



GEOLOGI FOR SAMFUNNET

SIDEN 1858



**NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE**
· NGU ·

NGU RAPPORT 2022.022

Grunnvanns- og jordkjemi i Pasvik-Jarfjord;
status og trender



Rapport nr.: 2022.022	ISSN: 0800-3416 (trykt) ISSN: 2387-3515 (online)	Gradering: Åpen	
Tittel: Grunnvanns- og jordkjemi i Pasvik – Jarfjord; status og trender			
Forfatter: Gundersen, Pål; Finne, Tor Erik; Dagestad, Atle; Jensen, Henning; Nordgulen, Øystein; Romundset, Anders; Kvam, Maria.		Oppdragsgiver: Statsforvalteren i Troms og Finnmark	
Fylke: Troms og Finnmark		Kommune: Sør-Varanger	
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 2333 I II 2433 I IV 2434 II III 2534 III	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 262	Pris: 750
		Kartbilag:	
Feltarbeid utført: 2020-2021	Rapportdato: 19.10.2022	Prosjektnr.: 325800 LGN	Ansvarlig: <i>Karina Bøe</i>
<p>Rapporten beskriver status og trender i jord- og grunnvannskjemi for uorganisk luftbåren forurensning langs grensen mot Russland i Pasvik/Jarfjord i Sør-Varanger. Viktige forurensningsparametrene i regionen som Ni, Cu, As, S/SO₄²⁻, pH og alkalitet (bufferkapasitet) diskuteres inngående, men også Al, Pb, Co, Cr, Hg, Zn, Fe, Mn, Ca, K, Cl, NO₃ og NH₄ med flere blir dokumentert. Forurensningen stammer i hovedsak fra smelteverket i Nikel i Russland som ble nedlagt i 2020, ca. 90 år etter oppstart. Gjennom prøvetakinger i september 2020 og 2021 oppdaterer undersøkelsene tidligere tidsserier i tre grunnvannsbrønner og ti jordlokaliteter. Den inkluderer også 7 nye jordlokaliteter, ca. 30 nye grunnvannsvannlokaliteter samt fire bekker. Undersøkelsen er et forvaltningssamarbeid mellom Statsforvalteren i Troms og Finnmark og Norges geologiske undersøkelse (NGU).</p> <p>Konsentrasjonene av <i>nikkel</i> i de øvre lag av jordsmonnet i Pasvik/Jarfjord utgjorde i forurensningssammenheng de mest bekymringsfulle funnene. I forhold til norsk klassifisering av «Forurensset grunn» lå 9 av 17 prøver fra Øvre humussjikt (0-3 cm) i Tilstandsklasse 4 «Dårlig», resten i 3 «Moderat». Nikkelkonsentrasjonene i de samme humusprøvene var også langt over regionale <i>bakgrunnsverdier</i> og har vært økende siden slutten av 1990-tallet.</p> <p>Også kobberkonsentrasjonene i Øvre humussjikt ligger langt over naturlig bakgrunn og har økt i Pasvik-Jarfjord de siste ti-årene. Kobberkonsentrasjonene ligger imidlertid bedre an enn nikkel ift. tilstandsklassifisering for forurensset grunn. Alle unntatt 3 lokaliteter ligger i 1 (Meget god) eller 2 (God). Andre grunnstoffer som arsen, kvikksølv, kadmium, krom og sink lå gjennomgående i tilstandsklasse 1 eller de er ikke med i klassifiseringssystemet (f.eks. kobolt).</p> <p>Det ble ikke registrert overskridelser for NH₄, NO₃, SO₄, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Pb, Na, NO₂, Sb eller Se i noen av grunnvannsprøvene ift. <i>drikkevannsforskriften</i> eller <i>vannforskriftens</i> grunnvannsspesifikke grenser (der slike finnes). Med svært få unntak kom også grunnvannsprøvene for disse elementene i Tiltaksklasse 1 «Bakgrunn» eller 2 «God» ift. klassifisering av norsk Ferskvann, mens omtrent halvparten av grunnvannsprøvene lå i tilstandsklasse 3 (Moderat forurensset) for nikkel.</p> <p>For Al, Fe, Mn, Ni og pH (nedre grense) ble det registrert overskridelser ift. <i>Drikkevannsforskriften</i>, men stort sett på lokaliteter som ikke ville vært naturlig å benytte til regulær drikkevannsforsyning (f.eks. kilder i myr).</p>			
Emneord: Grunnvann	Geokjemi	Hydrogeologi	
Jord	Kartlegging	Overvåkning	
LGN			

Summary in English

This report shows trends and status for concentrations of inorganic airborne pollution parameters. Mainly considered are Ni, Cu, As, S/SO₄²⁻, pH and alkalinity in soils and groundwater along the Norwegian-Russian border in Pasvik/Jarfjord in Sør-Varanger. Parameters such as Al, Cd, Pb, Co, Cr, Hg, Zn, Fe, Mn, Ca, K, Cl, NO₃⁻, NH₄⁺ and several others were also measured and discussed.

The pollution originates from a smelter in Nikel in Russia. This smelter ceased its activity in 2020; approximately 90 years after inception. The report updates time series in three groundwater wells and on ten soil sites. It also introduces results from seven new soil sites, approximately 30 new groundwater sites and four creeks. The survey is an administrative collaboration between the County Governor of Troms and Finnmark and Geological Survey of Norway.

Nickel concentrations in the upper humus layers (top 3 cm of the soils) were of most concern in a pollution context. In relation to the Norwegian classification of "Contaminated soils", as much as ~half of the samples were in Class 4 (Poor), the rest in 3 (Moderate). They were also far above background levels and have been increasing since the late 1990s.

Copper concentrations in humus soil were also far above the background levels and have shown an upward trend in Pasvik-Jarfjord over the last decades. However, according to the classification for contaminated soils, all but 3 out of 17 samples from the upper humus layer were in class 1 (Very good) or 2 (Good). In that context copper is therefore of less concern than nickel in the region. Other elements such as arsenic, mercury, cadmium, chromium, and zinc were consistently in Class 1 or they are not included in the classification system (such as cobalt).

We found no violation to the Norwegian drinking water legislations for NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻, SO₄²⁻, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Na, Pb, Sb, Se, S in any of the groundwater samples. The same applies to groundwater-specific limits in legislations adapting Norway to the EU-Water Framework Directive ("Vannforskriften"). With very few exceptions, the groundwater samples for these elements came in Class 1 (Background) or 2 (Good) in relation to Norwegian Freshwater standards. In contrast, as much as half of the groundwater sites were in Class 3 (Moderately polluted) for nickel.

For Al, Fe, Mn, Ni and pH (lower limit) we found some exceedance in relation to the drinking water regulations, but mostly on groundwater sites that would not naturally be used for regular drinking water supply (e.g. springs in mires).

1. Forord

Rapporten sammenfatter forvaltningsamarbeid mellom Statsforvalteren i Troms og Finnmark (SFTF) og Norges geologiske undersøkelse (NGU) gjennom 2020 og 2021. SFTF har bidratt med finansiering, organisering av møter, nettverk og søknadsprosesser rundt samarbeidet, mens NGU har planlagt og gjennomført feltarbeidet, organisert kjemiske analyse og publisert resultatene gjennom denne rapporten.

Fra SFTF har først og fremst Anne Fløgstad Smeland og Tiia Kalske vært involvert i samarbeidet. Fra NGU har Tor Erik Finne bidratt under planlegging, resultatbehandling, og skrivearbeid, særlig opp mot jordanalysene. Henning Jensen har deltatt under planlegging og feltarbeid 2020, og sammen med Tor Erik bidratt til videreføring av tidsseriene for jordanalyser i regionen. Maria Kvam har bidratt med kartframstillinger. Atle Dagestad har bidratt under planlegging og feltarbeid i 2021 samt i skriveprosessen. Anders Romundset har beskrevet løsmassegeologien og Øystein Nordgulen berggrunnsgeologien i regionen. Undertegnede har som prosjektleder for Landsomfattende mark- og grunnvannnett (LGN) ledet og bidratt i alle deler av prosjektgjennomføringen.

Vi takker NIBIO og konferansesenteret på Svanhovd for hjelpsomhet og innkvartering. Vi takker også svært positiv og løsningsorientert forvaltning, næringsdrivende og enkeltpersoner i regionen som har vært til stor hjelp underveis.

Alle involverte takkes for positive bidrag og en lærerik og interessant prosess.

Trondheim, 19. oktober 2022

Pål Gundersen



Innhold

1.	Forord	7
2.	Bakgrunn og formål	12
2.1	Bakgrunn	12
2.2	Formål.....	12
2.3	Om grunnvann	14
2.4	Om jord.....	15
2.4.1	Jord og jordsjiktning.....	15
2.4.2	Kjemi og forurensing	16
2.5	Om luftforurensning	17
3.	Om undersøkelsesområdet og målestasjonene	18
3.1	Oversiktskart.....	18
3.2	Tidligere undersøkelser	18
3.3	Lokaliteter og prøvetaking 2020-21	19
3.3.1	Bilder og beskrivelse av grunnvannslokalitetene:.....	23
3.3.2	Om jordlokalitetene (for kart se Figur 3.3)	48
3.4	Berggrunnen i Sør-Varanger	55
3.5	Kvartærgeologi og løsmasser i Sør-Varanger	57
3.5.1	Landheving og tidligere havbunn.....	59
3.5.2	Om det kvartærgeologiske kartgrunnlaget	59
3.6	Lokalitetene ift. grunnvannsressurser og løsmassertyper.....	59
3.7	Hovedvindretninger i Pasvik	62
4.	Metodebeskrivelse.....	63
4.1	Forberedelser	63
4.2	Navigasjon, kart og digitalisering i felt	63
4.3	Utstyr og prøvetaking av grunnvann	63
4.4	Utstyr og prøvetaking jord.....	63
4.5	Grunnvann; analyser.....	64
4.5.1	Måleparametere grunnvann.....	64
4.6	Jord; analyser og prøvebearbeiding.....	65
4.6.1	Preanalyse jord	65
4.6.2	Oppslutning	66
4.6.3	Totalanalyser mineraljord	66
4.6.4	Totalanalyser organisk jord.....	67
4.6.5	Om sekvensiell ekstraksjon (fra Bureau Veritas 2020).....	68
4.6.6	Måling av pH i jord	68

4.7	Kvalitetskontroll	68
4.7.1	Grunnvann	68
4.7.2	Jord	69
4.8	Tilgjengeliggjøring av data	71
4.8.1	Grunnvann	71
4.8.2	Jord	71
4.9	Bakgrunnsverdier, grenseverdier og klassifiseringer	71
4.9.1	Landsomfattande mark- og grunnvannsnett (grunnvann)	71
4.9.2	Vannforskriften, terskel- og vendepunktverdier for grunnvann	71
4.9.3	Tilstandsklasser, "Metaller i ferskvann" og «Sedimenter»	71
4.9.4	Tilstandsklasser, "Forurenset grunn"	72
4.9.5	Bakgrunnsverdier, jord	72
4.9.6	Generelt om Grense- og terskelverdier	72
5.	Resultater	73
5.1	Tidsserie grunnvannskjemi (LGN overvåkning)	73
5.1.1	Svanvik	74
5.1.2	Karpdalen	77
5.1.3	Skjellbekken	80
5.2	Tidsserie jordkjemi	83
5.2.1	Aluminium (Al) – trend siden 1995.	85
5.2.2	Arsen (As) – trend siden 1995	86
5.2.3	Barium (Ba) – trend siden 1995.	87
5.2.4	Karbon (C%) – trend siden 1995	88
5.2.5	Kalsium (Ca) – trend siden 1995	89
5.2.6	Kadmium (Cd) – trend siden 1995	90
5.2.7	Kobolt (Co) trend siden 1995	91
5.2.8	Krom (Cr) – trend siden 1995.	92
5.2.9	Kobber (Cu) – trend siden 1995.	93
5.2.10	Elektriske ledningsevne (Konduktivitet) – trend siden 1995.	94
5.2.11	Jern (Fe) trend siden 1995	95
5.2.12	Kvikksølv (Hg) – trend siden 1995	96
5.2.13	Kalium (K) – trend siden 1995	97
5.2.14	Glødetap (%) - «LOI-Loss on Ignition» – 1995-2011.	98
5.2.15	Mangan (Mn) – trend siden 1995	99
5.2.17	Nikkel (Ni) – trend siden 1995	100
5.2.18	Bly (Pb) – trend siden 1995	101
5.2.19	Surhet (pH) – malinger 1995 – 2020 (NB; se figurtekst om målemetoder)	102

5.2.20	Svovel (S) – trend siden 2011.	103
5.2.21	Vanadium (V) – trend siden 1995	104
5.2.22	Sink (Zn) – trend siden 1995.....	105
6.	Diskusjon.....	106
6.1	Tidsserie grunnvann (LGN overvåkningsprogram)	107
6.1.1	Trend LGN-Svanvik (Figur 5.1 til 5.6):	107
6.1.2	Trend LGN-Karpdalen (Figur 5.7 til 5.12):	108
6.1.3	Trend LGN-Skjellbekken (Figur 5.13 til 5.18):	109
6.1.4	Konklusjon, trender grunnvann.....	109
6.2	Tidsserie jordlokaliteter	109
6.3	Status og trender for enkeltparametere; grunnvann og jord	110
6.3.1	Aluminium (Al).....	110
6.3.2	Arsen (As)	111
6.3.3	Kalsium (Ca)	112
6.3.4	Kadmium (Cd).....	112
6.3.5	Kobolt (Co)	112
6.3.6	Krom (Cr).....	113
6.3.7	Kobber (Cu).....	114
6.3.8	Jern (Fe).....	116
6.3.9	Kvikksølv (Hg).....	116
6.3.10	Mangan (Mn).....	117
6.3.11	Nikkel (Ni)	117
6.3.12	Bly (Pb)	119
6.3.13	Sink (Zn)	120
6.3.14	Svovel og sulfat (S og SO ₄ ²⁻)	120
6.3.15	Surhet (pH) og oksygenmetning	121
6.3.16	Andre uorganiske forbindelser i grunnvann (F, Cl, Konduktivitet, Turbiditet, Farge, Nitrat og Ammonium).....	122
6.4	Utlekkingspotensiale av metaller fra jord til vann.....	123
6.5	Anbefalinger	124
7.	Konklusjon	126
8.	Referanser.....	128

VEDLEGG:

Vedlegg 1: Grunnvannskjemi; Rådata vs. status ift. grenseverdier	134
Vedlegg 2: Status, grunnvanns- og jordkjemi for enkeltparametere	137
V2.1: Aluminium (Al)	139
V2.2: Arsen (As)	147
V2.3: Kalsium (Ca)	155
V2.4: Kadmium (Cd)	161
V2.5: Kobolt (Co)	167
V2.6: Krom (Cr)	175
V2.7: Kobber (Cu)	181
V2.8: Jern (Fe)	189
V2.9: Kvikksølv (Hg)	195
V2.10: Mangan (Mn)	201
V2.11: Nikkel (Ni)	207
V2.12: Bly (Pb)	215
V2.13: Sink (Zn)	221
V2.14: Svovel (S) og sulfat (SO ₄ ²⁻)	227
V2.15: Surhet (pH) og oksygenmetning	233
V2.16: Alkalitet og pH i grunnvann	240
V2.17: Klorid i grunnvann	241
V2.18: Fluorid i grunnvann	242
V2.19: Konduktivitet i grunnvann	243
V2.20: Turbiditet i grunnvann	244
V2.21: Farge i grunnvann	245
V2.22: Nitrat i grunnvann	246
V2.23: Ammonium i grunnvann	247
Vedlegg 3: Kvalitetskontroll med blankverdier og dubletter i grunnvann og jord	249
Vedlegg 4: Tidligere undersøkelser (<i>Earlier investigations</i>) Pasvik/Jarfjord	255
Vedlegg 5: Grenseverdier og tilstandsklasser for jord og grunnvann	257
Vedlegg 6: Utlekkingspotensiale av metaller fra jord til vann: beregninger	261

2. Bakgrunn og formål

2.1 Bakgrunn

Forekomster av nikkel (Ni) ble funnet i Petsjenga-regionen (daværende Petsamo i Finland) i 1921. Ni år etter ble det anlagt et større smelteverk der byen Nikel (daværende Kolosjoki) er i dag. Hele området, inkl. smelteverket ble russisk i 1944 (Berglen 2021, Nikel – Murmansk region 2022). Smelteverket ble nedlagt 23. desember 2020 (Kruse 2020) men har gjennom driftsperioden bidratt til betydelige mengder sur nedbør og nedfall av metaller/halvmetaller som kobber (Cu), nikkel (Ni), arsen (As), krom (Cr) og kobolt (Co) både på norsk og russisk side av grenseområdene (Sivertsen og Skjoldager 1991, Berglen 2021).

I tillegg til påvirkninger på terrestriske planter og dyr har også vannkjemi og vannlevende organismer i grenseområdene blitt betydelig belastet av disse utslippene (Sandanger et al. 2013, Muladal et al. 2020). Tidligere undersøkelser (Jensen et al. 2012, se også vedlegg 4) har også påvist en merkbar oppkonsentrering av metaller i jordsmonnet over tid i området. Det er vært en negativ utvikling i pH og bufferkapasitet på den nærmeste norske overvåkningsstasjonen for grunnvann (Svanvik) over noen tiår (Gundersen 2018; Gundersen et al. 2019a; Gundersen 2020).

Både en fortsatt *synkende* og en (mer sannsynlig) *økende* pH i jord og grunnvann er mulige videre scenarier i regionen rundt det nedlagte smelteverket. Og pH-endringer i begge retninger, i kombinasjon med klimaendringer, jorderosjon eller andre prosesser kan i teorien medføre frigjøring av metaller fra de massive mengdene som nå ligger bundet og lagret i jordsmonn og naturmiljø i området.

For å kunne følge den videre utviklingen var det følgelig viktig å få dokumentert status i jordsmonn og grunnvann rundt tidspunktet for nedleggelsen. I mai 2020 inngikk Statsforvalteren i Troms og Finnmark et forvaltningssamarbeid med Norges geologiske undersøkelse om å videreføre tidligere overvåkning og kartlegging av grunnvann og jord langs grensen mot Russland. Det inngikk også en del nye prøvepunkter for jord og grunnvann i avtalen (Saksdokument SFTF og NGU 2020). Ytterligere feltarbeid og undersøkelser ble videreført i 2021 gjennom ny avtale våren 2021 (Saksdokument SFTF og NGU 2021).

Rapporten publiserer resultatene for de to feltsesongene og forlenger de tidligere måleseriene for jord og grunnvann.

Resultatene blir vurdert ift. *trender* i tidsseriene (dvs. lokaliteter som er prøvetatt tidligere), samt en vurdering av forurensningsstatus mot ulike bakgrunnsverdier, grenseverdier og klassifiseringer for vann/grunnvann og jord.

2.2 Formål

Grunnvannskjemi – trender

Det finnes tre operative overvåkningslokaliteter for grunnvannskjemi i området, Skjellbekken, Svanvik og Karpdalen. Disse er en del av Landsomfattende mark- og grunnvannnett (LGN) og har alle tidsseriemålinger siden etter 2003. Se mer om LGN og norsk grunnvannskjemi i Seither et al. 2016. Målingene er diskutert i Gundersen 2020, Gundersen et al. 2019a og Gundersen 2018. Undersøkelsene vi har gjort i 2020 og 2021 forlenger disse tidsseriene. Vi har ønsket å observere om den negative trenden i grunnvannets pH og bufferkapasitet på

LGN-stasjon Svanvik vedvarer og hvordan dette eventuelt har påvirket grunnvannets øvrige kjemiske parametere (særlig ift. metaller).

Tidligere trendkartlegging på de tre LGN-stasjonene har synliggjort at grunnvannet i regionen har en langt bedre kjemisk sammensetning enn nedbøren i området, og at vannet følgelig renses på vei gjennom jordsmonnet (Gundersen et al. 2019a). For eksempel så man at kobberkonsentrasjonene i grunnvannet på LGN-Svanvik lå på mindre enn 20% av konsentrasjonene i nedbøren. Men fortsatt lå de noe høyere enn ønskelig (~4 µg Cu/L). Dette er opp mot de nivåer som under gitte forhold rapporteres som potensielt belastende for fisk og andre akvatiske organismer, selv om litteraturen spriker betydelig på dette fagfeltet (US-EPA 2007). Og ofte vil andre forhold som pH, kalsiumkonsentrasjoner, organisk materiale og mengdeforhold mellom ulike vannmasser som blandes være bestemmende for de toksiske effekter man ender opp med fra metallkonsentrasjonene i vannet. Både metallkonsentrasjonene og vannkjemiske parametere som påvirker deres toksisitet vil også variere betydelig gjennom ulike meteorologiske og klimatiske forhold. Vi anser derfor at det fortsatt er fornuftig å overvåke utviklingen og forhindre og forebygge forverrede forhold så langt det lar seg gjøre. Det samme gjelder selvsagt også for Ni og andre metaller det har vært mye av i tørravsetning og nedbør i området.

Grunnvannskjemi – forurensningsstatus

For å få en bedre oversikt over hvor representative LGN-stasjonene er for grunnvannet i området som helhet bestemte vi å kartlegge et spekter av ulike typer grunnvann på langt flere lokaliteter enn de tre i LGN-serien. I denne undersøkelsen har vi følgelig prøvetatt ca 30 nye grunnvannslokaliteter (og noen bekker) som sammen gir en oversikt over hvordan den sure nedbøren og metallutslippene fra Nikel har påvirket grunnvannskjemien i regionen. Noen av de nye grunnvannslokalitetene er borebrønner og kilder i fjell. Noen representerer et svært overflatenært grunnvann, der infiltrert regnvann har hatt kort oppholdstid i undergrunnen. Andre er tatt nedenfor større breelavsetninger der vi forventer at grunnvannet har hatt lengre oppholdstid og er mer «modent». Det betyr at det vil være mer påvirket av mineralene i undergrunnen og ligne mindre kjemisk på regn- og overflatevannet. Det ble også tatt noen prøver av sigevann fra myr («myrkilder») og noen elver og bekker for å kunne sammenligne med grunnvannskjemien. De aller fleste nye prøvepunktene vi har funnet er kilder i løsmasser.

Til sammen utgjør prøvepunktene et bredt spekter av den grunnvannskjemi en kan forvente å finne i regionen.

Jordkjemi

De lave metallkonsentrasjonene vi har funnet i grunnvannet sammenliknet med *nedbøren* betyr nødvendigvis at metallene blir liggende igjen et sted på vei nedover i jordsmonnet. Vanligvis finner man dem anriket i de øvre jordlagene av nedbrutt plantemateriale - humusjorda (Reimann et al. 1998). Men de kan også under gitte forhold infiltreres igjennom, eller remobiliseres fra jordsmonnet, og dermed nå ned til grunnvannet. Derfra kan det eventuelt også transporteres videre ut til akvatiske miljø. Lett mobiliserbare metaller i jordsmonnet kan også tas opp i planter og føres inn i næringskjedene i den terrestriske biosfæren. Disse prosessene kan også skje *etter* at forurensingstilførselen fra nedbør og tørravsetning har opphørt.

I tillegg til å videreføre prøveseriene for grunnvann ble det altså også tatt jordprøver som i størst mulig grad er hentet på de samme lokaliteter som NGU har prøvetatt og analysert tidligere. Ti av de 17 av jordlokalitetene fra 2020 er identisk med lokaliteter som er prøvetatt i

Sør-Varanger i 2005, 2011 og 2015 (se Jensen et al. 2012), mens 7 er nye. De 7 nye jordlokalitetene ble tatt som sammenligningsgrunnlag med nærliggende grunnvannslokaliteter (deriblant LGN-Karpdalen og LGN-Svanvik som ikke hadde nærliggende jordlokaliteter fra før). Vi har også lagt inn jordkjemidata fra 1995 (Reimann et al. 1998) og år 2000 (Jensen og Finne 2006) i tidsseriene for jord (kapittel 5.2), men i disse undersøkelsene er *de enkelte prøvelokalitetene* i mindre grad sammenfallende med våre.

Prøvetaking ble gjort både for å kunne følge utviklingen fram til i dag, men også for å ha et tilstrekkelig antall representative prøver til å kunne følge den videre utvikling etter nedleggelsen i 2020. Et utvalg av jordsjikt og oppslutningsmetoder ble brukt for å muliggjøre flest mulig framtidige anvendelser.

For *alle* jordlokalitetene ble det Øvre humussjikt prøvetatt og analysert etter en «totaloppslutning» i modifisert aqua regia (sterk blandingssyre av 1:1:1 HNO₃:HCl:H₂O). På de fleste lokalitetene ble det i tillegg også prøvetatt videre nedover i jordsjiktene: i Nedre humussjikt, fra mineraljorda i utfellingslaget (B-sjiktet), og/eller fra de opprinnelig løsmassene (morene eller forvittringsjord) lenger ned i C-sjiktet. For omtrent halvparten av jordprøvene ble det i tillegg gjennomført *sekvensielle ekstraksjoner* og tilhørende analyser. Disse gir indikasjoner på hvordan og hvor sterkt de ulike metallene er bundet i de ulike jordsjiktene (se mer i kapittel 4.6.5).

Datamaterialet fra 2020 og 2021 inneholder svært mange analyseparametere for grunnvann og for jordlokalitetenes ulike sjikt og ulike utlekkingssekstrakter. I tillegg finnes i større eller mindre grad sammenlignbare måleserier fra tidligere undersøkelser i jord og grunnvann. Dette prosjektet har følgelig ikke kunnet utnytte *hele* dataseriens forskningspotensial, men har hatt som mål å få gjennomført et fornuftig omfang av prøvetaking for nåværende og framtidige undersøkelser av jord og grunnvann ifm. nedleggelsen av smelteverket i Nikel. Videre blir de av viktigste av resultatene som er nødvendige for å dokumentere trender og status i jord og grunnvann visualisert og diskutert.

I diskusjonen har vi vurdert de antatt viktigste funnene i et miljø- og helseperspektiv. For en dypere analyse av materialet satt inn i en forskningssammenheng vil det være ønskelig å få tilrettelagt materialet for et master- eller doktorgradsarbeid.

2.3 Om grunnvann

Grunnvann dannes ved at regnvann (eller overflatevann) infiltrerer undergrunnen gjennom sprekker i berg eller porerom i løsmasser (Figur 2.1). Grunnvannsspeilet er der hvor alle porer og sprekker er fylt med vann, og hellingen på grunnvannsspeilet indikerer strømningsretningen. Vi anvender oss av grunnvann til drikkevannsforsyning gjennom å bore eller grave oss ned til det og pumpe det opp (i brønner) eller ved å hente det direkte fra frittstrømmende grunnvannskilder. Uttak av grunnvann brukes også stadig oftere sammen med varmepumper i forbindelse med oppvarming og nedkjøling.

I kontakt med løsmassene og berggrunnen vil grunnvannets kjemiske sammensetning påvirkes gjennom bl.a. oppløsning og utfelling av ulike mineraler i undergrunnen og ved adsorpsjonsprosesser på ulike overflater. Grunnvannets kjemiske sammensetning blir også påvirket av nedbørens kjemiske sammensetning, berggrunnens og løsmassenes mineralsammensetningen samt grunnvannets oppholdstid i undergrunnen. Normalt vil et dypt grunnvann være mer påvirket av undergrunnen og mindre av sin opprinnelse som regnvann.

Brønner i fjell inneholder ofte mye oppløste mineraler. Dette kan medføre helseskadelige nivå av f.eks. fluor eller radon i grunnvannsbasert vannforsyning. Det er også en del bruksmessige utfordringer knyttet til bruk av grunnvann i drikkevannsforsyning. F.eks. kan organisk materiale og/eller sulfidmineraler i undergrunnen gi oksygenfattige forhold og plagsomt høgt innhold av jern, mangan og H₂S i grunnvannet.

Teknisk utforming av brønner kan også ha betydning for grunnvannets kjemiske og bakteriologiske kvalitet. For eksempel kan ufullstendig tetting av brønnrør mot berg gi lekkasje av overflatevann eller grunt grunnvann inn i brønnen.



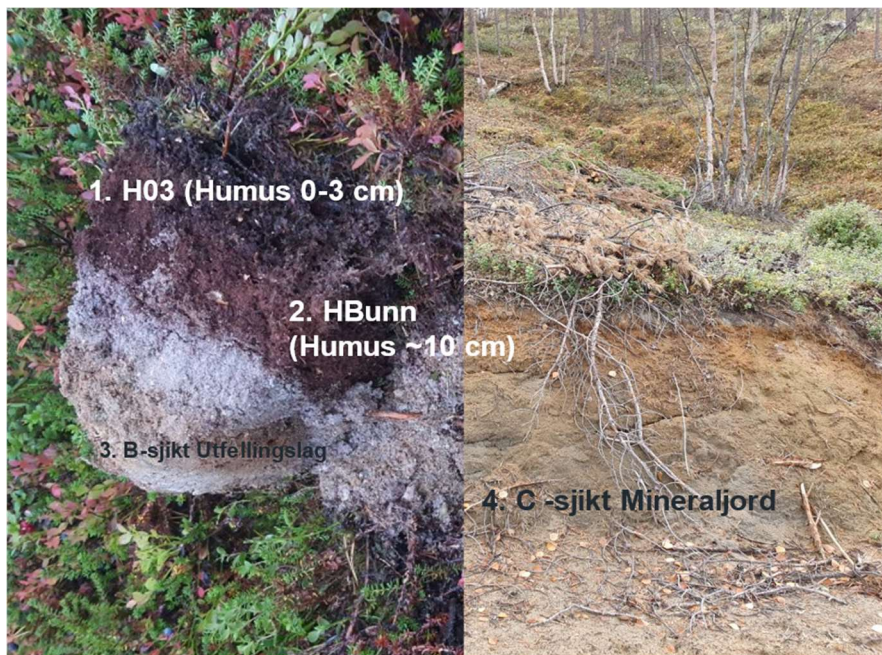
Figur 2.1: Venstre; Grustak nær Kaivokrysset, 7 km vest for Svanvik viser eksempel på løsmassetyper regnvannet passerer på vei nedover i undergrunnen, eller ligger lagret i som grunnvann. Høyre; her kommer grunnvann fritt strømmende fra sprekker i berget ved NV-siden av Jammerdalsvatnet på Jarfjordfjellet.

Se mer om norsk grunnvann på ngu.no og generelt om helse- og miljøeffekter av vanlige forbindelser i grunnvann i USGS 2022.

2.4 Om jord

2.4.1 Jord og jordsjiktning

Jordsmonnet er utviklet fra løsmassene som ble etterlatt etter istiden. Det danner sjiktning nedover som vil variere fra sted til sted avhengig av terrenghelning, geologi, klima osv. En vanlig sjiktning i Norge er «Podzolprofilet» (se Figur 2.2).



Figur 2.2: Podzol-profil fra en av stasjonene (Hum2020_02).

I våre undersøkelser har vi tatt prøver fra følgende sjikt på jordlokalitetene:

Øvre humus; også navngitt H03 eller sjikt 1:

Humus, 0-3 cm nedover fra undersiden av overflaterusk og vegetasjon.

Nedre humus; også navngitt HBunn eller sjikt 2:

Vi har skåret disse prøvene ut nederst i humuslaget, nær overgang til neste sjikt. Der humuslaget har vært *mer enn 13 cm* har vi ikke skåret ut prøvene nederst, men mellom ~10-13 cm målt fra undersiden av overflaterusk og vegetasjon.

Utfellingslaget; også navngitt B-horisonten, B-sjikt, JB eller sjikt 3:

Dette laget er mineraljord (f.eks. morene eller forvitret berg) som inneholder utfellinger av jern, mangan, aluminium m.fl. Disse har blitt mobilisert kommet dit av at naturlig surt vann fra humuslaget har løst opp mineralene fra «bleikjorda» på veg nedover. Utfellingslaget er typisk gyllen orange-brun og noen cm under den hvitgrå breikjorda.

Mineraljord; også navngitt C-horisonten, C-sjikt, JC eller sjikt 4:

Mineraljorda vil ofte bestå av morenemateriale fra siste istid eller forvittringsmaterial fra berggrunnen under. Mineraljorda har vi prøvetatt i god avstand fra utfellingslaget (~50-70 cm nede i bakken).

2.4.2 Kjemi og forurensing

En del overordnede tendenser og erfaringer om metallenes mobilitet i jord er beskrevet på US-EPA's hjemmesider (US-EPA 2022a): I naturlig så vel som i forurenset jord vil metaller helst opptre som amorfe oksider og hydroksider og til en viss grad også som karbonater, fosfater, sulfater og sulfider. Arsen (As), Krom (Cr), Selen (Se) og Vanadium (V) opptre ofte som *anioner*. De fleste andre miljømessig relevante metaller/ halvmetaller opptre oftest som *kationer*, f.eks. Aluminium (Al), Antimon (Sb), Barium (Ba), Beryllium (Be), Kadmium (Cd), Kobolt (Co), Kobber (Cu), Jern (Fe), Bly (Pb), Mangan (Mn), Nikkel (Ni), Sølv (Ag) og Sink

(Zn). Pga. jordpartiklenes overveiende negative ladningsoverflate vil anionene som hovedregel være mer mobile/biotilgjengelige/løst i vannfase, mens kationelementene i større grad vil være fiksert i jorda i form av utfellinger eller komplekser. Anioner vil også i større grad være mest mobile ved høy pH mens for kationene er det motsatt.

2.5 Om luftforurensning

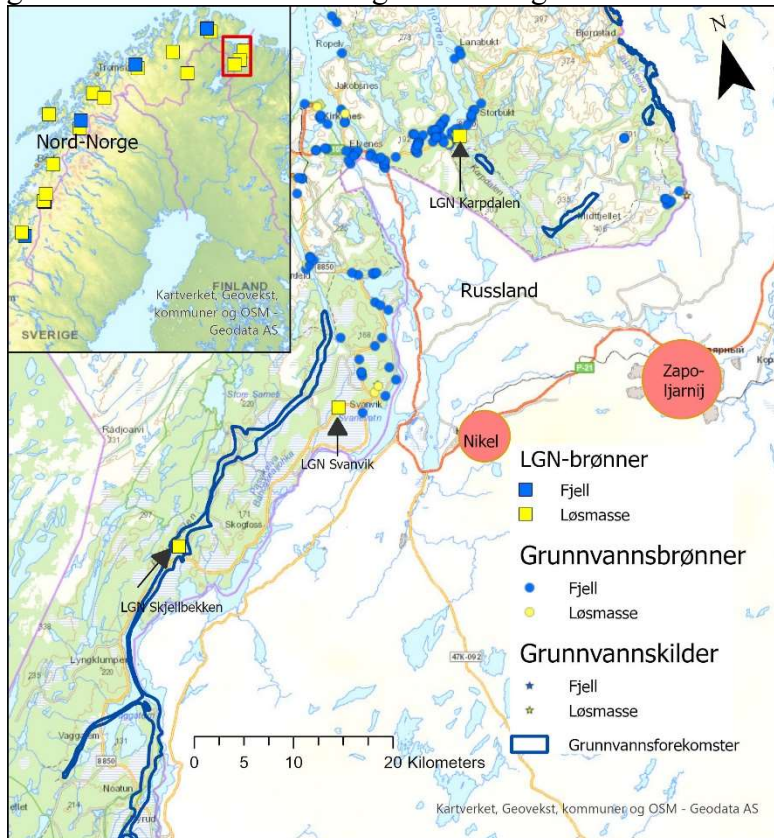
For oversikt over nåværende og historiske forurensningsnivåer i luft og nedbør i prøveområdet henvises det til Berglen et al. 2021. Rapporten viser bl.a. at konsentrasjonene av Ni, Cu, Co og As i luft og nedbør på Svanvik og i Karpdalen er betydelig over naturlig bakgrunn. I nedbørsdataene for 2020 skiller Ni og Cu seg mest ut hvis en sammenligner med grenseverdiene vi har brukt for vann og grunnvann (Vedlegg 5). Svanvik med 14,5 µg Ni/L, 27,8 µg Cu/L og 362 mm nedbør pr. år. Nedbøren i Karpdalen inneholder til sammenligning 9,8 µg Ni/L, 15,3 µg Cu/L og utgjør en nedbørsmengde på 538 mm pr år. Berglen et al. beskriver videre en generell økning i nivåene av tungmetaller i nedbøren i området siden 2004, og de høye nivåene er heller ikke er i samsvar med offisielle utslippstall fra russiske myndigheter.

For mer om den regional belastningen fra luftforurensning, se Reimann et al. 1998, Jensen et al. 2012 og Rühling et al. 1990. Se også Bohlin-Nizzetto et al. 2020 om norsk overvåking av luft og nedbør.

3. Om undersøkellesområdet og målestasjonene

3.1 Oversiktskart

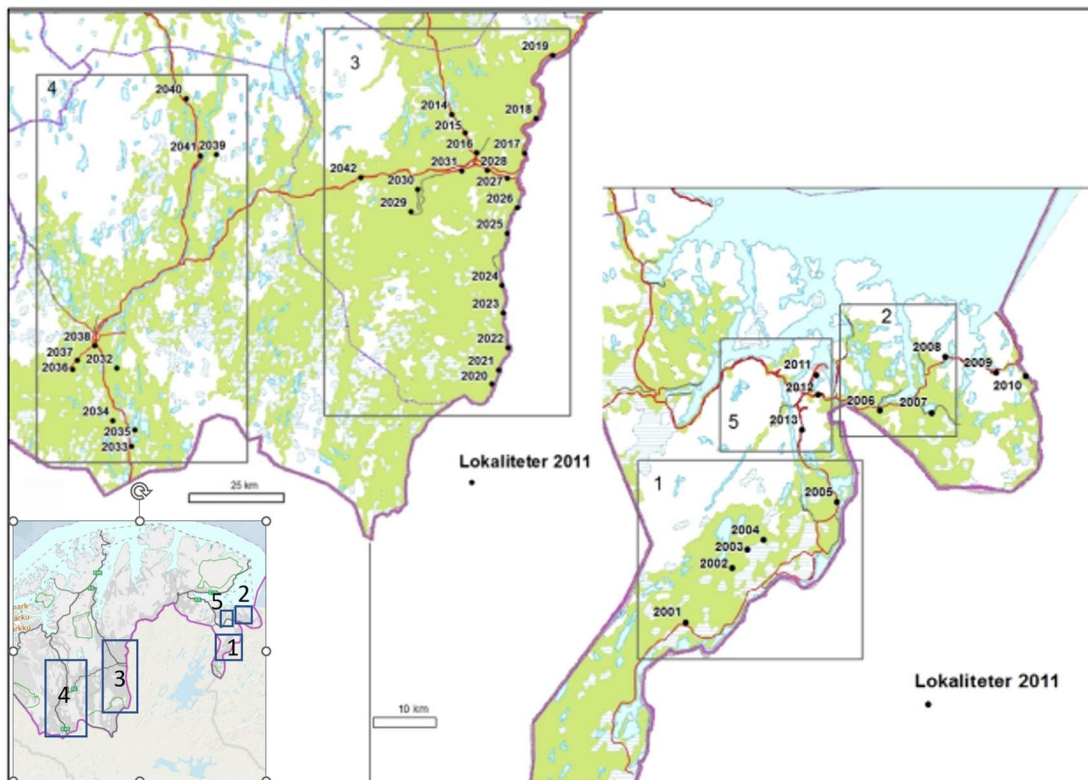
Figur 3.1 viser stasjonsnettet for Landsomfattende mark- og grunnvannnett (LGN) nord, samt registrerte borebrønner (Nasjonale grunnvannsdatabase), norske grunnvannsvannforekomster og lokalisering av smelteverket i Nikel.



Figur 3.1: Oversiktskart med LGN-stasjoner, brønner, grunnvannsvannforekomster samt smelteverket i Nikel og briketteringsanlegget i Zapoljarnij.

3.2 Tidligere undersøkelser

Figur 3.2 (fra Jensen et al. 2012) viser NGUs jordlokaliteter som er prøvetatt i Finnmarksregionen i 2005, 2011, 2015 og nå sist i 2020. I motsetning til de tidligere årene ble det bare tatt prøver langs Pasvik og Jarfjord (ved lokalitetsnummer 2001-2010) og ingen prøver fra område 3, 4 og 5. Se om navngiving av lokaliteter i figur 3.2 og 3.3.

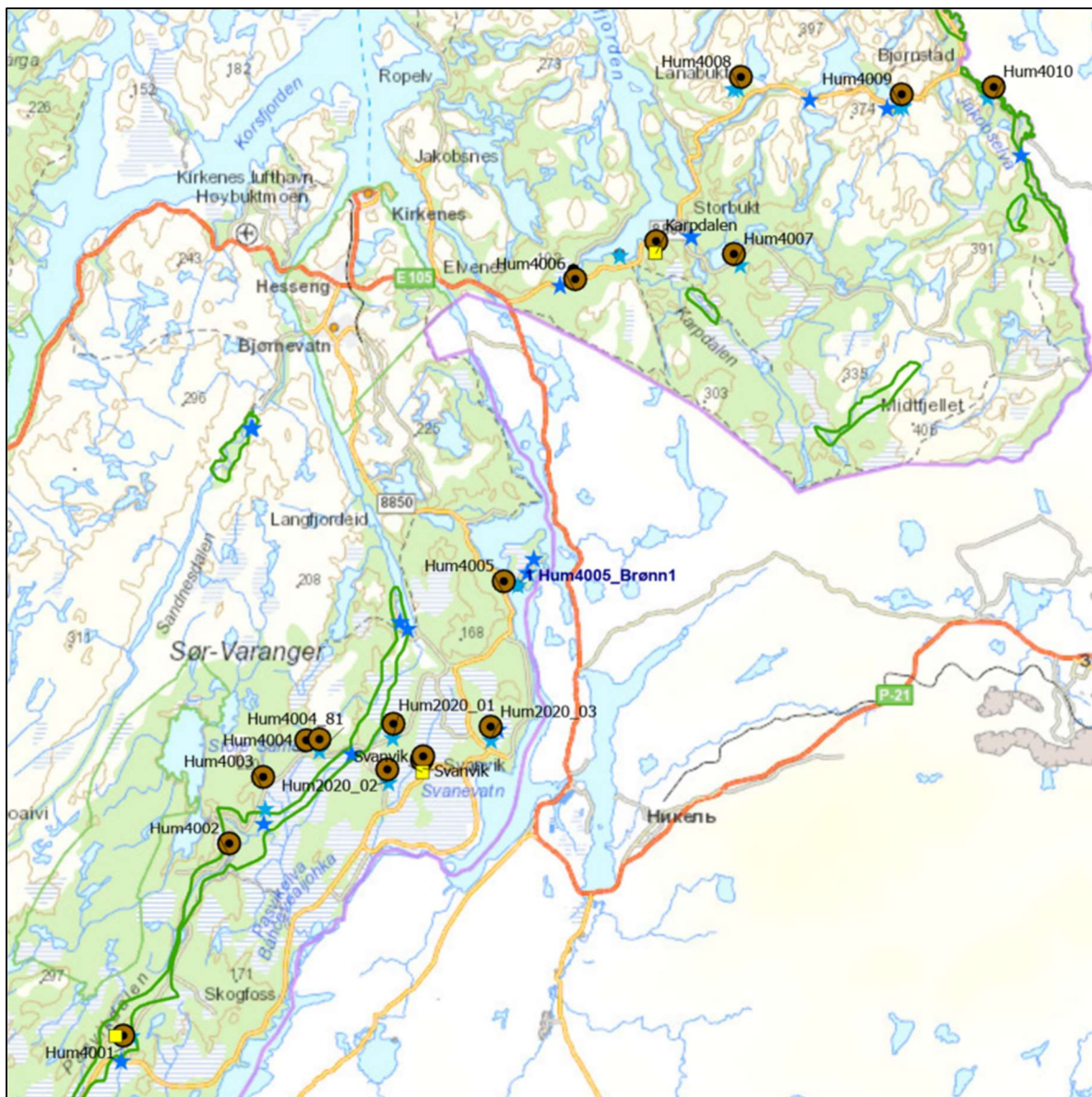


Figur 3.2: Kart over tidligere prøvelokaliteter¹⁾ for jord. Område 1,2 og 5 er i Sør-Varanger mens 3 og 4 er på Finnmarksvidda. ¹⁾Bare lokalitetsnummer 2001-2010 (i område 1 og 2) i kartet ble prøvetatt i år 2020. Lokalitetene i denne serien er navngitt systematisk forskjellig fra år til år; Første år (2005) har lokalitet 1001-1010, deretter i 2011 (2001-2010), år 2015 (3001-3010) og i 2020 (4001-4010). Noen steder refereres de som Hum1001, Hum1002 osv.). Navn på nye lokaliteter i 2020; se figur 3.3.

3.3 Lokalteter og prøvetaking 2020-21

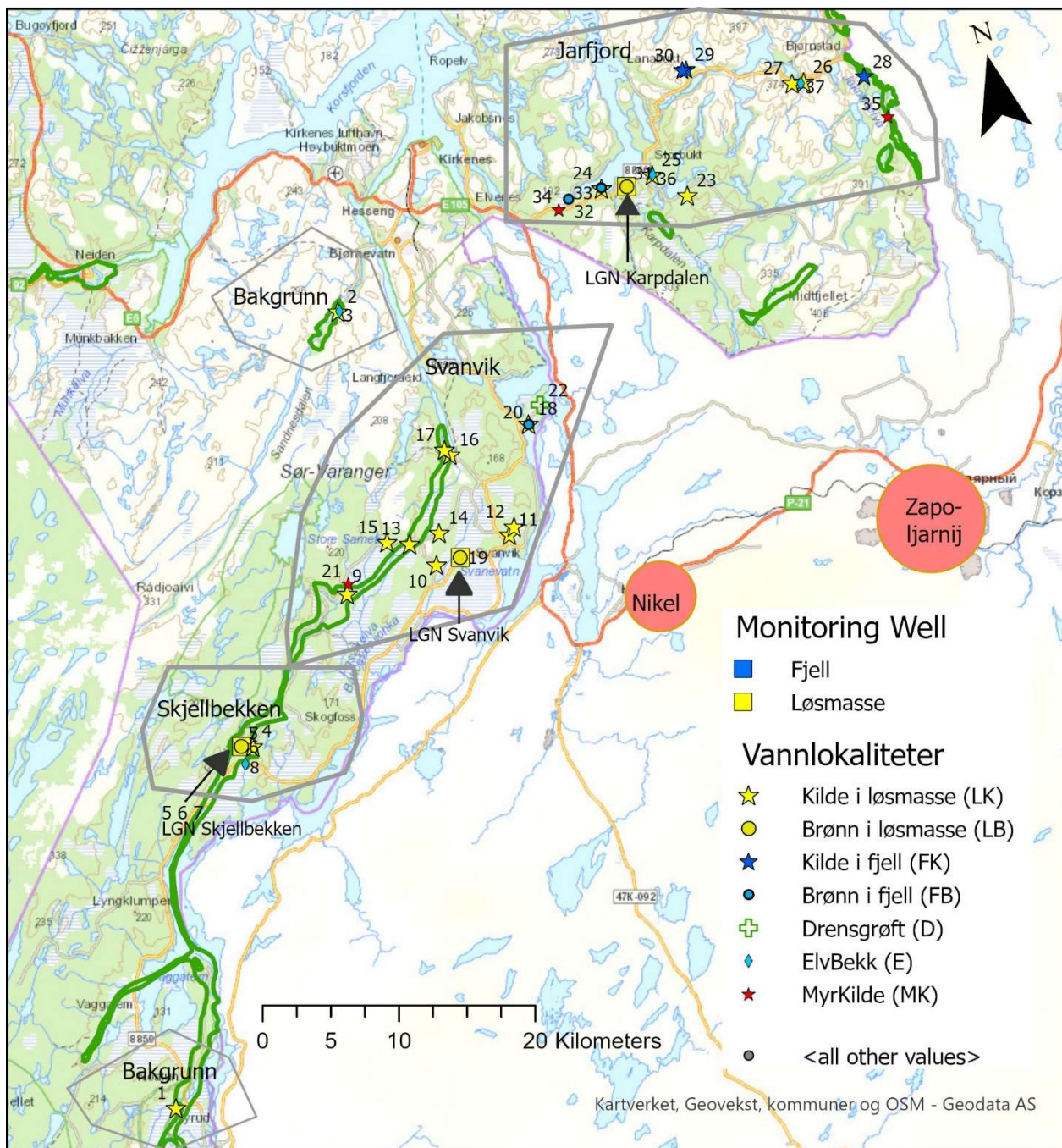
Under feltarbeidet i 2020 ble de tidligere prøvetatte jordlokalitetene (se Figur 3.2) prioritert for prøvetaking og nye *grunnvann*lokaliteter ble oppsøkt nær disse. Dette begrenset søkemulighetene for grunnvannskilder i 2020, og relativt overflatenære grunnvannskilder som var lettere å finne ble trolig noe overrepresentert. Under feltarbeidet i 2021 prioriterte vi å finne mer modent grunnvann med lengre oppholdstid i undergrunnen, samt lokaliteter med større avstand til smelteverket i Nikel.

Oversikt over prøvetatte lokalitetene 2020-21 er vist i Tabell 3.1 på kart i Figur 3.3 (jord) og 3.4 (grunnvann). I Figur 3.5 klassifiseres grunnvannlokalitetene i litt større detalj. Som det framgår har vi valgt en overvekt av *kilder i løsmasser* fordi det ofte grunne grunnvannet som disse representerer utgjør et mer sårbart/påvirkbart «worst-case» for grunnvann påvirket av forurensninger fra nedbør. I tillegg er de lettest å finne og få tilgang til, og vannkjemien blir også i mindre grad enn i brønner påvirket av kobberør, brønnetablering osv.



Figur 3.3: Navn¹⁾ og lokalisering på alle prøvetaksstasjoner for jord (**brune pkt.**). Blå stjerner viser grunnvannslokalitetene og gule punkt er LGN-stasjoner. Detaljer om lokalitetene i Tabell 3.1.

¹⁾Nye jordlokaliteter ble i 2020 navngitt (Hum)2020-01, (Hum)2020-02, (Hum)2020-03 og Hum4004.81. Jordprøver ble i 2020 også tatt ved alle LGN-stasjonene for overvåking av grunnvann. To av disse nye jordlokalitetene ble oppkalt etter LGN-stasjonene («Svanvik» og «Karpdalen»), mens ved LGN-Skjellbekken beholdt vi lokalitetsnavn Hum4001 da denne eksisterende jordlokaliteten lå nokså nær LGN-stasjonen. «Svanvik_samle» ligger bak «Svanvik» i kartet og er en samleprøve av 5 humusstikk (se Figur 3.7.14)

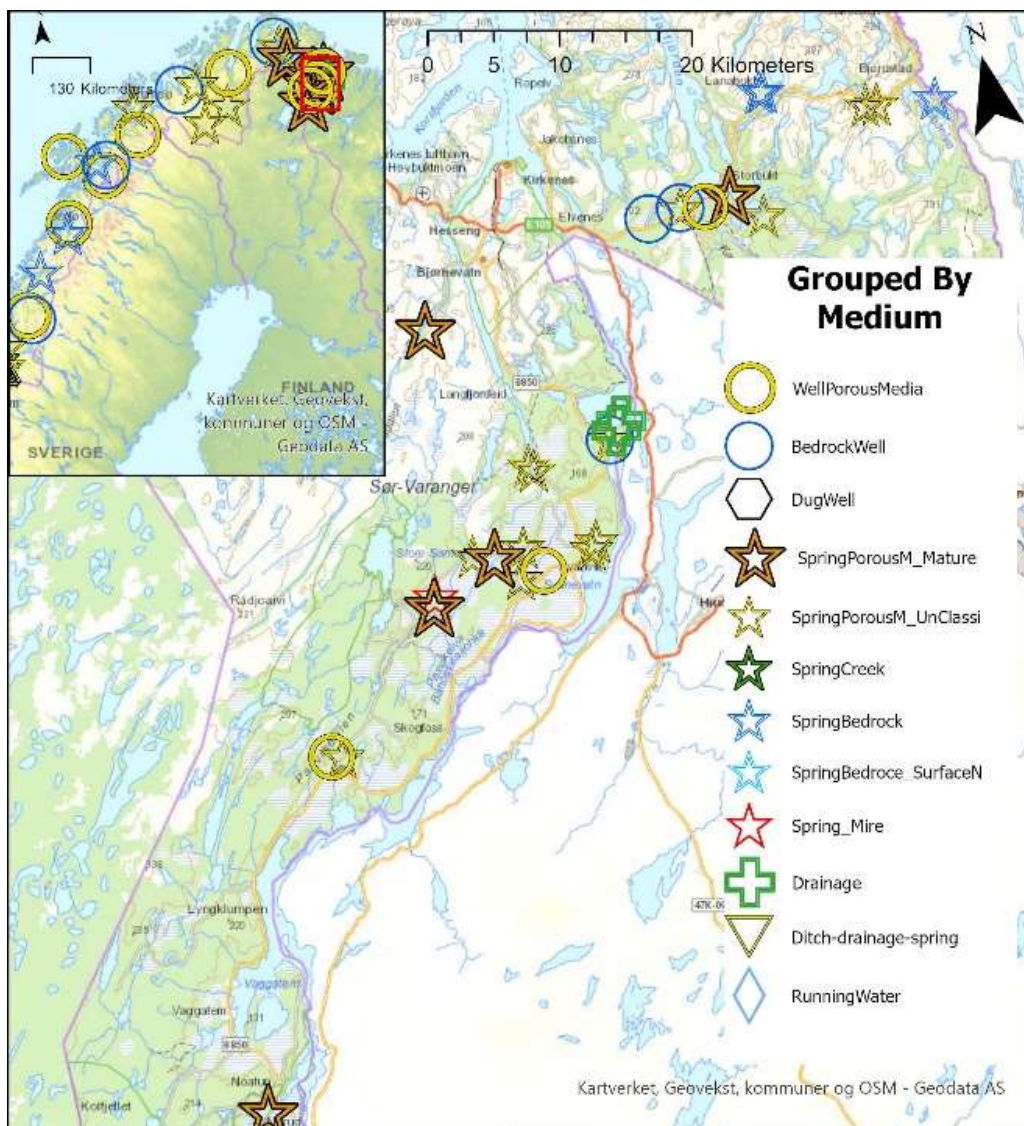


Figur 3.4: Oversikt over prøvetatte grunnvannslokaliteter med lokalitetsnummer og inndelt i områder. Grønne polygoner er grunnvannsforkomster (se oppdateringer i Vannmiljøportalen 2022). Grå polygoner rammer inn områder/grupper av lokaliteter vi beskriver i teksten (Svanvik, Jarfjord, Skjellbekken og Bakgrunn). Se beskrivelse av stasjonene i Tabell 3.1 og resultater i Tabell V1.1 i Vedlegg 1.

Tabell 3.1: Oversikt over jord- og grunnvannslokaliteter (for kart, se henholdsvis Figur 3.3 og 3.4)

Nr i kart (Fig 3-4)	Grunnvannslokalitet	Tilhørende jordlokalitet (Figur 3-3).	Dato prøvetaking	Grunnvannsmedium	Kommentar	Grunnvann Lat	Grunnvann Long	Jord Lat	Jord Long
1	Pasvik2021_01		12.09.2021	Kilde i løsmasse (LK)	Antas grunnvann med lang oppholdstid	69,147037	29,1827592		
2	Pasvik2021_09		08.09.2021	Kilde i løsmasse (LK)	Antas grunnvann med lang oppholdstid	69,6327502	29,8264898		
3	Pasvik2021_10		08.09.2021	ElvBekk (E)		69,6328651	29,8293479		
4	Hum4001	Hum4001	26.09.2020	Kilde i løsmasse (LK)		69,3676363	29,4772714	69,3632743	29,4627543
5	Hum4001_43-3	Hum4001	26.09.2020	Brønn i løsmasse (LB)		69,3693814	29,4567821	69,3632743	29,4627543
6	Hum4001_43-2	Hum4001	26.09.2020	Brønn i løsmasse (LB)		69,3693545	29,4567779	69,3632743	29,4627543
6	Hum4001_43-2	Hum4001	12.09.2021	Brønn i løsmasse (LB)		69,3693903	29,4567328	69,3632743	29,4627543
7	Hum4001 (Skjellb.LGN)	Hum4001	26.09.2020	Brønn i løsmasse (LB)		69,3693628	29,4568308	69,3632743	29,4627543
7	Hum4001 (Skjellb.LGN)	Hum4001	12.09.2021	Brønn i løsmasse (LB)		69,3693806	29,4568767	69,3632743	29,4627543
8	Pasvik2021_02		12.09.2021	ElvBekk (E)		69,3576411	29,4563832	69,4558399	29,8889569
9	Pasvik2021_03	Hum4002	11.09.2021	Kilde i løsmasse (LK)	Lokaliteten har ingen tilhørende Grunnvannslokalitet	69,4505425	29,7158252	69,4393381	29,6602154
10	Hum2020_02	Hum2020_02	21.09.2020	Kilde i løsmasse (LK)	Antas grunnvann med kort oppholdstid/ overflatenært	69,4551578	29,8907782		
11	Hum2020_03	Hum2020_03	23.09.2020	Kilde i løsmasse (LK)		69,4628939	30,0365164	69,4635922	30,0364995
12	Pasvik2021_05		11.09.2021	Kilde i løsmasse (LK)		69,4672428	30,0488159		
13	Pasvik2021_04		11.09.2021	Kilde i løsmasse (LK)	Antas grunnvann med lang oppholdstid	69,4727468	29,8515296		
14	Hum2020_01	Hum2020_01	23.09.2020	Kilde i løsmasse (LK)		69,4752217	29,9100841	69,4759955	29,9115677
15	Hum4004	Hum4004	22.09.2020	Kilde i løsmasse (LK)	Opprinnelig (tidligere prøvetatt) jordlokalitet 4004	69,4774989	29,8113102	69,4783366	29,7935115
15	Hum4004	Hum4004_81	22.09.2020	Kilde i løsmasse (LK)	Ny jordlokalitet tatt like ved Grunnvannskilden	69,4774989	29,8113102	69,4772885	29,8108116
16	Pasvik2021_07		11.09.2021	Kilde i løsmasse (LK)		69,5234742	29,9653307		
17	Pasvik2021_06		07.09.2021	Kilde i løsmasse (LK)		69,5275201	29,9575991		
18	Hum4005	Hum4005	23.09.2020	Kilde i løsmasse (LK)		69,5306203	30,1221577		
19	Svanvik (LGN)	Svanvik	22.09.2020	Brønn i løsmasse (LB)		69,4563418	29,93748	69,4563513	29,9368325
19	Svanvik (LGN)	Svanvik_samle	22.09.2020	Brønn i løsmasse (LB)	Humus fra 5 stikk i større område ovenfor LGN-stasjon	69,4563418	29,93748	69,4570213	29,9387137
20	Hum4005	Hum4005	23.09.2020	Brønn i fjell (FB)		69,5306113	30,122159	69,5284691	30,1012802
21	Hum4003	Hum4003	23.09.2020	MyrKilde (MK)		69,457107	29,7225637	69,4663917	29,7257636
22	Pasvik2021_08		11.09.2021	Drensgrøft (D)		69,5410583	30,1517358		
23	Hum4007	Hum4007	27.09.2020	Kilde i løsmasse (LK)	Antas grunnvann med kort oppholdstid/ overflatenært	69,6506065	30,5183226	69,6509186	30,5098582
24	Hum4006	Hum4006	24.09.2020	Kilde i løsmasse (LK)		69,6691011	30,3648958	69,658039	30,2945281
25	Pasvik2021_13		10.09.2021	Kilde i løsmasse (LK)	Antas grunnvann med lang oppholdstid	69,6693956	30,4641121		
26	Hum4009	Hum4009	25.09.2020	Kilde i løsmasse (LK)	Antas grunnvann med kort oppholdstid/ overflatenært	69,7035713	30,7851773	69,7036257	30,7831512
27	Pasvik2021_15		09.09.2021	Kilde i løsmasse (LK)		69,7046612	30,7634371		
28	Hum4010	Hum4010	24.09.2020	Kilde i fjell (FK)	Antas grunnvann med kort oppholdstid/ overflatenært	69,6971885	30,8982106	69,695868	30,9055589
29	Hum4008	Hum4008	25.09.2020	Kilde i fjell (FK)	Antas grunnvann med kort oppholdstid/ overflatenært	69,7313872	30,5767697	69,7307	30,5793933
30	Hum4008	Hum4008	25.09.2020	Kilde i fjell (FK)	Antas grunnvann med kort oppholdstid/ overflatenært	69,7315538	30,5693222		
31	Karpdalen (LGN)	Karpdalen	10.09.2021	Brønn i løsmasse (LB)		69,6662572	30,412019	69,6658796	30,4129214
31	Karpdalen (LGN)	Karpdalen	25.09.2020	Brønn i løsmasse (LB)		69,6662931	30,4120308	69,6658796	30,4129214
32	Pasvik2021_12		10.09.2021	Brønn i fjell (FB)		69,6679121	30,2998162		
33	Hum4006	Hum4006	24.09.2020	Brønn i fjell (FB)		69,6697309	30,3644046		
34	Pasvik2021_11		10.09.2021	MyrKilde (MK)		69,6625719	30,2771135		
35	Pasvik2021_16		09.09.2021	MyrKilde (MK)		69,6673479	30,9215772		
36	Pasvik2021_14		10.09.2021	ElvBekk (E)		69,6696138	30,4648886		
37	Hum4009	Hum4009	25.09.2020	ElvBekk (E)		69,7033777	30,7790721	69,7036257	30,7831512

¹⁾Jordlokalitetene, alle prøvetatt i 2020. Egen bakgrunnsfarge for kategorier av grunnvannsmedium (se 5. kolonne). Lokalitetene er sortert etter områdeinndeling i Figur 3.4 (Bakgrunn lok 1-3; Skjellbekken lok 4-8; Svanvik lok 9-22; Jarfjord lok 23-37).



Figur 3.5: Kart over typer av grunnvannskvaliteter i Pasvik samt LGN-stasjonene i det øvrige Nord-Norge (innfelt). *Forklaring; WellPorousMedia=Løsmassebrønn; BedrockWell=Fjellbrønn; DugWell=Gravd brønn; SpringPorousM_Mature=Antatt modent grunnvann i løsmasser; SpringPorousM:UnClassi=Kilde i løsmasser med usikker alder/opprinnelse; SpringCreek=Bekk som samler flere kilder; SpringBedrokk=Kilde i fjell; SpringBedroce:SurfaceN=Overflatenær kilde i fjell, muligens overflateavrenning; Spring_Mire=Kilde/avrenning som kommer opp i eller fra myr. Drainage; Grunnvann som kommer ut i drensgrøft eller drensledning.*

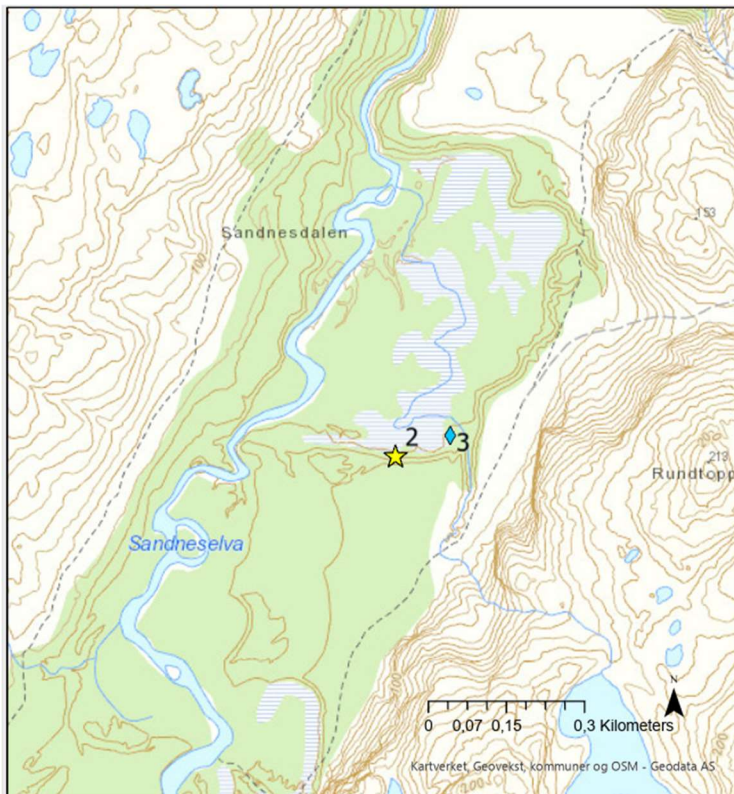
Figur 3.5 viser i noe større detalj hvilke typer av brønner (sirkler), kilder (stjerner) de ulike grunnvannskvalitetene har, og om de er i løsmasser (gule) eller fjell (blå). Grunnvannskilder der grunnvannet antas å ha hatt lang oppholdstid er symbolisert med orange, litt større stjerner.

3.3.1 Bilder og beskrivelse av grunnvannskvalitetene:

Grunnvannskvalitetenes nummerering i dette kapittelet brukes også i Figur 3.4, Tabell 3.1, og Tabell V1.1. i vedlegg 1.



Figur 3.6.1: Grunnvannslokalitet 1. Løsmassekilde 99535 i Nasjonal Grunnvannsdatabase. Bakgrunnslokalitet ved Nyrud, sørligste av lokalitetene i Pasvikdalen. Kilden har sin opprinnelse i en langstrakt nord-sydgående esker. Samlet vannføring ved prøvetaking estimert til 10 L/s, og det er ut fra de geologiske forholdene forventet lang oppholdstid på grunnvannet i kilden.



