsen, og ble tatt under en syrin i bakgården ved Parkgata 22, (figur 5.10.2-1). Prøven har sinkkonsentrasjon med tilstandsklasse 5, bly og kadmium med tilstandsklasse 3 og kvikksølv med tilstandsklasse 2. På bildet tatt ved prøven, (figur 5.10.2-2), sees en medtatt grå bygning like ved prøvepunktet, og en boligblokk på andre siden av en gruskledd bakgård. Bygningene rundt bakgården huser i dag en medisinsk hudklinikk, et tatoverings- og piercingfirma, begravellesbyrå, Hamar tinghus og boliger. Ifølge Halvorsen og Lillevold (Halvorsen and Lillevold, 1949), har dette kvartalet og områdene rundt hatt flere ulike næringer og bedrifter blant annet bilutsalg og – verksted, garveri, maskinforretning og møbelsnekker. Dette er alle virksomheter som kan føre til forurensning av tungmetaller. Under storbrannen på Østre Torg i 1935 ble mange slike bedrifter lagt i aske. Dette er en vanlig forurensningskilde i byer og kan ha bidratt til forurensningen i dette punktet. Arealbruken på dette punktet er boligområde, som krever tre klasser renere jord. Uavhengig av arealbruk anses jord med tilstandsklasse 5 som farlig avfall, og skal fjernes og deponeres på en forsvarlig måte. I tillegg må det undersøkes om det er en aktiv kilde i området for å hindre videre utlekking og spredning.

Prøve 5913 ble tatt under en Thuja i et boligområde (se figur 5.10.2-1 og 5.10.2-2). Prøven inneholder sink med tilstandsklasse 4, og bly med tilstandsklasse 2 (tabell 5.10.2-1). Både bly og sink i denne prøven antas å være antropogen forurensning, da begge verdiene lå over den naturlige bakgrunnsverdien i Hamar. Rundt prøveområde var det ingen konkrete gjenstander som utpekte seg som kilde til denne forurensningen, det er derfor usikkerhet rundt hva kildene kan være. Sannsynligvis kan det komme fra malingsrester, tidligere industri eller bybrannen i 1935, som herjet like ved dette området. Arealbruksklassen her er klassifisert som boligområde, og krever dermed jord med tilstandsklasse 2, altså 2 klasser høyere enn den eksisterende. Det vil derfor være behov for tiltak på dette punktet.

Prøve 5914 er også forurenset med bly og sink, begge med tilstandsklasse 3 (tabell 5.10.2-1). Prøven ble tatt under en syrin langs et stålgjerde mellom veien og parkeringsplassen i hjørnet mellom Østre gate og Esperantogata, (figur 5.10.2-1 og 5.10.2-2). Kilder som utpeker seg på området er stålgjerdet, og biltrafikk i forbindelse med parkeringsplassen. Blyholdig bensin før 1995 kan ha tilført bly og dekk-slitasje kan føre til sink-forurensning, se kapittel 2.4.1. Det kan også være andre kilder til forurensningen som bybrann og malingrester fra hus i nærheten. På dette punktet overskrider ikke tilstandsklassen krav til arealbruk, som er klassifisert som parkeringsplass. Derfor er det ikke nødvendig med tiltak for å fjerne forurensete masser, men det bør vurderes å undersøke eventuell spredning.

Prøve 5915 ble tatt under en furu i en hage mellom Brugata og Briskebyveien, (figur 5.10.2-1 og 5.10.2-2). Denne prøven er forurenset med kvikksølv med tilstandsklasse 3, (tabell 5.10.2-1). Som nevnt i avsnittet om kvikksølv i kapittel 2.6 kan ulike planter transportere kvikksølv effektivt fra jord til atmosfære. Som på de andre punktene som er forurenset med kvikksølv ble denne prøven tatt under et tre, som potensielt kan bringe forurensningen videre til atmosfæren. Det var ingen komponenter i nærheten av prøvepunktet som utpekte seg som kilde til kvikksølv, og det er derfor nærliggende å tro at dette er gammel forurensning fra industri i området eller bybrann. Prøvepunktet klassifiseres som boligområde, som krever én klasse renere jord. Det burde derfor settes inn tiltak her for å rydde opp og hindre spredning.

Prøve 5916 ble tatt under en lønn i Briskebyen Montessori barnehage, (figur 5.10.2-1 og 5.10.2-3). Like ved prøvepunktet stod det en noe mosegrodd mur, med et tre-gjerde oppå. Prøven er forurenset med bly med tilstandsklasse 3, (tabell 5.10.2-1), noe som er for høyt for et barnehagemiljø. Som nevnt i avsnittet om bly i kapittel 2.6 kan barns inntak av bly fra jord bli opp mot dobbelt så stor som inntaket fra mat, dersom blykonsentrasjonen i jorda er over 150 mg/kg, noe den i dette punktet er. Mulige kilder til denne forurensningen er biltrafikk utenfor barnehagen og rester av maling og mur fra gjerdet. Her burde det så fort som mulig settes inn tiltak for å rydde bort forurensete masser og fjerne kilden til denne forurensningen. Det burde kartlegges hvor stor del av jorda i barnehagen som er forurenset med bly.

Prøve 6696 ble tatt i en bakgård (figur 5.10.2-1) i Wedels gate. Prøven inneholder bly og sink med tilstandsklasse 3 (tabell 5.10.2-1), og er en av to forurensete prøver fra sentrum som har Ce/La-forhold utenfor intervallet 1,8 -2,2, som indikerer antropogene partikler i prøven (se figur F-2 i vedlegg F). Den ble tatt på en gressflekk like ved en murbygning, og på bildet tatt av prøveområdet ser man tydelig at muren og malingen på bygningen har begynt å skalle av (figur 5.10.2-3). Dette er en typisk kilde til både bly og sink, og er utenom gammel forurensning fra industri og bybrann, den mest sannsynlige kilden til forurensningen i prøven. Fordi området er et boligområde, kreves det jord med tilstandsklasse 2 her, derfor anbefales det å vurdere tiltak for å rydde opp og hindre videre spredning av forurensningen.

Prøve 5918 ble tatt på NSB sitt område ved parkering for godsvogner, like ved Espern, (se figur 5.10.2-1 og 5.10.2-3). I denne prøven ble det funnet bly, kobber, krom og nikkel med tilstandsklasse 3 og sink med tilstandsklasse 2, (tabell 5.10.2-1). Dette gjør den til en av de mest forurensete prøvene, men siden området brukes til trafikk-areal kreves det ikke renere jord her. Imidlertid burde det kartlegges om det er spredning av denne forurensningen, for eksempel til Mjøsa, som ligger like ved. Siden slutten av 1800-tallet har området blitt brukt til jernbaneverksted og andre typer verksted av jernvarer, som for eksempel Hamjern. Derfor er det ikke overraskende at det ble funnet så mye forurensning i dette området.

Prøve 6647 ble tatt på østsiden av Hamar Stadion (figur 5.10.2-1). På bildet ser man en mur med gjerde over like ved prøvepunktet, og byggeplass på Hamar Stadion på andre siden av veien (figur 5.10.2-3). Denne prøven er forurenset med sink med tilstandsklasse 3 og bly med tilstandsklasse 2 (tabell 5.10.2-1). Kildene som utpeker seg rundt prøven er byggeplassen og

muren som ser gammel og slitt ut. Som tidligere nevnt er gammel avskallet maling og byggerester typiske kilder til både bly og sink, og er de mest sannsynlige kildene i dette punktet. Det kan også være forurensning fra biltrafikk på veien ved prøvepunktet, eller gammel industri. Da prøveområdet ikke er direkte knyttet til noen boliger eller parker, klassifiseres det som sentrum, som ikke krever renere jord. På bildet tatt av prøveområdet ses det et kumløkk nedstrøms fra prøvepunktet. Det må dermed antas at noe forurensning fraktes dit med overvann, dette tas opp i kapittel 5.11.1. Derfor burde det jobbes med å hindre videre spredning av forurensningen.

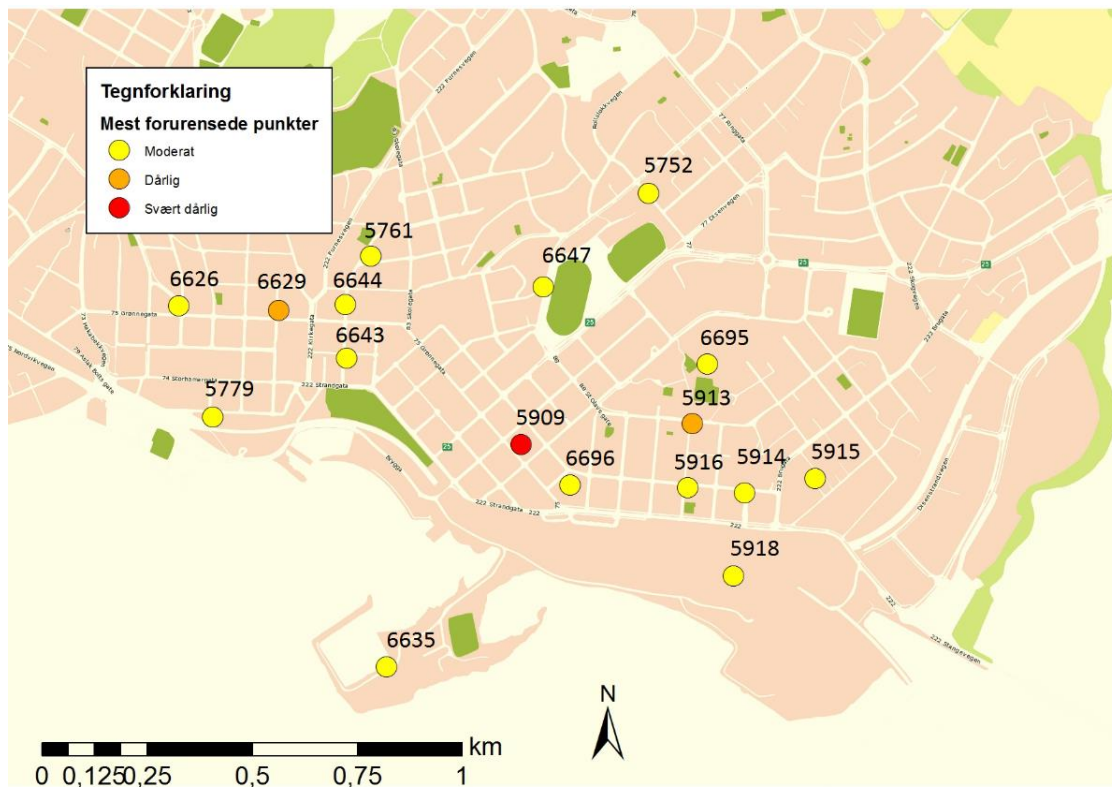
Prøve 6635 ble tatt ved like ved en brygge i en båthavn på Tjuvholmen (figur 5.10.2-1 og 5.10.2-3). I denne prøven ble det funnet kobber med tilstandsklasse 3 og nikkel og krom med tilstandsklasse 2 (tabell 5.10.2-1). Dette er den andre av de forurensede prøvene i sentrum som har unaturlig Ce/La-forhold (se tabell F-2 i vedlegg F). En opplagt kilde her er båtene. Som nevnt i kapittel 2.4.1 er maling og bunnstoff i båter en kilde til Kobber, Krom og Nikkel. Nikkelet som ble funnet i prøven kan ha både geogent og antropogent opphav da konsentrasjonen i prøven er innenfor det fastsatte naturlige bakgrunnsintervallet. Kromkonsentrasjonen derimot, er mest sannsynlig antropogent tilført, da den overstiger det naturlige bakgrunnsnivået for Hamar. Da området klassifiseres som båthavn stilles det ikke krav til renere jord enn den som ble funnet i denne prøven, men det anbefales å undersøke spredning til Mjøsa, som drikkevannskilde for kommunen og hjem til over tjue fiskearter, (Løvik et al., 2009).

Prøve 5761 ble tatt under en stor lerk i sykehusparken, (figur 5.10.2-1 og 5.10.2-3). I denne prøven ble det funnet bly med tilstandsklasse 3 og sink, arsen og kvikksølv med tilstandsklasse 2 (tabell 5.10.2-1). Arsenkonsentrasjonen i prøven er innenfor det naturlige bakgrunnsnivået i Hamar, og det er derfor grunn til å tro at den har geogent opphav. Bly, sink og kvikksølv-konsentrasjonene, derimot, anses som antropogen forurensning. Prøvepunktet ligger nokså nærme krematoriet i Hamar, som kan være kilden til kvikksølv-konsentrasjonen som ble funnet her. Biltrafikk fra parkeringsplassen som ligger rett ved siden av parken er en sannsynlig kilde til bly og sink, fra henholdsvis bensin og dekkslitasje, men dette kan også være gammel forurensning fra industri og bybrann i sentrum. Området blir klassifisert som park, som krever jord som er en klasse renere. Derfor burde det vurderes tiltak for å fjerne forurensede masser og hindre videre spredning.

Prøve 6643 ble tatt ved en lyktestolpe i sentrum, i en liten åpning mellom brostein, (figur 5.10.2-1 og 5.10.2-4). Det var et sykkelstativ rett ved og det var mye søppel rundt prøvepunktet. Denne prøven inneholdt sink med tilstandsklasse 3 (tabell 5.10.2-1). Denne forurensningen kan komme fra mange ulike kilder. Prøven ble tatt midt i sentrum, i en travel gågate. Her kan det ligge gammel forurensning fra industri og bybrann, det kan være dekkslitasje fra sykler som har stått parkert ved siden, det kan være søppel, avskallet maling og byggerester som har havnet her, og det kan være at forurensningen har sin kilde i lyktestolpen rett ved prøvepunktet. Da området er et sentrumsområde kreves det ikke renere jord enn det som ble funnet her.

Prøve 5752 var også forurenset med sink med tilstandsklasse 3 (tabell 5.10.2-1). Den ble tatt under en stor furu mellom vei og gjerdet inn til en hage (figur 5.10.2-1 og 5.10.2-4). Denne prøven var forurenset med sink med tilstandsklasse 3. Det utpekte seg ikke noen opplagt forurensningskilde i området. Vanlige kilder til sink i slike områder er rester fra gammel maling og byggematerialer, dekkslitasje fra biltrafikk, gammel industri, bybrann og tilførsel av forurensede masser. Det er vanskelig å peke på en enkelt kilde til forurensningen. Området klassifiseres som boligområde og det burde derfor vurderes tiltak for å fjerne forurensede masser og hindre spredning.

Prøve 6695 ble tatt på gresset mellom parkeringsplassen sør for kjøpesenteret CC Martn og noen idrettsbaner (figur 5.10.2-1 og 5.10.2-4). Denne prøven inneholdt arsen med tilstandsklasse 3 (tabell 5.10.2-1). I området rundt prøven var det få tegn til arsen-kilder, så det er nærliggende å tenke at denne forurensningen kan ha lignende opphav som prøve 5752; tilførte forurensede masser, gamle industriutslipp, og utslipp under bybrann. Med unntak av et lite skur var det lite treverk i området som kan ha tilført arsen fra impregnering. Det kan likevel ikke utelukkes at det er det som er kilden. Siden området klassifiseres som park, burde det settes inn tiltak for å rydde opp og hindre videre spredning.



Figur 5.10.2-1: Kart over de mest forurensede punktene i Hamar sentrum.

Tabell 5.10-1: Konsentrasjon av Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Cr og Hg med tilhørende tilstandsklasser, for prøvepunktene i Hamar Sentrum.

6629	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	Arealbruk
Konsentrasjon (mg/kg)	4,3	64,10	1,94	33,62	21,7	0,245	32,3	1277,2	Boligområde
Tilstandsklasse	1	2	2	1	1	1	1	4	
5779	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	Arealbruk
Konsentrasjon (mg/kg)	7,3	96,38	1,73	41,09	21,6	0,702	36,2	752,8	Park
Tilstandsklasse	1	2	2	1	1	1	1	3	
6626	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	Arealbruk
Konsentrasjon (mg/kg)	3,8	148,42	0,64	26,99	15,1	0,057	20,1	115,2	Parkeringsplass
Tilstandsklasse	1	3	1	1	1	1	1	1	
6644	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	Arealbruk
Konsentrasjon (mg/kg)	4,6	197,47	0,24	112,59	34,5	0,536	34,4	209,7	Parkeringsplass
Tilstandsklasse	1	3	1	2	1	1	1	2	
5909	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	Arealbruk
Konsentrasjon (mg/kg)	7,9	142,75	11,06	13,90	11,1	1,449	8,8	10000	Boligområde
Tilstandsklasse	1	3	3	1	1	2	1	5	
5913	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	Arealbruk
Konsentrasjon (mg/kg)	5,7	70,60	1,39	53,20	16,8	0,182	28,1	1180,6	Boligområde
Tilstandsklasse	1	2	1	1	1	1	1	4	
5914	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	Arealbruk
Konsentrasjon (mg/kg)	6,5	100,06	0,55	45,81	24,3	0,499	34,8	643,2	Parkeringsplass
Tilstandsklasse	1	3	1	1	1	1	1	3	
5915	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	Arealbruk
Konsentrasjon (mg/kg)	5,0	39,47	0,22	34,02	15,6	2,562	18,4	87,2	Boligområde
Tilstandsklasse	1	1	1	1	1	3	1	1	
5916	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	Arealbruk
Konsentrasjon (mg/kg)	2,2	178,29	0,15	17,71	9,3	0,072	12,1	111,5	Lekeplass
Tilstandsklasse	1	3	1	1	1	1	1	1	
6696	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	Arealbruk
Konsentrasjon (mg/kg)	3,3	127,30	0,68	17,56	14,9	0,051	17,2	818,9	Boligområde
Tilstandsklasse	1	3	1	1	1	1	1	3	
5918	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	Arealbruk
Konsentrasjon (mg/kg)	5,6	163,25	1,23	426,33	211,4	0,021	142,0	471,3	Trafikk-areal
Tilstandsklasse	1	3	1	3	3	1	3	2	

6647	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	Arealbruk
Konsentrasjon (mg/kg)	5,3	74,09	0,90	27,18	26,2	0,103	23,2	990,9	Sentrum
Tilstandsklasse	1	2	1	1	1	1	1	3	
6635	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	Arealbruk
Konsentrasjon (mg/kg)	6,0	19,68	0,15	232,73	73,1	0,039	80,3	186,6	Båthavn
Tilstandsklasse	1	1	1	3	2	1	2	1	
5761	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	Arealbruk
Konsentrasjon (mg/kg)	8,3	201,11	0,65	68,36	26,0	1,074	37,6	289,3	Park
Tilstandsklasse	2	3	1	1	1	2	1	2	
6643	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	Arealbruk
Konsentrasjon (mg/kg)	1,9	24,47	0,74	46,98	19,4	0,074	14,0	558,5	Sentrum
Tilstandsklasse	1	1	1	1	1	1	1	3	
5752	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	Arealbruk
Konsentrasjon (mg/kg)	4,7	51,85	0,79	55,64	21,3	0,143	26,3	701,9	Bolig- område
Tilstandsklasse	1	1	1	1	1	1	1	3	
6695	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	Arealbruk
Konsentrasjon (mg/kg)	23,6	27,64	0,42	47,46	32,5	0,058	48,3	113,3	Park
Tilstandsklasse	3	1	1	1	1	1	1	1	



Figur 5.10.2-2: Områdene rundt prøvepunktene 6629, 5779, 6626, 6644, 5909, 5913, 5914 og 5915.



Figur 5.10.2-3: Områdene rundt prøvepunktene 5916, 6696, 5918, 6647, 6635 og 5761.



Figur 5.10.2-4: Områdene rundt prøvepunktene 6643, 5752 og 6695

5.10.3 Børstad og Mæhlumsløkka

Hamar kommune har selv undersøkt grunnen på Børstad, da det ble oppdaget forurensning i forbindelse med bygging av ny idrettspark der. Deres konklusjon var at grunnen på Børstad er forurenset, og at forurensningen de fant stammet fra et kjemisk renseri som tidligere lå i området, (Ryberg, 2014), se kapittel 2.4.3. Her kommer en gjennomgang av de mest forurensete punktene på Børstad og Mæhlumsløkka (se figur 5.10-1). Forurensningen på Børstad og Mæhlumsløkka består i hovedsak av bly og sink, men med enkeltpunkter med arsen, kadmium, kobber, krom, nikkel også, (tabell 5.10.3-1). Figur 5.10.3-1 viser et kart over området og punktene, og figur 5.10.3-2 inneholder fotografier tatt rundt prøvepunktene. Fotografiene er merket med prøvenavn i det nedre hjørnet.

Prøve 5733 ble mellom asfalt og betongtrapp utenfor PECO i Sanglundveien (figur 5.10.3-1 og 5.10.3-2). Denne prøven inneholder kobber og nikkel med tilstandsklasse 4, sink og bly med tilstandsklasse 3 og kadmium og krom med tilstandsklasse 2 (tabell 5.10.3-1). PECO er en galvanisk bedrift som ikke lenger er i drift, (Ryberg, 2014). Dette er den mest opplagte kilden til forurensningen, da galvanisering er en kilde til alle disse tungmetallene. Det kan selvfølgelig være flere kilder til forurensningen her, som bygningsrester, bybrann, søppel, trafikk og langtransportert forurensning, men det er mest sannsynlig galvaniseringsvirksomhet som er hovedkilden. Området klassifiseres som parkeringsplass, men den ligger veldig nære boliger, og flere av disse ligger med helling ned fra denne tomten. Utstrekningen av denne forurensningen burde kartlegges, forurensede masser må fjernes og det burde gjøres tiltak for å hindre videre spredning.

Prøve 5744 ble tatt på jordet nedstrøms fra kunstgressbanen ved Børstad ungdomsskole (se figur 5.10.3-1 og 5.10.3-2). Denne prøven var forurenset med sink med tilstandsklasse 4 (tabell 5.10.3-1). Dette er mest sannsynlig den samme forurensningen som Hamar kommune selv fant da de gjorde undersøkelser i området, se avsnitt om Børstad i kapittel 2.4.3. Kommunen kom fram til at det kjemiske rensverket RENO, som holdt til på andre siden av Furnesvegen fram til 2000-tallet, stod bak utslippene som førte til denne forurensningen (Ryberg, 2014, Haugen, 2013, Jullumstrø and Strande, 2013, Næsheim and Strand, 2013). Det har i ettertid vært eierskifte som har ført til uklarheter rundt ansvarsfordeling. Området klassifiseres som park og krever derfor jord som er to klasser renere. Her er det allerede igangsatt kartlegging, tiltak og planer for opprydding og hindring av spredning, av Hamar Kommune.

Prøve 5736 ble tatt under en lønn i en skråning mellom bolighus og parkeringsplassen utenfor et planteutsalg (figur 5.10.3-2). Denne prøven inneholder bly med tilstandsklasse 3 (tabell 5.10.3-1). Som man kan se på oversiktskartet, (figur 5.10.3-1), ligger prøvepunktet nærme Riksvei 222, som er en av hovedfartsårene inn til Hamar. Det er da nærliggende å tro at blyforurensningen i dette punktet kan komme stamme fra blyholdig bensin herfra eller fra parkeringsplassen. Det kan også være gamle rester av avskallet maling. Sprøytemidler som brukes til plantevern kan inneholde tungmetaller som nevnt i kap 2.4.1. Dette kan også ha bidratt til forurensningen. Da prøveområdet klassifiseres som Boligområde burde det settes inn tiltak, slik at grunnen får en tilfredstillende tilstand.

Prøve 5938 ble tatt under en gran i en hage bak Mesterbygg Hedmark AS i krysset mellom Ringgata og Mats Pedersens gate (figur 5.10.3-1 og 5.10.3-2). Prøven inneholdt arsen med tilstandsklasse 3 og nikkel med tilstandsklasse 2 (tabell 5.10.3-1), og Ce/La-forholdet i prøven var langt over 2,2 (se tabell F-3 i vedlegg F). Da det er et byggevarefirma som holder til her kan det tenkes at arsen fra CCA-impregnerert trelast kan være kilde til forurensning. Dette firmaet har holdt til på denne adressen siden 2001 (Mesterbygg Hedmark AS), og siden 2003 har det vært forbud mot bruk av CCA-impregnering (Avfallsforum Rogaland). Mellom ringgata og de fleste eiendommene langsmed gata går det en støyskjerm i tre. Denne kan også være kilde til forurensningen i dette punktet. Området klassifiseres som boligområde og det er derfor nødvendig med tiltak for å rydde opp, og forhindre videre spredning.



Figur 5.10.3-1: Kart over de mest forurensede punktene på Børstad og Mæhlumsløkka.

Tabell 5.10-1: Konsentrasjon av Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Cr og Hg med tilhørende tilstandsklasser, for prøvepunktene på Børstad og Mæhlumsløkka.

5733	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	Arealbruk
Konsentrasjon (mg/kg)	5,4	201,47	2,15	2791,46	110,4	0,179	234,6	905,3	Parkeringsplass
Tilstandsklasse	1	3	2	4	2	1	4	3	
5744	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	Arealbruk
Konsentrasjon (mg/kg)	7,7	18,03	0,67	34,46	12,7	0,119	27,8	1390,9	Park
Tilstandsklasse	1	1	1	1	1	1	1	4	
5736	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	Arealbruk
Konsentrasjon (mg/kg)	4,5	133,94	0,40	26,20	21,8	0,098	30,0	150,2	Boligområde
Tilstandsklasse	1	3	1	1	1	1	1	1	
5938	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	Arealbruk
Konsentrasjon (mg/kg)	44,7	40,03	1,23	60,83	12,4	0,161	70,1	104,7	Boligområde
Tilstandsklasse	3	1	1	1	1	1	2	1	



Figur 5.10.3-2: Områdene rundt prøvepunktene 5733, 5744, 5736 og 5938.

5.10.4 Ridabu og Åkersvika

Som vist i figur 2.9.4-1 i kapittel 2.9.4 ligger store deler av Ridabu på et alunskifer-belte, som bidrar til at jorda her har et naturlig høyt innhold av tungmetaller, spesielt arsen og uran som vises i figur 4.3-3, 4.11.3 og i Vedlegg C. Dette ble også kommentert i kapitlene 5.1 og 5.10.

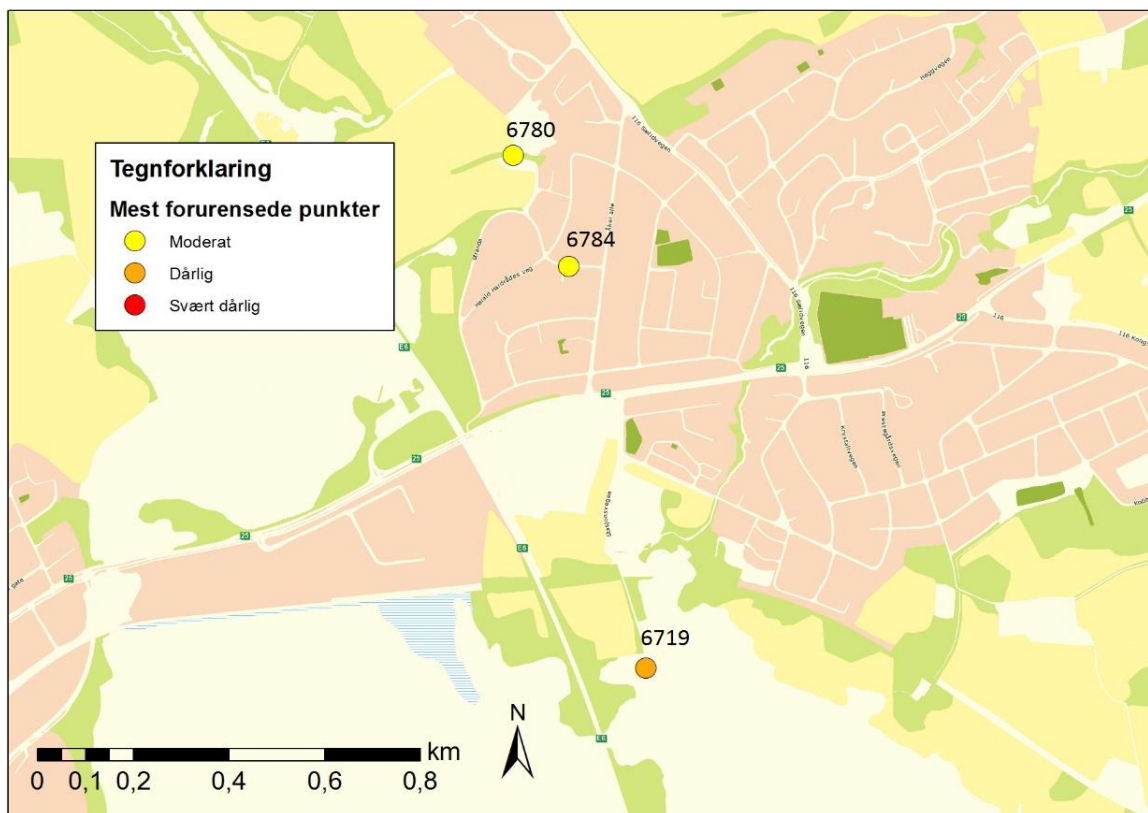
På Ridabu ble det funnet to punkter der tilstandsklassen for et eller flere metaller var 3 eller høyere. Det ble også funnet et slikt punkt i Åkersvika. Forurensningen i begge punktene på Ridabu består i hovedsak av arsen, og noe forhøyede verdier av nikkel og kadmium. I Åkersvika ble det funnet en meget høy konsentrasjon av sink. Under gås det nærmere gjennom funnene på de ulike punktene og mulige kilder til dette. På figur 5.10.4-1 ser man en oversikt over prøvepunktene og tilstandsklassen som ble funnet i hvert punkt, i Tabell 5.10.4-1 finnes en kort gjennomgang av konsentrasjoner og tilstandsklasser for hvert enkelt punkt, samt arealbruksklassen som ble bestemt for prøveområdet, og på figur 5.10.4-2 er det fotografier av prøveområdene, med prøvenummer oppført i det nedre hjørnet.

Prøve 6780 ble tatt i skråningen mellom et bolighus og et lite skogholt i enden av en liten veitarm ut fra Strandbakken på Ridabu, (figur 5.10.4-1 og 5.10.4-2). Rundt det lille skogholtet var det dyrket mark. Prøven inneholdt arsen med tilstandsklasse 3 og nikkel med tilstandsklasse 2 (tabell 5.10.4-1). Nikkel-konsentrasjonen var innenfor det naturlige bakgrunnsintervallet for nikkel i Hamar kommune. Prøvens Ce/La-forhold lå over 2,2, som indikerer tilstedeværelse av antropogene partikler. Det er i mangel på andre kilder i området grunn til å tro at det er tilført forurensede masser i denne skråningen. Området klassifiseres som boligområde, men det burde også tas med i betraktning at det ligger veldig nærme dyrket mark. Tilstandskravene til boligområder er en klasse renere jord, og det burde derfor settes inn tiltak for å fjerne forurensede masser og hindre videre spredning.

Prøve 6780 ble tatt i en gresskledd skråning mellom vei og hage (figur 5.10.4-1 og 5.10.4-2). Den inneholder arsen med tilstandsklasse 3 og kadmium og nikkel med tilstandsklasse 2 (tabell 5.10.4-1). Også i denne prøven er nikkel-innholdet innenfor det naturlige bakgrunnsintervallet i Hamar kommune, og Ce/La-forholdet i prøven er over 2,2. Kildene til

forurensningen i punktet kan være rester av maling fra nærliggende hus, utlekking fra impregnert trevirke, eller det kan være tilførte forurensede masser. Det var ingen enkeltkomponent som utpekte seg som hovedkilde rundt prøvepunktet. Området rundt prøven blir klassifisert som boligområde og krever derfor jord med en høyere tilstandsklasse. Her burde det settes inn tiltak.

Punkt 6719 ble tatt utenfor en lite vedlikeholdt bygning som så ut til å huse lager og verksted for båter (figur 5.10.4-1 og 5.10.4-2). Det var også en stor gruskledd gårdsplass der det stod båter parkert. Prøven ble tatt nokså nær bygningen, like ved en metallplate som stod lent inntil veggen. Prøven inneholdt sink med tilstandsklasse 4 (tabell 5.10.4-1). Kilder som utpeker seg på området er metallplaten langs veggen, bygningen i seg selv, og verksted-virksomhet. Det lå også noen bildekk i innkjørselen til området, som kan ha bidratt til forurensning av sink. Området virker til å brukes primært til verksted og lager, og blir derfor i Tabell 5.10.4-1 klassifisert som privat foretak, noe som kun krever jord med tilstand 3, men da prøvepunktet ligger nokså nærme Åkersvika naturreservat burde det vurderes strengere krav. Det burde settes inn tiltak for å rydde opp forurensede masser og hindre videre spredning og utlekking.