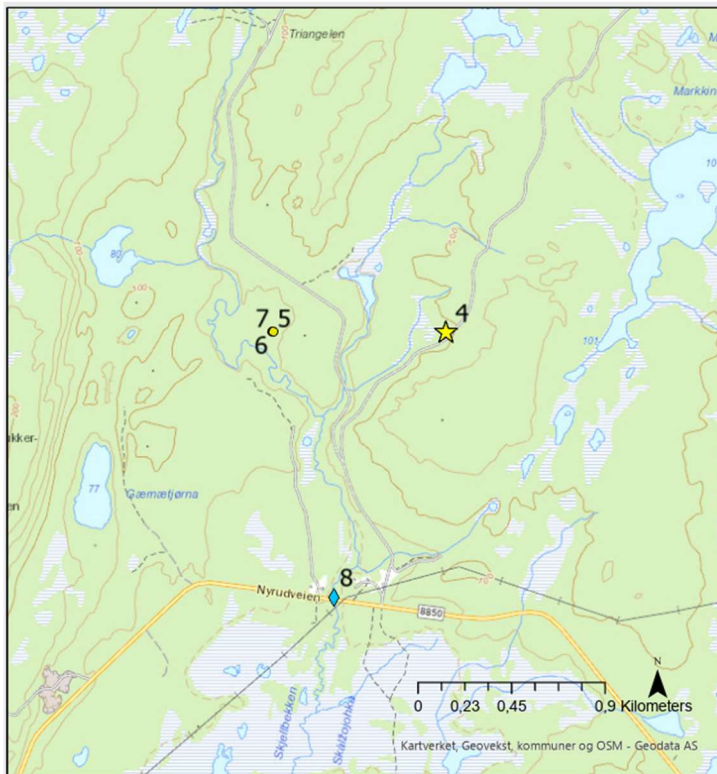
Figur 3.6.2a: Lokalisering av grunnvannslokalitet 2 (grunnvann) og 3 (bekk) i Sandnesdalen.



Figur 3.6.2b:
Grunnvannslokalitet 2.
Løsmassekilde 99528 i
Nasjonal
Grunnvannsdatabase.
Bakgrunnslokalitet for
grunnavnnskjem i en stor
breelvvavsetning i
Sandnesdalen. Det er
forventet lang oppholdstid på
grunnavnet i kilden
(Kart; se Figur 3.6.2a).



Figur 3.6.3:
«Grunnvann»lokalitet 3. Fra
bekk ~150 meter fra
grunnavnnslokalitet 2. Det er i
nedbørsperioder forventet
betydelig andel av
overflatevann i bekken.
(Kart; se Figur 3.6.2a).



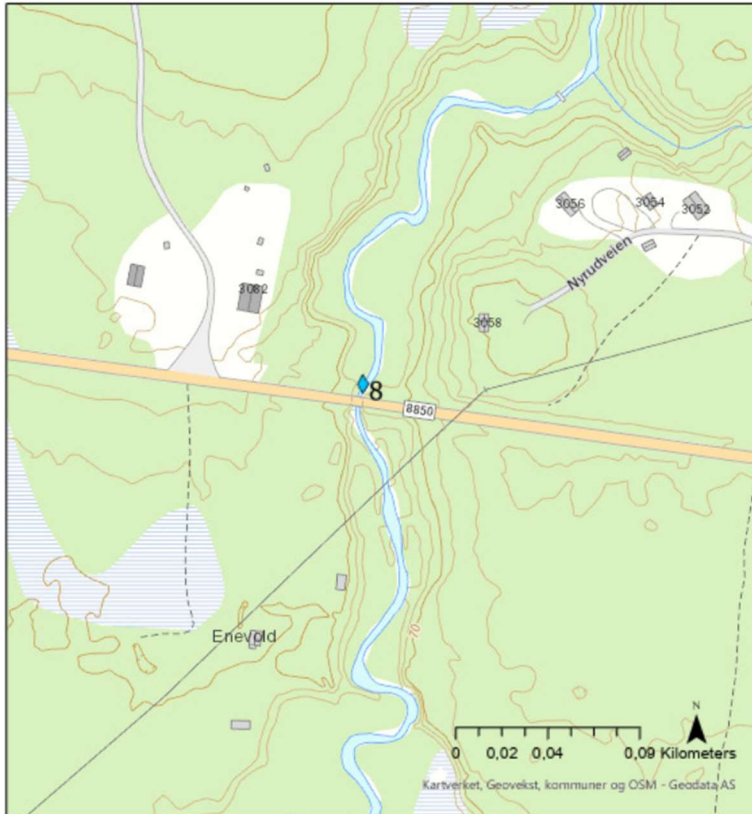
Figur 3.6.4a: Oversikt over grunnvannslokalitetene 4-7 og prøvetakingspunkt i elv i området Skjellbekken.



Figur 3.6.4b: Grunnvannslokalitet 4. Kilden er prøvetatt for å kunne sammenligne med nærliggende brønner på lokalitetene 5-7. Ved prøvetaking framstår den som en overflatenær kilde med kort oppholdstid på grunnvannet.



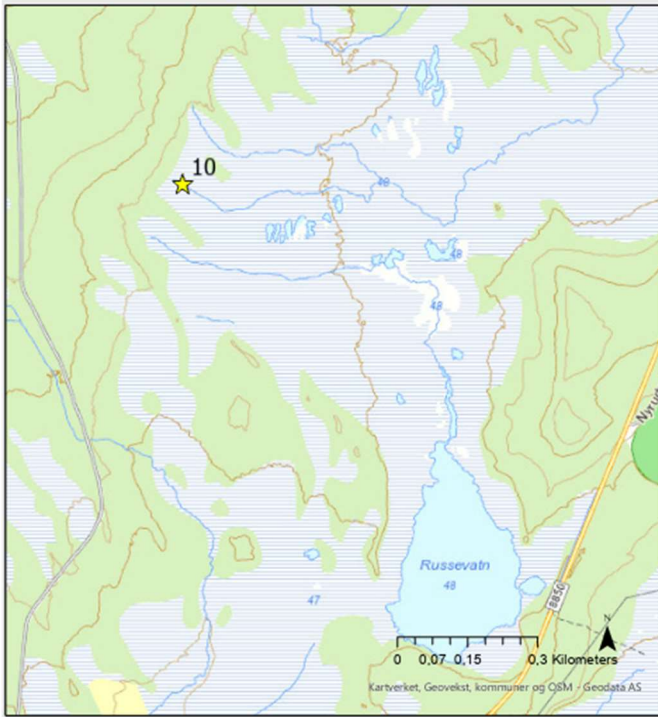
Figur 3.6.(5-7): Grunnvannslokalitetene 5, 6 og 7 (Skjellbekken) omfatter tre overvåkingsbrønner med ulike filterdybde etablert i en stor breelvavsetning. Det er antatt betydelig oppholdstid på grunnvannet i alle brønnene. Grunnvannslokalitet 7 (Figur 3.4) er den nærmeste av brønnene på bildet og den dypeste av dem med filter mellom 10,9 og 11,9 meter. Denne blir fortsatt overvåket gjennom LGN-nettverket (som LGN-Skjellbekken) og blir noen steder referert som «Brønn 1», C5-1 eller C5-43-1 i tidligere litteratur. Den tilsvarer Løsmassebrønn 7584 i Nasjonal grunnvannsdatabase. Grunnvannslokalitet 5 og 6 har filter fra henholdsvis 2,7-3,7 og 6,7-7,7 meter (se beskrivelse av brønner og akvifer i Reimann (1995) og Caritat et al. (1997). Ut fra de geologiske forholdene forventes det betydelig oppholdstid på grunnvannet i brønnene.



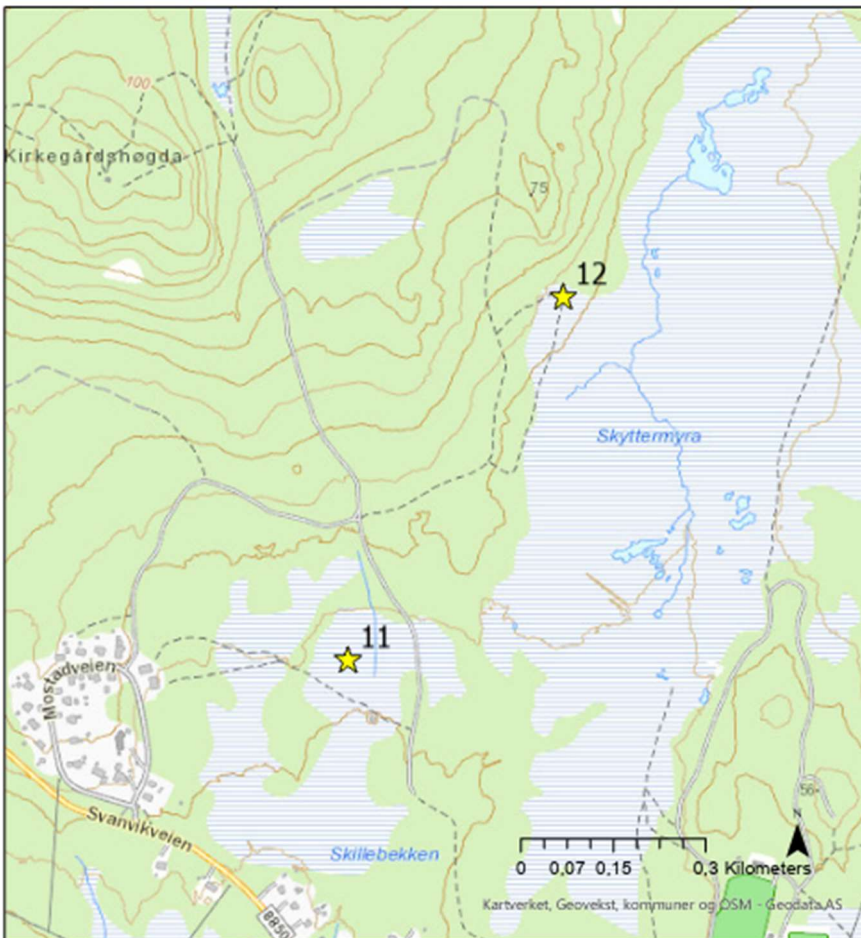
Figur 3.6.8: Grunnvannslokalitet 8. Bekken «Skjellbekken» som renner gjennom nedbørsfeltet til LGN-stasjon Skjellbekken. Ut fra de geologiske forholdene forventes det at bekken tilføres mye grunnvann fra sitt nedbørsfelt.



Figur 3.6.9: Grunnvannslokalitet 9. Kildeutspring i foten av en høy esker. Ut fra de geologiske forholdene forventes det betydelig oppholdstid på grunnvannet i kilden.



Figur 3.6.10: Grunnvannslokalitet 10 ved Russevatn. Liten kilde nedstrøms svakt hellende terreng med noe drenerende myr/morenemateriale. Overflatenært grunnvann/ overflateavrenning.



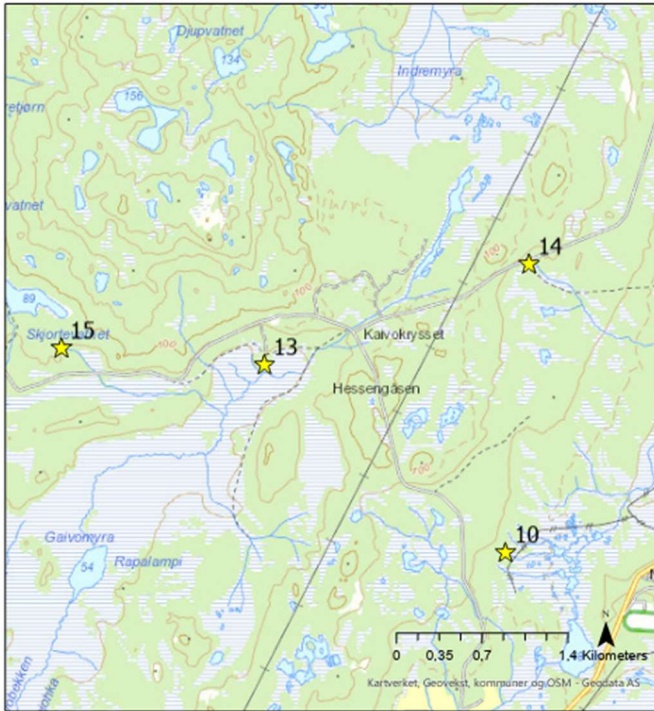
Figur 3.6.11a: Lokalisering av grunnvannslokalitetene 11 og 12 ved Svanvik.



Figur 3.6.11b: Grunnvannslokaltet 11. Lite kildeutspring i svakt hellende terreng i morene. Overflatenært grunnvann/overflateavrenning. (lokaliteten på kart i Figur 3.6.11a).



Figur 3.6.12: Grunnvannslokaltet 12. Avrenning fra gravd brønn i morene med god vannføring. Brønnen inngår i vannforsyningen til tettstedet Svanvik. (se lokaliteten på kart i Figur 3.6.11a).



Figur 3.6.13a: Lokalisering av prøvetatte kilder 13 -15 ved Hessengåsen.



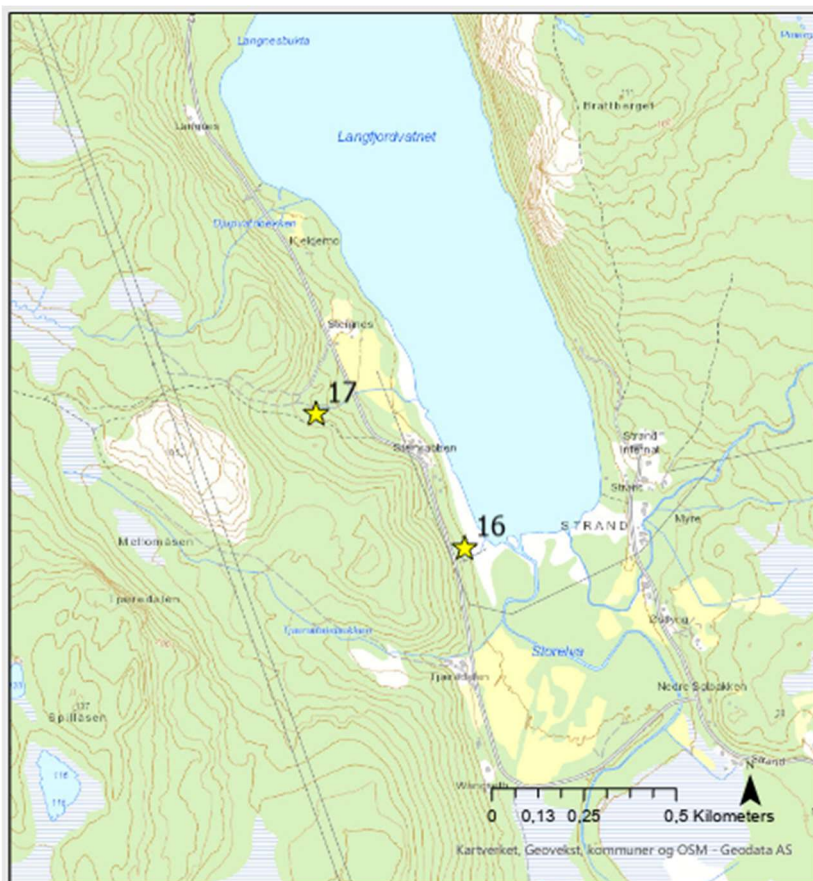
Figur 3.6.13b: Grunnvannslokalitet 13. En av to kildebekker (øverst) som rant ut ved foten av antatt esker. Antas dypt grunnvann med lang oppholdstid. Nedre bilde viser utgravd profil i esker oppstrøms kildeutsletet.



Figur 3.6.14: Grunnvannslokalitet 14. Kilde med liten vannføring i svakt hellende terreng i morene. Antatt grunt grunnvann med mulig tilførsel av overflatevann ved nedbør. Anlagt gravd brønn ca. 100 meter nedstrøms grunnvannskilden. (se lokaliteten i kart i Figur 3.6.13a).



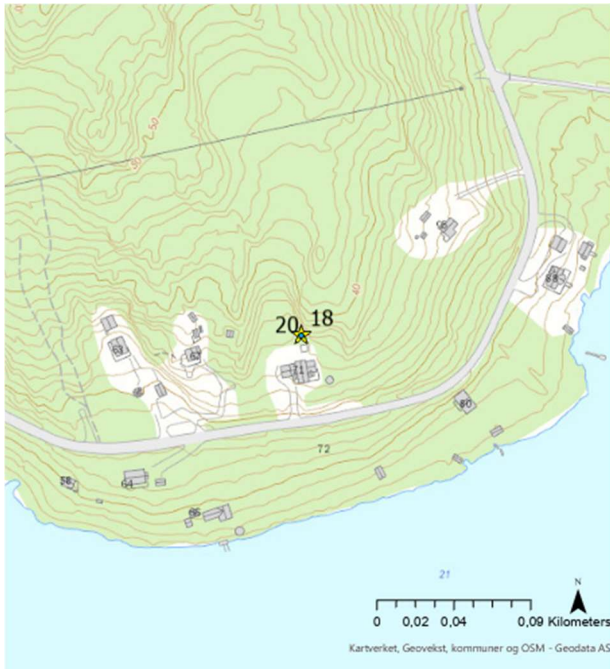
Figur 3.6.15: Grunnvannslokalitet 15. Grunnvannskilde i forsenkning i morene. Antatt grunt grunnvann med mulig tilførsel av overflatevann ved nedbør (se lokaliteten i kart i Figur 3.6.13a).



Figur 3.6.16: Lokalisering av prøvetatte kilder 16 og 17 i morene i sørenden av Langfjordvatnet. Grunnvannslokaltet 16 (ingen bilder) ble prøvetatt i springvann i hytte med innlagt vann fra gravd brønn i morenemateriale. Antas grunnvann med betydelig oppholdstid. Førhøyet Cu-konsentrasjon i analysert grunnvannsprøve (i lokalitet 16) kan tyde på kontakt med kobberør (Tabell V1.1).



Figur 3.6.17: Grunnvannslokaltet 17; overløp fra en lokal gravd brønn, trolig nedsatt i kilde i morene.



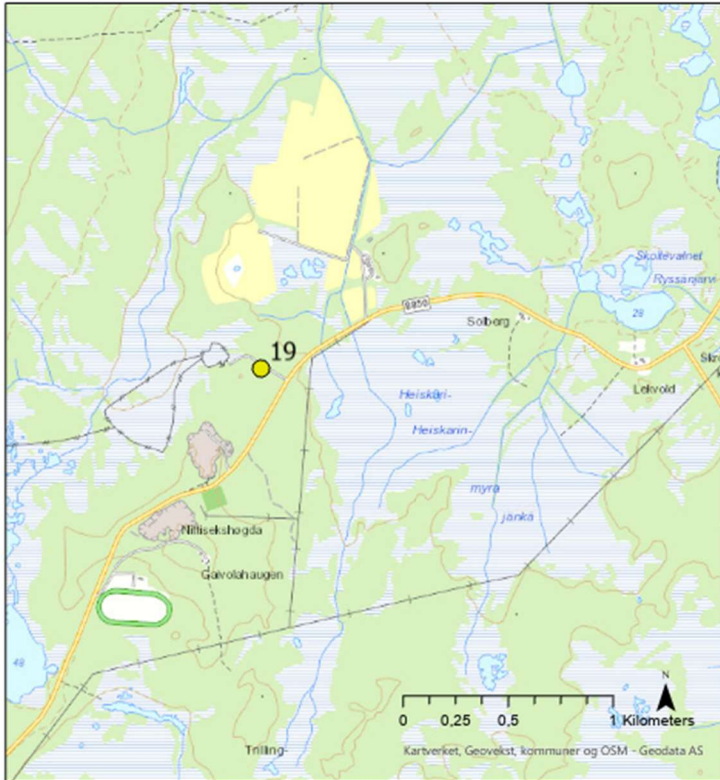
Figur 3.6.18a: Lokalisering av prøvepunktene 18 og 20 ved Bjørnevatnet



Figur 3.6.18b: Grunnvannskilde 18. Grunnvannskilde med kildemose. Tidligere brukt til vannforsyning, men med svært liten vannstrøm på prøvetakingstidspunkt (trolig pga. ny drengroft like ved). Nå erstattet med borebrønn i fjell (Grunnvannskilde 20).



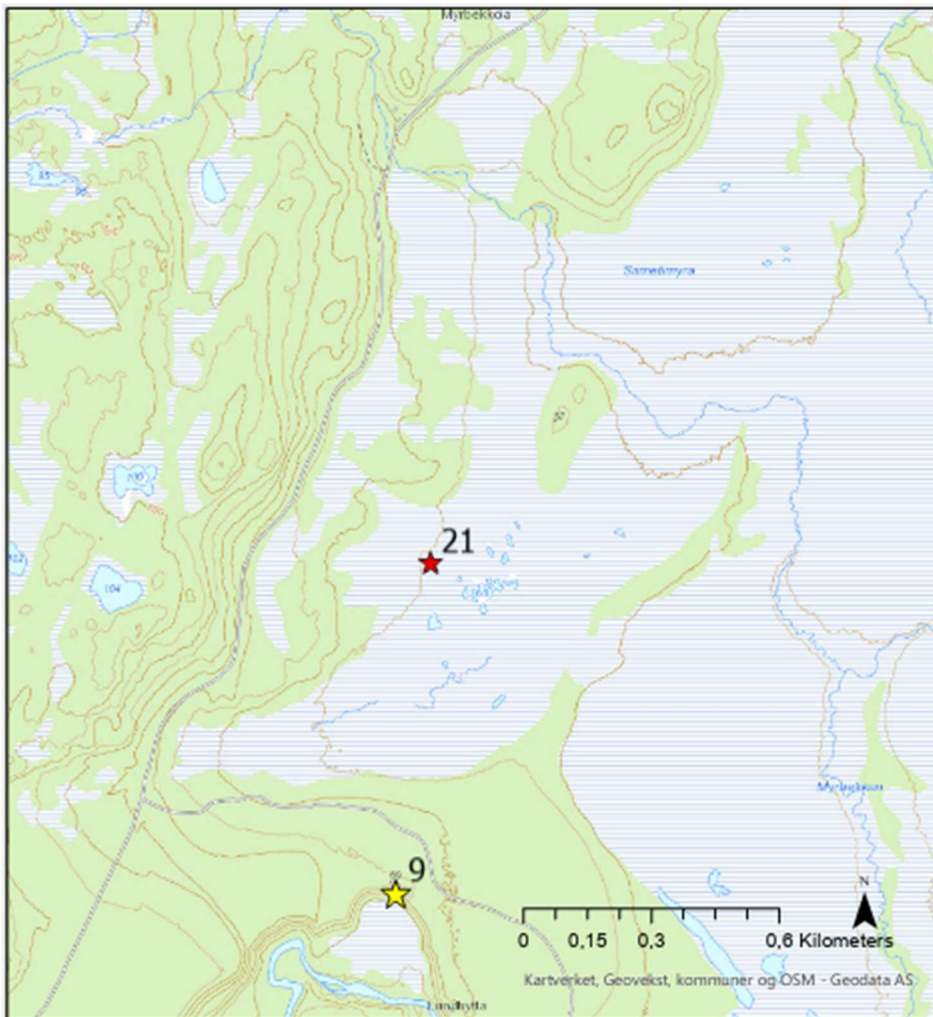
Figur 3.6.20: Grunnvannskilde 20. Boret brønn i fjell.



Figur 3.6.19a: Lokalisering av grunnvannslokaltet 19 ved Svanvik.



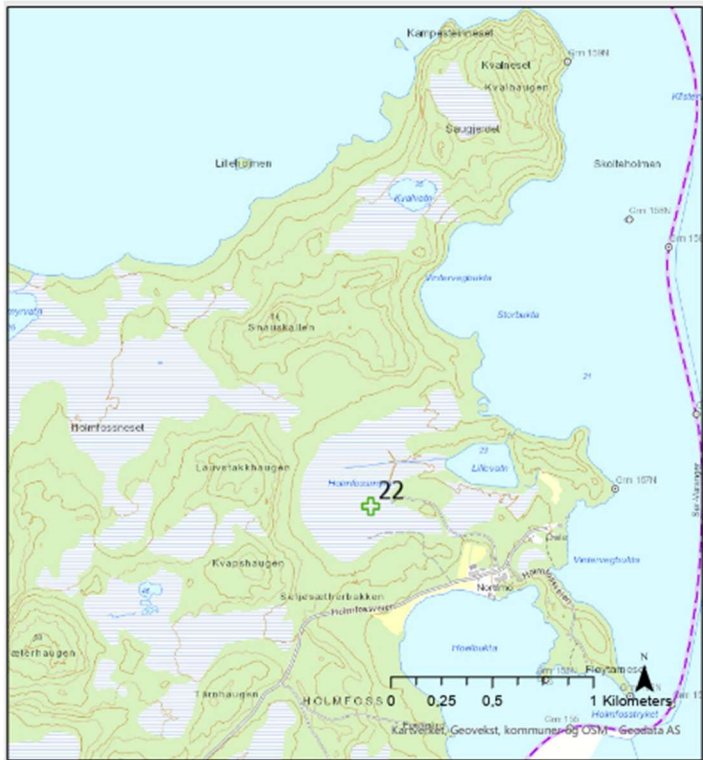
Figur 3.6.19b: Grunnvannslokaltet 19. Overvåkningsstasjon LGN-Svanvik med lang tidsserie av kjemiske analysedata. Lokalteten består av en 12,5 meter dyp løsmassebrønn i stor esker med dypt grunnvannsspeil på ~7 m. Ut fra de geologiske forholdene har grunnvannet i brønnen lang oppholdstid i undergrunnen.



Figur 3.6.21a: Lokalisering av grunnvannslokaltet 21.



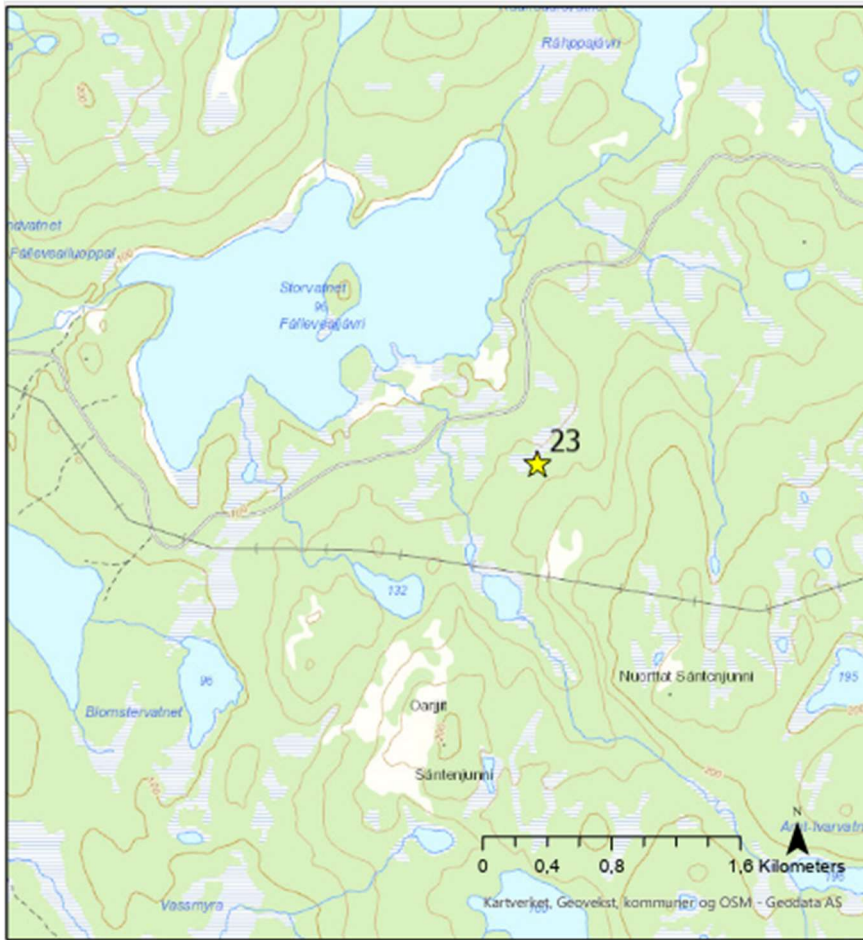
Figur 3.6.21b: Grunnvannslokaltet 21. Kilde med betydelig vannføring som renner ut av myr. Basert på myras begrensede størrelse oppstrøms antas det at kilden for en stor del mates av løsmasseavsetninger/ breelavsetninger sør for (og trolig under myra) og bratt morerygg på østsiden. I tillegg er det trolig noe bidrag fra drenering av myra.



Figur 3.6.22a: Lokalisering av grunnvannslokaltitet 22 ved Holmfoss, sør for Skrukkebukt.



Figur 3.6.22b: Grunnvannslokaltitet 22. Antatt gammel, ~2 m dyp dreneringsgrøft fra tidligere åker/eng. Nå er hele området rundt igjengrodd, men sannsynligvis mye tørrere og mindre myraktig enn opprinnelig før dreneringen.



Figur 3.6.23a: Lokalisering av grunnvannslokalitet 23 ved Storvatnet på Jarfjordfjellet.



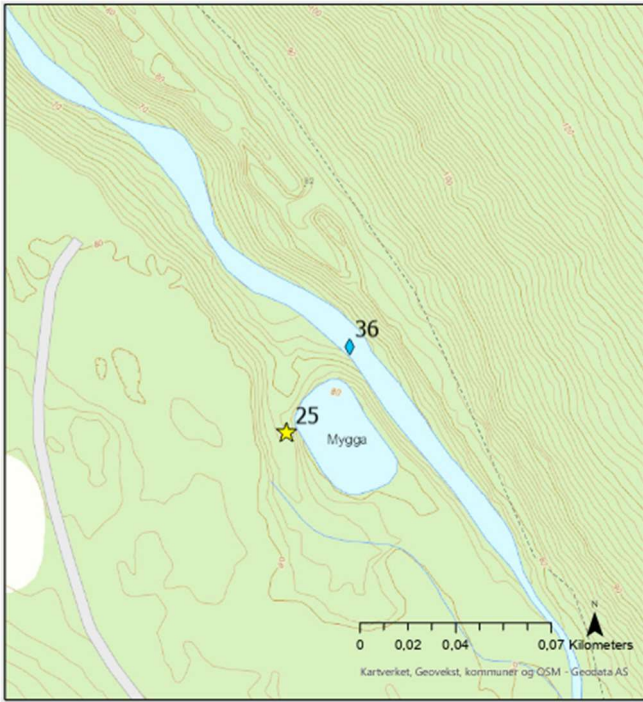
Figur 3.6.23b: Grunnvannslokalitet 23. Grunnvannsutslag ved foten av helling med morenemasser. Trolig grunt grunnvann/ overflateavrenning.



Figur 3.6.24a: Lokalisering grunnvannslokaltet 24 og 33 på Tørnes i Jarfjorden.



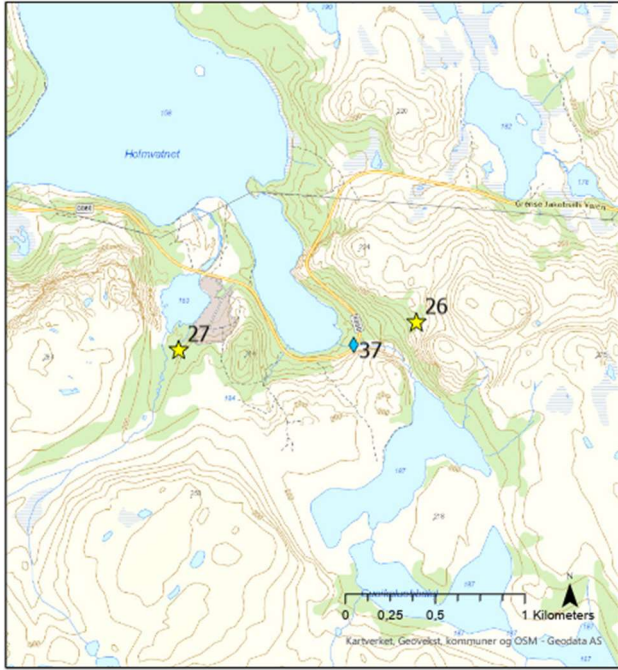
Figur 3.6.24b: Grunnvannslokaltet 24. Tidligere løsmassekilde, nå gravd artesisk brønn med jevn vannføring. Inntil nylig brukt til vannforsyning. Løsmassene rundt kartlagt som morene. Antatt at oppkommet skyldes underliggende leire. Det antas å være overflatenært grunnvann, men kan også ha dypere opprinnelse fra morene og/eller fjellsprekker.



Figur 3.6.25a: Lokalisering av grunnvannslokaltet 25 og prøvepunkt 36 i Tårnelva. Kartet avviker for øvrig fra terrenget; Kildens avrenningsretning er nordover fra avmerking (stjerne) i kartet og vannpytten avmerket like ved lokaliteten er eksisterer ikke (trolig feiltolket under kartframstilling).



Figur 3.6.25b: Grunnvannslokaltet 25. Grunnvannskilde ved foten/i siden av kartlagt breelvavsetning med betydelig vannføring. Gitt breelvavsetningens form og størrelse har grunnvannet forventet lang oppholdstid.



Figur 3.6.26a: Grunnvannslokaltet 26 og 27 samt uttakspunkt 37 i elv med utløp til Holmvatnet.



Figur 3.6.26b: Grunnvannslokaltet 26. Liten grunnvannskilde i grunn morene som trolig tilføres overflatevann i nedbørsperioder.



Figur 3.6.27: Grunnvannslokaltet 27.
Løsmassekilde ved foten av breelavsetning med til
dels grove/steinete masser. Ut fra de geologiske
forholdene antas det lang oppholdstids på
grunnvannet i kilden (se på kart i figur 3.6.26a).



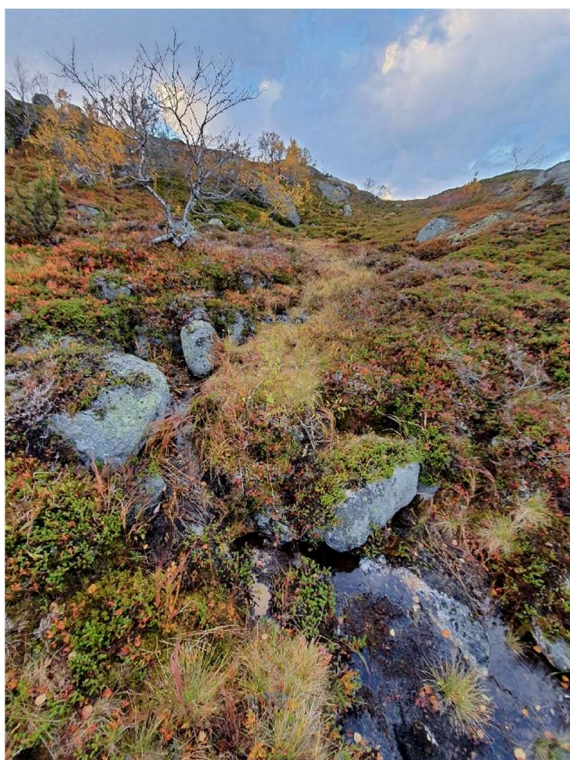
Figur 3.6.28a: Lokalisering av grunnvannslokalitetene 28 og 35 ved Grense Jakobselv.



Figur 3.6.28b: Grunnvannslokalitet 28. Grunnvannskilde i fjell/ur med usikker opprinnelsen og tilførsel av overflatevann.



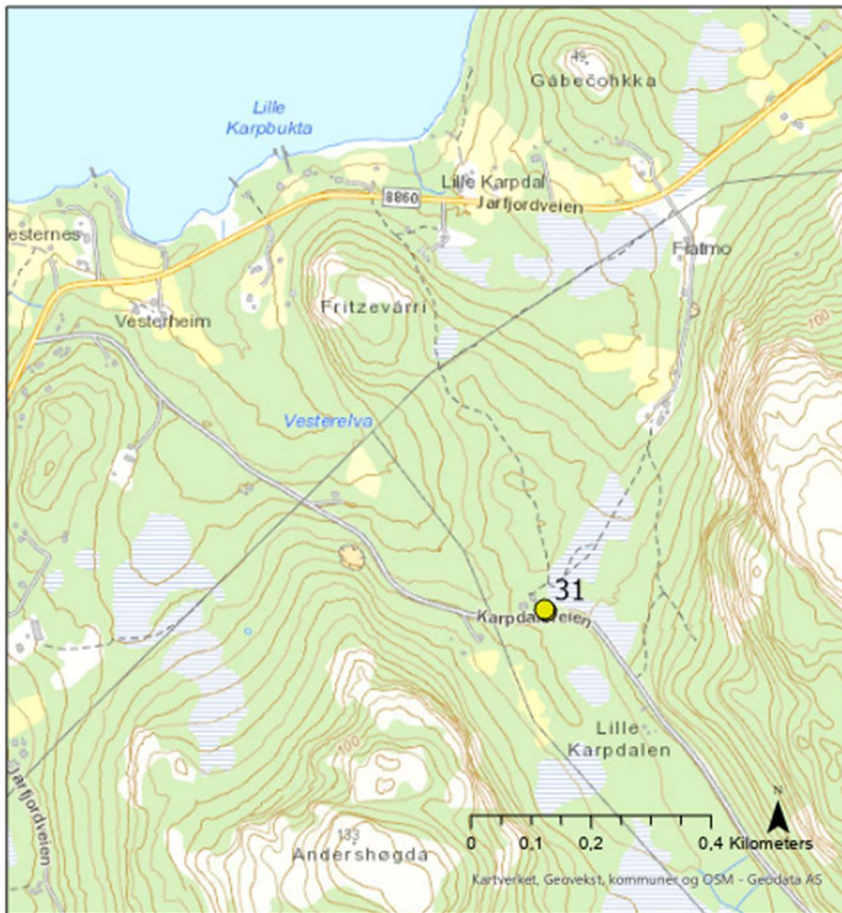
Figur 3.6.29a: Lokalisering av grunnvannslokalitetene 29 og 30 ved Jammerdalsvatnet på Jarfjordfjellet



Figur 3.6.29b: Grunnvannslokalitet 29. Grunnvannskilde i morene i fjellside. Trolig liten oppholdstid på grunnvannet i kilden som følge av liten mektighet på løsmassedekket og bratt gradient.



Figur 3.6.30: Grunnvannslokalitet 30. Grunnvannskilde som med opprinnelse i morene og steinur. Trolig liten oppholdstid på grunnvannet i kilden som følge av liten mektighet på løsmassedekket og bratt gradient.



Figur 3.6.31a: Lokalisering av grunnvannslokaltet 31 i Karpdalen.



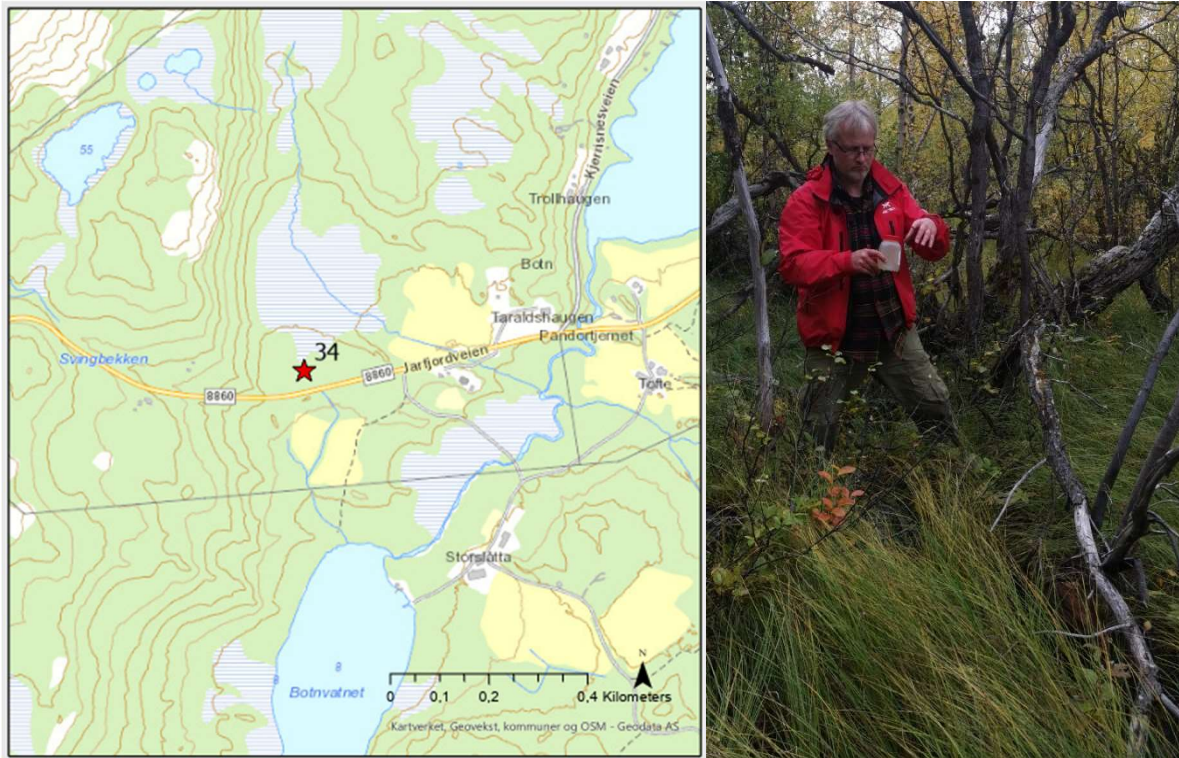
Figur 3.6.31b: Grunnvannslokaltet 31. LGN-stasjon Karpdalen med 15 meter dyp løsmassebrønn etablert i en stor breelvsavsetning. Ut fra de geologiske forholdene antas det lang oppholdstids på grunnvannet i kilden (se om brønn i Magombedze og Jæger 2006).



Figur 3.6.32: Grunnvannslokaltet 32 i Jarfjordbotn. Boret brønn i fjell.



Figur 3.6.33: Grunnvannslokaltet 33. Boret 84 meter dyp brønn i fjell prøvetatt fra hageslangeuttak med (antatt) innlagte plastledninger. (Kart; se Figur 3.6.24a).



Figur 3.6.34: Grunnvannslokalitet 34 i Jarfjordbotn. Avrenning/ kildeutslag fra myrområde.



Figur 3.6.35: Grunnvannslokalitet 35. Grunnvannskilde i fjell/ur med uklar opprinnelsen og tilførsel av overflatevann. (Kart; se Figur 3.6.28a).



Figur 3.6.36: Tårnelva men uttakspunkt («Grunnvannslokalitet») 36. (Kart; se Figur 3.6.25a).



Figur 3.6.37: Uttakspunkt («Grunnvannslokalitet») 37 i elv med utløp til Holmvatnet på Jarfjordfjellet. (Kart; se Figur 3.6.26a).

3.3.2 Om jordlokalitetene (for kart se Figur 3.3)



Figur 3.7.1: Lokalitet Hum4001 (LGN-Skjellbekken). Grov sand og sannsynligvis godt sortert breelavsetning. Humustykkelse ~5 cm. Barskog med krekling og mose.



Figur 3.7.2: Jordlokalitet Hum4002. Blandingskog med blåbær og lyng. Humustykkelse ~3 cm.



Figur 3.7.3: Jordlokalitet Hum4003. Humustykkelse ~10 cm. Løvskog med lyng og blåbær.



Figur 3.7.4a: Jordlokalitet Hum4004.
Humustykkelse 5-10 cm, typisk 6 cm.
Blandingsskog med mose og blåbær.



Figur 3.7.4b: Jordlokalitet Hum4004_81,
tatt like ved grunnvannslokalitetet 15.
Humustykkelse 5-10 cm, typisk 6 cm.
Blandingsskog med mose og blåbær.



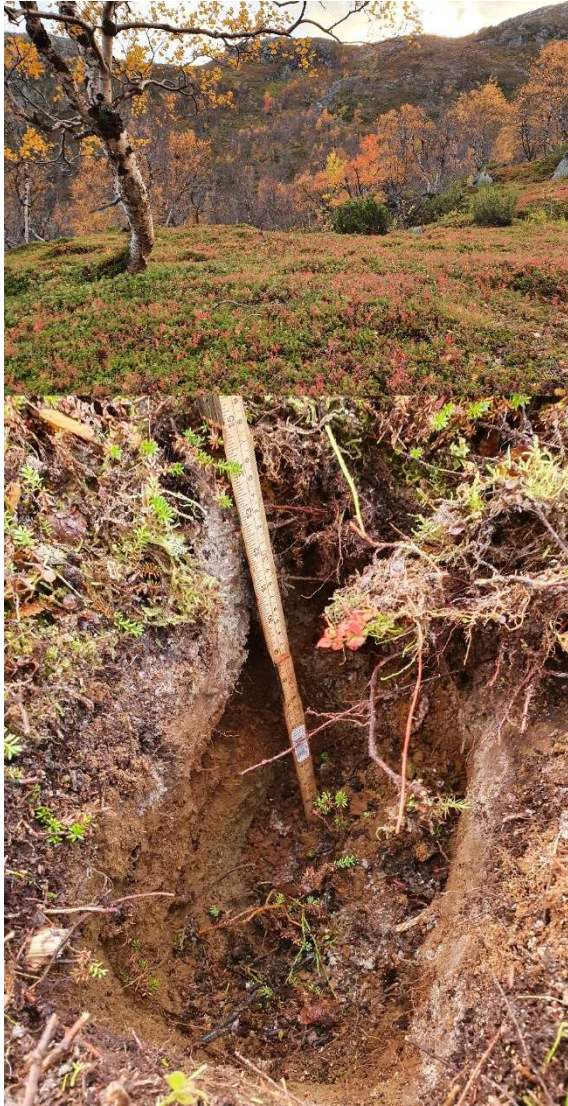
Figur 3.7.5: Jordlokalitet 4005.
Humustykkelse 6-20, typisk 10 cm.
Blandingsskog med krekling og blåbær.



Figur 3.7.6: Jordlokalitet Hum4006. Humustykkelse 3-5 cm, typisk 3 cm over morene med grov sand og grus. Lauvskog med gress og krekling.



Figur 3.7.7: Jordlokalitet Hum4007. Humustykkelse 15-25 cm, typisk 20 cm over morene. Mest åpen skog med krekling og mose.



Figur 3.7.8: Jordlokalitet Hum4008.
Humustykkelse 6-25, typisk 20 cm over
morene. Lauvskog med krekling og blåbær.



Figur 3.7.9: Jordlokalitet Hum4009.
Skrånende terreng med høg vannstand. Trolig
dårlig drenering og derfor svak
podzolutvikling. Kombinert med mye nedbør
gjorde det det vanskelig å ta gode B-og C-
prøver.



Figur 3.7.10: Jordlokalitet Hum4010. Humustykkelse 11-22, typisk 18 cm. Åpent lende med krekling og blåbær.



Figur 3.7.11: Jordlokalitet Hum2020_01. Humustykkelse 6-15 cm, typisk 9 cm over relativt godt drenert morene med grov sand, grus og stein. Blandingsskog med krekling og blåbær.



Figur 3.7.12: Jordlokalitet Hum2020_02.
Blandingsskog med lyng.



Figur 3.7.13: Jordlokalitet Hum2020_03.
Tykk humus ved kanten av myr på grove sandavsetninger. Humustykkelse 15-20, typisk 18 cm. Barskog med krekling og blåbær.



Figur 3.7.14: Jordlokalitet Svanvik (nederste brunt punkt) ved LGN-Svanvik (gult punkt). Humus 3-12 cm, typisk 6 cm. Barskog med blåbær og mose, trolig over elveavsetning med grov sand. Det ble også tatt en ekstra humusprøve (Svanvik_samle) fra fem spadestikk (5 øverste brune pkt. i kartet) i området LGN-stasjonen.



Figur 3.7.15: Jordlokalitet Karpdalen (ved LGN-Karpdalen). Humustykkelse 11-25, typisk 15 cm over morene. Lauvskog med mose og krekling.

3.4 Berggrunnen i Sør-Varanger

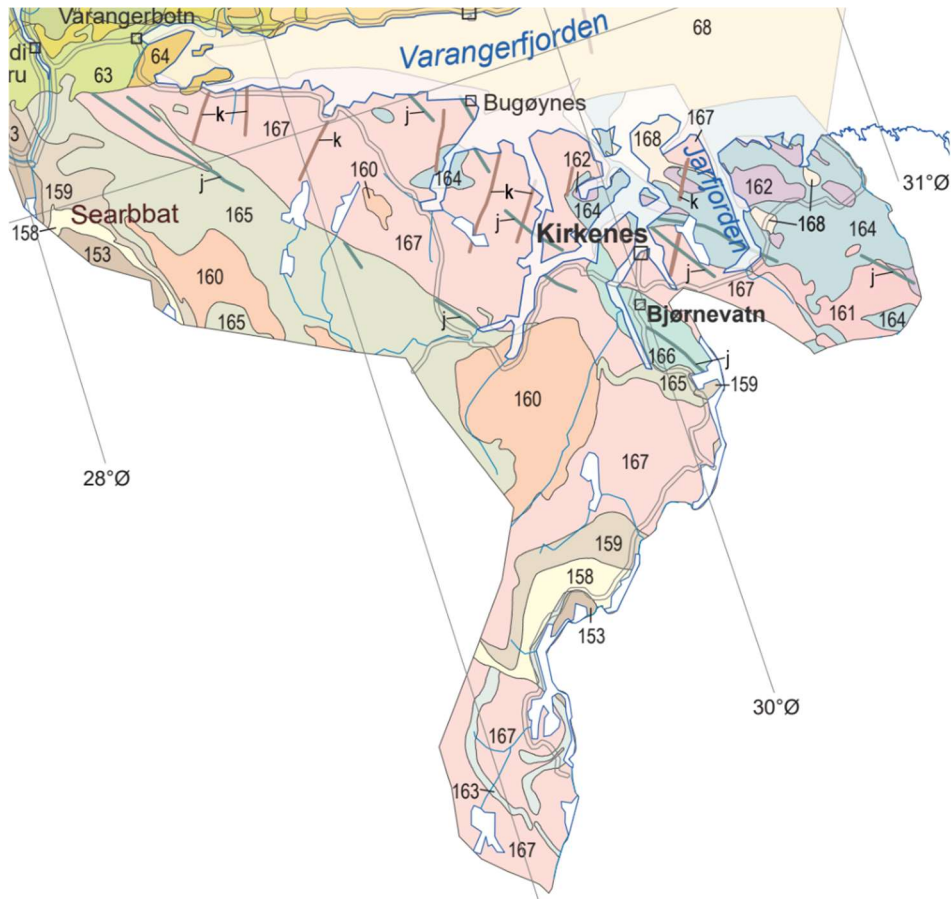
I det følgende beskrives viktige bergarter i Øst-Finnmark med henvisning til nummereringen i kartet i Figur 3.8a. Det meste av berggrunnen i Sør-Varanger og tilgrensende områder på Kola-halvøya og i nordlige Finland består av omdannede bergarter fra sen-arkeisk tid (2900-2500 millioner år). Store områder sør for Varangerfjorden og i Pasvik består av ca. 2800 millioner år gamle tonalitt-trondhemitt-granodioritt (TTG)-gneiser (ba 167). Slike gneiser (omdannede dypbergarter) er typiske for den tidlige skorpeutvikling i arkeiske områder på jorda. En av de eldste bergartene som hittil er påvist i Norge er en ca. 2900 millioner år gammel ortogneis fra området øst for Jarfjorden (ba 168).

I vestlige deler av Sør-Varanger består Garsjøkomplekset (ba 165) av ulike typer sterkt deformerte tonalittiske gneiser i vekslning med glimmerskifer, kvartsitt og amfibolitt. I disse amfibolittene finnes det også spredte linser av kvarts-båndet jernmalm. Selv om den nøyaktige avsetningsalderen for de ulike bergartene som ble dannet på jordoverflaten ikke er kjent, tyder den nære sammenhengen mellom disse lagpakkene og de grå TTG-gneisene i Sør-Varanger på at de har vært dannet omtrent samtidig innenfor den seinarkeiske tidsperioden. I østlige Sør-Varanger finnes Jarfjordgneis i området fra Kirkenes og østover mot Grense Jakobselv. Denne enheten (ba 164) består av glimmerskifer med en del metasandstein, kalksilikatbergarter og amfibolitt med tynne linser av kvartsbåndet jernmalm. Jarfjordgneisen, som tilsvarer Kolagneisen i Russland, dekker store områder og fortsetter østover i grenseområdene mot Petsjenga og videre på Kola-halvøya.

De omdannede dypbergartene utgjør underlaget for flere typer yngre dagbergarter fra den seineste delen av arkeikum. Det har vært knyttet stor interesse til grønnsteinsbeltet (Bjørnevassgruppen) med de kjente magnetitt-jernmalmen ved Bjørnevatn sør for Kirkenes (ba 166). Bjørnevassgruppen ligger i en nord-sør-orientert, nedbøyd foldestruktur med sterkt deformerte bergarter langs grensen mot de tonalittiske gneisene. Viktige bergarter er konglomerat, grønnstein og amfibolitt (omdannet basaltisk lava), metaryolitt (omdannet lava med granittisk sammensetning), kvartsitt og glimmerskifer. Jernmalmen ved Bjørnevatn ligger sentralt i Bjørnevassgruppen. Malmen består av 2–10 millimeter-tykke, vekslende lag av kvarts og magnetitt som ligger i to tykke soner i amfibolitt (omdannet basaltlava).

Øst for Jarfjorden har bergartene vært omdannet ved høy temperatur og er delvis oppsmeltet til migmatitt. Her finnes det et stort antall granatrike granitter (ba 161) som trolig er dannet ved oppsmelting av skorpebergarter. I det samme området fins det også en del relativt kvartsfattige granodioritter, monzonitter og syenitter som er yngre enn Jarfjordgneisen (ba 162).

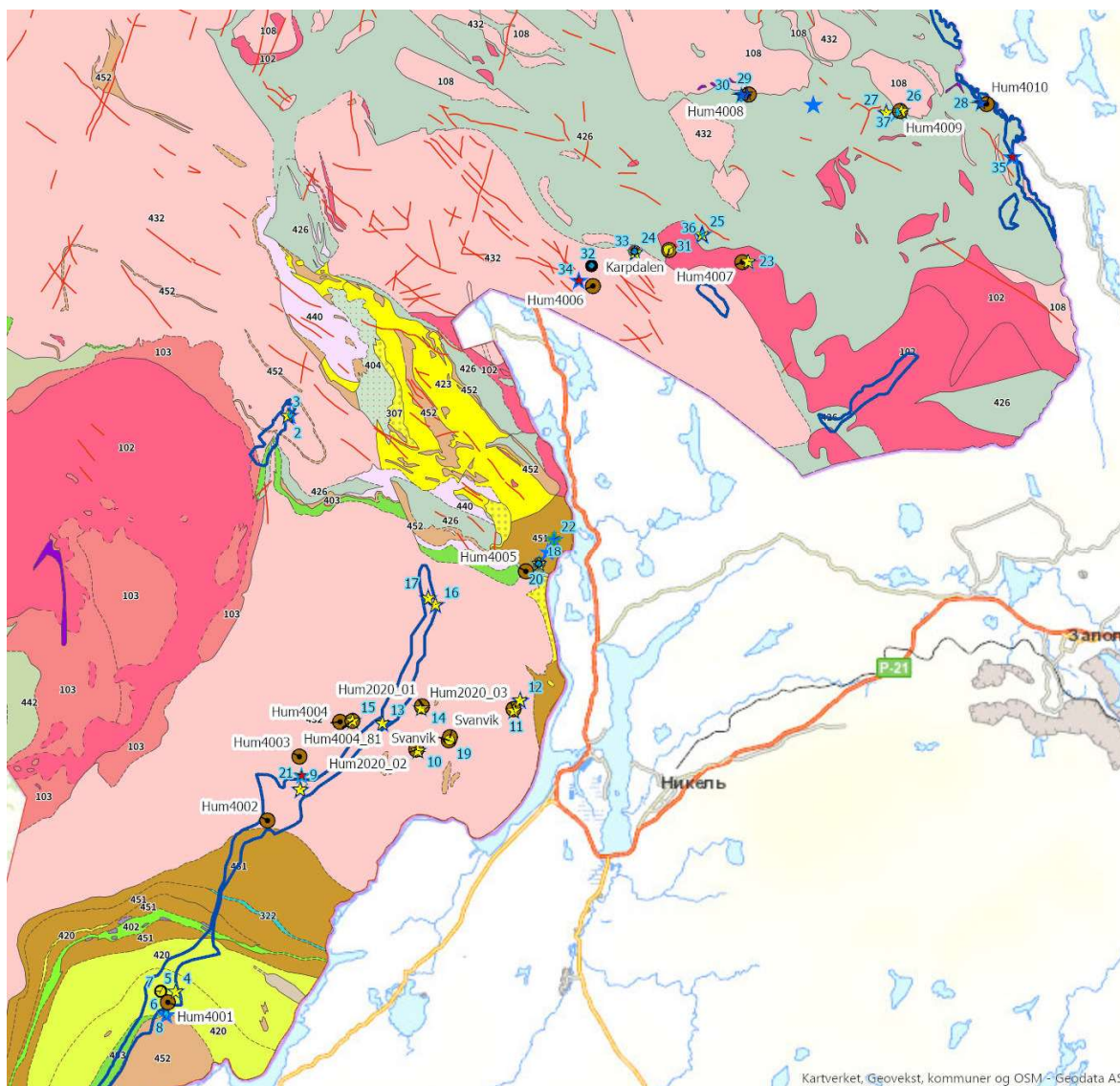
Store granittkropper (ba 160) med alder på ca. 2500 millioner år markerer slutten på den arkeiske tiden i Øst-Finnmark. De viktigste er Geahčoaivigranitten sørøst for Polmak og Neidengranitten sør for Kirkenes. Neidengranitten er lite deformert og skjærer gneisbånding og bergartsgrenser i de eldre arkeiske bergartene.



Figur 3-8a: Berggrunnen i Øst-Finnmark (Utklipp av berggrunnskart over Norge 1: 1350.000).

Ved overgangen fra arkeisk til proterozoisk tid (2500 mill år siden) startet en periode med strekking og rifting av det fennoskandiske skjoldet. En av disse sonene krysser den sørlige delen av Pasvikdalen. Der finnes det et område med lite deformerte og omvandlete vulkanske og sedimentære bergarter som er ca 2100–1900 mill år gamle (ba 153, 158, 159) som tilhører Petsamosupergruppen. Denne lagrekken utgjør en del av Polmak–Pasvik–Petsjengagrønnsteinsbeltet, som er mer eller mindre sammenhengende fra Polmak, gjennom Finland, over Pasvikdalen og inn på russisk side av grensen til Nikel og Petsjenga. De store sulfidforekomstene (nikkel) på russisk side av grensa ligger i denne enheten. Lignende bergarter som kan følges videre østover (via Imandra–Varzuga-grønnsteinsbeltet) helt til østkysten av Kolahalvøya. En 700–800 kilometer lang riftsone delte dermed den arkeiske skorpeblokken for rundt 2000 mill år siden.

Figur 3.8b nedenfor viser bergartsgrensene i prøvetakingsområdet med alle prøvelokalitetene inntegnet (annen bergartsnummerering enn figur 3.8a).



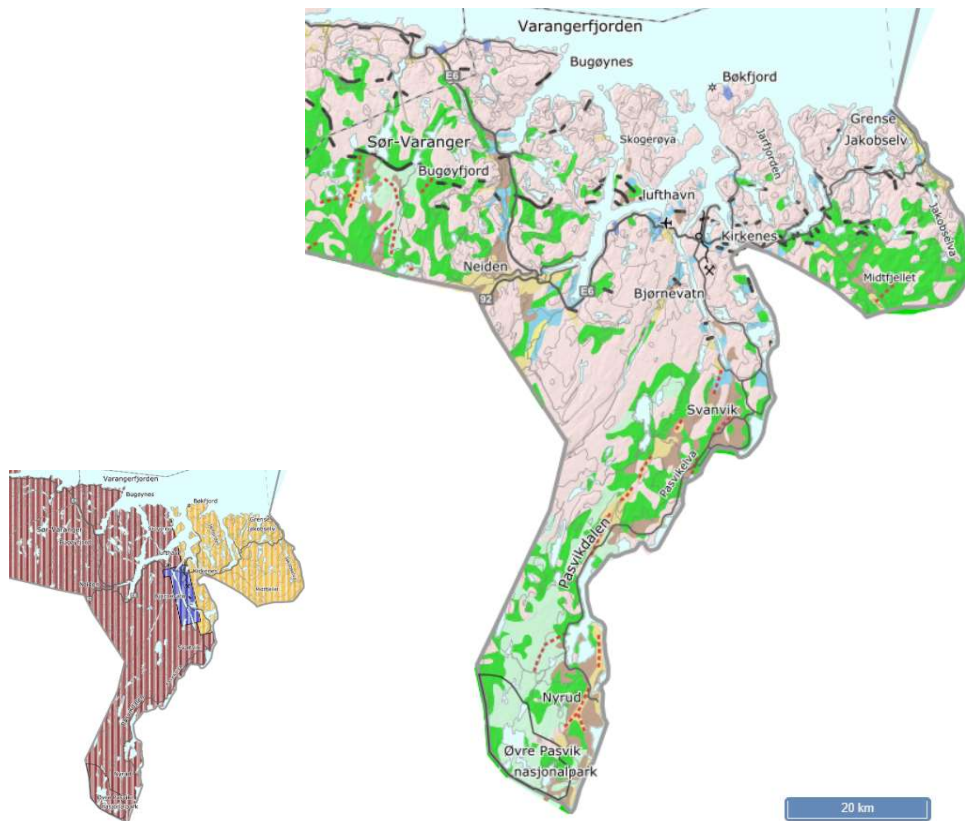
Figur 3.8b: Berggrunnskart m/lokalteter inntegnet. Prøvetakingspunkter er nummerert som i Tabell 3.1: Brune punkt med lokalitetsnummer i hvit teksthalo er jordlokaliteter. Andre punkt med lokalitetsnummer i blå teksthalo er (elve- og) grunnvannslokaliteter. Bergartene: 102 Granitt, 108 Monzonitt, 103 Granodioritt, 420 Metasandstein, 426 Glimmergneis, 429 Amfibolgneis, 432 Tonalittisk gneis, 451 Grønnstein, 452 Amfibolitt.

3.5 Kvartærgeologi og løsmasser i Sør-Varanger

I det følgende beskrives den overordna kvartærgeologien i Øst-Finnmark med henvisning til kartet i Figur 3.9.

Isavsmelting, landformer og løsmasser

Sør-Varanger var fullstendig dekket av den skandinaviske innlandsisen under siste istid. Denne nådde sitt maksimale volum for ca. 20.000 år siden, og da var området dekket av en flere kilometer tykk isbre. Isen lå ikke i ro, men beveget seg både ved intern deformasjon og ved å skli langs jordoverflaten. Isens bevegelse i dette området var fra de sentrale områdene ved Bottenvika, mot nord. Dette gjenspeiles i orienteringen av mange landformer som ble avsatt og formet ved bresålen, alt fra større drumlins (Store Norske Leksikon 2022) og andre glasiale lineasjoner formet i bunnmorene, til skuringsstriper.



Figur 3-9: Kvartærgeologisk kart over Øst-Finnmark. Kartet ned til venstre viser tilgjengelige målestokker for NGUs kvartærgeologiske kart. Rødt = 1:500.000, gult = 1:50.000 og lilla = 1:20.000. Kartet til høyre er utsnitt av det kvartærgeologiske fylkeskartet for Finnmark, målestokk 1:500.000.

Isavsmeltingen skjedde først i Barentshavet og førte til at de ytre deler av Finnmarkskysten ble isfrie for ca. 14.500 år siden. Isen i fjordene og lenger inn/sør i Finnmark smeltet hurtig gjennom de påfølgende ca. 2000 år, i varmeperioden som kalles bølling-allerød interstadialen. Deler av Sør-Varanger ble da også isfritt, før det skjedde en klimaforverring og formidabel brevekst i tidsperioden som kalles yngre dryas (for ca. 12.500 – 11.500 år siden). Den nye veksten i isvolum medførte et brefremstøt som satte meget tydelige spor i Sør-Varanger, i form av et belte av israndavsetninger som strekker seg fra vest mot øst. Disse avsetningene består både av langstrakte morenerygger og små og større vannavsatte, grusige og sandige iskontaktavsetninger, f.eks. Høybuktmoen ved Kirkenes. Moreneryggene består i stor grad av større blokker (ofte 5-10 kubikkmeter store), noen steder opptrer de også som rene blokkbelter. Dominansen av blokk med lite finstoff (leir, silt og sand) i moreneryggene skyldes i vesentlig grad den krystalline og oppsprukne berggrunnen der kraftig breerosjon med mye tilgjengelig smeltevann har ført til effektiv glasial plukking ved bresålen.

Innenfor eller sør for morenebeltet er østre del av Sør-Varanger, inkludert Pasvikdalen, preget av mye og relativt tykt morenedekke. Samtidig er fjellområdene i den vestre delen (mellom Pasvikdalen og Neiden) dominert av bart fjell. Langs dalførene er også glasilfluviale avsetninger vanlige og opptrer lokalt med store mektigheter. Dette er materiale som ble spylt ut under eller foran isbreen under nedsmeltingen og isfrontens tilbaketrekning sørover. I Pasvikdalen finnes flere store sammenhengende eskere fra isavsmeltingsperioden. Materialet i de glasilfluviale avsetningene er sortert og består oftest av godt rundet blokk og grus, med varierende innslag av sand.

3.5.1 Landheving og tidligere havbunn

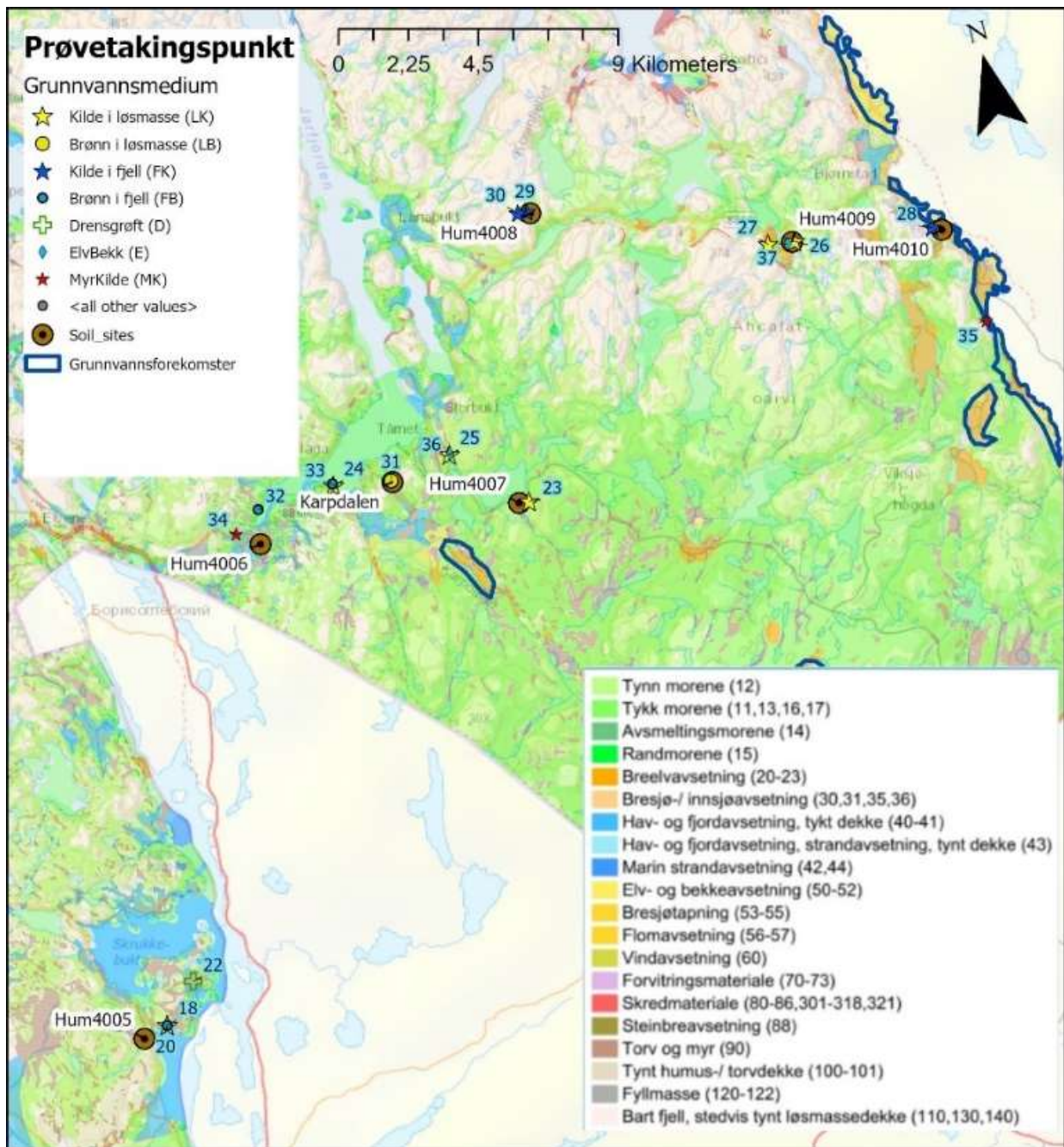
På grunn av innlandsisens vekt ble jordskorpa presset ned i mantelen under siste glasiering. Da isen smeltet vekk, begynte jordskorpa samtidig å heve seg. Denne prosessen var raskest det første tusenåret etter isavsmeltingen, har siden gradvis avtatt, men er like fullt fremdeles pågående. Det høyeste havnivået (eller strandlinja) etter siste istid kalles marin grense og ved dagens fjorder i Sør-Varanger ligger marin grense rundt 80 – 90 moh. På grunn av tykkere is lenger sør, stiger marin grense til over 110 moh. i de sørlige deler av Pasvikdalen. Situasjonen like etter siste istid var altså at mye av dagens landskap lå under vann og ble utsatt for marin sedimentasjon. I mange områder, særlig i forsenkninger slik som dalfører, finner vi derfor i dag finkorna marine avsetninger. Disse har til tross for lokalt store mektigheter ofte en svært begrensa utbredelse, og vil derfor oftest ikke synes i grovere kartmålestokker (se under).

3.5.2 Om det kvartærgeologiske kartgrunnlaget

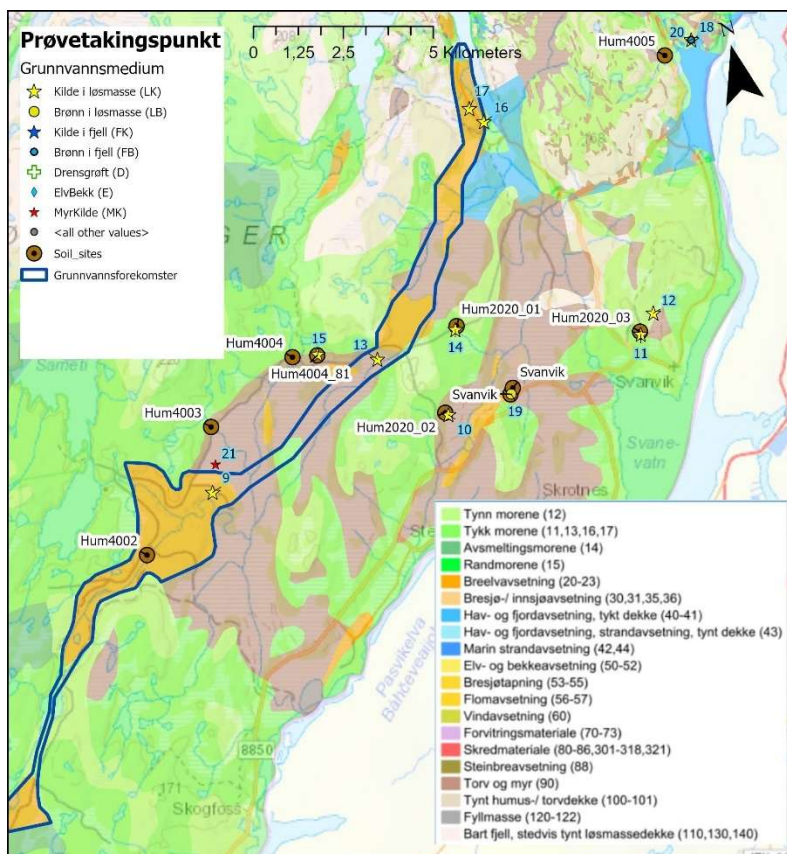
Sør-Varanger er kvartærgeologisk kartlagt i svært ulike målestokker (Figur 3.9, venstre). Hele Finnmark fylke er kartlagt i 1:500.000, noe som kun gir en grov oversikt over de mest vesentlige løsmasseavsetningene. Områdene øst for Kirkenes er kartlagt i målestokk 1:50.000, noe som gir bedre oppløsning og slik sett et langt mer nyansert og riktig bilde av løsmasseutbredelsen. Et mindre område rett sør for Kirkenes, langs Langfjorden, er kartlagt i målestokk 1:20.000, noe som gir et ytterligere forbedret gjengivelse av løsmassegeologien i dette området. Det er viktig å merke seg at uavhengig av målestokk gir disse kartene kun et bilde av løsmassene i overflaten og ikke i dypet.

3.6 Lokaltetene ift. grunnvannsressurser og løsmassertyper

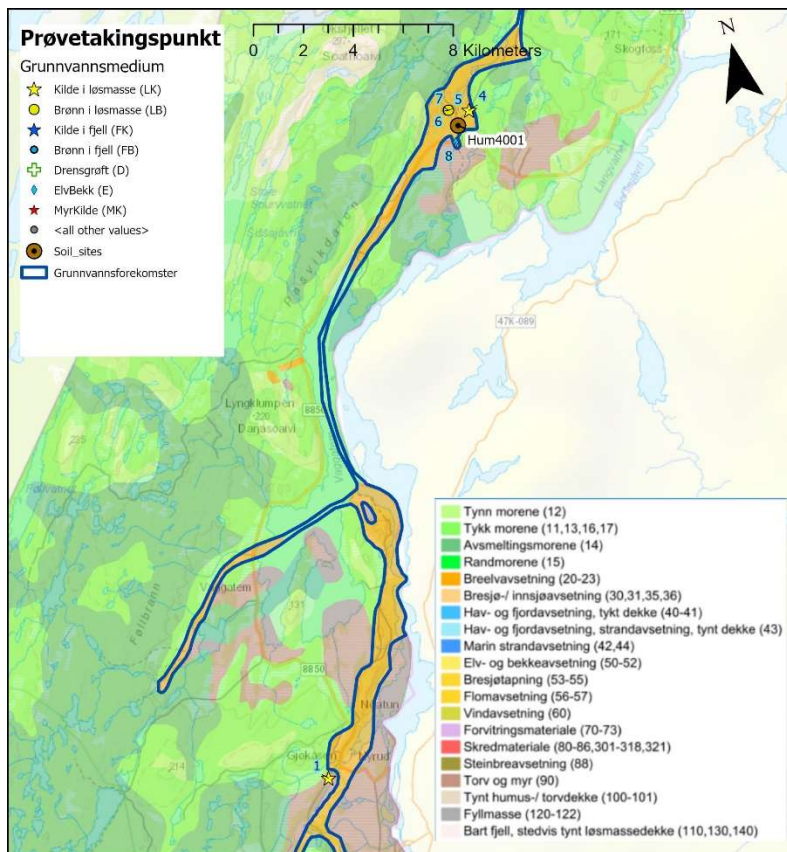
Figurene 3.10 a-c viser hvor lokalitetene er plassert ift. de større grunnvannsressursene som er kartlagt i området og hvilke løsmassetyper som dominerer rundt prøvetakingspunktene. Orange og gule farger er ofte vannførende «grunnvannsforekomster» av elve- og breelvavsetninger, grønne farger er morene, blå er finkornede, tette marine avsetninger og lyse/hvite farger er bart fjell og mørk brun er myr.



Figur 3.10a: Kværtærgeologi rundt Jarfjord (nord).



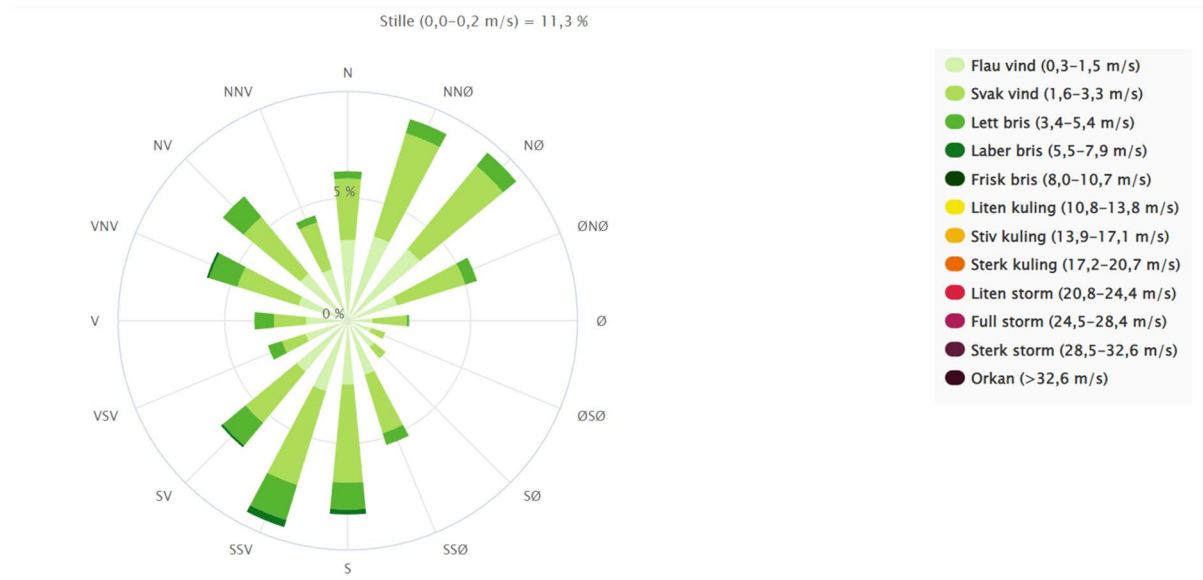
Figur 3.10b: Kvartærgeologi rundt Svanvik (midt)



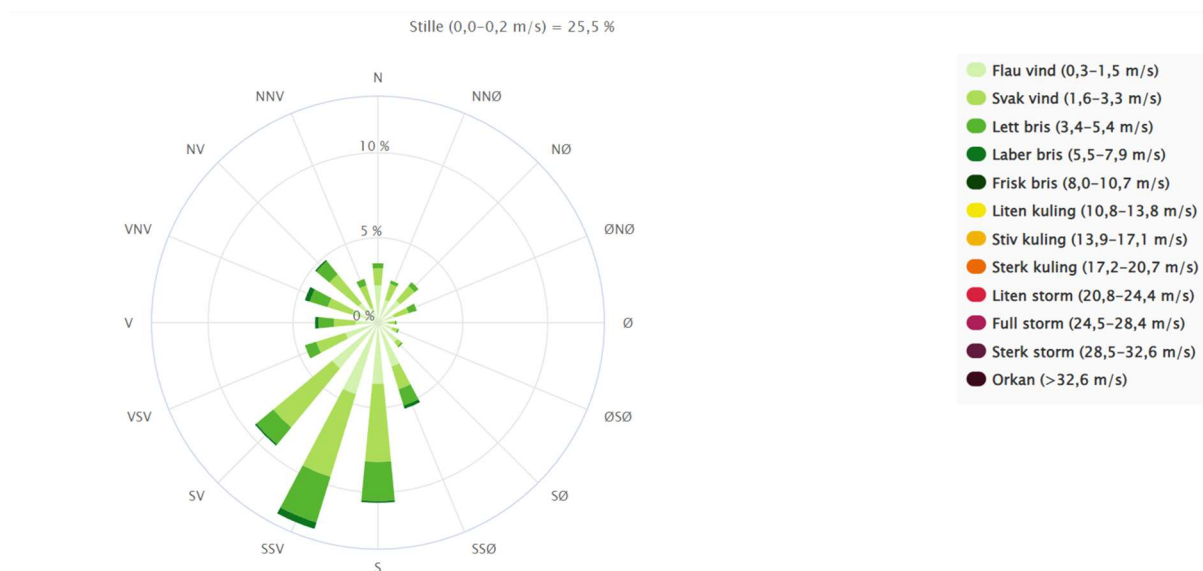
Figur 3.10c: Kvartærgeologi rundt Skjellbekken og Nyrud (sør)

3.7 Hovedvindretninger i Pasvik

Kartene nedenfor viser hovedvindretninger (dvs hvor vinden *kommer* fra) ved Pasvik sommer og vinter de siste 10 år. På vinteren blåser mye av utslippene nordover fra Nikkel mot Jarfjord, mens i sommerhalvåret blåser det også en del fra NØ som medfører nedfall til det mer nærliggende området rundt Svanvik.



Figur 3-11a: Vindrose for Pasvik sommer (mai til oktober) 2012-2022 (Norsk klimaservicesenter 2022a)



Figur 3-11b: Vindrose for Pasvik vinter (november til april) 2012-2022 (Norsk klimaservicesenter 2022b).

4. Metodebeskrivelse

4.1 Forberedelser

Alt feltutstyr og personell ble transportert til Finnmark pr. offentlig flytransport og feltarbeidet ble gjennomført med leid 6 m³ varebil med firehjulstrekk og relativt høg bakkeklaring. Gitt vei- og parkeringsforhold er dette et anbefalt valg til oppfølgende feltarbeider.

4.2 Navigasjon, kart og digitalisering i felt

NGU har brukt ArcGis Collector under feltarbeidet. Kartlag over grunnvannsressurser, løsmasseyper, flyfoto, høgoppløste kotekart, høgoppløste lidardata med flere var lagt inn på forhånd for å identifisere potensielt gode lokaliteter for prøvetaking. I tillegg lå det inne brønner og kilder fra Nasjonal grunnvannsdatabase og egne kartlag med prøvetakingspunkter fra tidligere undersøkelser (se vedlegg 4) i området.

Egne kartlag for interessepunkt (punkter vi ønsket å befare for eventuell prøvetaking) var også lagt inn og ble oppdatert fortløpende før og under feltarbeidet. For jordprøvene (alle i 2020) var interessepunktene identisk med tidligere prøvetakingspunkter (se Figur 3.2). For grunnvann var interessepunktene i 2020 interessante brønner og kilder *nær* disse jordlokalitetene pluss de tre LGN-stasjonene. I 2021 var interessepunktene for grunnvannsprøver ikke koplet direkte til jordprøvelokalitetene, men valgt ut fra ønske om å prøveta a) referanselokaliteter (grunnvann lengre fra utslippskildene), b) lokaliteter med mer modent grunnvann og c) helst lokaliteter inne i registrerte grunnvannsføremønstre i Vannmiljødatabasen.

Feltskjema i ArcGis Collector ble også benyttet til å registrere alle koordinater og felldata på de stedene som ble prøvetatt, samt lagre bilder og videoopptak fra lokalitetene.

4.3 Utstyr og prøvetaking av grunnvann

Prøvetaking av grunnvann i brønner ble gjort ved hjelp av Eichelkamp pumper påmontert PE plastslanger og strømkabel og motorsykelbatteri. Til prøvetakingen ble laboratoriets egne tilsendte prøveflasker benyttet. Prøver til kationanalyser ble filtrert gjennom 0,45 µm filter i ferdig surgjorte prøveflasker. Disse, og ufiltrerte prøver til bestemmelse av andre analyseparametere, ble sendt til ALS laboratorium for analyse så snart dette var praktisk mulig, oftest samme dag eller dagen etter. For ytterligere detaljer om prosedyrer og utstyr for prøvetaking av grunnvann: se Gundersen et al. 2019b.

4.4 Utstyr og prøvetaking jord

For prøvetaking av humus ble det benyttet spiss-spade med stålblad uten maling, tannet kniv i rustfritt stål, tommestokk og som emballasje; pose av hvit bomull. På hver lokalitet ble det tatt minimum 5 underprøver fra et område på ca 30x30m. Underprøvene ble tatt ved bruk av spade for snitting av humuslaget ca 15x15cm, og skive på 3cm fra toppen og nedover ble skåret ut med kniv. På de fleste stedene ble det også tatt «bunn»-prøve fra nederste ca. 3cm av humuslaget (der laget var tykkere enn 13 cm tatt fra 10-13 cm). Underprøvene ble samlet til blandprøve for 0-3cm (og for «bunn») fra hver lokalitet. Humuslagets tykkelse ble registrert, og lokaliteten ble etterlatt så urørt som mulig. Hensikten med å benytte minimum fem lokaliteter for å beskrive kjemisk tilstand i humuslaget på en lokalitet var å bedre representativiteten til prøvematerialet.

For prøvetaking av mineraljord ble samme utstyr som nevnt over benyttet, i tillegg stål hageskje uten maling, en presenning for plassering av masser under graving, samt poser av Rilsan® som prøveemballasje. I samme område som humusprøvetaking ble utført ble det gravd så langt som nødvendig for å kunne ta prøve av C-horisont, dersom jordprofilen var av podsol-karakter. Prøver i størrelsesorden 1-2 kg ble tatt med hageskje av dypeste lag (C-horisont) og av utfellingslaget (B-horisont). Etter prøvetaking ble prøvegrop og lokalitet fotografert og oppgravd masse fylt tilbake i grop og toppdekket lagt på plass.

Følgende parametere ble registrert i feltskjema ved jordprøvetakingen:

Tabell 4.1: Feltparametere, jord som ble registrert (i ArcGis Collector).

Parameter	Forklaring/eksempel
Område	(Pasvik - Jarfjord/Jakobselv)
Lokalitet_Navn	(Eksempel: Hum4001)
Lokalitet_Nr	(Eksempel: Hum4001_Jord80)
Koordinater	(UTM og desimalgrader)
jordtype1	(Breev - Elveavsetning - Morene)
humusMin	(Tykkelse på humuslag på 5 spadestikk; minimumsdyp)
humusMax	(Som over; maks. dyp)
humusTypisk	(Som over, ca median)
subSamp	(Antall spadestikk – humus, altså normalt 5)
skogstype	(Lauv Bar Mix Åpen)
bakkevegetasjon1 (primær)	(Krekling - Blåbær - Mose - Lyng - Gress)
bakkevegetasjon2 (sekundær)	(Krekling - Blåbær - Mose - Lyng - Gress)
jord Notater	
humus Notater	

4.5 Grunnvann; analyser

4.5.1 Måleparametere grunnvann

Alle labanalyser i 2020 og 2021 er foretatt gjennom ALS Laboratories Norway. Følgende parametere ble analysert:

pH (pH)	Ag (µg/L)	Fe (µg/L)	Mo (µg/L)	Sr (µg/l)
tAlk (mmol/L)	Al (µg/L)	Ga (µg/L)	Na (mg/L)	Ta (µg/L)
EC (mS/m)	As (µg/L)	Ge (µg/L)	Nb (µg/L)	Th (µg/L)
Farge (mg Pt/L)	B (µg/L)	Hg (µg/L)	Nd (µg/L)	Ti (µg/L)
Turbiditet (FNU)	Ba (µg/L)	Ho (µg/L)	Ni (µg/L)	Tl (µg/L)
NH ₄ -N (µg/L)	Be (µg/L)	I (µg/L)	P (µg/L)	U (µg/L)
F (mg/L)	Bi (µg/L)	In (µg/L)	Pb (µg/L)	V (µg/L)
Cl (mg/L)	Ca (mg/L)	K (µg/L)	Rb (µg/L)	W (µg/L)
NO ₂ (µg/L)	Cd (µg/L)	K (mg/L)	Sb (µg/L)	Y (µg/L)
Br (mg/L)	Ce (µg/L)	La (µg/L)	Sc (µg/L)	Yb (µg/L)
NO ₃ (mg/L)	Co (µg/L)	Li (µg/L)	Se (µg/L)	Zn (µg/L)
PO ₄ (mg/L)	Cr (µg/L)	Mg (mg/L)	Si (mg/L)	Zr (µg/L)
SO ₄ (mg/L)	Cs (µg/L)	Mn (µg/L)	Sm (µg/L)	
	Cu (µg/L)			

I tillegg ble følgende vannkjemiske parametere målt i felt: Grunnvannsstand (m), vanntemperatur (°C), elektrisk ledningsevne ($\mu\text{S}/\text{cm}$), pH, totalalkalitet (mmol/L), løst oksygen (mg/L). Totalalkalitetet i felt ble noen steder utelatt da det også ble målt på lab, og det mangler også en del målinger på oksygen på grunn av feil med instrumentet.

4.6 Jord; analyser og prøvebearbeiding

4.6.1 Preanalyse jord

Alle jordprøver ble holdt luftig i romtemperatur etter prøvetaking og sendt fra Kirkenes til NGU i Trondheim etter prøvetaking (maks en uke). De ble deretter tørket i tørkerom på NGU-lab ($< 30\text{ }^{\circ}\text{C}$), siktet gjennom 2 mm sikt og $< 2\text{ mm}$ -fraksjonen ble overført til plastflasker for totaloppslutning, sekvensiell ekstraksjon og analyser. De fleste humusprøvene ble fotografert før sikting (Figur 4.1), i tillegg ble fraksjonen $>2\text{ mm}$ av mineraljordprøvene avbildet (Figur 4.2).



Figur 4.1: En av fem spadestikk som til sammen utgjør Øvre humus (H03) fra lokalitet Hum4004. Bildet viser den tørkede prøven (i sikten) før den ble knust for hånd, siktet ned og overført til prøveflasken til venstre i bildet.



Figur 4.2: Mineraljord C-horisont ved jordlokalitet Hum2020_02. Bildet til venstre viser prøven før sikting. Bildet til høyre viser >2mm fraksjonen i prøven.

4.6.2 Oppslutning

Analyser av kationer ble utført ved hjelp av ICP-MS. Det ble benyttet 5 og 15 g prøve av henholdsvis humus og mineraljord etter oppslutning med modifisert aqua regia (kongevann) i forholdet (1:1:1 HNO₃:HCl:H₂O) for lav til ultralav bestemmelse i jord, sedimenter og berg/stein. All oppslutning/ekstraksjon ble gjort ved Bureau Veritas i Canada (Bureau Veritas 2020).

Alle jordprøver fra *før* 2020 ble ekstrahert med salpetersyre (HNO₃) etter NS4770. Alle humusprøver fra 1995, 2000 og 2005 i denne tidsserien ble analysert samtidig i 2005. For analyse av nye prøver fra 2011 og 2015 (samt 2020) ble det satt inn et utvalg gamle prøver i de nye analyseoppdragene. Det ble benyttet 1g materiale for mineraljordprøvene og 0,5g for organisk jord.

4.6.3 Totalanalyser mineraljord

Begrepet «Totalinnhold» eller «Totalanalyser» brukes i miljø- eller landbruks-kjemisammenheng om analyser etter oppslutning med sterke syrer, selv om ekstraksjonsevnen varierer fra 10 til 100 % av faktisk total konsentrasjon for de enkelte grunnstoffene, alt avhengig av forskjeller i mineralkornenes egenskaper. Alle mineraljordsprøvene (B-horisont og C-horisont) ble analysert etter oppslutning iht. metode AQ251; Aqua Regia oppslutning og ICP-ES/MS analyse, 37 elementer, 15 gram oppveid materiale (Bureau Veritas 2020).

Tabell 4.2: Analyseparametere og deteksjonsgrenser for totalanalyser, mineraljord ¹⁾

Element	LOD	Unit	Element	LOD	Unit	Element	LOD	Unit
Ag	2	ppb	Ga	0.1	ppm	Sc	0.1	ppm
Al	0.01	%	Hg	5	ppb	Se	0.1	ppm
As	0.1	ppm	K	0.01	%	Sr	0.5	ppm
Au	0.2	ppb	La	0.5	ppm	Te	0.02	ppm
B*	20	ppm	Mg	0.01	%	Th	0.1	ppm
Ba	0.5	ppm	Mn	1	ppm	Ti	0.001	%
Bi	0.02	ppm	Mo	0.01	ppm	Tl	0.02	ppm
Ca	0.01	%	Na	0.001	%	U	0.1	ppm
Cd	0.01	ppm	Ni	0.1	ppm	V	1	ppm
Co	0.1	ppm	P	0.001	%	W	0.1	ppm
Cr	0.5	ppm	Pb	0.01	ppm	Zn	0.1	ppm
Cu	0.01	ppm	S	0.02	%			
Fe	0.01	%	Sb	0.02	ppm			

¹⁾LOD er deteksjonsgrense for analysen. PPM er mg/kg. PPB er µg/kg. Det ble også målt pH i jordprøvene (oppsluttet i demineralisert vann).

4.6.4 Totalanalyser organisk jord

Alle humusprøvene (Humus topp «H03» og Humus bunn «HBunn») ble analysert etter oppslutning med metode VG105 for «tørr vegetasjon» Aqua Regia oppslutning og ICP-ES/MS analyse, 37 elementer, 5 gram oppveid materiale (Bureau Veritas 2020).

Tabell 4.3: Analyseparametere og deteksjonsgrenser for totalanalyser, humuslagene ¹⁾

Element	LOD	Unit	Element	LOD	Unit	Element	LOD	Unit
Ag	2	ppb	Ga	0.1	ppm	Sc	0.1	ppm
Al	0.01	%	Hg	1	ppb	Se	0.1	ppm
As	0.1	ppm	K	0.01	%	Sr	0.5	ppm
Au	0.2	ppb	La	0.01	ppm	Te	0.02	ppm
B*	1	ppm	Mg	0.001	%	Th	0.1	ppm
Ba	0.1	ppm	Mn	0.001	ppm	Ti	10	%
Bi	0.02	ppm	Mo	0.01	ppm	Tl	0.02	ppm
Ca	0.01	%	Na	0.01	%	U	0.01	ppm
Cd	0.01	ppm	Ni	0.1	ppm	V	2	ppm
Co	0.01	ppm	P	0.001	%	W	0.1	ppm
Cr	0.1	ppm	Pb	0.01	ppm	Zn	0.1	ppm
Cu	0.01	ppm	S	0.05	%			
Fe	0.001	%	Sb	0.02	ppm			

¹⁾LOD er deteksjonsgrense for analysen. PPM er mg/kg. PPB er µg/kg. Det ble også målt pH i jordprøvene (oppsluttet i demineralisert vann).

4.6.5 Om sekvensiell ekstraksjon (fra Bureau Veritas 2020)

Ved sekvensiell ekstraksjon tilføres en tørket jordprøve ulike ekstraksjonsmidler som i antatt økende grad vil lekke metaller ut fra prøven. Ved den metoden som ble benyttet ble en og samme jordprøve tilsatt følgende løsninger sekvensielt, som alle ble analysert. I grove trekk vil ekstraksjonstrinnene jf. Bureau Veritas brosjyre trekke ut følgende fra jordprøvene:

- LH101 (Ekstr_1): Demineralisert vann. Trekker ut de lett vannløselige komponenter i jordprøven (fraksjonen brukes også til måling av pH i jord).
- LH102 (Ekstr_2): 1 M Ammoniumacetat – trekker ut utbyttable kationer adsorbent på leire eller medfelt i karbonater.
- LH103 (Ekstr_3): 0,1 M Natriumpyrofosfat trekker ut grunnstoffer adsorbent på organisk materiale (humus- og fulvosyrer).
- LH104 (Ekstr_4): 0,1 M Hydroxylamin – trekker ut kationer adsorbent på amorfe manganhydroksider (ofte den mest reaktive jordfasen for mobilisering).
- LH105 (Ekstr_5): 0,25 M Hydroxylamin - elementer adsorbent på amorfe jernhydroksider og krystallinsk (mer stabile) manganhydroksider.

Ca halvparten av jordprøvene gjennomgikk sekvensiell ekstraksjon parallelt med totaloppløsningen (Aqua Regia) som alle jordlokalitetene gjennomgikk.

4.6.6 Måling av pH i jord

Målinger av pH i jord før 2020 ble utført ved NGU-Lab ved intern ikke-akkreditert metode (NGU-Lab 2022). I kortversjon ble 4 g humusjord eller 8 g mineraljord oppløst i 80 ml avionisert vann («Milli-Q») før risting i en time ved 9 rpm og henstand i 20 timer før dekantering av vannfase til egen beholder og deretter pH-måling i denne vannfasen.

Måling av pH i jord for jordprøvene vi tok i 2020 ble målt ved to ulike metoder ved Bureau Veritas (Bureau Veritas, 2020). Alle jordprøver *som det er gjennomført sekvensiell ekstraksjon på* ble målt etter LH101 oppløsning; 1 g jord i 10 ml vann, mens de andre ble målt med GC002 oppløsning, 2 g jord i 4 ml vann (Jean de Chavez 2022, personlig meddelelse pr. email, 27. september). Vi har ut over dette ikke fått en detaljerte beskrivelse av oppløsningsmetodene dette laboratoriet.

Se vurdering av analysekvaliteten for pH jord i nederst i kapittel 4.7.2.

4.7 **Kvalitetskontroll**

4.7.1 Grunnvann

Kvalitetskontroll ved grunnvannovervåkingen utføres iht. Gundersen et al. 2019b. Resultater fra kvalitetskontroll av grunnvann er vist i kapittel V3.1 (vedlegg 3). Hver måleparameter har to figurer i dette kapittelet; dublettene til venstre og blankprøver til høyre.

Dublettene: Dubletter er to vannprøver tatt samtidig i felt fra samme prøvetakingspunkt, navngitt helt ulikt, og sendt til analyse samtidig. Måleverdi for dubletter vises som blå prikker

med én tilhørende rød, åpen rute. Hvis to parallelle målinger er 100% like skulle disse da ligge som en blå prikk inne i en av de røde, åpne rutene.

Blankverdier: Er deionisert, helt rent vann fra lab som er tatt med i felt for deretter å bli «prøvetatt» og analysert på samme måte som grunnvannsprøvene. Oppnådde blankverdier er plottet etter dato. Åpne sirkler er målinger under rapporteringsgrense på gjeldende tidspunkt og er oppgitt som laboratoriets oppgitte Rapporteringsgrense*0,5. Rapporteringsgrensen er her identisk med deteksjonsgrensen.

Om målingene:

For metaller (og halvmetaller) som kobber, nikkel og arsen (Figur V3.6 til V3.12) synes blankverdiene svært lave de senere år og langt lavere enn de grenseverdiene for vann og grunnvann som vi har sammenlignet prøvene med (Vedlegg 5). Dublettene synes også å ligge svært nær hverandre (selv om noen av de laveste målingene i figuren er vanskelig å vurdere). Det samme må kunne sies om sulfat (figur V3.13).

Der er noen utfordringer knyttet kvaliteten på målingene til ammonium som er nokså ustabil og generelt utfordrende å analysere, samt en enkeltmåling av ledningsevne. For prøver som ikke er konserverte (som alkalitet, ledningsevne, turbiditet m.fl. er det ofte ikke mulig å få levert prøvene til lab innen akkrediterte tidsfrister, så målingene kan være noe påvirket av dette. Men generelt underbygger målingene at prøvetakingene og vurderingene er pålitelige i forhold de konklusjoner som rapporten trekker om status og utvikling i grunnvannskjemi i regionen.

4.7.2 Jord

For å kunne dokumentere presisjon er det i større kartleggingsprosjekter vanlig å inkludere et antall feltdubletter også for jord. Gitt det relativt lave antall prøver av humus og av mineraljord som inngår i dette prosjektet, ville det være uforholdsmessig dyrt å prøveta så mange parallelle prøver for kontroll at det ville gi pålitelig grunnlag for å beregne presisjon på feltnivå i den enkelte analyseserien.

Men som i alle analyseoppdragene fram til og med 2015 er det også blant prøvene fra felt 2020 inkludert noen gamle prøver som er rapportert mer enn en gang, og disse gir mulighet for å se om gjentatt prøvepreparering og analyse av samme prøve gir sammenfallende resultater. De viktigste resultatene av disse parallelle analysene er vist i Figur V3.14 i Vedlegg 3.

Bureau Veritas har dessuten dokumentert laboratoriets presisjon (reproduserbarhet) i form av gjentatte analyser av to tilfeldig utvalgte av de prøvene som NGU leverte, samt for flere av laboratoriets egne kontrollprøver.

For mineraljordprøvene leverte vi (anonymisert) tre splitter av én prøve for å kunne vurdere laboratoriestabiliteten ved innvekt og analyse. Dette prøvematerialet (MINstd) har vi flere års erfaringer med når det gjelder homogenitet, basert på bruk av samme laboratorium og ekstraksjonsprotokoll. Det samme materialet har vi også analysert etter salpetersyreekstraksjon, se under.

Diagrammene i Vedlegg 3 viser parallelle resultater for en rekke prøver av både humus og mineraljord. Punktene viser verdiene for første og andre analyse langs hhv. X- og Y-aksen. Følgende humusprøver ble det tatt parallelle målinger av:

HU4010 bunn (fra bunnsjiktet, lokalitet Hum4010),
1006 (fra samme analyseoppdrag, men annet prosjekt)
STD V16
STD CDV-1
FLOUR (laboratoriets 3 ulike kontrollprøver)
BLK (laboratoriets blank-prøve; trolig ren ekstraksjonsvæske).

Følgende mineraljordsprøver ble det tatt parallelle målinger av:

B-hor 902 (B-horisont, lokalitet Hum2020_02)
STD DS11 og STD OreAs (laboratoriets kontrollprøver; her er verdien langs X-akse forventet verdi, basert på tidligere testserie gjennomført av laboratoriet)
MINstd er en av NGU's husstandarder av mineraljord, der tre målinger plottes langs Y-aksen, og gjennomsnittet av disse utgjør X-verdien for det tre punktene.
MINstd X=HNO₃: Dette er samme prøve som MINstd, men her viser vi verdiene fra 30 tidligere analyser som ble målt etter HNO₃-ekstraksjon (ikke Kongevann) ved NGU-lab. Her er de tre verdiene langs X-aksen: (gjennomsnitt – standardavviket), (gjennomsnittet) og (gjennomsnitt + standardavvik) for disse 30, og de er plottet mot de tre splittene analysert etter kongevann-ekstraksjon. Dette gjelder bare de grunnstoffene som er rapportert fra begge laboratorier/ekstraksjonsmetoder.

For mange av grunnstoffene ligger de to 3-punktsklyngene («MINstd» og «MINstd X=HNO₃») nær hverandre. For andre er det større avstand, og dette illustrerer forskjellen i ekstraksjonsutbytte mellom de to ekstraksjonsvæskene for denne mineraljordprøven. For Al, Mg, Cr, S og V er noen av analysene lavere enn laboratoriets rapporteringsgrense. Dette er markert med tynn lys blå linjer i diagrammene.

De aller fleste plottene viser imidlertid svært godt samsvar mellom analyse 1 og analyse 2 for hver enkelt prøve – punktene ligger svært nær diagonalen i plottene. Noen punkter ligger imidlertid litt vekk fra diagonalen. De tre analysene av MINstd har avvik for Hg, Cd og S. For S er verdiene langt under laboratoriets rapporteringsgrense, og gjenspeiler hvorfor slike grenser settes. For Hg er målingene svært nær rapporteringsgrensen, og for Cd er avviket rimelig, ca 24% i konsentrasjoner like over rapporteringsgrensen.

Se også kapittel 5.2 om gjentatte målinger av totalkonsentrasjoner etter syreoppslutning i seks utvalgte gamle jordprøver (av humus) siden 2005 (Tabell 5.1, Figurene 5.19b til 5.39b). Disse representerer analysepåliteligheten i *tidsseriene* for disse jordprøvene (Figur 5.19a til 5.39a). Inkludert i dette, effekten av at målingene i 2020 altså gjelder for kongevannsoppslutning mens de tidligere målingene ble gjort etter salpetersyreoppslutning. For de fleste elementene er verdiene nokså sammenfallende langs tidsaksen. For viktige forurensningsparametrene som Ni, Cu og Co ligger f.eks. målingene svært likt for de ulike årene. As viser imidlertid betydelige usystematiske avvik (dårlig presisjon) mellom årene, trolig fordi målingene ligger så nær ned mot deteksjonsgrensen. Dårlig presisjon gjelder i noen grad også Al, Pb og Mn. Svovel ligger noe lavere i 2020 enn årene før (noe som kan skyldes bruk av en helt annen analysemetode), mens Cr og Hg ligger noe høyere.

Under målingene av pH i jord (kapittel 4.6.6) varierte forholdstallet mellom utveid jord og tilsatt vann under oppslutningen (før pH-analyse) fra 1:2 og 1:10 i 2020 til 1:10 (mineraljord) og 1:20 (humus) for tidligere år. I ren fortynningsfaktor kan forskjellen utgjøre så mye som én hel pH-enhet for humusprøvene, så målingene av pH i jord fra 2020 kan ikke forutsettes å være sammenlignbare med resten av tidsserien som er vist i Figur 5.36.

Ut over de begrensingene vi har diskutert ovenfor vurderer vi at kvalitetskontrollen viser en tilstrekkelig kvalitet på data til at de viktige trender og nivåer vi har identifisert ikke skal være framkommet som følge av metodiske feil, men vil følge av den reelle kjemi i prøveområdet.

4.8 Tilgjengeliggjøring av data

4.8.1 Grunnvann

Grunnvannskjemiske data fra 2020 er publisert i Vannmiljøportalen (2022), de resterende vil bli overført i løpet av 2022.

4.8.2 Jord

Jorddata vil bli gjort tilgjengelig gjennom NGUs Geokjemidatabase (2022).

4.9 Bakgrunnsverdier, grenseverdier og klassifiseringer

For å få en indikator på forurensningsstatus i prøveområdet har vi sammenlignet resultater fra undersøkelsene våre med ulike datasett som representerer naturlige «bakgrunnsverdier», samt grenseverdier og klassifiseringer for vann og jord. Grenseverdiene og klassifiseringsgrensene vi har brukt for jord og grunnvann er for øvrig også vist tabeller i vedlegg 5. I det følgende beskriver vi sammenligningsgrunnlaget vi har benyttet nærmere.

4.9.1 Landsomfattende mark- og grunnvannsnett (grunnvann)

Dette overvåkningsprogrammet består av 54 grunnvannskilder og -brønner i fjell og løsmasser spredt over hele Norge. De første stasjonene har vært i drift siden 1977 (2003 i Sør-Varanger). Vi har brukt data fra LGN til å sammenligne grunnvannet i Pasvik/Jarfjord med tilsvarende målinger i et bredt spekter av grunnvannslokalteter i resten av Norge. Første figur (Figur...A) i hvert av delkapitlene i Vedlegg 2 inneholder grunnvannsdata fra 2020-21 i Pasvik/Jarfjord, sammenstilt med LGN-data etter 2015 (i innfelt Norgeskart). I tillegg til LGN-serien inngår også en del grunnvannsprøver fra kartlegginger i Sør-Norge og på Østlandet 2020-2021 som til dels kan være noe påvirket av jordbruk og urbanisering.

4.9.2 Vannforskriften, terskel- og vendepunktverdier for grunnvann

Vannforskriften (2006) definerer Norges kvalitetskrav til grunnvann jf EUs vanddirektiv. Alle grunnvannsprøver er sammenlignet med vendepunkt- og terskelverdier som framgår av Vedlegg II og Vedlegg IX i vannforskriften (se tabellene i Vedlegg 1 og 5 i denne rapporten).

4.9.3 Tilstandsklasser, «Metaller i ferskvann» og «Sedimenter»

Beckius og Keilen (2016) definerer et klassifiseringssystem der klassegrensene representerer en forventet økende grad av skade på organismesamfunn i vannsøyle og sedimenter. Klassifiseringssystemet er ment å være et verktøy for ulike faggrupper og saksbehandlere innen forvaltning, rådgivning og forskning for vurdering og bestemmelse av miljøtilstand i *vannforekomster*.

«Sedimenter» er ikke direkte anvendelige ift. å klassifisere våre jordprøver, like lite som «Metaller i ferskvann» er det ift. våre grunnvannsprøver. Klassegrensene er likevel sammenlignet med måledata fra våre jord- og grunnvannsprøver, til dels i mangel av bedre sammenligningsgrunnlag.

4.9.4 Tilstandsklasser, “Forurenset grunn”

Hansen og Danielsberg (2009) har definert et sett tilstandsklasser for forurenset grunn (jord). Tilstandsklassene er etablert for å kunne gi føringer på hvor høye konsentrasjoner av miljøgifter som er helsemessig akseptabelt knyttet til forskjellige typer arealbruk. Jordmasser med miljøgiftkonsentrasjoner over tilstandsklasse 5 anses å være farlig avfall. Se nærmere beskrivelse i rapporten vi refererer til.

4.9.5 Bakgrunnsverdier, jord

Bakgrunnsverdiene vi har benyttet for jord (se innfelt Norgeskart i Vedlegg 2) representerer medianverdier for hver av 12 regioner i Norge. Målingene er gjort i prøver fra 1985 etter salpetersyreekstraksjon av humusprøver, B-sjikt og C-sjikt. Tallmaterialet er hentet fra (Njåstad et al. 1994).

Resultater fra tidligere prøvetakinger i Kautokeino- og Karasjokområdene fra 1995 – 2015 (se Figur 3.2) er presentert i diagrammene i kapittel 5.2 sammen med tidsseriene som vi har forlenget i Pasvik og i Jarfjord. Disse representerer også bakgrunnsverdier for våre målinger av jord i 2020.

4.9.6 Generelt om Grense- og terskelverdier

Ut over de nasjonale standardene beskrevet ovenfor har vi også lagt inn noen anbefalte grenseverdier for jord fra litteraturen (se radene til høyre i Tabell V5.2). De store forskjellene illustrerer det faktum at det er mye lettere å bestemme konsentrasjonsnivåer i jord og grunnvann enn det er å bestemme om disse nivåene faktisk er skadelige eller ikke.

Denne rapporten tar ikke mål av seg til å vurdere dette nærmere. Dette må bli opp til øvrig miljøforvaltning å ta stilling til, basert på de tall og sammenligninger vi har lagt fram og eventuelt ytterligere litteratursøk ift. anvendelse av klassifiseringer og grenseverdier.

5. Resultater

Resultatene fra undersøkelsene er organisert slik i rapporten:

Kapittel 5 Resultater for tidsseriene:

Kapittel 5.1; Tidsserie grunnvannskjemi (LGN-stasjonene), 2000-d.d.

Kapittel 5.2; Tidsserier jordkjemi, 1995-d.d.

Vedlegg 1: Vannkjemi vs. grenseverdier og tilstandsklasser.

Vedlegg 2; Jord og grunnvann, enkeltparametere

Analyseparametere beskrives enkeltvis i hvert delkapittel V2.1 til V2.15:

1 Al (Aluminium), 2 As (Arsen) 3 Kalsium (Ca), 4 Kadmium (Cd), 5 Kobolt (Co) 6 Krom (Cr),
7 Kobber (Cu), 8 Jern (Fe), 9 Kvikksølv (Hg), 10 Mangan (Mn), 11 Nikkel (Ni), 12 Bly (Pb), 13
Sink (Zn), 14 Svovel/Sulfat (S, SO₄²⁻), 15 Surhet/oksygeninnhold (pH/O₂)

Hvert av delkapitlene har følgende oppbygging for sitt måleparameter (f.eks. Hg):

- ...1: Jordkjemi vs. grenseverdier og tilstandsklasser
- ...2: Kart, grunnvannskjemi
- ...3: Kart, Kjemi i Øvre humus og C-sjikt
- ...4: Kart, Kjemi i Nedre humus og B-sjikt
- ...5: Stolpediagrammer, kjemi i jordsjiktene
- ...6: Scatterplot; grunnvannskjemi vs jordkjemi i hvert av jordsjiktene, kategorisert i
totalkonsentrasjoner og fraksjoner fra sekvensiell ekstraksjon
(bare for Al, As, Cu, Co, Cu, Ni, pH).

I delkapittel V2.16 til V2.23 er dessuten vannkemiske kart vist for måleparametrene:

16 Alkalitet/pH, 17 Klorid (Cl), 18 fluorid (F), 19 Konduktivitet, 20 Turbiditet, 21 Farge, 22
Nitrat, 23 Ammonium. Andre vannkemiske måleparametere kan lastes ned fra nettstedet
Vannmiljøportalen (2022).

5.1 Tidsserie grunnvannskjemi (LGN overvåkning)

Grunnvannskjemi ved de tre LGN-stasjonene i Sør-Varanger er vist i de kommende figurene:

Figurene 5.1- 5.6 (LGN-Svanvik)

Figurene 5.7-5.12 (LGN-Karpdalen)

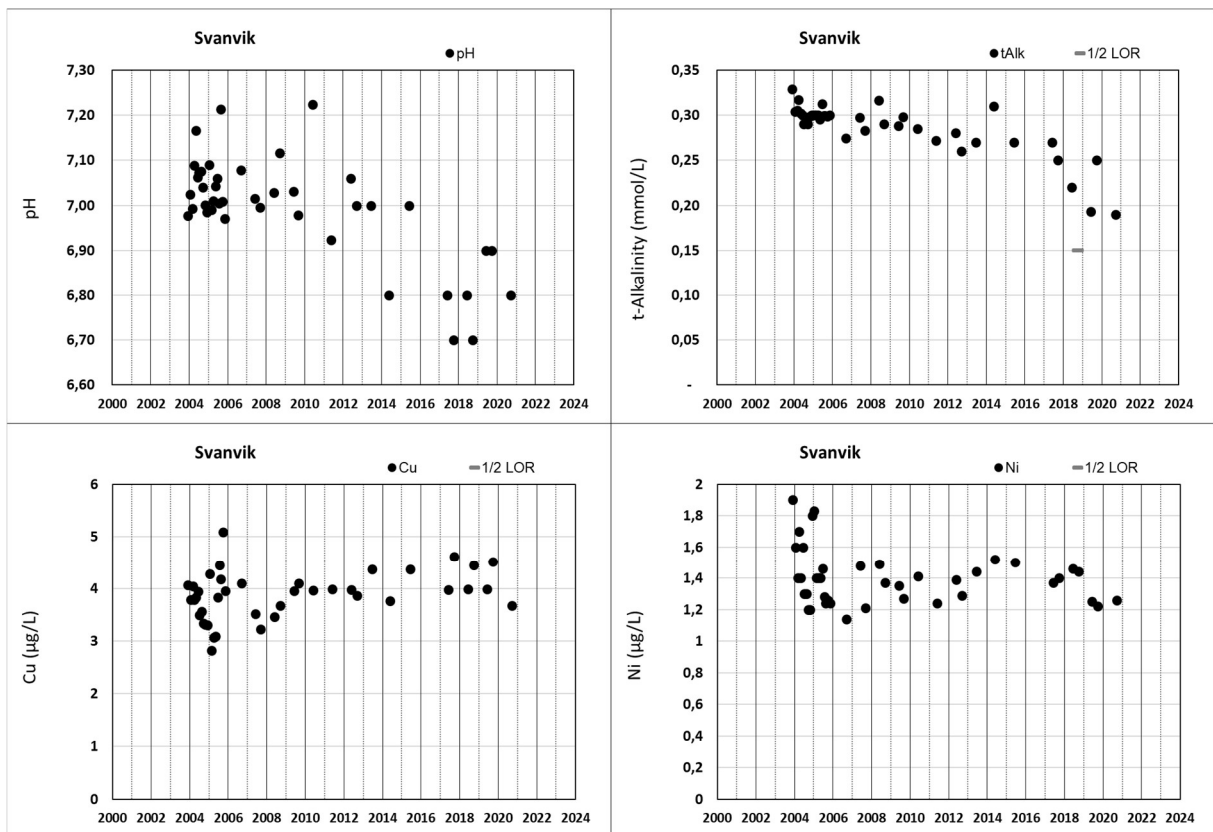
Figurene 5.13-5.18 (LGN-Skjellbekken)

For hver lokalitet i følgende rekkefølge:

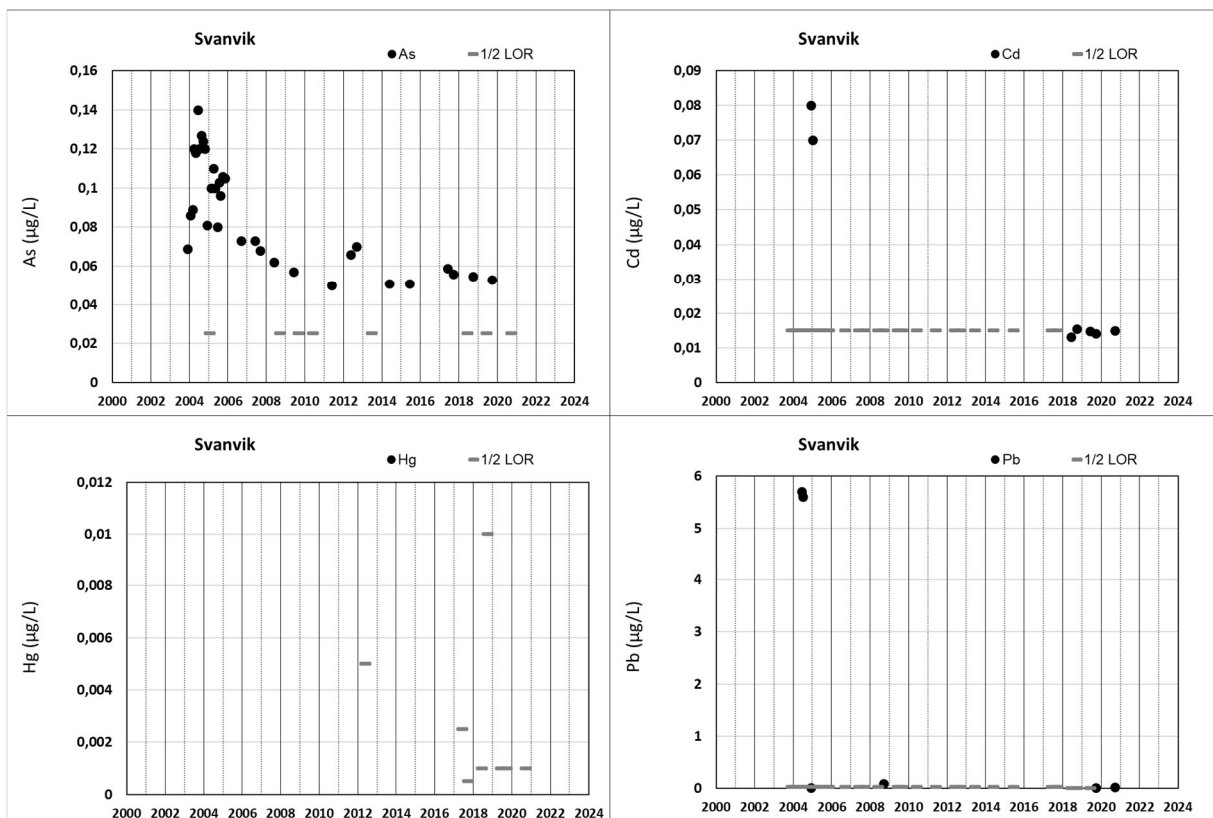
- 1 pH – Totalalkalitet – Cu – Ni
- 2 As – Cd – Hg – Pb
- 3 O₂ – Elektrisk ledningsevne – Farge – Turbiditet
- 4 Ca – Mg – SO₄²⁻ – Al
- 5 Fe – Mn – Co – Cr
- 6 Mo – V – Zn – U

Se Vannmiljøportalen (2022) resultater for andre parametere.

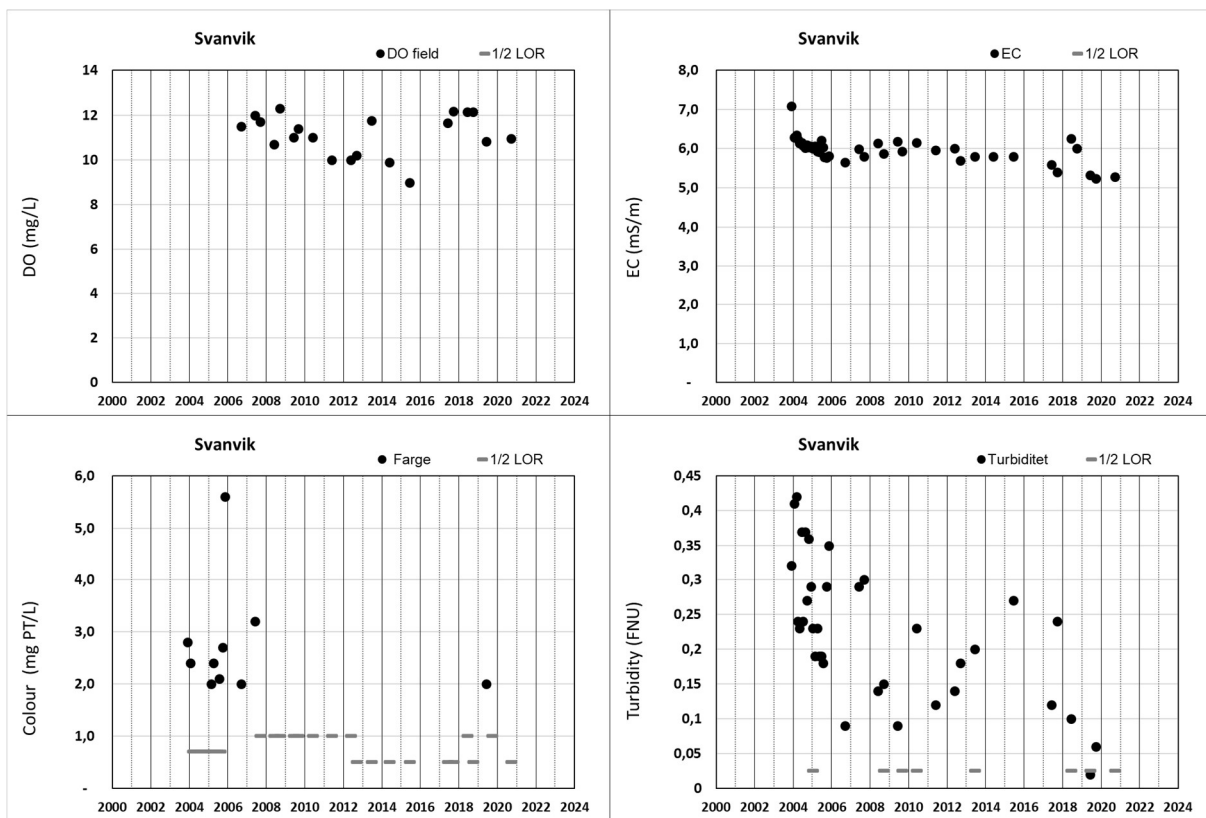
5.1.1 Svanvik



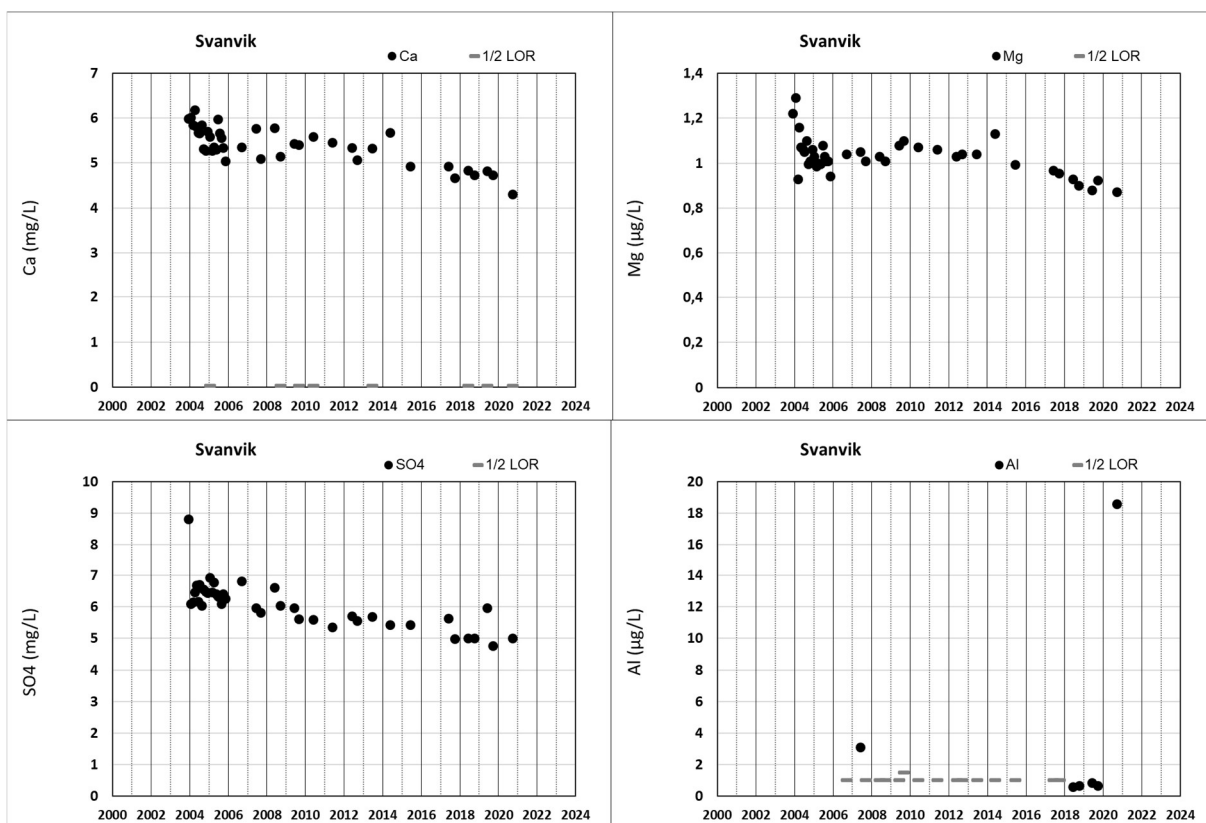
Figur 5.1: Grunnvannskjemi LGN-stasjon Svanvik siden år 2000; pH, total alkalitet, Kobber og Nikkel.



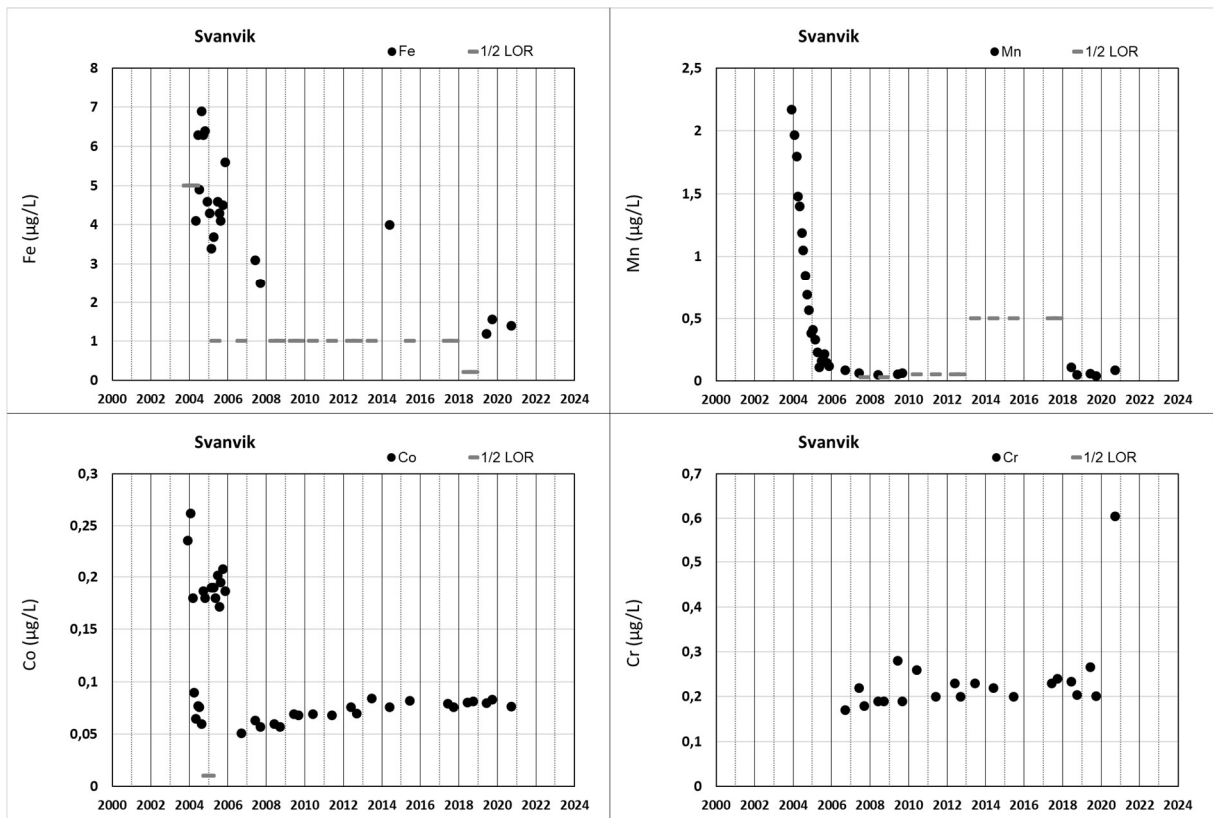
Figur 5.2: Grunnvannskjemi LGN-stasjon Svanvik siden år 2000; Arsen, Kadmium, Kvikksølv og Bly. Grå streker er 1/2 Rapporteringsgrense (der analyseverdi er lavere enn den).



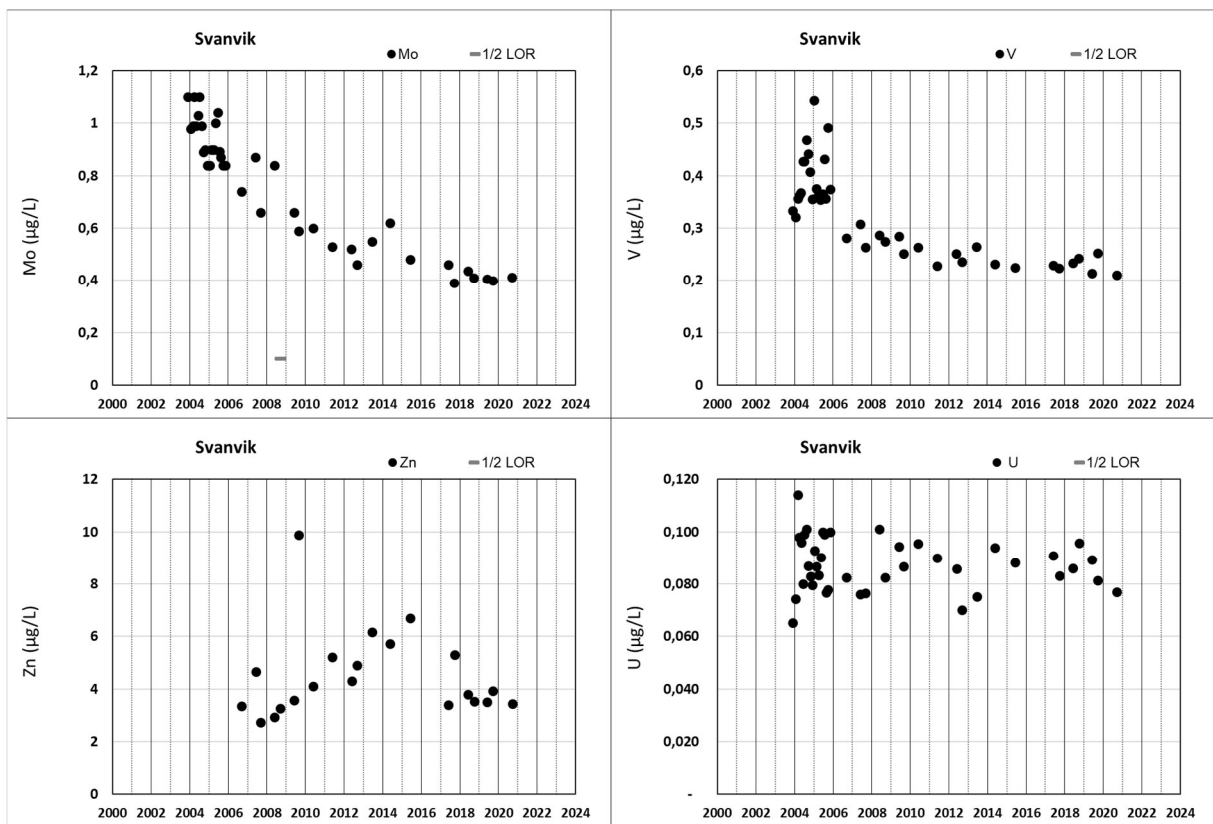
Figur 5.3: Grunnvannskjemi LGN-stasjon Svanvik siden år 2000; O₂, El. ledningsevne, Farge og Turbiditet. Grå streker er ½ Rapporteringsgrense (der analyseverdi er lavere enn den).