Figur 5.10.4-1: Kart over de mest forurensede punktene på Ridabu og i Åkersvika.

Tabell 5.10.4-1: Konsentrasjon av Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Cr og Hg med tilhørende tilstandsklasser, for prøvepunktene på Ridabu og Åkersvika.

6780	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	Arealbruk
Konsentrasjon (mg/kg)	27,5	23,76	1,16	85,28	11,8	0,133	67,8	188,1	Boligfelt
Tilstandsklasse	3	1	1	1	1	1	2	1	
6784	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	Arealbruk
Konsentrasjon (mg/kg)	33,1	27,14	2,07	75,22	11,3	0,136	92,9	165,2	Boligfelt
Tilstandsklasse	3	1	2	1	1	1	2	1	
6719	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	Arealbruk
Konsentrasjon (mg/kg)	2,5	26,80	0,76	47,31	20,4	0,015	24,9	1112,4	Privat foretak
Tilstandsklasse	1	1	1	1	1	1	1	4	

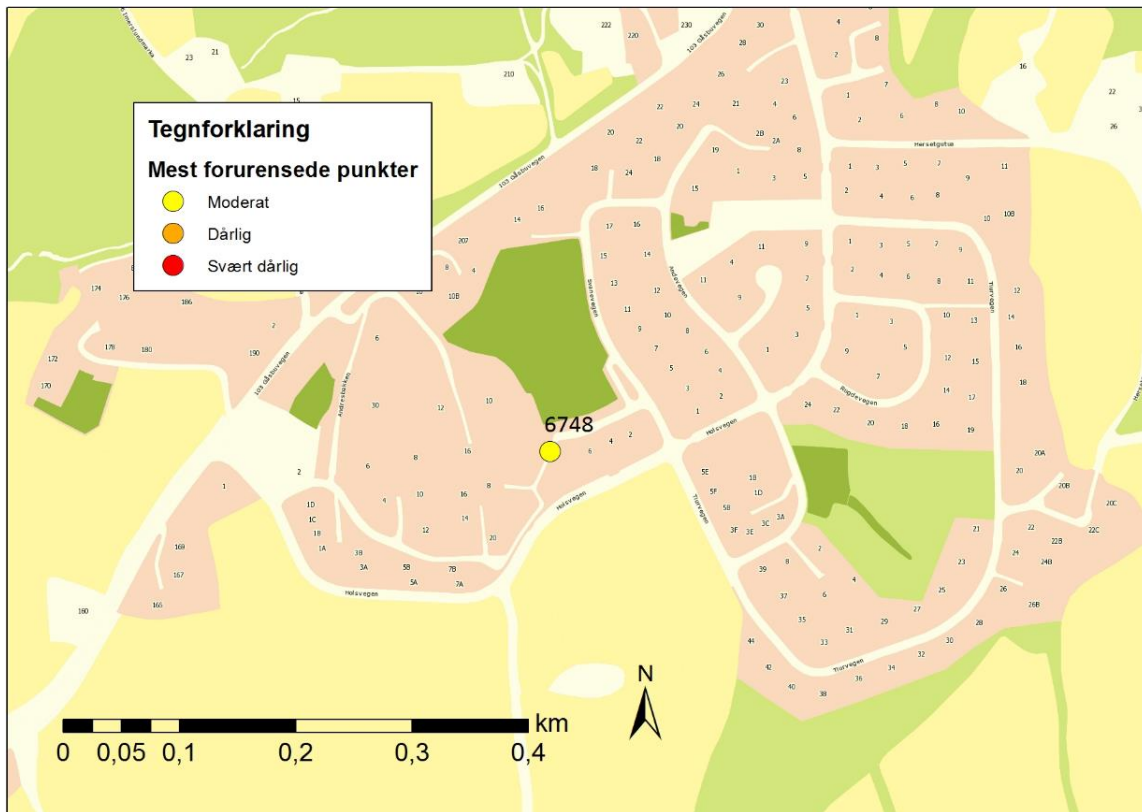


Figur 5.10.4-2: Området rundt prøvepunktene 6780, 6784 og 6719.

5.10.5 Ingeberg skole

Ingeberg Skole er tatt med som eget område til tross for at det kun ble funnet en prøve med tilstandsklasse 3 her (figur 5.10.5-1). Fordi prøven ble funnet nær Ingeberg skole, som er en

barneskole, ble dette punktet ansett som forurenset område med behov for vurdering. Prøven, nr 6748, hadde høye verdier av arsen og sink, (Tabell 5.10.5-1). Prøven ble tatt like ved et tre-gjerde like ved skolen (5.10.5-2). Dette er en mulig forklaring på høyt arsen-nivå, da slike gjerder ofte er impregnerert med arsenholdig CCA-impregnering som lekker arsen til omgivelsene. Det er også tenkelig at arseninnholdet i prøven har et betydelig bidrag fra berggrunnen, da man på figur 4.3-3 ser at det er flere prøver med høye arsenverdier på Ingeberg-feltet, og det naturlige bakgrunnsnivået til arsen i Hamar kommune er så høyt som det er. Sinkkonsentrasjonen i prøven oppnår tilstandsklasse 3. For områder der arealet brukes til skolegårder kreves det jord med tilstand 2. Derfor burde det settes inn tiltak her for å kartlegge omfanget av forurensningen, rydde opp forurensete masser og hindre videre spredning.



Figur 5.10.5-1: Kart over forurenset punkt ved Ingeberg skole.

Tabell 5.10.2-1: Konsentrasjon av Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Cr og Hg med tilhørende tilstandsklasser, for prøvepunktet ved Ingeberg skole.

6748	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	Arealbruk
Konsentrasjon (mg/kg)	9,1	20,54	1,21	25,09	14,8	0,033	20,2	839,8	Skole
Tilstandsklasse	2	1	1	1	1	1	1	3	



Figur 5.10.5-2: Området rundt prøvepunkt 6748.

5.10.6 Resterende forurensede punkter:

Det ble funnet ytterligere to punkter med konsentrasjoner i tilstandsklasse 3. Den ene ble funnet på Trehørningen (Prøve 5953) og inneholder kobber og sink med tilstandsklasse 3, og den andre ble tatt på Liertoppen (5961) og inneholder arsen med tilstandsklasse 3. Da dette kun er enkeltprøver blir ikke disse resultatene kommentert videre, men de vises i figur 4.2-1, 4.3-3, 4.6-3 og 4.10-3.

5.11 Videre arbeid

Det blir i kapittel 5.10 flere ganger foreslått vurdering av tiltak for å rydde opp og hindre videre utlekking og spredning. Hvilke tiltak som er mest egnet kan være forskjellig for ulike typer forurensninger og kilder. I tilfeller der det er identifisert punktforurensning fra en enkelt kilde, kan denne kilden fjernes eller utbedres for å hindre videre utlekking og spredning av forurensning. For eksempel kan CCA-impregnert treverk oljebeises, men helst fjernes og deponeres forsvarlig, for å hindre videre utlekking av arsen, kobber og krom. Identifiserte kilder kan også dekket til, slik at forurensningen ikke får spredd seg. De forurensede massene bør fjernes fra områder der arealbruken krever renere jord, og de fjernede massene bør deponeres forsvarlig i henhold til gjeldene lover og regler. Områder som bør prioriteres er punkter med tilstandsklasse 3 eller høyere i nærheten av skoler og barnehager. I sentrum burde alle områder med tilstandsklasse 4 og 5 ryddes opp. Her burde forurensede masser fjernes, og forurensningens spredning burde undersøkes, dette tas opp i avsnitt, 5.11.1.

På grunn av de store forekomstene av tungmetall-holdig alunskifer på Hamar burde det utarbeides en egen og forsvarlig måte å deponere gravemasser og forurensede masser som inneholder denne bergarten. Slike masser burde betraktes som farlig avfall.

5.11.1 Sandfangskummer

I urbane miljøer er arealene ofte tette flater, det vil si asfalt, veier og bygninger, med lite naturlig infiltrasjon og absorpsjon i grunnen, (Jartun et al., 2005). Dette bidrar til at forurensning spres med overvann i stedet for å gå ned grunnen. For å registrere hvor mye av jordforurensningen som spres med overflatevann anbefales det å ta prøver fra sandfangskummer. Slike prøver kan gir informasjon om forurensningskilder i områder med radius på 50-80 meter, og gir et bilde av hvor mye forurensning som fraktes med til utløp i Mjøsa, (Bechmann et al., 2009). Mjøsa er drikkevannskilden til 90 % av kommunens innbyggere (Hamar kommune, 2006), huser over 20 fiskearter, (Løvik et al., 2009), og forsyner elvene Glomma og Vorma med vann.

5.11.2 Organisk forurensning

I dette prosjektet har det kun blitt fokusert på uorganiske forurensninger. Et videre steg i kartlegging av grunnforurensning i Hamar kommune vil være å se på forekomster av organiske miljøgifter. Spesielt PAH og PCB vil være hensiktsmessig å kartlegge, da dette er forbindelser som veldig ofte forekommer i forhøyede konsentrasjoner i bymiljø. Det ble, som nevnt i kapittel 2.8.1, funnet høye konsentrasjoner av PCB i Mjøsa på 1990-tallet. Det har siden vært en nedgang, men de siste årene har det ikke vært noen spesiell trend, (Løvik et al., 2014). Det ble i denne undersøkelsen funnet en del tinn, spesielt i Hamar sentrum, langs havna og i Åkersvika, (se tabell 4.1-1 og figur G-35 i vedlegg G). Disse resultatene ble ikke analysert nærmere i denne undersøkelsen, men da tinnforbindelser kan være svært skadelig for vannlevende organismer, se kapittel 2.8.3, burde dette følges opp med undersøkelser av TBT i sedimenter langs havna.

5.11.3 Grenseverdier for flere grunnstoffer

For å bedre kunne vurdere tilstanden i jorda med tanke på andre grunnstoffer enn de åtte som inngår i kriteriene for tilstandsklasser for jord, hadde det vært nyttig med grenseverdier for flere grunnstoffer. Det finnes kunnskap om toksikologiske effekter av flere grunnstoffer enn arsen, bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv, nikkel og sink, og denne kunnskapen sammen

med forskning på opptak og inntak av forurensninger fra jord, kan brukes til å sette flere grenseverdier. Dette kan bidra til å gjøre analyse av geokjemiske kartlegginger enklere og selve kartleggingen mer omfattende.

5.11.4 Statistiske analyser for avgrensede områder på Hamar

Det er i denne undersøkelsen ikke regnet ut egne medianverdier og andre statistiske parametere for avgrensede områder på Hamar. Dette ville vært interessant å se for å studere variasjonen mellom ulike områder.

6 Oppsummering og konklusjoner

Resultatene fra denne undersøkelsen viser at det er de eldste delene av Hamar som er mest forurenset med tungmetaller, men det er også steder med høye naturlige forekomster, spesielt på Ridabu, som har forholdsvis høye verdier av de fleste tungmetallene. Dette har trolig forklaring i den store utbredelsen av skifer, spesielt alunskifer i berggrunnen i Hamar. Skiferen inneholder høye verdier av arsen og alle tungmetallene det er analysert for i denne oppgaven. Det antas at kadmium, kvikksølv, nikkel og uran i hovedsak styres av geogene forhold. Arsen, kobber, krom og sink blir antatt å styres av både geogene og antropogene forhold, mens bly er det eneste tungmetallet som kun styres av antropogene faktorer. Dette bør tas med i betraktning ved grave og byggesaker på grunn med alunskiferforekomster, slik at masser med høyt innhold av helseskadelige tungmetaller kan behandles forsvarlig.

Sammenlignet med andre norske byer er det veldig høye bakgrunnsnivåer av alle tungmetallene på Hamar, utenom bly. Det er derimot funnet færre punkter med samlet tilstandsklasse 3 eller høyere i Hamar enn i andre byer i Norge. Noe av forklaringen til dette er nok at Hamar er en mindre by, men det har trolig også sammenheng med at Hamar har hatt mindre tungindustri.

Den antropogene forurensningen i Hamar består i hovedsak av Arsen, Bly, Kobber og Sink, men det er funnet noe forurensning av alle tungmetallene. Kildene til forurensningen er trolig gamle industriutslipp, spesielt fra jernbane og verkstedsvirksomheter (Pb, Ni, Zn), utslipp i forbindelse med bybrann (Pb, Cd, Hg, Zn), impregnert trevirke (As), renserivirkosomhet (Hg, Zn), malingsrester (Pb, Cd, Zn), biltrafikk (Pb, Cd, Zn), båthavn (Cu, Ni, Cr) og noe kvikksølv fra krematoriet på Hamar.

Områdene som ble karakterisert som mest forurenset i denne undersøkelsen er

- Storhamar og Hamar vest, der det ble funnet spredte punkter med forurensning av arsen, bly, kobber og kvikksølv
- Sentrum, der forurensningen i hovedsak består av bly og sink, men også spredte innslag av alle metallene
- Børstad og Mæhlumsløkka, som er forurenset med sink og bly, og enkeltpunkter med arsen og kadmium, kobber, krom og nikkel.

- Ridabu og Åkersvika, som har flere punkter forurenset med arsen, og noe kadmium og nikkel, samt et punkt like ved naturreservatet Åkersvika med veldig høy sinkverdi
- Ingeberg skole, der det ble funnet arsenforurensning

Litteraturliste

2009. Kommunedelplan for kulturminner og kulturmiljøer Byens kulturlandskap. *Hamar kommune*,. Hamar: Hamar kommune,.
- Andersson, M., Ottesen, R., T. & Haugland, T. 2006. Overvåking av jordforurensning i Trondheim 1994-2004. Trondheim: NGU,.
- Andersson, M., Ottesen, R. T. & Langedal, M. 2010. Geochemistry of urban surface soils — Monitoring in Trondheim, Norway. *Geoderma*, 156, 112-118.
- Avfallsforum Rogaland. *Trykkimpregnert trevirke CCA* [Online]. Available: <http://www.byggeavfall.no/rogaland/fylke/avfall.nsf/id/2B575F95ABB4E849C12575A1004EAEB3?OpenDocument>.
- Bechmann, P., Berg, M. B., Braaten, H. F., Dahl, A., Denanger, T., Hagenlund, P., Hetlevik, Y., Hoston, A., Høydal, L. M. B., Haakseth, A. B., Milli, G., POpland, K. A. J., Simensen, J. T., Sveinhaus, K. & Svendsen, T. 2009. Kartlegging og identifisering av forurensningskilder i Nidelva nedre løp og Nyhavna i Trondheim. Trondheim: NGU.
- Berge, Ø. R. 2009. *Hva karakteriserer byjord?: Fordelingen av arsen, utvalgte tungmetaller, PAHsum16 og PCBsum7 i tre norske byer*. Master, NTNU.
- Bryhni, I. 2012a. Alunskifer. Available: <http://nhm2.uio.no/geomus/leksi/a/alunskifer.htm> [Accessed 19.05.2014].
- Bryhni, I. 2012b. Feltspat. Available: <http://nhm2.uio.no/geomus/leksi/f/feltspat.htm> [Accessed 20.05.2014].
- Bryhni, I. 2012c. Kalkstein. Available: <http://nhm2.uio.no/geomus/leksi/k/kalkstein.htm> [Accessed 19.05.2014].
- Bryhni, I. 2012d. Kambrosilur. Available: <http://nhm2.uio.no/geomus/leksi/k/kambrosilur.htm> [Accessed 20.05.2014].
- Bryhni, I. 2012e. Kvarts. Available: <http://nhm2.uio.no/geomus/leksi/k/kvarts.htm> [Accessed 20.05.2014].
- Bryhni, I. 2012f. Leirskifer. Available: <http://nhm2.uio.no/geomus/leksi/l/leirskifer.htm> [Accessed 19.05.2014].
- Bryhni, I. 2012g. Mjøskalkstein. Available: [http://nhm2.uio.no/geomus/leksi/m/Mjoeskalkstein \('mjoeskalk'\).htm](http://nhm2.uio.no/geomus/leksi/m/Mjoeskalkstein ('mjoeskalk').htm) [Accessed 20.05.2014].
- Bryhni, I. 2012h. Oslofeltet. Available: <http://nhm2.uio.no/geomus/leksi/o/Oslofeltet.htm> [Accessed 19.05.2014].
- Bryhni, I. 2012i. Radon. Available: <http://nhm2.uio.no/geomus/leksi/r/radon.htm> [Accessed 20.05.2014].
- Bryhni, I. 2012j. Sandstein. Available: <http://nhm2.uio.no/geomus/leksi/s/sandstein.htm> [Accessed 19.05.2014].
- Bryhni, I. 2012k. Skifer. Available: <http://nhm2.uio.no/geomus/leksi/s/skifer.htm> [Accessed 19.05.2014].
- Brønnøysundregisteret. *Nøkkelopplysninger fra Enhetsregisteret* [Online]. Available: <http://w2.brreg.no/enhet/sok/detalj.jsp?orgnr=911663619> [Accessed 13.05.2014].
- Bølviken, B. 1973. Statistisk beskrivelse av geokjemiske data. *In: NGU (ed.)*. Trondheim: Universitetsforlaget.
- Cramer, J., Finne, T. E., Jæger, Ø., Volden, T. & Elvebakk, H. 2000. Samarbeidsprosjekt for forurenset grunn og sedimenter i Trondheim: Resultater og erfaringer fra forprosjekt. Trondheim: NGU,.
- Det nordiske administrative forbund. *Om Tromsø* [Online]. Den Norske avdeling,. Available: http://www.nafnet.no/index.php?option=com_content&view=article&id=40:om-

- [tromso&catid=11:konferanse-i-tromso-26-til-28-mai-2010&Itemid=35](#) [Accessed 08.05.2014].
- Digitalt Museum. *Eksteriør, Fuglseths handelsgartneri i Hamar* [Online]. Domkirkeodden. Available: http://www.digitaltmuseum.no/things/eksterir-fuglseths-handelsgartneri-i-hamar/HH/0401-05655?query=eksteri%C3%B8r+fuglseths&search_context=1&count=21&pos=1 [Accessed 27.05.2014].
- Eggen, O. A. & Andersson, M. 2009. Aktsomhetskart for forurenset grunn i Oslo - Geokjemiske kart for arsen, tungmetaller og organiske miljøgifter. Trondheim: NGU,.
- Eggen, O. A., Andersson, M. & Ottesen, R. T. 2009. Aktsomhetskart for forurenset grunn i Oslo – Bestemmelse av byjordsområde og naturlig bakgrunn basert på boreprøver. *NGU Rapport*.
- Eggen, O. A. & Pedersen, S. H. 2008. Om kartlegging av forurensende virksomheter i Oslo kommune før 1948. Trondheim: NGU.
- Eidsiva. *Trehørningen Energisentral - fra avfall til energi* [Online]. Available: <https://www.eidsivaenergi.no/p/Fjernvarme/Hamar/Fakta/Trehorningen/> [Accessed 24.05.2014].
- Facchinelli, A., Sacchi, E. & Mallen, L. 2001. Multivariate statistical and GIS-based approach to identify heavy metal sources in soils. *Environmental Pollution*, 114, 313-324.
- Folkehelseinstituttet. 2008a. Miljø og helse - en forskningsbasert kunnskapsbase B.2.08 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Available: <http://www.fhi.no/artikler/?id=70239> [Accessed 26.05.2014].
- Folkehelseinstituttet. 2008b. Miljø og helse - en forskningsbasert kunnskapsbase B.5.10 Uorganiske forbindelser. Available: <http://www.fhi.no/artikler/?id=70252> [Accessed 19.05.2014].
- Folkehelseinstituttet. 2008c. Miljø og helse - en forskningsbasert kunnskapsbase B.6.07 Metaller. Available: <http://www.fhi.no/artikler/?id=69495> [Accessed 30.04.2014].
- Folkehelseinstituttet. 2008d. Miljø og helse - en forskningsbasert kunnskapsbase B.6.08 Helsekadelige organiske miljøforurensninger (dioksiner, PCB, bromerte og fluorerte forbindelser). Available: <http://www.fhi.no/artikler/?id=69501> [Accessed 26.05.2014].
- Folkehelseinstituttet. 2008e. Miljø og helse - en forskningsbasert kunnskapsbase B.6.10 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Available: <http://www.fhi.no/artikler/?id=69685> [Accessed 26.05.2014].
- Folkehelseinstituttet. 2008f. Miljø og helse - en forskningsbasert kunnskapsbase B.7.10 Treimpregneringsmidler. Available: <http://www.fhi.no/artikler/?id=70147> [Accessed 19.05.2014].
- Folkehelseinstituttet. 2008g. Miljø og helse - en forskningsbasert kunnskapsbase B.7.12 Barn og kjemikalier. Available: <http://www.fhi.no/artikler/?id=70161> [Accessed 30.05.2014].
- Folkehelseinstituttet. 2008h. Miljø og helse - en forskningsbasert kunnskapsbase B.8.03 Husholdningsavfall. Available: <http://www.fhi.no/artikler/?id=69835> [Accessed 29.05.2014].
- Folkehelseinstituttet. 2008i. Miljø og helse - en forskningsbasert kunnskapsbase B.9.03 Naturlig forekommende ioniserende stråling. Available: <http://www.fhi.no/artikler/?id=69852> [Accessed 19.05.2014].
- Folkehelseinstituttet 2013. Luftkvalitetskriterier, Virkninger av luftforurensninger på helse. Oslo: Folkehelseinstituttet,.
- Fylkesmannen i Hedmark 2000. Mellomlagring av avløpsslam på Gålås - tillatelse nr 0001-007. *In: FYLKESMANNEN I HEDMARK* (ed.). Hamar.

- Fylkesmannen i Hedmark 2006. Tillatelse til virksomhet etter forurensningsloven for Norsk Protein A/S, avd. Trehørningen på Hamar Utslipp fra animalsk destruksjon. *In: FYLKESMANNEN I HEDMARK* (ed.). Hamar.
- Fylkesmannen i Hedmark 2007. Tillatelse til utslipp etter forurensningsloven for Hias IKS, av kommunalt avløp fra Hamar, Brumunddal, Løten, Stange og Ottestad/Bekkelaget (Hamar 2) tettbebyggelser. *In: FYLKESMANNEN I HEDMARK* (ed.). Hamar.
- Fylkesmannen i Hedmark 2008. Utslippstillatelse for Hamar-Regionen Fjernvarme AS. *In: FYLKESMANNEN I HEDMARK* (ed.).
- Fylkesmannen i Hedmark 2010. Utslippstillatelse til drift av skytebaneanlegg. *In: FYLKESMANNEN I HEDMARK* (ed.).
- Fylkesmannen i Hedmark 2011. Tillatelse etter forurensningsloven til HIAS IKS for midlertidig mellomagring av brensel til avfallsforbrenningsanlegget på Trehørningen *In: FYLKESMANNEN I HEDMARK* (ed.). Hamar.
- Fylkesmannen i Hedmark 2013. Utslippstillatelse til drift av sorteringsanlegg for næringsavfall samt mottak og mellomagring av farlig avfall. *In: FYLKESMANNEN I HEDMARK* (ed.).
- Fylkesmannen i Hedmark 2014. Tillatelse til virksomhet etter forurensningsloven. Mottak og behandling av hageavfall, biomasseogtrevirke på Gålåsholmen i Hamar kommune. *In: FYLKESMANNEN I HEDMARK* (ed.). Hamar.
- Gjerdåker, B. 1998. *Stiftstad og bygdeby. Hamars historie 1935-1991*, Hamar, Hamar kommune.
- Google Maps. 2014. *Hamar Næringspark Trehørningen*.
- Halvorsen, J. & Lillevold, E. 1949. *Hamars næringsliv*, Hamar, Hamar Stiftstidendes Trykkeri A.s.
- Hamar kirkelige fellestråd. 2014. *Krematorium* [Online]. Available: <http://www.kirken-hamar.no/Artikler/Nyheter/tabid/16073/ArticleId/9539/Krematorium.aspx> [Accessed 26.05.2014].
- Hamar kommune. 2006. *Vann og avløp - samt renovasjon - i Hamar* [Online]. Hamar. Available: <http://www.hamar.kommune.no/category1200.html> [Accessed 02.04.2014].
- Hamar Kommune 2009a. Lokal forskrift for nedgravde oljetanker i kommunene Løten, Hamar og Stange. *In: HAMAR KOMMUNE* (ed.).
- Hamar kommune 2009b. Retningslinjer for overgrunnstanker i kommunene Løten, Hamar og Stange. *In: HAMAR KOMMUNE* (ed.). Hamar: Hamar kommune.
- Hamjern AS. *Støperi- og maskineringsverksted – siden 1895* [Online]. Hamar. Available: <http://hamjern.no/> [Accessed 24.05.2014].
- Hansen, H. J., Wang, Ø. & Martinsen, K. 2012. Kommentar til forurensningsforskriften Kap 2. *In: KLIF* (ed.). Oslo.
- Haugen, E. J. 2013. Ni millioner for å fjerne forurensing. *Hamar Arbeiderblad*,.
- Haugland, T., Ottesen, R. T. & Volden, T. 2008. Lead and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in surface soil from day care centres in the city of Bergen, Norway. *Environmental Pollution*, 153, 266-272.
- Haugland, T., Ottesen, R. T., Volden, T. & Jartun, M. 2005. Jordforurensning i OBY-barnehager innenfor Ring 2. Trondheim: Norges geologiske undersøkelse,.
- Helse- og omsorgsdepartementet 2011. Lov om folkehelsearbeid (folkehelseloven) Kapittel 2. Kommunens ansvar. *In: OMSORGSDEPARTEMENTET, H.-O.* (ed.).
- Hias IKS. *Om Hias IKS* [Online]. Hamar: Hias IKS. Available: <http://www.hias.no/hias/> [Accessed 25.05.2014].
- Hoel, D. G. 2013. Casarett and Doull's toxicology: the basic science of poisons. 8th ed.: McGraw-Hill Education.
- Holt, Y. 2009. *Jordforurensning i Porsgrunn*. Master, NTNU.

- HRR Miljø AS. *Nøkkeltall* [Online]. Furnes. Available: http://www.hrr.no/om_oss/nokkeltall [Accessed 24.05.2014].
- Høy, T., Bjørlykke, A. & Sålvoll, H. 1980. *HAMAR, berggrunnskart 1916 IV-M. 1 : 50 000*. Trondheim: Universitetsforlaget.
- Jartun, M., Ottesen, R. T. & Volden, T. 2002. *Jordforurensning i Tromsø*. Trondheim: NGU.,
- Jartun, M., Ottesen, R. T. & Volden, T. 2005. *Spredning av miljøgifter fra tette flater i Bergen*. Trondheim: NGU.
- Jernbaneverket. *Hamar* [Online]. Jernbaneverket. Available: <http://www.jernbaneverket.no/no/Jernbanen/Stasjonsok/-H-/Hamar/?Direction=Departure> [Accessed 26.05.2014].
- Jernbaneverket. 2013. *Utslipp til grunn* [Online]. Available: <http://www.jernbaneverket.no/no/Jernbanen/Miljo/Miljopavirkning/Grunnforurensning/> [Accessed 02.04.2014].
- Jullumstrø, F. S. & Strande, O. 2013. *Forurensningen ved Børstad*.
- K. A. Rasmussen AS. *Historie om K.A.Rasmussen as* [Online]. K. A. Rasmussen AS., Available: <http://www.ka-rasmussen.no/om-k-a-rasmussen/historie/> [Accessed 24.05.2014].
- K. A. Rasmussen AS. *Om K.A.Rasmussen as* [Online]. K. A. Rasmussen AS., Available: <http://www.ka-rasmussen.no/om-k-a-rasmussen/> [Accessed 24.05.2014].
- KLIF 2012. *Grunnforurensning Bransjer og Stoffer: Oversikt over mulig grunnforurensning som kan oppstå ved ulike bransjer*. In: KLIF (ed.).
- Klima- og Miljødepartementet 2004. *Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall (avfallsforskriften), Kapittel 10. Forbrenning av avfall, V. Utslipp til luft*. In: MILJØDEPARTEMENTET, K.-O. (ed.).
- Klima og Forurensningsdirektoratet. 2009. *Kartlegger drivhus og gartnerier med forurenset grunn*. Available: http://www.miljodirektoratet.no/no/Nyheter/Nyheter/Old-klif/2009/Oktober_2009/Kartlegger_drivhus_og_gartnerier_med_forurenset_grunn/ [Accessed 31.05.2014].
- Klima og Forurensningsdirektoratet. 2011. *Strengere krav til kreosot-impregnering*. Available: http://www.miljodirektoratet.no/no/Nyheter/Nyheter/Old-klif/2011/Oktober_2011/Strengere_krav_til_kreosotimpregnering/ [Accessed 29.05.2014].
- Klima og miljødepartementet 2004. *Forurensningsforskriften, Del 3. Lokal luftkvalitet, Kapittel 10. Utslipp fra krematorier*. In: KLIMA OG MILJØDEPARTEMENTET (ed.).
- Klima og Miljødepartementet. 2010. *NOU 2010: 9 Et Norge uten miljøgifter 4.15.2 Tributyltinn- og trifenylytinn forbindelser (TBT og TFT)*. Available: <http://www.regjeringen.no/nb/dep/kld/dok/nou-er/2010/nou-2010-9/7/15/2.html?id=623176> [Accessed 26.05.2014].
- Larsen, M. 2012. *Riksantikvaren fredet verkstedet på Hamar*. Available: <http://www.jernbaneverket.no/no/Nyheter/Nyhetsarkiv/2012/Verkstedet-pa-Hamar-fredet/> [Accessed 26.05.2014].
- Leonard, T. L., Taylor, G. E., Gustin, M. S. & Fernandez, G. C. 1998. *Mercury and plants in contaminated soils: 1. Uptake, partitioning, and emission to the atmosphere*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 17, 2063-2071.
- Løvik, J. E., Rognerud, S., Fjeld, E. & Kjellberg, G. 2009. *Mjøsa*. Available: http://fylker.miljostatus.no/Global/Hedmark/faktaark%20vann/Mjosa_JSsnh-file2654.pdf [Accessed 22.05.2014].
- Løvik, J. E., Stuen, O. H., Bækken, T., Fjeld, E., Kile, M. R. & Rognerud, S. 2014. *Forurensningssituasjonen i Mjøsa med tilløpselver 2013*. NIVA.