Figur 5.4: Grunnvannskjemi LGN-stasjon Svanvik siden år 2000; Kalsium, Magnesium, Sulfat og Aluminium. Grå streker er ½ Rapporteringsgrense (der analyseverdi er lavere enn den).

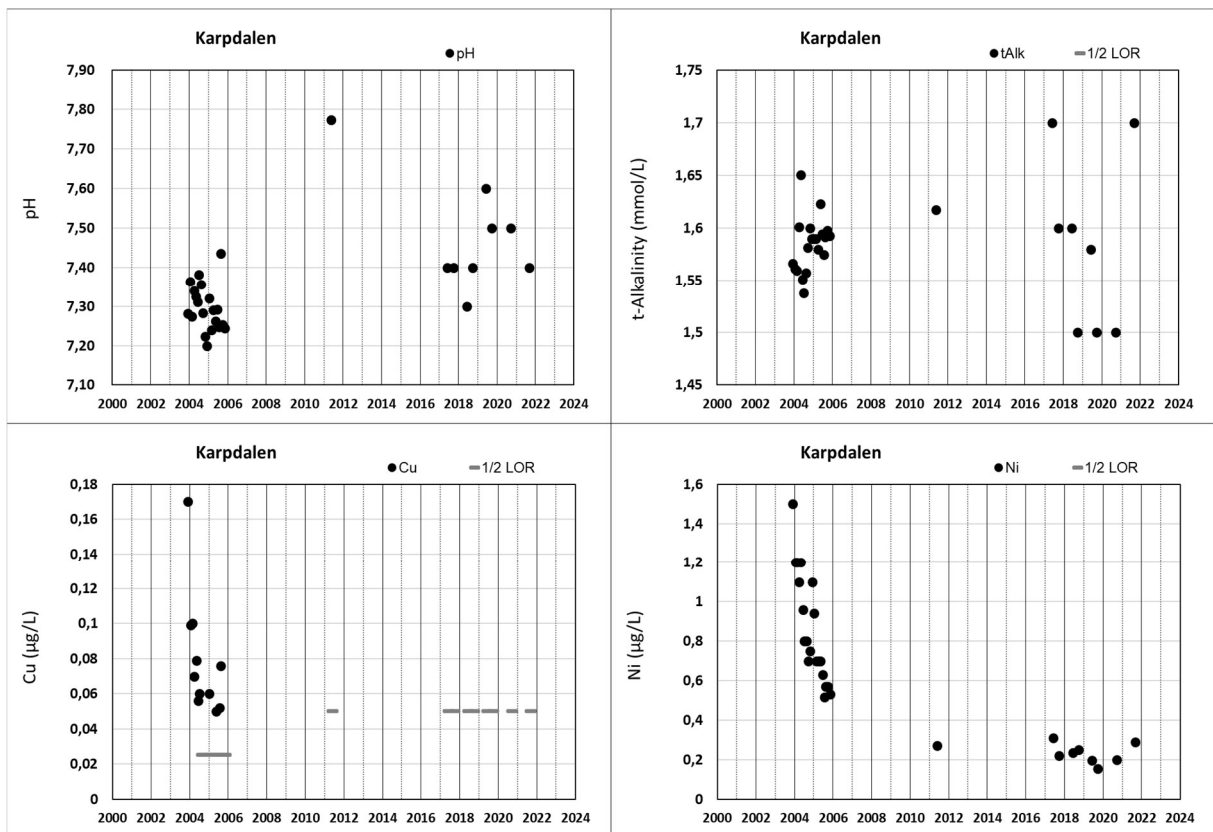


Figur 5.5: Grunnvannskjemi LGN-stasjon Svanvik siden år 2000; Jern, Mangan, Kobolt og Krom. Grå streker er 1/2 Rapporteringsgrense (der analyseverdi er lavere enn den).

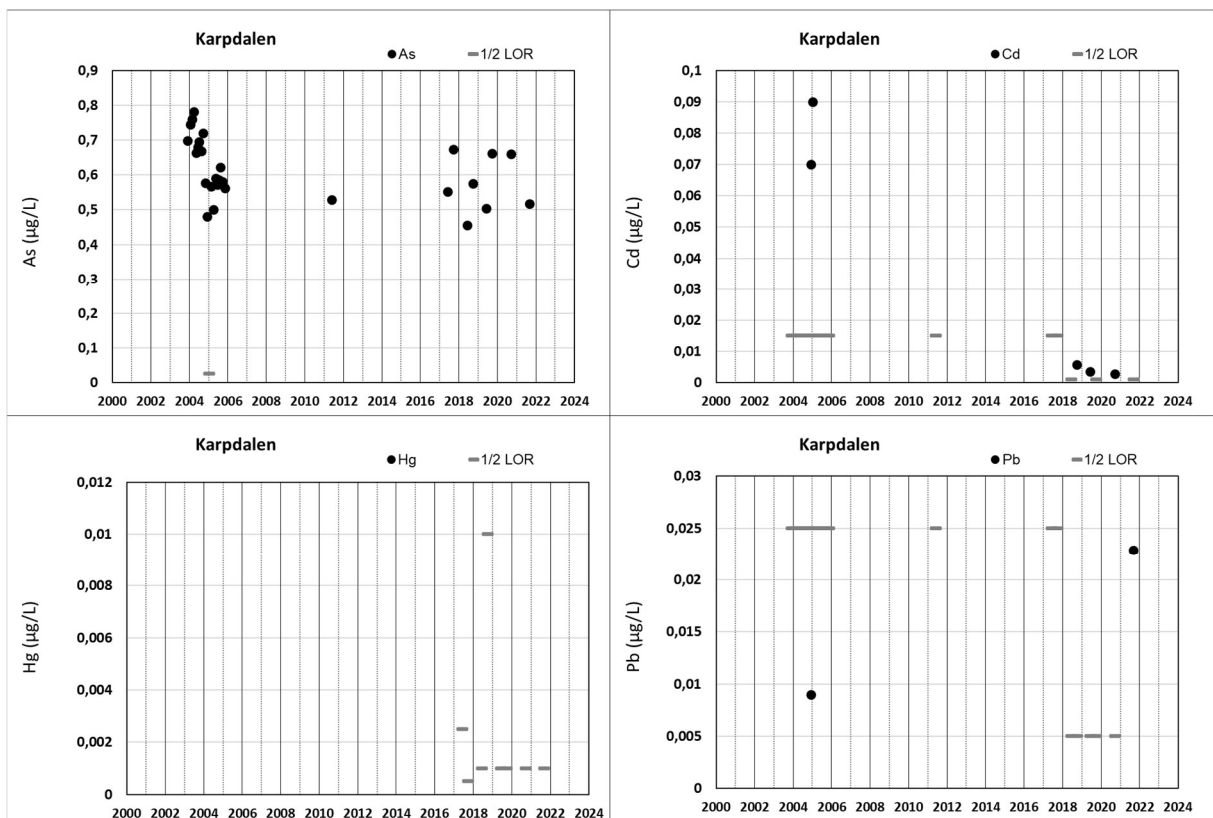


Figur 5.6: Grunnvannskjemi LGN-stasjon Svanvik siden år 2000; Molybden, Vanadium, Sink og Uran.

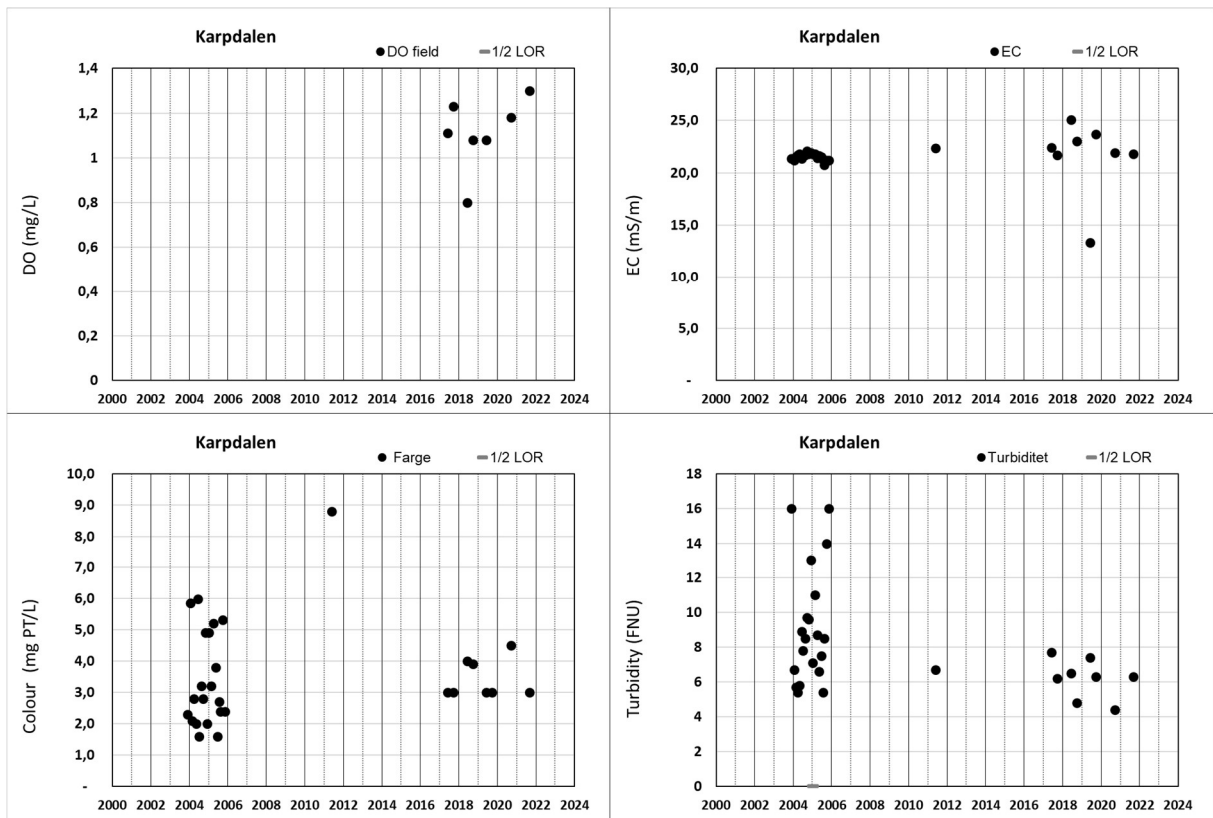
5.1.2 Karpdalen



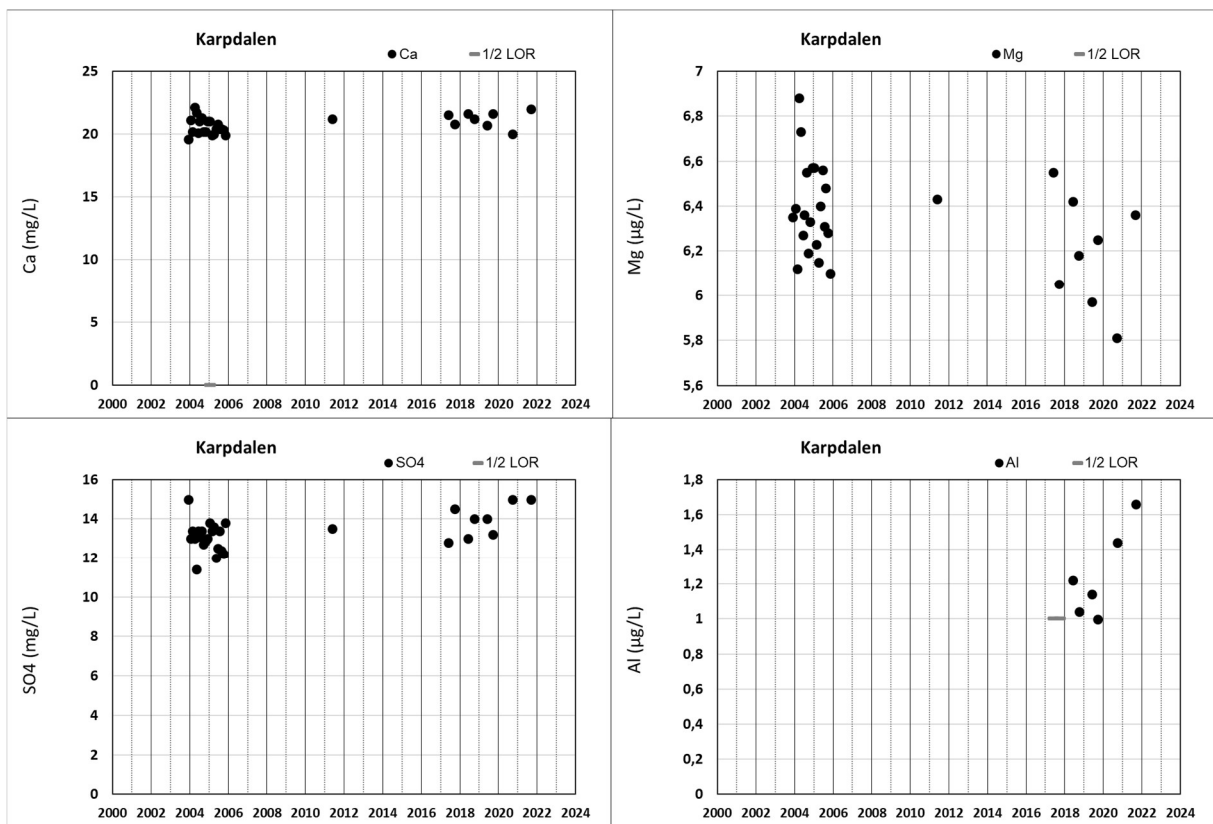
Figur 5.7: Grunnvannskjemi LGN-stasjon Karpdalen siden år 2000; pH, alkalitet, Kobber og Nikkel. Grå streker er ½ Rapporteringsgrense (der analyseverdi er lavere enn den).



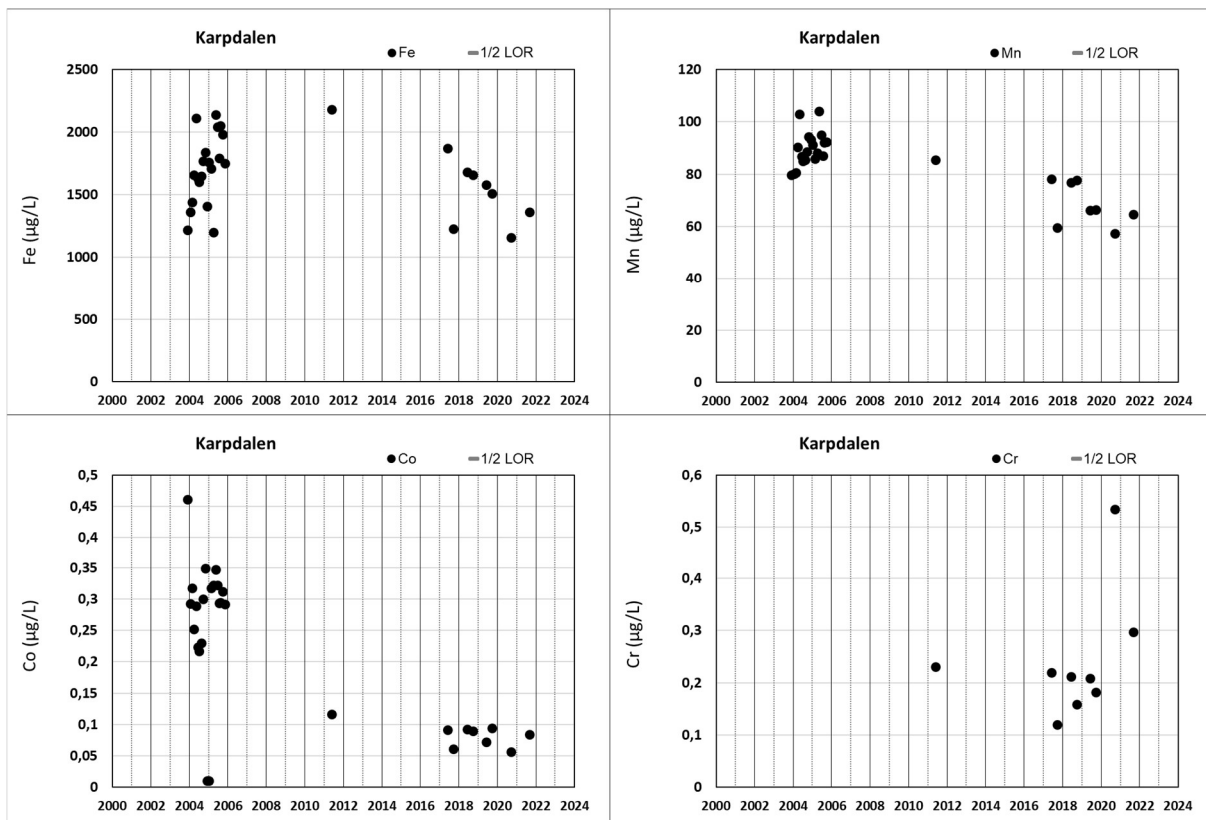
Figur 5.8: Grunnvannskjemi LGN-stasjon Karpdalen siden år 2000; Arsen, Kadmium, Kvikksølv og Bly. Grå streker er ½ Rapporteringsgrense (der analyseverdi er lavere enn den).



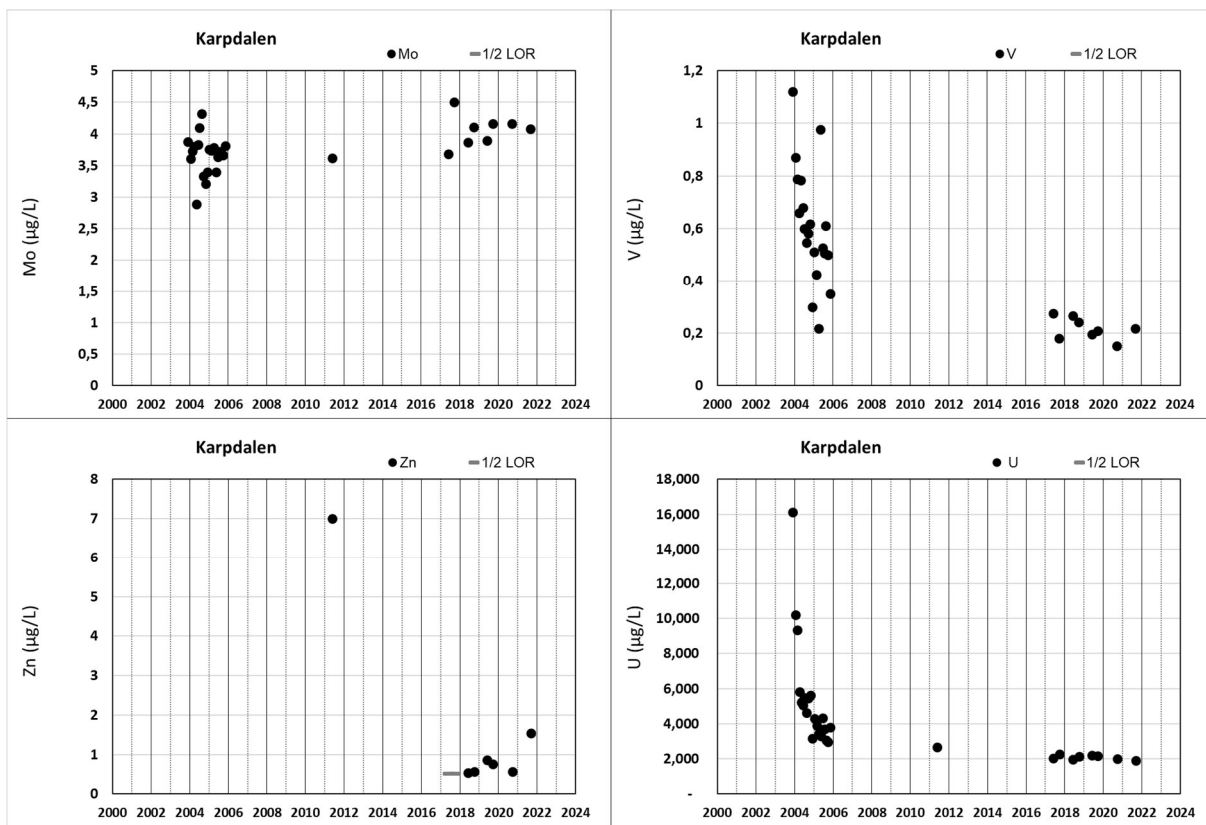
Figur 5.9: Grunnvannskjemi LGN-stasjon Karpdalen siden år 2000; O₂, El. Ledningsevne, Farge og Turbiditet.



Figur 5.10: Grunnvannskjemi LGN-stasjon Karpdalen siden år 2000; Kalsium, Magnesium, Sulfat og Aluminium. Grå streker er 1/2 Rappporteringsgrense (der analyseverdi er lavere enn den).

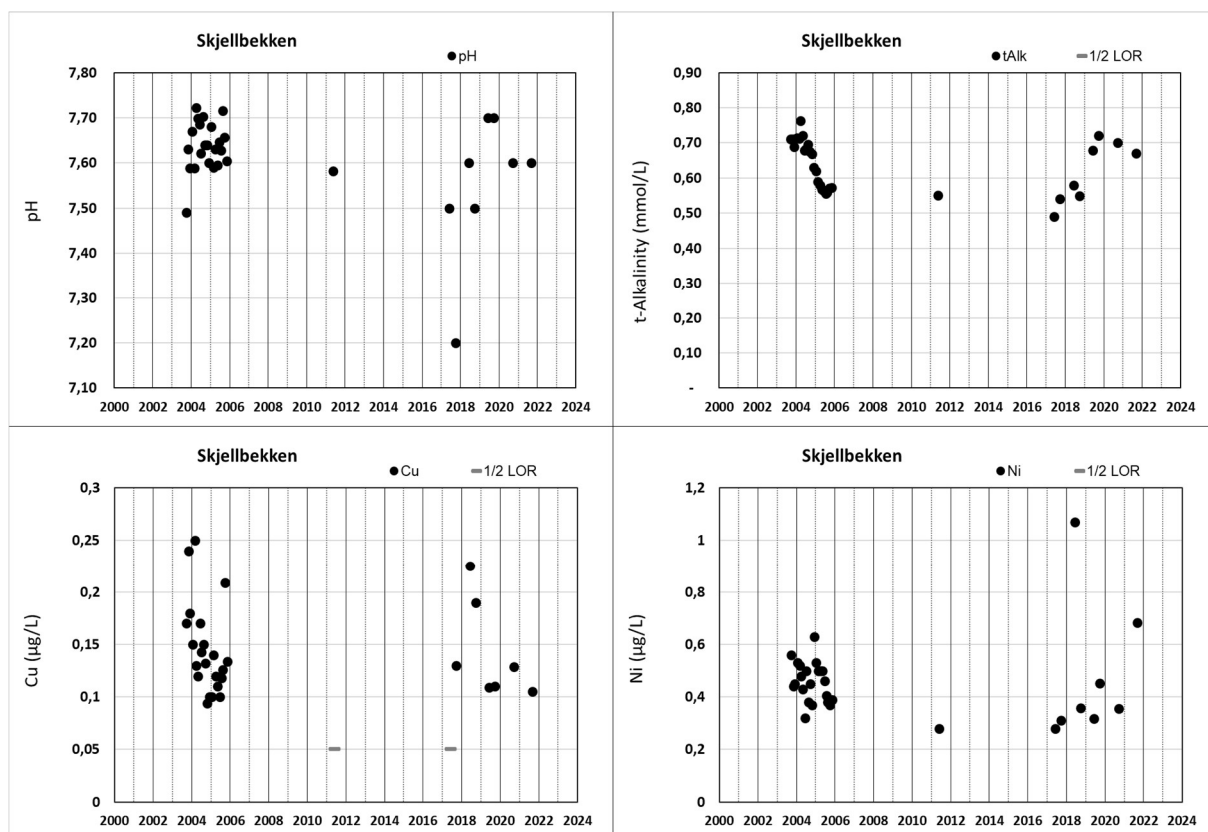


Figur 5.11: Grunnvannskjemi LGN-stasjon Karpdalen siden år 2000; Jern, Mangan, Kobolt og Krom.

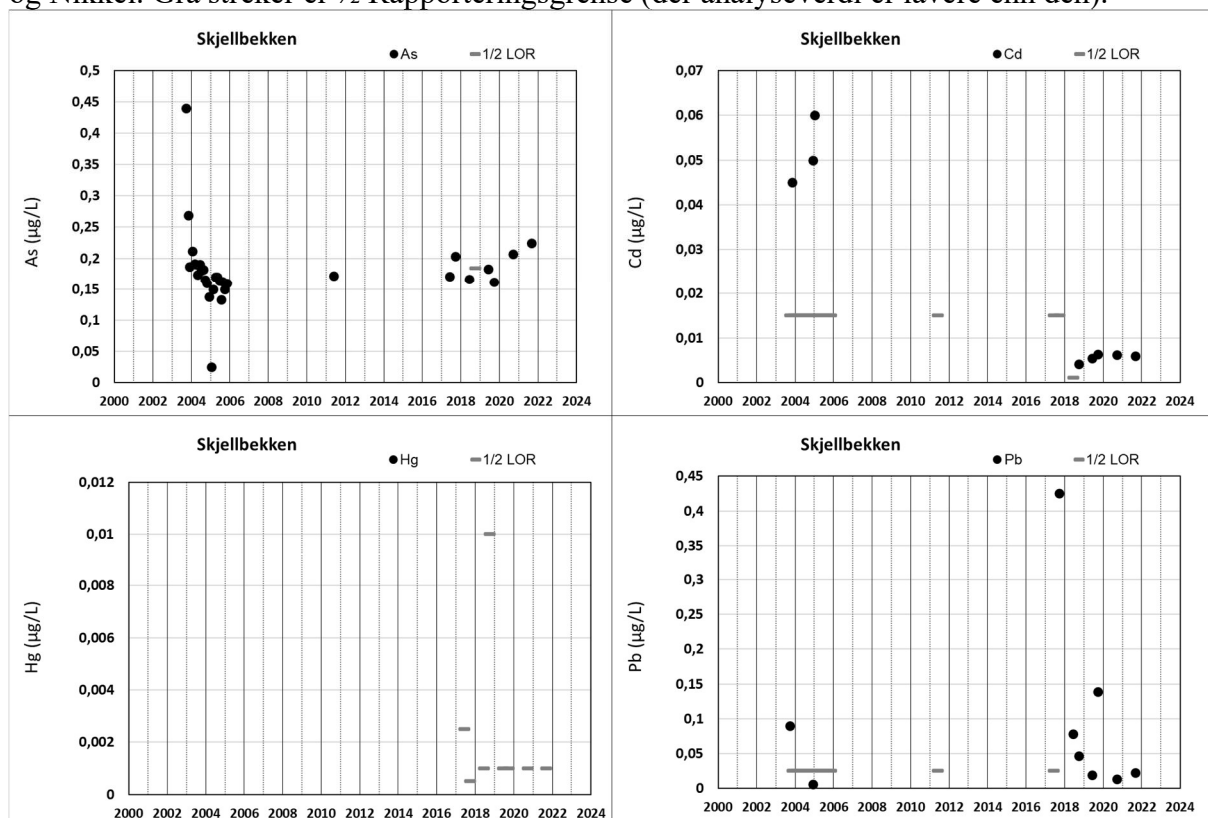


Figur 5.12: Grunnvannskjemi LGN-stasjon Karpdalen siden år 2000; Molybden, Vanadium, Sink og Uran. Grå streker er 1/2 Rapporteringsgrense (der analyseverdi er lavere enn den).

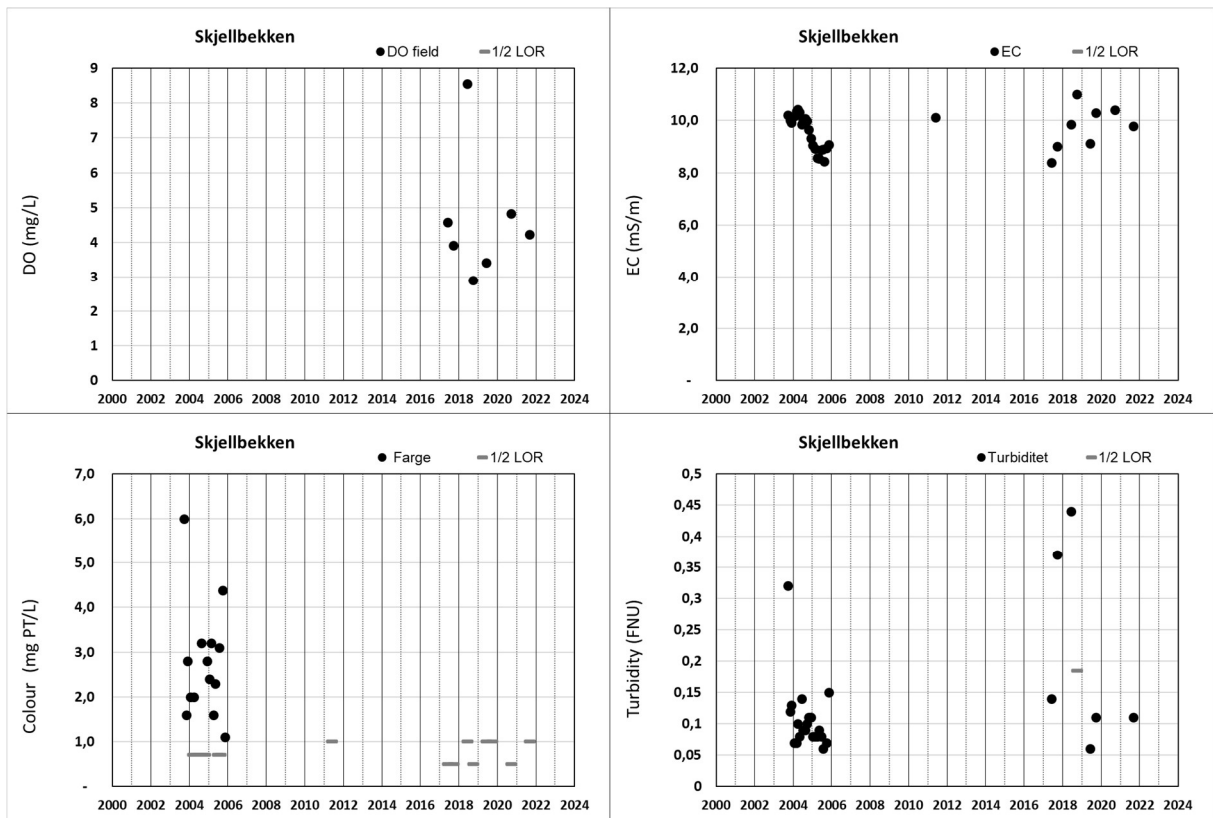
5.1.3 Skjellbekken



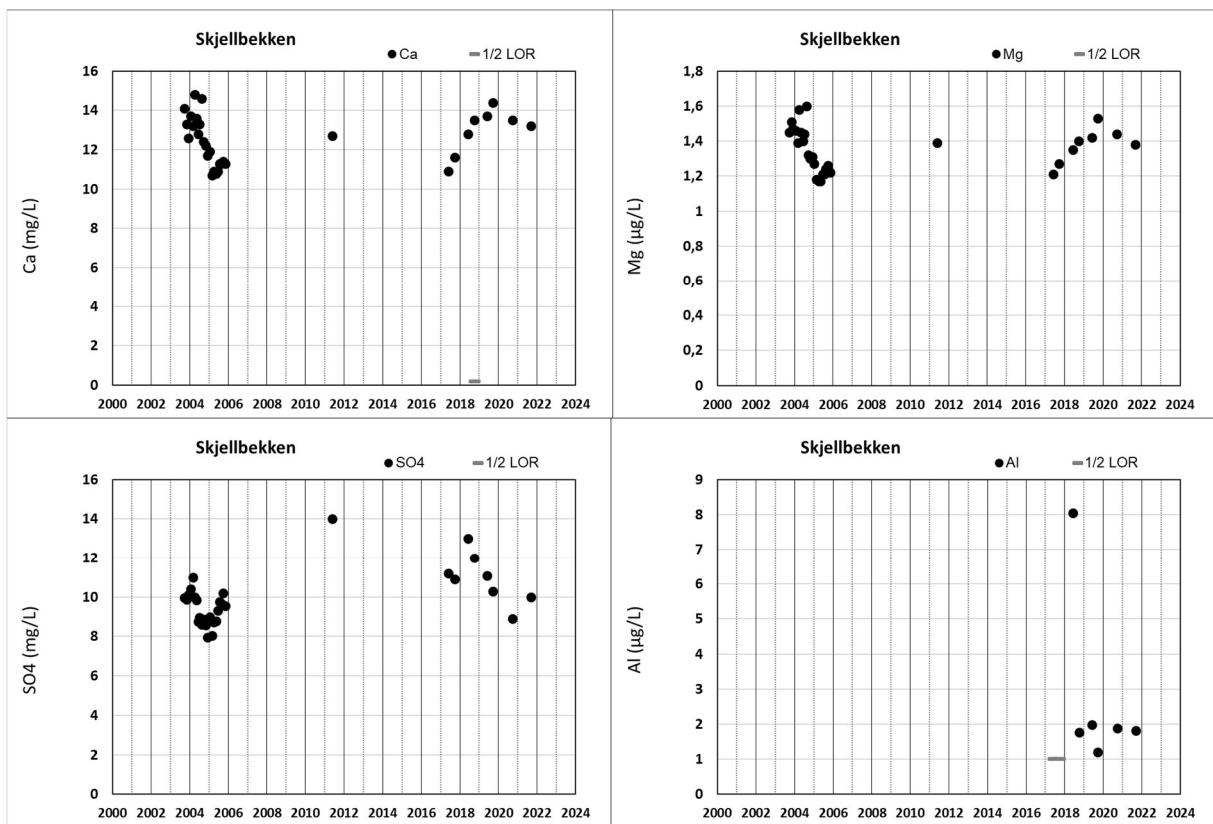
Figur 5.13: Grunnvannskjemi LGN-stasjon Skjellbekken siden år 2000; pH, alkalitet, Kobber og Nikkel. Grå streker er $\frac{1}{2}$ Rapporteringsgrense (der analyseverdi er lavere enn den).



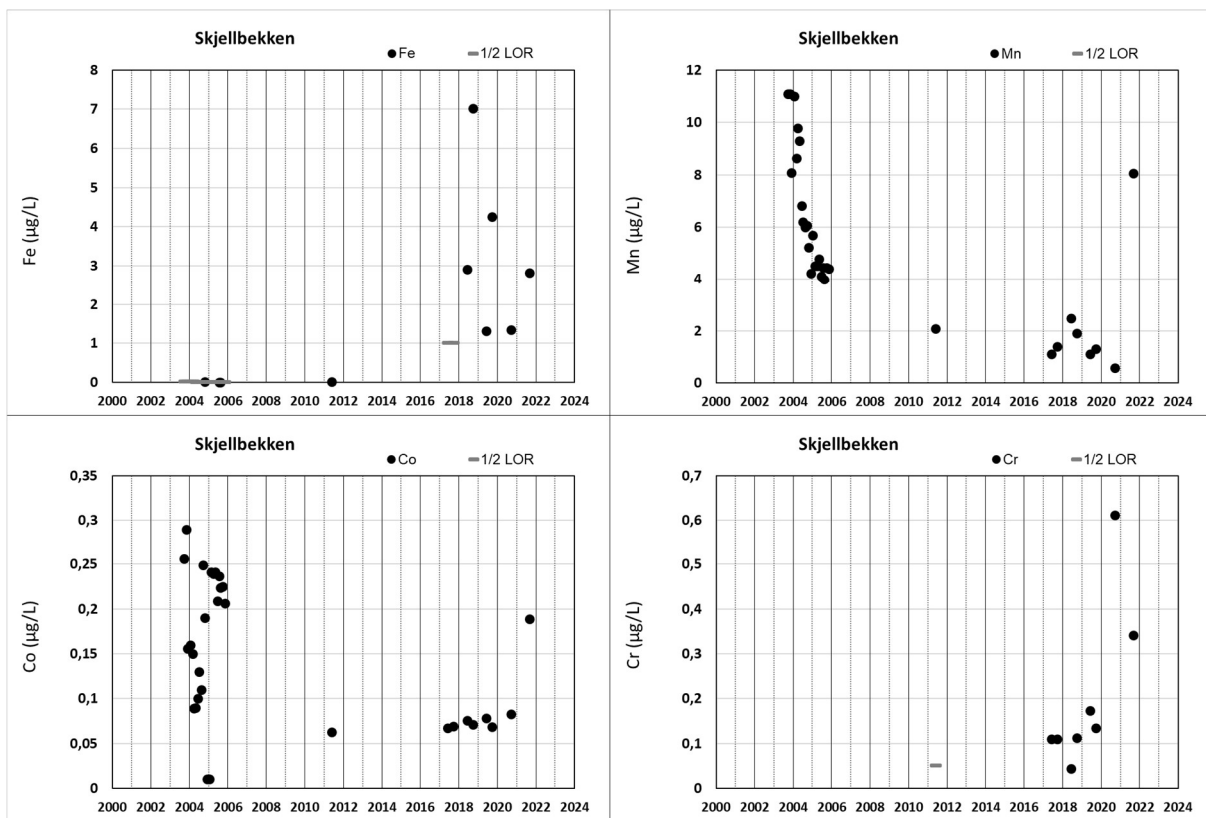
Figur 5.14: Grunnvannskjemi LGN-stasjon Skjellbekken siden år 2000; Arsen, Kadmium, Kvikksølv og Bly. Grå streker er $\frac{1}{2}$ Rapporteringsgrense (der analyseverdi er lavere enn den).



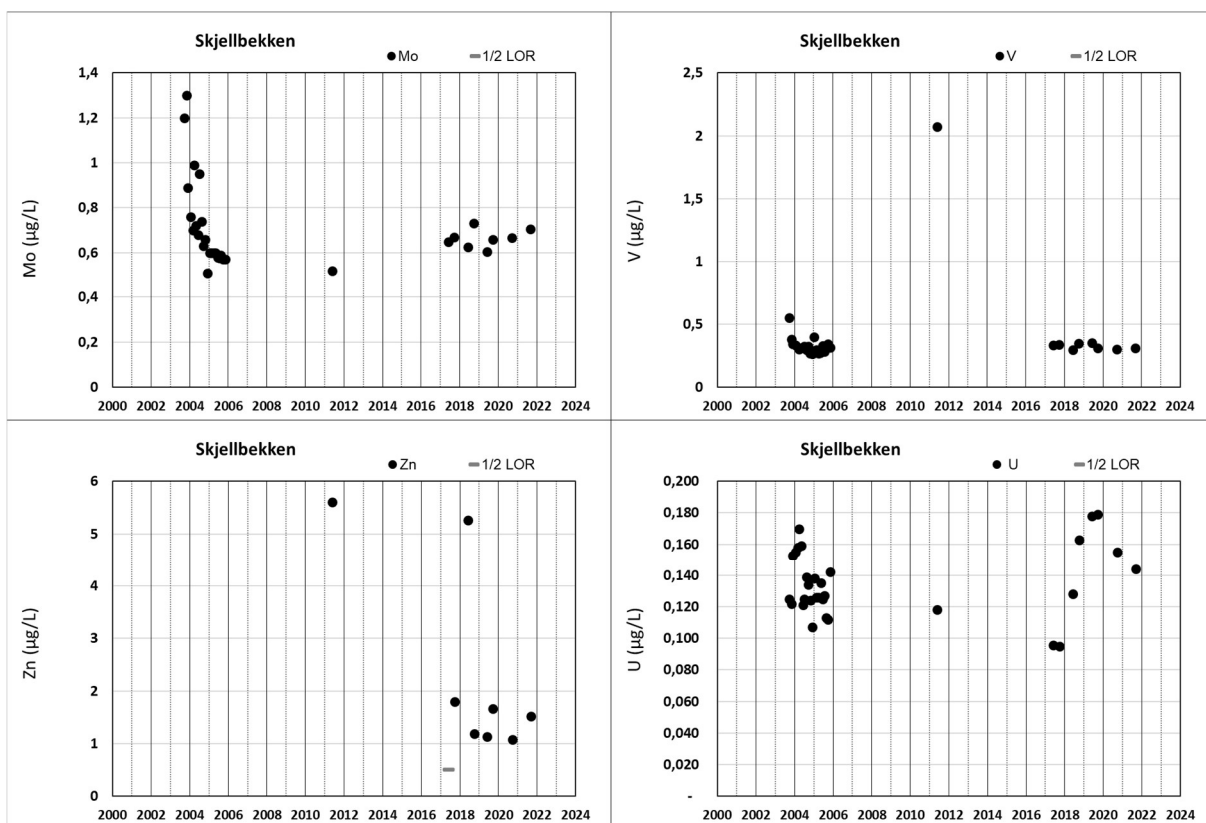
Figur 5.15: Grunnvannskjemi LGN-stasjon Skjellbekken siden år 2000; O₂, El. Ledningsevne, Farge og Turbiditet.



Figur 5.16: Grunnvannskjemi LGN-stasjon Skjellbekken siden år 2000; Kalsium, Magnesium, Sulfat og Aluminium. Grå streker er 1/2 Rapporteringsgrense (der analyseverdi er lavere enn den).



Figur 5.17: Grunnvannskjemi LGN-stasjon Skjellbekken siden år 2000; Jern, Mangan, Kobolt og Krom. Grå streker er 1/2 Rapporteringsgrense (der analyseverdi er lavere enn den).



Figur 5.18: Grunnvannskjemi LGN-stasjon Skjellbekken siden år 2000; Molybden, Vanadium, Sink og Uran. Grå streker er 1/2 Rapporteringsgrense (der analyseverdi er lavere enn den).

5.2 Tidsserie jordkjemi

Ulikt grunnvann og humus, foreligger det ikke resultater for gjentatte prøvetakinger av mineraljordsjiktene i området. Men det er ingen indikasjoner på at løsmassene i C-horisont endrer karakter over så kort tid som siden den industrielle revolusjon generelt, eller utviklingen på lokalt plan spesielt.

Øverst i de følgende diagrammene vises, grunnstoff for grunnstoff, humusanalysene for Finnmarksområdene Pasvik, Jarfjord/Jakobselv, Karasjok og Kautokeino (henholdsvis område 1-4 i Figur 3.2). Hvert av områdene er sortert etter årstall for prøvetakingen. Alle analyser fra felt 1995, 2000, 2005, 2011 og 2015 er plottet med svarte streksymboler. Analysene fra 2020 (røde streksymboler), er gjennomført etter konge vann-ekstraksjon (mot tidligere år HNO₃-ekstraksjon). Som nevnt tidligere ble det valgt å prioritere rik prøvefangst i «år 0» og omfattende analyser på disse prøvene foran å følge analyseprotokollen fra tidligere år. Når det foreligger analysedata for HNO₃-ekstraksjon på prøveserien fra 2020 vil datagrunnlaget for å vurdere trend utover perioden 1995-2015 være bedre, her kan vi bare gi indikasjoner på endring i 2020 basert på repeterte analyser av tre humusprøver fra 2005, analysert også i 2011 og 2015 sammenliknet med 2020-prøvene etter ekstraksjon i konge vann.

Verdiene for de tre gamle humusprøvenes HNO₃-analyser er vist i b)-delen av figurene i det følgende, og i Tabell 5.1 under er analyseverdier for konge vannsoppslutninger sammenstilt med de tre tidligere analyser basert på HNO₃-oppslutning. For hvert grunnstoff er hver av de tre prøvenes analyseverdi for konge vannsoppslutning (symbolisert AR for «Aqua regia») sammenliknet med median for HNO₃-analysene fra 2005, 2011 og 2015. Forskjellen i konsentrasjon mellom HNO₃ og AR er angitt i % av HNO₃-verdien, og gjennomsnittlig forskjell er vist i siste kolonne. Tallene i AR-kolonnene er grønne hvis verdien er lavere enn den minste av HNO₃-verdiene, røde hvis de overskrider høyeste verdi. Der AR-verdi er utenfor området 'gjennomsnitt ± 2*standardavvik' er tallet venstre-, hhv høyrejustert i kolonnen. I første kolonne er gitt en vurdering av resultatene for disse 3 prøvene i form av fargekode for det enkelte grunnstoff. Svart font markerer ingen betydelig endring, eller ingen klare resultater. Grønn antyder at AR er svakere enn HNO₃, og rød at AR er sterkere som ekstraksjonsvæske enn HNO₃ i disse 3 humusprøvene.

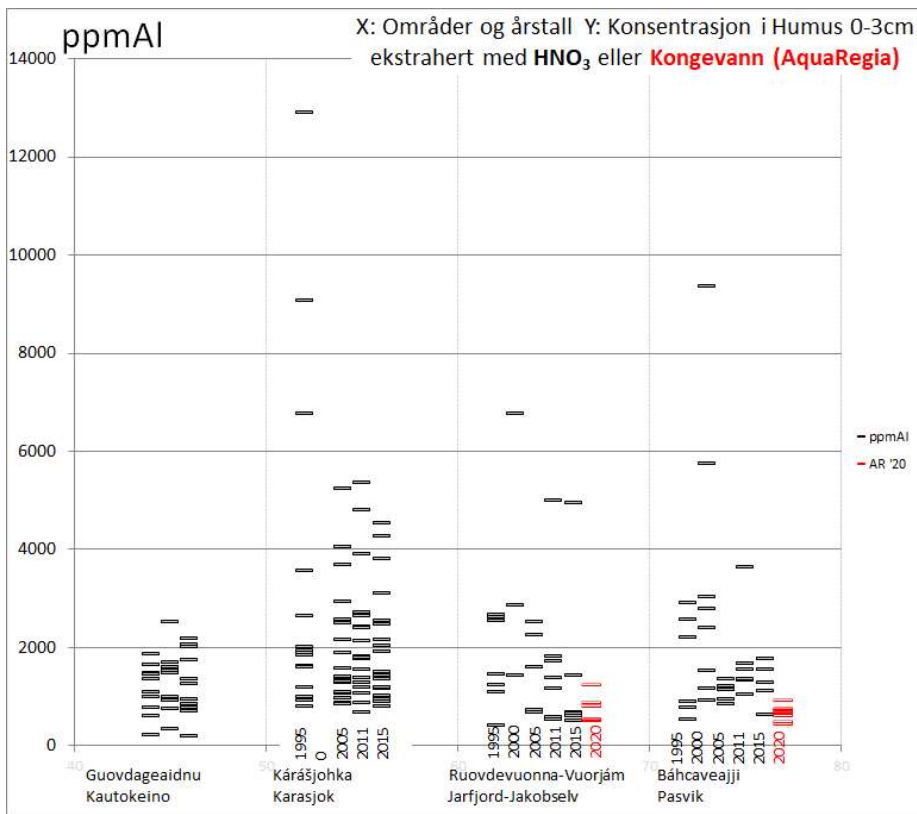
Noen steder er det benyttet konsentrasjonsenheten ppm (parts per million) i stedet for SI-enheten mg/kg; enten fordi det er plassbesparende eller fordi enkelte dataprogrammer ikke tillater spesialtegn i variabelnavn.

Tabell 5.1: Sammenligning av oppslutning av humusprøver med HNO_3 vs. kongevann¹⁾

Prøve Element	median	1014D	AR- HNO_3	median	1034	AR- HNO_3	median	1039	AR- HNO_3	AR- HNO_3
	HNO_3	AR	%	HNO_3	AR	%	HNO_3	AR	%	gj.snitt %
ppmAl	1410	1137	-19	735	598	-19	946	817	-14	-17
ppmAs	2.0	0.4	-79	2.0	3.1	53	2.0	2.5	26	0
ppmBa	106.0	112.2	6	49.7	43.94	-12	43.6	40.04	-8	-5
ppmCa	3690	3661	-1	3660	3135	-14	2930	2516	-14	-10
ppmCd	0.2	0.28	33	0.4	0.41	-7	0.2	0.28	23	16
ppmCo	2.4	2.57	9	4.5	4.72	5	4.0	4.23	6	7
ppmCr	10.3	12.33	20	3.0	4.51	50	3.3	4.55	38	36
ppmCu	11.2	11.14	0	86.3	83.91	-3	81.0	84.63	4	0
ppmFe	2490	2701	8	1410	1941	38	1670	1942	16	21
ppmK	856	930	9	888	839	-5	889	928	4	3
ppmLa	2.0	1.24	-38	0.8	0.67	-19	0.7	0.57	-15	-24
ppmMg	1260	1116	-11	1080	1008	-7	712	653	-8	-9
ppmMn	554	713.0	29	115	103.5	-10	234	243.5	4	8
ppmNi	9.7	9.52	-2	125.0	127.7	2	102.0	113.9	12	4
ppmP	758	844.3	11	737	697.5	-5	809	788.0	-3	1
ppmPb	15.1	15.22	1	18.7	16.02	-14	28.5	25.21	-12	-8
ppmSc	0.63	0.33	-48	0.28	0.20	-29	0.32	0.19	-40	-39
ppmSr	23.9	20.66	-14	25.3	19.82	-22	16.3	12.05	-26	-20
ppmTi	254	163.92	-35	73.1	65.18	-11	99.5	79.20	-20	-22
ppmV	8.4	8.36	0	3.8	3.45	-9	4.5	4.70	4	-2
ppmZn	71.9	78.85	10	55.0	46.42	-16	58.3	57.30	-2	-3
ppmHg	0.11	0.14	31	0.20	0.21	6	0.18	0.22	23	20
%Svovel	0.13	0.10	-23	0.17	0.15	-11	0.15	0.13	-7	-14

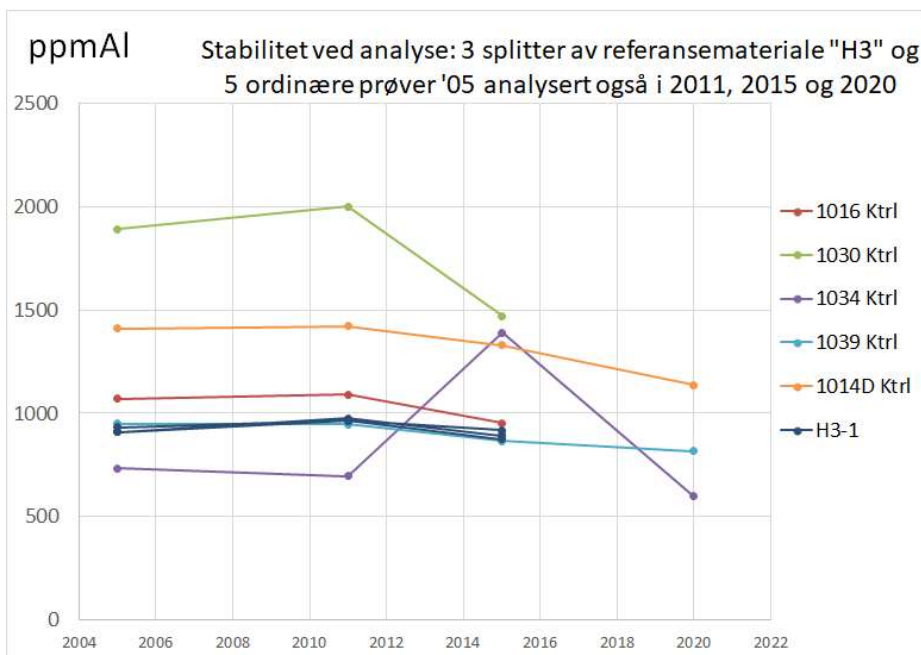
¹⁾Repeterte analyser for tre humusprøver etter HNO_3 -ekstraksjon (svovel vha. forbrenningsteknikk - LECO) og analyser av de samme tre prøver ekstrahert med kongevann. Forklaring i teksten ovenfor.

5.2.1 Aluminium (Al) – trend siden 1995.



(a) viser konsentrasjonene som streker i fire «klaser» som representerer områdene Kautokeino (4), Karasjok (3) Jarfjord-Jakobselv (2) og Pasvik (1). Tallene i parentes viser områdenummer i kartet i **Figur 3.2**.

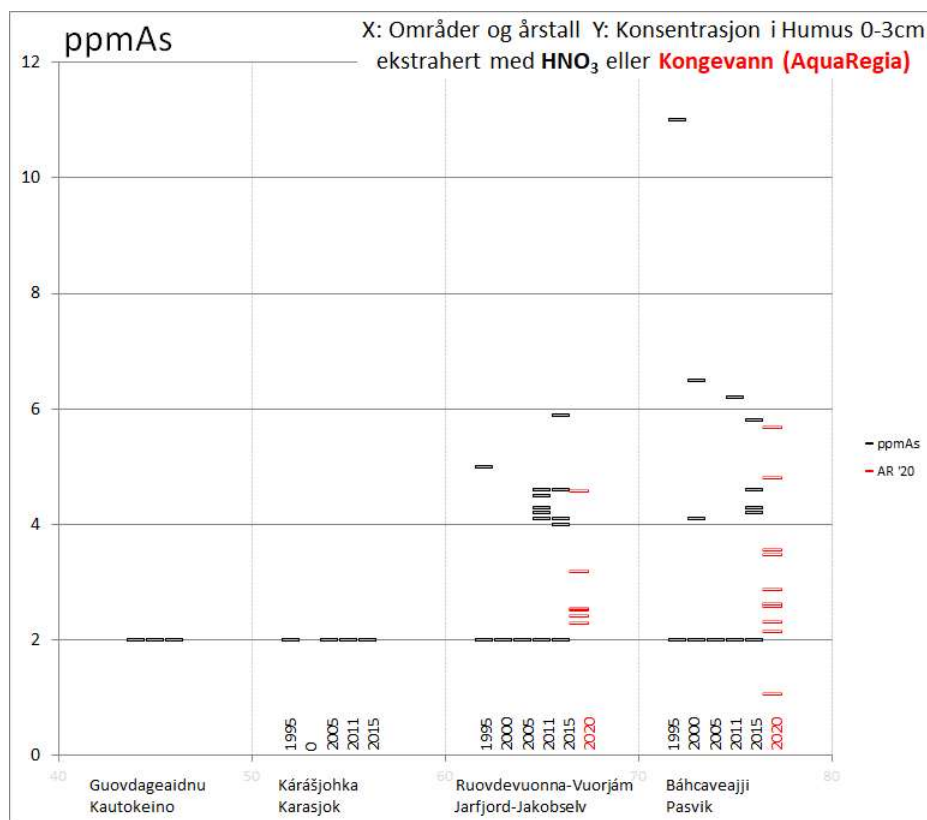
Innenfor hvert av områdene er prøvetakingsår (1995-2000-2005-2011-2016-2020¹⁾) inntegnet for de 3-6 vertikale kolonnene med målepunkter.



(b) viser resultat for kontrollprøver (dvs. ny oppslutning og analyse av opptil seks utvalgte, siktede humusprøver for årene 2005, 2011, 2015 og nå 2020¹⁾).

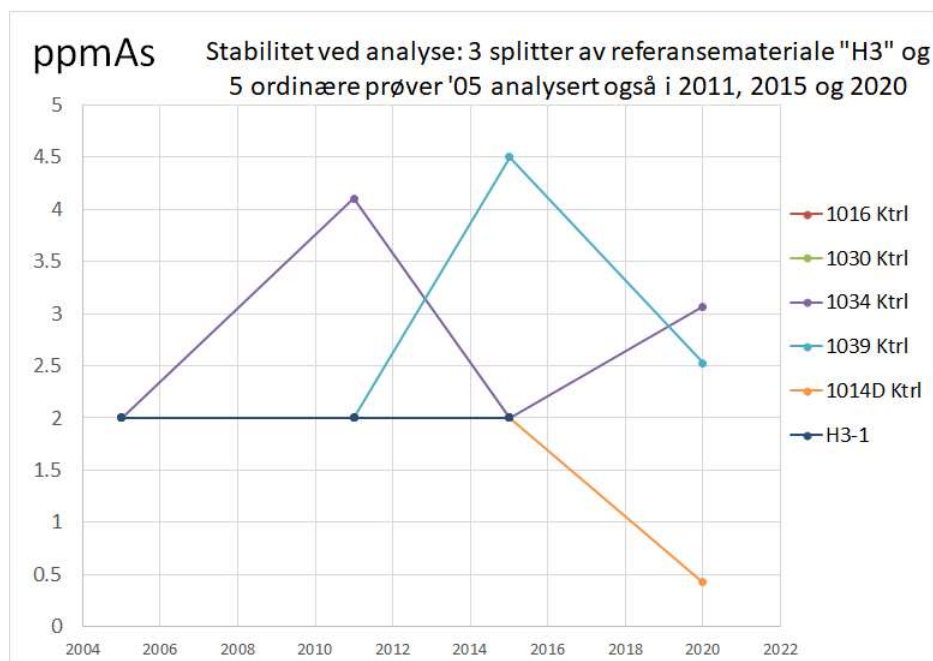
Figur 5.19: (a) Utvikling i konsentrasjoner av Al (mg/kg) i Øvre humussjikt i fire områder i Finnmark i perioden 1995-2020 (b) Viser kontrollprøver for måleserien. ¹⁾Totalopplutning av jord 2020 er gjort med kongevann (a.r. - aqua regia), mens de foregående er gjort med salpetersyre; se kapittel 5.2.

5.2.2 Arsen (As) – trend siden 1995.



(a) viser konsentrasjonene som streker i fire «klaser» som representerer områdene Kautokeino (4), Karasjok (3) Jarfjord-Jakobselv (2) og Pasvik (1). Tallene i parentes viser områdenummer i kartet i **Figur 3.2**.

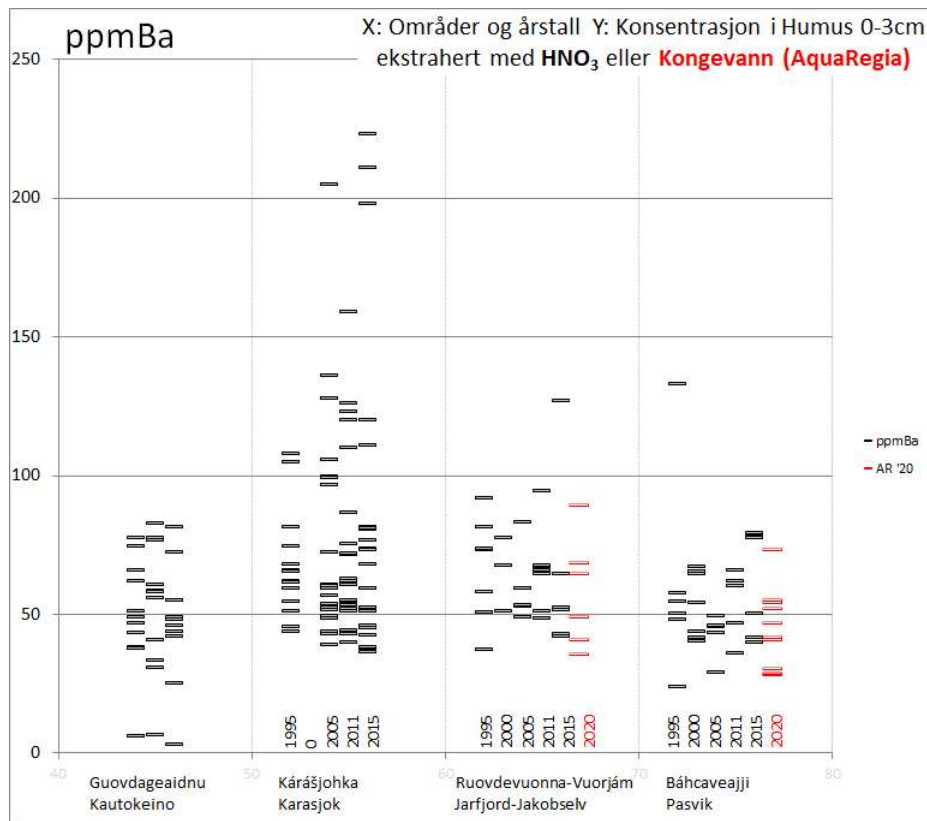
Innenfor hvert av områdene er prøvetakingsår (1995-2000-2005-2011-2016-2020¹⁾) inntegnet for de 3-6 vertikale kolonnene med målepunkter.



(b) viser resultat for kontrollprøver (dvs. ny oppslutning og analyse av opptil seks utvalgte, siktede humusprøver for årene 2005, 2011, 2015 og nå 2020¹⁾).

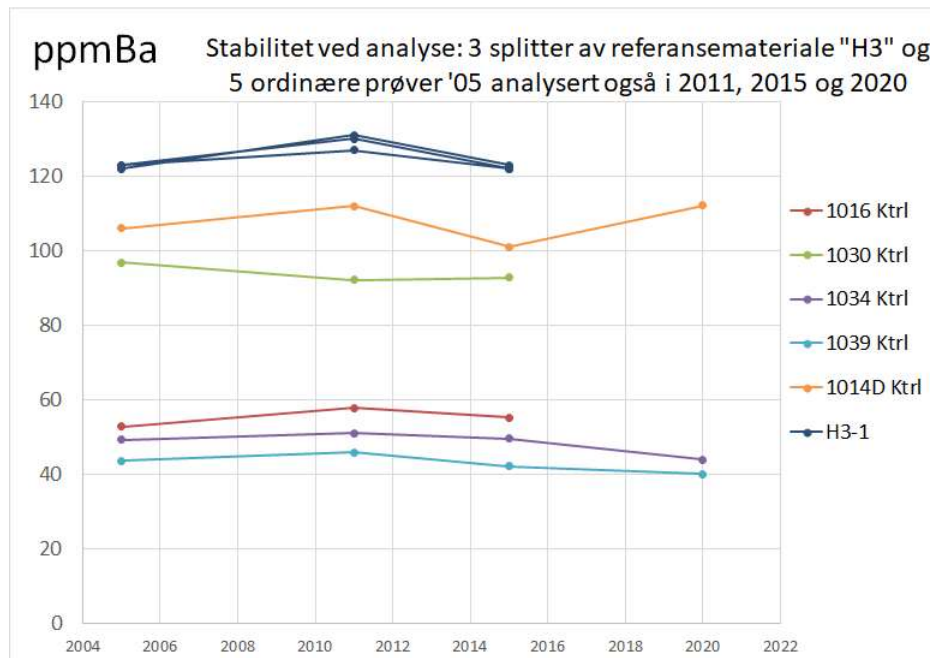
Figur 5.20: (a) Utvikling i konsentrasjoner av As (mg/kg) i Øvre humussjikt i fire områder i Finnmark i perioden 1995-2020 (b) Viser kontrollprøver for måleserien. ¹⁾Totaloppslutning av jord 2020 er gjort med konge vann (a.r. - aqua regia), mens de foregående er gjort med salpetersyre; se kapittel 5.2.

5.2.3 Barium (Ba) – trend siden 1995.



(a) viser konsentrasjonene som streker i fire «klaser» som representerer områdene Kautokeino (4), Karasjok (3) Jarfjord-Jakobselv (2) og Pasvik (1). Tallene i parentes viser områdenummer i kartet i **Figur 3.2**.

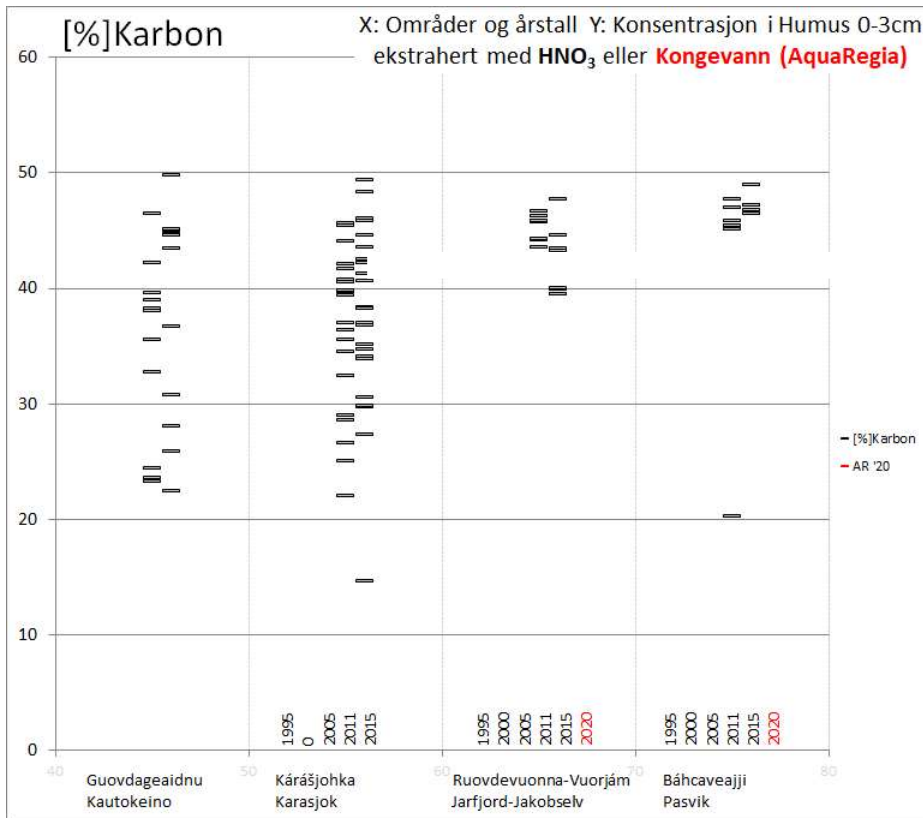
Innenfor hvert av områdene er prøvetakingsår (1995-2000-2005-2011-2016-2020¹⁾) inntegnet for de 3-6 vertikale kolonnene med målepunkter.



(b) viser resultat for kontrollprøver (dvs. ny opplutning og analyse av opptil seks utvalgte, siktede humusprøver for årene 2005, 2011, 2015 og nå 2020¹⁾).

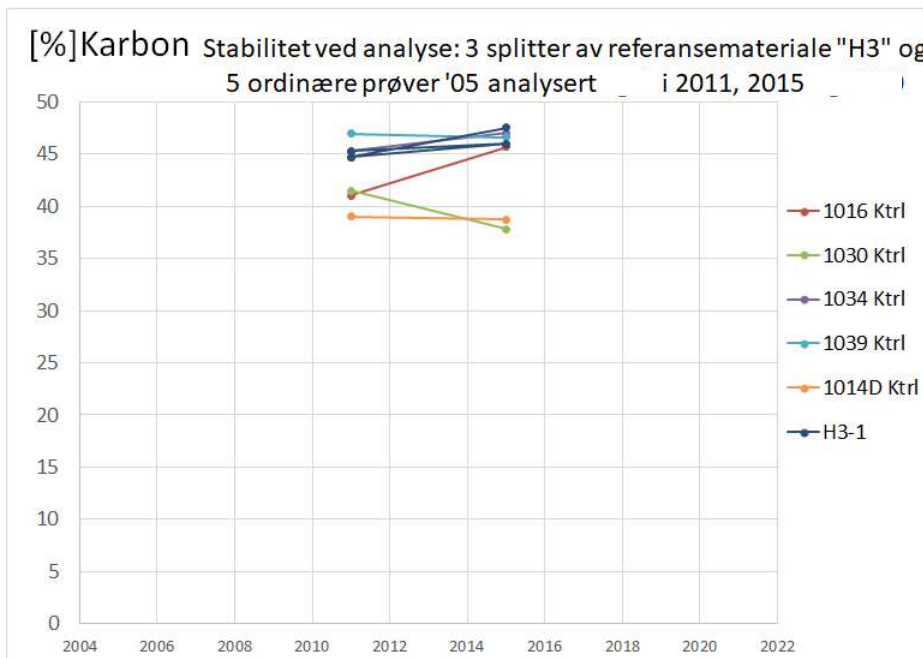
Figur 5.21: (a) Utvikling i konsentrasjoner av Ba (mg/kg) i Øvre humussjikt i fire områder i Finnmark i perioden 1995-2020 (b) Viser kontrollprøver for måleserien. ¹⁾Totalopplutning av jord 2020 er gjort med kongevann (a.r. - aqua regia), mens de foregående er gjort med salpetersyre; se kapittel 5.2.

5.2.4 Karbon (C%) – trend siden 1995.



(a) viser prosentandel C som streker i fire «klaser» som representerer områdene Kautokeino (4), Karasjok (3) Jarfjord-Jakobselv (2) og Pasvik (1). Tallene i parentes viser områdenummer i kartet i Figur 3.2.

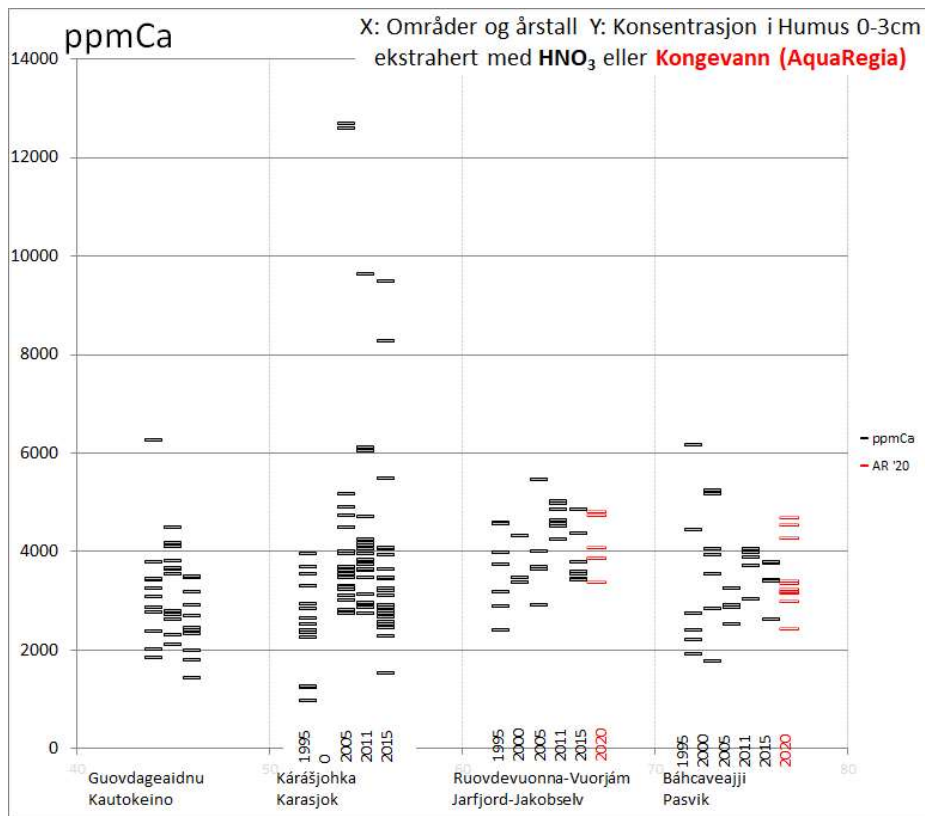
Innenfor hvert av områdene er prøvetakingsår (1995-2000-2005-2011-2016-2020¹⁾) inntegnet for de 3-6 vertikale kolonnene med målepunkter.



(b) viser resultat for kontrollprøver (dvs. ny opplutning og analyse av opptil seks utvalgte, siktede humusprøver for årene 2005, 2011, 2015 og nå 2020¹⁾). Analyser av C foreligger ikke for 2020

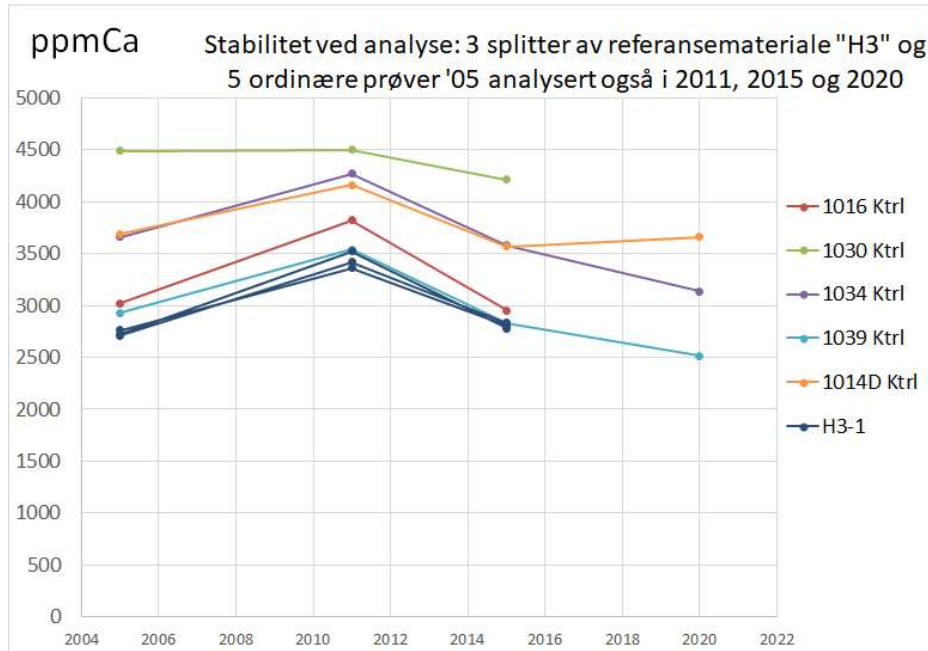
Figur 5.22: (a) Utvikling i prosentandel karbon (C) i Øvre humussjikt i fire områder i Finnmark i perioden 1995-2020 (b) Viser kontrollprøver for måleserien. ¹⁾Totalopplutning av jord 2020 er gjort med kongevann (a.r. - aqua regia), mens de foregående er gjort med salpetersyre; se kapittel 5.2.

5.2.5 Kalsium (Ca) – trend siden 1995.



(a) viser konsentrasjonene som streker i fire «klaser» som representerer områdene Kautokeino (4), Karasjok (3) Jarfjord-Jakobselv (2) og Pasvik (1). Tallene i parentes viser områdenummer i kartet i **Figur 3.2**.

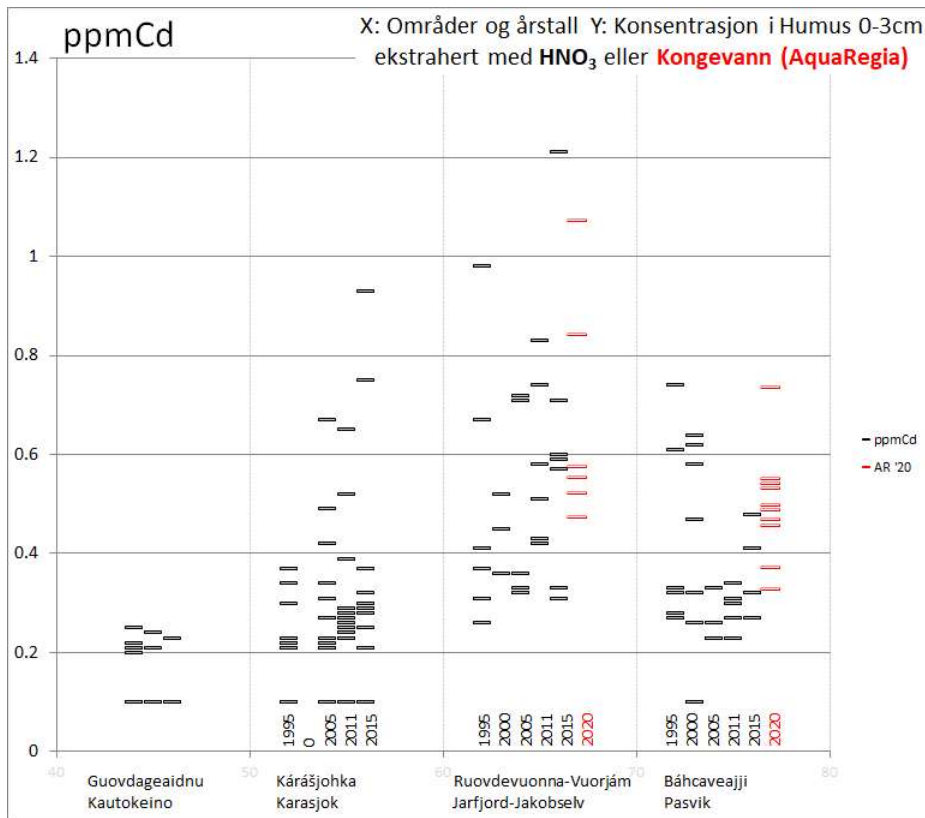
Innenfor hvert av områdene er prøvetakingsår (1995-2000-2005-2011-2016-2020¹⁾) inntegnet for de 3-6 vertikale kolonnene med målepunkter.



(b) viser resultat for kontrollprøver (dvs. ny oppslutning og analyse av opptil seks utvalgte, siktede humusprøver for årene 2005, 2011, 2015 og nå 2020¹⁾).

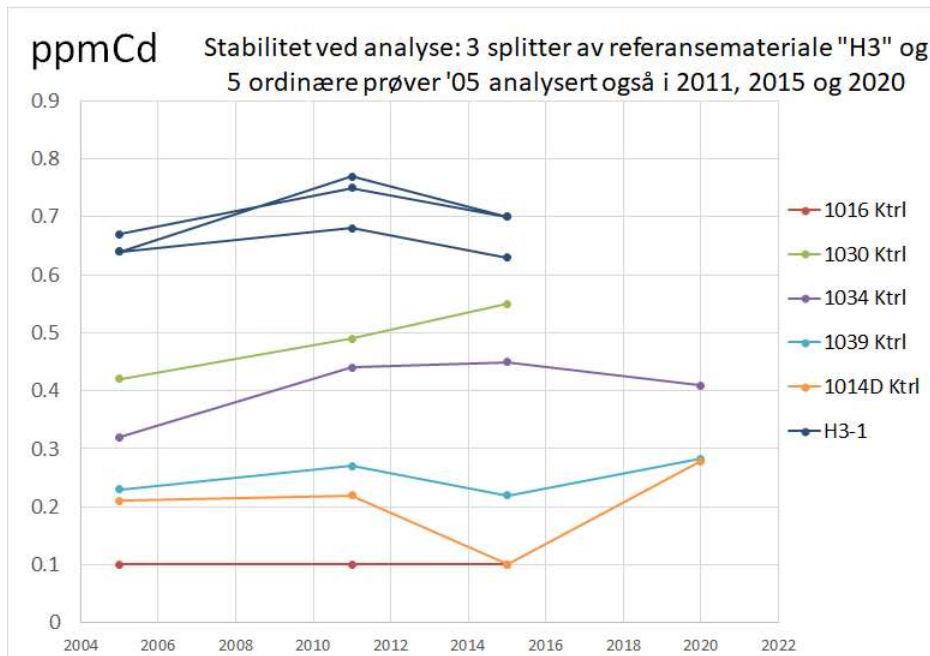
Figur 5.23: (a) Utvikling i konsentrasjoner av Ca (mg/kg) i Øvre humussjikt i fire områder i Finnmark i perioden 1995-2020 (b) Viser kontrollprøver for måleserien. ¹⁾Totaloppslutning av jord 2020 er gjort med kongevann (a.r. - aqua regia), mens de foregående er gjort med salpetersyre; se kapittel 5.2.

5.2.6 Kadmium (Cd) – trend siden 1995.



(a) viser konsentrasjonene som streker i fire «klaser» som representerer områdene Kautokeino (4), Karasjok (3) Jarfjord-Jakobselv (2) og Pasvik (1). Tallene i parentes viser områdenummer i kartet i **Figur 3.2**.

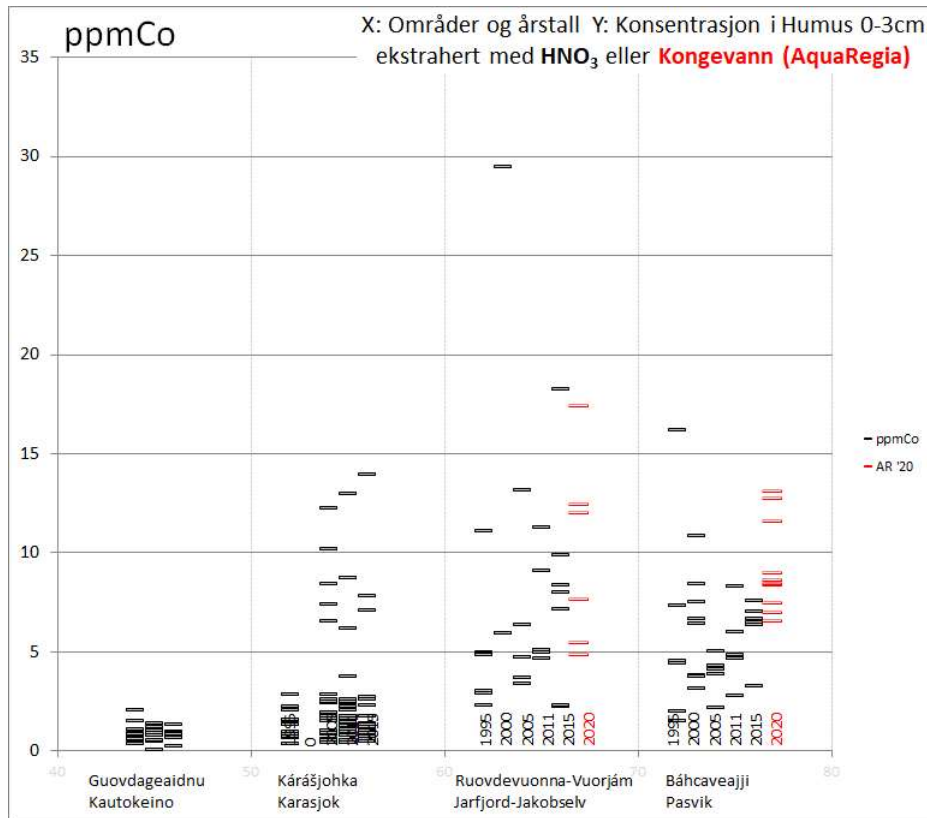
Innenfor hvert av områdene er prøvetakingsår (1995-2000-2005-2011-2016-2020¹⁾) inntegnet for de 3-6 vertikale kolonnene med målepunkter.



(b) viser resultat for kontrollprøver (dvs. ny oppslutning og analyse av opptil seks utvalgte, siktede humusprøver for årene 2005, 2011, 2015 og nå 2020¹⁾).

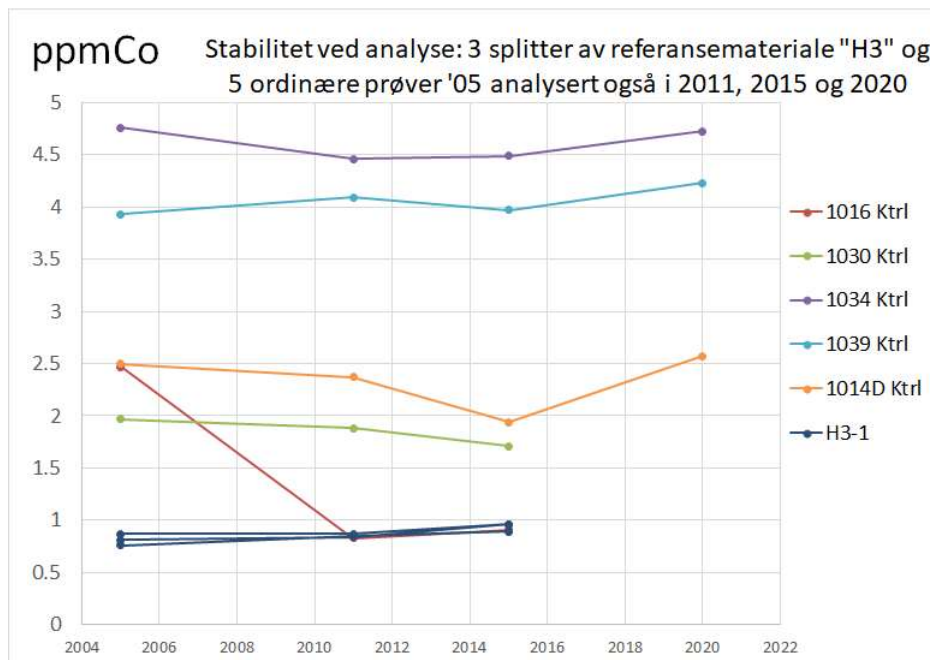
Figur 5.24: (a) Utvikling i konsentrasjoner av Cd (mg/kg) i Øvre humussjikt i fire områder i Finnmark i perioden 1995-2020 (b) Viser kontrollprøver for måleserien. ¹⁾Totaloppslutning av jord 2020 er gjort med kongevann (a.r. - aqua regia), mens de foregående er gjort med salpetersyre; se kapittel 5.2.

5.2.7 Kobolt (Co) trend siden 1995



(a) viser konsentrasjonene som streker i fire «klaser» som representerer områdene Kautokeino (4), Karasjok (3) Jarfjord-Jakobselv (2) og Pasvik (1). Tallene i parentes viser områdenummer i kartet i **Figur 3.2**.

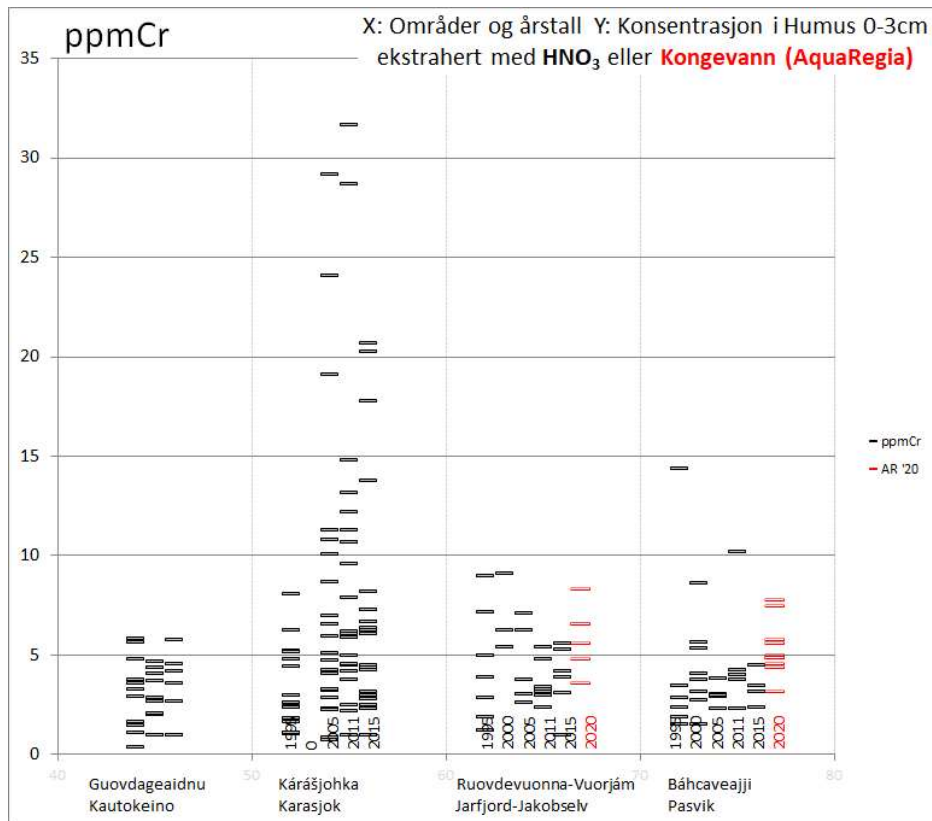
Innenfor hvert av områdene er prøvetakingsår (1995-2000-2005-2011-2016-2020¹⁾) inntegnet for de 3-6 vertikale kolonnene med målepunkter.



(b) viser resultat for kontrollprøver for måleserien. ¹⁾Totaloppløsning av jord 2020 er gjort med kongevann (a.r. - aqua regia), mens de foregående er gjort med salpetersyre; se kapittel 5.2.

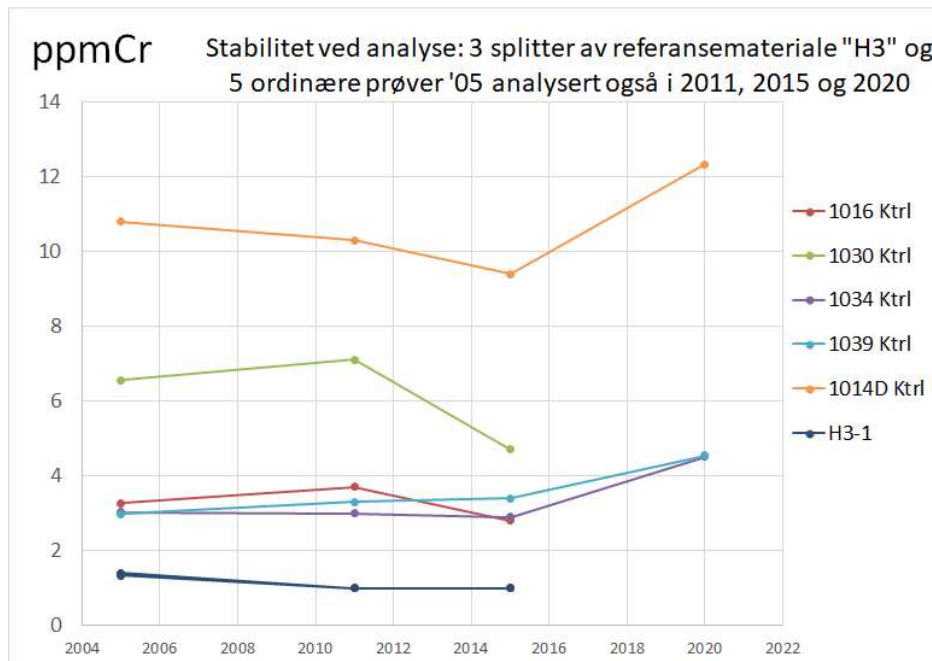
Figur 5.25: (a) Utvikling i konsentrasjoner av Al (mg/kg) i Øvre humussjikt i fire områder i Finnmark i perioden 1995-2020 (b) Viser kontrollprøver for måleserien. ¹⁾Totaloppløsning av jord 2020 er gjort med kongevann (a.r. - aqua regia), mens de foregående er gjort med salpetersyre; se kapittel 5.2.

5.2.8 Krom (Cr) – trend siden 1995.



(a) viser konsentrasjonene som streker i fire «klaser» som representerer områdene Kautokeino (4), Karasjok (3) Jarfjord-Jakobselv (2) og Pasvik (1). Tallene i parentes viser områdenummer i kartet i **Figur 3.2**.

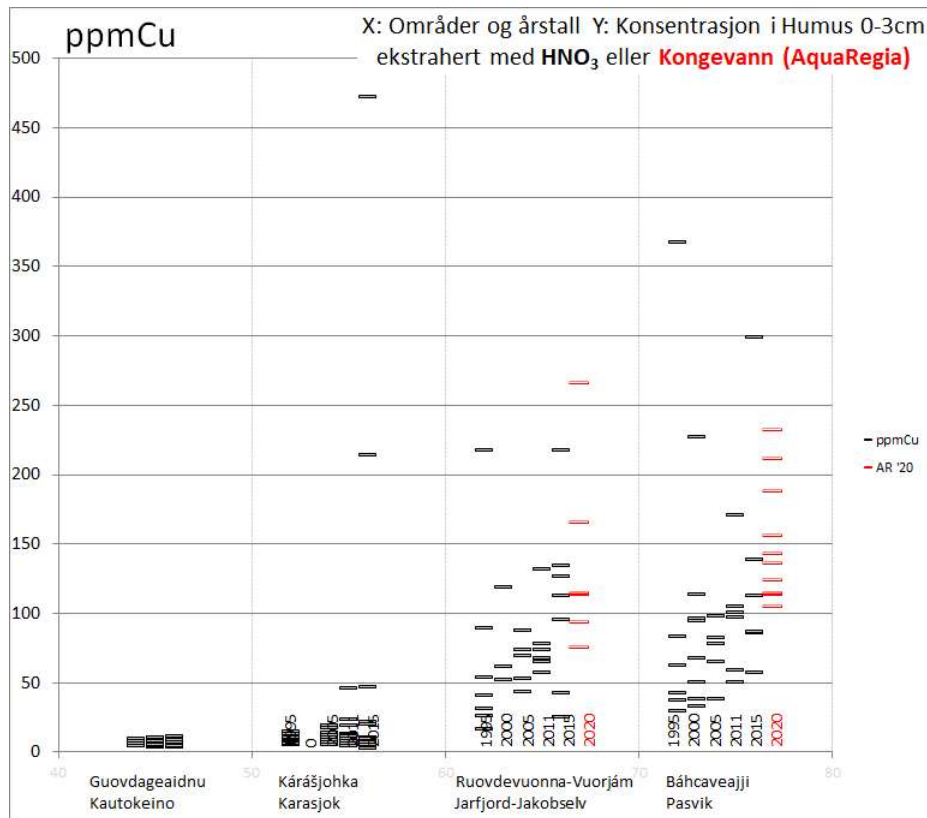
Innenfor hvert av områdene er prøvetakingsår (1995-2000-2005-2011-2016-2020¹⁾) inntegnet for de 3-6 vertikale kolonnene med målepunkter.



(b) viser resultat for kontrollprøver (dvs. ny oppslutning og analyse av opptil seks utvalgte, siktede humusprøver for årene 2005, 2011, 2015 og nå 2020¹⁾).

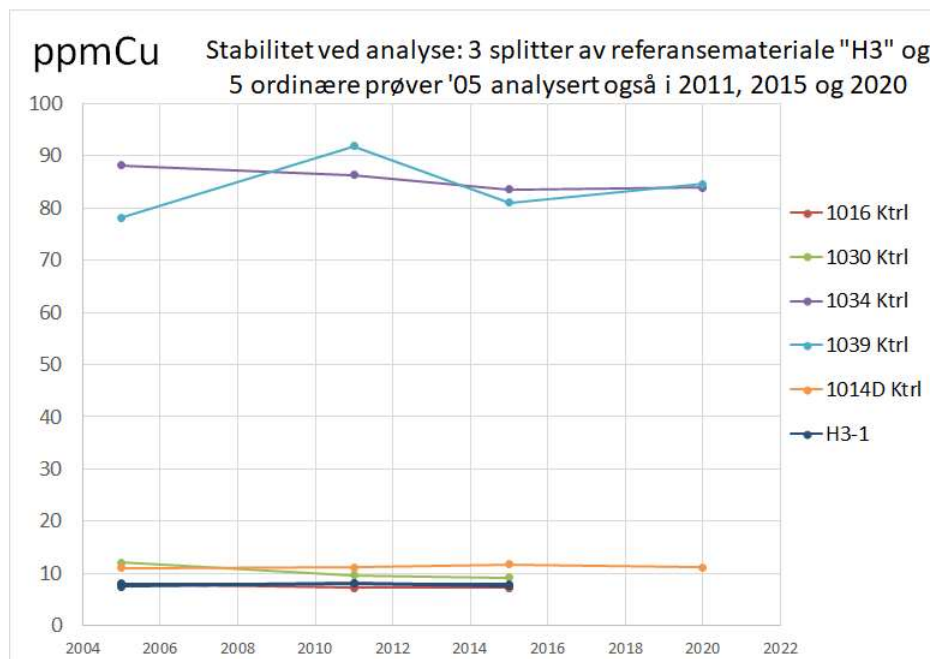
Figur 5.26: (a) Utvikling i konsentrasjoner av Cr (mg/kg) i Øvre humussjikt i fire områder i Finnmark i perioden 1995-2020 (b) Viser kontrollprøver for måleserien. ¹⁾Totalopplutning av jord 2020 er gjort med kongevann (a.r. - aqua regia), mens de foregående er gjort med salpetersyre; se kapittel 5.2.

5.2.9 Kobber (Cu) – trend siden 1995.



(a) viser konsentrasjonene som streker i fire «klaser» som representerer områdene Kautokeino (4), Karasjok (3) Jarfjord-Jakobselv (2) og Pasvik (1). Tallene i parentes viser områdenummer i kartet i **Figur 3.2**.

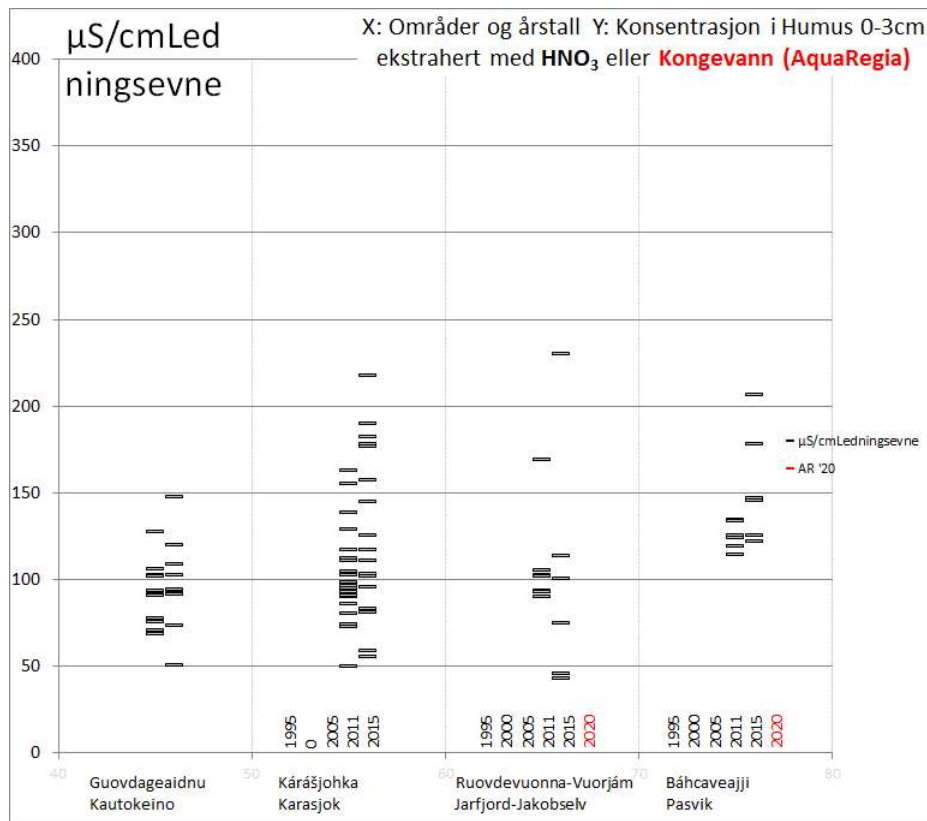
Innenfor hvert av områdene er prøvetakingsår (1995-2000-2005-2011-2016-2020¹⁾) inntegnet for de 3-6 vertikale kolonnene med målepunkter.



(b) viser resultat for kontrollprøver (dvs. ny oppslutning og analyse av opptil seks utvalgte, siktede humusprøver for årene 2005, 2011, 2015 og nå 2020¹⁾).

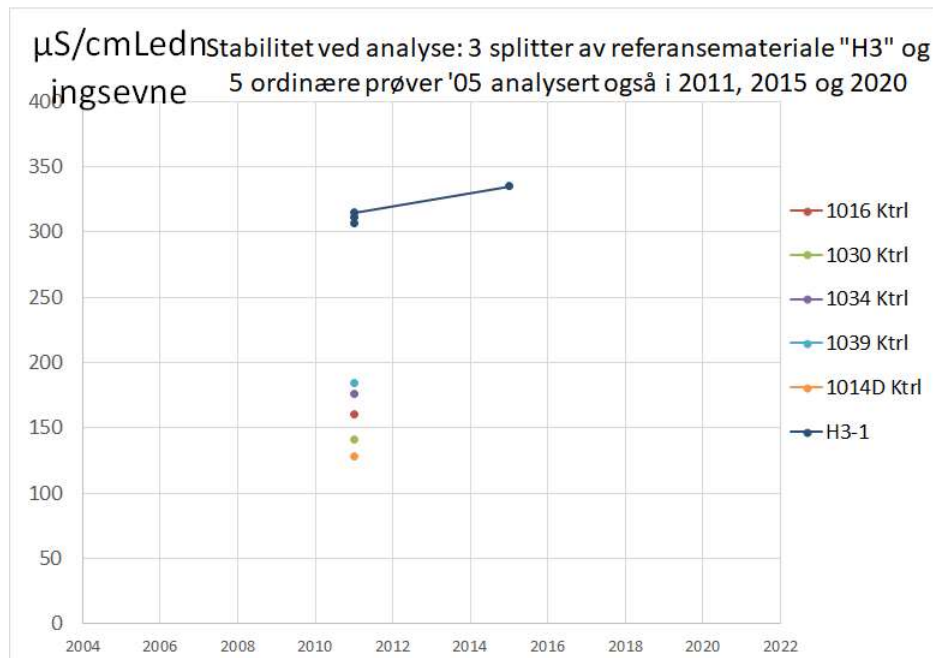
Figur 5.27: (a) Utvikling i konsentrasjoner av Cu (mg/kg) i Øvre humussjikt i fire områder i Finnmark i perioden 1995-2020 (b) Viser kontrollprøver for måleserien. ¹⁾Totaloppslutning av jord 2020 er gjort med kongevann (a.r. - aqua regia), mens de foregående er gjort med salpetersyre; se kapittel 5.2.

5.2.10 Elektriske ledningsevne (Konduktivitet) – trend siden 1995.



(a) viser måleverdier etter vannoppslemming som streker i fire «klaser» som representerer områdene Kautokeino (4), Karasjok (3) Jarfjord-Jakobselv (2) og Pasvik (1). Tallene i parentes viser områdenummer i kartet i **Figur 3.2**.

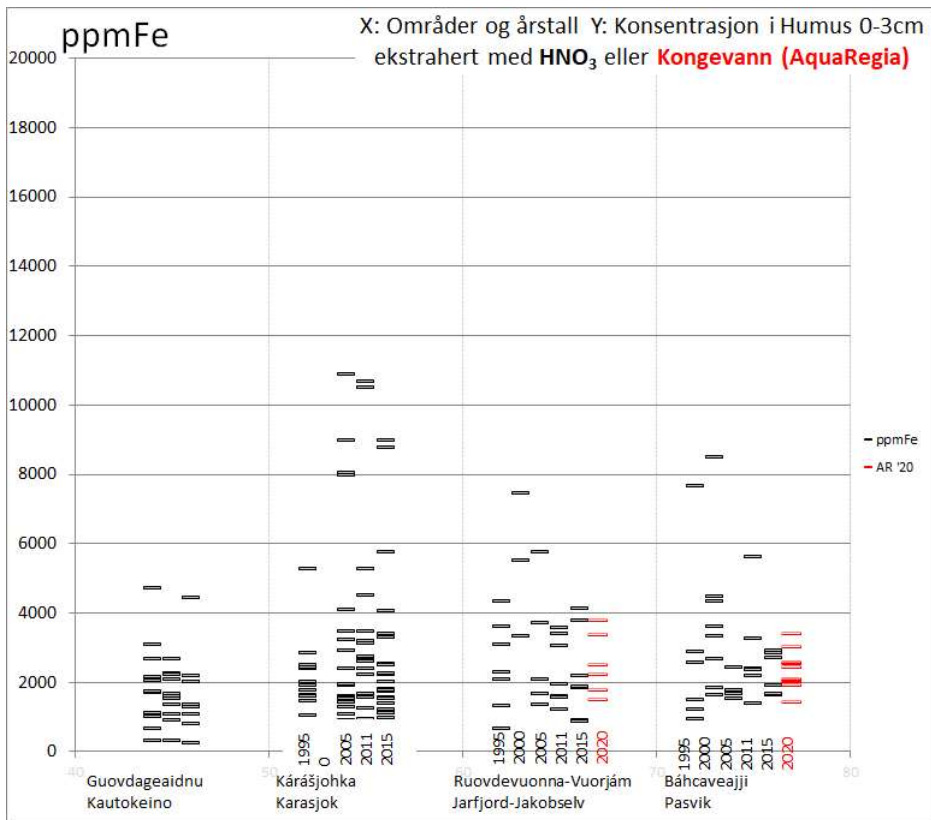
Innenfor hvert av områdene er prøvetakingsår (1995-2000-2005-2011-2016-2020¹⁾) inntegnet for de 3-6 vertikale kolonnene med målepunkter.



(b) viser resultat for kontrollprøver (dvs. ny opplutning og analyse av opptil seks utvalgte, siktede humusprøver for årene 2005, 2011, 2015 og nå 2020¹⁾). Ledningsevne målinger foreligger ikke for 2020

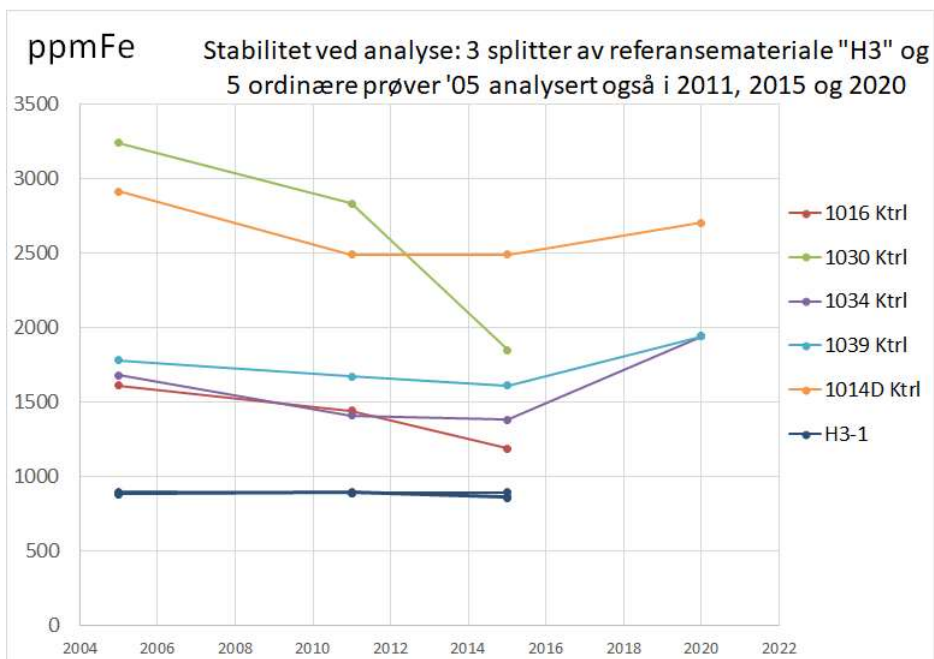
Figur 5.28: (a) Utvikling i Elektrisk ledningsevne i Øvre humussjikt i fire områder i Finnmark i perioden 1995-2015 (ikke målt i 2020). (b) Viser kontrollprøver for måleserien.

5.2.11 Jern (Fe) trend siden 1995.



(a) viser konsentrasjonene som streker i fire «klaser» som representerer områdene Kautokeino (4), Karasjok (3) Jarfjord-Jakobselv (2) og Pasvik (1). Tallene i parentes viser områdenummer i kartet i **Figur 3.2**.

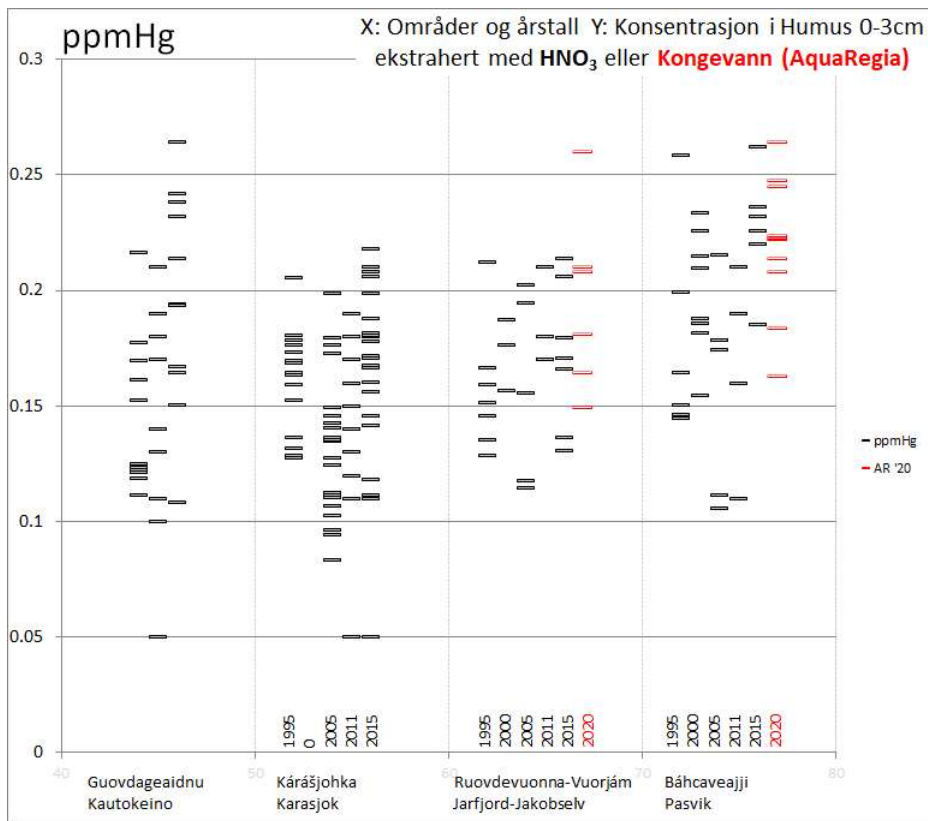
Innenfor hvert av områdene er prøvetakingsår (1995-2000-2005-2011-2016-2020¹⁾) inntegnet for de 3-6 vertikale kolonnene med målepunkter.



(b) viser resultat for kontrollprøver (dvs. ny oppslutning og analyse av opptil seks utvalgte, siktede humusprøver for årene 2005, 2011, 2015 og nå 2020¹⁾).

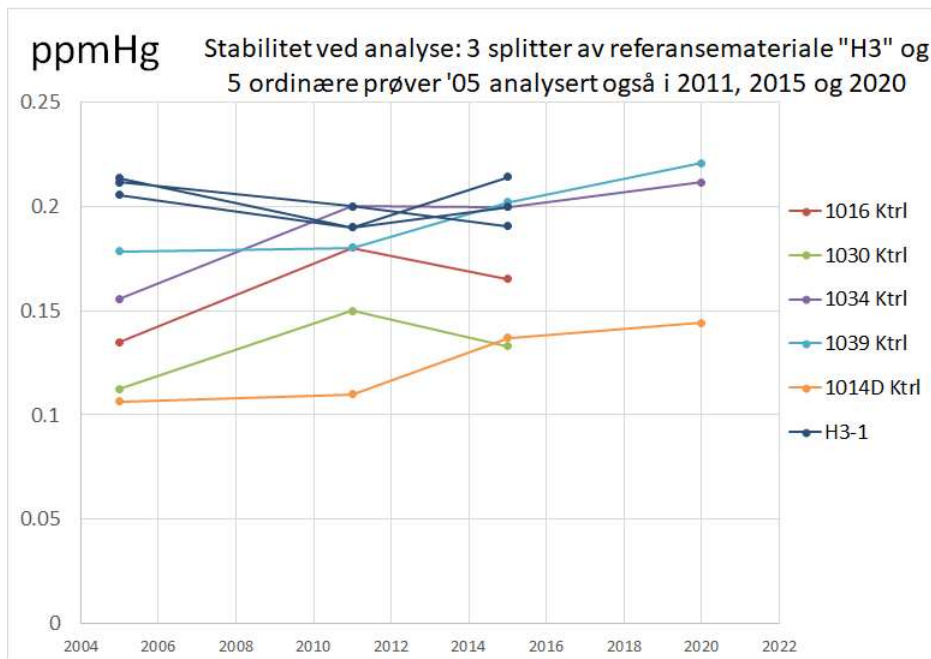
Figur 5.29: (a) Utvikling i konsentrasjoner av Fe (mg/kg) i Øvre humussjikt i fire områder i Finnmark i perioden 1995-2020 (b) Viser kontrollprøver for måleserien. ¹⁾Totaloppklutning av jord 2020 er gjort med kongevann (a.r. - aqua regia), mens de foregående er gjort med salpetersyre; se kapittel 5.2.

5.2.12 Kvikksølv (Hg) – trend siden 1995.



(a) viser konsentrasjonene som streker i fire «klaser» som representerer områdene Kautokeino (4), Karasjok (3) Jarfjord-Jakobselv (2) og Pasvik (1). Tallene i parentes viser områdenummer i kartet i **Figur 3.2**.

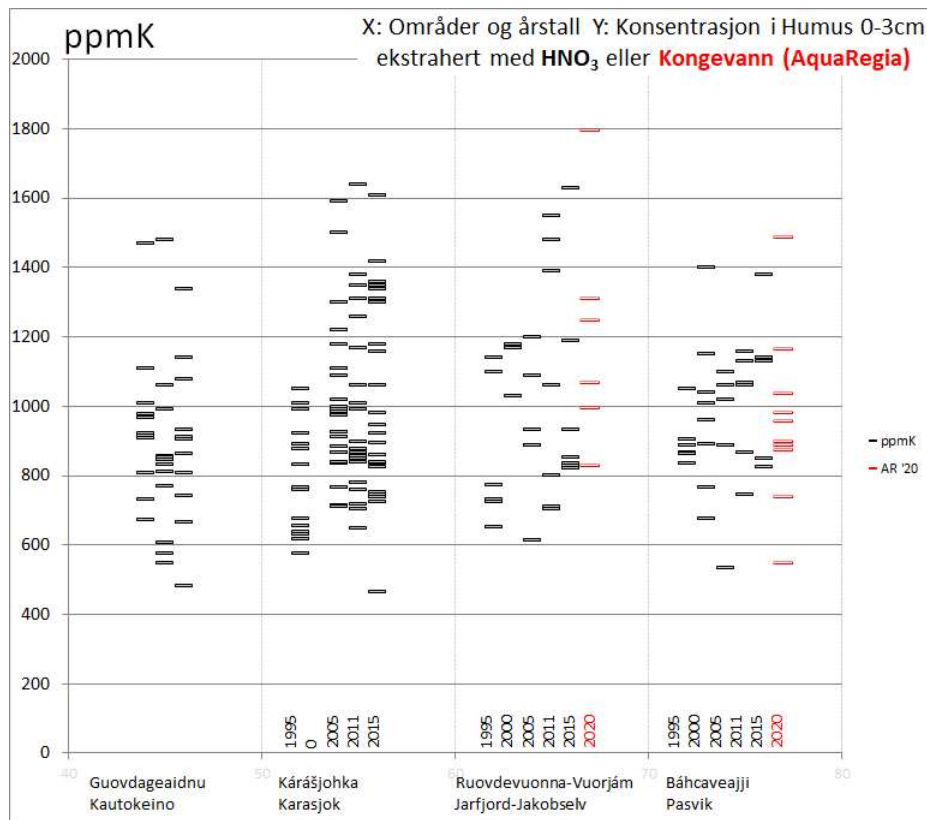
Innenfor hvert av områdene er prøvetakingsår (1995-2000-2005-2011-2016-2020¹⁾) inntegnet for de 3-6 vertikale kolonnene med målepunkter.



(b) viser resultat for kontrollprøver (dvs. ny oppslutning og analyse av opptil seks utvalgte, siktede humusprøver for årene 2005, 2011, 2015 og nå 2020¹⁾).

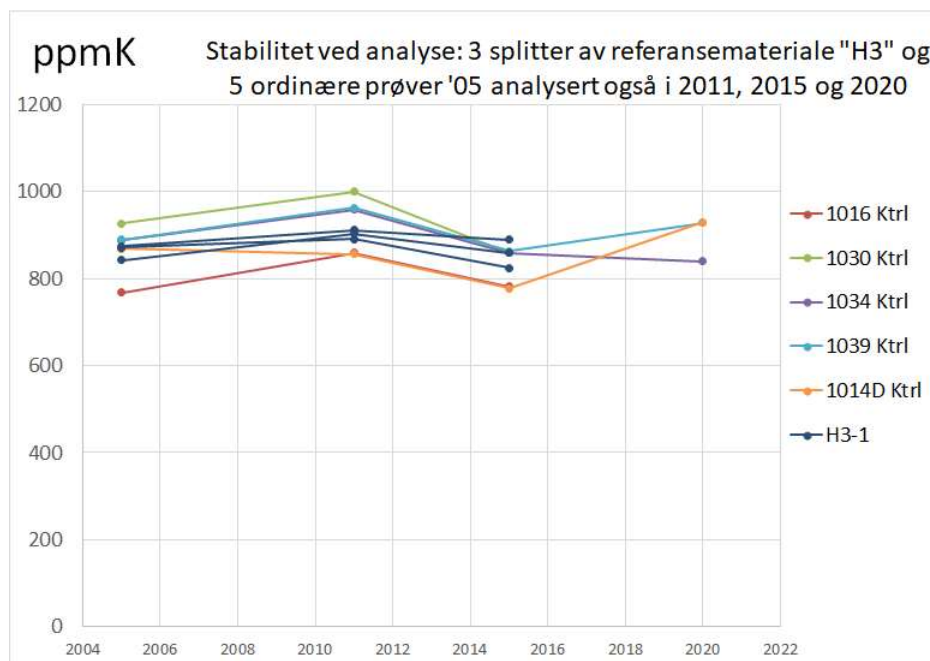
Figur 5.30: (a) Utvikling i konsentrasjoner av Hg (mg/kg) i Øvre humussjikt i fire områder i Finnmark i perioden 1995-2020 (b) Viser kontrollprøver for måleserien. ¹⁾Totaloppslutning av jord 2020 er gjort med kongevann (a.r. - aqua regia), mens de foregående er gjort med salpetersyre; se kapittel 5.2.

5.2.13 Kalium (K) – trend siden 1995.



(a) viser konsentrasjonene som streker i fire «klaser» som representerer områdene Kautokeino (4), Karasjok (3) Jarfjord-Jakobselv (2) og Pasvik (1). Tallene i parentes viser områdenummer i kartet i **Figur 3.2**.

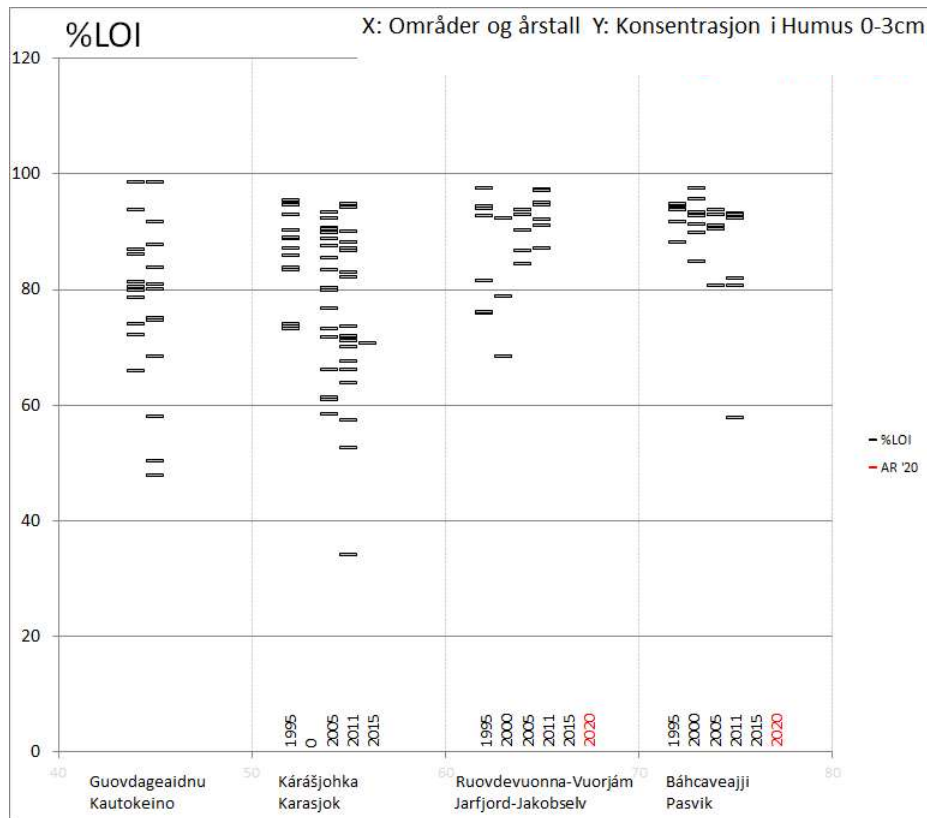
Innenfor hvert av områdene er prøvetakingsår (1995-2000-2005-2011-2016-2020¹⁾) inntegnet for de 3-6 vertikale kolonnene med målepunkter.



(b) viser resultat for kontrollprøver (dvs. ny opplutning og analyse av opptil seks utvalgte, siktede humusprøver for årene 2005, 2011, 2015 og nå 2020¹⁾).

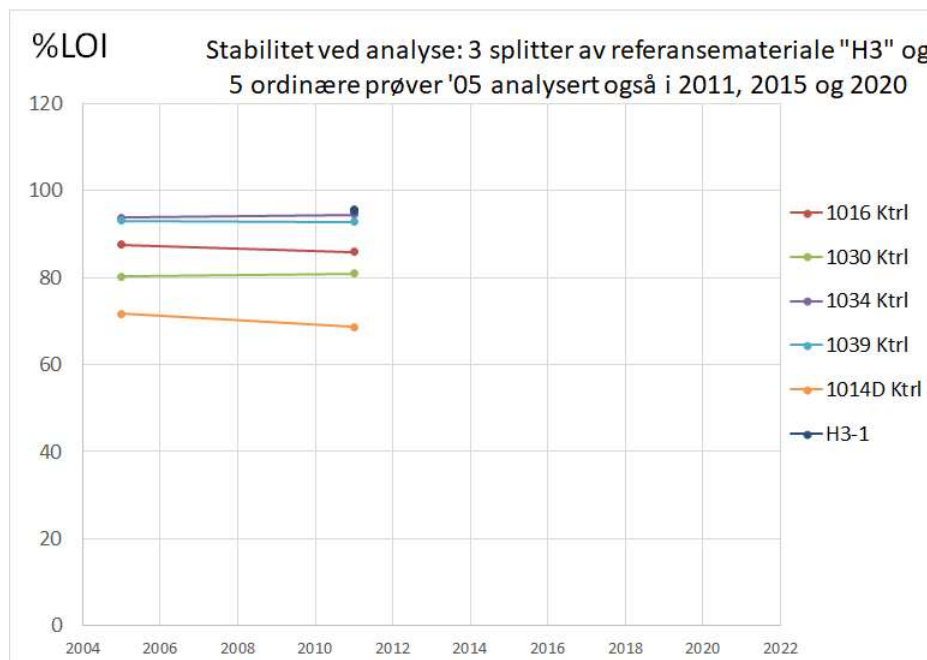
Figur 5.31: (a) Utvikling i konsentrasjoner av Kalium (K) (mg/kg) i Øvre humussjikt i fire områder i Finnmark i perioden 1995-2020 (b) Viser kontrollprøver for måleserien. ¹⁾Totalopplutning av jord 2020 er gjort med kongevann (a.r. - aqua regia), mens de foregående er gjort med salpetersyre; se kapittel 5.2.

5.2.14 Glødetap (%) - «LOI-Loss on Ignition» – 1995-2011.



(a) viser glødetap som streker i fire «klaser» som representerer områdene Kautokeino (4), Karasjok (3) Jarfjord-Jakobselv (2) og Pasvik (1). Tallene i parentes viser områdenummer i kartet i **Figur 3.2**.

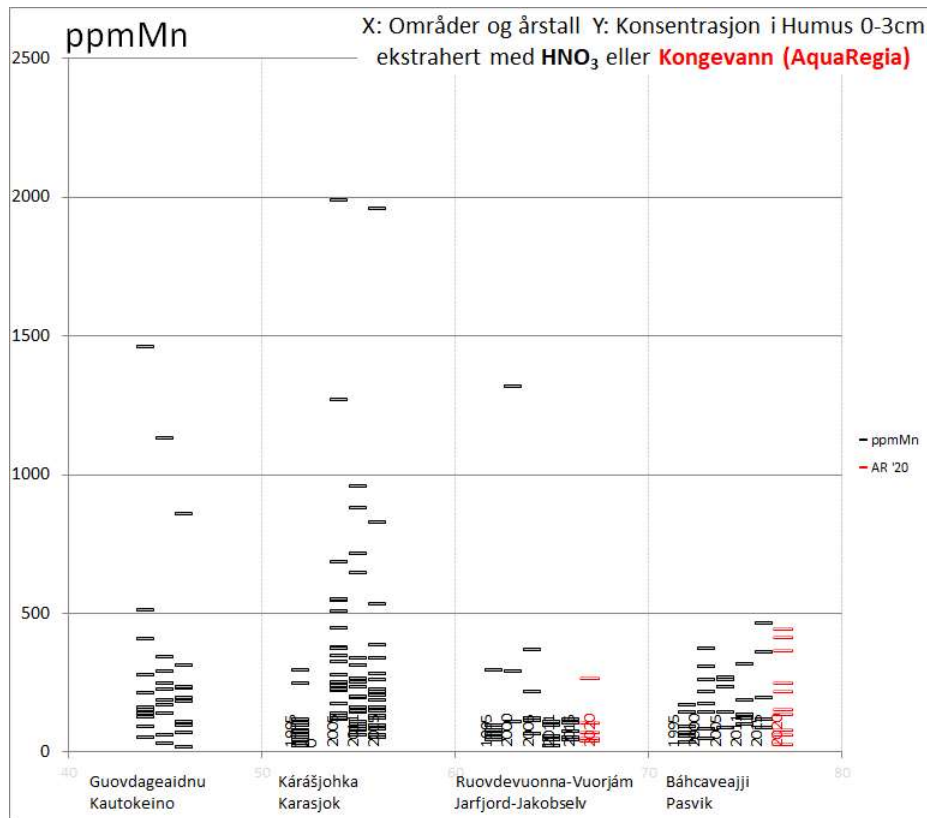
Innenfor hvert av områdene er prøvetakingsår (1995-2000-2005-2011) inntegnet for de 3-6 vertikale kolonnene med målepunkter.



(b) viser resultat for kontrollprøver (dvs. ny oppslutning og analyse av opptil seks utvalgte, siktede humusprøver for årene 2005 og 2011. Måling av glødetap foreligger ikke for 2020

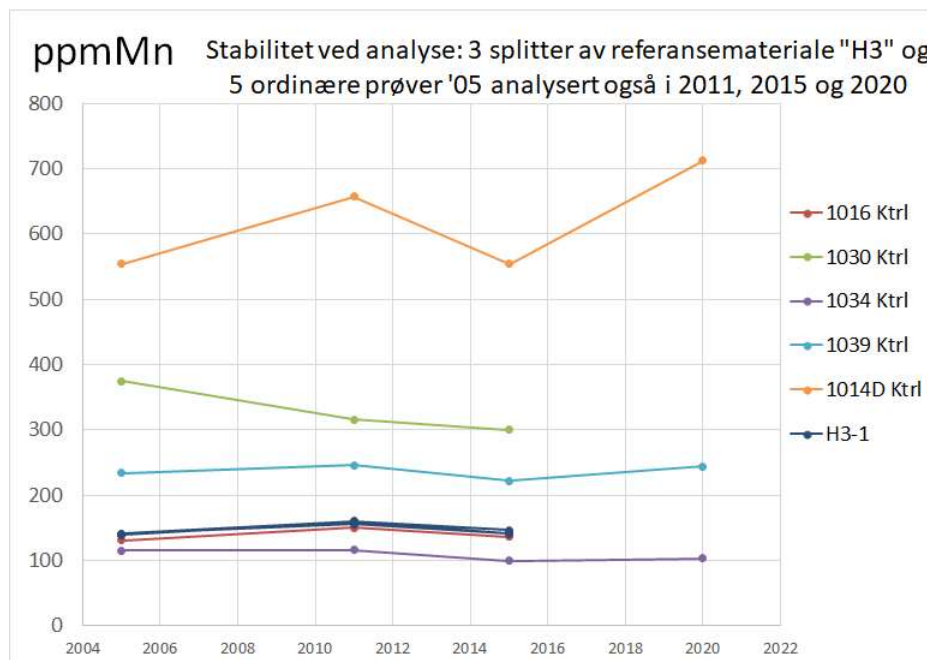
Figur 5.32: (a) Utvikling i glødetap (%) i Øvre humussjikt i fire områder i Finnmark i perioden 1995-2011 (b) Viser kontrollprøver for måleserien.

5.2.15 Mangan (Mn) – trend siden 1995.



(a) viser konsentrasjonene som streker i fire «klaser» som representerer områdene Kautokeino (4), Karasjok (3) Jarfjord-Jakobselv (2) og Pasvik (1). Tallene i parentes viser områdenummer i kartet i **Figur 3.2**.

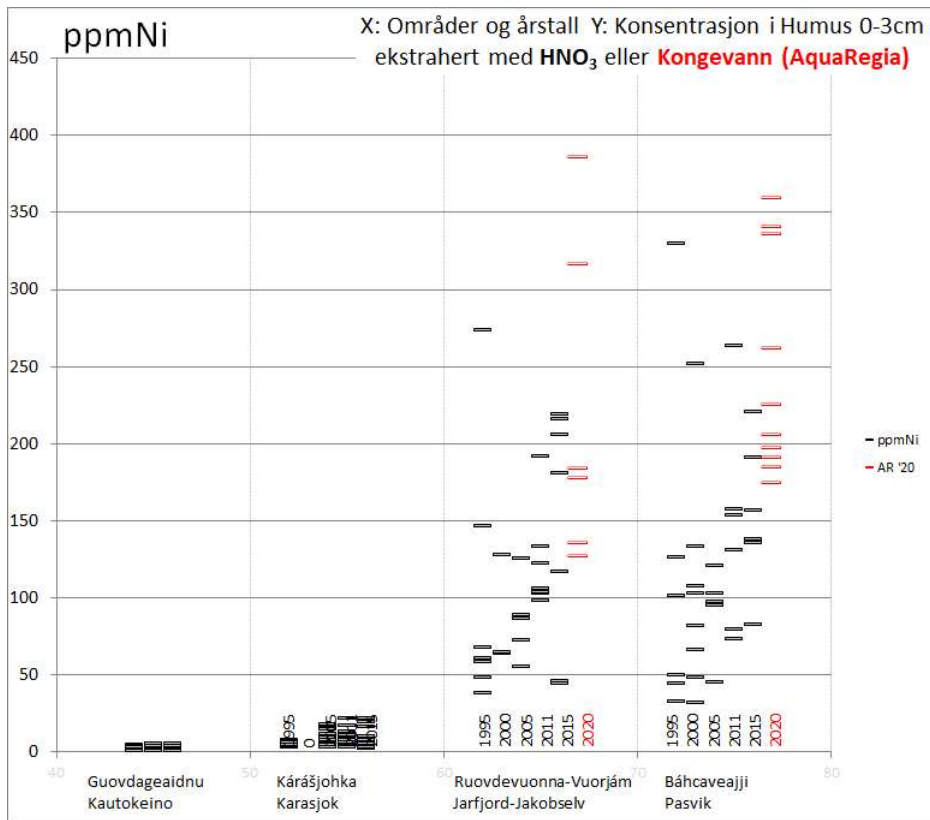
Innenfor hvert av områdene er prøvetakingsår (1995-2000-2005-2011-2016-2020¹⁾) inntegnet for de 3-6 vertikale kolonnene med målepunkter.



(b) viser resultat for kontrollprøver (dvs. ny opplutning og analyse av opptil seks utvalgte, siktede humusprøver for årene 2005, 2011, 2015 og nå 2020¹⁾).