- Manzetti, S. 2012. Radongass gir helseproblemer. Available: <http://www.forskning.no/artikler/2012/mars/316510> [Accessed 09.05.2014].
- Maurdalen, O. 2014. Furnes Jernstøperi AS | Pressemelding. Hamar: Furnes Jernstøperi AS. Mesterbygg Hedmark AS. *Informasjon* [Online]. Available: <http://mesterbygg-hedmark.no/informasjon.htm>.
- Meteorologisk Institutt 2014. Vindrosen 12320 Hamar - Stavsberg. Meteorologisk Institutt, Miljødirektoratet. *Virksomheter med tillatelse* [Online]. Trondheim. Available: <http://www.norskeutslipp.no/no/Listesider/Virksomheter-med-utslippstillatelse/?f=4&SectorID=90&k=403> [Accessed 07.04.2014].
- Miljøstatus. Organiske miljøgifter. Available: <http://www.miljostatus.no/Toppmeny/leksikon/O/Organiske-miljogifter/> [Accessed 26.05.2014].
- Miljøstatus. 2013a. Akutte utslipp. Available: <http://fylker.miljostatus.no/Hedmark/Tema-A-A/Vann/Akutt-forurensning/> [Accessed 26.05.2014].
- Miljøstatus. 2013b. Bly. Available: <http://www.miljostatus.no/Tema/Kjemikalier/Noen-farlige-kjemikalier/Bly/> [Accessed 27.05.2014].
- Miljøstatus. 2013c. Dioksiner og furaner. Available: <http://www.miljostatus.no/Tema/Kjemikalier/Noen-farlige-kjemikalier/Dioksiner-og-furaner/> [Accessed 26.05.2014].
- Miljøstatus. 2013d. Forurensede sedimenter i havner og småbåthavner. Available: <http://fylker.miljostatus.no/Aust-Agder/Tema-A-A/Kjemikalier/Forurensede-sedimenter/--2Havner-i-AA--Forurensede-sedimenter-i-havner-og-smabathavner/> [Accessed 26.05.2014].
- Miljøstatus. 2013e. Imposex hos purpurnegl. Available: <http://www.miljostatus.no/Imposex-hos-purpurnegl/> [Accessed 26.05.2014].
- Miljøstatus. 2013f. PCB. Available: <http://www.miljostatus.no/Tema/Kjemikalier/Noen-farlige-kjemikalier/PCB/> [Accessed 26.05.2014].
- Miljøstatus. 2013g. PER (tetrakloreten, tetrakloretylen). Available: <http://www.miljostatus.no/Tema/Kjemikalier/Noen-farlige-kjemikalier/PER/> [Accessed 29.05.2014].
- Miljøstatus. 2013h. Utslipp fra vedfyring. Available: <http://www.miljostatus.no/Tema/Luftforurensning/Lokal-luftforurensning/Vedfyring-utslipp/> [Accessed 27.05.2014].
- Miljøstatus. 2014. PAH. Available: <http://www.miljostatus.no/Tema/Kjemikalier/Noen-farlige-kjemikalier/PAH/>.
- Miljøverndepartementet 1995. NOU 1995: 4 Virkemidler i miljøpolitikken, kapittel 21 Forurensningslovens konsesjonssystem. Oslo: Miljøverndepartementet.
- Naturvernforbundet. *Forurensning* [Online]. Oslo. Available: <http://naturvernforbundet.no/forurensning/forurensing-article24885-2591.html> [Accessed 07.04.2014].
- NGF 2006. *Landet blir til, Norges geologi*, Trondheim.
- NGU. *Kartblad 5 Oslo Akershus Buskerud Oppland* [Online]. Available: http://www.ngu.no/upload/Aktuelt/Nyheter%202011/Kartblad5_OSLO-AKERSHUS-BUSKERUD-OPPLAND.jpg [Accessed 02.05.2014].
- NGU. 2008. Karbonater. Available: <http://www.ngu.no/en-gb/hm/Resources/industrimineraler/Karbonater/> [Accessed 20.05.2014].
- Norske kirkebygg. 2010. *Hamar krematorium, kapell og kirkegård* [Online]. Available: http://norske-kirkebygg.origo.no/-/bulletin/show/588830_hamar-krematorium-kapell-og-kirkegaard?ref=checkpoint [Accessed 26.05.2014].
- Næsheim, A. & Strand, O. B. 2013. Farlig gift funnet på Børstad. *NRK*.

- Ottesen, R., T & Langedal, M. 2001. Urban geochemistry in Trondheim, Norway. *NGU-Bull*, 438, 63-69.
- Ottesen, R., T. & Volden, T. 1999. Jordforurensning i Bergen. Trondheim: NGU,.
- Ottesen, R. T., Volden, T. & Finne, T. E. 1999. Undersøkelse av arseninnholdet i jord i Stormyra barnehage.
- Ottesen, R. T., Volden, T., Haugland, T. & Alexander, J. 2000. Jordforurensning i Bergen – Oppfølgende undersøkelser av jordforurensning i barns lekemiljø i Sentrum-Laksevåg-, Løvestakken-, sandviken og Landås bydeler. Helseisikovurderinger. Trondheim: NGU,.
- Pettersen, A.-M. 2012. *Geokjemisk kartlegging av overflatejord i Sandnes og Stavanger: Identifisering av mulige kilder til arsen, tungmetaller, PAH og PCB i jord, og forslag til byjordsområder*. Master, NTNU.
- Reimann, C. & Caritat, P. d. 1998. *Chemical Elements in the Environment. Factsheets for the Gechemist and environmental Scientist*, Germany, Springer.
- Reimann, C., Filzmoser, P., Garrett, R. & Dutter, R. 2008. 2.4.4 Results below the detection limit. *Statistical Data Analysis Explained: Applied Environmental Statistics with R*. Chichester: Wiley.
- Rosvold, K. A. *Trondheim* [Online]. Store Norske Leksikon. Available: <http://snl.no/Trondheim> [Accessed 08.05.2014].
- Ryberg, R. 2014. *RE: Personlig meddelelse*.
- SFT-veileder 2009. Veileder for Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn.
- SFT 1999. Utslippstillatelse for K. A. Rasmussen AS. *In: SFT* (ed.).
- SFT 2005. Tillatelse til innsamling av farlig avfall for Hedmark Renovasjon & Resirkulering AS *In: SFT* (ed.).
- SFT 2006. Utslippstillatelse for Furnes Hamjern SCC, avd Hamjern. *In: SFT* (ed.).
- SNL. Hedmark - geologi. Available: <http://snl.no/Hedmark/geologi> [Accessed 19.05.2014].
- Statens Forurensningstilsyn 2009. Kartlegging av tetrakloreten ("PER") i avfallsstrømmen fra renseriindustrien.
- Statens strålevern. 2013. Radon. Available: <http://www.miljostatus.no/Tema/Straling/Radon/> [Accessed 09.05.2014].
- Statistisk Sentralbyrå 1960. Folketellingen 1. november 1960. Oslo: SSB.
- Statistisk Sentralbyrå 2014. Statistikkbanken kildetabell 07459.
- Thune, N. A. *Bergen - historie* [Online]. Store Norske Leksikon. Available: <http://snl.no/Bergen/historie> [Accessed 08.05.2014].
- Tijhuis, L., Brattli, B. & Sæther, O. 2002. A geochemical survey of topsoil in the city of Oslo, Norway. *Environmental Geochemistry and Health*, 24, 67-94.
- Tokar, E. J., Boyd, W. A., Freedman, J. H. & Waalkes, M. P. 2013. Toxic Effects of Metals. *In: KLAASSEN, C. D. (ed.) Casarett and Doull's toxicology: the basic science of poisons*.
- Tvedt, K. A. *Oslo - historie - Historisk oversikt* [Online]. Store Norske Leksikon. Available: http://snl.no/Oslo_%E2%80%93_historie/Historisk_oversikt [Accessed 08.05.2014].
- WHO. *Ten chemicals of major public health concern* [Online]. WHO, . Available: http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/chemicals_phc/en/ [Accessed 30.04.2014].

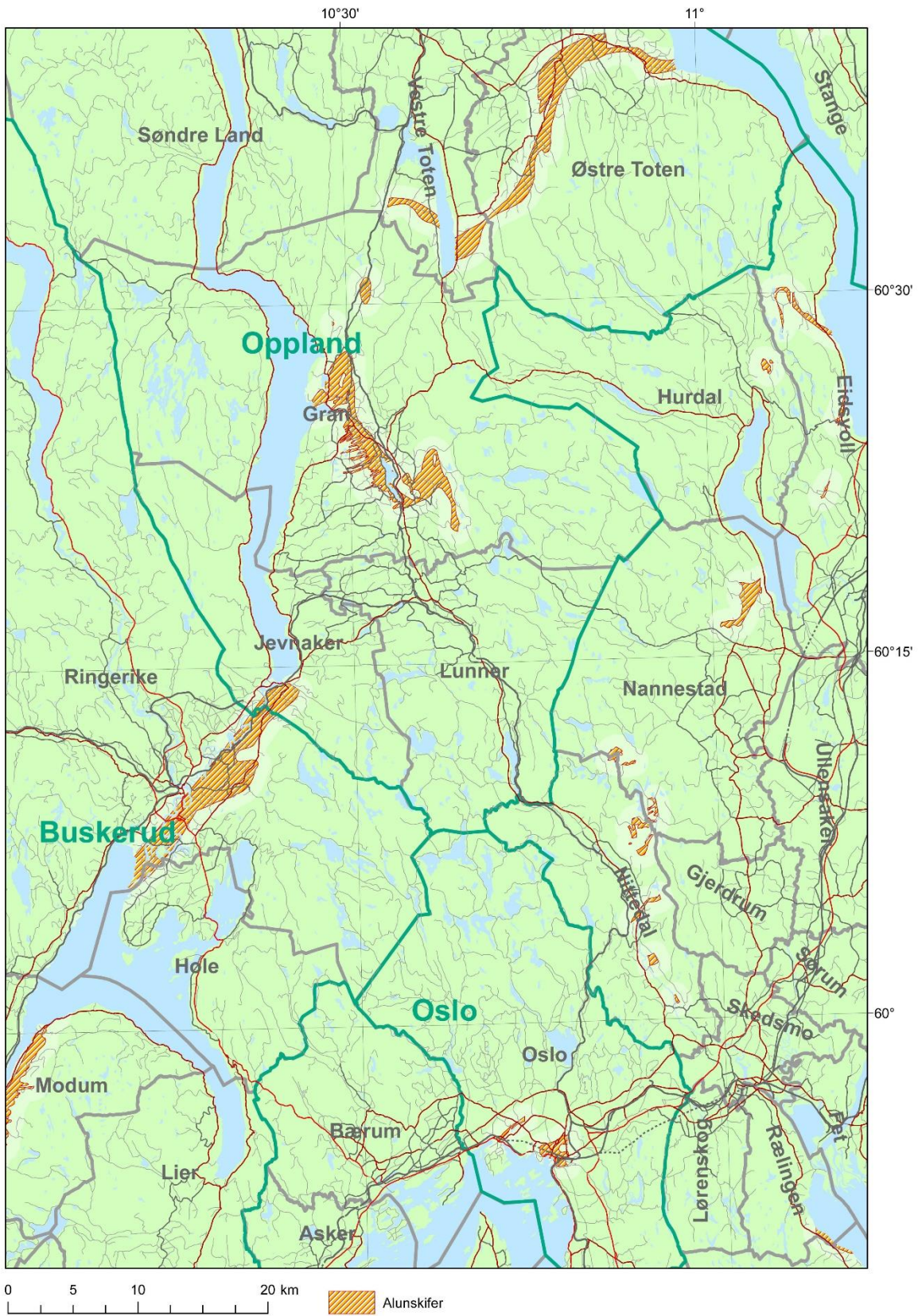
Vedlegg

A. Dominerende bergarter i andre norske byer, brukt til sammenligning

Tabell A-1: Dominerende bergarter i de 7 andre byene i Norge som resultatene i dette prosjektet er sammenlignet med. Informasjon om Tromsø hentet fra (Jartun et al., 2002), Trondheim: (Andersson et al., 2010), Bergen: (Ottesen and Volden, 1999), Oslo: (Tijhuis et al., 2002), Stavanger og Sandnes: (Pettersen, 2012) og Porsgrunn: (Holt, 2009)

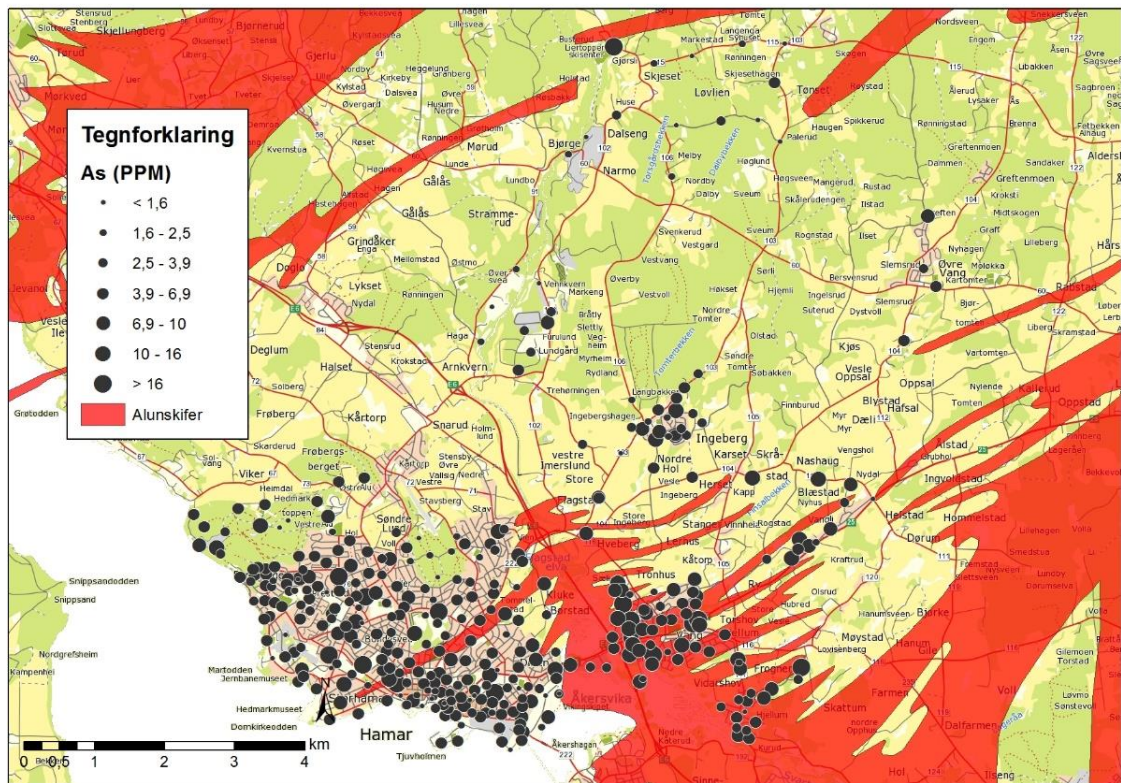
By/byområde	Bergarter
Tromsø	Perioditt, Granat, Muskovittskifer og -gneiss, kataklastiske bergarter og kalkspatmarmor
Trondheim	(Tholeisk) basalt, chert, hemipaleogiske sedimenter, Trondhemitt
Bergen	Glimmerskifer, grønnskifer, kvartsitt, prekambrisk gneiss, anortsitt, amfibolitt og migmatitt, granittisk og granodiorittisk gneiss
Oslo	Granittisk gneis, skifer, kalkstein, sandstein, leirstein, konglomerater, basalt og gabbro
Stavanger og Sandnes	Fylitt, glimmerskifer, diorittisk- og granittisk gneiss og migmatitt
Porsgrunn	Kalkstein, marmor, granittisk- og øyegneiss, fylitt (tynt belte), mozonitt og kvarts-mozonitt, Larvikitt, sandstein og tuff

B. Alunskiferkart over Østlandet

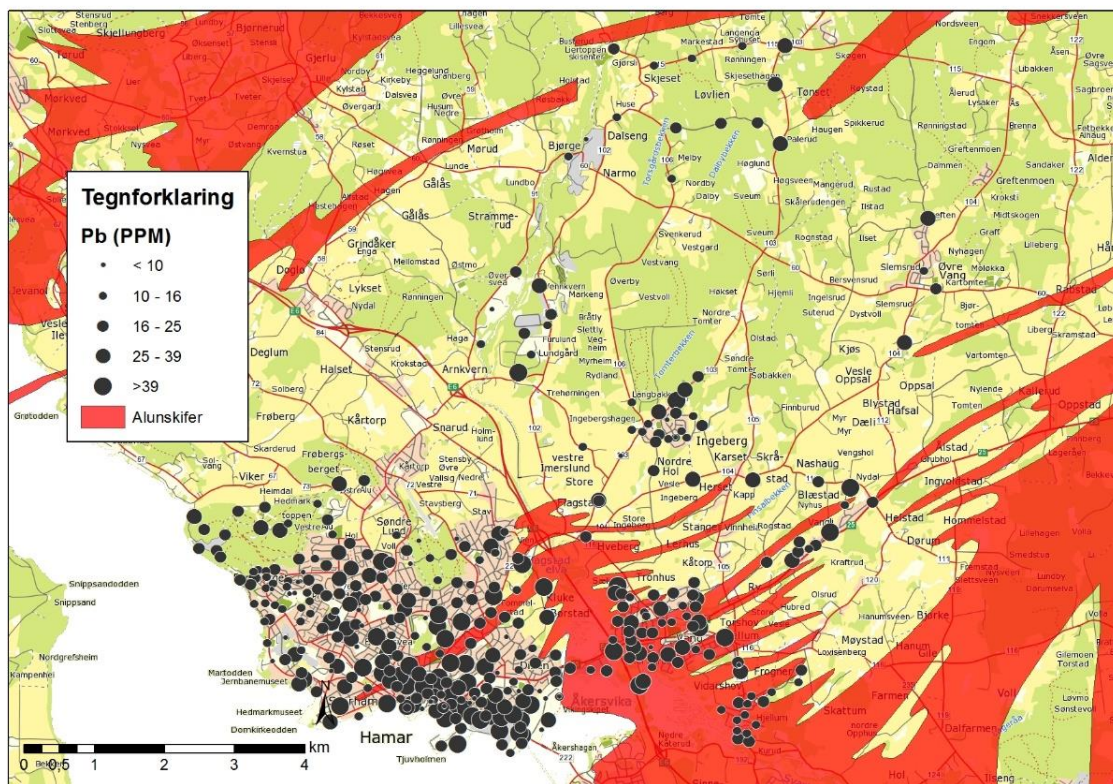


Figur B-1: Alunskiferutbredelse på deler av Østlandet (NGU).

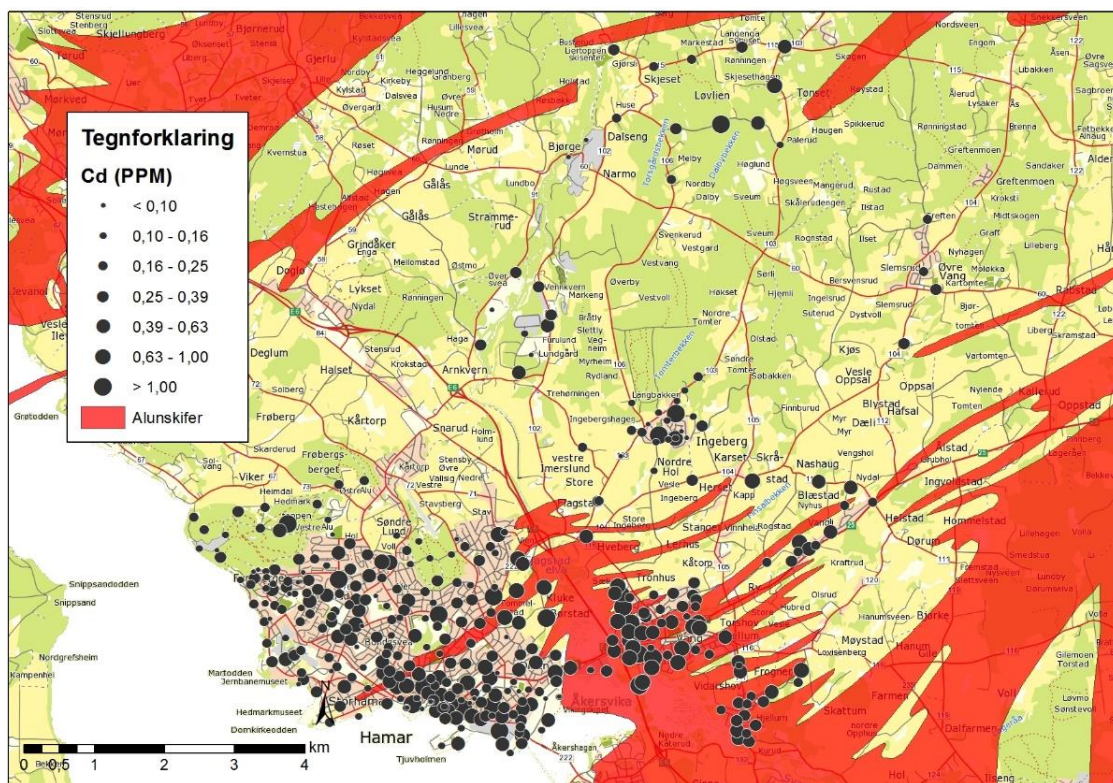
C. Alunskiferkart med konsentrasjon av de ulike tungmetallene og Arsen



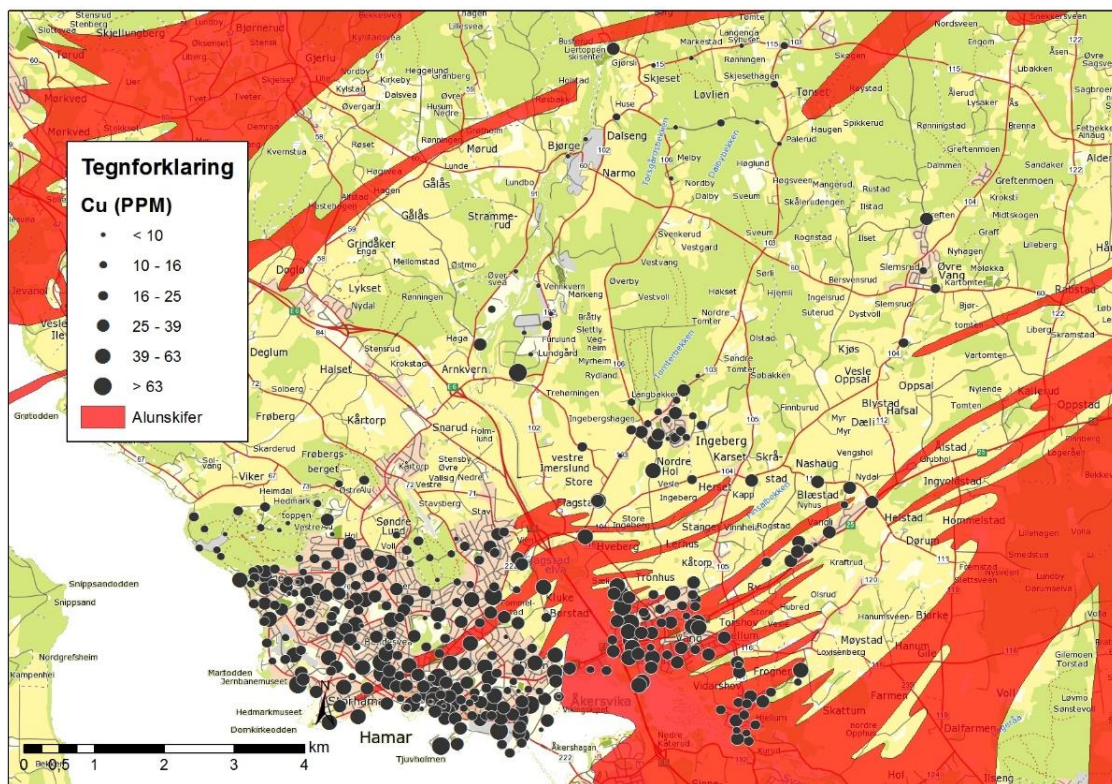
Figur C-1: Alunskiferkart med konsentrasjon av arsen framstilt som sirkler med økende størrelse.



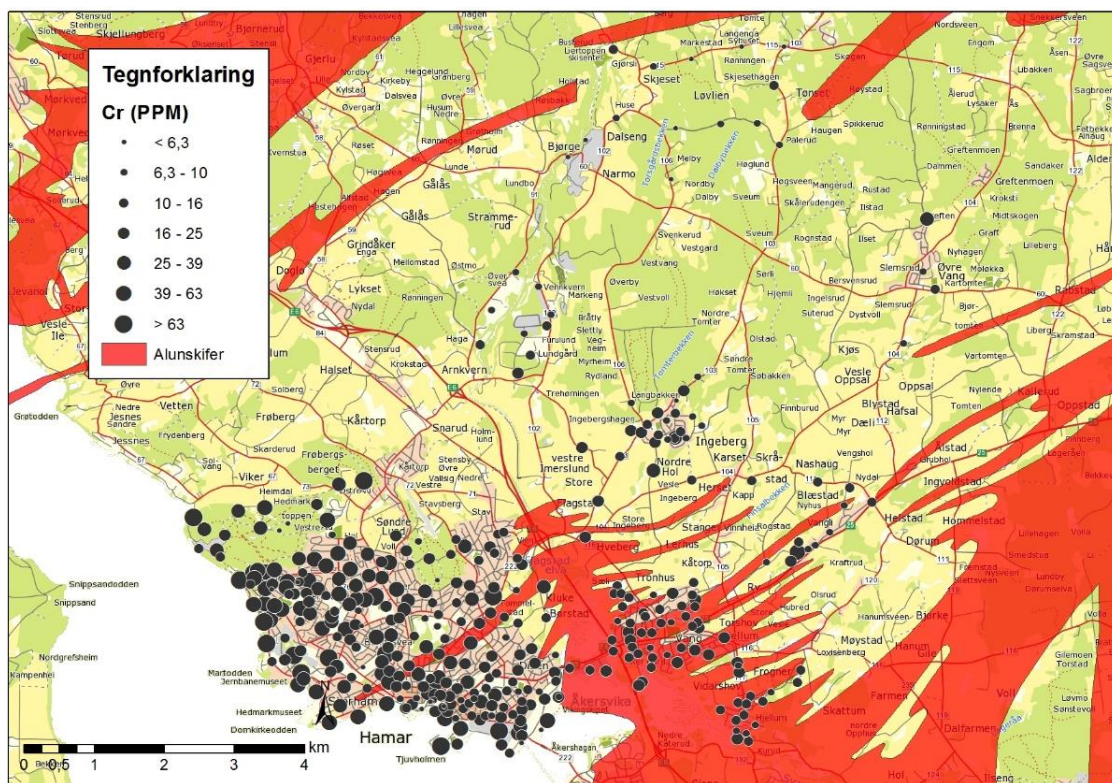
Figur C-2: Alunskiferkart med konsentrasjon av bly framstilt som sirkler med økende størrelse.



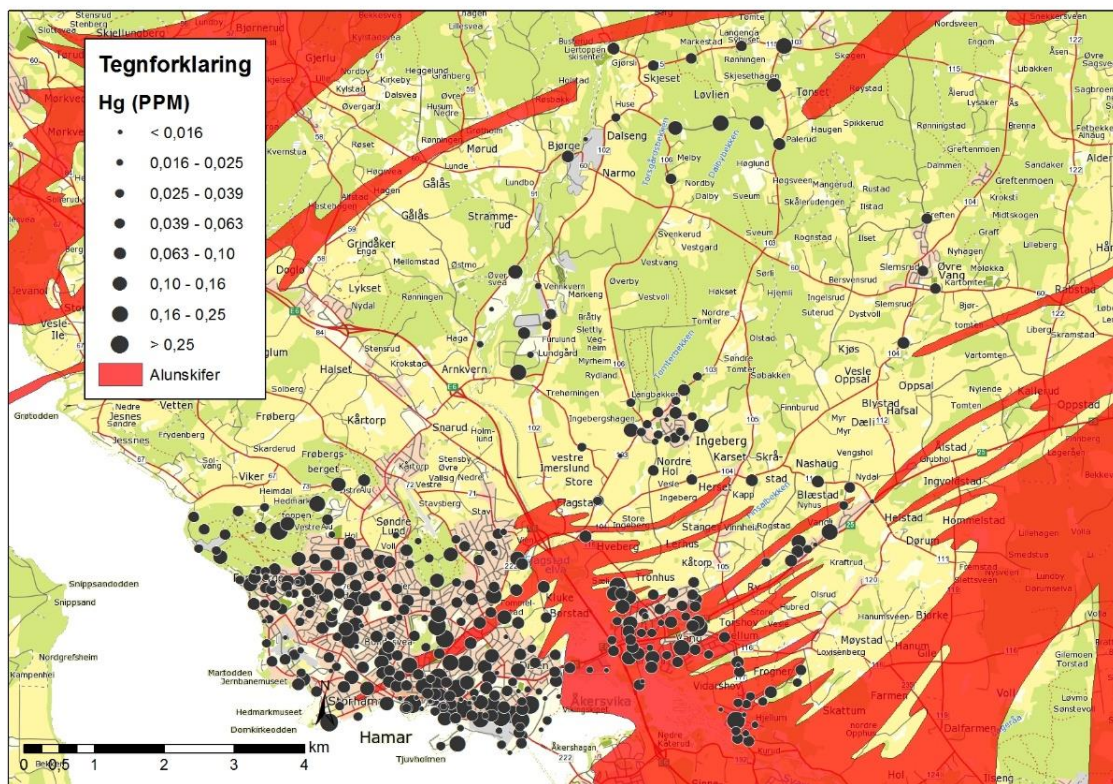
Figur C-3: Alunskiferkart med konsentrasjon av kadmium framstilt som sirkler med økende størrelse.



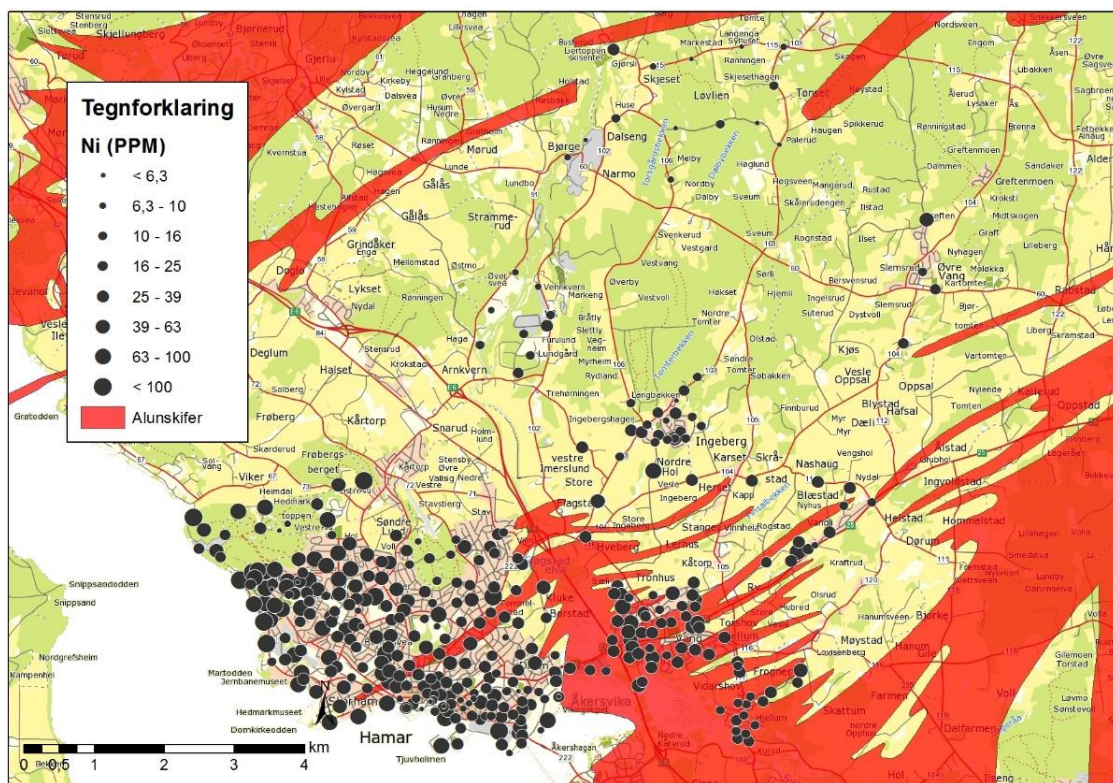
Figur C-4: Alunskiferkart med konsentrasjon av kobber framstilt som sirkler med økende størrelse.



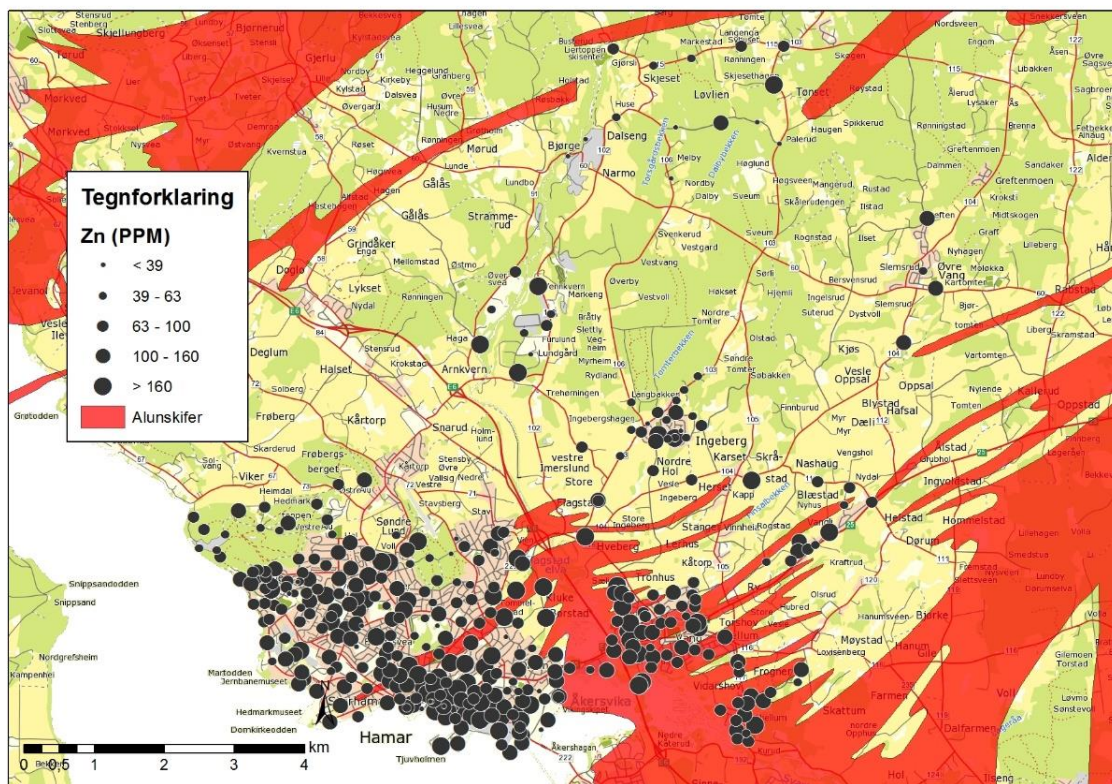
Figur C-5: Alunskiferkart med konsentrasjon av krom framstilt som sirkler med økende størrelse.



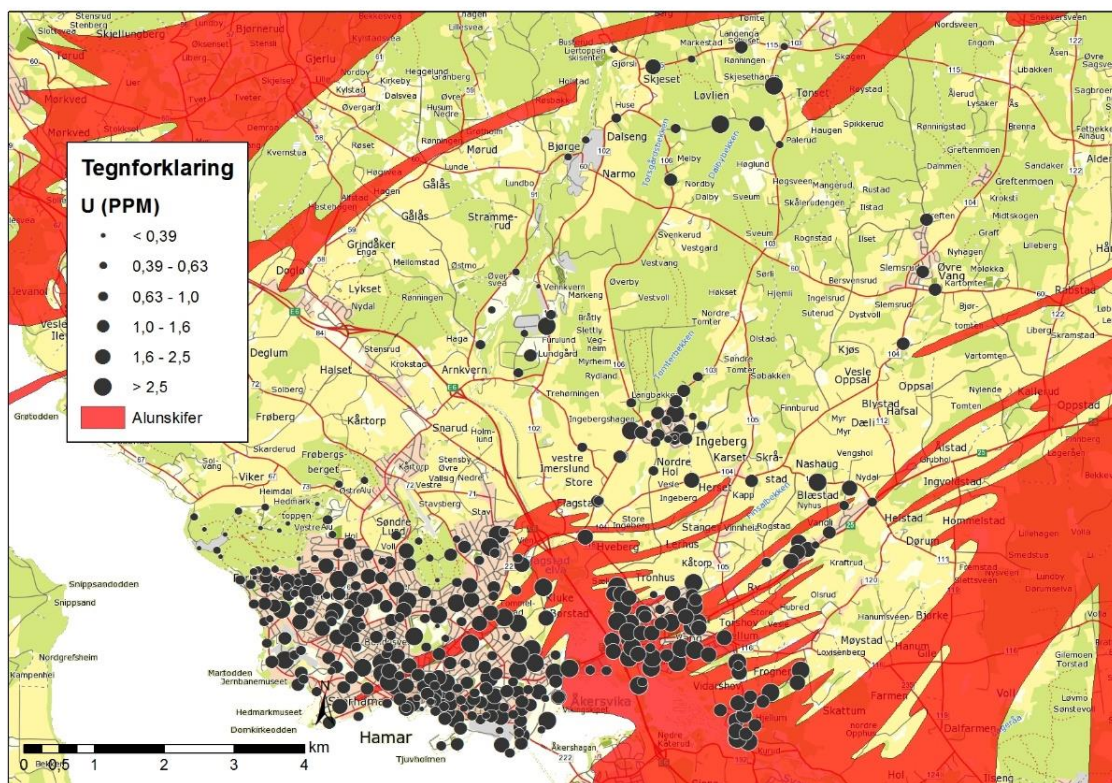
Figur C-6: Alunskiferkart med konsentrasjon av kvikksølv framstilt som sirkler med økende størrelse.



Figur C-7: Alunskiferkart med konsentrasjon av nikkel framstilt som sirkler med økende størrelse.



Figur C-8: Alunskiferkart med konsentrasjon av sink framstilt som sirkler med økende størrelse.



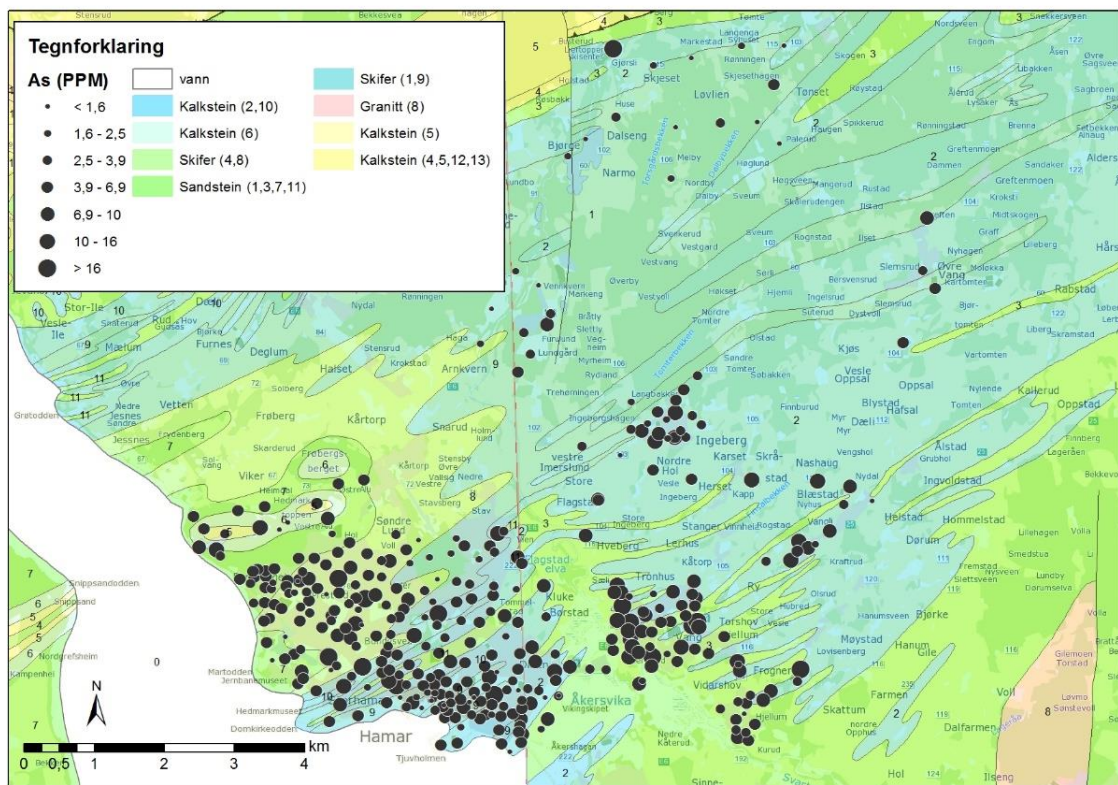
Figur C-9: Alunskiferkart med konsentrasjon av uran framstilt som sirkler med økende størrelse.

D. Korrelasjonskoeffisienter for alle grunnstoffene i undersøkelsen.

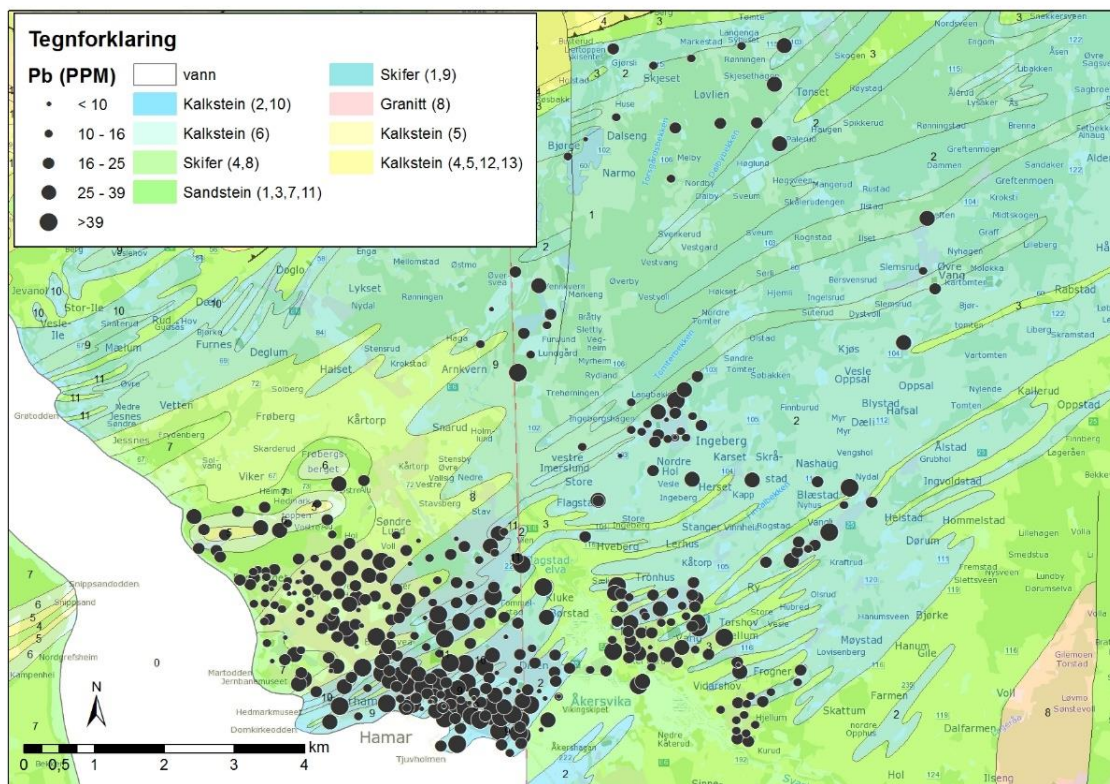
Tabell D-1: Korrelasjonskoeffisienter for grunnstoffene i undersøkelsen.

Grunnstoff	R	Grunnstoff	r
Mo	0,9996	Na	0,9948
Cu	0,8973	K	0,9972
Pb	0,8759	W	0,9975
Zn	0,9009	Sc	0,8389
Ag	0,9998	Tl	0,9940
Ni	0,9699	S	0,9460
Co	0,9664	Hg	0,9450
Mn	0,9800	Se	0,7549
Fe	0,9035	Te	0,5210
As	0,9072	Ga	0,9180
U	0,9843	Cs	0,9589
Au	0,9638	Ge	-
Th	0,7971	Hf	0,9821
Sr	0,8293	Nb	0,9830
Cd	0,8280	Rb	0,8524
Sb	0,9935	Sn	0,8977
Bi	0,8768	Ta	-
V	0,9051	Zr	1,0000
Ca	0,9806	Y	0,8027
P	0,9394	Ce	0,4886
La	0,8752	In	-0,0555
Cr	0,9313	Re	-0,0196
Mg	0,9738	Be	0,6830
Ba	0,9999	Li	0,9704
Ti	0,9708	Pd	0,9416
B	0,9884	Pt	0,8144
Al	0,9322		

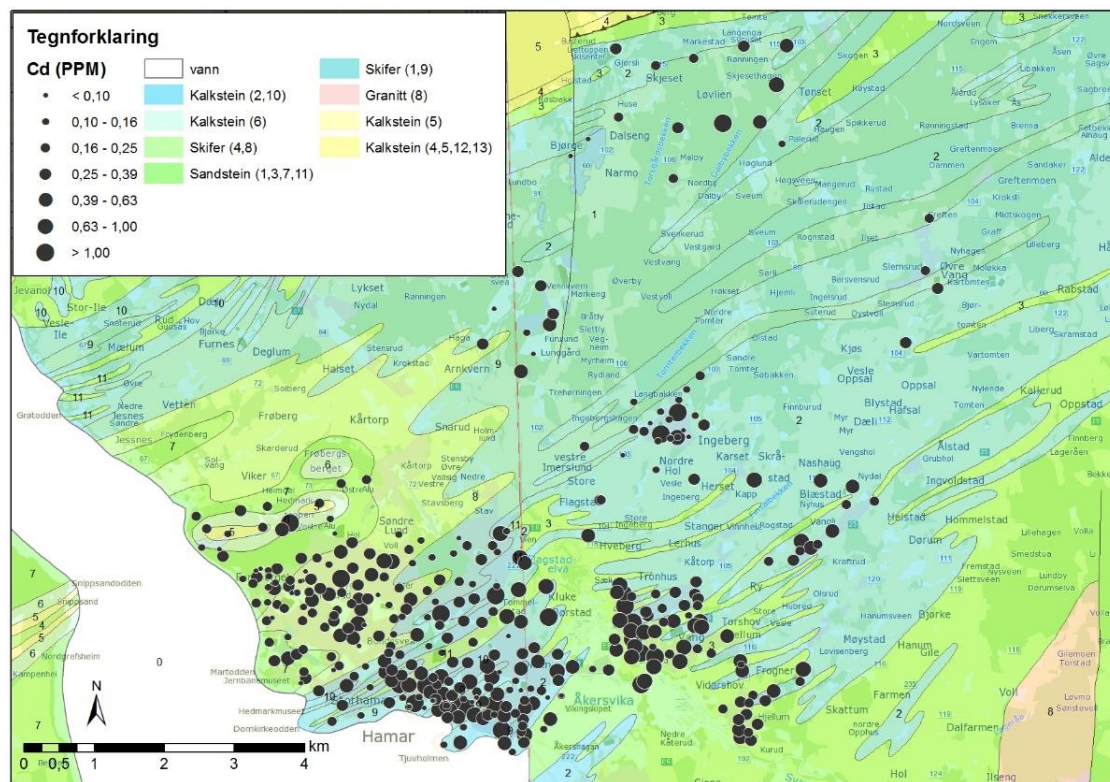
E. Berggrunnskart med konsentrasjon av de ulike tungmetallene og Arsen.



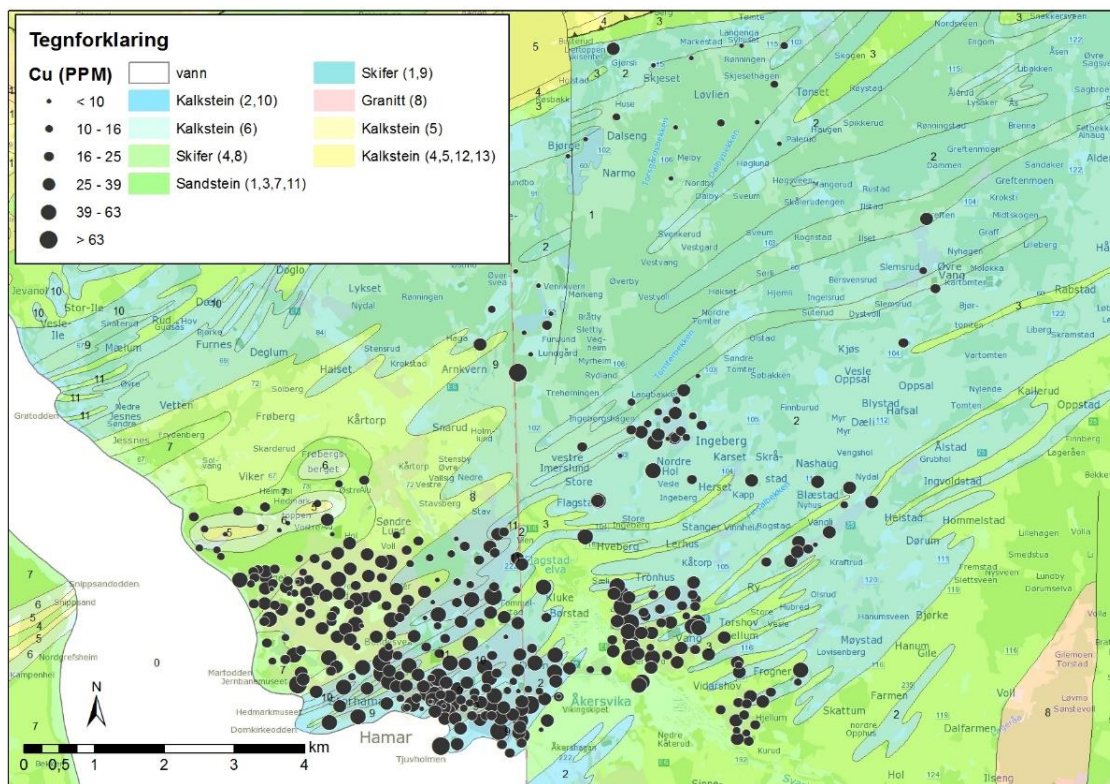
Figur E-1: Berggrunnskart med konsentrasjon av arsen framstilt som sirkler med økende størrelse.



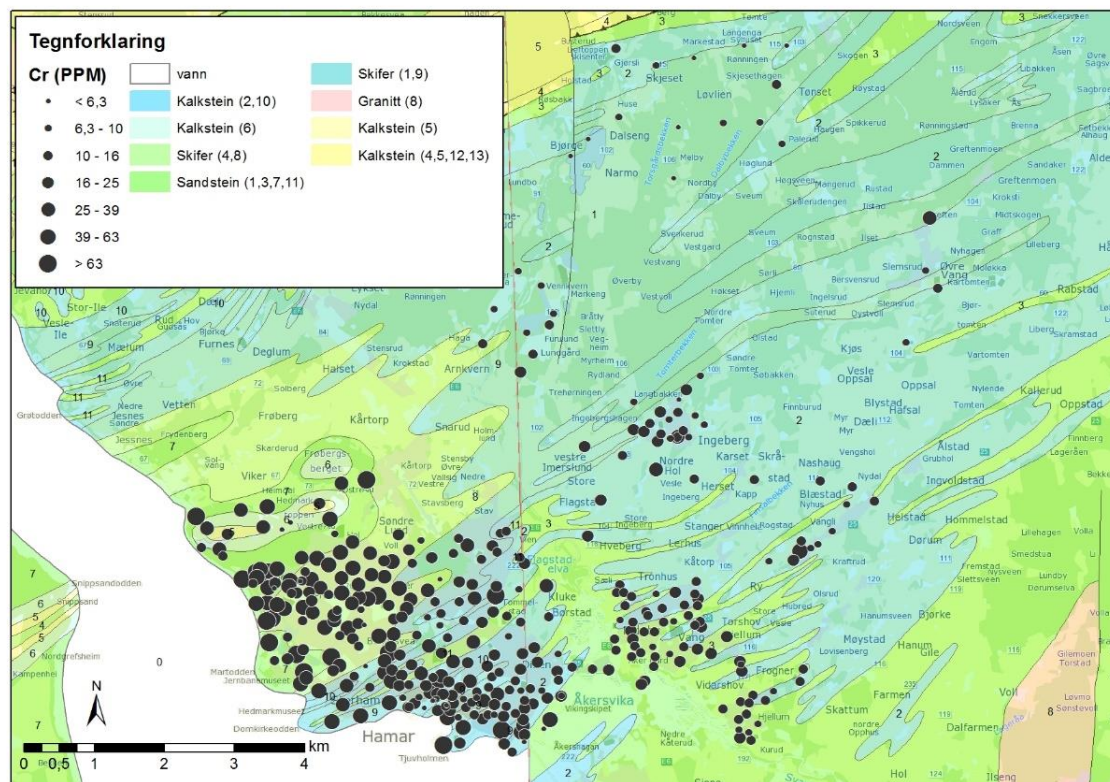
Figur E-2: Berggrunnskart med konsentrasjon av bly framstilt som sirkler med økende størrelse.



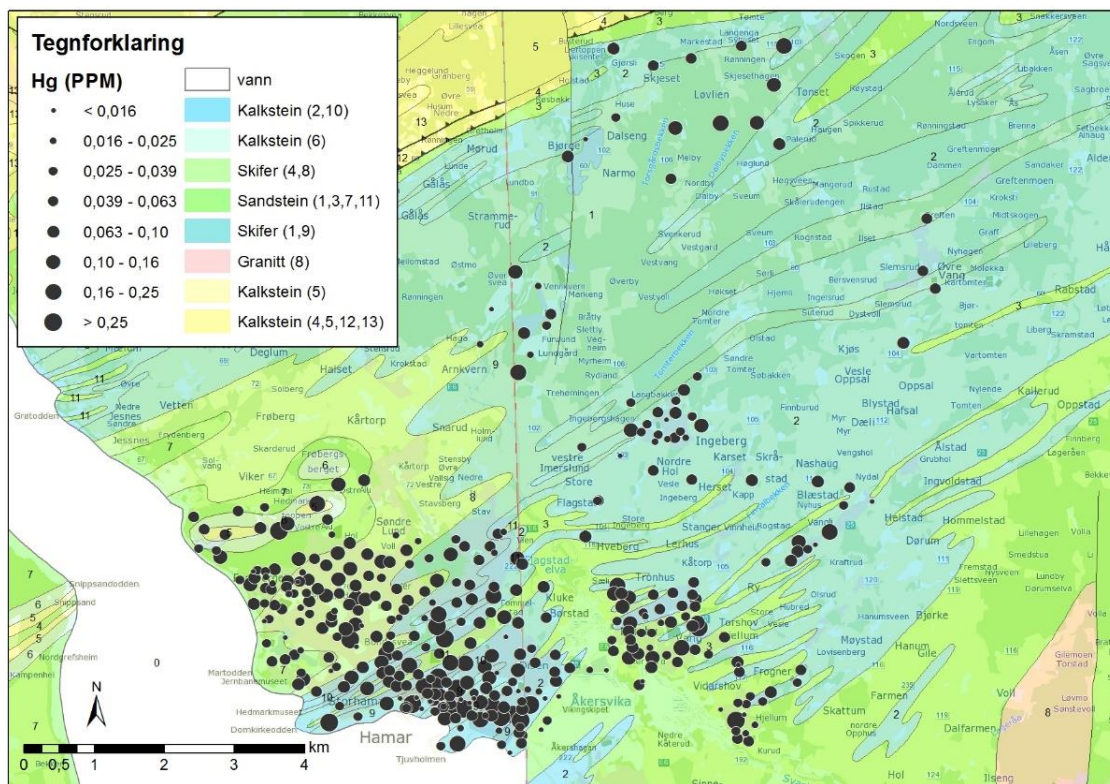
Figur E-3: Berggrunnskart med konsentrasjon av kadmium framstilt som sirkler med økende størrelse.



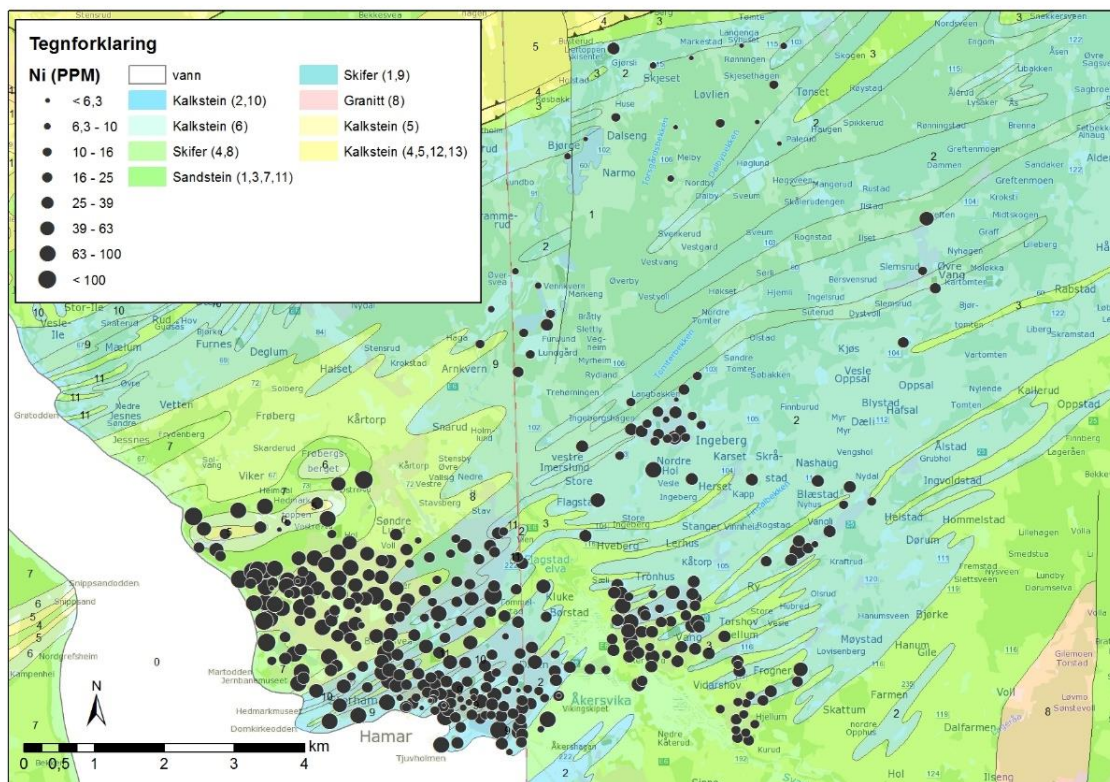
Figur E-4: Berggrunnskart med konsentrasjon av kobber framstilt som sirkler med økende størrelse.



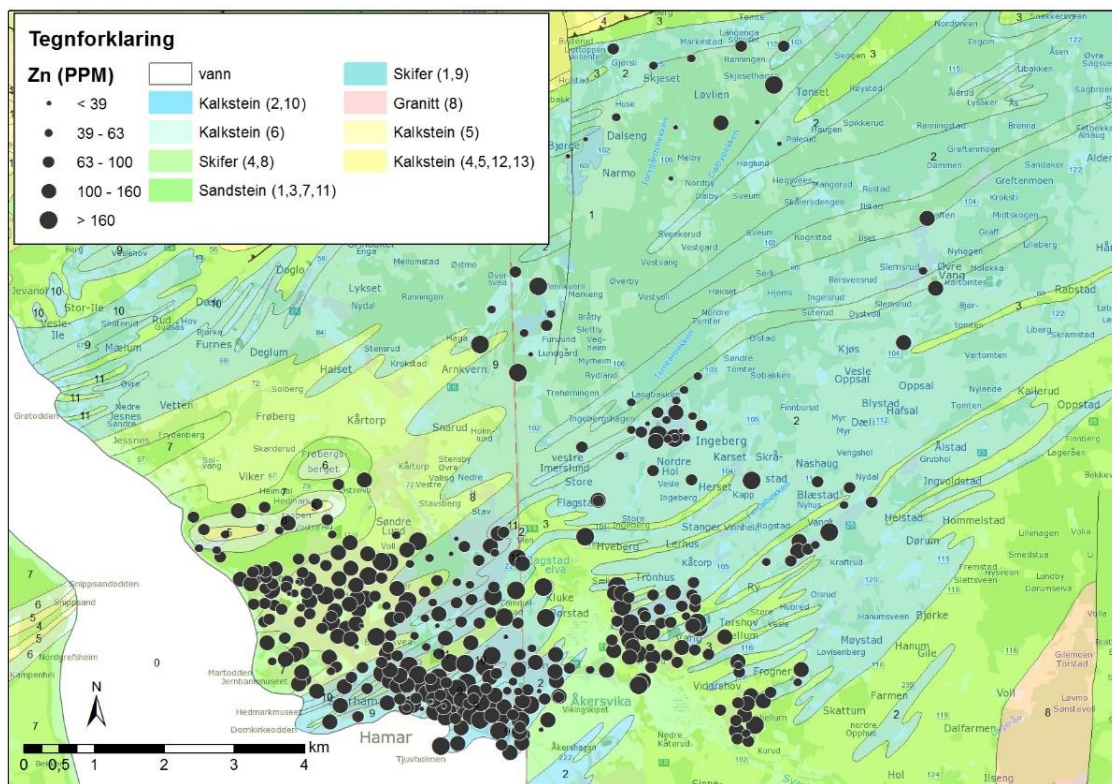
Figur E-5: Berggrunnskart med konsentrasjon av krom framstilt som sirkler med økende størrelse.



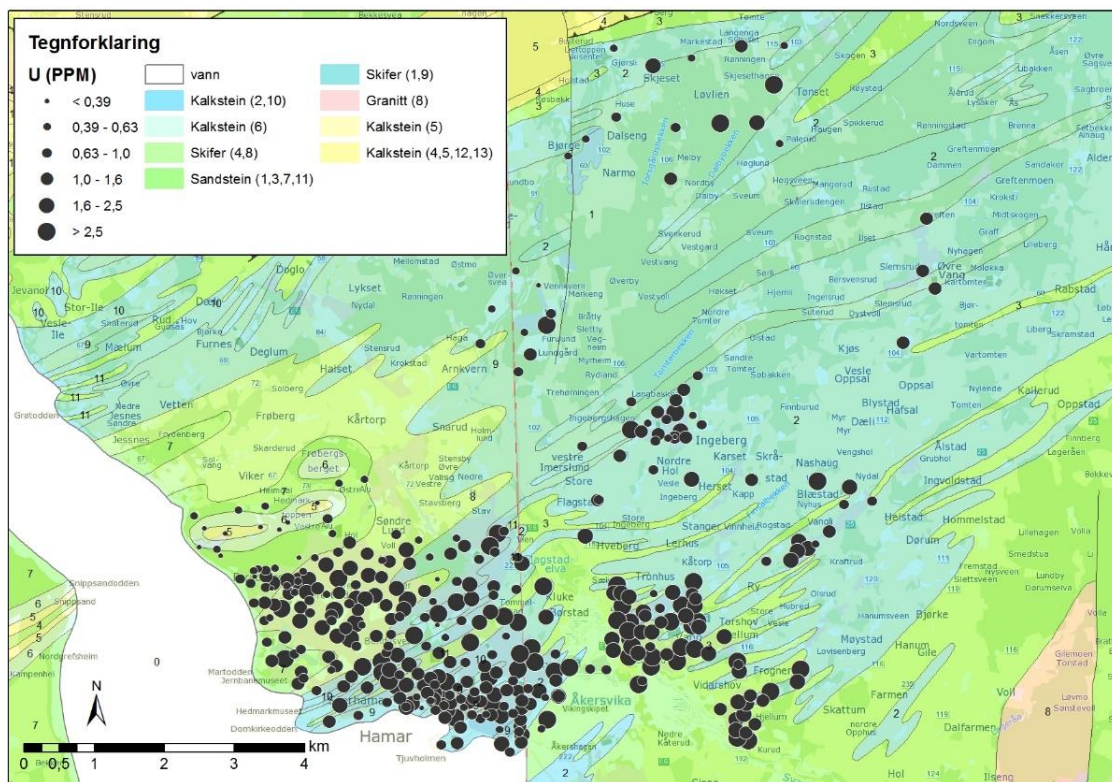
Figur E-6: Berggrunnskart med konsentrasjon av kvikksølv framstilt som sirkler med økende størrelse.



Figur E-7: Berggrunnskart med konsentrasjon av nikkell framstilt som sirkler med økende størrelse.



Figur E-8: Berggrunnskart med konsentrasjon av sink framstilt som sirkler med økende størrelse.



Figur E-9: Berggrunnskart med konsentrasjon av uran framstilt som sirkler med økende størrelse.

F. Cerium/Lantan forhold for de mest forurensede prøvene

Hamar vest og Storhamar:

Tabell F-1: Oversikt over Ce/La forhold i de mest forurensede prøvene på Hamar Vest og Storhamar.

Prøve-nr	Tilstand	Ce/La	Natur	Antrop.
5697	3	2,26	0	1
6607	3	2,20	1	0
5633	4	2,31	0	1
6676	3	2,13	1	0
6665	3	2,19	1	0

Sentrum:

Tabell F-2: Oversikt over Ce/La forhold i de mest forurensede prøvene i hamar sentrum.

Prøve-nr	Tilstand	Ce/La	Natur	Antrop.
6629	4	2,10	1	0
5779	3	2,08	1	0
6626	3	2,06	1	0
6644	3	2,19	1	0
5909	5	2,19	1	0
5913	4	2,16	1	0
5914	3	2,05	1	0
5915	3	2,00	1	0
5916	3	1,99	1	0
6696	3	2,29	0	1
5918	3	2,15	1	0
6647	3	2,04	1	0
6635	3	2,21	0	1
5761	3	2,01	1	0
6643	3	2,01	1	0
5752	3	1,98	1	0
6695	3	2,20	1	0

Børstad og Mæhlumsløkka

Tabell F-3: Oversikt over Ce/La forhold i de mest forurensede prøvene på Børstad og Mæhlumsløkka.