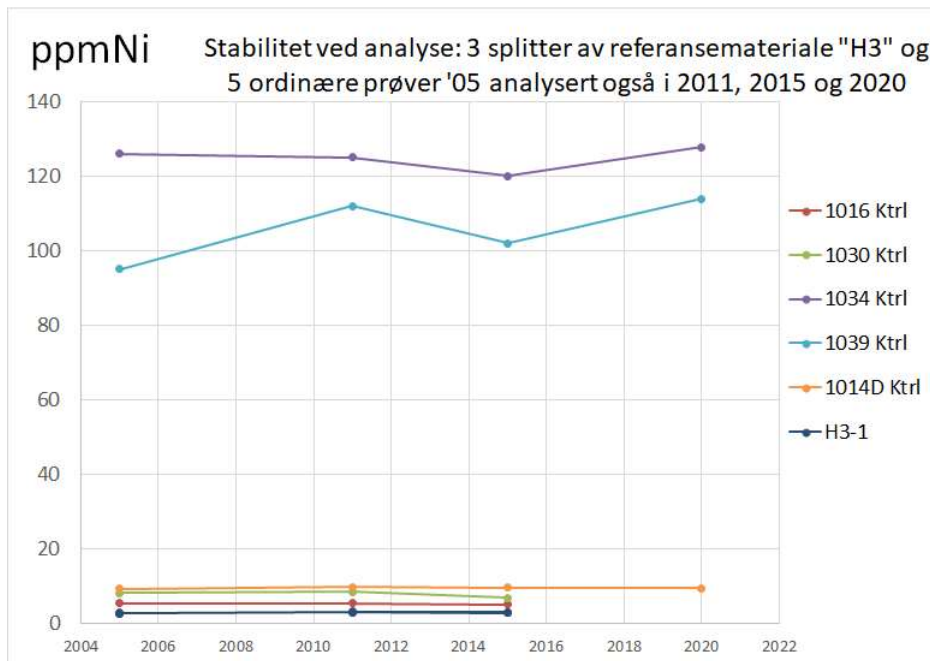
Figur 5.33: (a) Utvikling i konsentrasjoner av Mn (mg/kg) i Øvre humussjikt i fire områder i Finnmark i perioden 1995-2020 (b) Viser kontrollprøver for måleserien. ¹⁾Totalopplutning av jord 2020 er gjort med kongevann (a.r. - aqua regia), mens de foregående er gjort med salpetersyre; se kapittel 5.2.

5.2.17 Nikkel (Ni) – trend siden 1995.



(a) viser konsentrasjonene som streker i fire «klaser» som representerer områdene Kautokeino (4), Karasjok (3) Jarfjord-Jakobselv (2) og Pasvik (1). Tallene i parentes viser områdenummer i kartet i **Figur 3.2**.

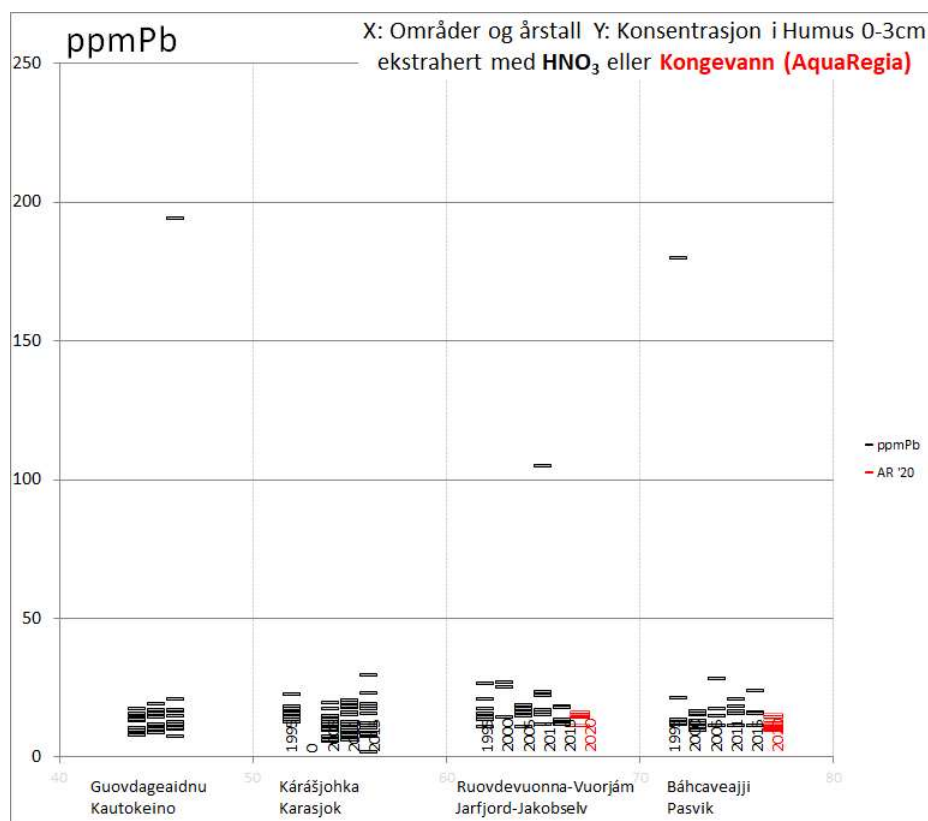
Innenfor hvert av områdene er prøvetakingsår (1995-2000-2005-2011-2016-2020¹⁾) inntegnet for de 3-6 vertikale kolonnene med målepunkter.



(b) viser resultat for kontrollprøver (dvs. ny oppslutning og analyse av opptil seks utvalgte, siktede humusprøver for årene 2005, 2011, 2015 og nå 2020¹⁾).

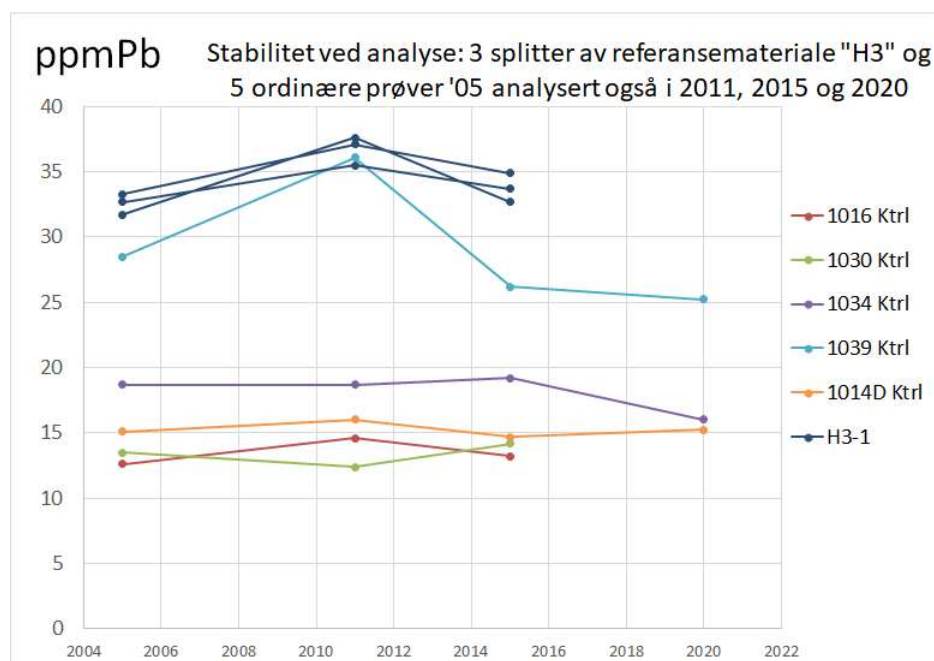
Figur 5.34: (a) Utvikling i konsentrasjoner av Ni (mg/kg) i Øvre humussjikt i fire områder i Finnmark i perioden 1995-2020 (b) Viser kontrollprøver for måleserien. ¹⁾Totaloppslutning av jord 2020 er gjort med kongevann (a.r. - aqua regia), mens de foregående er gjort med salpetersyre; se kapittel 5.2.

5.2.18 Bly (Pb) – trend siden 1995.



(a) viser konsentrasjonene som streker i fire «klaser» som representerer områdene Kautokeino (4), Karasjok (3) Jarfjord-Jakobselv (2) og Pasvik (1). Tallene i parentes viser områdenummer i kartet i **Figur 3.2**.

Innenfor hvert av områdene er prøvetakingsår (1995-2000-2005-2011-2016-2020¹⁾) inntegnet for de 3-6 vertikale kolonnene med målepunkter.



(b) viser resultat for kontrollprøver (dvs. ny opplutning og analyse av opptil seks utvalgte, siktede humusprøver for årene 2005, 2011, 2015 og nå 2020¹⁾).

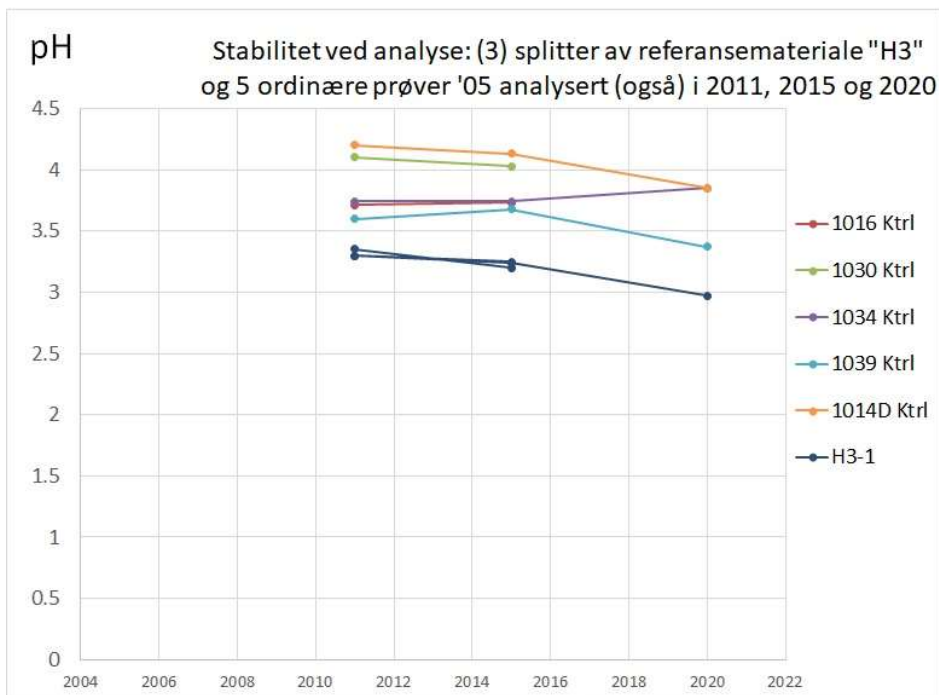
Figur 5.35: (a) Utvikling i konsentrasjoner av Pb (mg/kg) i Øvre humussjikt i fire områder i Finnmark i perioden 1995-2020 (b) Viser kontrollprøver for måleserien. ¹⁾Totalopplutning av jord 2020 er gjort med kongevann (a.r. - aqua regia), mens de foregående er gjort med salpetersyre; se kapittel 5.2.

5.2.19 Surhet (pH) – malinger 1995 – 2020 (NB; se figurtekst om målemetoder)



(a) viser pH som streker i fire «klaser» som representerer områdene Kautokeino (4), Karasjok (3), Jarfjord-Jakobselv (2) og Pasvik (1). Tallene i parentes viser områdenummer i kartet i Figur 3.2.

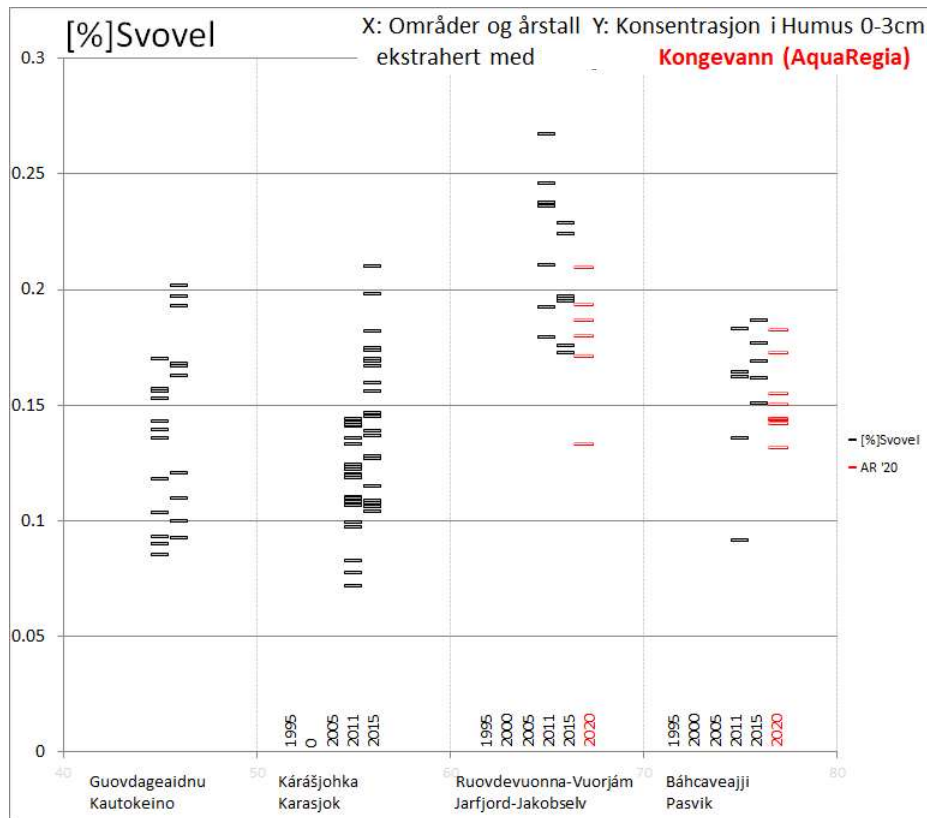
Innenfor hvert av områdene er prøvetakingsår (1995-2000-2011-2016-2020¹⁾) inntegnet for de 3-5 vertikale kolonnene med målepunkter. NB: metode brukt i 2020 er ikke direkte sammenlignbar med de øvrige; se figurtekst nederst.



(b) viser resultat for kontrollprøver (dvs. ny oppslutning og analyse av opptil seks utvalgte, siktede humusprøver for årene 2011¹⁾, 2015 og nå 2020¹⁾.

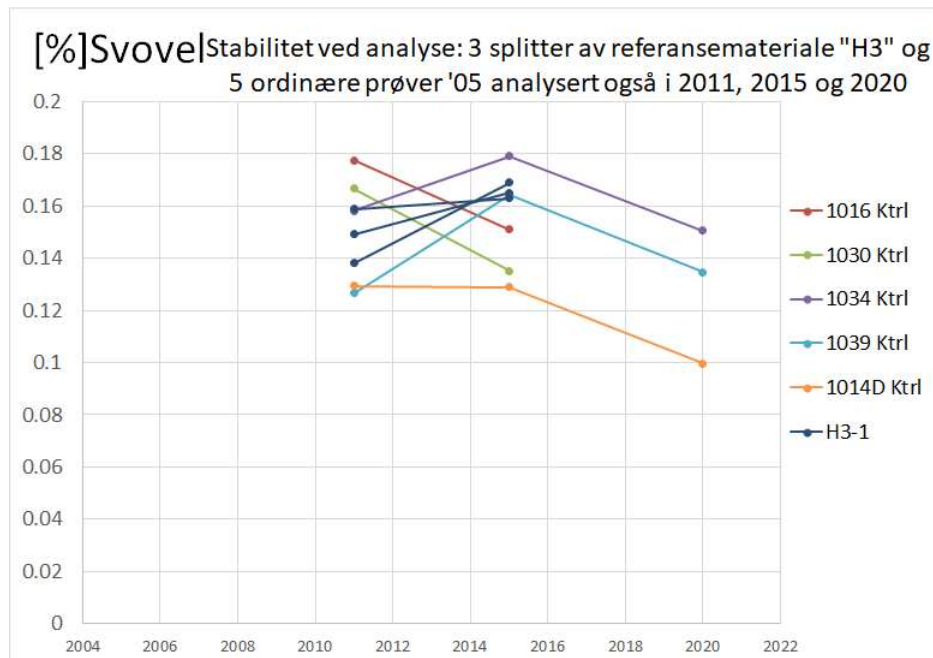
Figur 5.36: (a) pH i Øvre humus i fire områder i Finnmark i perioden 1995-2020 (b) Viser kontrollprøver for måleserien. ¹⁾Oppslutningen for måling av pH i jord er ikke gjort med samme metoder i 2020 (BV-Lab) som i de foregående årene (NGU-Lab). I 2020 var jord:vann-forholdet i oppslutningen 1:2 på halyparten av prøvene og 1:10 på resten. Før 2020 var jord:vann-forholdet 1:20. Se kapittel 4.6.6 om metodene, kapittel 6.2 for diskusjon og alle pH-målinger i 2020 i Tabell V2.15.

5.2.20 Svovel (S) – trend siden 2011.



(a) viser konsentrasjonene som streker i fire «klaser» som representerer områdene Kautokeino (4), Karasjok (3) Jarfjord-Jakobselv (2) og Pasvik (1). Tallene i parentes viser områdenummer i kartet i **Figur 3.2**.

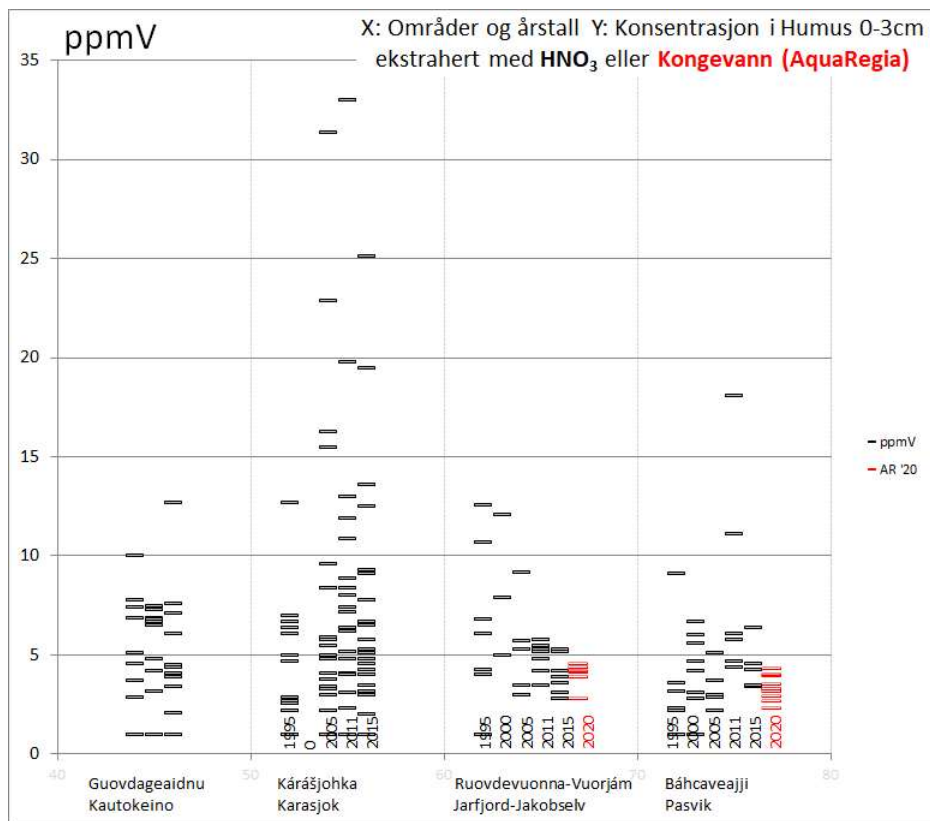
Innenfor hvert av områdene er prøvetakingsår (2011-2016-2020¹⁾) inntegnet for de 2-3 vertikale kolonnene med målepunkter.



(b) viser resultat for kontrollprøver (dvs. ny oppslutning og analyse av opptil seks utvalgte, siktede humusprøver for årene 2011, 2015 og nå 2020¹⁾).

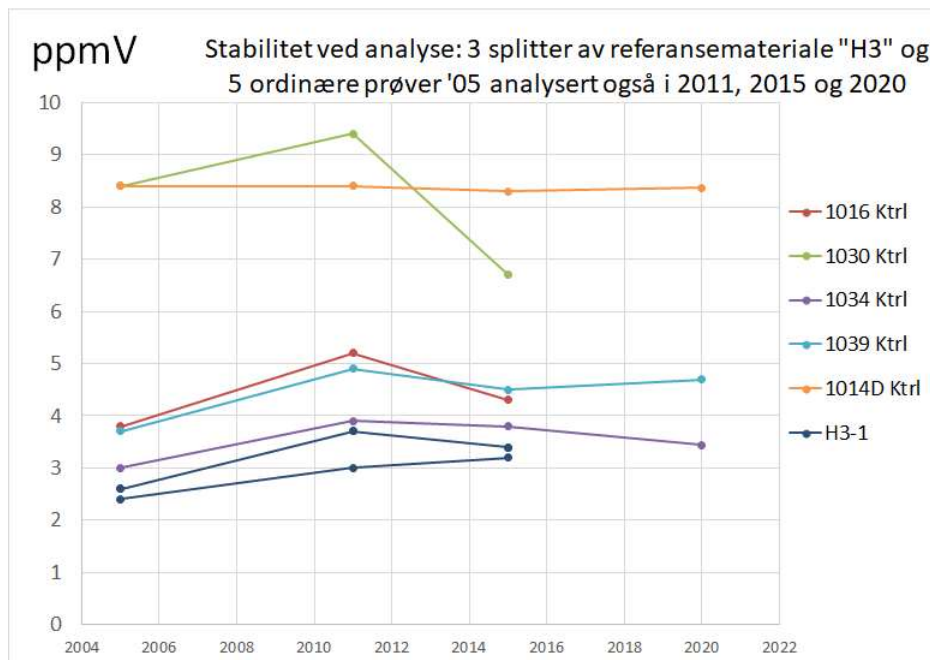
Figur 5.37: (a) Utvikling i konsentrasjoner av Svovel (S) i Øvre humus i fire områder i Finnmark i perioden 1995-2020 (b) Viser kontrollprøver for måleserien. ¹⁾«Totaloppslutning» av jord 2020 er gjort med kongevann (a.r. - aqua regia), mens resultatene de foregående år er oppnådd med forbrenningsteknikk (LECO); se kapittel 5.2.

5.2.21 Vanadium (V) – trend siden 1995



(a) viser konsentrasjonene som streker i fire «klaser» som representerer områdene Kautokeino (4), Karasjok (3) Jarfjord-Jakobselv (2) og Pasvik (1). Tallene i parentes viser områdenummer i kartet i **Figur 3.2**.

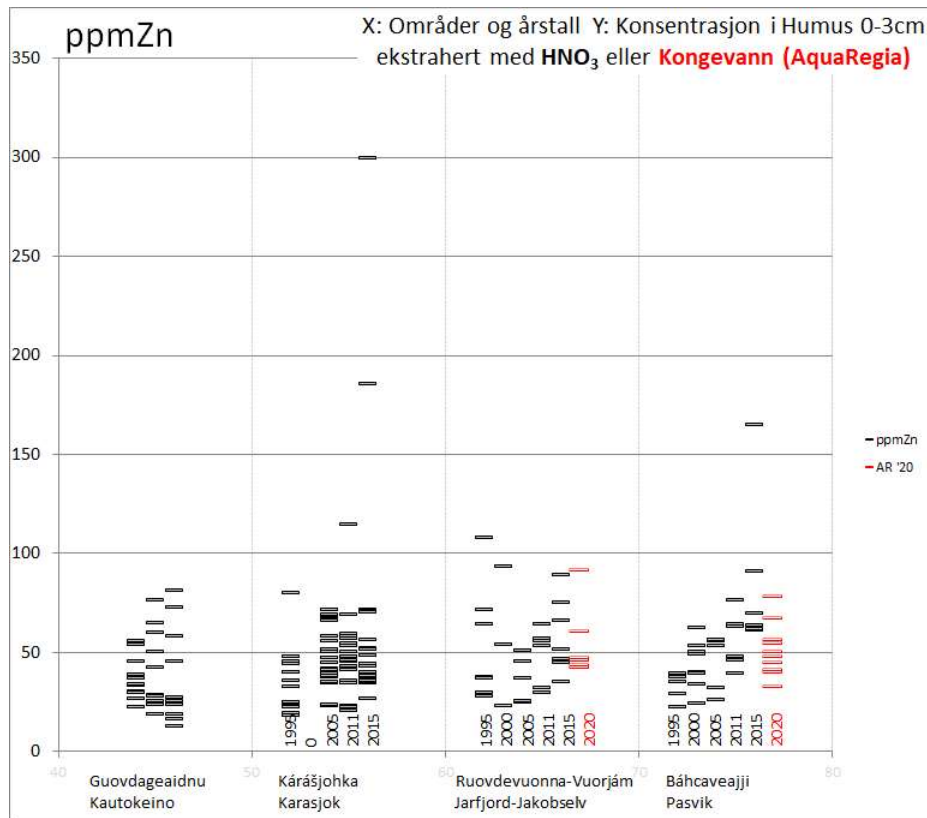
Innenfor hvert av områdene er prøvetakingsår (1995-2000-2005-2011-2016-2020¹⁾) inntegnet for de 3-6 vertikale kolonnene med målepunkter.



(b) viser resultat for kontrollprøver (dvs. ny oppslutning og analyse av opptil seks utvalgte, siktede humusprøver for årene 2005, 2011, 2015 og nå 2020¹⁾).

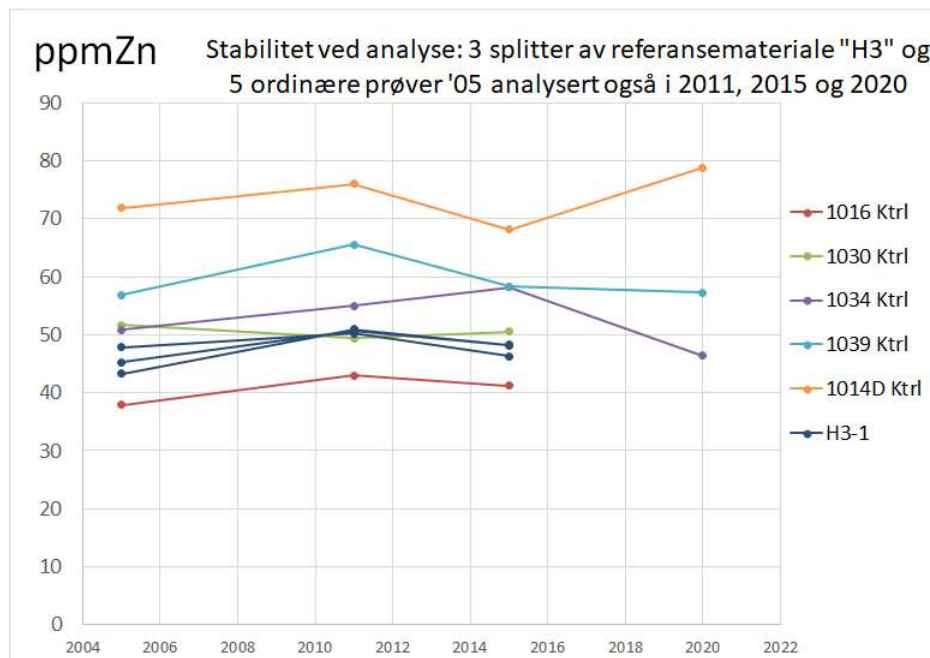
Figur 5.38: (a) Utvikling i konsentrasjoner av Vanadium (V) i Øvre humus i fire områder i Finnmark i perioden 1995-2020 (b) Viser kontrollprøver for måleserien. ¹⁾Totaloppslutning av jord 2020 er gjort med kongevann (a.r. - aqua regia), mens de foregående er gjort med salpetersyre; se kapittel 5.2.

5.2.2 Sink (Zn) – trend siden 1995.



(a) viser konsentrasjonene som streker i fire «klaser» som representerer områdene Kautokeino (4), Karasjok (3) Jarfjord-Jakobselv (2) og Pasvik (1). Tallene i parentes viser områdenummer i kartet i **Figur 3.2**.

Innenfor hvert av områdene er prøvetakingsår (1995-2000-2005-2011-2016-2020¹⁾) inntegnet for de 3-6 vertikale kolonnene med målepunkter.



(b) viser resultat for kontrollprøver (dvs. ny opplutning og analyse av opptil seks utvalgte, siktede humusprøver for årene 2005, 2011, 2015 og nå 2020¹⁾).

Figur 5.39: (a) Utvikling i konsentrasjoner av Sink (Zn) i Øvre humus i fire områder i Finnmark i perioden 1995-2020 (b) Viser kontrollprøver for måleserien. ¹⁾Totalopplutning av jord 2020 er gjort med kongevann (a.r. - aqua regia), mens de foregående er gjort med salpetersyre; se kapittel 5.2.

6. Diskusjon

Diskusjonen er for oversiktens del bygd opp i følgende ca. rekkefølge

Tidsserie grunnvann i kapittel 6.1 (resultater i Kapittel 5.1)

Tidsseriene for jord i kapittel 6.2 (resultater i Kapittel 5.2)

Totalvurdering av jord og vann for hver måleparameter i kapittel 6.3
i følgende rekkefølge i hvert delkapittel (her: delkap. V2.9 Kvikksølv)

1 Grenseverdier

Grunnvann

Tabell V1.1

Jord

Tabell V2.9

2 Bakgrunnsverdier

Grunnvann

Figur V2.9A

Øvre humus og C-horisont

Figur V2.9B

Nedre humus og B-horisont

Figur V2.9C

3 Konsentrasjoner i ulike jordsjikt

Figur V2.9D

4 Grunnvann vs. mobiliserbarhet i jord

Figur V2.9E

5 Trender

Grunnvann

Kapittel 5.1

Jord

Kapittel 5.2

6 Der relevant er det også trukket inn tidligere undersøkelser, f.eks.;

Reimann et al. 1998 (Geokjemisk Atlas – Kola)

Jensen et al. 2012 (Siste rapport om Jordlokalitetene Hum4001-4010).

Data om forurensning via nedbør/luft (Berglen et al. 2021)

7 Oppsummering.

Remobilisering av akkumulerte metaller i regionen i kapittel 6.4

Anbefaling videre undersøkelser i kapittel 6.5

6.1 Tidsserie grunnvann (LGN overvåkningsprogram)

Det finnes tre Nasjonale overvåkningsstasjoner for grunnvann i Sør-Varanger; LGN-Skjellbekken, -Svanvik, og -Karpdalen. Trender i grunnvannskjemien på disse stedene er tidligere diskutert i Gundersen 2018, Gundersen et al. 2019a og Gundersen 2020.

I den siste rapporten konkluderte vi med at alkalitet og pH i grunnvannet fram til og med 2019, til tross for betydelig belastning av sur nedbør, fortsatt lå på normale norske nivåer. Konsentrasjonene av Al, As, Cd, Co, Hg, Ni og Pb generelt var godt under de nivåer som anses skadelig i forhold til akvatiske organismer eller til bruk som drikkevann.

Konsentrasjonene av kobber på lokalitet Svanvik var imidlertid noe høg, rundt 4 µg Cu/L på våren og 4,5 µg Cu/L på høsten. Dette kan være opp mot grensen for det som i et vassdrag kan være skadelig for en del Cu-sensitive akvatiske organismer (f.eks. ørret) jf US-EPA (2007). I praksis vil ulike vannmasser blande seg i vassdragene og det er mange ørretstammer som lever i god behold under betydelig høyere konsentrasjoner på ulike steder i Norge f.eks. i forbindelse med gruveforurensede vassdrag (Gundersen 2002).

Gundersen et al. (2020) beskrev også en fallende trend for alkalitet og pH i grunnvannet ved Svanvik de siste 15 år, noe som på sikt kan bidra til økt og akselererende mobilitet (og biotilgjengelighet) av akkumulerte metaller i jordsmonnet. Klimaendringer og redusert forurensningsbelastning ble også vurdert som endringer som kan påvirke mobiliteten til akkumulerte metaller. Vi anbefalte derfor videre oppfølging ift. eventuell økning i metallkonsentrasjoner i grunnvannet.

Disse rapporteringene ligger til grunn for at overvåkningsseriene på LGN-stasjonene Karpdalen, Svanvik og Skjellbekken videreføres i denne rapporten for årene 2020 og 2021. Se resultater i kapittel 5.1 (Svanvik mangler i 2021 pga. feil med prøvepumpe).

6.1.1 Trend LGN-Svanvik (Figur 5.1 til 5.6):

Som det framgår av Figur 5.1 har pH på stasjon Svanvik i perioden 2004 – 2020 sunket fra ~7,1 til ~6,8. Også alkaliteten på lokaliteten fortsetter den fallende trenden og gir grunn til å følge utviklingen med tanke en videre og akselerert nedgang i pH med det fare for utlekking av metaller fra jordsmonnet til grunnvann og vassdrag. Foreløpig ligger imidlertid konsentrasjonene av Cu og Ni tilnærmet stabilt gjennom de siste 15 årene (Figur 5.1).

Cu-konsentrasjonen ligger ved siste måling (2020) under 4 µg/L, og er på samme nivå eller marginalt lavere enn de siste ~15 års målinger.

Ni ligger mellom 1,0 og 1,6 µg/L på stasjonen og betryggende under grenseverdiene på 20 µg/L for drikkevann og i tilstandsklasse 2 (god) iht. klassifisering av ferskvann (se Vedlegg 1). Etter noe høyere konsentrasjoner av As på Svanvik i 2004-2005 har nivåene i grunnvannet vært stabile og lave på ~0,06 µg As/L (Figur 5.2). Dette er under en promille av drikkevannsforskriftens og vannforskriftens krav (Vedlegg 5). Løst oksygen og elektrisk ledningsevne har vært stabile eller svakt fallende på lokaliteten.

Fortsatt synkende konsentrasjoner av Kalsium og Magnesium (Figur 5.4) underbygger trenden med fallende alkalitet, da disse parameterne trolig har sammenfallende opphavsprosesser med oppløsning av kalsium- og magnesiumkarbonater eller feltspater i undergrunnen. Samme figur viser også fortsatt fallende sulfatkonsentrasjoner, trolig en forsinket effekt av at belastningen av svovel fra industrien i området har vært stabilt lav (0,2-0,4 mg/L i NILUs målestasjon i Karpbukta) siden begynnelsen av 2000-tallet (Aas et al. 2018).

Mens fortsatt synkende sulfatkonsentrasjoner i grunnvannet trolig skyldes mindre sur nedbør, registreres det samtidig en motstridende tendens til *synkende* alkalitet og pH på Svanvik-lokaliteten. En forklaring kan være at mye av bufferkapasiteten til sedimentene i nedbørsfeltet er brukt opp gjennom flere tiår med sur nedbør. Kartlagte grunnvannslokaliteter (figur V2.16A) viser også at alkaliteten er svært lav langs hele grenseområdet mot Russland sammenlignet med resten av Norge (og særlig ift. Nord-Norge).

Grunnvannet inneholdt 0,6 µg Cr/L på Svanvik i 2020 (Figur 5.4) noe som er ca. 3 ganger høyere enn normalt de senere år. Dette er fortsatt langt innenfor kravene i drikkevannsforskriften (Vedlegg 5), og som ferskvann ville dette tilsvart Tilstandsklasse T2 «God» (se Tabell V1.1 i Vedlegg 1).

Al lå på ca. 18 µg/L i 2020 og det er ca 20 ganger høyere enn gjennomsnittet de senere år. Vi kjenner ikke årsaken til dette, men det kan skyldes en periode med forhøyede Al konsentrasjoner i nedbøren i regionen i forkant av prøvetakingen (Berglen et al. 2021). Enkeltmålinger i vedlegg fra samme rapport synes også å antyde at høye konsentrasjoner av Al i luft og nedbør ofte sammenfaller i tid med høye konsentrasjoner av Fe, Mn og Cr. Al er for øvrig ofte et «jo-jo-element» i naturlige vannmiljø som lett kan gi svært høye konsentrasjoner, særlig ved synkende pH. Ved ugunstige pH-forhold kan dette medføre utfelling på gjeller og fiskedød i vassdrag.

Utvikling og nivå for de øvrige parameterne vi har undersøkt på LGN-Svanvik (Figur 5.1 til 5.6) gir ikke grunn til bekymring hverken ift. fisk eller til bruk som drikkevann. Se kapittel 6.2 for vurdering av status for grunnvannskjemien i *hele* Pasvik/Jarfjord-området.

Turbiditeten (partikkelinnholdet) har falt betydelig fra 2004 fram til nå på lokaliteten (Figur 5.3). Dette kan tyde på at grunnvannet beveger seg svært sakte gjennom bakken slik at effekten av brønnetableringen har vart uvanlig lenge på denne lokaliteten. Men det kan også skyldes at det langsomt har blitt etablert fastere og tettere masser gjennom oksidasjonsprosesser rundt filteret i brønnen slik at færre partikler når inn i brønnen når den pumpes. Uansett har også Fe, Mn og Co (Figur 5.5) samt Mo og V (Figur 5.6) sunket så markant siden 2004 at man også må ta høyde for at ikke alle trendene vi ser nødvendigvis representerer reelle endringer i grunnvannskjemien i akviferen.

6.1.2 Trend LGN-Karpdalen (Figur 5.7 til 5.12):

Grunnvannet på LGN-stasjonen i Karpdalen (øst for Jarfjord) ligger lengre fra Smelteverket i Nikel enn Svanvik-stasjonen. Men særlig p.g.a. hovedvindretninger gjennom *vinterhalvåret* (Figur 3.11b) har også dette området tatt imot betydelige mengder sur nedbør gjennom tiårene (Berglen 2021).

Grunnvannet i LGN-brønn Svanvik lå altså noe dårligere an ift. forsuring (synkende og nede på pH ~6,8 og t-alkalitet ~0,2 mmol/L). LGN-brønn Karpdalen er i forsuringssammenheng mer basisk, meget godt bufret og stabil over tid rundt pH ~7,4 og med t-alkalitet oppe på ~1,6 mmol/L. Dette bidrar trolig til at konsentrasjonene av Cu og Ni her ligger langt lavere enn i Svanvik. Cu har ligget lavere enn rapporteringsgrensen på 0,1 µg/L siden 2012 og Ni ligger stabilt rundt 0,2 µg/L.

I Karpdalen (som i Svanvik) var konsentrasjonen av Cr unormalt høy i 2020 (Figur 5.11), og den var også noe forhøyet i 2021. Som på Svanvik er også Al interessant, her med en svakt

økende trend de senere år. Fortsatt er imidlertid konsentrasjonene svært lave $<0,6 \mu\text{g Cr/L}$ og $<2 \mu\text{g Al/L}$ (Figur 5.11 og 5.10) sammenlignet med grenseverdiene (Vedlegg 1 og 5).

6.1.3 Trend LGN-Skjellbekken (Figur 5.13 til 5.18):

Skjellbekken vil trolig ikke ha mottatt like mye forurensning fra Nikel som de to andre stasjonene (Figurene 3.1, 3.11a og b). Alkaliteten på stasjonen ligger stabilt rundt $\sim 0,6 \text{ mmol/L}$. Også pH synes trygt og stabilt rundt $\sim 7,6$ (Fig 5.13). Konsentrasjonene av Cu, Ni og Arsen er fortsatt lave og viser ingen alarmerende utvikling.

Også LGN-Skjellbekken viste forhøyede men fortsatt lave verdier for Cr i 2020-21 (Figur 5.16). Også Co og Mn (Figur 5.17) lå noe høyere enn normalt i 2021.

6.1.4 Konklusjon, trender grunnvann

Krom har vist en del forhøyede verdier de senere år i LGN-brønnene i Svanvik, Karpdalen og Skjellbekken. Men fortsatt ligger de høyeste verdiene ($\sim 0,6 \mu\text{g/L}$ på alle stasjonene) godt under drikkevannsforskriftens grenseverdi ($50 \mu\text{g Cr/L}$). De må også videre opp til ca 6x høyere enn dagens for å komme over fra nåværende tilstandsklasse 2 «God» til neste i henhold til klassifisering av ferskvann (Tabell V5.1).

For øvrig er utviklingen i grunnvannskjemi på de tre LGN-stasjonene omtrent som forventet ift. de siste års nivåer og utvikling. En fortsatt negativ trend i alkalitet og pH på stasjon Svanvik bør imidlertid ses i sammenheng med noen forhøyede konsentrasjoner av Al, Cr, Co på stasjonene og det *generelle* nivået på de nye grunnvannsstasjonene som har blitt kartlagt i 2020-21. En eventuell uønsket utvikling vil for metallene trolig komme på lokaliteter der grunnvannets bufferkapasitet (alkaliteten) er lav slik at pH eventuelt fortsetter å synke de kommende år. Alternativt, for elementer som As og Cr som tenderer å foreligge som anioner (se kapittel 2.4.2) kan konsentrasjonene øke som følge av at naturen tar seg inn og pH øker etter mange tiår med sur nedbør.

Se videre diskusjon i kapittel 6.3.

6.2 Tidsserie jordlokaliteter

Trender for jordlokalitetene som NGU også tidligere har prøvetatt er vist i kapittel 5.2. Som beskrevet her benyttet vi en litt annen, og for de fleste elementer litt *sterkere* syre (kongevann) under prøveopplutningen av humusprøvene enn tidligere (salpetersyre). Med de forbehold som vi diskuterte i kapittel 5.2 kom vi likevel fram til følgende:

Resultatene indikerer at det er høyere konsentrasjoner av Cu og Ni i Øvre humus i Pasvikområdet, til dels også i Jarfjord-Jakobselv i 2020 enn i 2015. Det samme gjelder i noen grad også Ca, Co, Cr og Cd i Pasvik. Det kan også se ut som at Pasvikområdet har noe lavere verdier i 2020 enn i 2015 for Mn, V og Zn. For Zn gjelder det også området Jarfjord-Jakobselv.

Opp gjennom årene har vi generelt også sett tydeligst de økende nivåene av de to tungmetallene *Cu og Ni* i humusen i Pasvik/Jarfjord. Disse områdene har også skilt seg klart ut ift. å ha forhøyde konsentrasjoner sammenlignet med områdene rundt Karasjok og

Kautokeino, som antas å ha mottatt minimalt med forurensning fra Nikel. Den økende tendensen fortsatte altså klart også i 2020.

Oppslutningsmetode for jordprøvene for analyse av pH er ikke direkte sammenlignbar i 2020 med i de foregående år (se kapittel 4.6.6), så vi kan ikke konkludere med noen trend for denne måleparameteren selv om målingene i Figur 5.36 indikerer en nedgang.

6.3 Status og trender for enkeltparametere; grunnvann og jord

I det følgende vurderes resultatene for hver måleparameter (Cu, Ni osv.) i hvert sitt delkapittel og med en noenlunde fast tematisk rekkefølge for hver av dem. Se øverst i kapittel 6 om rekkefølge i diskusjonen m/figurhenvisninger. Se vedlegg 5 om grenseverdier og klassifiseringsgrenser vi benytter.

6.3.1 Aluminium (Al)

Grunnvannskjemi vs. grenseverdier (Tabell V1.1): På de fleste lokalitetene ligger konsentrasjonene av Al godt under drikkevannsforskriftens grense på 200 µg/L. Noen lokaliteter ligger imidlertid noe høyere og lokalitet 18 faktisk så høgt som 787 µg Al/L. I gjennomsnitt lå konsentrasjonene i *nedbøren* i 2020 på henholdsvis 31 og 65 µg Al/L på Svanvik og i Karpdalen (Berglen et al. 2021). Så selv om Al i nedbøren i regionen varierte betydelig, er det lite sannsynlig at de aller høyeste konsentrasjonene vi så i grunnvannet stammer direkte fra infiltrert nedbør. Det er nok mer sannsynlig at det skyldes naturlige prosesser, eventuelt kombinert med prosesser i jordsmonnet som er påvirket av tidligere sur nedbør.

Jordkjemi vs. grenseverdier (Tabell V2.1): Det er sparsomt med grenseverdier for Al i jord fordi grunnstoffet er svært vanlig i mange bergarter. Men også fordi mekanismene rundt mobiliserbarhet og toksisitet av elementet er nokså komplekse og vanskelig å knytte til forenklede grenseverdier.

Grunnvannskjemi vs. bakgrunnsverdier (Figur V2.1A): Figuren viser at de høyeste Al-konsentrasjonene vi har observert sammenfaller godt med lokaliteter der det også er lav pH i grunnvannet. Dette antas å være en naturlig følge av at vannet her har opprinnelse fra myr, eventuelt i kombinasjon med ettervirkning av sur nedbør og redusert bufferkapasitet i nedbørsfeltene (Kapittel 6.3.15). De høyeste Al-konsentrasjonene i grunnvannet i regionen er ikke *unik* i norsk sammenheng. Men høge Al-konsentrasjoner synes noe overrepresentert på Pasvik-lokalitetene med antatt overflatenært grunnvann og moderat sur pH (representert med lys beige farge på punktene).

Jordkjemi vs. bakgrunnsverdier (Figur V2.1B og C): Al i det Øvre humussjikt (H03) ser ut til å være betydelig *lavere* i Pasvik/Jarfjord enn i resten av landet. Kanskje skyldes dette sur nedbør som har løst ut det lettest mobiliserbare Al fra jorda.

Grunnvann vs. sekvensiell ekstraksjon i jordsjiktene (Figur V2.1E): Det synes å være liten sammenheng mellom Al i grunnvannet og Al i de ulike jordfraksjonene. De to lettest ekstraherbare fraksjonene synes ikke være dominerende i noen av jordsjiktene, men det er likevel så høge konsentrasjoner som ~1000 mg/kg utbyttbart Al i jorda i (fraksjonen «Ekstr_2» - se kapittel 4.6.5).

Aluminium oppsummering: Med moderat til lav pH og til dels meget lav alkalitet i grunnvannet ligger forholdene til rette for at et så pH-påvirkelig element som Al kan frigjøres

til vannmiljøer og drikkevann. Vi fant også en del overskridelser i grunnvannsprøvene ift. drikkevannsforskriften og det kan følgelig være fornuftig å følge med på grunnstoffet videre.

6.3.2 Arsen (As)

Vann og grenseverdier (Tabell V1.1): Av alle de 37 lokalitetene det ble tatt vannprøver fra i Sør-Varanger i 2020-21 var det *ingen* som oversteg eller var i nærheten av å overstige Drikkevannsforskriftens eller Vannforskriftens krav på 10 µg As/L. Høgeste målte verdier lå på ~1 µg As/L, målt i en antatt overflatenær og trolig myrpåvirket løsmassekilde (lok. nr. 18) og en nærliggende drengroft (lok. nr. 22) på halvøya sør for Skrukkebukta i Pasvikvassdraget ca. 10 km nord for Svanvik. Sammen med lave og stabile resultater fra de tre overvåkningsbrønnene (kapittel 6.1) gir dette isolert sett liten grunn til bekymring for As i grunnvannet i regionen. Noen få kilder samt LGN-brønnen i Jarfjord kom i Tiltaksklasse 3 for As ferskvann, men de aller fleste lå i TK1.

Jord og grenseverdier (Tabell V2.2): Av alle 17 jordlokaliteter som ble prøvetatt i Sør-Varanger kom samtlige i laveste (reneste) klasse T1, både ift. klassegrenser «Forurenset grunn» og «Sedimenter».

Vanndata i kart (Figur V2.2A): Kartet viser at nivåene av As i grunnvannet i Pasvik/Jarfjord ikke skiller seg nevneverdig fra nivåer som er vanlige mange andre områder av Norge. Men nivåene er muligens noe høye til å være i så vidt surt grunnvann som det er i regionen. As er et av grunnstoffene som ofte er mest mobile under basiske forhold (US-EPA 2022a).

Jorddata i kart (Figur V2.2B og C): Dataseriene vi har sammenlignet med inneholder ikke data for As i jord på nasjonalt nivå. Men nivåene er klart høyere i Øvre humus (H03) ift. lagene lengre ned. Resultatene «Kolaatlasen» (Reimann et al. 1998) viste da også at Øvre humus i Pasvik/Jarfjord hadde markant forhøyede As-verdier mens jordsmonnet lengre ned hadde mer normale verdier.

Jordsjiktene kjemi (Figur V2.2D): De fleste lokalitetene som er visualisert i figuren viser at Øvre humus inneholder mye mer As enn lagene lengre ned (f.eks. Lokalitet 6.1 vs 6.2, 10.1 vs 10.2). For noen av lokalitetene ser det imidlertid ut til at As-konsentrasjonene er like høye i Øvre som i Nedre humus (f.eks. 8.1 vs 8.2 og 9.1 vs 9.2). Dette *kan* være signalisere at bindingssetene for As i humuslaget er nær med å være fylt opp noe steder.

Grunnvann vs. binding i jordsjiktene (Figur V2.2E): Det synes som at en del As er utbyttable i humuslagene (Extr_1), men generelt dominerer As i den noe sterkere bundede Extr_3 – fraksjonen i alle jordsjikt. Dette tilsvarer As bundet til organisk humus- og fulvosyrer i jorda (se kapittel 4.6.5).

Arsen oppsummering: As er tydelig oppkonsentrert i jordsmonnet, mest i det Øvre humuslaget. Det foreligger en viss andel som lar seg ekstrahere ut med rent vann og ganske mye med et litt sterkere ekstraksjonsmiddel som i teorien løser As ut av humus- og fulvosyrer i det organiske materialet i jorda. Men nivåene av As er generelt lave i grunnvannet og viser gjennom de siste års overvåkning stabile og lave verdier ift. grenseverdiene i drikkevannsforskriften, vannforskriften og klassifisering for norsk ferskvann. De er også i laveste klasse for «Forurenset grunn» på alle lokaliteter.

6.3.3 Kalsium (Ca)

Foruten rent bruksmessige utfordringer med hardt vann til drikkevannsformål vil høgt innhold av Ca oftest være positivt og et sunnhetstegn ift. vannkvalitet i naturen. Vi fant ikke grenseverdier eller klassifiseringsgrenser for Ca i grunnvann eller jord, men grunnstoffet påvirker toksisitet og inngår indirekte under klassifisering av *andre* vannkvalitetsparametere (som Cd i ferskvann).

I jordsmonnet er det en klar tendens *nasjonalt* til et høyere innhold av Ca i C-horisonten enn i humus, mens det er motsatt i *Pasvik/Jarfjord*. Her er det mer Ca i øverst i humus enn lengre ned (*Figur V2.3B*). En mulig bidragsyter kan være at det er sluppet ut mye Ca fra industriprosessene på russisk side som nå er akkumulert i jordsmonnet i regionen. Resultater fra moseprøve (Reimann et al. 1998) viser i hvert fall tydelig forhøyde Ca-konsentrasjoner rundt smelteverkene på Kola. Uansett er ikke Ca-nivåene i jordsmonnet og bergarter høye nok og/eller lettløselige nok til å tilføre grunnvannet den bufferkapasitet (*Figur 2.16A*) og det Ca-innhold (*Figur V2.3A*) en ser i store deler av Nord-Norge. Muligens fordi sur nedbør over tid har utarmet den mest lettløselige delen av Ca-mineraler og andre bufrende mineraler i jordsmonnet. Men det er også en del gammelt grunnfjell i området som erfaringsmessig ikke er så lettløselig og bufrende for vann og grunnvann.

6.3.4 Kadmium (Cd)

Vann og grenseverdier (Tabell V1.1): Av de 37 lokaliteter med vannprøvetaking i 2020-21 var det *ingen* som kom over grense- eller terskelverdier iht. Drikkevannsforskrift eller Vannforskrift. Lokalitetene fordelte seg likt i TK1 (Bakgrunn, <0,003 µg Cd/L) og TK2 (God, <0,08 µg/L Cd/L). Men derfra er det svært langt opp til grenseverdien på 5 µg/L jf de to forskriftene.

Jord og grenseverdier (Tabell V2.4): Alle jordsjikt i prøvepunktene lå i TK1 ift Cd i *forurenset grunn*. Ift klassifisering av *sedimenter (ferskvann)* lå alle (unntatt én) av humusprøvene i TK2 mens B- og C-sjikt alle lå i TK1.

Vanndata i kart (Figur V2.4A): Ift. resten av Norge er Cd-konsentrasjonene grunnvannet i Pasvik/Jarfjord svært lave og på bakgrunnsnivå. Nivåene er langt høyere i sør- og sør-østre deler av Sør-Norge, selv om grunnvannet også her ligger langt innenfor grenseverdiene.

Jorddata i kart (Figur V2.4B og C): Innholdet av Cd i Øvre humus synes også å ligge på nivå med resten av Norge eller lavere.

Jordsjiktene kjemi (Figur V2.4D): Selv om konsentrasjonene av Cd er lave både i grunnvann og jord er det på mange lokaliteter tydelig at det er mer Cd i Øvre humus enn i Nedre humus (se f.eks. lokalitet 10.1 vs. 10.2 og 17.1 vs. 17.2 i øvre/venstre del av figuren).

Kadmium oppsummering: Selv om noe Cd synes å være akkumulert i jordsmonnet er det svært lave konsentrasjoner det er snakk om. Ut fra resultatene synes ikke Cd som et sannsynlig problem ift. hverken drikkevannsforsyning eller miljø i Pasvik/Jarfjord.

6.3.5 Kobolt (Co)

Vann og grenseverdier (Tabell V1.1): I de litteraturkildene vi har benyttet finnes ingen grenseverdier eller tilstandsklasser for Co i vann, hvilket må antas å reflektere at grunnstoffet normalt ikke vil utgjøre en fare ift. drikkevann eller for akvatiske miljø.

Jord og grenseverdier (Tabell V2.5): Kobolt er heller ikke definert i de norske tilstandsklassene for forurenset grunn eller sedimenter. I de utenlandske grenseverdiene vi har sammenlignet med (fra Orlov 2002) er det én enkelt jordprøve (Hum4004) i mineraljord som er høyere enn 80% av grenseverdien. Så Kobolt ser generelt ikke ut til å være et problematisk element i det undersøkte området.

Vanndata i kart (Figur V2.5A): På de fleste lokalitetene vi har undersøkt synes Co å ligge på samme nivå som store deler av landet for øvrig. Sør-sørøst i landet synes imidlertid tidligere tiders luftforurensing å ha gitt betydelig høyere Co-nivåer i grunnvannet enn de vi har funnet i Pasvik/Jarfjord. Den høyeste verdien vi fant (2,3 µg Co/L) lå 10 km nord for Svanvik i en liten kilde (lokalitet 18 i Figur 3.4). Denne vannprøven viser høye verdier også for mange andre grunnstoffer.

Jorddata i kart (Figur V2.5B og C): For Norge som helhet er nivåene av Co i Øvre humus relativt lave ift. Co i C-sjiktet. I Pasvik/Jarfjord er derimot Co-konsentrasjonen i Øvre humus markant høyere, både ift. C-sjikt på samme sted og ift. Øvre humus andre steder.

Jordsjiktene kjemi (Figur V2.5D): Øvre/venstre del av figuren viser også klart høyere konsentrasjoner av Co i Øvre humus vs Nedre Humus (se f.eks. lok 10.1 vs 10.2 i figuren)

Grunnvann vs. binding i jordsjiktene (se Figur V2.5E): Vi ser samtidig at en ganske stor andel Co i humussjiktene foreligger i fraksjonen LH102 «Lett utbyttbar».

Kobolt oppsummering: Co er tydelig oppkonsentrert i det øverste humuslaget langs Pasvik/Jarfjord-transektet. Målingene i grunnvann tyder imidlertid så langt på at lite av dette grunnstoffet når ned til grunnvannet og at det ligger svært langt fra å kunne bli et problem i grunnvannssammenheng. Svært lite av det synes også så langt også nådd ned til jordlag lengre ned. Samtidig kan det være greit å merke seg at en ganske stor andel av Co i humusen foreligger i lett utbyttbare former, noe som kan ha betydning ift. planteopptak og terrestriske systemer.

6.3.6 Krom (Cr)

Vann og grenseverdier (Tabell V1.1): Høyeste målte konsentrasjon av Cr i de 37 undersøkte vannlokalitetene var på 1,8 µg/L og ligger langt under Drikkevannsforskriftens grenseverdi på 50 µg/l (Vedlegg 5). I Vannforskriften havner samtlige lokaliteter i Tilstandsklasse 2 «God» mens aller høyeste verdi (1,78 µg Cr/L) ligger på ganske nøyaktig halvparten av neste klasse (for Cr er riktignok neste klasse TK5 Svært dårlig).

Jord og grenseverdier (Tabell V2.6): I de norske klassifiseringssystemene for Forurenset grunn og Sedimenter kommer alle jordprøvene i Tilstandsklasse 1, bortsett fra noen få prøver i B- og C-sjikt i Tilstandsklasse 2.

Vanndata i kart (Figur V2.6A): Mange norske prøvepunkter for grunnvann viser tilsvarende verdier som de man finner i Pasvik/Jarfjord. Men lokalitetene i Pasvik/Jarfjord er i motsetning til i det meste av landet for øvrig: *gjennomgående* litt forhøyede, både i basisk og moderat surt grunnvann.

Jorddata i kart (Figur V2.6B og C): Kartet indikerer også for jord noe høyere nivåer av Cr i Pasvik/Jarfjord enn medianverdiene i resten av landet, i hvert fall på Jarfjordlokalitetene.

Kartene for Cr i Reimann et al. (1998) viser også klart forhøyede konsentrasjoner i humus i området rundt det nedlagte Nikel-verket.

Jordsjiktene kjemi (Figur V2.6D): Det er en klar tendens til høyere Cr-konsentrasjoner i Øvre humuslag vs. Nedre humuslag (s f.eks. lok 13.1 vs 13.2). I B- og C-sjikt ligger Cr-konsentrasjonene nokså likt med resten av landet. Og som i resten av landet, betydelig høyere i mineraljorda enn i humuslagene.

Grunnvann vs. binding i jordsjiktene (Figur V2.6E): Prøvene fra sekvensiell ekstraksjon ble ikke analysert ift. Cr.

Krom oppsummering: Konsentrasjonen av Cr i grunnvann og jord i Pasvik/Jarfjord synes noe høyere enn i resten av landet, men fortsatt godt innenfor ift. de nasjonale grenser/ klassifiseringssystemer som er tilgjengelig. Samtidig er det funnet noen prøver de senere år på LGN-overvåkningsstasjonen som er betydelig høyere enn i årene før (se Kapittel 6.1) og også i Humus indikerer tidsseriene en mulig økende trend (se Kapittel 6.2). Cr kan derfor være fornuftig å følge med på, selv om vi ikke er kjent med nåværende utslipp som kan forklare en eventuell negativ utvikling.

6.3.7 Kobber (Cu)

Vann og grenseverdier (Tabell V1.1): Tiltaksgrensene for Cu i drikkevann er svært høye ift. klassifiseringsgrensene for ferskvann noe som reflekterer at Cu er langt mer toksisk for vannlevende organismer enn ovenfor mennesker (Vedlegg 5). Grunnvannsprøvene i undersøkelsen har følgelig som ventet langt lavere Cu-konsentrasjoner enn Drikkevannsforskriftens krav. Vannforskriften inneholder riktignok ikke spesifikke grenseverdier for Cu i grunnvann, men klassifiseringssystemet for *ferskvann* gir en indikasjon på hvordan akvatiske økosystemer kan bli påvirket i perioder der grunnvannsmating (eller forurenset regnvann) er dominerende i vassdragene.

Tabellen viser ikke overraskende at overflatenært grunnvann og overflatevann (dreneringer og grunnvannskilder samt elver/bekker) hadde høyere Cu-konsentrasjoner enn dypere grunnvann som brønner i fjell og løsmasser. Lokalitetene med grunt grunnvann er stort sett klassifisert som TK2 for Ferskvann, mens de fleste brønnene lå som TK1. Særlig høye verdier (TK4) fant vi på lokalitet 18 (kilde) og 22 (dyp dreneringsgrøft) ca. 10 km nord for Svanvik (på halvøya sør for Skrukkebukta i Pasvikvassdraget).

Jord og grenseverdier (Tabell V2.7): I Svanvik-området (inkl. Skjellbekken) fordelte de 11 «Øvre humussjikt»-prøvene seg slik i hver av kategoriene TK1-TK5; 1/8/2/0/0 ift. «Forurenset grunn». I Jarfjord-området fordelte tilsvarende 6 prøver seg 2/3/1/0/0. Lagene lengre ned inneholder langt lavere Cu-konsentrasjoner, men på en av lokalitetene (Svanvik) kommer likevel Nedre humussjikt i TK 2.

Det framgår følgelig at det øvre jordsmonnet er sterkt oppkonsentrert ift. Cu. Også kartene i Reimann et al. (1998) viser klart forhøyede Cu-konsentrasjoner i humus i området rundt det nedlagte Nikel-verket og i de nærliggende grensetraktene på norsk side.

Vanndata i kart (Figur V2.7A): Det finnes flere steder i Norge med høyere Cu-konsentrasjoner i grunnvannet enn de høyeste vi fant (14,3 µg/L på lokalitet 18). Grunt grunnvann på Svanvik-lokalitetene 10, 11, 14, 15 samt løsmassebrønnen LGN-Svanvik ligger alle over 3 µg/L. Dette er noe høgt sammenlignet med det som er vanlig i Norge.

Konsentrasjon av Cu i brønner (og kilde) ved Skjellbekken samt i bakgrunnsstasjonene er langt lavere. Utviklingen på overvåkningsstasjonene viser gjennomgående lave og stabile verdier for Cu i området og det forventes ikke at de registrerte kobberkonsentrasjonene i grunnvannet vil utgjøre en miljøbelastning på det akvatiske miljøet.

Jorddata i kart (Figur V2.7B og C): Konsentrasjonen av Cu i *humuslaget* ligger klart høyere enn mediankonsentrasjoner for de ulike regionene i resten av landet. Det framgår også tydelig at Cu-konsentrasjonen er mye høyere i Øvre humus enn i C-sjiktet i Pasvik/Jarfjord mens C-sjiktet for Norge *generelt* inneholder mer Cu enn Humus-sjiktet.

Jordsjiktene kjemi (Figur V2.7D): Øvre/venstre del av figuren viser klart at Cu bindes mest opp i den øvre del av humuslaget (se f.eks. 8.1-8.4). Og så langt, i mindre grad i nedre deler av humus og mineraljordsjiktene. Selv om dette jo indikerer at mye Cu har blitt tilført øvre deler av humuslaget, viser det jo samtidig at det tenderer å bli *værede* der: Det migrerer ikke nedover og det synes også å være bindingssteder nedover til Cu-ioner som eventuelt *skulle* mobiliseres lenger opp.

Etter hvert vil jo riktignok den Cu-forurensede humusen følge med nedover når den dekomponerer og dekkes ovenfra av jorddannende plantemateriale. Men det tar svært langt tid og forhåpentligvis er prosessene så langsomme at det i liten grad vil medføre noen risiko for grunnvann og vassdrag et sted langt inn i framtida.

Grunnvann vs. ekstraherbarhet i jordsjiktene (Figur V2.7E): Av totalinnholdet på 100-300 mg Cu/kg inneholdt Øvre humussjikt ~2% fra de to lettest ekstraherbare Cu-fraksjonene (Ekstr_1 og 2). Reimann et al. (1998) viste ca. samme eller litt høyere andel rundt smelteverkene på Kola. Den største andelen av Cu (litt mindre enn 10%) foreligger i Extr_3-fraksjonen. Det kan av figuren også se ut til å være en viss sammenheng mellom høye konsentrasjoner av Cu i *grunnvannet* og tilsvarende i *Humussjiktene*. Både for totalkonsentrasjon, men også de lettest ekstraherbare fraksjonene (1 og 2).

Trender fra tidsseriene (fra kapittel 5.1 (grunnvann) og 5.2 (jord): I kapittel 6.1 viste vi at Cu-konsentrasjonene i grunnvannet var svært lave og uten noen klar utvikling i LGN-Karpdalen og LGN-Skjellbekken. På Svanvik var konsentrasjonen av Cu nokså høy, men så langt ganske stabil, til tross for en synkende trend i pH og alkalitet på lokaliteten. Tidsseriene for *jord* (se kapittel 5.2.9) viste imidlertid klart høyere Cu-konsentrasjoner i humus i Pasvik og i Jarfjord/Jarfjordfjellet i forhold til bakgrunnsnivåene (Kautokeino og Karasjok). Det framgår også en trend mot *økende* Cu-konsentrasjoner i humussjiktet i Sør-Varanger fra 1995 fram til i dag, særlig i Pasvik.

Kobber oppsummering

Grunnvannet i regionen inneholder ikke konsentrasjoner av Cu som antas å kunne utgjøre noen fare ift. bruk som drikkevann. Nivåene er generelt noe høye til grunnvann å være, men tilsvarende verdier og til dels høyere finner man sporadisk også andre steder i Norge. Grunnvannsovervåkingen på de tre LGN-stasjonene i området viser relativt stabile nivåer, også på stasjonene med lavest alkalitet og pH (Svanvik).

Samtidig registreres det lav pH og alkalitet i denne delen av Nord-Norge (Figur V2.16A). Det medfører en viss fare for ytterligere og raskere nedgang i disse parametrene, og potensielt etterfølgende utlekking av Cu fra et humuslag som innehar en viss andel lett utbyttbart Cu.

Utviklingen av Cu i grunnvannet er ikke foruroligende pr. i dag, men de økende konsentrasjonene i de øvre lag av jordsmonnet gjør at det fortsatt er relevant å overvåke både jord og grunnvann i tiårene framover.

6.3.8 Jern (Fe)

Vann og grenseverdier (Tabell V1.1): Grenseverdi for jern er jf Drikkevannsforskriften 200 µg/L. LGN-brønn Karpdalen, en myrkilde (lokalitet 21) og lokalitetene 18 og 22 som ligger 10 km nord for Svanvik, overstiger denne verdien. Men jerninnholdet i grunnvann blir vanligvis assosiert med *bruksmessige* og ikke helsemessige utfordringer ift. drikkevann og er slikt sett ikke bekymringsverdig.

Jord og grenseverdier (Tabell V2.8): Ingen av referansene vi har brukt har grenseverdier eller klassifisering av jern i jord eller sedimenter.

Vanndata i kart (Figur V2.8A): Jernkonsentrasjonene i grunnvannet i regionen er på noen steder høge. Men dette er også et ganske vanlig problem i norsk grunnvann (Banks et al. 2020). Høge jernverdier er erfaringsmessig assosiert med lavt oksygeninnhold i grunnvannet, f.eks. i dype brønner fjell, eller i løsmasser med mye organisk materiale eller myrpåvirkning. Se Figur V2-15A for oversikt over pH og oksygenforhold på lokalitetene.

Jorddata i kart (Figur V2.8B og C): Det kan synes som at jernkonsentrasjonene både i humus, B-sjikt og C-sjikt er forhøyede ift. resten av Norge. Tidsseriene for kontrollprøver (Figur 5.29b) tyder ikke på at dette skyldes at totalkonsentrasjonen i våre prøver (fra 2020) var oppsluttet med aqua regia i motsetning fra prøvene fra resten av Norge som var oppsluttet i salpetersyre (se kapittel 4.7.2).