Prøve-nr	Tilstand	Ce/La	Natur	Antrop.
5733	4	1,99	1	0
5744	4	1,98	1	0
5736	3	2,14	1	0
5938	3	2,44	0	1

Ridabu

Tabell F-4: Oversikt over Ce/La forhold i de mest forurensede prøvene på Ridabu.

Prøve-nr	Tilstand	Ce/La	Natur	Antrop.
6780	3	2,33	0	1
6784	3	2,41	0	1
6719	4	1,87	1	0

Ingeberg skole

Tabell F-5: Oversikt over Ce/La forhold i den mest forurensede prøven på Ingeberg skole.

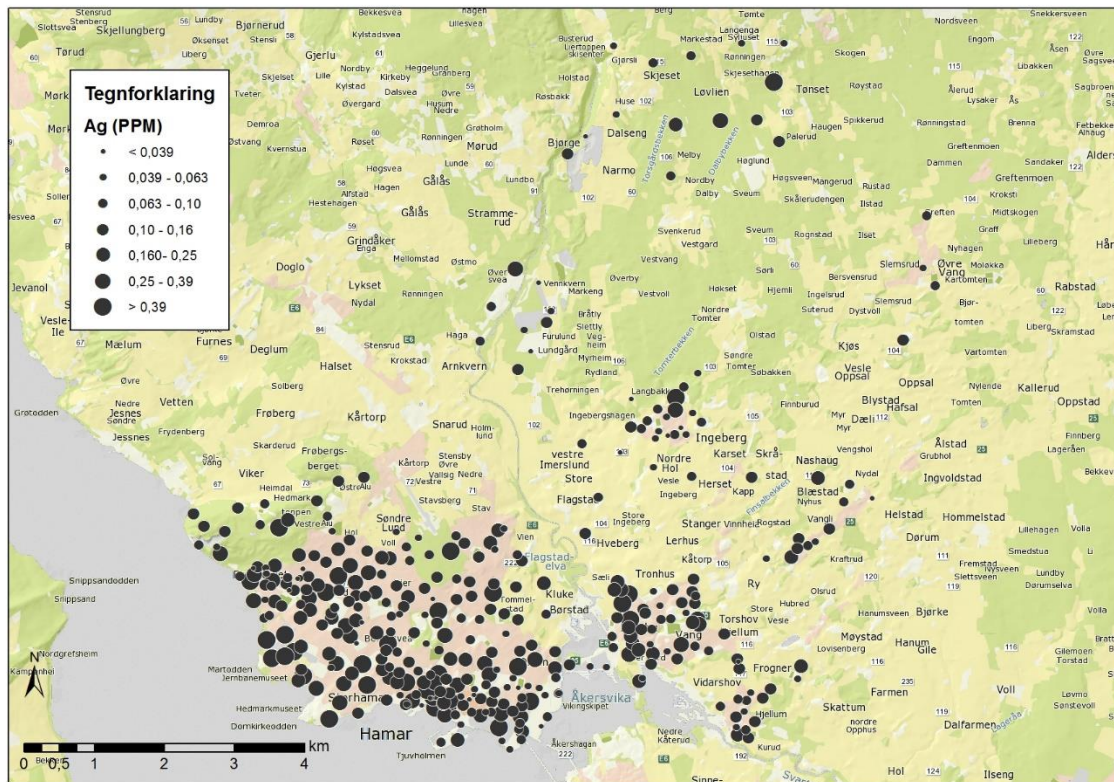
Prøve-nr	Tilstand	Ce/La	Natur	Antrop.
6748	3	2,12	1	0

Øvrige forurensede prøver

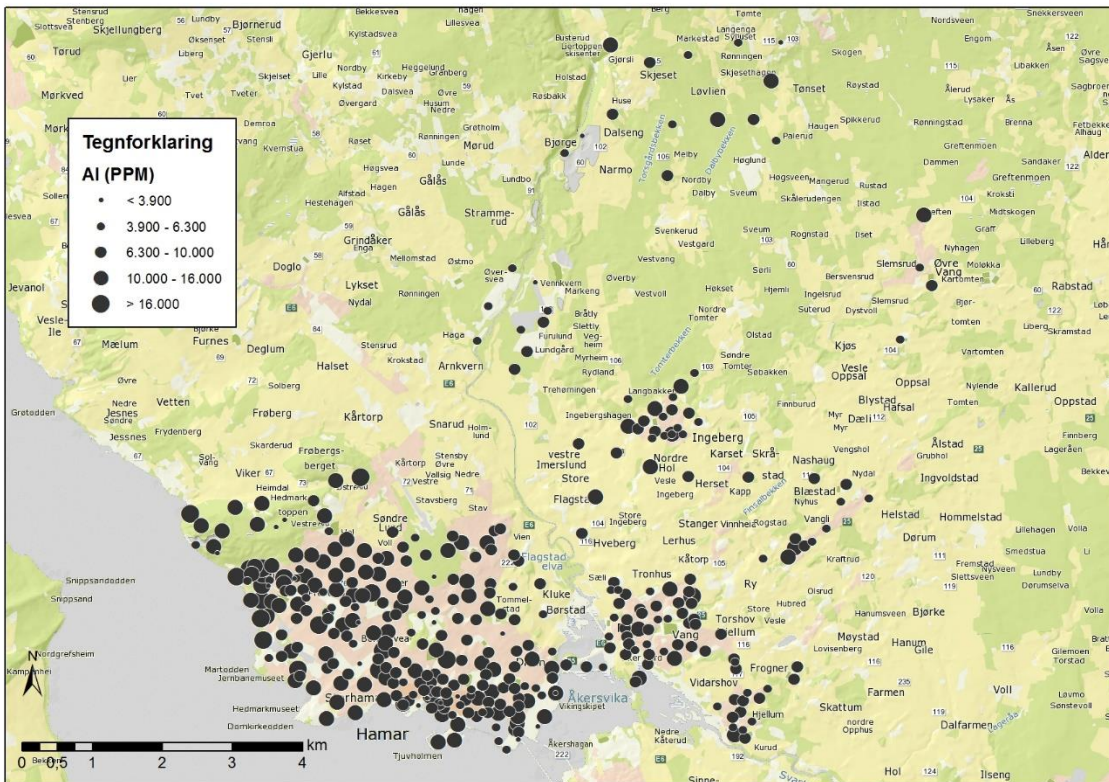
Tabell F-6: Oversikt over Ce/La forhold i de resterende mest forurensede prøvene i Hamar kommune

Prøve-nr	Tilstand	Ce/La	Natur	Antrop.
5953	3	2,19	1	0
5961	3	2,50	0	1

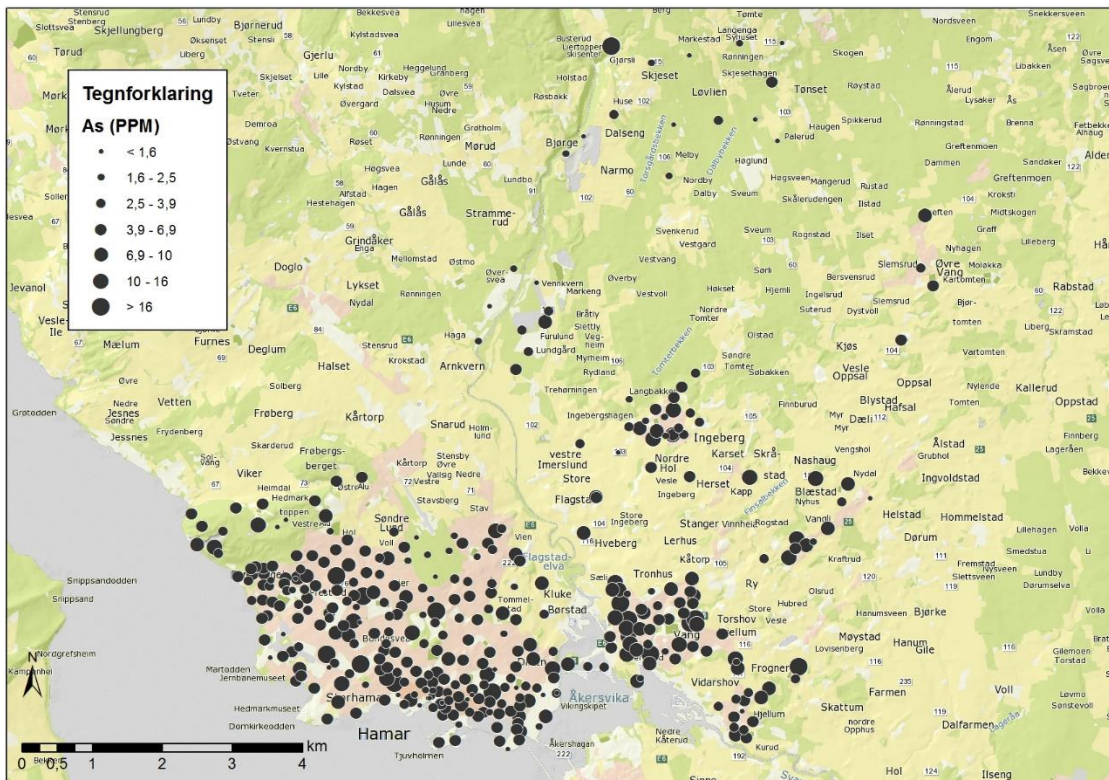
G. Konsentrasjonskart for resterende grunnstoffer



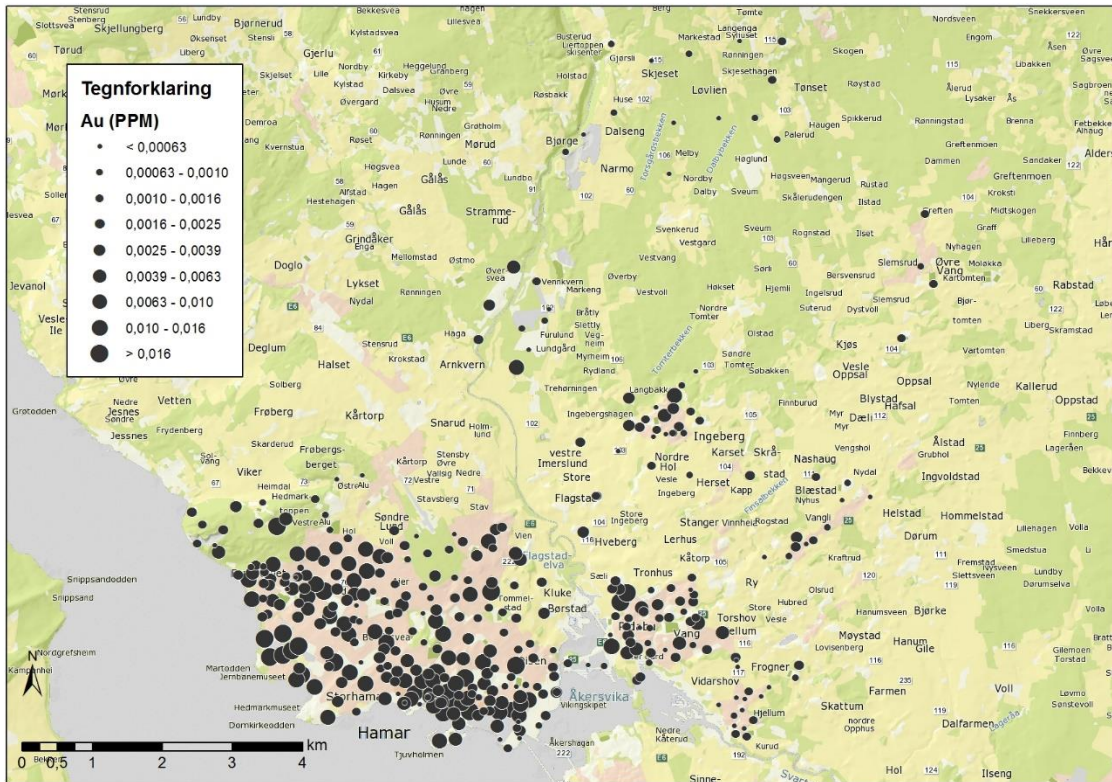
Figur G-1: Prøvepunktene med konsentrasjon av sølv, Ag, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



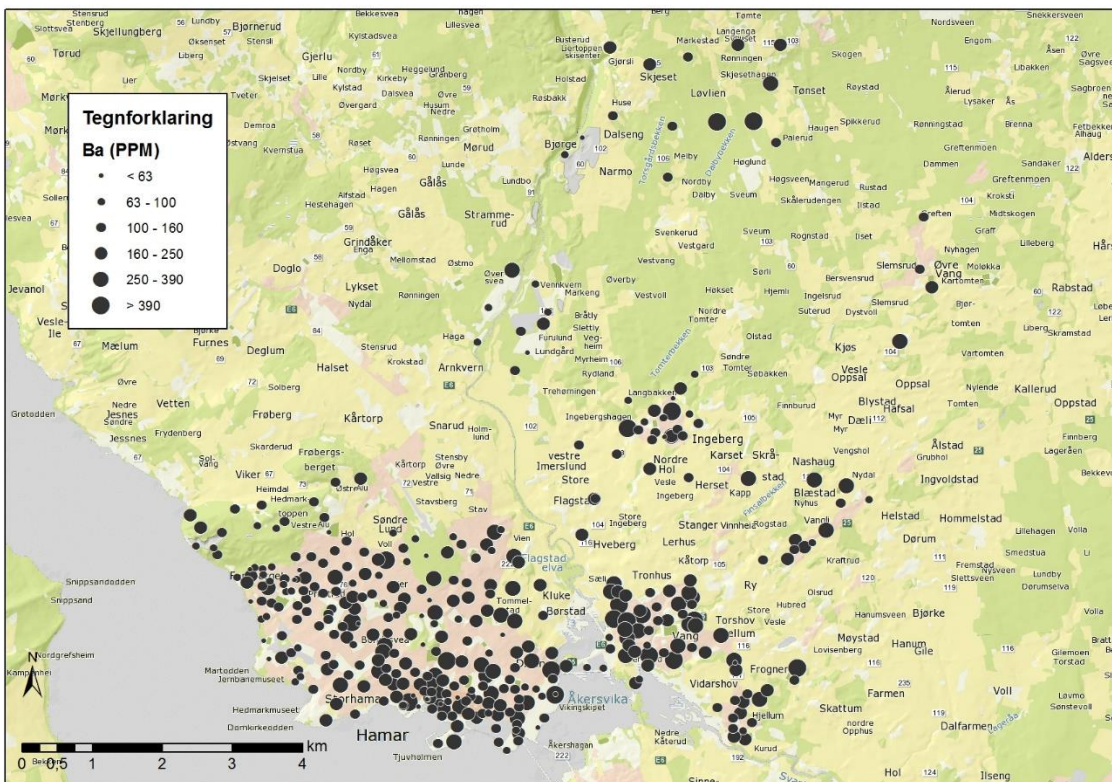
Figur G-2: Prøvepunktene med konsentrasjon av aluminium, Al, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



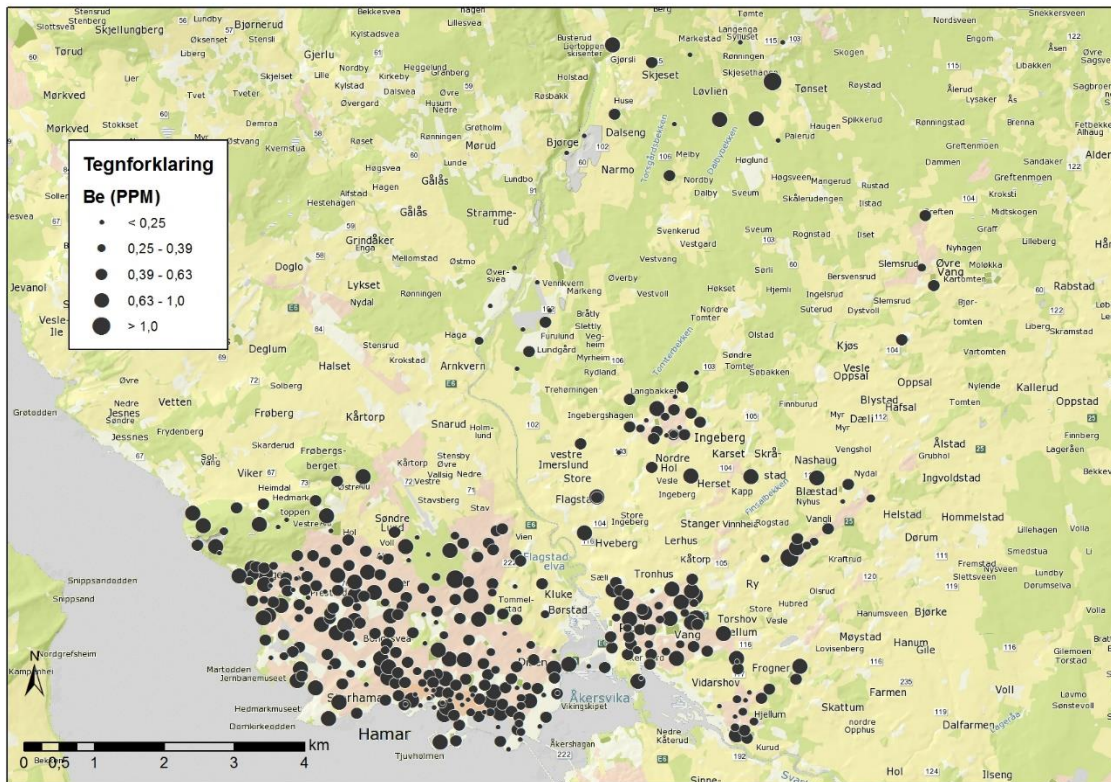
Figur G-3: Prøvepunktene med konsentrasjon av arsen, As, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



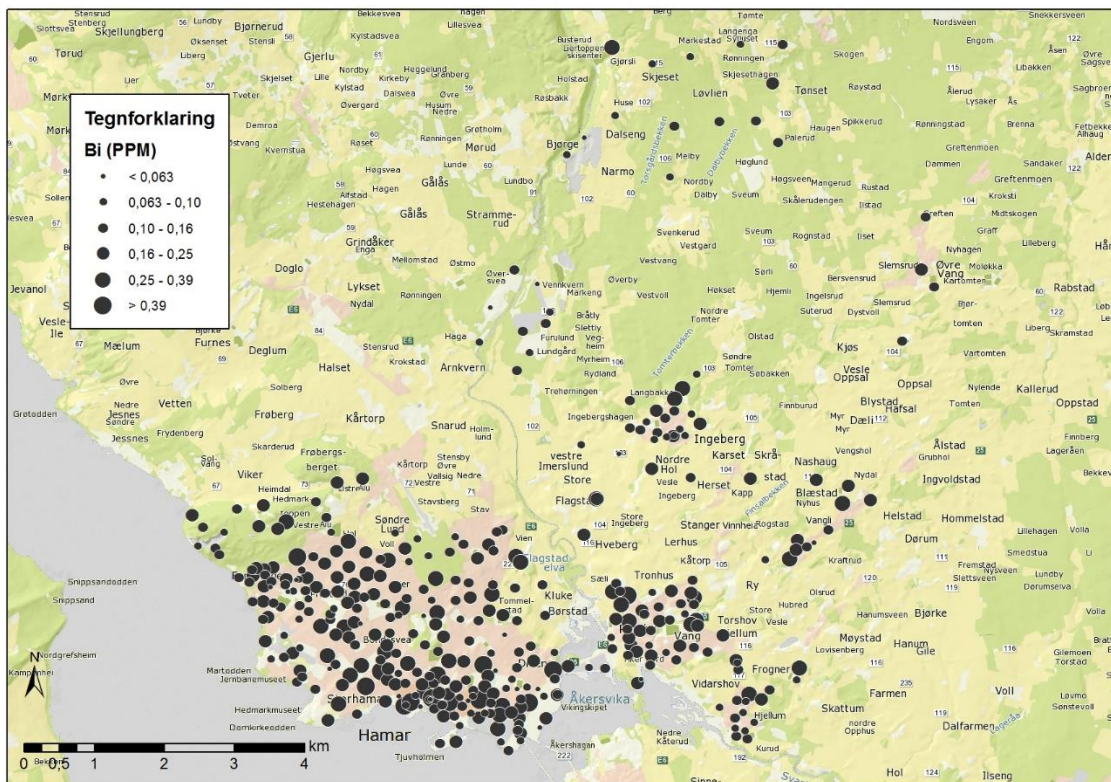
Figur G-4: Prøvepunktene med konsentrasjon av gull, Au, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



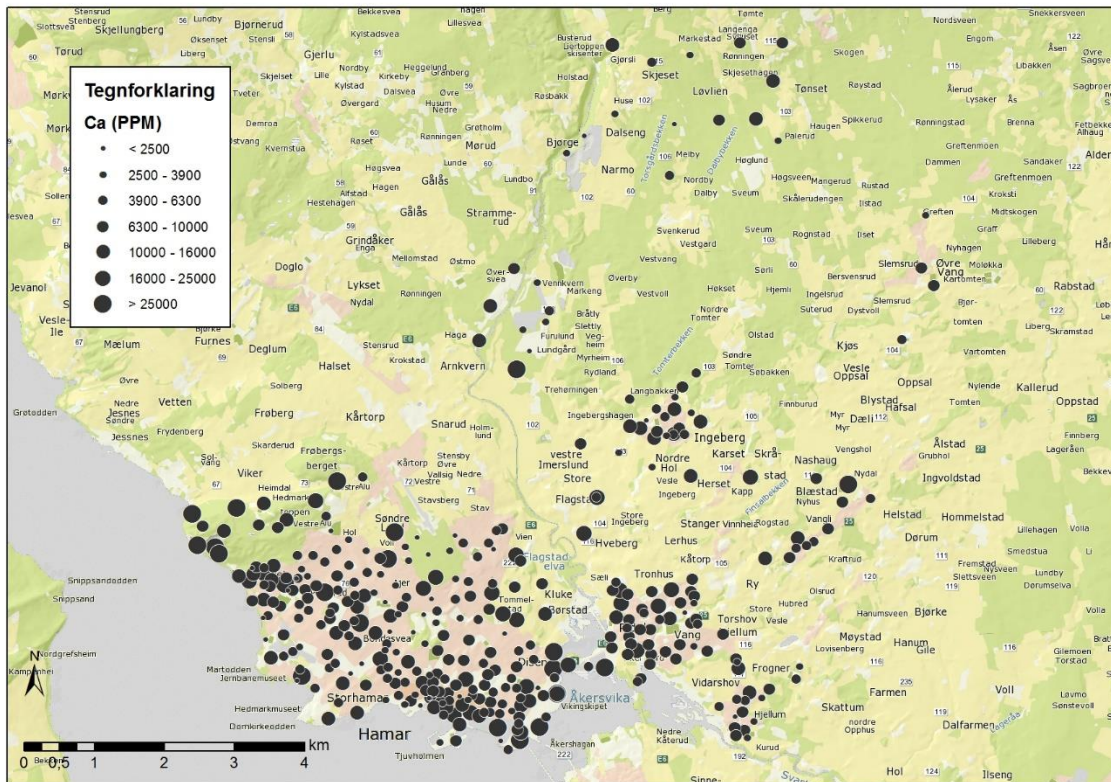
Figur G-5: Prøvepunktene med konsentrasjon av barium, Ba, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



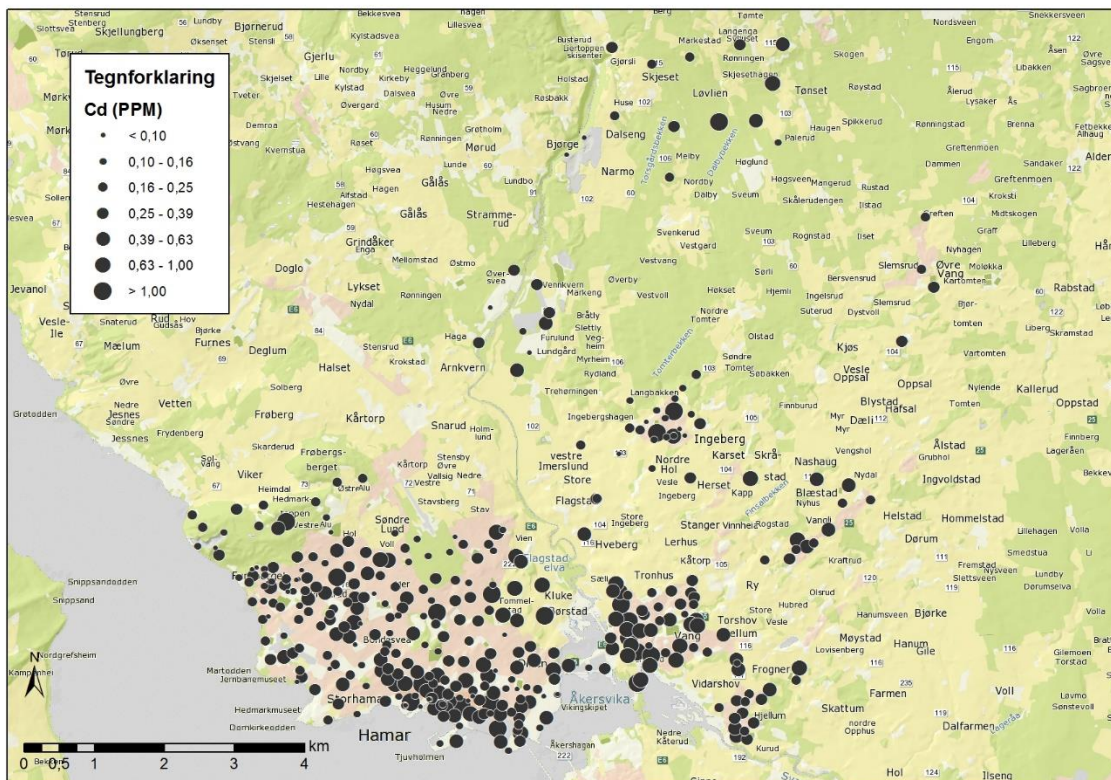
Figur G-6: Prøvepunktene med konsentrasjon av beryllium, Be, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



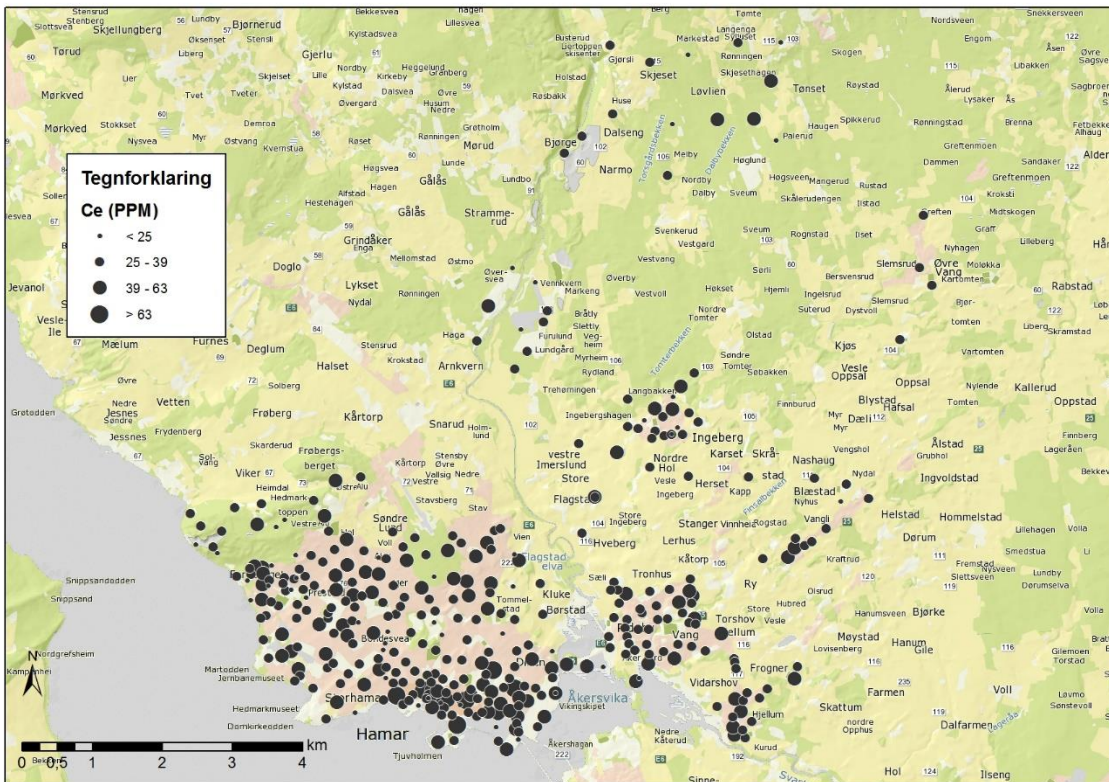
Figur G-7: Prøvepunktene med konsentrasjon av vismut, Bi, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



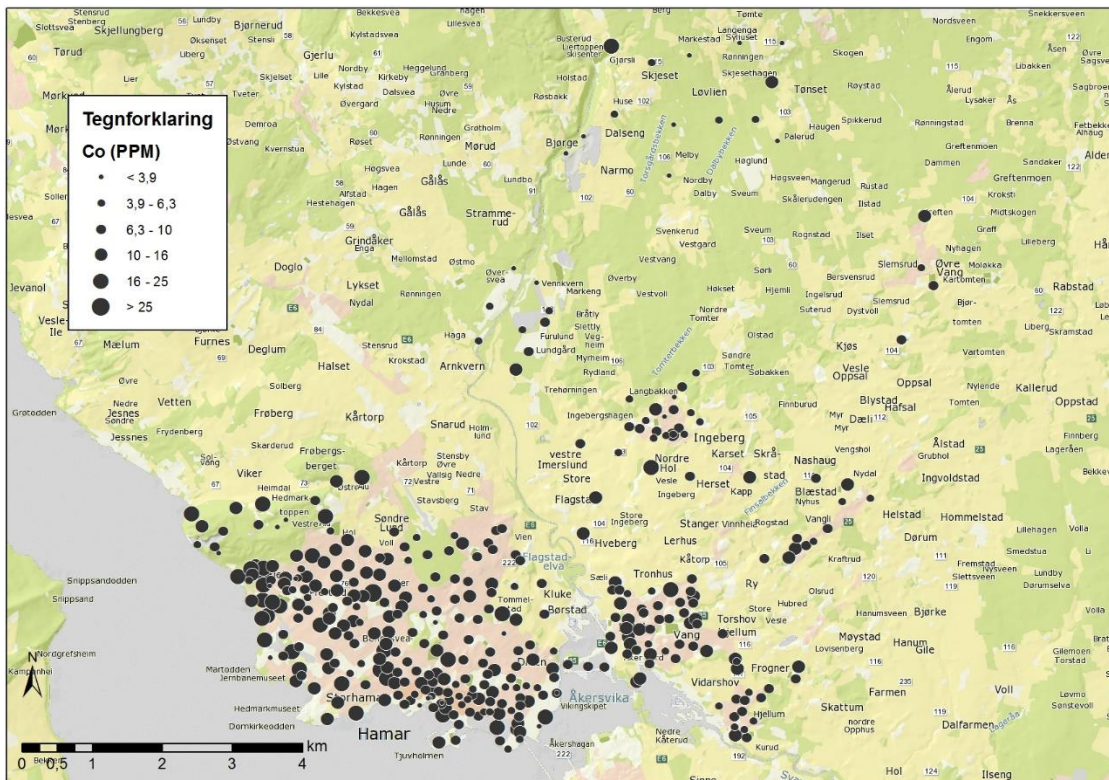
Figur G-8: Prøvepunktene med konsentrasjon av kalsium, Ca, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



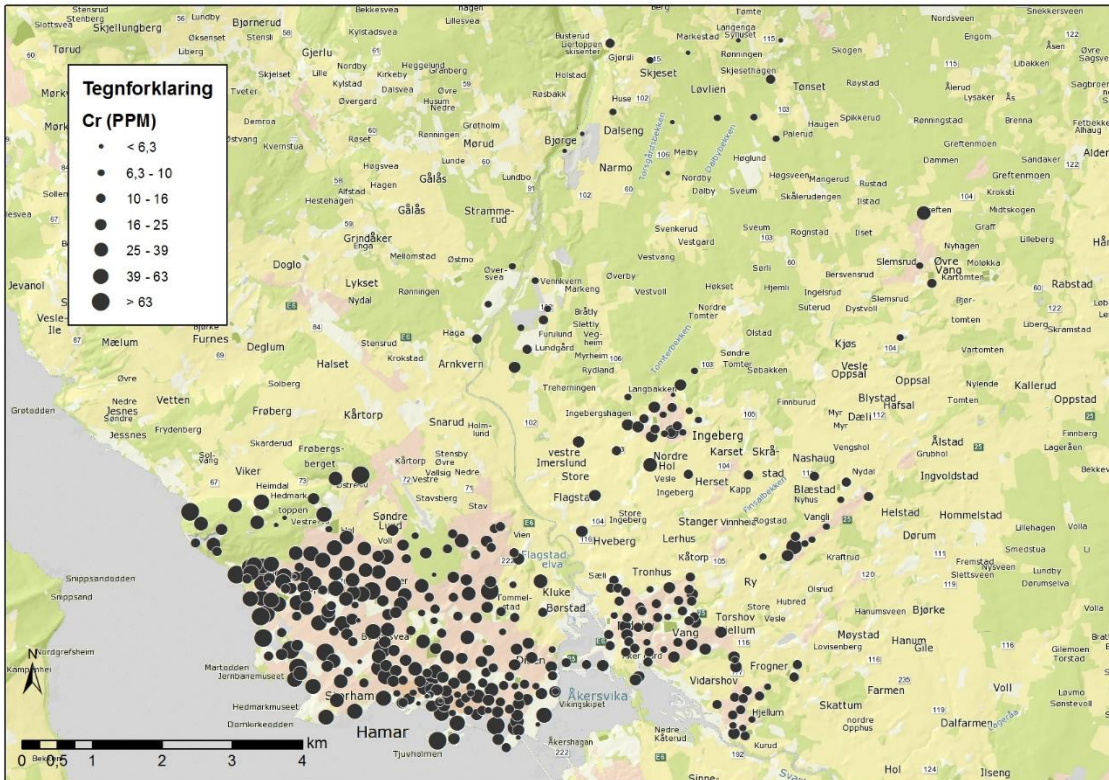
Figur G-9: Prøvepunktene med konsentrasjon av kadmium, Cd, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



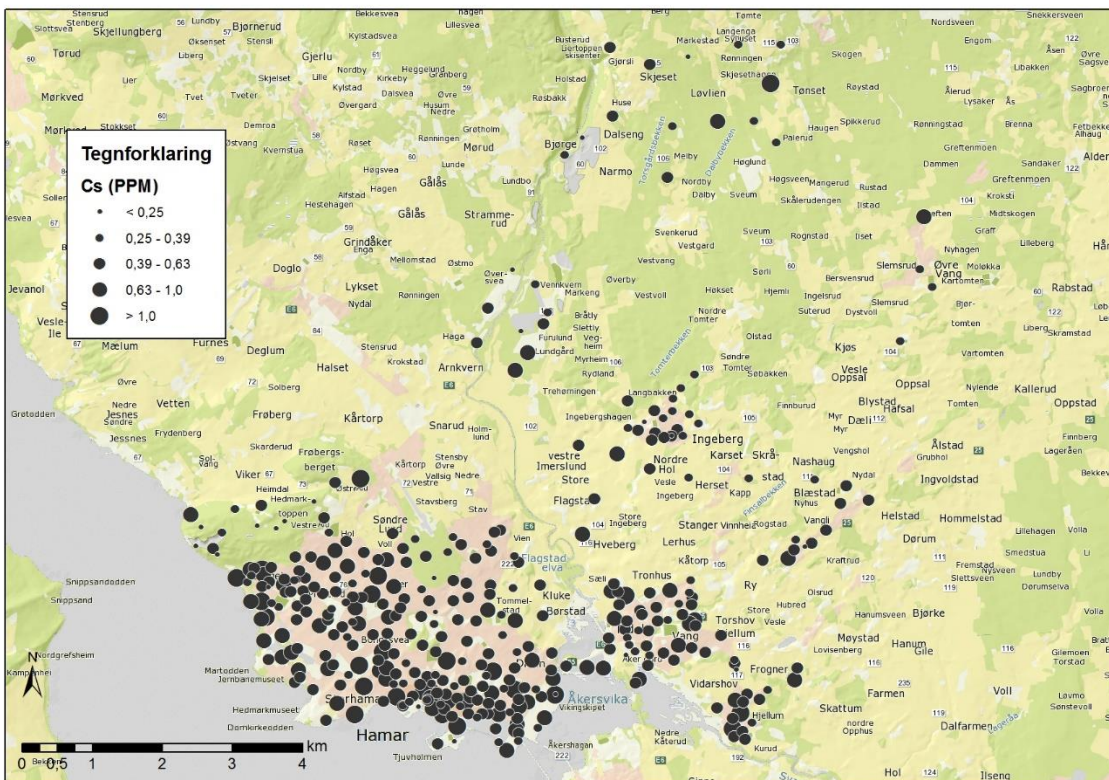
Figur G-10: Prøvepunktene med konsentrasjon av cerium, Ce, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



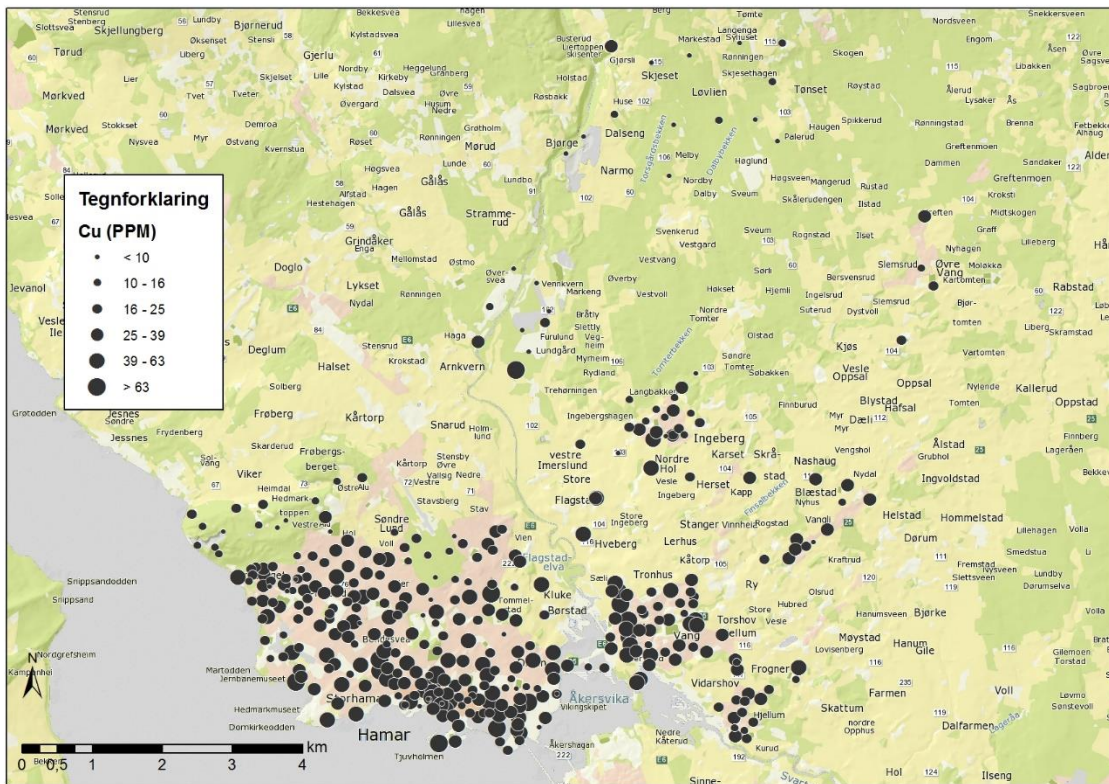
Figur G-11: Prøvepunktene med konsentrasjon av kobolt, Co, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



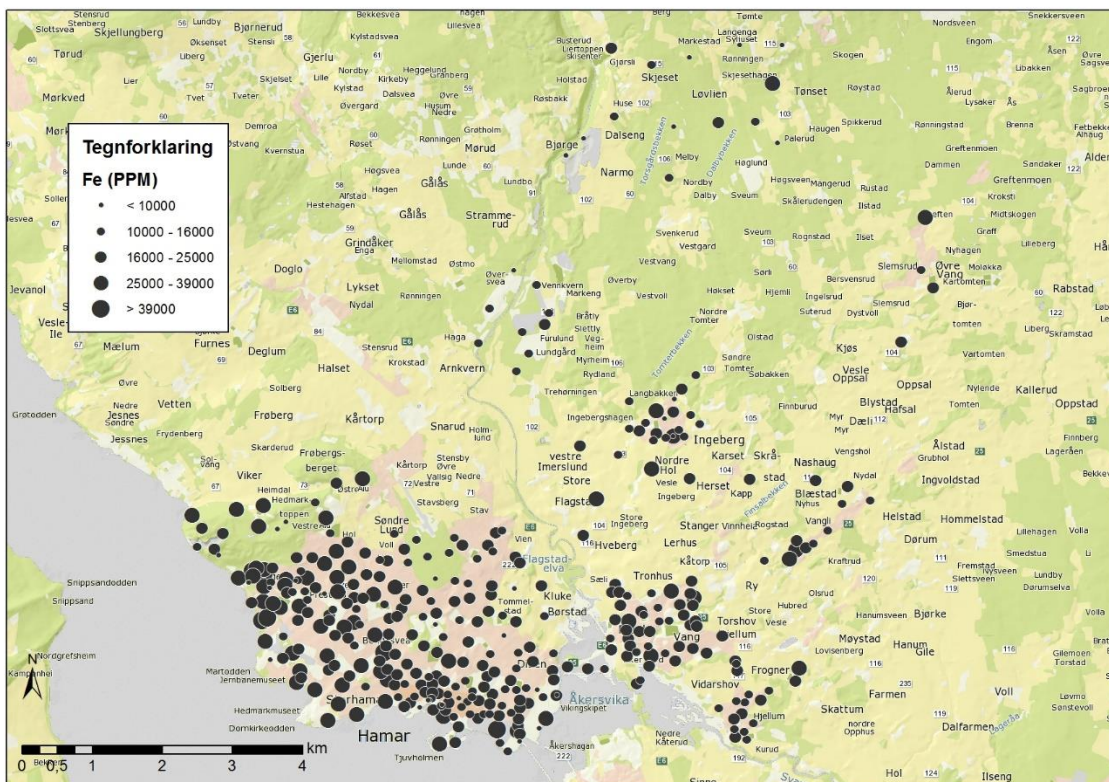
Figur G-12: Prøvepunktene med konsentrasjon av krom, Cr, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



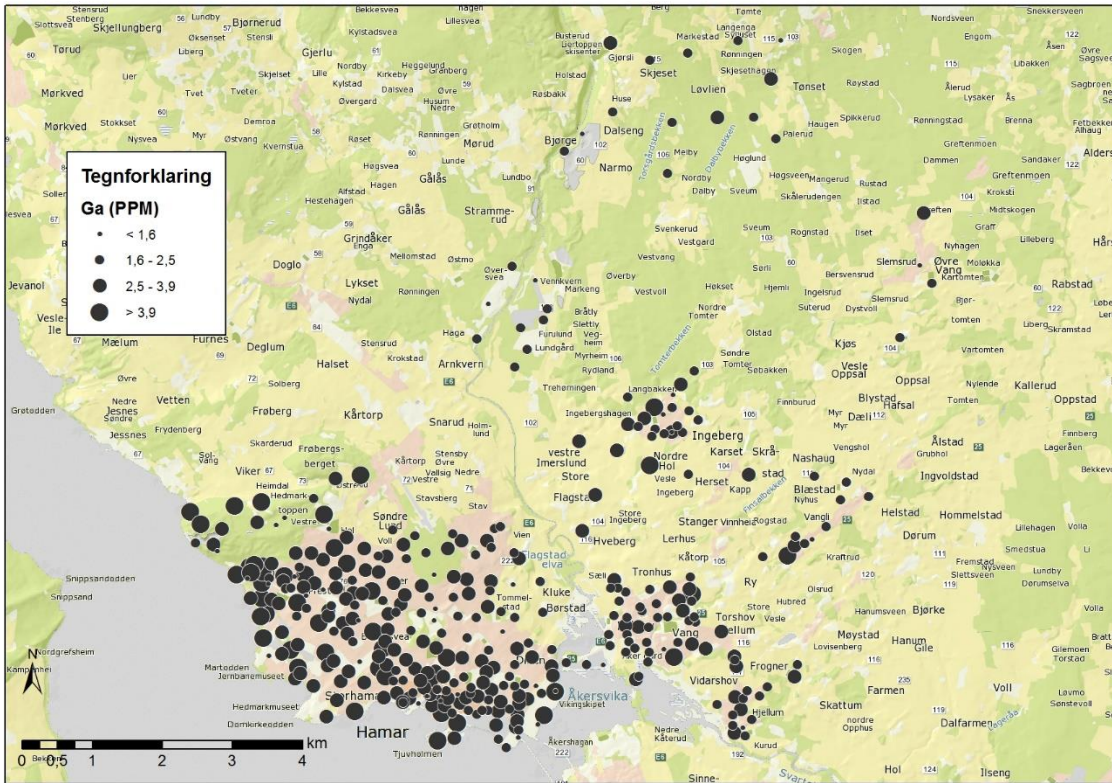
Figur G-13: Prøvepunktene med konsentrasjon av cesium, Cs, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



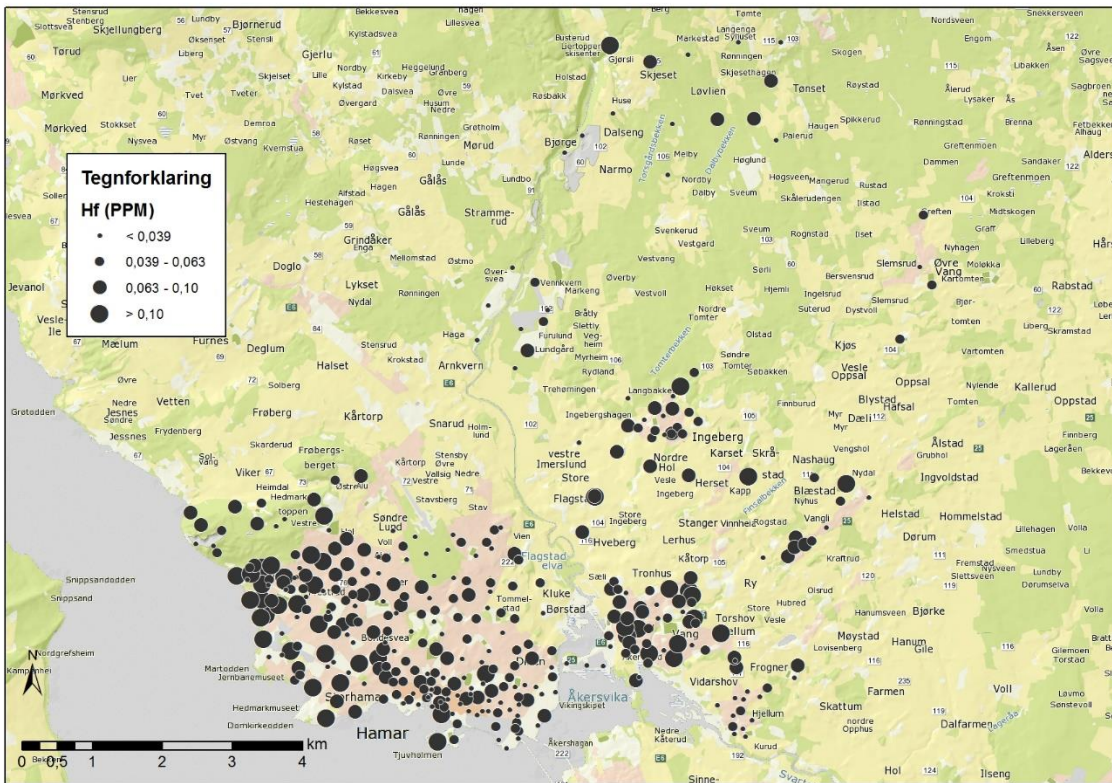
Figur G-14: Prøvepunktene med konsentrasjon av kobber, Cu, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



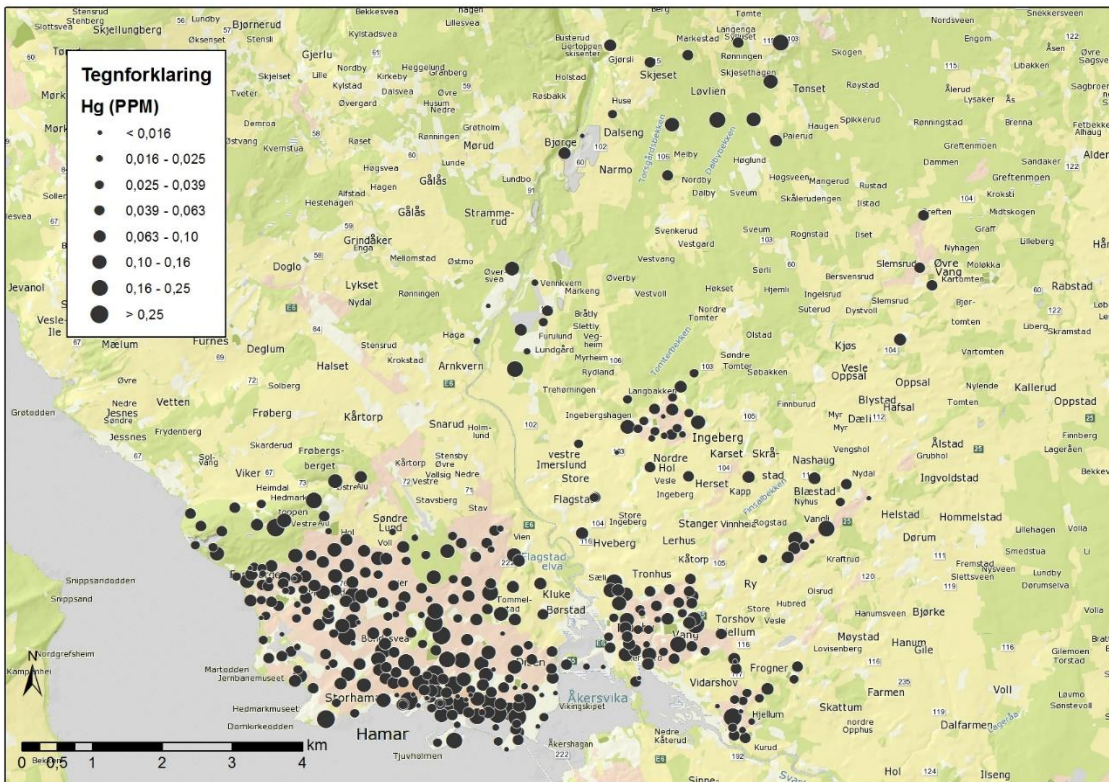
Figur G-15: Prøvepunktene med konsentrasjon av jern, Fe, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



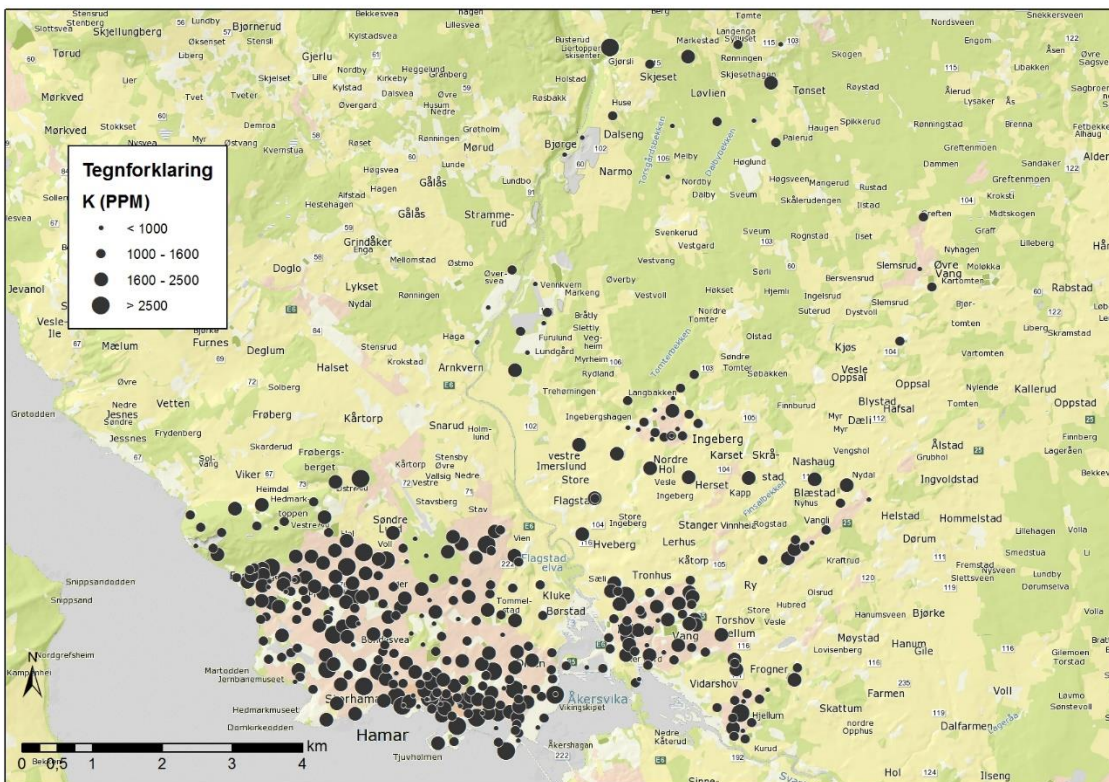
Figur G-16: Prøvepunktene med konsentrasjon av gallium, Ga, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



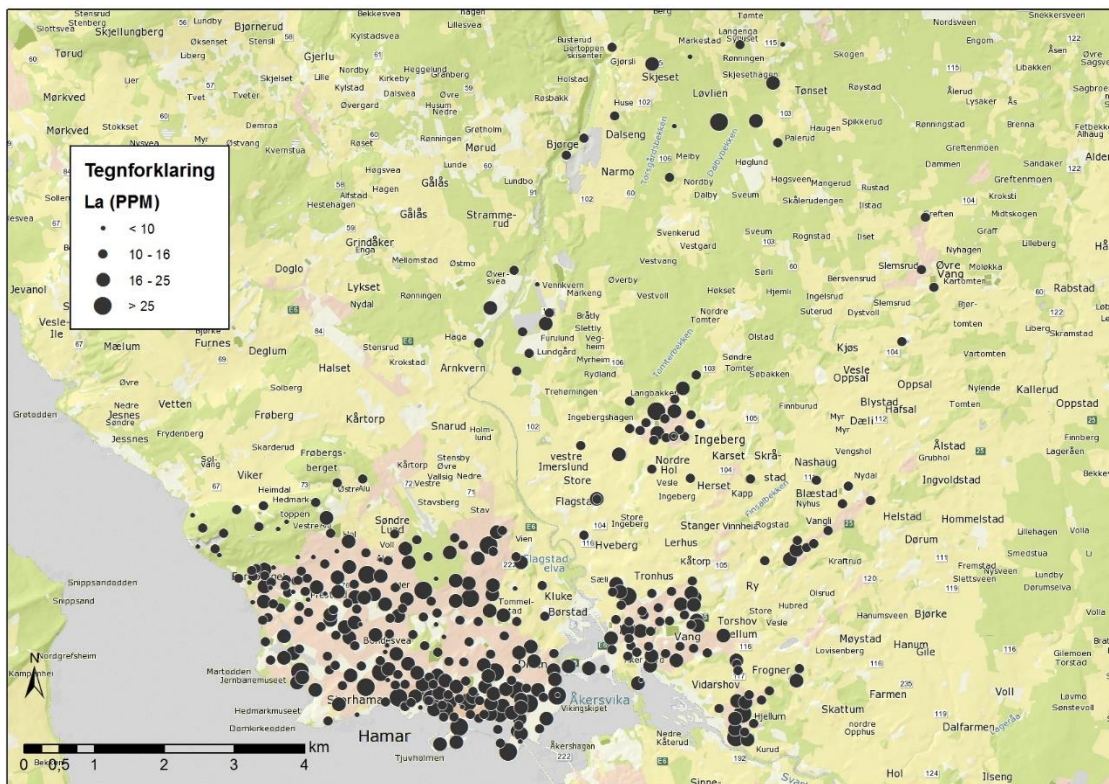
Figur G-17: Prøvepunktene med konsentrasjon av hafnium, Hf, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



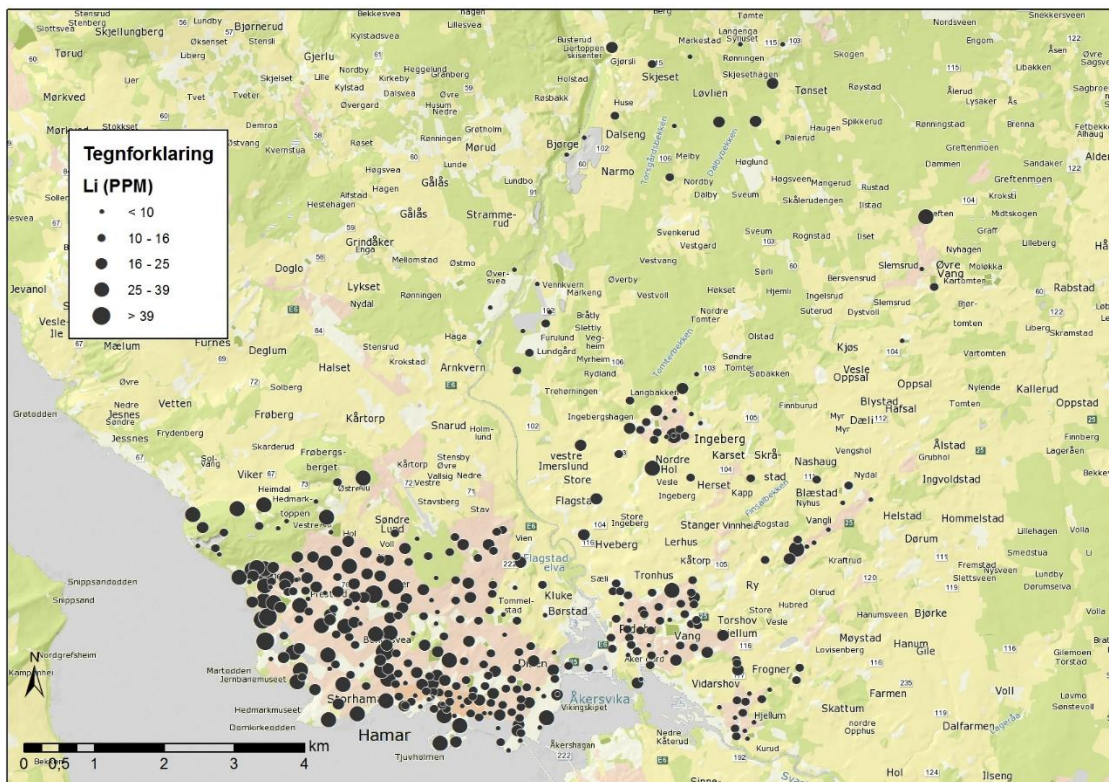
Figur G-18: Prøvepunktene med konsentrasjon av kvikksølv, Hg, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



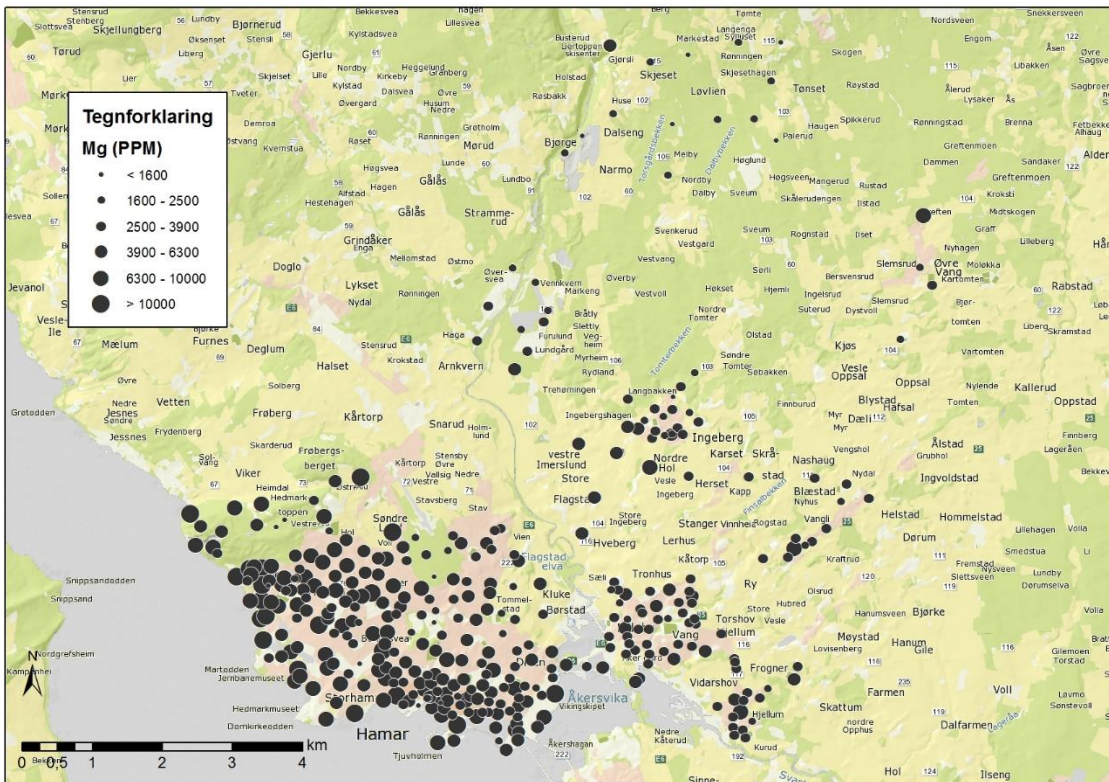
Figur G-19: Prøvepunktene med konsentrasjon av kalium, K, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



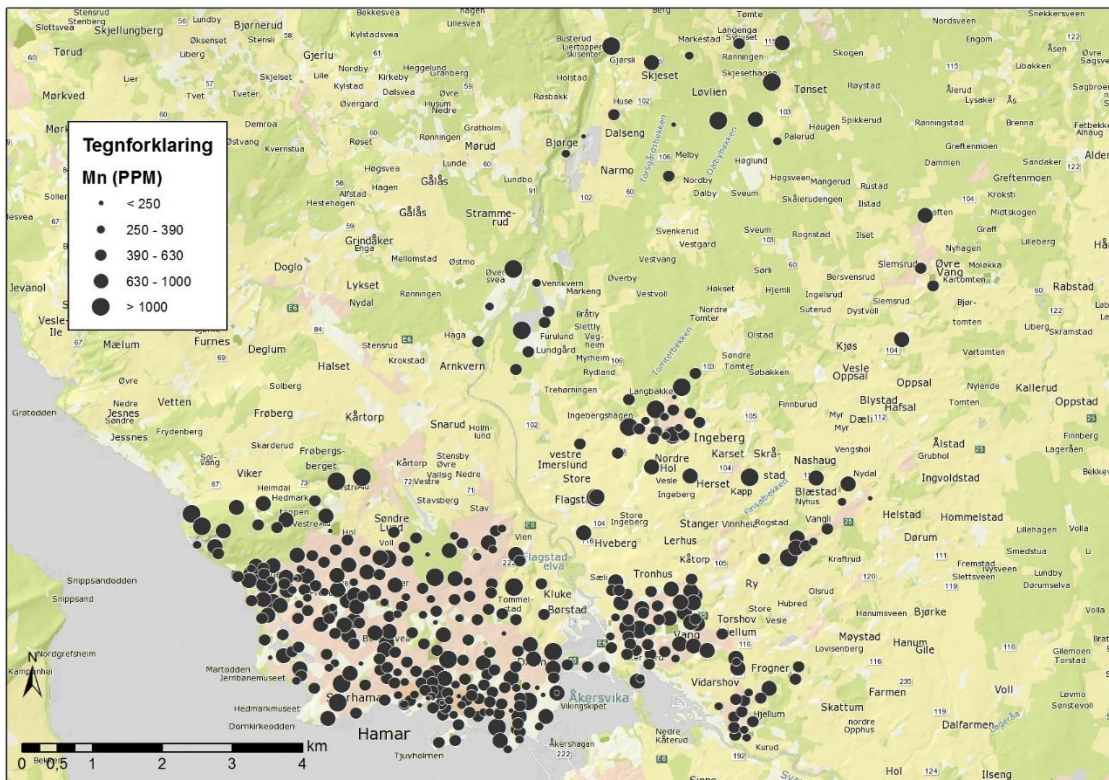
Figur G-20: Prøvepunktene med konsentrasjon av lantan, La, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