Jordsjiktene kjemi (Figur V2.8D): Det er ellers tydelig at Fe-konsentrasjonene er høyere i Øvre humus enn i Nedre humus. Kart fra Reimann et al. (1998) viser også høge verdier av jern i mose og Øvre humus nær smelteverket, mens B- og C-sjiktet ser mindre påvirket ut. B-sjiktet (utfellingslaget) inneholder som ventet mest jern av jordsjiktene vi har undersøkt.

Se Tabell V2.8 for resultatene fra sekvensiell ekstraksjon. For trender i datamaterialet se kapittel 5.1 for grunnvann og kapittel 5.2 for jord.

Jern oppsummering: Fe-konsentrasjonene i jord og særlig humus synes forhøyede langs Pasvik/Jarfjord-transektet. Men da jernkonsentrasjonen i både grunnvann og jord ikke anses å ha noen direkte relevans ift. miljø eller folkehelse går vi ikke nærmere inn på resultatene for dette elementet.

6.3.9 Kvikksølv (Hg)

Vann og grenseverdier (Tabell V1.1): Alle 37 lokaliteter unntatt én (nr. 18) lå under laboratoriets rapporteringsgrense. Prøvelokalitet 18 lå imidlertid langt under kravene i drikkevanns- og vannforskriften og i Tilstandsklasse 2 (God) for Ferskvann. I tabellen ligger også de *andre* lokalitetene i TK2 fordi 1/2 Rapporteringsgrense er høyere enn øvre grense for TK1. Ingen av prøvene fra grunnvanns- eller overflatevann som vi har undersøkt viser følgelig Hg-konsentrasjoner av betydning ift. miljø eller helse.

Jord og grenseverdier (Tabell V2.9): Ift. klassifisering for «Forurenset grunn» kom alle prøvene i TK1. Ingen av jordprøvene som vi har undersøkt viser følgelig Hg-konsentrasjoner av betydning ift. miljø eller helse.

Jordsjiktene kjemi (Figur V2.9D): Hg-konsentrasjonene i Øvre humus er noe høyere enn i Nedre humus, og spesielt for Jarfjordlokalitetene (øvre/venstre felt i *Figur V2.9D*). Se f.eks. lokalitet 14.1 vs. 14.2. Konsentrasjonene er også høyere i Humus-lagene enn i mineraljordslagene (*Figur V2.9B og C*).

Trender fra tidsseriene: Konsentrasjonene av Hg i jord har steget *noe* siden 1995 (se *Figur 5.30*) men her er ikke resultatene entydige.

Kvikksølv oppsummering: Totalt sett kan det se ut til jordsmonnet i Pasvik-Jarfjord *kan* være tilført noe Hg over de senere tiår. Men nivåene ligger fortsatt i TK1 (Meget god) ift. Forurenset grunn. Resultatene fra sekvensiell ekstraksjon (Tabell V2.9) tyder også på at det kvikksølvet som er der, er sterkt bundet i jorda, og konsentrasjonene vi har funnet i grunnvann og overflatevann er svært lave.

6.3.10 Mangan (Mn)

Vann og grenseverdier (Tabell V1.1): Grenseverdi på 50 µg Mn/L jf Drikkevannsforskriften er så vidt oversteget på én lokalitet (LGN-Karpdalen).

Jord og grenseverdier (Tabell V2.10): Det finnes ingen grenseverdier/klassifisering av Mn i jord eller sedimenter i de referansene vi har brukt.

Vanndata i kart (Figur V2.10A): Mangankonsentrasjonene i grunnvannet i Pasvik og Jarfjord er ellers jevnt over lave eller sammenlignbare med øvrig norsk grunnvann.

Jorddata i kart (Figur V2.10B og C): Konsentrasjonene av mangan i jord synes høyere i Pasvik/Jarfjord enn normalt i Norge, både i Øvre humus, B- og C-sjikt. De er også høyere i Øvre humus enn i Nedre humus (*Figur V2.10D*). Dette indikerer at Mn tilføres fra atmosfæren, men kan også skyldes naturlige prosesser (se kart og diskusjoner om Mn i Reimann et al. 1998 og Sandanger et al. 2013).

Mangan oppsummering: Mangan synes generelt å ha liten direkte relevans i både helse- og miljøsammenheng i Pasvik/Jarfjord. For framtidig referanse har vi likevel oppgitt de viktigste kart, diagrammer og tabeller for dette elementet.

6.3.11 Nikkel (Ni)

Vann og grenseverdier (Tabell V1.1): Ni har en grenseverdi på 20 µg/L i drikkevannsforskriften, noe som er langt lavere enn kravene for Cu (Tabell V5.2). På et par av prøvelokalitetene lå Ni-konsentrasjonen høyere enn grenseverdien. Dette var to lokaliteter ved Skrukkebukt 10 km nord for Svanvik, der grunnvannet som ble prøvetatt trolig var nokså overflatenært og muligens myrpåvirket (lok 18 og 22 i Tabell V1.1 og *Figur 3.4*).

Vannforskriften inneholder ikke grenseverdier for Ni, men iht. klassifiseringssystemet for *ferskvann* (Tabell V1.1), ligger de overflatenære grunnvannslokalitetene (dreneringer og grunnvannskilder) i Jarfjordområdet i TK3 (Moderat), med ett unntak i TK2 (God). I Svanvikområdet lå ca. halvparten av det antatt overflatenære grunnvannet i TK3, resten bedre. Antatt dypere grunnvann (brønner i fjell og løsmasser) lå uten unntak i TK1 eller TK2.

Jord og grenseverdier (Tabell V2.11): I Svanvik-området (inkl. Skjellbekken) fordelte de 11 «Øvre humus»-prøvene seg slik for Ni i hver av kategoriene TK1-TK5; 0/0/5/6/0 ift. «Forurenset grunn». I Jarfjord-området fordelte tilsvarende 6 prøver seg 0/1/3/2/0 ift. «Forurenset grunn». Flertallet av humusprøvene rundt Svanvik lå m.a.o. i TK4 (Dårlig). Dette

er temmelig høge verdier ute i naturen, og kan utvilsom knyttes til flere tiår med nedfall fra smelteverket i Nikel.

Jordsjiktene lengre ned inneholder lavere Ni-konsentrasjoner, men én av lokalitetene ved Svanvik ligger i TK 4 og et par er nær ved å nå opp i TK3 (for Forurenset grunn) også i *Nedre* humussjikt. Det er også påfallende at de to lokalitetene med grunnet Humuslag (se Svanvik og Hum 4004-81 i Tabell V2.11) ligger så høgt som henholdsvis 241 og 115 mg/kg Ni. Dette kan være en indikasjon på at Ni delvis trenger igjennom og fyller opp bindingssteder i hele humussjiktet på steder der humuslaget er tynt.

Det framgår uansett klart at det øvre jordsmonnet er sterkt oppkonsentrert ift. Ni i prøveområdet. Det samme viser også kartene i Reimann et al. (1998) med forhøyede konsentrasjoner av Ni i humus i områdene rundt det nedlagte Nikel-verket og inn på norsk side.

Vanndata i kart (Figur V2.11A): Sammenlignet med resten av Norge er konsentrasjonene av Ni gjennomgående og med få unntak høge, særlig på lokalitetene rundt/nærmest Svanvik. Men som for Cu finnes det sporadisk lokaliteter med like høge Ni-konsentrasjoner langs hele Norge. I brønner, på bakgrunnsstasjonene og ved Skjellbekken er imidlertid Ni-målingene lavere. Det samme ble registrert i de løsmassekildene vi antok inneholdt grunnvann med relativt lang oppholdstid i undergrunnen (se lok 9, 12, 13, 16 i Svanvikområdet samt 1 og 2 som er bakgrunnsstasjoner).

Jorddata i kart (Figur V2.11B og C): Konsentrasjonen av Ni i humuslaget ligger som for Cu klart høyere enn mediankonsentrasjonene for de ulike regionene i resten av landet. Det framgår også tydelig at Ni-konsentrasjonen er mye høyere i Øvre humussjikt enn i C-sjiktet i Pasvik/Jarfjord mens C-sjiktet for Norge generelt inneholder litt mer Ni enn Humus-sjiktet.

Jordsjiktens kjemi (Figur V2.11D): Mye mer Ni synes å være lagret i det Øvre humussjikt enn i det Nedre humussjikt (se f.eks. 8.1-8.2). Det er også tydelig at noe mer Ni ligger i C-sjiktet enn i B-sjiktet.

Grunnvann vs. ekstraherbart Ni i jordsjiktene (Figur V2.11E): Det er ingen synlig korrelasjon/trend mellom Ni-konsentrasjon grunnvannet vs. totalt Ni eller noen av de ekstraherbare fraksjonene av Ni i jordsjiktene. Men av totalkonsentrasjonen i Øvre humus på ~100-400 mg/kg er ~10-40 i den relativt lett utbyttbare fraksjonen Ekstr_2 (se kapittel 4.6.5). Det utgjør så mye som 10% og er selvsagt ikke gunstig ift. eventuelle endringer som kan føre til utlekking av Ni til akvatiske eller terrestriske miljøer. Særlig i lys av at det på enkelte lokaliteter med tynt humussjikt er påvist til dels høge Ni-konsentrasjoner også nede i det Nedre humussjiktet.

Kart for Ni i Reimann et al. (1998) viser for øvrig tilsvarende andel lett ekstraherbart Ni i jordsmonnet rundt de store smelteverkene i på Kola.

Trender fra tidsseriene (fra kapittel 5.1 (grunnvann) og 5.2.16 (jord): I kapittel 6.1 konkluderte vi med at Ni-konsentrasjonene i grunnvannet var lave og stabile rundt 1-1,4 µg/L ved LGN-Svanvik. Dette til tross for den synkende trenden i pH og alkalitet på lokaliteten. Ved LGN-Karpdalen og LGN-Skjellbekken var konsentrasjonene i forurensnings/drikkevannssammenheng ubetydelige over det siste ti-året.

Tidsseriene for Ni i *jord* (kapittel 5.2.16) viser imidlertid (som for Cu) en helt annen utvikling. I motsetning til det en så for de fleste andre elementene var konsentrasjonene for Ni og Cu allerede ved tidsseriens oppstart (1995) markant (~10x) høyere i Jarfjord/Jakobselv og Pasvik enn i områdene Kautokeino og Karasjok. Det synes også å være en generell trend at Ni-konsentrasjonene øker fra 1995 fram til i 2020 for målingene i Pasvik og til dels Jarfjord-Jakobselv.

Man må riktignok ta noe forbehold både ift. antallet målestasjoner og mulige metodiske avvik, men det er påfallende at både nivåene ift. sammenlignbare områder og trendene er så tydelig for akkurat Cu og Ni, som er de metallene det har vært mest fokus på ift. utslippene fra smelteverket i Nikel (Berglen et al. 2021).

Nikkel oppsummering: Ni-konsentrasjonene i grunnvannet i prøveområdet er høye, men ikke så høye at de umiddelbart utgjør noen fare ift. bruk som drikkevann. Tilsvarende konsentrasjoner og til dels høyere finner man sporadisk også mange andre steder i Norge. Grunnvannsovervåkingen på de tre LGN-stasjonene i området viser også relativt stabile nivåer, også på stasjonene med lavest alkalitet og pH (Svanvik).

Samtidig vet vi at pH og særlig alkalitet ligger lavt i denne delen av Nord-Norge (Figur V2.16A). Det medfører en viss fare for ytterligere og raskere nedgang i disse parametrene og potensielt utlekking av Ni fra et humuslag som synes å inneha en betydelig andel lett utbyttbart Ni. Utviklingen av Ni i grunnvannet er ikke foruroligende pr. i dag, men de høye og tilsynelatende fortsatt økende nivåene i de øvre lag av jordsmonnet fram til i dag gjør at det fortsatt er relevant å følge opp en viss overvåking av både jord og grunnvann i tiårene framover.

6.3.12 Bly (Pb)

Vann og grenseverdier (Tabell V1.1). Ingen av grunnvannsprøvene er i nærheten av å overstige grense- og terskelverdi på 10 µg Pb/L i Drikkevanns- og Vannforskriften. En del lokaliteter ligger i TK2 for Ferskvann, men de fleste (og resterende) ligger i TK1.

Jord og grenseverdier (Tabell V2.12): Alle jordprøvene vi har tatt ligger godt innenfor TK1 for Forurenset grunn og under og de grenseverdier vi har sammenlignet med.

Vanndata i kart (Figur V2.12A): Sammenlignet med øvrig norsk grunnvann, særlig i sør, er Pb-innholdet i undersøkelsesområdet lavt.

Jorddata i kart (Figur V2.12B og C): Også i jordsjiktene er innholdet av Pb lavt eller middels sammenlignet med Norge for øvrig, men noe høyere i humuslagene enn i mineraljorda.

Jordsjiktene kjemi (Figur V2.12D): Generelt er Pb-konsentrasjonene betydelig høyere i Øvre humus enn i Nedre humus på de nord-østligste lokalitetene (i hovedsak Jarfjord). Det er lett å sette dette si sammenheng med tidligere omfattende bruk av blybensin. På de mer sør-vestlige lokalitetene er imidlertid forholdet stort sett motsatt (lokalitet 5, 8 og 9). Vi kjenner ikke årsakene til dette.

Trender for Pb: Blykonsentrasjonene i grunnvannet på de tre LGN-stasjonene er så lave at det gir liten mening å diskutere noen trender (Figur 5.2, 5.7 og 5.13). I den grad det er mulig å observere noen utvikling for bly i humusjorda (Figur 5.35) vil de i hvert fall ikke være oppadgående. Se Tabell V2.12 for data fra sekvensiell ekstraksjon i jordsjiktene.

Bly oppsummering: Pb synes ikke å være en problematisk forurensningsparameter for miljø- eller drikkevannsforsyning i undersøkelsesområdet Pasvik-Jarfjord.

6.3.13 Sink (Zn)

Vann og grenseverdier (Tabell V1.1): Zn har ikke grenseverdier i Drikkevannsforskriften eller Vannforskriften. Ift. klassifisering i Ferskvann, ligger alle lokaliteter i enten TK1 eller TK2.

Jord og grenseverdier (Tabell V2.13): Alle jordprøver i alle jordsjikt vi har analysert ift. sink ligger i TK1 for Forurenset grunn.

Vanndata i kart (Figur V2.13A): Sammenlignet med øvrig norsk grunnvann, særlig i sør, er Zn-innholdet fra undersøkelsesområdet lavt eller moderat, og det burde ikke utgjøre noen potensiell negativ fare for akvatiske organismer.

Jorddata i kart (Figur V2.13B og C): I jordsjiktene synes innholdet av Zn sammenlignbart med nivåene i Norge for øvrig.

Jordsjiktene kjemi (Figur V2.13D): Generelt synes Zn-konsentrasjonene omtrent like i Øvre humus og i Nedre humus. På de aller nord-østligste lokalitetene (16 og 17) er konsentrasjonene i Øvre humus ~2x høyere enn i Nedre humus, men dette kan være tilfeldig.

Trender for Zn: Som vist i Figur 5.6, 5.12 og 5.18 er sinknivåene i grunnvannet på de tre LGN-stasjonene så lave at det gir liten mening å diskutere noen trend. I jord (Figur 5.39) synes nivåene å ligge nokså likt ift. målingene i 2011 og 2015, men muligens noe høyere enn 1995-2005 på Pasviklokalitetene.

Se Tabell V2.13 for data fra sekvensiell ekstraksjon i jordsjiktene.

Sink oppsummering: Zn synes ikke å være problematisk ift. forurensninger i jord eller grunnvann i undersøkelsesområdet Pasvik-Jarfjord.

6.3.14 Svovel og sulfat (S og SO₄²⁻)

Vann og grenseverdier (Tabell V1.1): Sulfat har en grenseverdi på 200 µg/L jf Drikkevannsforskriften. Ingen av grunnvannslokalitetene vi har undersøkt overstiger eller kommer nær denne grenseverdien.

Jord og grenseverdier (Tabell V2.14): Det finnes ingen grenseverdier eller klassifiseringsgrenser i de litteraturkilder/det lovverk vi har sjekket.

Vanndata i kart (Figur V2.14A): Sammenlignet med øvrig norsk grunnvann er sulfatkonsentrasjonen i prøvene vi har analysert fra undersøkelsesområdet lavt eller moderat.

Jorddata i kart (Figur V2.14B og C): Vi har ikke sammenlignet svovelinnholdet i jord med andre dataserier.

Jordsjiktene kjemi (Figur V2.14D): Svovelinnholdet ser ut til å være svært likt i Øvre humus som i Nedre humus, og mye høyere i disse sjiktene enn i mineraljorda.

Trender for sulfat/ svovel: Som vist i Figur 5.4, 5.10 og 5.16 er sulfatkonsentrasjonene i grunnvannet jevnt synkende siden år 2000 på LGN-Svanvik, og noe høyere og stabile/svakt økende i prøvene i LGN-Karpdalen og LGN-Skjellbekken. Utviklingen er svært sammenfallende med utviklingen for Ca-konsentrasjonene på alle lokalitetene.

Utviklingen for svovel i jord (Figur 5.37a) synes i liten grad å reflektere trenden for målingene i grunnvann. For dette elementet synes det imidlertid i liten grad hensiktsmessig å sammenligne utviklingen over tid i jordprøvene da kontrollprøvene (Figur 5.37b) som er målt gjennom alle de tre siste sesongene gir nokså ulike svar. I 2020 det også analysert ekstrahert materiale mens det tidligere ble benyttet total forbrenning ('LECO').

Se Tabell V2.14 for data fra sekvensiell ekstraksjon (kun LH101) i jordsjiktene.

Svovel og sulfat oppsummering:

Vi finner ikke nivåer eller utvikling til bekymring ift. svovel og sulfat i jord eller grunnvann.

6.3.15 Surhet (pH) og oksygenmetning

Vann og grenseverdier (Tabell V1.1): På ganske mange lokaliteter ligger pH under eller like over (nedre) tiltaksgrense i drikkevannsforskriften på pH 6,5. Dette gjelder f.eks. alle lokalitetene som *ikke* er brønner i Jarfjordområdet.

Jord og grenseverdier (Tabell V2.15): Det finnes ikke grenseverdier for pH eller oksygeninnhold i jord i litteraturkilder/lovverk vi har brukt.

Vanndata i kart (Figur V2.15A): Både oksygeninnhold og pH varierer mye i Norge. Generelt kan en nok si at pH-nivåene er nokså lave i undersøkelsesområdet sammenlignet med Nord-Norge for øvrig, men ikke spesielt lavt ift. f.eks. Agder. Brønner i fjell har gjerne grunnvann som har hatt ganske lang oppholdstid i berg. Dette er vanligvis ikke «utvasket» i like stor grad som løsmasser og pH er derfor som forventet høgest i de tre fjellbrønnene vi har undersøkt. Samtidig er også oksygeninnholdet her lavt, noe som er nokså vanlig i norske fjellbrønner.

Jorddata i kart (Figur V2.15B og C): Surhet i Øvre og Nedre humus lå nokså likt (pH 3-4), og mye lavere enn i mineraljorda (pH 4-6). Laveste pH i humus ble målt i Jordlokalitet Hum4005 10 km nord for Svanvik. I dette området fant vi også svært lave pH-verdier og de høyeste konsentrasjonene for mange av metallene i grunnvannet.

I B- og C-sjiktet generelt ser man lavere pH i Jarfjord/Jarfjordfjellet enn i Svanvik, muligens en kombinert effekt av tynt jordsmonn og gammelt, forvittringshardt grunnfjell.

Jordsjiktens kjemi (Figur V2.15D):

I Øvre og Nedre humus var pH svært like innenfor lokalitetene så vel som mellom dem. I B-sjiktet er pH i jorda betydelig høyere og det er også verdt å merke at pH på de fleste steder øker litt fra B- til C-sjiktet.

Grunnvann vs. binding i jordsjiktene (Figur V2.15E): Rent regnvann vil normalt ha en pH rundt 5-6 på grunn av opptak av CO₂ fra lufta, men kan være surere under episoder det det er påvirket av luftforurensning i form av svovel- og nitrogenforbindelser. I Karpbukta varierte pH i nedbøren mellom 4,6 og 6 i 2020 (Berglen et al. 2021).

Stiplet diagonal linje i Figur V2.15E illustrer en tilstand der pH i grunnvannet er lik pH i jordsjiktene (dvs. jord ristet sammen med rent vann, se ekstraksjonstrinn LH101 i kapittel 4.6.5). Som det framgår er pH i Humus-sjiktene lavere enn det en finner i regnvannet. Dette skyldes normale prosesser der sure humussyrene i jorda kommer i kontakt med regnvann på vei nedover. Som det framgår av figuren øker pH betydelig i kontakt med B- og C-sjiktet, men pH er fortsatt lavere i C-sjikt-ekstraktene enn det vi fant i grunnvannsprøver fra samme lokalitet.

Det er verdt å merke seg at pH i jordsjiktene synes å variere ganske mye fra sted til sted i hele Barentsregionen (Reimann et al. 1998). Men pH i jordsjiktene i vårt undersøkelsesområde skilte seg ikke nevneverdig fra den øvrige Barentsregionen da dette ble undersøkt på 1990-tallet. Reimann rapporterte om pH i humus stort sett nokså jevnt fordelt rundt pH 3,7-3,9 i Pasvik/Jarfjord. I våre undersøkelser ligger de aller fleste prøvene *lavere* enn dette intervallet (Tabell V2.15), men det kan skyldes ulike oppslutningsmetoder (se kapittel 4.6.6).

Alkalitet (Figur V2.16A): Med unntak av de tre fjellbrønnene er også bufferkapasiteten i grunnvannet gjennomgående lav på lokalitetene vi har undersøkt. Særlig i Jarfjordfjellet nordøst i området. Det betyr i praksis at det skal lite til før ytterligere nedgang (eller økning) i pH. Begge deler kan føre til mobilisering av metallioner: Surere forhold gjør normalt kationer (f.eks. av Cu, Ni og Al) mer tilgjengelig, mens mer basiske forhold mer sannsynlig vil kunne løse ut anioner f.eks. av As eller Cr (US-EPA 2022a). Sammenlignet med resten av landet er det også verdt å merke seg at på mange av lokalitetene i Pasvik/Jarfjord er alkaliteten svært lav til tross for at pH er nøytral (hvite punkter). Dette betyr at det skal relativt *lite* til for at pH kan gå *mye* ned.

Surhet, alkalitet og oksygenmetning oppsummering:

Alkalitet og til dels pH ligger generelt lavt i grunnvannet i området og utviklingen bør følges videre ift. potensiale for at metaller mobiliseres.

6.3.16 Andre uorganiske forbindelser i grunnvann (F, Cl, Konduktivitet, Turbiditet, Farge, Nitrat og Ammonium

Klor (Cl): Alle lokalitetene hadde normale til lave konsentrasjoner av klor (figur V2.17A). En av fjellbrønnene i Jarfjord lå nokså nær fjorden og hadde ganske høgt klorinnhold i vannprøven vi tok, men fortsatt godt innenfor grensene i vann- og drikkevannsforskriften (Vedlegg 5).

Fluor (F): Fluorkonsentrasjonene (Tabell V1.1) ligger rundt 1 mg/L i to fjellbrønner i Jarfjord. Det er fortsatt innenfor drikkevannsforskriftens grenseverdi (1,5 mg/L), men høgt nok til at vi anbefaler tidvise undersøkelser av drikkevann fra fjellbrønner i dette området. Ut over dette er fluorkonsentrasjonene svært lave på alle grunnvannslokalitetene (figur V2.18A).

Elektrisk ledningsevne er lav til middels (figur V2.19A) og godt innenfor grensene i vann- og drikkevannsforskriften (Vedlegg 1 og 6).

Turbiditet har ingen spesifikke grenser i vann- og drikkevannsforskriften (Vedlegg 1 og 6) men er uansett lav til middels på alle grunnvannslokalitetene vi har undersøkt (figur V2.20A).

Fargetallet er nokså høgt på en del av grunnvannslokalitetene vi har undersøkt (figur V2.21A). Det er ingen spesifikke grenser for farge i vann- og drikkevannsforskriften, men

forskriften anbefaler maks 20 mg Pt/L. Av alle lokalitetene ligger 11 av dem mellom anbefalingen på 20 for drikkevann og opp til 300 mg Pt/L (se Vedlegg 1 og 6).

Nitratkonsentrasjonene er meget lave på alle lokaliteter (Figur V2.22A) og langt innenfor grensene i vann- og drikkevannsforskriften (Vedlegg 1 og 6).

Ammoniumkonsentrasjonene er lave til middels på alle lokaliteter (Figur V2.23-A) og langt innenfor grensene i vann- og drikkevannsforskriften (Vedlegg 1 og 6).

Rapporten har bare oppgitt måleparametere av antatt størst interesse for miljøstatus i regionen. Det øvrige datasettet blir tilgjengelig på Vannmiljøportalen (2022). I dette finner man f.eks. høgest målte konsentrasjon av for nitritt på 2,2 µg NO₂⁻/L sammenlignet med maksimumsgrense jf drikkevannsforskriften er på 500 µg/L. For antimon og selen har vi tilsvarende målt maks 0,06 µg Sb/L og 1,29 µg Se/L mens grenseverdiene er på henholdsvis 5 og 10 µg/L.

Thallium (Tl) har ikke grenseverdier for vann i Norge, men vi fant en del overraskende målinger av dette grunnstoffet. Vi har tidligere bare funnet én måling høyere enn 0,05 µg Tl/L i over 150 grunnvannsprøver fordelt over hele Norge. I Pasvik/Jarfjord fant vi nå langt høyere konsentrasjoner. Av de 21 grunnvannslokalitetene som ble målt var:

- 8 høyere enn 0,5 µg Tl/L (maks *anbefalt* i drikkevann, USA jf US-EPA 2022b).
- 2 av disse over 2 µg Tl/L (grenseverdi, drikkevann, USA jf US-EPA 2022b),
hvorav lokalitet 18 lå på hele 11,6 µg Tl/L.

De høyeste nivåene vi målte var riktignok på lokaliteter med overflatenært/myrpåvirket grunnvann, som det nok er færre av i det nasjonale datamaterialet. Uansett anbefales dette grunnstoffet inkludert i framtidige undersøkelser av grunnvann, jord og eventuelt andre prøvetakingsmedium i området.

6.4 Utlekkingspotensiale av metaller fra jord til vann

Cu og Ni er nok i kombinasjon med effekter av surhet (pH) de forurensningsparametrene fra nedbøren fra Nikel som utgjør den største risikoen for vannmiljø og mennesker. Dette framgår av vurderinger av nedbørskjemi (Berglen et al. 2021), tidligere grunnvannsundersøkelser (e.g. Gundersen 2020), tidligere undersøkelser av jord (Jensen et al. 2012 og Reimann et al. 1998) og samlede vurderinger av helse- og miljøpåvirkning fra flere miljøundersøkelser (Sandanger et al. 2013).

For Cu er risikoen for mobilisering fra jordsmonnet til vann mest knyttet til at vann/grunnvann når vassdragene slik at akvatiske organismer blir eksponert. Disse tåler generelt langt lavere Cu-konsentrasjoner enn pattedyr. For Ni er risikoen til en viss grad også knyttet til drikkevann, selv om vi generelt har funnet svært få overskridelser av drikkevannsforskriften (se kapittel 6.3.11).

Registrerte konsentrasjoner i grunnvannet for disse elementene de siste årene er riktignok ikke faretruende i seg selv. Først og fremst er bekymringen og usikkerheten knyttet til mobilisering av de massive mengdene med metaller som ligger *lagret i jordsmonnet* i regionen. Men det er ikke mulig å beregne kvantitativt verken sannsynligheter eller konsentrasjoner ift. videre utvikling fordi bindingsforholdene i jorda er så kompliserte. De ulike grunnstoffene har ofte ulik affinitet ovenfor bestanddelene i ulike typer jord og deres mobiliserbarhet vil være avhengig av pH, vanninnhold, temperatur, jordtekstur, innhold av ulike stoffgrupper i organisk materiale, mineralogi og selvsagt; de unike kjemiske egenskapene til hvert element

(Lasota et al. 2020). Det blir for omfattende å gjennomgå våre resultater ift. alle enkeltparametere og ulike jordtyper.

Men det faktum at metallkonsentrasjonene i humus er svært høye i regionen gir indikasjoner på at metallene faktisk også ligger godt bundet i dette jordsjiktet. For både Cu og Ni framgår det at metallkonsentrasjonene i undersøkelsesområdet for de fleste lokalitetene ligger langt høyere i de Øvre enn i de Nedre humuslagene (se henholdsvis Figur V2.7D og V2.11D). Dette viser at metallene bindes sterkt til humus, og er derfor i mindre grad mobiliserbare for transportert nedover. Dertil indikerer det at det fortsatt er ledige bindingssteder lengre ned i humuslaget som kan fange opp metallioner på vei nedover i humuslaget.

På den motsatte side; det faktum at man har funnet betydelig forhøyede konsentrasjoner av tungmetaller i innsjøer langs grenseområdene mot Russland (se Sandanger et al. 2013) kan jo tyde på det motsatte. Selv om dette selvsagt også kan tilskrives effekter av overflateavrenning av regnvann mer eller mindre direkte til vassdragene under ugunstige kombinasjoner av utslipp, nedbør og vindretninger. Eller også kombinasjonseffekter av f.eks. sur nedbør og mobilisering av metaller fra nedbørsfeltene.

For Ni er det relativt mobiliserbare ekstraksjonstrinn 2 dominerende og utgjør så mye som ~10 % av totalt Ni i jorda. Av Figur V2.7E framgår det at de to lettest mobiliserbare Cu-fraksjonene i Øvre humus ligger på ~1% (hver) av totalt Cu. Vi har også gjennom noen enkle scenarier og beregninger diskutert potensialet for mobilisering av metaller fra jord til vann/grunnvann noe mer inngående i vedlegg 6.

6.5 Anbefalinger og framtidig oppfølging

Oppfølgende undersøkelser, kvalitetskontroll og reanalyser:

Jordprøvene ble målt hos ny analyseleverandør i Canada. Dette gav noen avvik i prosedyrene fra tidligere måleserier. Ved nye prøvetakinger på gamle lokaliteter bør eventuelle forskjeller dette kan medføre dokumenteres med flere gjentak av gamle prøver eller man bør vurdere å gå tilbake til å bruke NGUs egen laboratorium og prosedyrer. Dette gjelder både metallanalysene og ikke minst målingene av pH i jord.

Vi vil også understreke at de fleste grunnvannsanalysene vi har basert konklusjonene på er målt på grunnvannslokaliteter som er prøvetatt kun én gang. Vi må ta et forbehold om at vi pr. i dag ikke kjenner til vær- og sesongvariasjon eller langtidsutvikling på disse lokalitetene. Dette kan være tema for oppfølgende undersøkelser eller etablering av permanente overvåkningsstasjoner (se nedenfor). Det samme gjelder de høge nivåene av Thallium i grunnvann som vi beskrev i kapittel 6.3.16.

Anbefalte grunnvannslokaliteter for oppfølging: (Nummerering jf Figur 3.4 og Tabell 3.1).

7 LGN-Skjellbekken
19 LGN Svanvik
31 LGN Karpdalen

1 Kildebekken
2 Sandnesdalen
6-7 Grunnere brønner ved LGN-Skjellbekken
9 Løsmassekilde ved foten av esker-rygg
12 Kilde øst for Svanvik
13 Svært vanngivende kilder ved overgang esker til myr
21 Myrkilde øst for Svanvik

- 22 Gammel drenggrøft/kilde sør for Skrukkebukta
- 24 Gravd brønn, Jarfjord
- 25 Kilde ved Mygga
- 27 Kilde nedenfor morene, Jarfjord

Ytterligere lokaliteter som kan vurderes for oppfølging:

- 3 Sandnesdalen (bekk)
- 8 Skjellbekken (bekk)
- 36 Mygga (elv)
- 37 Jarfjordfjellet mellom Guoikaloubbalat og Holmvatnet (elv)
- 29, 30 – kilder nær Hum4008 i fjell/grunn morene (Alternativt kilde i fjell påvist, ikke prøvetatt, ved østenden av Jammerdalsvannet).
- Diverse (brønner og kilder) vi ikke har rukket å besøke.

Foreslått prøvetakingshyppighet:

LGN-stasjonene;	1-3 år
Andre utvalgte grunnvannslokaliteter;	3-6 år
Jordlokalitetene	6 år, etter hvert 12. år.

Anbefalte prioriteringer:

I våre undersøkelser utmerker halvøya sør for Skrukkebukta seg med lav pH og høge konsentrasjoner av Ni, Cu m/flere. Om dette skyldes spesielt høy belastning her eller også påvirkning fra berggrunnen (Grønnstein) kan vi ikke umiddelbart lese av resultatene. Tilsvarende bergarter (451 Grønnstein i Figur 3.8b) finner vi også i ved Bjørnsund like nord for Svanvik og i et grønnsteinsbelte ved Skogfoss (mellom Skjellbekken og Svanvik) som vi i liten grad har prøver fra. Se mer i beskrivelsen av Polmak–Pasvik–Petsjenga-grønnsteinsbeltet i kapittel 3.4. Alle disse områdene bør uansett vurderes spesielt ved senere undersøkelser.

Mens vi har overvåket grunnvannskjemien i tre LGN-brønner over tid, er det mer sannsynlig at eventuelle endringer vil skje i overflatenært grunnvann med dårlig pH-bufring (lav alkalitet). Selv om disse ikke nødvendigvis vil være gode drikkevannskilder vil de kunne gi et tidlig varsel ift. langsomme endringer i grunnvannskjemien, med de følger det kan gi ift. drikkevann og grunnvannsmating til vassdrag.

For jordprøvene er det liten grunn til å bytte ut noen av de lokalitetene som nå er etablert i området. Men framtidig prøvetaking bør helst også inkludere flere lokaliteter fra område 3 og 4 (bakgrunnslokaliteter) i Figur 3.2, gjerne også med gjentak fra område 5 nær Kirkenes.

Ytterligere tolkning, litteraturgjennomgang og eventuelt publisering kan vurderes, særlig ift. resultatene fra den sekvensielle ekstraksjon og mobiliserbarhet av metallene.

For øvrig er det å forvente at man i større grad framover vil utvikle overnasjonale overvåkningsprogrammer som kan fange opp det spenn av forandringer i naturen som vil følge av klimaendringene. Finnmark et geografisk ytterpunkt i Europa som man derfor bør følge opp ekstra, med koordinerte overvåkningsprogrammer i samarbeid med europeiske partnere. Det vil gjelde både for grunnvann, jordsmonn og mange andre natursystemer.

7. Konklusjon

Gjennom våre undersøkelser har vi vurdert uorganiske forurensingsparametere i jord og grunnvann i Sør-Varanger. Undersøkelsene er særlig rettet mot luft- og nedbørsforurensning langs grenseområdene mot Russland. Organiske og mikrobielle måleparametere er ikke analysert eller vurdert.

Både grunnvannet og jordsmonnet i de grensenære områdene synes generelt av tilfredsstillende kvalitet til bruk som drikkevann og i miljøsammenheng.

Som ventet er det særlig nivåene av Ni og til dels Cu som i noen grad likevel medfører et behov for påpasselighet og videre oppfølging i ti-årene etter nedleggelsen av smelteverket i Nikel i 2020.

Jord: Nikkel i det Øvre humus-laget synes å ligge verst til ift. grenseverdier og miljøstatus. De fleste Svanvik-lokalitetene ligger i TK4 (Dårlig) - og de resterende *nesten* oppe i TK4 iht. Miljødirektoratets klassifisering for Forurenset grunn. Mellom Jarfjord og Grense Jakobselv er de tilsvarende nivåene *nesten* like høge. Tilsvarende for Cu ligger de fleste lokalitetene i TK2 (God) og noen få i TK3 (Moderat). For As, Cd, Cr, Hg, Pb, Zn lå alle jordsjikt på de lokalitetene vi har undersøkt i TK1 eller TK2 (Meget god-God) ift. MDs klassifisering av Forurenset grunn.

Siden 1995 synes Ni- og Cu-konsentrasjonene i Øvre humus å ha økt markant langs grensa til Russland. I 2020-prøvene er det nå mye høyere konsentrasjoner enn på andre steder i Norge som vi har sammenlignet med. Vi anbefaler derfor at ekspertise med myndighet og kompetanse på dette blir forelagt disse resultatene. Både ift. framtidig mobilisering til vann, potensiale for opptak i planter med oppkonsentrering i terrestriske næringskjeder, samt ift. grunnvannssensitive økosystemer.

Vurderingene er for øvrig basert på «totalanalyser» av jordprøver oppsluttet i sterk syre (aqua regia). For noen måleparameter vil ikke den aller sterkeste bundne fraksjonen bli oppløst og målt med denne metoden, og den egentlige totalkonsentrasjonen kan derfor ligge noe høyere. Vi tar også i diskusjonen noe forbehold ift. at jordprøvene i 2020 ble oppsluttet med en litt annen syre enn under tidligere undersøkelser.

Vann og grunnvann: Vannkvaliteten i over halvparten av grunnvannskildene vi har undersøkt rundt Svanvik og i Jarfjordområdet tilsvarende tilstandsklasse TK3 (Moderat) i.h.t. Miljødirektoratets klassifisering for Ni i Ferskvann. Men med unntak av to grunnvannslokaliteter lå alle innenfor drikkevannsforskriftens grenseverdi på 20 µg Ni/L. Unntakene lå ca. 10 km nord for Svanvik og området derfra og nordover kan med fordel undersøkes nærmere. Det samme gjelder et lite område ved Bjørnsund og et belte fra Skogfoss og vestover uten prøvetakinger i tilsvarende bergarter (Grønnstein).

Cu i grunnvannet er som ventet innenfor kravene i Drikkevannsforskriften. De fleste grunnvannslokalitetene faller også innenfor TK1 eller TK2 (Bakgrunn-God) ift. klassifisering for ferskvann. Mange antatt ubelastede grunnvannslokaliteter i Norge har riktignok tilsvarende eller høyere Cu-konsentrasjoner enn de vi finner i Pasvik-Jarfjord. Men *andelen* høge Cu-konsentrasjoner er overrepresentert i regionen og vi anbefaler derfor å overvåke Cu-konsentrasjonen framover. Mange akvatiske organismer (som brunørret) kan under ugunstige betingelser tåle svært lite Cu (sammenlignet med pattedyr), og grunnvannskjemien kan få stor betydning i vassdrag om vinteren, tørrværsperioder og muligens nedbørsepisoder etter tørke.

For de aller fleste måleparametere (NH₄, NO₃, NO₂, SO₄, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Na, Pb, Sb, Se, S) fant vi imidlertid ingen overskridelser for grunnvannet ift. drikkevannsforskriftens grenser eller vannforskriftens grunnvannsspesifikke kvalitetsstandarder og terskelverdier. Med svært få unntak kom også de aller fleste grunnvannsprøvene for disse elementene i TK1 (Bakgrunn) eller TK2 (God) ift. klassifisering av ferskvann.

For Al, Fe, Mn, og pH (nedre grense) fant vi *noen* overskridelser ift. Drikkevannsforskriften, men stort sett på lokaliteter som ikke ville vært naturlig å benytte til regulær drikkevannsforsyning (f.eks. kilder i myr). Konsentrasjonene av Al, Fe og Mn lå ellers innenfor det som er normalt i norsk grunnvann.

Grunnvann og overflatevann på Jarfjordfjellet anses for øvrig noe mindre beskyttet ovenfor forurensing og remobilisering av metaller pga. bergartssammensetningen og det generelt tynne jordsmonnet. Nede ved selve Jarfjorden finnes en del marine sedimenter som trolig gir en noe bedre beskyttelse for grunnvannet. Her bør en imidlertid være påpasselig ift. et naturlig noe høgt innhold av fluor som vi fant i noen av fjellbrønnene langs fjorden.

Overskridelser av den norske drikkevannsforskriftens krav er for øvrig ikke *uvanlig*, hverken for norsk grunnvann eller overflatevann. I det perspektivet er ikke grunnvannskvaliteten i området dårlig, og bruk av grunnvannet til drikkevannsmål bør på ingen måte frarådes. Men det bør anbefales at man kontrollerer vannkvalitet også i grunnvanns- og overflatevann der drikkevannsforskriften formelt sett ikke krever det, særlig ved bruk av grunnvannskilder eller gravde brønner. Basert på resultatene er Ni, As, Al, pH/alkalitet, (Cu og Cr), samt F i fjellbrønner, viktige parametere å følge med på. Vi fant også overraskende høye verdier av Thallium (Tl) i grunnvann som bør undersøkes nærmere. Vi vil understreke at konklusjonene for grunnvann hovedsakelig er basert på målinger på lokaliteter prøvetatt kun én gang. Vi må ta forbehold om at vi pr. i dag ikke kjenner til vær- og sesongvariasjoner eller langtidsutvikling på disse lokalitetene, noe som også bør være et naturlig tema under videre oppfølging.

Mobiliserbarhet: Vurderer man konsentrasjonene i jorda og grunnvannets generelt lave og muligens fallende pH og bufferkapasitet, og mange grunnvannslokaliteter med betydelig innhold av nikkel, kobber med flere, er det grunn til å holde et fortsatt vaksomt øye framover med og jord- og grunnvannskjemien og deres potensiale for remobilisering. Den forurensede delen av jordsmonnet vil flytte seg nedover etter hvert som den langsamt dekomponerer. Rapporten diskuterer for øvrig også metallenes potensiale til å remobilisere fra de ulike jordsjiktene. For Ni viser disse forsøkene at så mye som ~10% av Ni i humuslaget finnes i de to lettest utbyttbare/mobiliserbare fraksjonene mens tilsvarende for Cu er ~2%.

Veien videre: Rapporten viser først og fremst miljøstatus og trender i Pasvik/Jarfjordområdet i jord og grunnvann i tiden før og rundt nedleggelsen av Nikel. Men den representerer også et stort prøve- og datamateriale med potensiale til videre analyser, publikasjoner, sammenstilling med flere datasett og sammenligninger med annen litteratur. Se eget kapittel om anbefalte oppfølgende undersøkelser.

8. Referanser

Aas, W.; Fiebig, M.; Solberg, S.; Yttri, K. E. 2018. Monitoring of long-range transported air pollutants in Norway, Annual Report 2017 Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfæriske tilførsler 2017. NILU report 10/2018. 125 sider. Nedlasting:

<https://nilu.brage.unit.no/nilu-xmloi/bitstream/handle/11250/2564014/NILU%2BNR%2B10-2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Banks, D.; Frengstad, B.; Skrede, A. K.; Krog, J. R.; Strand, T.; Lind, B.; Siewers, U. 2000. Grunnvann – ikke bare vann. Gråsteinen 6. Norges geologiske undersøkelse. 65 sider.

Nedlasting:

<https://www.nb.no/items/54e59b04e76c5b3fd6cdec9f629997c5?page=0&searchText=gr%C3%A5steinen>

Beckius, J. og Keilen, H. B. 2016. Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota – revidert 30.10.2020 (Veileder). Miljødirektoratet. M-608. 13 sider. Nedlasting:

<https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m608/m608.pdf>

Berglen, T. F.; Nilsen, A-C.; Våler, R. L.; Vadset, M.; Uggerud, H. T.; Hak, C.; Andresen, E. 2021. Grenseområdene Norge-Russland: Luft- og nedbørkvalitet 2020. NILU rapport 06/2021 (M-1957). NILU. 90 sider. Nedlasting:

<https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2021/juni-2021/grenseomradene-norge-russland.-luft--og-nedborkvalitet-2020/>

Bohlin-Nizzetto, P.; Aas, W.; Halvorsen, H. L.; Nikoforov, V. og Pfaffhuber, K. A. 2020. Monitoring environmental contaminants in air and precipitation – Annual report 2020. NILU-rapport 12/2021. 148 sider. Nedlasting:

<https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2021/september-2021/monitoring-of--environmental--contaminants-in-air-and-precipitation---annual-report-2020/>

Buchman, M.F., 2008. NOAA Screening Quick Reference Tables, NOAA OR&R Report 08-1, Seattle WA, Office of Response and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration, 34 sider. Nedlasting:

<https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/9327> eller
<https://response.restoration.noaa.gov/sites/default/files/SQuiRTs.pdf>

Bureau Veritas. 2020. Metals, Minerals & Environmental; Schedule of Services & Fees 2020. Bureau Veritas, Canada. 60 sider. Lastet ned den 31.05.2022 fra:

<https://www.readkong.com/page/bureau-veritas-metals-minerals-environmental-schedule-9008778%20>.

Caritat, P.; Danilova, S.; Jæger, Ø.; Reimann, C.; Storrø, G. 1997. Kola Ecogeochemistry: Groundwater investigations. NGU-rapport 97.113. 39 sider. Nedlasting:

https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/1997/97_113.pdf

Chekuskin, C.A.; Bogatyrev, I.V.; Finne, T.E.; Misund, A.; Niskavaara, H.; Pavlov, V.A.; Volden, T.; Ayas, M.. 1993. Report on Joint Ecogeochemical Mapping and Monitoring in the Scale of 1:1 million in the West Murmansk Region and the Contiguous Areas of Finland and Norway. Norges geologiske undersøkelse. NGU-rapport 93.152, 132 sider. Nedlasting:

https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/1993/93_152.pdf

Crommentuijn, T.; Polder, M. E.; Van de Plassche, E. J. 1997. Maximum Permissible Concentrations and Negligible Concentrations for Metals, Taking Background Concentrations into Account (RIVM Report 601501001). Bilthoven, Netherlands. Nedlasting:

<https://scholar.google.com/scholar?q=Maximum%20Permissible%20Concentrations%20and%20Negligible%20Concentrations%20for%20Metals,%20Taking%20Background%20Concentrations%20into%20Account>

Denneman, P.R.J., Roberse, J.G. 1990. Ecotoxicological risk assessment as a base for development of Soil quality criteria. The NPO report, National Agency for the Environmental Protection, Copenhagen. Nedlastning: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-011-3270-1_28

Frengstad, B. 2002. Groundwater quality of crystalline bedrock aquifers in Norway. PhD-thesis. Norwegian University of Science and Technology. 147 pages. Nedlasting: https://www.researchgate.net/publication/234137881_Groundwater_quality_of_crystalline_bedrock_aquifers_in_Norway

Gundersen, P. 2002. Concentrations and speciation of Cu, Zn, Cd and Al I mine-polluted Norwegian rivers: Influence of main water parameters and consequences to fish. Dr. scient thesis. Norwegian University of Science and Technology. 140 sider. Nedlasting: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/244444>

Gundersen, P. 2018. Rapportering fra 1. år: Grunnvannsovervåkning i Pasvikområdet. Årsrapportering for samarbeid mellom Fylkesmannen i Finnmark og Norges geologiske undersøkelse. Norges geologiske undersøkelse. Rapporteringen er arkivert som NGU saksdokument 17/00311-7. 19 sider.

Gundersen, P.; Jæger, Ø.; Seither, O. M. 2019a. Rapportering fra 2. år (2017-2018): Grunnvannsovervåkning i Pasvikområdet. Årsrapportering for samarbeid mellom Fylkesmannen i Finnmark og Norges geologiske undersøkelse. Norges geologiske undersøkelse. Rapporteringen foreligger som vedlegg til brev av 31.01.2019 fra NGU til Fylkesmannen i Finnmark. NGU saksdokument 17/00311-7. 36 sider.

Gundersen, P.; Jæger, Ø.; Seither, A. Dagestad, A. 2019b. Protokoll for prøvetaking og feltmålinger for overvåkning av grunnvannskjemi ved NGU, v1.6. Intern kvalitetsdokumentasjon, NGU, oppdatert 12.04.2019. Norges geologiske undersøkelse. 14 sider.

Gundersen, P. 2020. Rapportering av Grunnvannsovervåkning i Pasvikområdet: Tredje årsrapportering av forvaltningssamarbeid mellom Fylkesmannen i Troms og Finnmark og Norges geologiske undersøkelse jf Samarbeidsavtale mellom Statsforvalteren i Troms og Finnmark og NGU om forvaltningssamarbeid; jord- og grunnvannskjemi i Sør-Varanger: NGU saks- og dokumentnummer 17/00311-21.

Hansen, H. J.; Danielsberg, A. 2009. Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn (Veileder). Statens forurensningstilsyn (nå Miljødirektoratet). TA 2553/ 2009. 27 sider.

Nedlastet fra

<https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/klif2/publikasjoner/2553/ta2553.pdf> den 25.04.2022.

Jensen H. K. B. og Finne T. E. 2006. Temporal variations 1995 – 2005 for heavy metals, arsenic and PAH in the humus layer in Pasvik and Jarfjord, Finnmark County, Norway. NGU-rapport nr. 2006.017 (på engelsk). Norges geologiske undersøkelse. 22 sider. Nedlasting: https://www.ngu.no/FileArchive/235/2006_017.pdf

Jensen, H. K. B.; Finne, T. E.; Gwynn, J.; Jensen, L. K. 2012. Forurensningsbelastning i humusprøver fra østlige og indre Finnmark: tungmetaller, radioaktive elementer, arsen, og PAH₁₆ og variasjoner i perioden 1995-2011. NGU-rapport 2012.042. Norges geologiske undersøkelse. 43 sider. Nedlasting: https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2012/2012_042.pdf

Lasota, J.; Błońska, E.; Łyszczarz, S. 2020. Forest Humus Type Governs Heavy Metal Accumulation in Specific Organic Matter Fractions. *Water Air Soil Pollut* 231, 80 (2020). Nedlasting: <https://doi.org/10.1007/s11270-020-4450-0>

Magombedze, L. og Jæger, Ø. 2006. Groundwater quality monitoring in border area between Norway, Finland and Russia. Norges geologiske undersøkelse. NGU-rapport 2006.042. 39 sider. Nedlasting: https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2012/2012_042.pdf

Ministry of Housing, Netherlands. 1994. Physical planning and Environmental Conservation. Report HSE 94.021.

Muladal, R., Huru, H.; Fagard, P. 2020. Vannmiljøovervåking i Pasvikvassdraget og Jarfjordfjellet, Sør-Varanger kommune 2020 (Pasvikprogrammet). Rapport 6. Naturtjenester i Nord, 27 s. Nedlasting: https://ninord.no/uploads/cNG8UwBr/Rapport_Jarfjord_Pasvik_NINORD_smallRM.pdf

Njåstad, O.; Steinnes, E.; Bølviken, B.; Ødegård, M. 1994. Landsomfattende kartlegging av elementsammensetning i naturlig jord. Resultater fra prøver innsamlet i 1977 og 1985 oppnådd ved ICP emisjonsspektrometri. Norges geologiske undersøkelse. NGU rapport 94.027. 114 sider. Nedlasting: https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/1994/94_027.pdf

NGU-Lab. 2022. Prosedyrebeskrivelse NGU-SD 2.19, utgave nr 1.8. Vannoppslemming - Jordprøver. Norges geologiske undersøkelse v/NGU-Lab. 7 sider.

Orlov, D.S.; Sadovnikova L.K.; Lozanovskaya, I. N. 2002. Ecology and Protection of the Biosphere upon the Chemical Pollution of Soils. Vysshaya Shkola, Moscow. (In Russian).

Osmani, M.; Bani, A.; Hoxha, B. 2015. Heavy Metals and Ni Phytoextraction in the Metallurgical Area Soils in Elbasan. *Albanian j. agric. sci.* 2015;14 (4): 414-419. 14. 414-419. Nedlasting: https://www.researchgate.net/publication/304347101_Heavy_Metals_and_Ni_Phytoextraction_in_the_Metallurgical_Area_Soils_in_Elbasan

Reimann (ed.). 1995. National report, Kola project. Catchment study 1994. Norges geologiske undersøkelse. NGU-rapport 95.131. 155 sider. Nedlasting: https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/1995/95_131.pdf

Reimann, C.; Äyräs, M.; Chekushin, V.A.; Bogatyrev, I.V.; Boyd, R.; Caritat, P. d.; Duttler, R.; Finne, T. E.; Halleraker, J. H.; Jæger, Ø.; Kashulina, G.; Lehto, O.; Niskavaara, H.;

Pavlov, V. A.; Räisänen, M.L.; Strand, T.; Volden, T. 1998. Environmental Geochemical Atlas of the Central Barents Region. NGU, GTK, CKE special publication. 745 sider. Bestilling: <https://www.ngu.no/Kola/atlas.html>

Rühling, Å.; Brumelis, G.; Goltsova, N.; Kvietskus, K.; Kubin, E.; Liiv, S.; Magnusson, S.; Mäkinen, A.; Pilegaard, K.; Rasmussen, L.; Sander, E.; Steinnes, E. 1990. Atmospheric Heavy Metal Deposition in Northern Europe. Nordic Council of Ministers. 42 sider. Nedlasting:

https://books.google.no/books/about/Atmospheric_Heavy_Metal_Deposition_in_No.html?id=AKAF2eH7ZqMC&redir_esc=y

Saksdokument SFTF og NGU. 2020. Avtale om forvaltningssamarbeid og støtte til drift av Landsomfattende mark- og grunnvannnett (LGN); oppfølgende kartlegging av grunnvannkjemi og akkumulerte tungmetallnivåer i jordsmonn i Sør-Varanger. NGU saks- og dokumentnummer **17/00311-22**.

Saksdokument SFTF og NGU. 2021. Avtale om forvaltningssamarbeid og støtte til drift av Landsomfattende mark- og grunnvannnett (LGN); oppfølgende undersøkelser 2021 for kartlegging av grunnvannkjemi og akkumulerte tungmetallnivåer i jordsmonn i Sør-Varanger. NGU saks- og dokumentnummer **17/00311-26**.

Sandanger, T.M.; Anda, E. Berglen, T.F.; Evenset, A.; Christensen, G. og Heimstad, E. S. 2013. Health and environmental impacts in the Norwegian border area related to local Russian industrial emissions. Norwegian Institute for Air Research. NILU-report OR 40/2013. 92 sider. Nedlasting: <https://www.nilu.no/wp-content/uploads/dnn/40-esh-norge-russland-grenseomrader.pdf>

Seither, A.; Gundersen, P.; Jæger, Ø.; Sæther, O.M. 2016. Landsomfattende mark- og grunnvannnett (LGN) - Fortid og framtid etter 39 års drift. Norges geologiske undersøkelse. NGU-rapport 2016.039. 158 sider. Nedlasting: <https://www.ngu.no/publikasjon/landsomfattende-mark-og-grunnvannnett-lgn-fortid-og-framtid-etter-39-ars-drift>

Sivertsen, B.; Skjoldager, J. 1991. Luftforurensninger i Finnmark Fylke. NILU rapport 75/91. 21 sider. Nedlasting: <https://nilu.brage.unit.no/nilu-xmlui/bitstream/handle/11250/2718054/OR-75-91.pdf?sequence=1>

US-EPA. 2007. Aquatic life ambient freshwater quality criteria – copper (guidelines). 2007 revision. U.S. Environmental Protection Agency, Office of water. 204 sider. Nedlasting: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2019-02/documents/al-freshwater-copper-2007-revision.pdf>.

Vodyanitskii, Y.N. 2016. Standards for the contents of heavy metals in soils of some states. *Annals of Agrarian Science*. Volume 14, Issue 3, September 2016, Pages 257-263.

Nedlasting:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1512188716300665>

Nettsteder:

Drikkevannsforskriften. 2016. Forskrift om vannforsyning og drikkevann (drikkevannsforskriften). Vedlegg 1 og 2. Fra <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2016-12-22-1868>. Nedlastet 25.04.2022.

EU-WFD Commission Staff (2009) – Working document. ANNEX 3 to the Commission Staff Working Document accompanying the Report from the Commission in accordance with Article 3.7 of the Groundwater Directive 2006/118/EC on the establishment of groundwater threshold values. Fra https://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/groundwater/pdf/com_swd_annex_iii.pdf. Nedlastet 11.07.2022.

Geokjemidatabasen (2022). Nettsted drevet av NGU med informasjon ulike geokjemiske datasett. Fra https://geo.ngu.no/kart/geokjemi_mobil/. Nedlastet 11.07.2022.

Kruse, J. E. 2020. Russisk Smelteverk legges ned. Fra <https://www.nrk.no/urix/smelteverket-i-nikel-legges-ned-1.15291559>. Nedlastet 11.07.2022.

Norsk klimaservicesenter 2022a. Uttrekk for Figur 3.8. Fra: https://seklima.met.no/windrose/?timeresolution=recurring_period&locationid=SN99460&from=2012-05&to=2022-10. Nedlastet 10.06.2022.

Norsk klimaservicesenter 2022b. Uttrekk for Figur 3.9. Fra: https://seklima.met.no/windrose/?timeresolution=recurring_period&locationid=SN99460&from=2012-11&to=2022-04. Nedlastet 10.06.2022.

Nikkel - Murmansk region. 2022. Fra [https://fi.wikipedia.org/wiki/Nikkeli_\(Murmanskin_alue\)](https://fi.wikipedia.org/wiki/Nikkeli_(Murmanskin_alue)). Nedlastet 11.07.2022.

Store norske leksikon. 2022. Oppslag «Drumlin» i Store norske leksikon. Fra <https://snl.no/drumlin>. Nedlastet 04.10.2022.

US-EPA. 2022a. Ecological Soil Screening Level Metal Contaminants. Fra <https://www.epa.gov/chemical-research/ecological-soil-screening-level-metal-contaminants>. Nedlastet 12.09.2022.

US-EPA. 2022b. National Primary Drinking Water Regulations (US). Fra <https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/national-primary-drinking-water-regulations#one>. Nedlastet 18.10.2022.

USGS. 2022. Offisiell nettside for USGS. Contamination of Groundwater. Fra <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/contamination-groundwater>. Nedlastet 18.07.2022.

Vannforskriften. 2006. Forskrift om rammer for vannforvaltningen. Vedlegg IX. Fra https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2006-12-15-1446/#KAPITTEL_17. Nedlastet 25.04.2022.

Vannmiljøportalen (2022). Nettsted drevet av Miljødirektoratet for tilgjengeliggjøring av data om vann ifm. EUs vanddirektiv. Fra <https://vannmiljo.miljodirektoratet.no/>.

VEDLEGG

Vedlegg 1: Grunnvannskjemi; Rådata vs. status ift. grenseverdier

Tabell V1.1: Rådata vann 2020-21 vs. grenseverdier ift. vann- og drikkevannsforskrift og klassifisering av ferskvann

Område	Nr i kart 1)	Grunnvann Medium 4)	Vannstand (m)	Vanntemp (°C)	DO - løst O2 (mg/L)	pH	pH vs Drikkev §	tAlk (mmol/l)	EC (mS/m)	EC vs Drikkev §	Farge (mg Pt/L)	Turbiditet (FNU)	NH4-N (µg/l)	NH4-N vs Drikkev §	NH4-N VnF Terskel 6)	NH4-N VnF Vendep.	NO2 (µg/l)	NO2 (µg/l) vs Drikkev §	F (mg/L)	F vs Drikkev §	NO3 (mg/l)	NO3 vs Drikkev §	NO3 VnF Terskel	NO3 VnF Vendep.	SO4 (mg/L)	SO4 vs Drikkev §	SO4 VnF Terskel	SO4 VnF Vendep.	Al (µg/l)	Al vs Drikkev §	As (µg/l)	As	Drikkevannsforskr.	As Vannf. Terskel	As Vannf. Vendep.	As TK1	As TK2	As TK3	As TK4	As TK5								
																																									Bakgrunn	1	LK		3,3	10,89	7,2	●
	2	LK		3,9		6,7	●	0,15	3,06	●	4	0,23	1,5	●	●	●	0,5	●	0,039	●	0,11	●	●	●	2,3	●	●	●	7,13	●	0,025	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●						
	3	E				6,4	●	0,059	1,76	●	10,0	0,24	14,0	●	●	●	0,5	●	0,015	●	0,05	●	●	●	1,2	●	●	●	70,4	●	0,061	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				
Skjellbekken	4	LK		3,2	12,84	7,5	●	0,86	10,8	●	1,9	0,01	13,0	●	●	●	0,5	●	0,015	●	0,05	●	●	●	6,7	●	●	●	1,91	●	0,840	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●					
	5	LB	3,34			7,1	●	0,2	3,87	●	1,0	0,74	8,0	●	●	●	0,5	●	0,015	●	0,12	●	●	●	2	●	●	●	2,95	●	0,025	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
	6	LB	3,42		3,3	9,37	7,4	●	0,34	3,92	●	0,5	0,01	13,0	●	●	●	0,5	●	0,015	●	0,12	●	●	3,3	●	●	●	1,16	●	0,073	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	6	LB			3	11,19	7,4	●	0,48	4,57	●	1,0	0,17	14,7	●	●	●	20	●	0,015	●	0,17	●	●	2,4	●	●	●	2,02	●	0,078	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	7	LB			3,33	4,83	7,6	●	0,7	10,4	●	0,5	0,01	13,0	●	●	●	0,5	●	0,015	●	0,05	●	●	8,9	●	●	●	1,88	●	0,207	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	7	LB			4	4,23	7,6	●	0,67	9,78	●	1,0	0,11	12,4	●	●	●	20	●	0,015	●	0,05	●	●	10	●	●	●	1,82	●	0,225	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	8	E			5,3	12,66	7,7	●	0,91	10,5	●	10,0	0,27	10,1	●	●	●	20	●	0,015	●	0,05	●	●	7,3	●	●	●	6,14	●	0,613	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	9	LK			3,1	12,61	6,9	●	0,26	4,00	●	1,0	0,11	7,6	●	●	●	20	●	0,015	●	0,15	●	●	2,3	●	●	●	3,06	●	0,025	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

^{1/}Om lokalitetene; se oversiktskart i Figur 3.4, koordinater i Tabell 3.1, detaljer og bilder i kapittel 3.2 ^{2/}Tallene er måleverdier ^{3/}Punktfarger repr. måleverdi vs. grenseverdier/klassegrenser^{6/}:

Grønn/gul er innenfor grenseverdiklassegrense; ● <80%; ● 80-100% av grense, røde repr. overskridelse; ● 100-200%, ● 200-300%, ● >300 % av grense. Unntak er pH der ● ● viser økende overskridelse fra Drikkevannsforskriftens nedre grense på 6,5 (i intervall på 0,5 pH-enheter). Tilstandsklasse (TK) for en måleverdi (der slike finnes) blir i det første fargepunkt i TK1-TK5 som er gult eller grønt (lest fra venstre mot høyre). ^{4/}Bakgrunnsfarge på radene repr. Ulike vann typer og grunnvannsmedium: Lys gul=Løsmasse Kilde (LK). Mørk gul=Løsmasse Brønn (LB). Lys blå=Fjell Kilde (FK). Mørk blå=Fjell Brønn (FB). Grå repr. andre; Elv eller bekk (E), Myrkilde (MK) og Drenering (D). ^{5/}Måleverdier lavere enn nedre rapporteringsgrense er oppgitt som halve denne. ^{6/}Om kolumnenavn for grenseverdier og klassifisering: Drikkev §= Drikkevannsforskriften; VnF=Vannforskriften (terskel- og vendept.); Tilstandsklasse (TK1-TK5) er iht. i klassifisering av ferskvann. Se kapittel 4.9 og vedlegg 5.

Tabell V1.1: Rådata vann 2020-21 vs. grenseverdier ift. vann- og drikkevannsforskrift og klassifisering av ferskvann forts

Område	Nr i kart 1)	Grunnvann (Medium 4)	B (µg/l)	Ba (µg/l)	Ca (mg/L)	Cd (µg/l)	Cd vs Drikkev \$					Co (µg/l)	Cr (µg/l)	Cr vs Drikkev \$					Cu (µg/l)	Cu vs Drikkev \$					Fe (µg/l)	Fe vs Drikkev \$					Hg (µg/l)	Hg vs Drikkev \$					K (mg/L)
							VnF Terskel	VnF Vendep.	TK1	TK2	TK3			TK4	TK5	TK1	TK2	TK3		TK4	TK5	TK1	TK2	TK3		TK4	TK5	TK1	TK2	TK3		TK4	TK5	TK1	TK2	TK3	
Bakgrunn	1	LK	5	5,0	7,8	0,004						0,0025	0,384							0,438						1,46							2,06				
	2	LK	5	3,7	1,8	0,001						0,0238	0,257							0,127						2,5						0,2					
	3	E	5	1,3	1,1	0,001						0,0298	0,254							1,21						5,61						0,2					
Skjellbekken	4	LK	5	19,3	15,2	0,001						0,0117	0,644						0,108						0,513						1,34						
	5	LB	5	3,4	2,9	0,006						0,0178	0,548						0,339						2,85						0,916						
	6	LB	5	5,7	5,0	0,001						0,0104	0,985						0,05						0,639						1,13						
	6	LB	5	5,7	4,3	0,001						0,0169	0,41						0,05						0,448						1,01						
	7	LB	5	15,8	13,5	0,006						0,083	0,612						0,129						1,34						2,47						
	7	LB	5	17,0	13,2	0,006						0,189	0,341						0,105						2,82						2,41						
	8	E	5	11,9	17,7	0,001						0,0185	0,225						1,02						21,4						0,928						
	8	LK	5	1,2	3,2	0,001						0,0181	0,272						0,199						1,06						0,655						
Svanvik	10	LK	5	3,7	2,6	0,004					0,116	0,919						3,39						154						0,67							
	11	LK	5	2,0	8,0	0,004					0,0346	0,671						3,63						28,7						1							
	12	LK	5	3,1	11,0	0,001					0,0288	0,37						0,366						12,4						0,935							
	13	LK	5	5,8	8,4	0,001					0,0128	0,398						1,52						10,2						1,36							
	14	LK	5	2,9	5,9	0,004					0,485	0,723						3,87						140						0,703							
	15	LK	5	5,0	3,9	0,004					0,0875	0,684						3,66						132						0,764							
	16	LK	5	4,9	10,7	0,001					0,0266	0,516						6,49						1,39						1,9							
	17	LK	5	1,9	3,7	0,002					0,0424	0,235						1,54						9,94						0,512							
	18	LK	5	14,9	2,3	0,022					2,31	1,78						14,3						1290						0,2							
	19	LB	5	1,2	4,3	0,015					0,0764	0,605						3,67						1,4						0,544							
	20	FB	58,1	26,4	29,6	0,003					0,0147	0,573						4,46						29,4						2,71							
	21	MK	5	4,7	2,2	0,001					0,146	1,03						3,91						338						0,2							
	22	D	5	8,0	5,1	0,001					0,657	1,53						8,55						1570						0,9							
	Jarfjord	23	LK	5	3,5	0,7	0,006					0,591	0,948						3,72						113						0,2						
24		LK	5	7,1	10,3	0,003					0,1	0,978						3,4						16,7						1							
25		LK	5	3,7	1,9	0,007					0,0424	0,317						2,72						16,4						0,465							
26		LK	5	5,1	0,7	0,005					0,508	0,702						1,88						45,5						0,2							
27		LK	5	2,8	1,3	0,042					0,234	0,275						0,534						0,878						0,2							
28		FK	5	5,4	0,8	0,003					0,165	0,886						1,35						19,8						0,2							
29		FK	5	1,9	1,7	0,010					0,116	0,703						2,16						29,7						0,2							
30		FK	5	2,4	1,0	0,004					0,206	0,533						1,33						11						0,2							
31		LB	22,1	15,3	22,0	0,001					0,0836	0,297						0,05						1360						3,57							
31		LB	22,4	13,4	20,0	0,003					0,0563	0,534						0,05						1160						3,37							
32		FB	130	1,8	11,2	0,001					0,00751	0,196						0,199						4,39						2,2							
33		FB	67,7	4,4	15,0	0,002					0,0025	0,286						0,05						5						1,34							
34		MK	5	3,7	3,4	0,003					0,12	0,513						3,76						194						0,2							
35		MK	5	8,7	1,0	0,011					1,14	1,13						4,21						163						0,2							
36		E	5	2,5	1,4	0,004					0,0168	0,316						2,35						25						0,2							
37	E	5	3,0	1,2	0,009					0,0481	0,722						2,11						5,86						0,2								

¹⁾Om lokalitetene; se oversiktskart i Figur 3.4, koordinater i Tabell 3.1, detaljer og bilder i kapittel 3.2 ²⁾Tallene er måleverdier ³⁾Punktfarger repr. måleverdi vs. grenseverdier/klassegrenser⁵⁾:

Grønn/gul er innenfor grenseverdiklassegrense; ● <80%; ● 80-100% av grense, røde repr. overskridelse; ● 100-200%, ● 200-300%, ● >300 % av grense. Tilstandsklasse for en måleverdi (der slike finnes) blir i det første fargepunkt i TK1-TK5 som er gult eller grønt (lest fra venstre mot høyre). ⁴⁾Bakgrunnsfarge på radene repr. Ulike vann typer og grunnvannsmidium: Lys gul=Løsmasse Kilde (LK). Mørk gul=Løsmasse Brønn (LB). Lys blå=Fjell Kilde (FK). Mørk blå=Fjell Brønn (FB). Grå repr. andre; Elv eller bekk (E), Myrkilde (MK) og Drenering (D). ⁵⁾Måleverdier lavere enn nedre rapporteringsgrense er oppgitt som halve denne. ⁶⁾Om kolumnenavn for grenseverdier og klassifisering: Drikkev \$= Drikkevannsforskriften; VnF=Vannforskriften (terskel- og vendept.); Tilstandsklasse (TK1-TK5) er iht. i klassifisering av ferskvann. Se kapittel 4.9 og vedlegg 5.