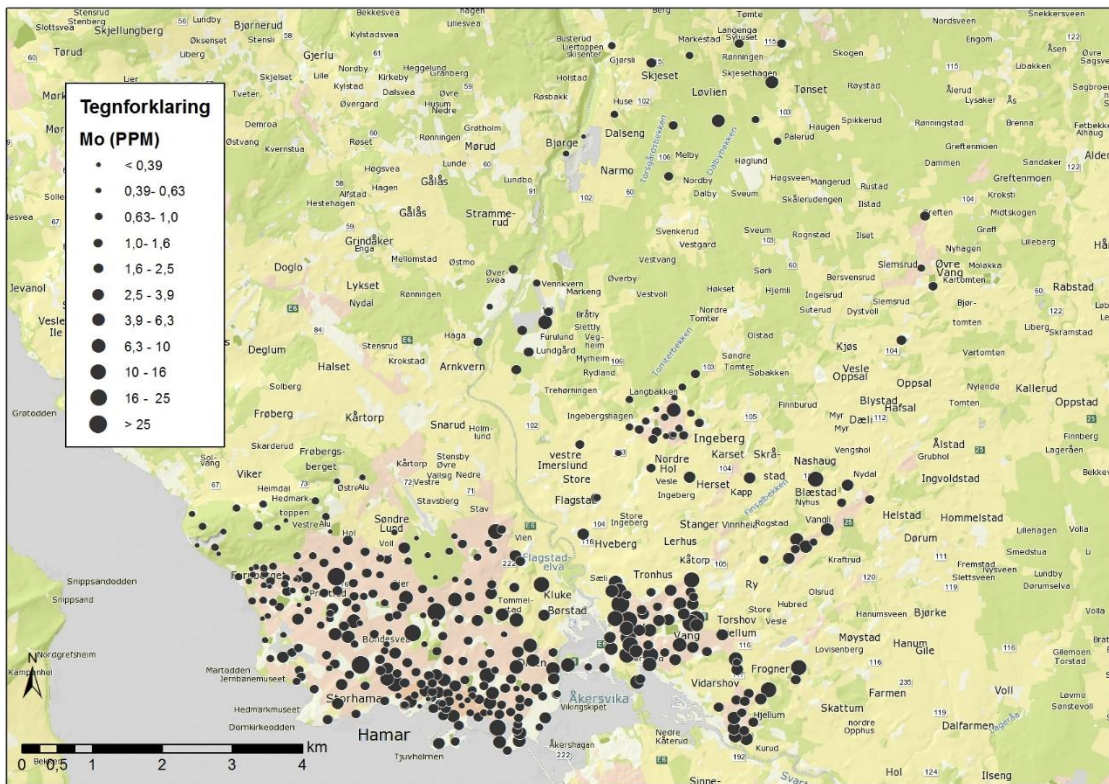
Figur G-21: Prøvepunktene med konsentrasjon av litium, Li, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



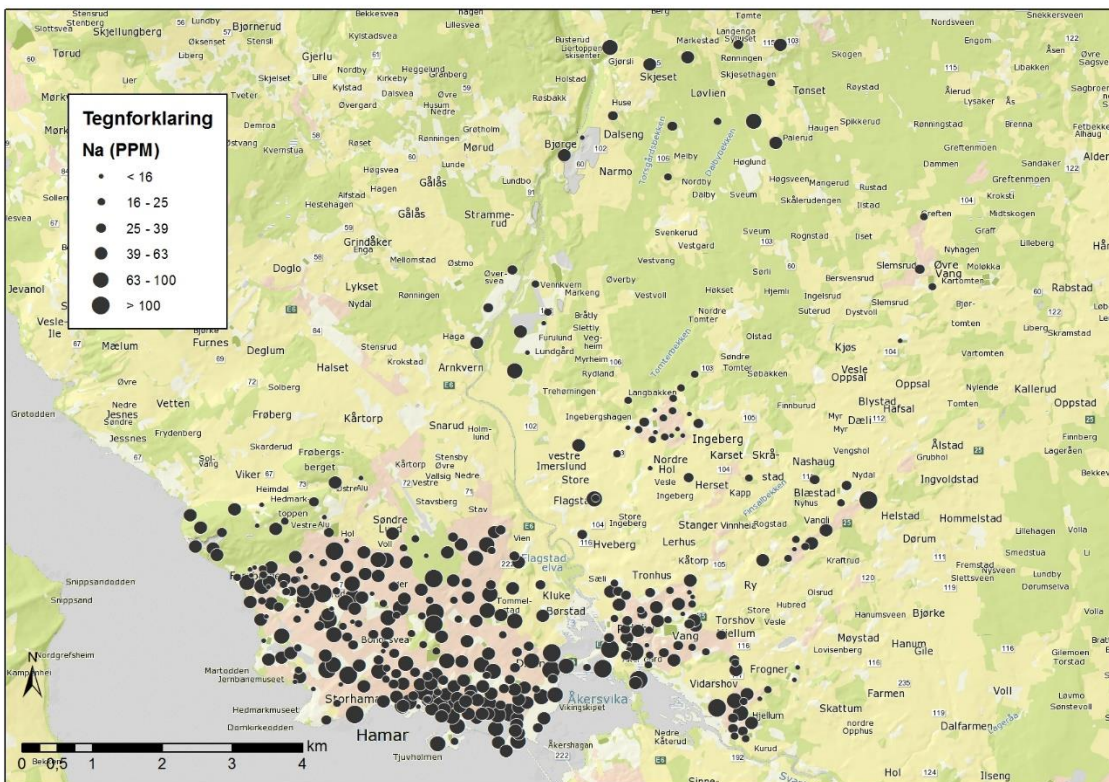
Figur G-22: Prøvepunktene med konsentrasjon av magnesium, Mg, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



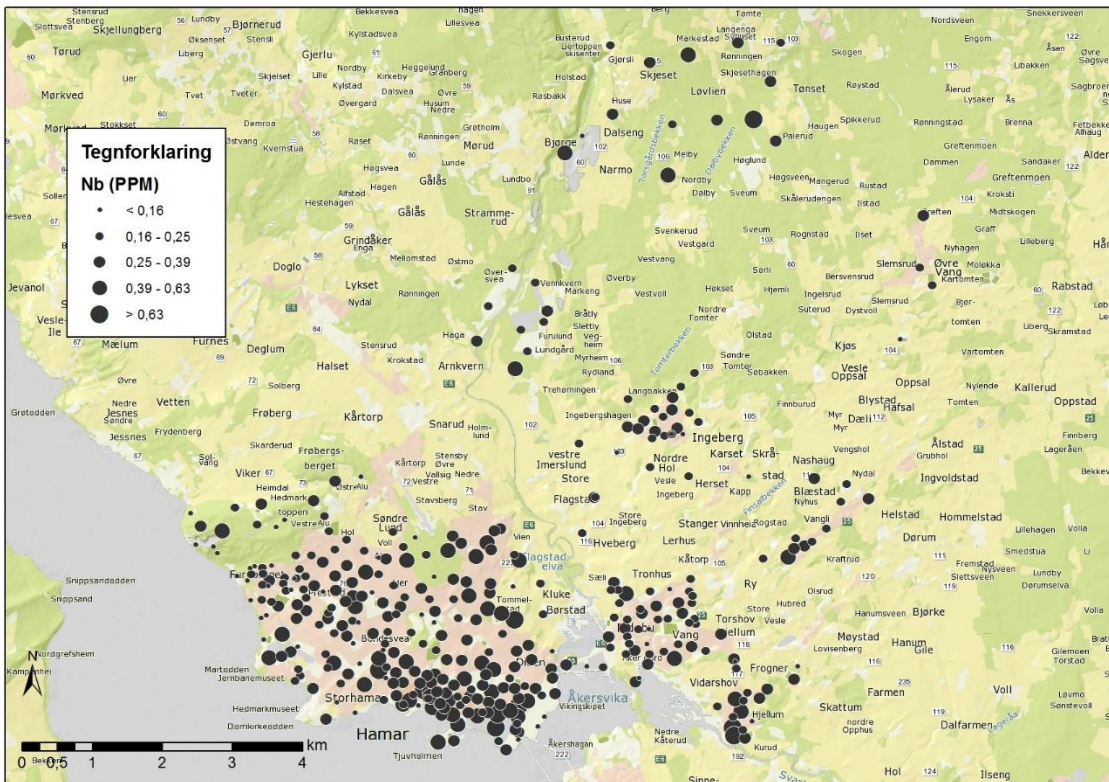
Figur G-23: Prøvepunktene med konsentrasjon av mangan, Mn, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



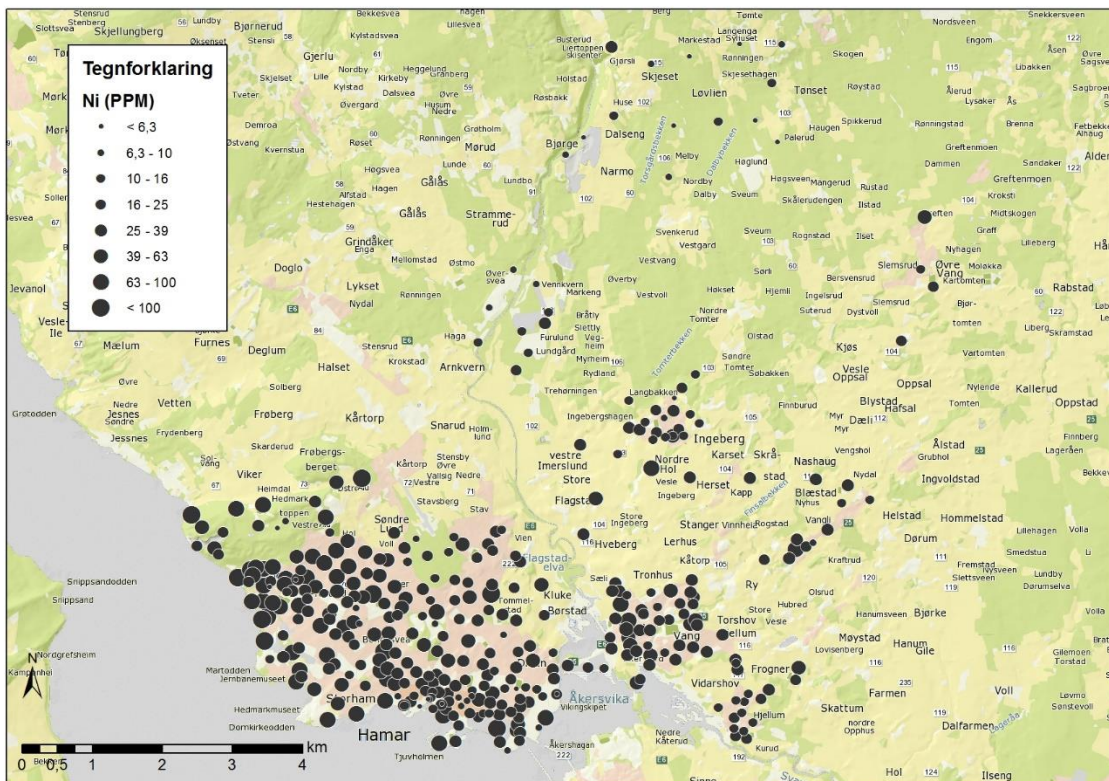
Figur G-24: Prøvepunktene med konsentrasjon av molybden, Mo, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



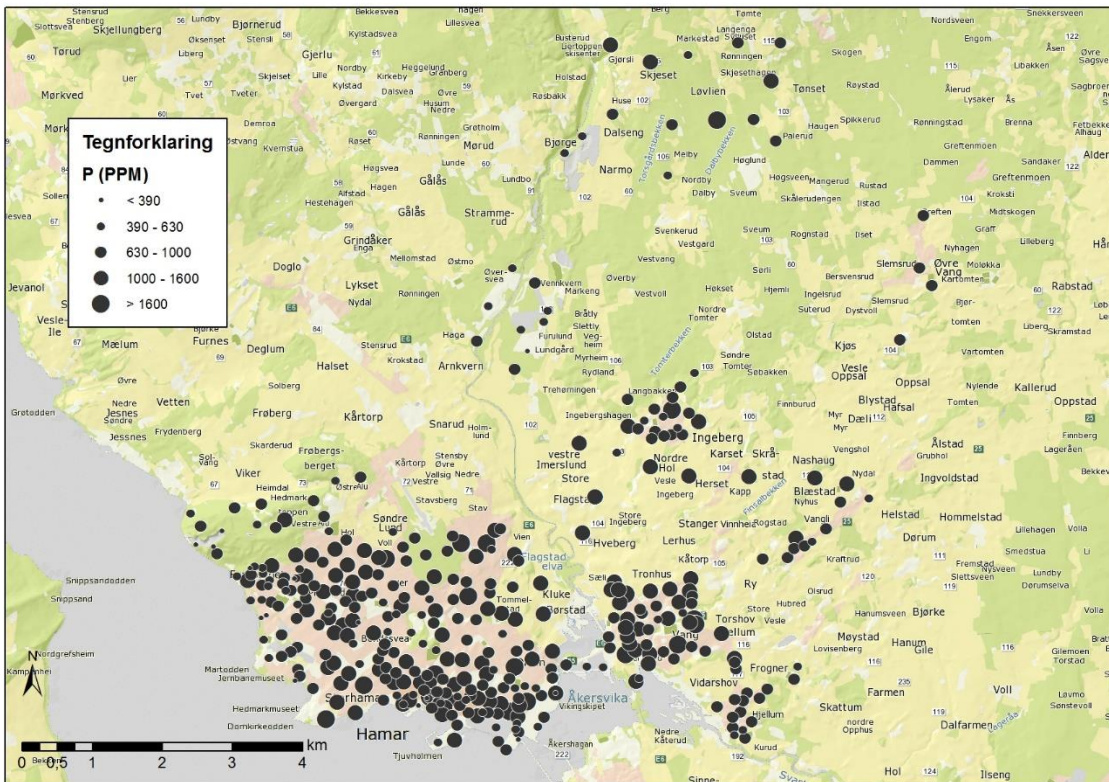
Figur G-25: Prøvepunktene med konsentrasjon av natrium, Na, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



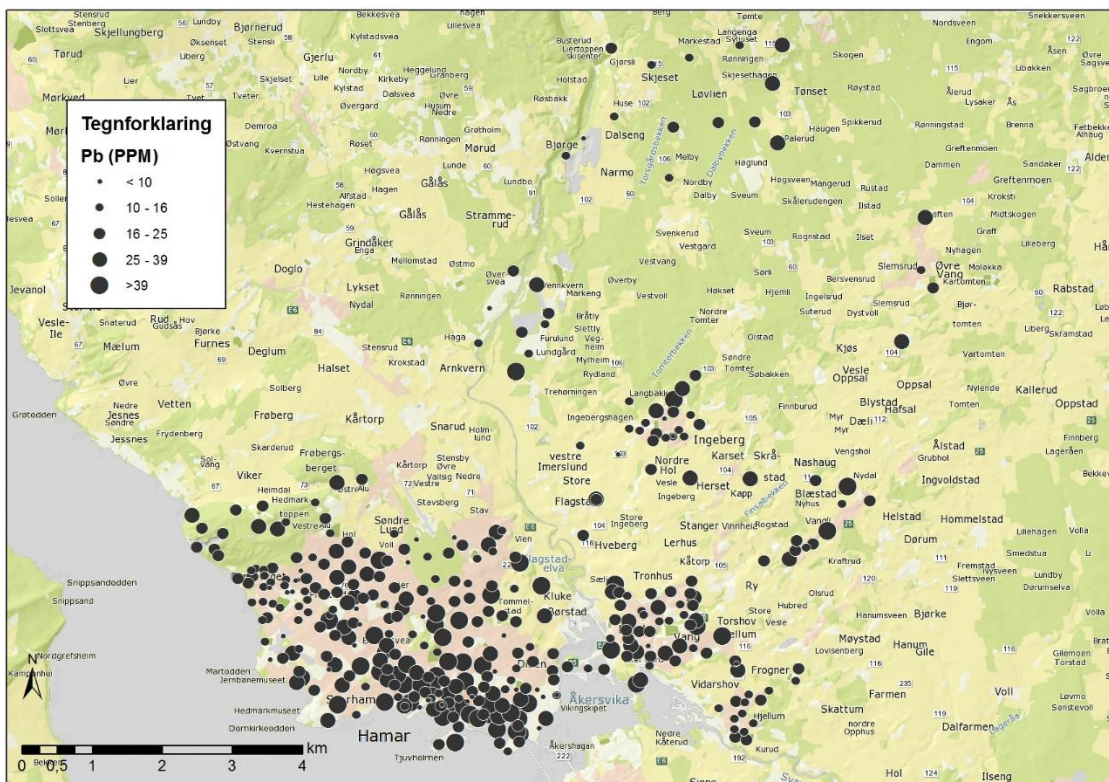
Figur G-26: Prøvepunktene med konsentrasjon av niob, Nb, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



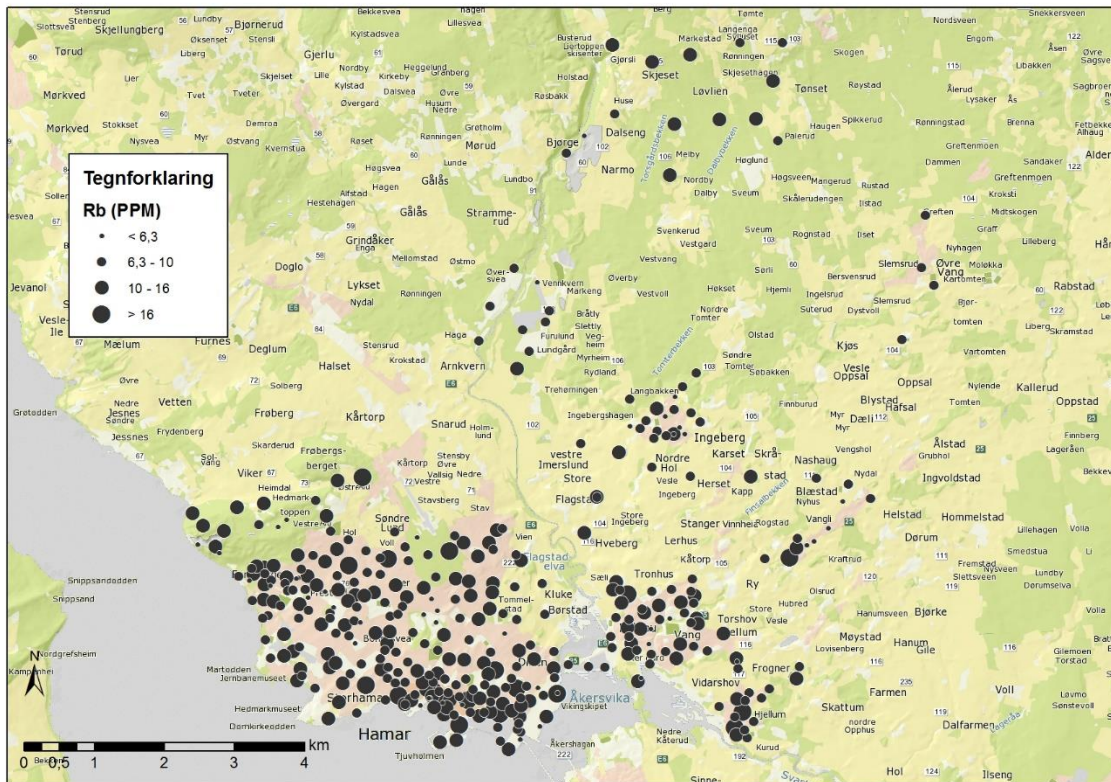
Figur G-27: Prøvepunktene med konsentrasjon av nikkel, Ni, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



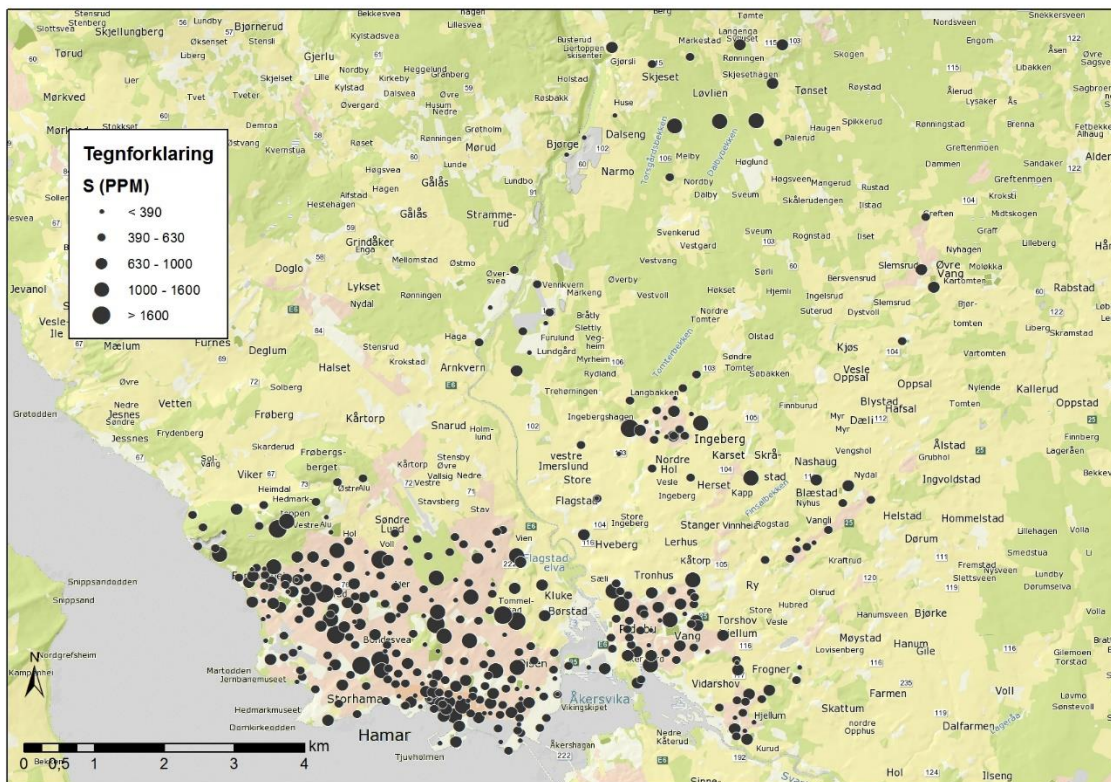
Figur G-28: Prøvepunktene med konsentrasjon av fosfor, P, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



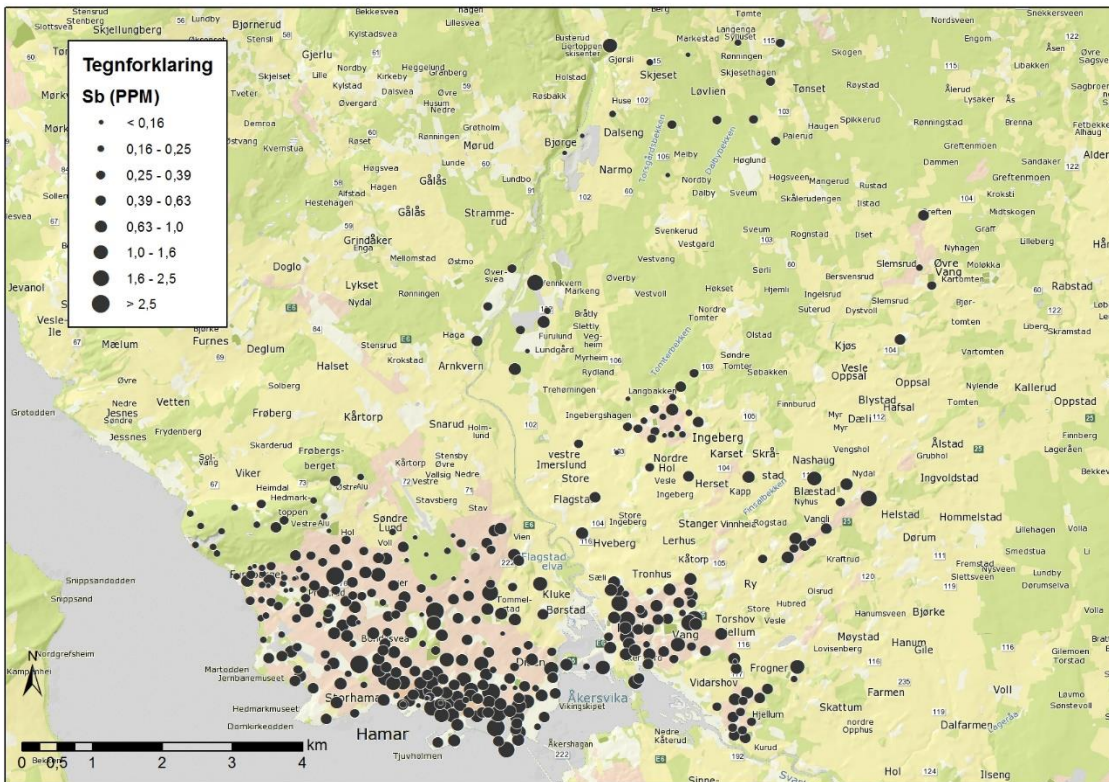
Figur G-29: Prøvepunktene med konsentrasjon av bly, Pb, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



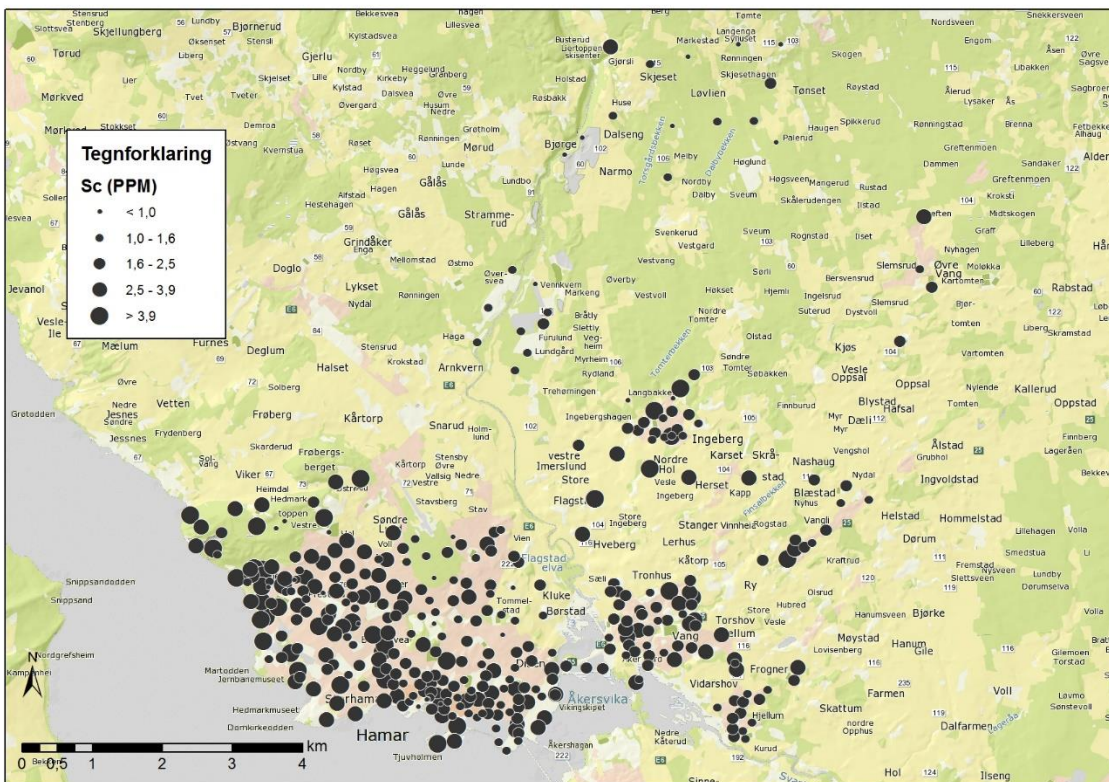
Figur G-30: Prøvepunktene med konsentrasjon av rubidium, Rb, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



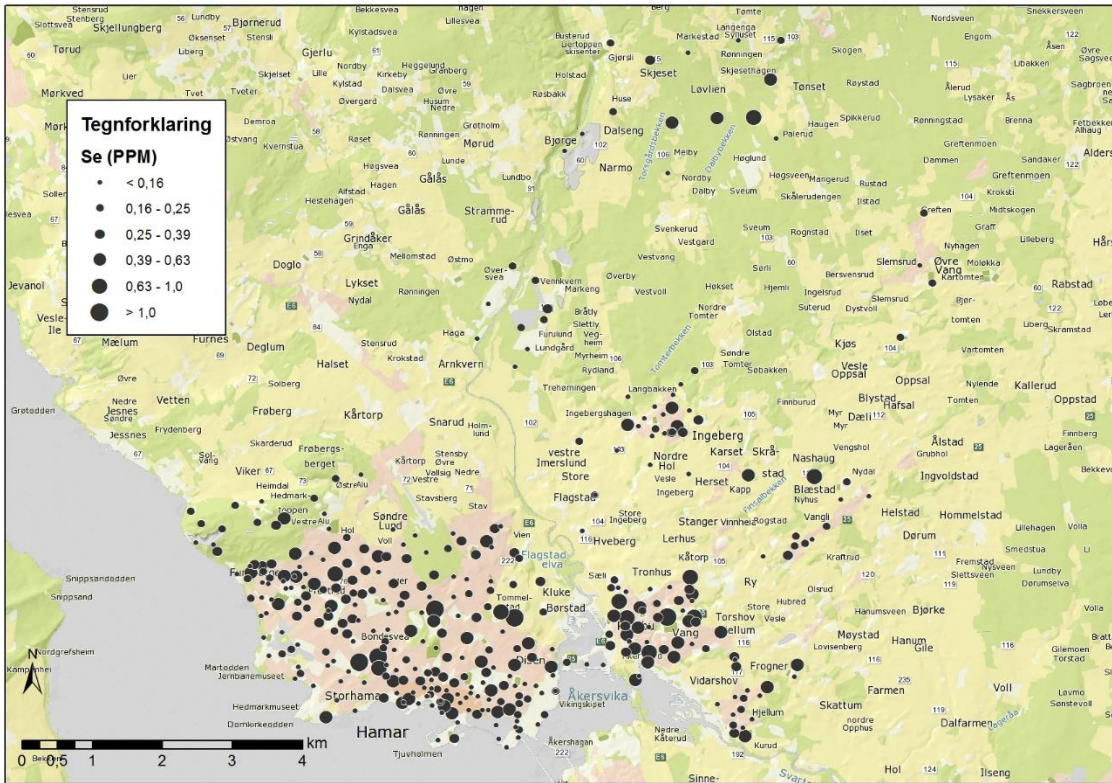
Figur G-31: Prøvepunktene med konsentrasjon av svovel, S, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



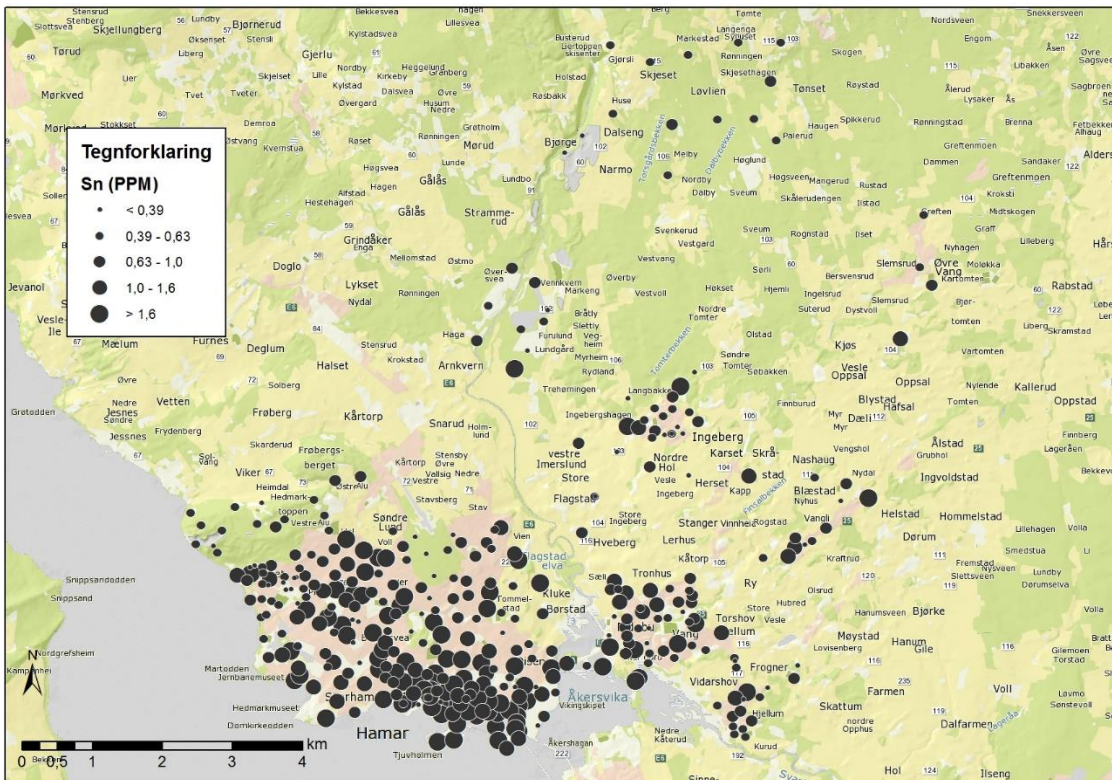
Figur G-32: Prøvepunktene med konsentrasjon av antimon, Sb, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



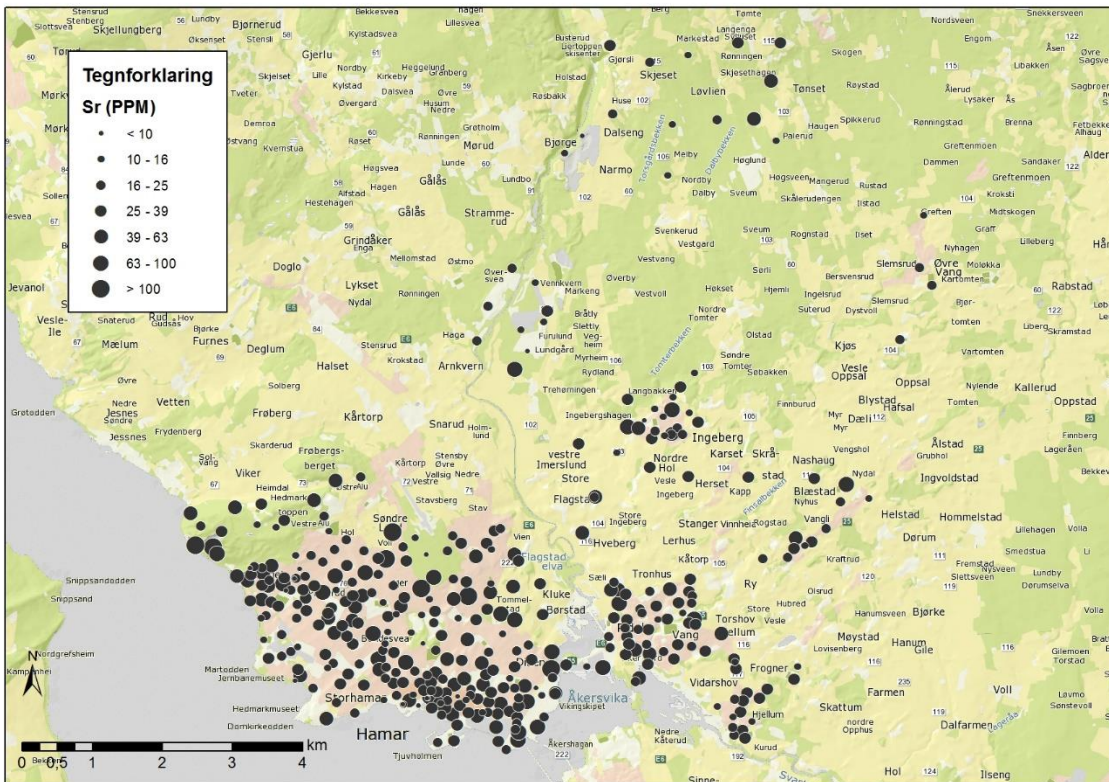
Figur G-33: Prøvepunktene med konsentrasjon av scandium, Sc, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



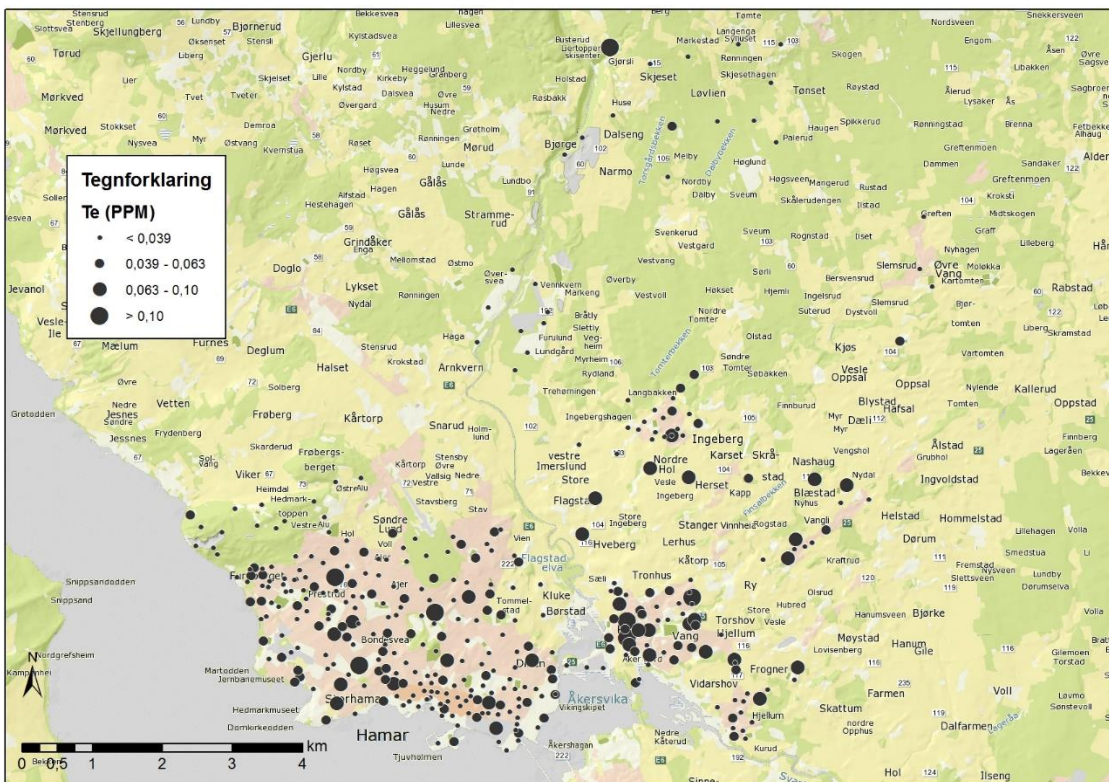
Figur G-34: Prøvepunktene med konsentrasjon av selen, Se, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



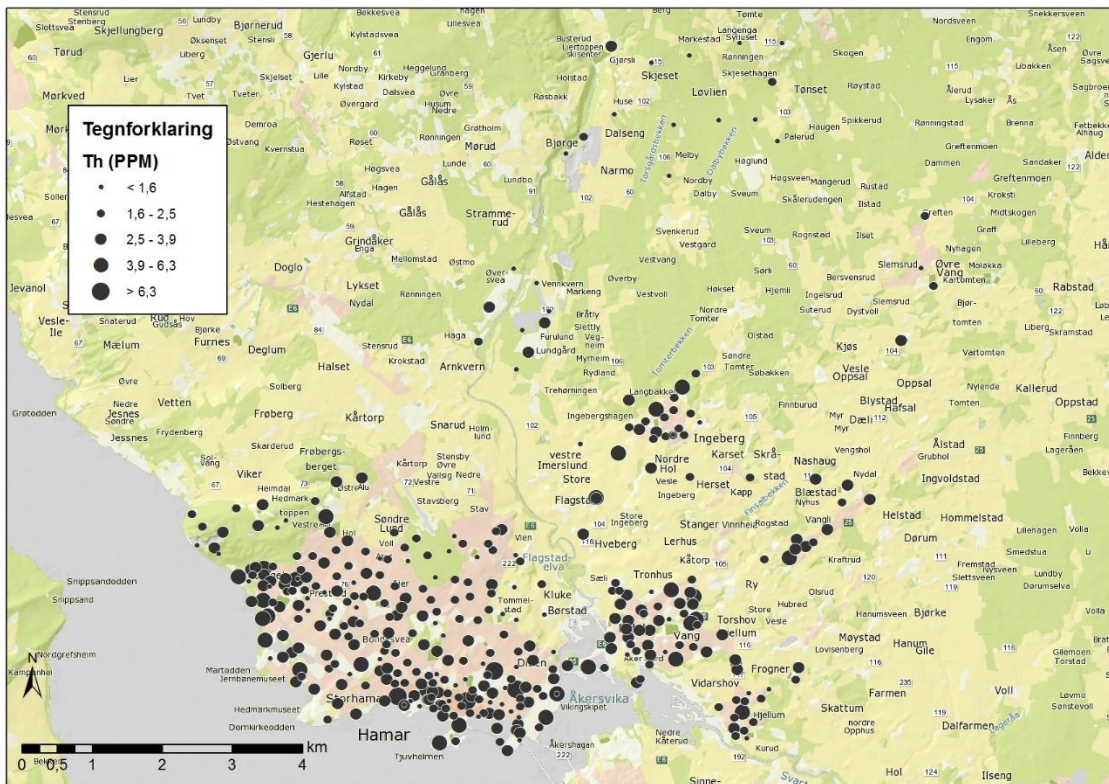
Figur G-35: Prøvepunktene med konsentrasjon av tinn, Sn, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



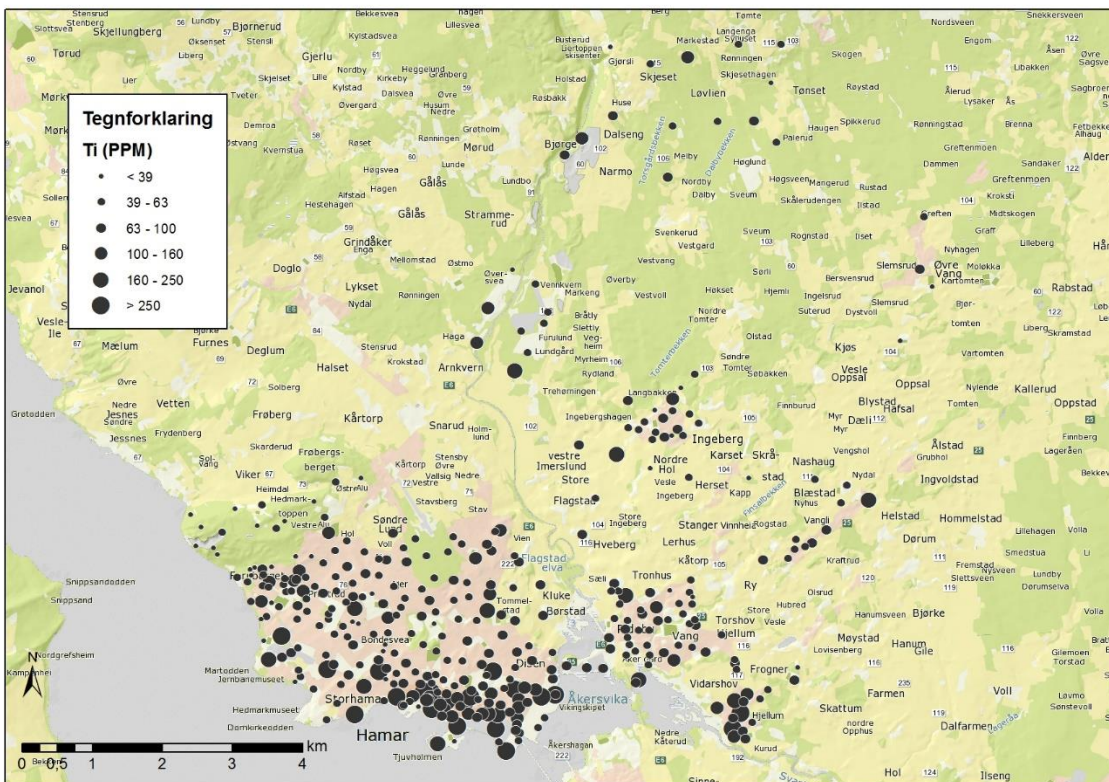
Figur G-36: Prøvepunktene med konsentrasjon av strontium, Sr, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



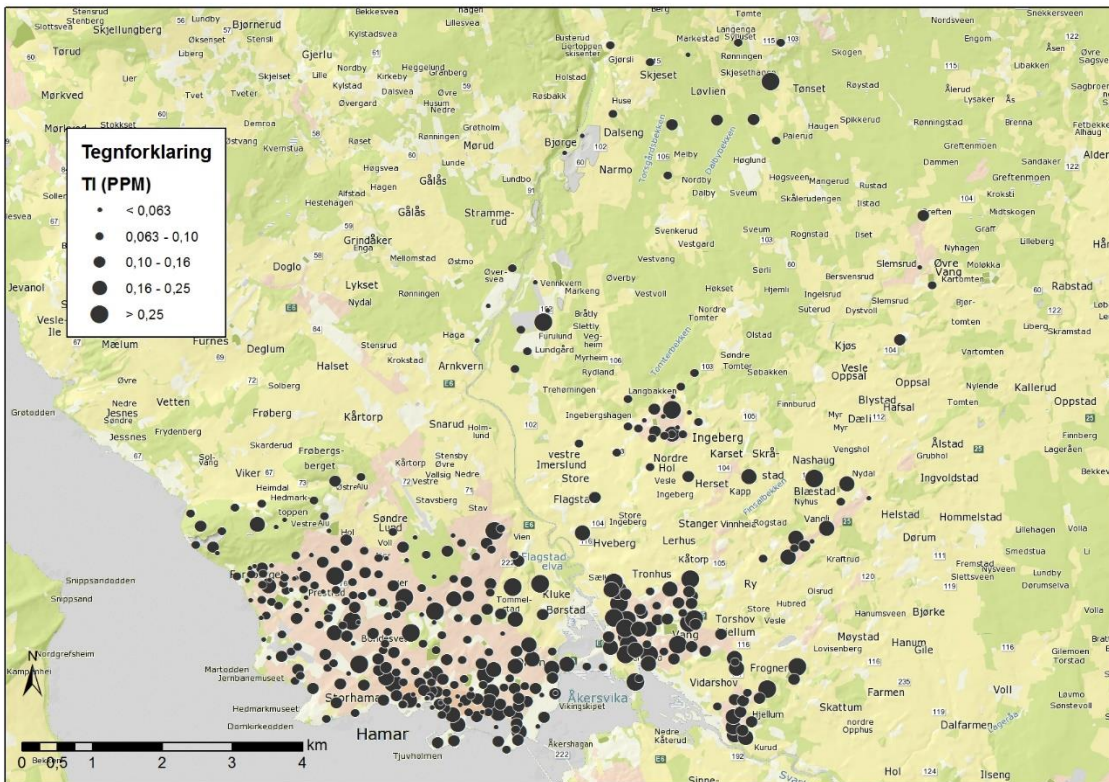
Figur G-37: Prøvepunktene med konsentrasjon av tellur, Te, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



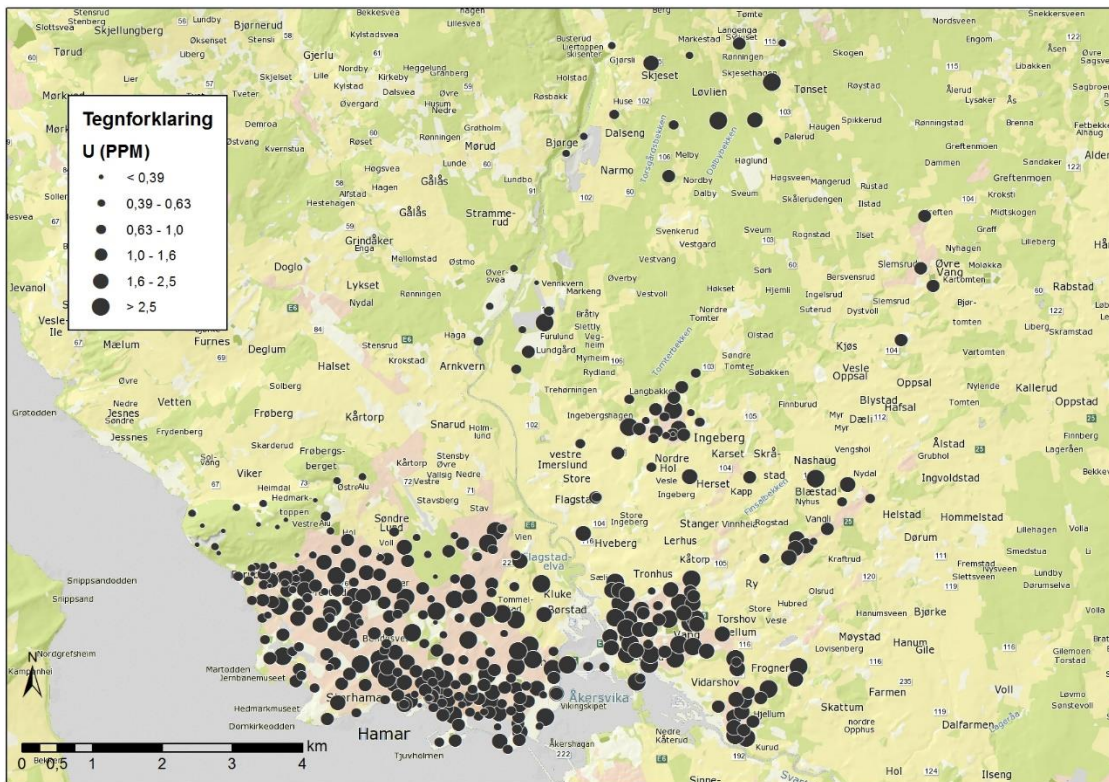
Figur G-38: Prøvepunktene med konsentrasjon av thorium, Th, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



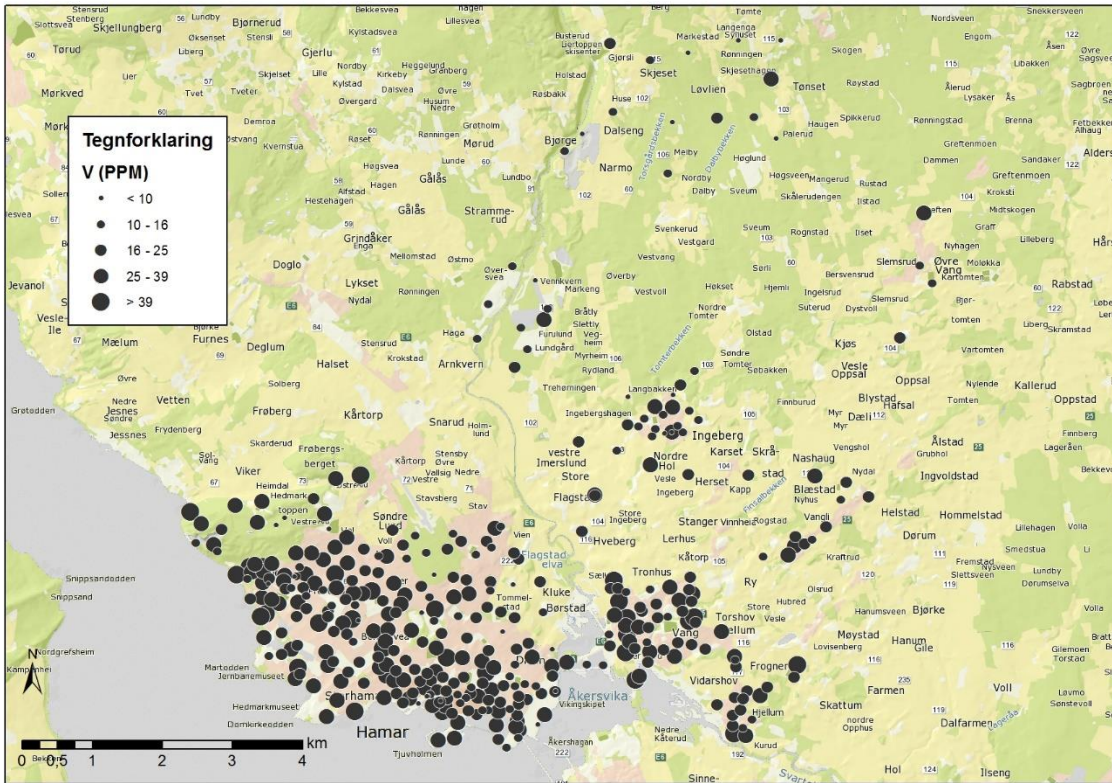
Figur G-39: Prøvepunktene med konsentrasjon av titan, Ti, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



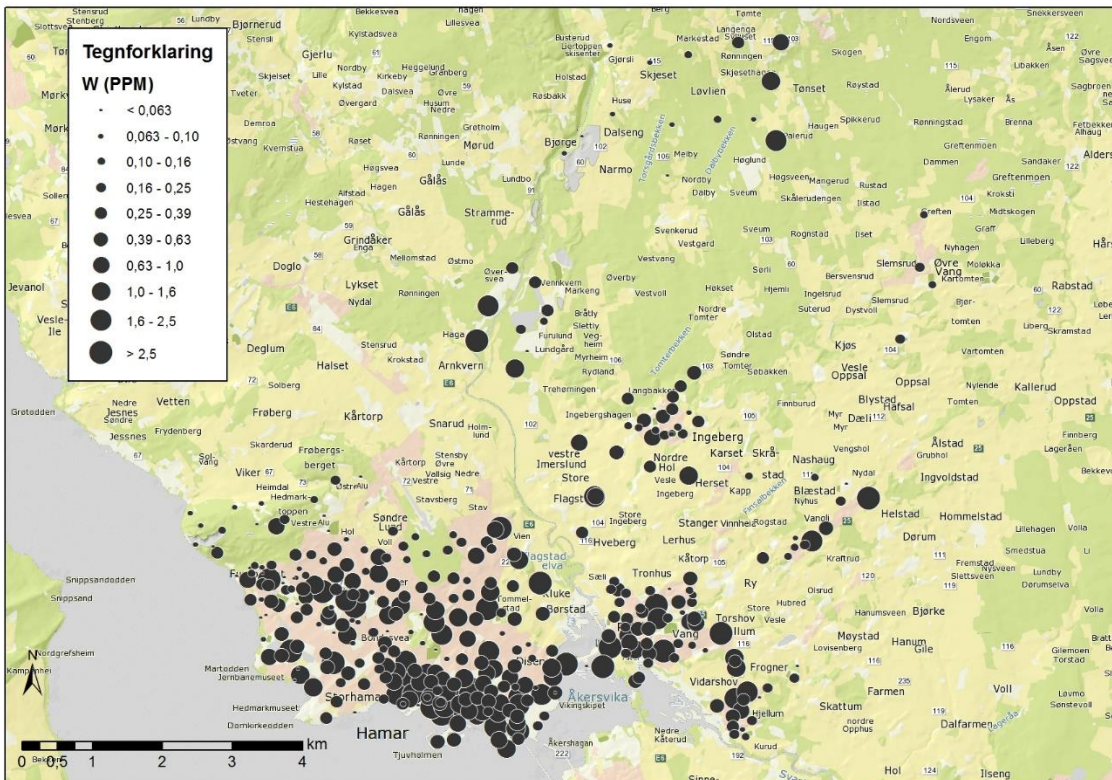
Figur G-40: Prøvepunktene med konsentrasjon av thallium, Th, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



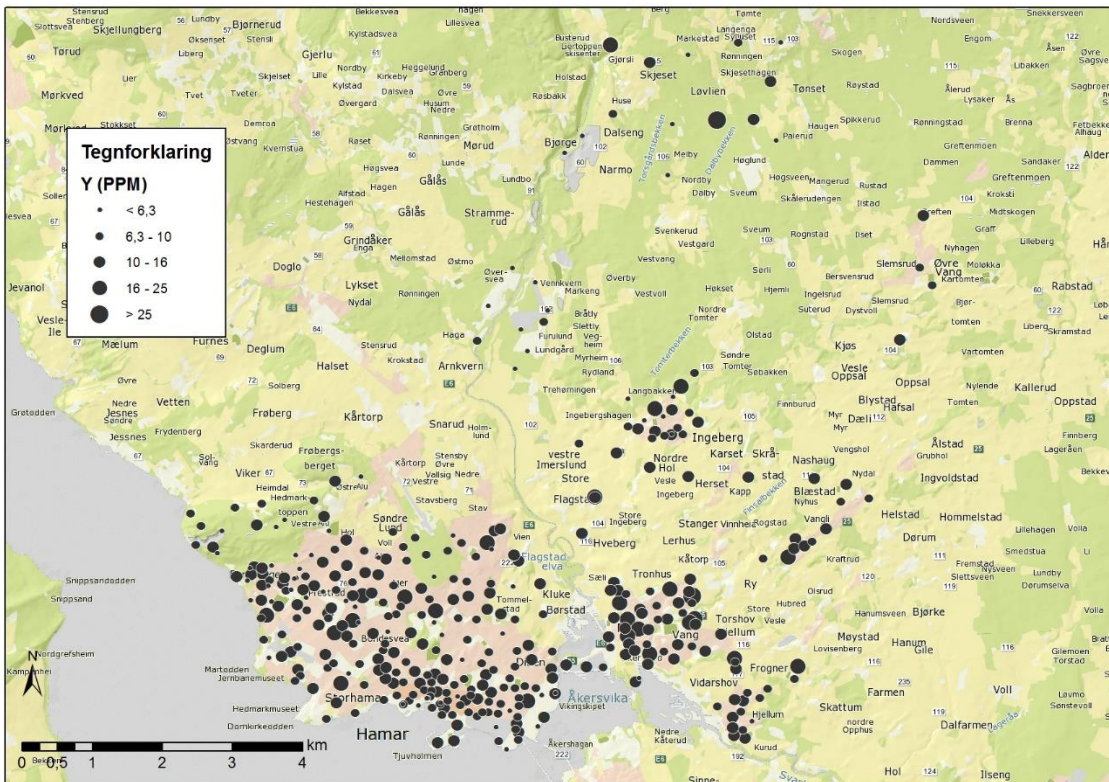
Figur G-41: Prøvepunktene med konsentrasjon av uran, U, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



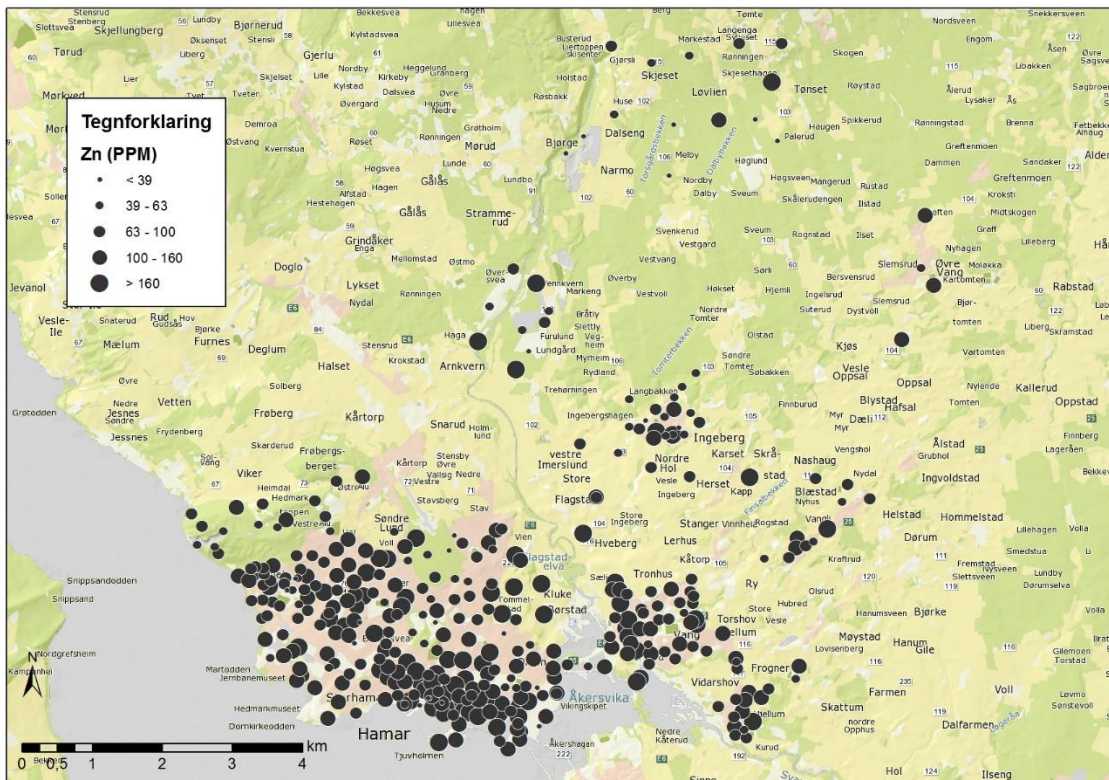
Figur G-42: Prøvepunktene med konsentrasjon av vanadium, V, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



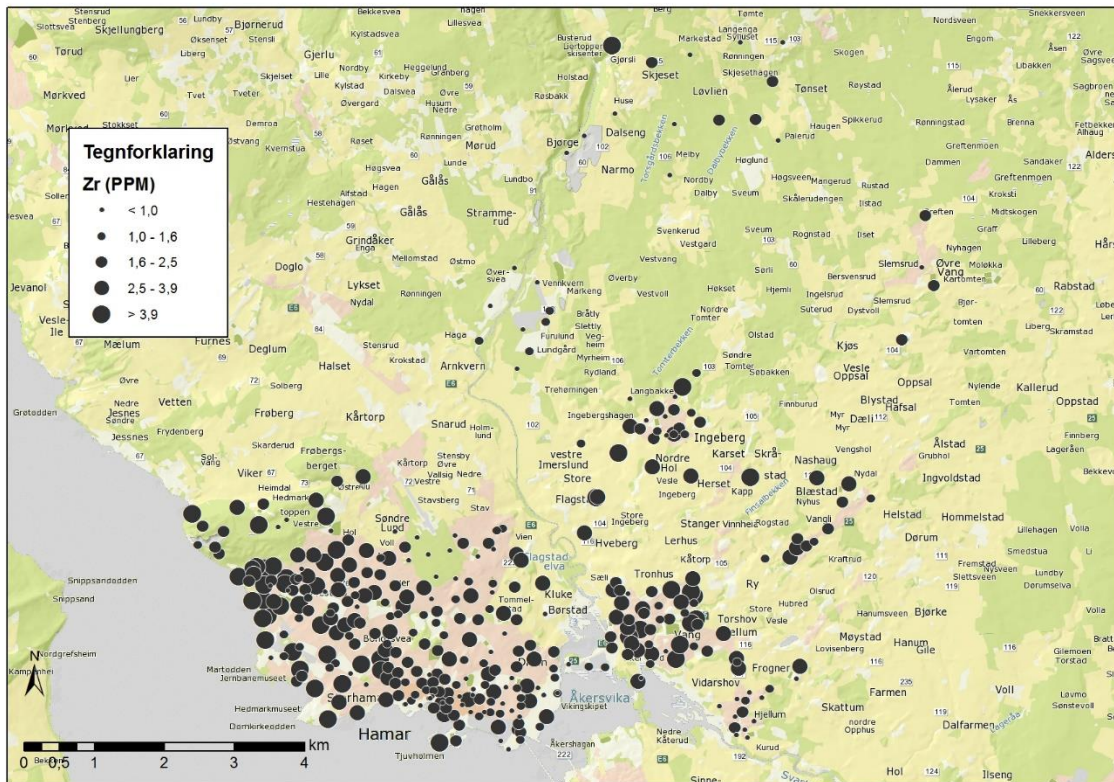
Figur G-43: Prøvepunktene med konsentrasjon av wolfram, W, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



Figur G-44: Prøvepunktene med konsentrasjon av yttrium, Y, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



Figur G-45: Prøvepunktene med konsentrasjon av sink, Zn, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.



Figur G-46: Prøvepunktene med konsentrasjon av zirkonium, Zr, fremstilt som bobler med økende størrelse for økende konsentrasjon.