Vedlegg 2: Status, grunnvanns- og jordkjemi for enkeltparametere

Hvert delkapittel i vedlegg 2 beskriver resultatene for én måleparameter (pH, kobber osv.). Oversikt over struktur i resultater og diskusjon (inkl. vedlegg 2); se øverst i henholdsvis kapittel 5 og 6. Om jordsjiktene (se kapittel 2.4.1). Grenseverdier jf lover og veiledere er gjengitt i vedlegg 5.

Av plasshensyn er noen fotnoter under tabeller i vedlegg 2 noe forkortet (se figurtekst). Fullstendige fotnoter for disse følger her:

Fullstendig fotnotetekst for Jordkjemitabellene øverst i hvert delkapittel (Tabell V2.1, V2.2 osv.) inkl. referanser til grenseverdier og klassifiseringer (fotnotene ⁷⁾ – ¹²⁾):

- ¹⁾ *Totalkonsentrasjon* betyr at jordprøven er løst i sterk syre – «kongevann».
- ²⁾ *LH101-LH105*; «sekvensiell ekstraksjon», jordprøve løst i væske med økende opplutningsstyrke. Metaller løst ut i LH101 er lettest mobiliserbar til miljøet (se kapittel 4.6.5).
- ³⁾ *Tilstandsklasser og grenseverdier*: Alle grenseverdier/klasser er sammenlignet med jordprøvens *Totalkonsentrasjon*. Se også kapittel 4.9 og tabell med grenseverdiene i vedlegg 6).
- ⁴⁾ Humuslagets ca. tykkelse der prøven er tatt
- ⁵⁾ *Farge på punktene* viser måleverdier sammenlignet med ulike grenseverdier (eller øvre grense innen en tilstandsklasse): Det er mest relevant å sammenligne med norsk tilstandsklassifisering for Forurenset grunn T1-T5 (Hansen og Danielsberg 2009); Grønn/gul er innenfor grenseverdi/klassegrense; ● <80%; ● 80-100% av grense, røde farger repr. overskridelse; ● 100-200%, ● 200-300%, ■ >300 % av grense. Tilstandsklasse for en måleverdi blir i det *første fargepunkt* i T1-T5 som er gult eller grønt (lest fra venstre mot høyre). ⁶⁾ *Røde tall* er måleverdier lavere enn laboratoriets rapporteringsgrense.
- ^{7) 8)} Anbefalinger fra Osmani et al. 2015, henholdsvis «Måleverdi» (Target) og «Tiltaksgrense».
- ⁹⁾ Crommentuijn et al. 1997; "Maximum Permissible Addition (MPA)" Anbefalt målverdi for tilleggsbelastning utover naturlig nivå i jord
- ¹⁰⁾ Foreslåtte grenseverdier for mobil fraksjon fra Orlov et al. 2002, gjengitt fra Vodyanitskii 2016. Gjelder ekstraksjonsmiddel Ammoniumacetat (Tilsvare Ekstr_1+ Eksr_2 jf våre målinger).
- ¹¹⁾¹²⁾ Henholdsvis anbefalt målverdi (Target) og Tiltaksgrense (Measure) gjengitt fra Buckman (2008) som har samlet noen lands bakgrunns- og grenseverdier for jord. Se referanse for detaljer og link til originalkilder.

(I noen av tabellene vil enkelte av punktene ikke være relevante så fotnotene får «hull» i nummeringen).

V2.1: Aluminium (Al)

V2.1-1 Aluminium (Al) i jord: måledata fra 2020 vs grenseverdier

Tabell V2.1: Al i jord (mg/kg)

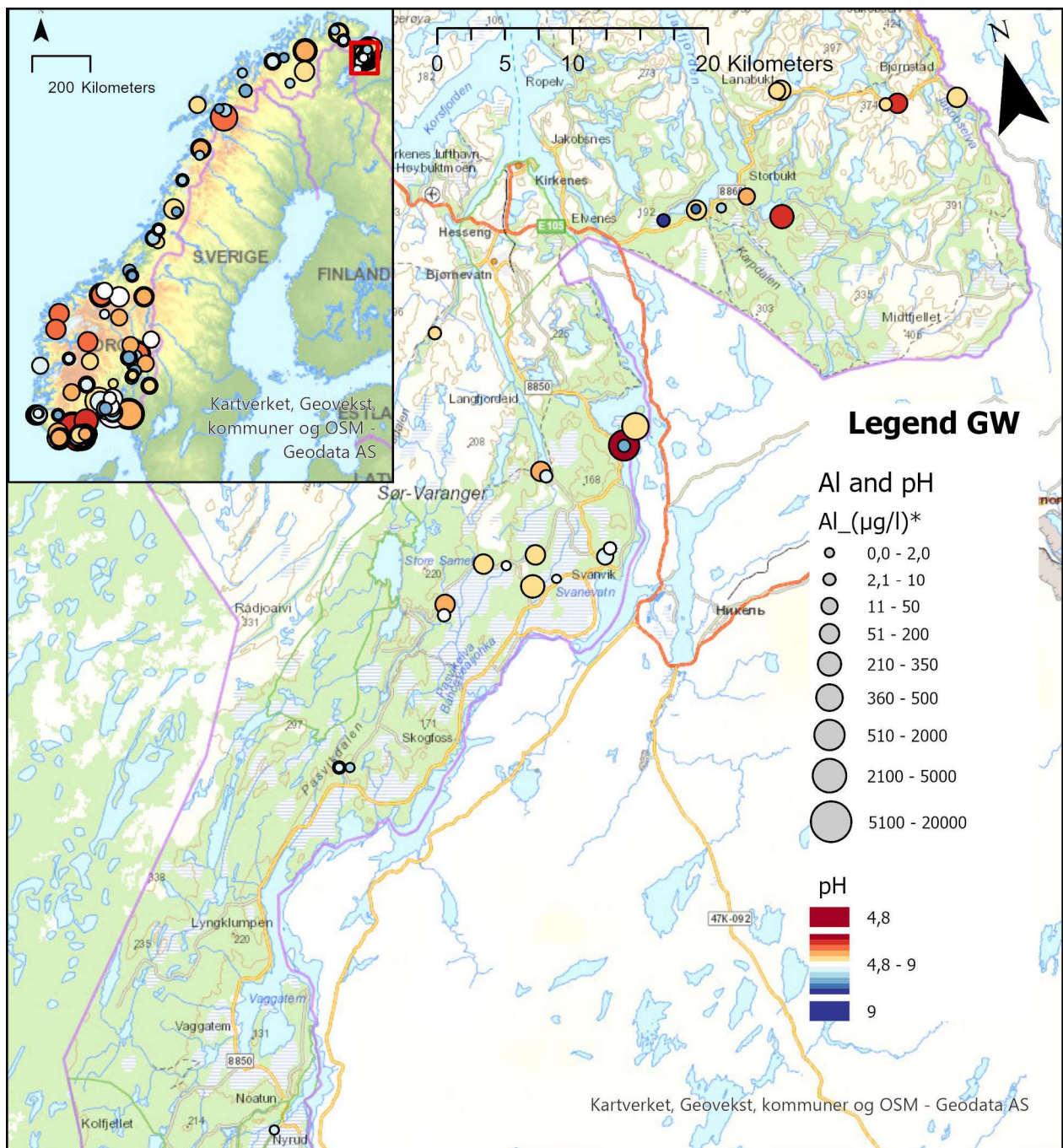
Område	Jordsjikt	Lokalitet	Humus typisk dybde (cm) 4)	Totalkonsentrasjon 1) 6)	Sekvensiell ekstraksjon 2) 6)				
					LH101 "Vannløselig"	LH102 "Lett utbyttbart"	LH103 "Fra org. matr."	LH104 "Fra Mn-oksider"	LH105 "Fra Fe-oksider"
				Al	Al	Al	Al	Al	Al
Svanvik	Humus topp	Hum2020_01	9	673	11,6	8,7	313,4	14,5	27,2
		Hum2020_02	-	422	4,4	4,8	175,8	5,2	19,1
		Hum2020_03	18	468	-	-	-	-	-
		Hum4001	5	614	13,1	10,4	239,6	66,4	35,2
		Hum4002	3	630	-	-	-	-	-
		Hum4003	10	676	-	-	-	-	-
		Hum4004	6	637	-	-	-	-	-
		Hum4005	10	742	-	-	-	-	-
		Svanvik	6	903	11,1	10,6	344,4	56,2	36,4
		Hum4004_81	7	589	-	-	-	-	-
	Svanvik_samle	11	707	-	-	-	-	-	
	Humus bunn	Hum2020_01	9	1030	14,7	15,2	597,4	59,8	42,1
		Hum2020_03	18	542	-	-	-	-	-
		Hum4005	10	608	-	-	-	-	-
		Svanvik	6	910	9,5	8,9	401,1	78,7	37,6
		Hum4004_81	7	706	-	-	-	-	-
	Svanvik_samle	11	1496	-	-	-	-	-	
	B	Hum2020_01	9	14529	15,7	938,7	3999,3	2215,7	495,6
		Hum2020_02	-	8975	12,5	647,8	1704,7	728,6	264,1
		Hum4001	5	12296	3,1	507,9	1289,7	4275,5	728,5
		Svanvik	6	16640	2,5	454,6	1326,1	5587,6	1271,3
		Hum4004_81	7	28803	-	-	-	-	-
	C	Hum2020_01	9	13212	15,9	716,9	3229,7	3540,8	615,8
		Hum2020_02	-	12356	16,1	879,5	3769,3	1466,0	416,6
Hum4001		5	7053	1,0	242,1	690,2	1580,3	264,7	
Svanvik		6	8021	14,9	277,6	802,5	1236,0	240,5	
Hum4004_81		7	23158	-	-	-	-	-	
Jarlfjord	Humus topp	Hum4006	3	848	29,6	15,6	319,8	32,6	34,9
		Hum4007	20	531	7,8	5,9	235,0	4,8	19,5
		Hum4008	20	498	3,8	3,6	212,0	5,3	15,4
		Hum4009	15	1235	26,6	22,3	599,4	13,1	44,4
		Hum4010	18	519	-	-	-	-	-
		Karpdalen	15	791	18,3	12,4	313,3	76,0	38,7
		Humus bunn	Hum4007	20	554	2,9	1,8	252,8	2,7
	Hum4008		20	569	3,3	2,4	265,8	16,3	13,1
	Hum4009		15	3282	20,5	69,5	2146,0	64,3	85,5
	Hum4010		18	752	-	-	-	-	-
	Karpdalen		15	1857	31,2	36,0	1059,2	148,5	67,6
	B	Hum4006	3	9279	19,2	1032,1	1275,0	1218,6	362,4
		Hum4007	20	26291	11,0	1921,2	7888,3	3904,9	1864,3
		Hum4008	20	20561	10,7	2057,5	5646,2	3668,3	1002,0
		Hum4009	15	8017	27,4	438,9	1462,1	651,1	256,8
		Hum4010	18	14965	-	-	-	-	-
		Karpdalen	15	15655	30,1	1493,4	6268,1	1508,4	385,5
	C	Hum4006	3	8186	13,8	328,6	327,8	1229,2	406,2
		Hum4007	20	16678	13,4	1977,5	7538,1	1345,8	392,6
		Hum4008	20	14613	3,1	961,9	2007,3	4109,0	672,4
		Hum4009	15	7216	26,2	335,0	1074,4	654,4	236,9
		Hum4010	18	20362	-	-	-	-	-
		Karpdalen	15	14501	23,3	743,6	4174,1	1439,7	461,9

1) Ekstrahert i sterk syre (kongevann).

2) LH101-LH105: Fra «sekvensiell ekstraksjon» (kapittel 4.6.5) der LH101 er lettest mobiliserbar.

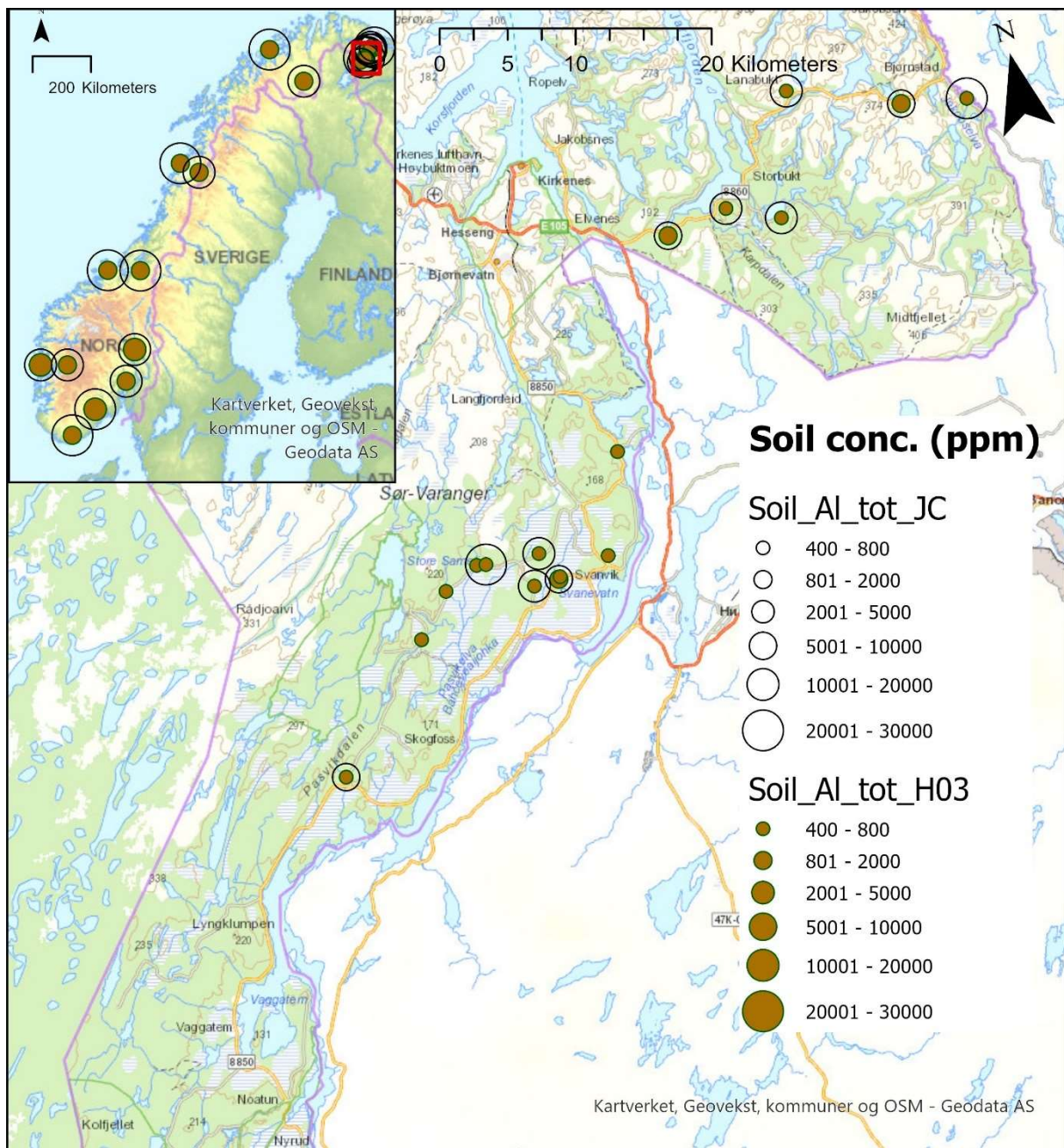
4) Humuslagets tykkelse.

V2.1-2 Aluminiumkonsentrasjon og pH i grunnvann; Pasvik og Norge



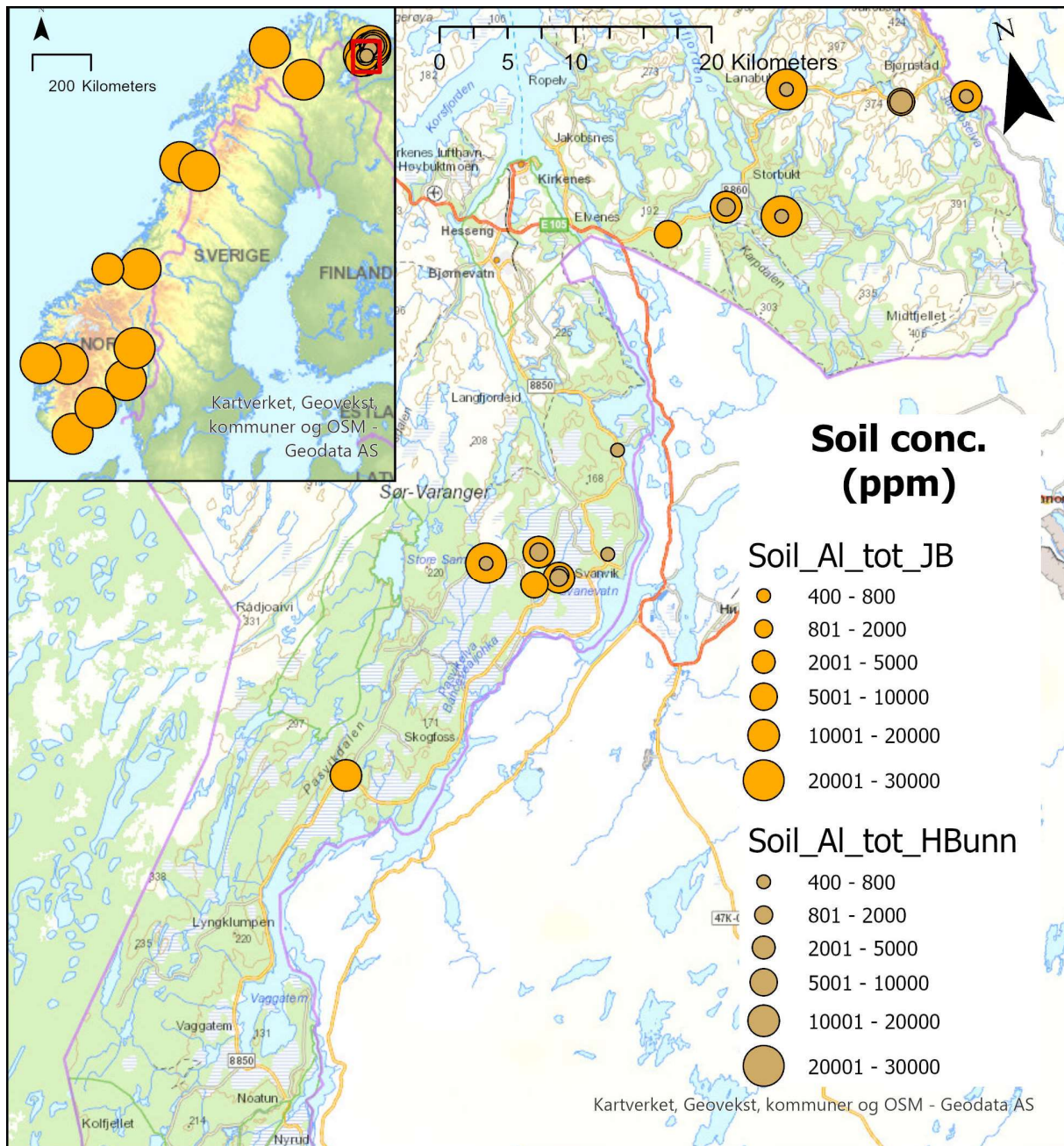
Figur V2.1A: Aluminium i grunnvann ($\mu\text{g/L}$); Pasvik og Norge (innfelt). Symbolstørrelse angir konsentrasjon, farge angir surhet (pH). Rødt surt, hvitt nøytralt (~ 7), blått basisk. ²⁾Norgeskart viser målinger etter 2014 fra Landsomfattende mark- og grunnvannsnett (upåvirket av lokal belastning). På Sør- og Østlandet i tillegg en del til dels antropogent belastede kilder og brønner kartlagt i 2020-21 (se om data i kapittel 4.9.1).

V2.1-3 Aluminium i jordsjikt 1 og 4



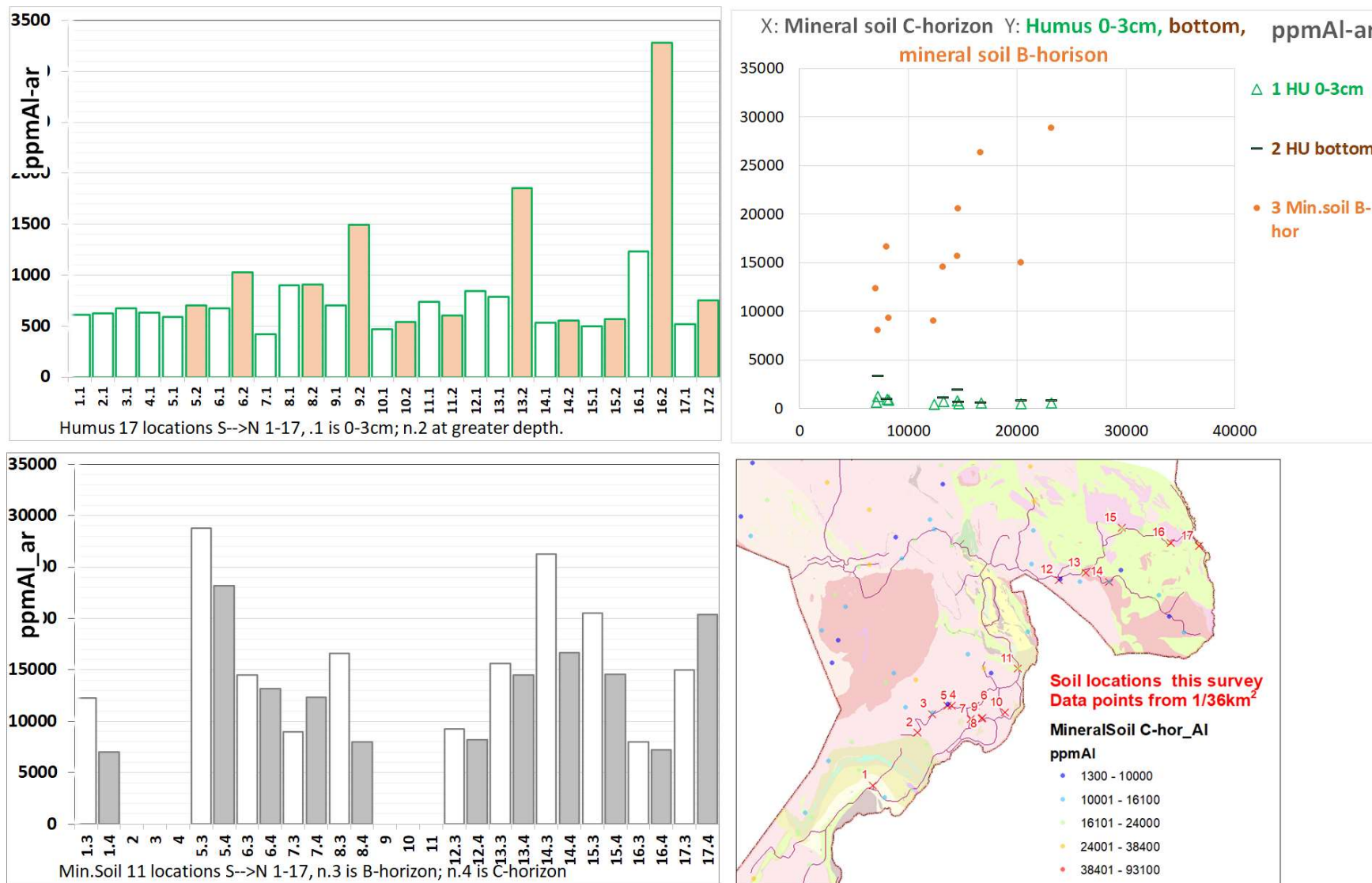
Figur V2.1B: Totalkonsentrasjon aluminium (mg Al/kg) i jordsjiktene (kapittel 2.4.1) 1: Øvre humus (.._H03) og 4. Mineraljord (.._JC) i Pasvik. Punktene i norgeskartet illustrerer regionale medianverdier for et større antall jordprøver (fra Njåstad et al. 1994). Jordprøvene i Njåstad et al. er ekstrahert med *salpetersyre* som er noe svakere enn *kongevann* som brukt på våre prøver; se kapittel 4.7.2 og 5.2.

V2.1-4 Aluminium i jordsjikt 2 og 3



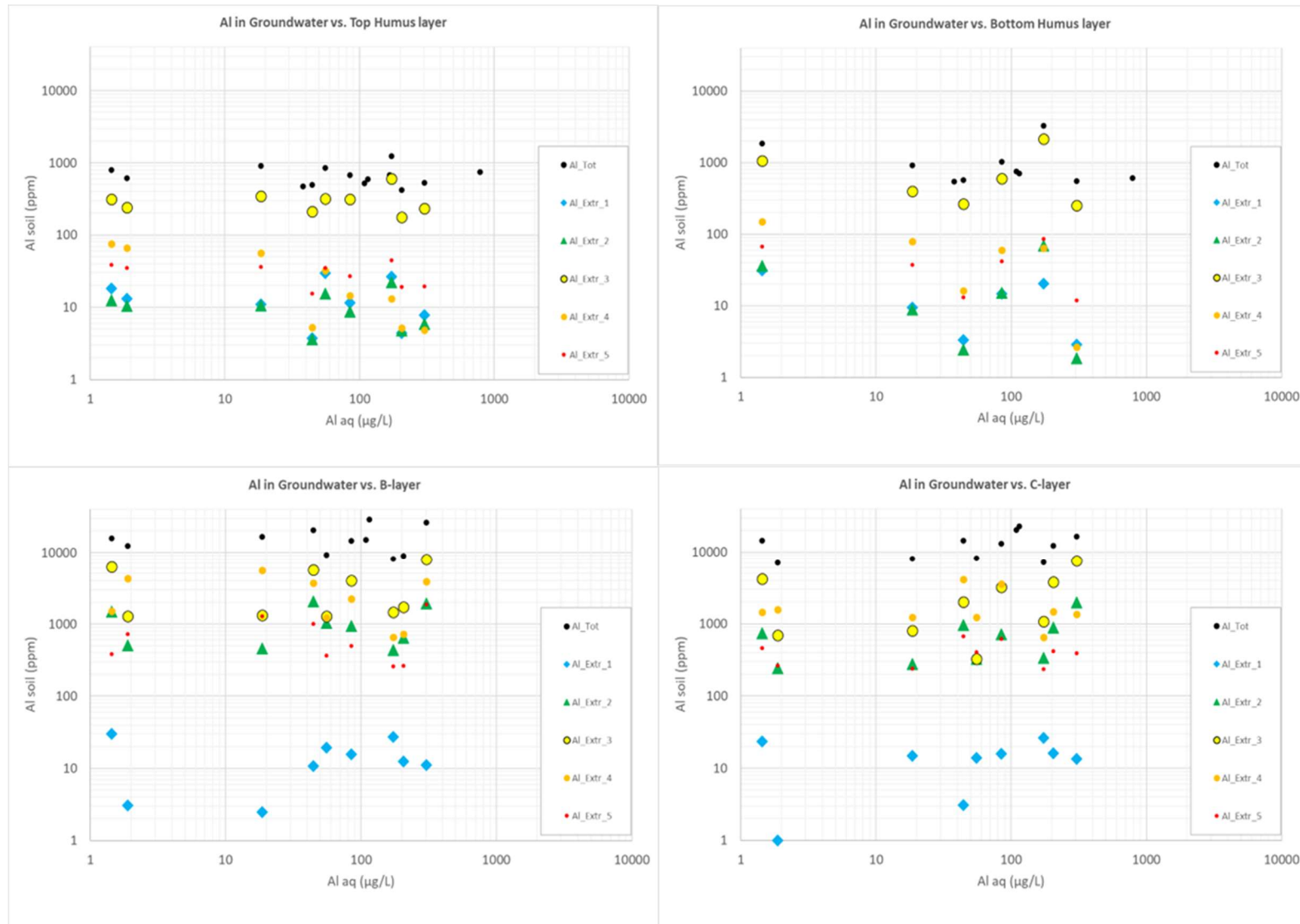
Figur V2.1C: Totalkonsentrasjon av aluminium (mg Al/kg) i jordsjiktene (kapittel 2.4.1) 2: Nedre humus (.._HBunn) og 3: Utfellingslaget (.._JB) i Pasvik. Punktene i *norgeskartet* illustrerer regionale medianverdier for et større antall jordprøver (fra Njåstad et al. 1994). Jordprøvene i Njåstad et al. er ekstrahert med *salpetersyre* som er noe svakere enn *kongevann* som brukt på våre prøver; se kapittel 4.7.2 og 5.2.

V2.1-5 Aluminium i jordsjiktene; diagrammer



Figur V2.1D: Aluminium (mg Al/kg) i jordsjiktene. Diagram øverst til venstre viser jordlokalitetene sortert ~NV-SØ langs X-aksen. «17.1» på x-aksen betyr følgelig nord-østligste jordlokalitet 17 (se kartet) og sjikt 1 (dvs ...H03 - Øvre humussjikt). Følgelig blir på samme lokalitet: «17.2» = Hbunn - Nedre humussjikt. I figuren under tilsvarende: «17.3» = JB - utfellingslaget – B-horison. «17.4» = JC – mineraljord – C-horison. Figur øverst til høyre viser scatterplot med sjikt 4 (JC) langs X-akse plottet mot hver av de tre andre jordsjiktene (se tegnforklaring). På kartet nederst til høyre er posisjonene 1 – 17 markert med røde kryss, og konsentrasjoner i C-horisonet fra regional kartlegging iht angitt fargeskala (lokalitetsnummerering gjelder bare denne figuren).

V2.1-6 Al i grunnvann vs jord



Figur V2.1E: Aluminium i grunnvann (x-akse) vs jord (y-akse). Humus topp, Humus bunn, B- og C-horisont. Svarte symboler er totalkonsentrasjoner i jord mens Extr_1 til Extr_5 tilsvarer LH101-LH105, altså med økende styrke på ekstraksjonsmiddelet (se kapittel 4.6.5).

V2.2: Arsen (As)

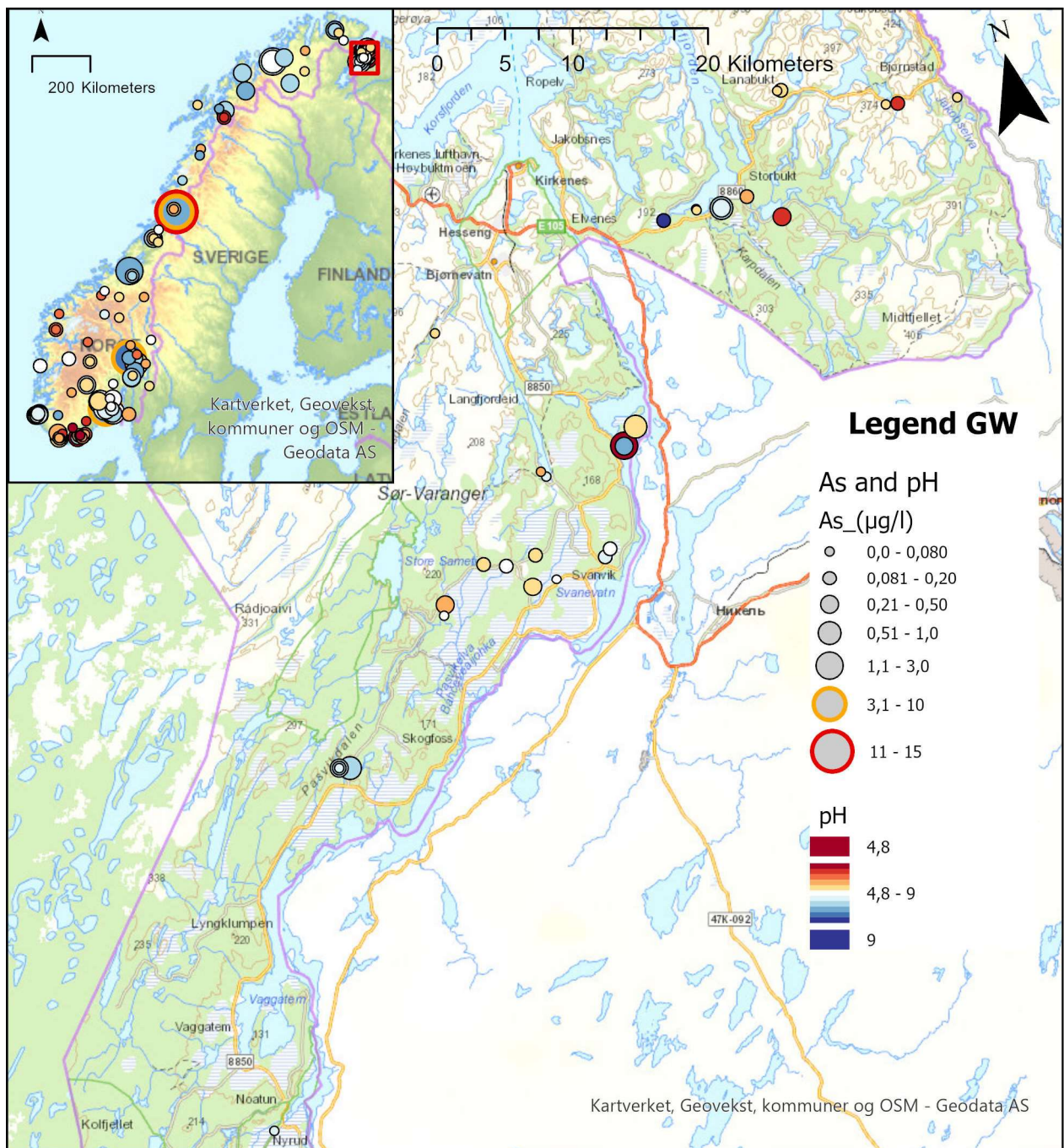
V2.2-1 Arsen (As) i jord: måledata 2020 vs grenseverdier

Tabell V2.2: As (mg/kg) i jord vs grenseverdier

Område	Jordsjikt	Lokalitet	Humus typisk dybde (cm) 4)	Totalkonsentrasjon 1) 6)	Sekvensiell ekstraksjon 2) 6)					Tilstandsklasser/ grenseverdier 3) 5)														
					LH101 "Vannløselig"	LH102 "Lett utbyttable"	LH103 "Fra org. matr."	LH104 "Fra Mn-oksider"	LH105 "Fra Fe-oksider"	Forurenset Grunn T1	Forurenset Grunn T2	Forurenset Grunn T3	Forurenset Grunn T4	Forurenset Grunn T5	Sedimenter_ T1	Sedimenter_ T2	Sedimenter_ T3	Sedimenter_ T4	Sedimenter_ T5	Target, soil 7)	Measure, soil 8)	MPA, soil 9)	Mobile, soil 10)	Target, soil 11)
					As	As	As	As	As	As	As	As	As	As	As	As	As	As	As	As	As	As	As	As
Svanvik	Humus topp	Hum2020_01	9	2,60	0,115	0,004	0,359	0,193	0,264															
		Hum2020_02	-	2,86	0,101	0,015	0,467	0,199	0,225															
		Hum2020_03	18	5,66	-	-	-	-	-															
		Hum4001	5	0,97	0,050	0,018	0,220	0,095	0,037															
		Hum4002	3	2,30	-	-	-	-	-															
		Hum4003	10	1,05	-	-	-	-	-															
		Hum4004	6	2,56	-	-	-	-	-															
		Hum4005	10	4,80	-	-	-	-	-															
		Svanvik	6	3,46	0,104	-0,026	0,458	0,321	0,358															
		Hum4004_81	7	2,13	-	-	-	-	-															
		Svanvik_samle	11	3,55	-	-	-	-	-															
	Humus bunn	Hum2020_01	9	1,41	0,048	-0,083	0,312	0,061	0,119															
		Hum2020_03	18	1,56	-	-	-	-	-															
		Hum4005	10	1,73	-	-	-	-	-															
		Svanvik	6	3,42	0,100	-0,046	0,548	0,287	0,250															
		Hum4004_81	7	2,59	-	-	-	-	-															
		Svanvik_samle	11	3,33	-	-	-	-	-															
	B	Hum2020_01	9	0,80	0,002	-0,388	0,095	0,069	-0,116															
		Hum2020_02	-	0,50	0,003	-0,029	0,115	0,044	-0,138															
Hum4001		5	0,55	0,000	-0,244	0,029	0,044	-0,091																
Svanvik		6	0,77	0,000	-0,025	0,017	0,016	-0,055																
Hum4004_81		7	1,11	-	-	-	-	-																
C	Hum2020_01	9	0,59	0,001	-0,126	0,105	0,124	-0,153																
	Hum2020_02	-	0,44	0,001	-0,237	0,250	0,119	-0,065																
	Hum4001	5	0,37	0,000	-0,246	0,094	0,094	-0,011																
	Svanvik	6	1,59	0,001	-0,127	0,057	0,168	0,076																
Hum4004_81	7	2,09	-	-	-	-	-																	
Jarlfjord	Humus topp	Hum4006	3	2,50	0,095	0,013	0,385	0,206	0,244															
		Hum4007	20	3,16	0,206	0,094	0,429	0,193	0,175															
		Hum4008	20	2,27	0,054	-0,180	0,327	0,171	0,139															
		Hum4009	15	2,53	0,095	-0,040	0,326	0,113	0,189															
		Hum4010	18	4,56	-	-	-	-	-															
		Karpdalen	15	2,39	0,083	0,014	0,393	0,187	0,203															
	Humus bunn	Hum4007	20	1,02	0,049	-0,169	0,319	0,089	0,004															
		Hum4008	20	0,63	0,030	-0,134	0,228	0,111	0,013															
		Hum4009	15	1,31	0,075	0,037	0,383	0,099	0,052															
		Hum4010	18	0,84	-	-	-	-	-															
		Karpdalen	15	2,24	0,077	-0,101	0,312	0,078	0,043															
	B	Hum4006	3	1,00	0,002	-0,077	0,128	0,041	-0,055															
		Hum4007	20	0,35	0,003	0,011	0,145	0,041	-0,065															
		Hum4008	20	0,42	0,001	-0,039	0,146	0,040	-0,115															
		Hum4009	15	0,62	0,006	-0,134	0,314	0,060	-0,038															
		Hum4010	18	0,85	-	-	-	-	-															
		Karpdalen	15	1,58	0,003	-0,071	0,833	0,050	-0,033															
	C	Hum4006	3	0,47	0,001	-0,103	0,053	0,008	-0,130															
		Hum4007	20	0,25	0,001	-0,089	0,112	0,049	-0,085															
		Hum4008	20	0,62	0,000	-0,036	0,085	0,116	-0,022															
Hum4009		15	0,55	0,007	-0,172	0,215	0,075	-0,101																
Hum4010		18	0,71	-	-	-	-	-																
Karpdalen	15	1,76	0,003	-0,156	0,788	0,023	-0,042																	

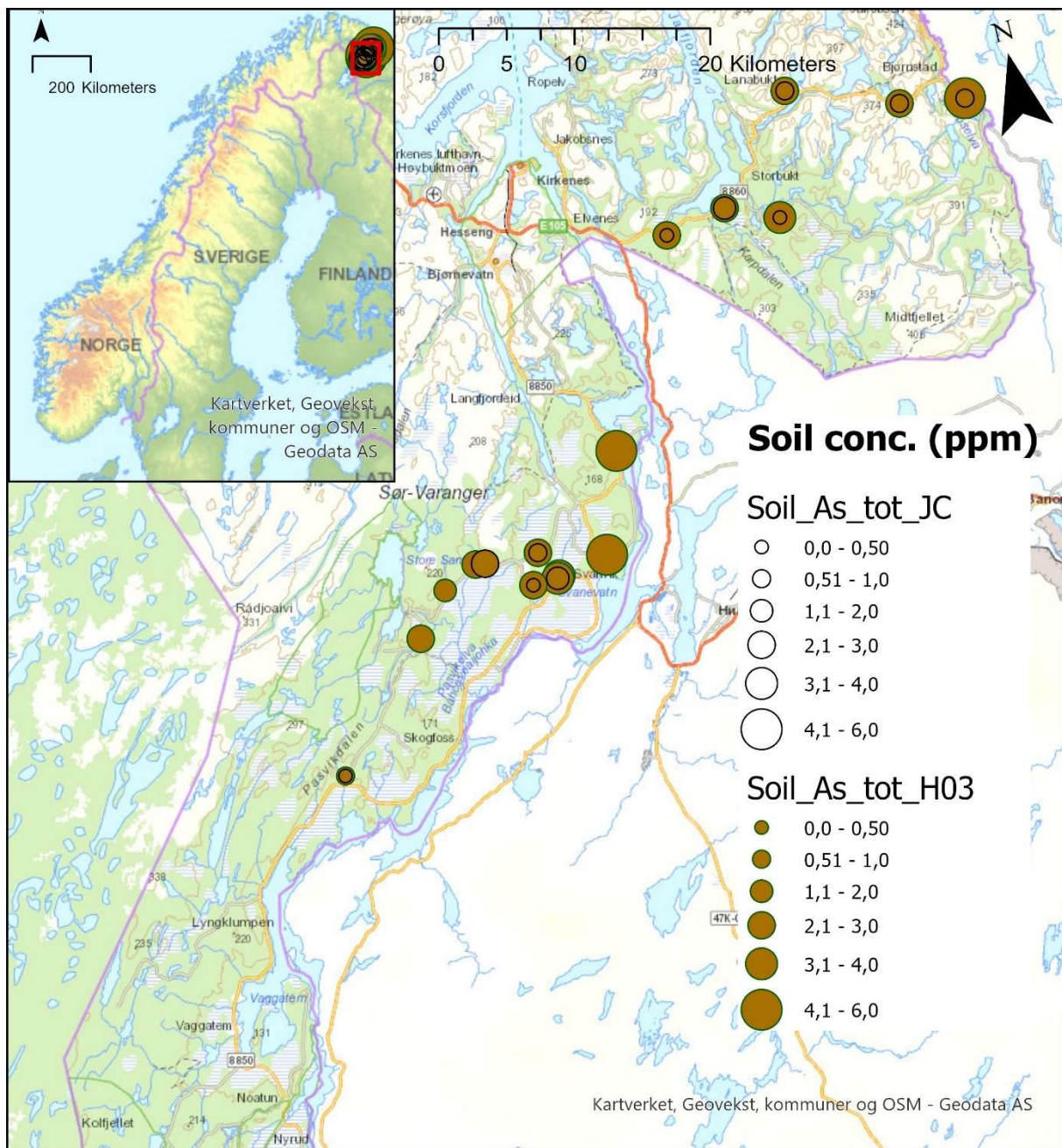
¹⁾Ekstrahert i sterk syre (kongevann). ²⁾LH101-LH105: Fra «sekvensiell ekstraksjon» (kapittel 4.6.5) der LH101 er lettest mobiliserbar. ³⁾Se kapittel 4.9 og vedlegg 5. ⁴⁾Humuslagets tykkelse ⁵⁾Farge på punktene viser målte verdier vs. grenseverdi; (mest relevant er Forurenset grunn T1-T5); Grønn/gul er innenfor grenseverdi/klassegrense; ● <80%; ● 80-100% av grense, røde repr. overskridelse; ● 100-200%, ● 200-300%, ● >300 % av grense. Tilstandsklasse for en måleverdi blir i det første fargepunkt i T1-T5 som er gult eller grønt (lest fra venstre mot høyre). ⁶⁾Røde tall betyr < Rapporteringsgrense. ⁷⁻¹²⁾Se «Fullstendig fotnotetekst for Jordkjemitab...» på side 137 for referanser.

V2.2-2 Arsen og pH i grunnvann; Pasvik og Norge



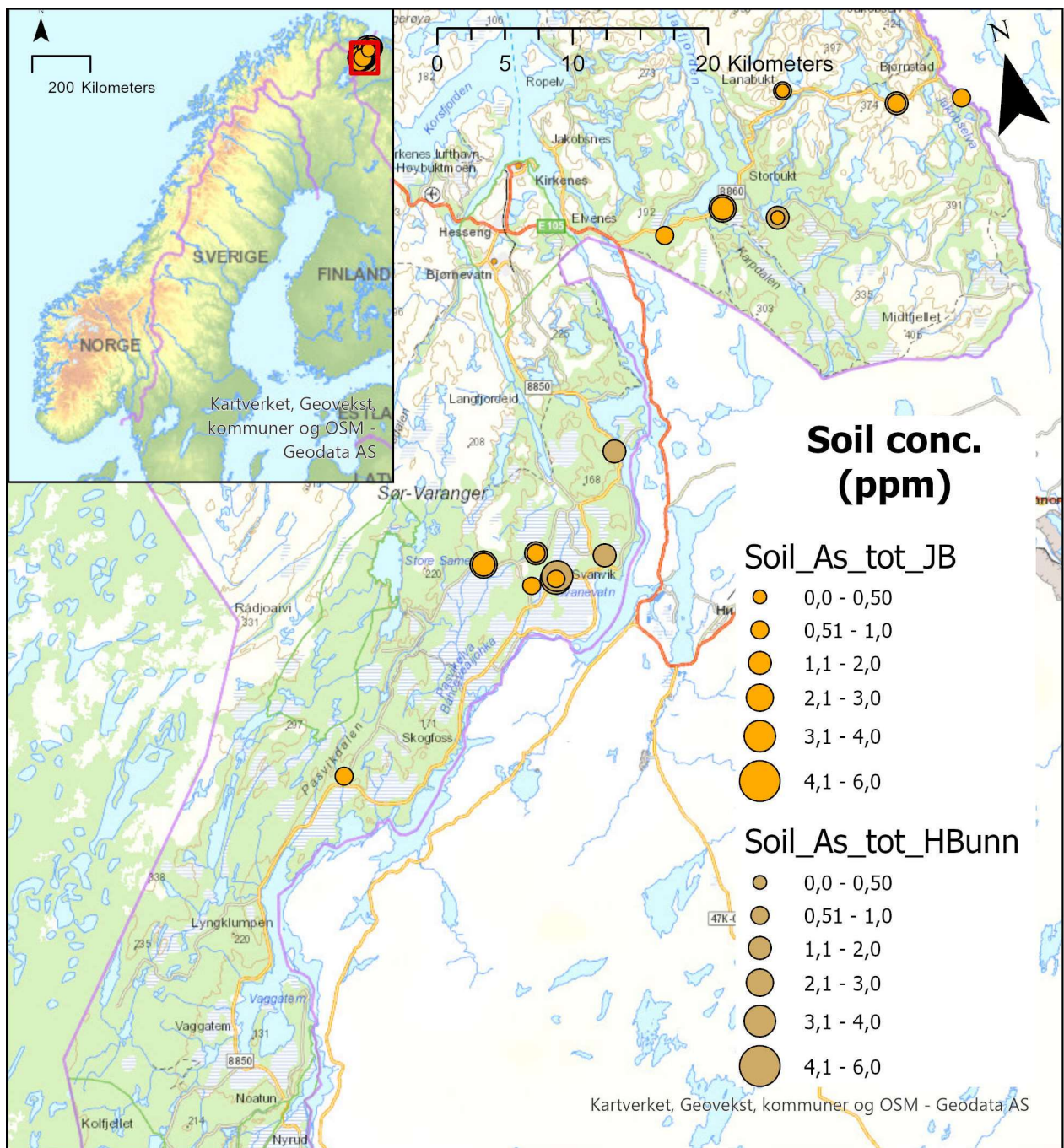
Figur V2.2A: Arsen i grunnvann ($\mu\text{g/L}$; Pasvik og Norge (innfelt)). Symbolstørrelse angir konsentrasjon, farge angir surhet (pH). Rødt surt, hvitt nøytralt (~ 7), blått basisk. ²⁾Norgeskart viser målinger etter 2014 fra Landsomfattende mark- og grunnvannsnett (upåvirket av lokal belastning). På Sør- og Østlandet i tillegg en del til dels antropogent belastede kilder og brønner kartlagt i 2020-21 (se om data i kapittel 4.9.1).

V2.2-3 Arsen i jordsjikt 1 og 4



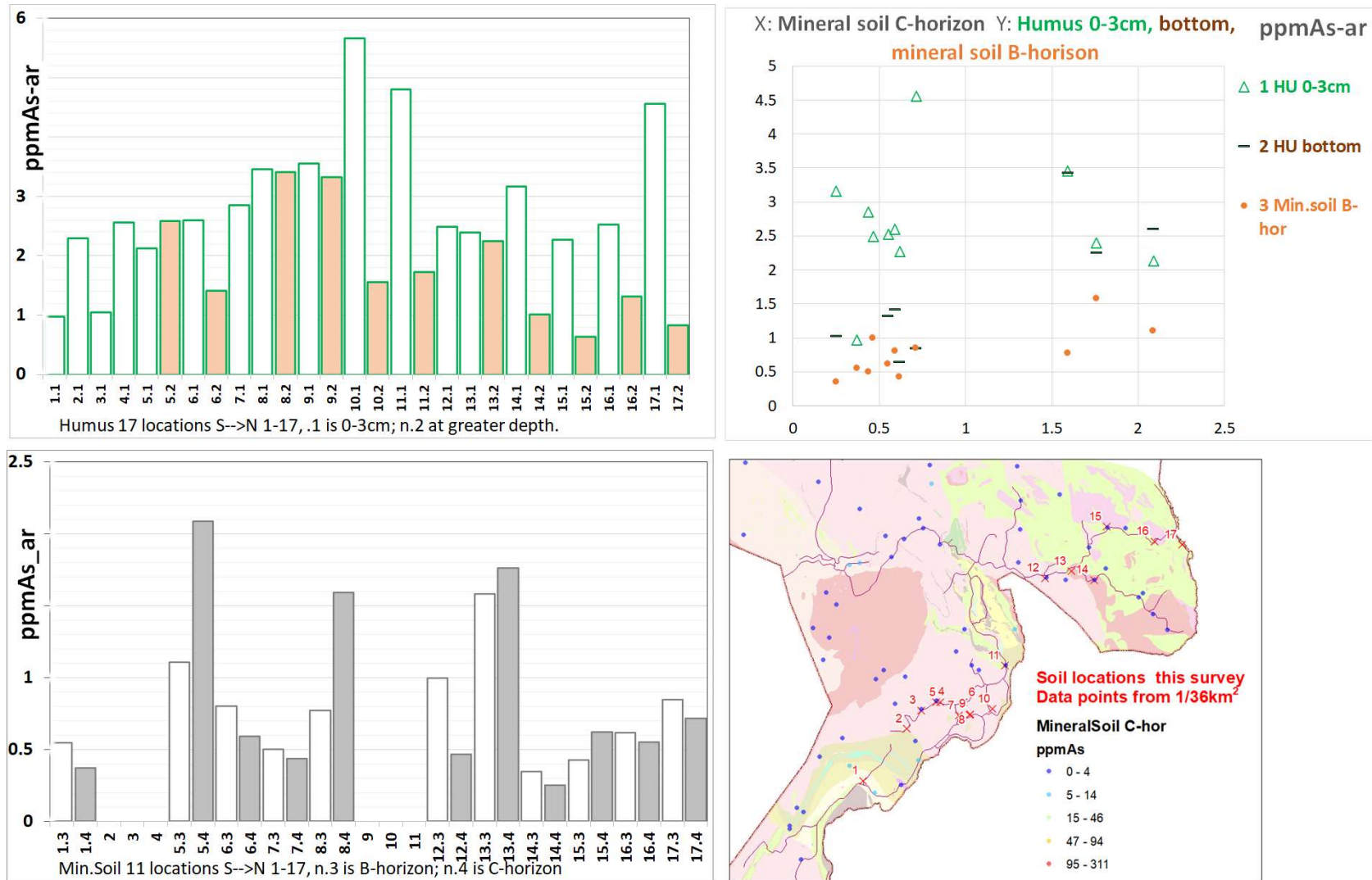
Figur V2.2B: Konsentrasjon av arsen (mg As/kg) i jordsjiktene (kapittel 2.4.1) 1: Øvre humus (.._H03) og 4: Mineraljord (.._JC) i Pasvik.

V2.2-4 Arsen i jordsjikt 2 og 3



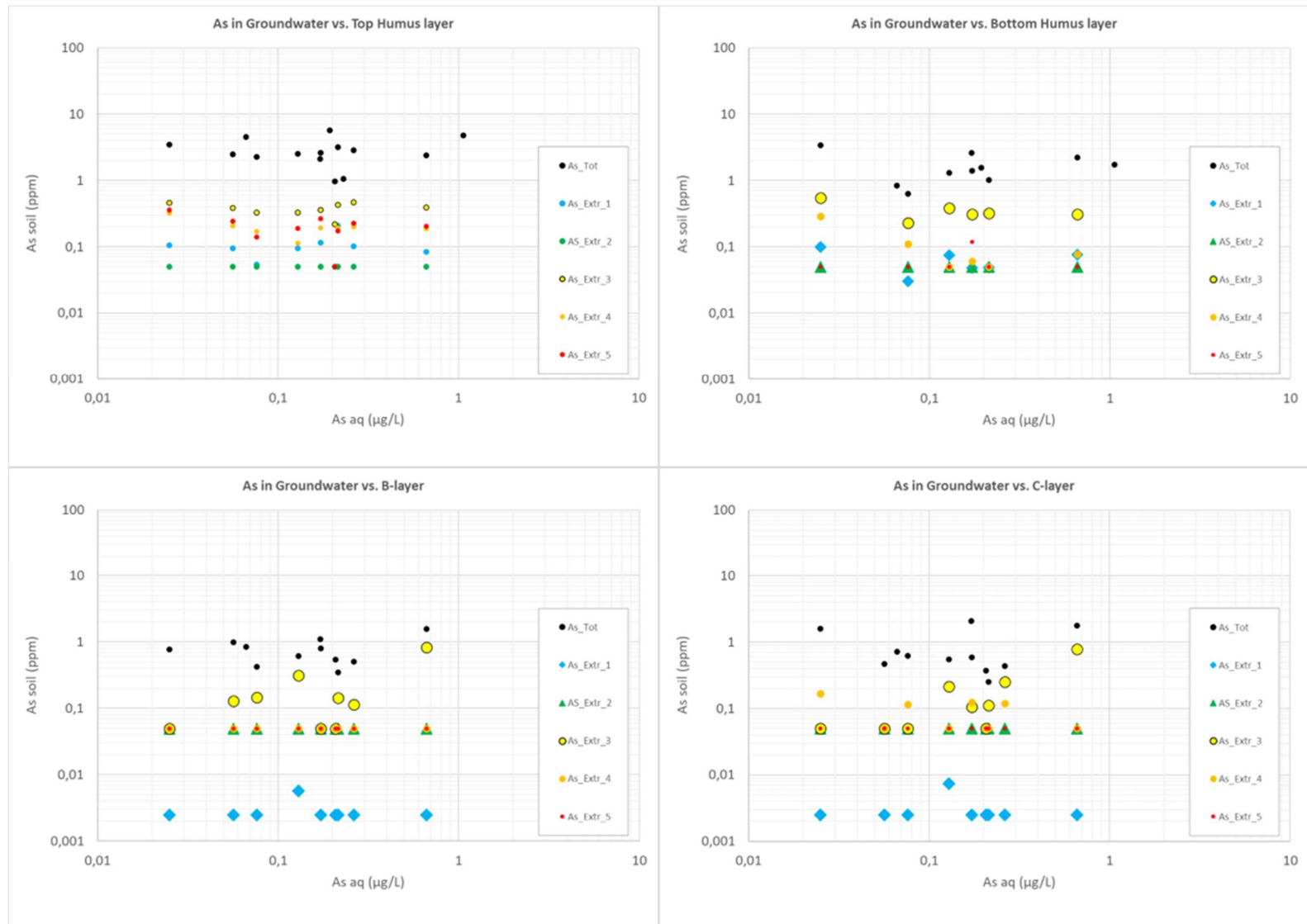
Figur V2.2C: Konsentrasjon av arsen (mg As/kg) i jordsjiktene (kapittel 2.4.1) 2: Nedre humus (..._HBunn) og 3: Utfellingslaget (..._JB) i Pasvik.

V2.2-5 Arsen i jordsjiktene; diagrammer



Figur V2.2D: Arsen i jordsjiktene. Diagram øverst til venstre viser jordlokalitetene sortert ~NV-SØ langs X-aksen. «17.1» på x-aksen betyr følgelig nord-østligste jordlokalitet 17 (se kartet) og sjikt 1 (dvs ...H03 – Øvre humussjikt). Følgelig blir på samme lokalitet: «17.2» = Hbunn – Nedre humussjikt. I figuren under tilsvarende: «17.3» = JB – utfellingslaget – B-horison. «17.4» = JC – mineraljord – C-horison. Figur øverst til høyre viser scatterplot med sjikt 4 (JC) langs X-akse plottet mot hver av de tre andre jordsjiktene (se tegnforklaring). På kartet nederst til høyre er posisjonene 1 – 17 markert med røde kryss, og konsentrasjoner i C-horison fra regional kartlegging iht angitt fargeskala (lokalitetsnummerering gjelder bare denne figuren).

V2.2-6 Arsen i grunnvann vs jord



Figur V2.2E: Arsen i grunnvann (x-akse) vs jord (y-akse). Humus topp, Humus bunn, B- og C-horisont. Svarte symboler er totalkonsentrasjoner i jord. Extr_1 til Extr_5 tilsvarer LH101-LH105, altså med økende styrke på ekstraksjonsmiddelet (se kapittel 4.6.5).

V2.3: Kalsium (Ca)

V2.3-1 Kalsium (Ca) i jord: måledata 2020

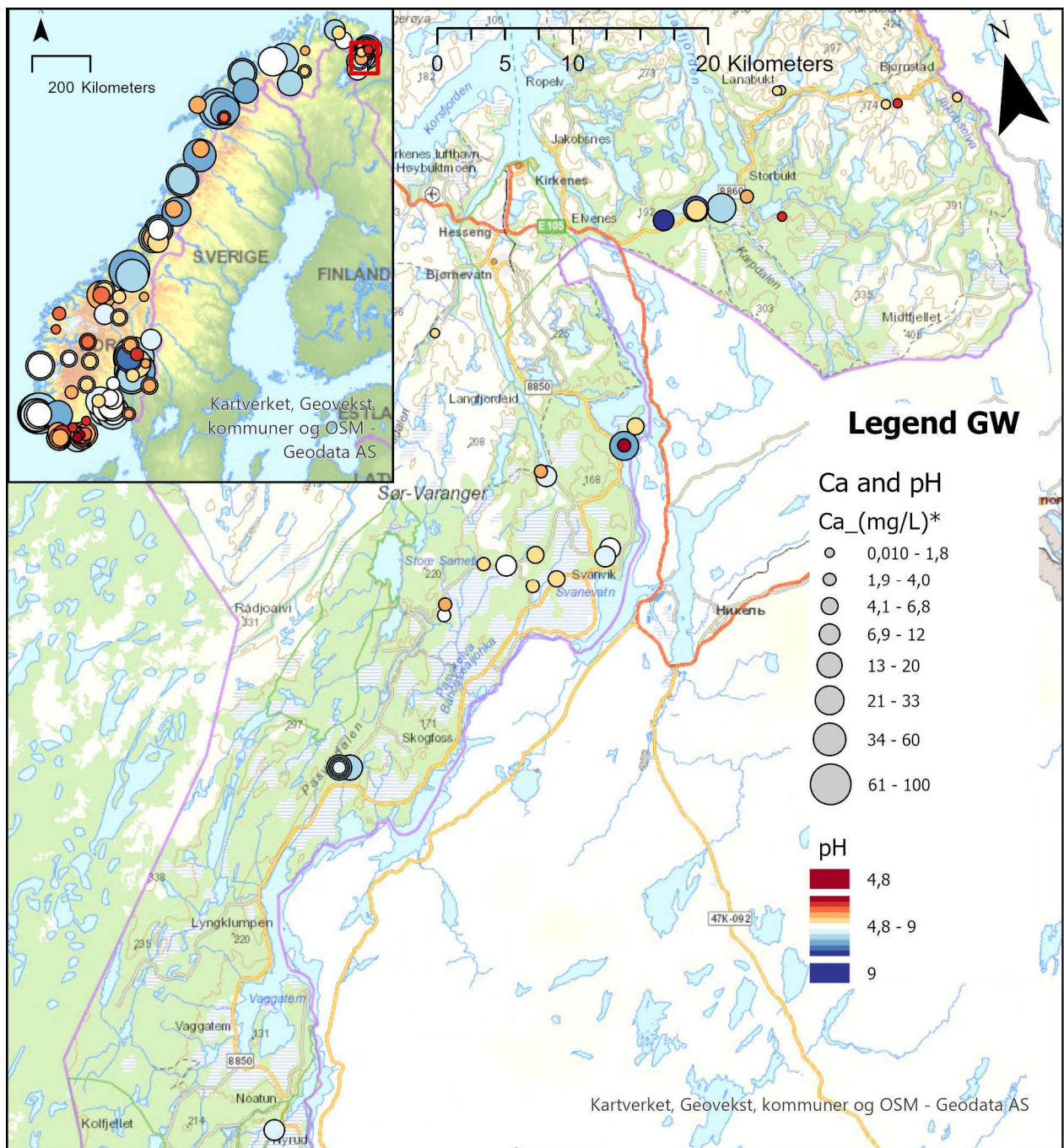
Tabell V2.3: Ca (mg/kg) i jord

Område	Jordsjikt	Lokalitet	Humus typisk dybde (cm) 4)	Totalkonsentrasjon 1) 6)	Sekvensiell ekstraksjon 2) 6)				
					LH101 "Vannløselig"	LH102 "Let utbyttbart"	LH103 "Fra org. matr."	LH104 "Fra Mn-oksider"	LH105 "Fra Fe-oksider"
				Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca
Svanvik	Humus topp	Hum2020_01	9	4673	137	2165	773	620	587
		Hum2020_02	-	3321	96	1465	508	440	460
		Hum2020_03	18	4532	-	-	-	-	-
		Hum4001	5	2045	78	877	360	262	224
		Hum4002	3	2981	-	-	-	-	-
		Hum4003	10	3222	-	-	-	-	-
		Hum4004	6	4247	-	-	-	-	-
		Hum4005	10	3154	-	-	-	-	-
		Svanvik	6	3128	86	1209	485	281	528
		Hum4004_81	7	3371	-	-	-	-	-
		Svanvik_samle	11	2419	-	-	-	-	-
	Humus bunn	Hum2020_01	9	4388	98	2334	748	690	392
		Hum2020_03	18	7361	-	-	-	-	-
		Hum4005	10	2377	-	-	-	-	-
		Svanvik	6	3023	62	1174	454	349	506
		Hum4004_81	7	2769	-	-	-	-	-
		Svanvik_samle	11	2154	-	-	-	-	-
	B	Hum2020_01	9	2971	25	417	94	141	58
		Hum2020_02	-	1757	17	111	24	133	40
		Hum4001	5	1295	5	9	6	215	45
		Svanvik	6	1861	6	11	7	177	42
Hum4004_81		7	3412	-	-	-	-	-	
C	Hum2020_01	9	3405	19	320	51	446	79	
	Hum2020_02	-	3130	17	203	49	672	63	
	Hum4001	5	1994	3	-4	5	662	42	
	Svanvik	6	2116	5	16	6	444	58	
	Hum4004_81	7	6739	-	-	-	-	-	
Jarrfjord	Humus topp	Hum4006	3	4797	164	1888	757	475	704
		Hum4007	20	4716	169	1958	714	659	615
		Hum4008	20	4059	61	1543	626	463	667
		Hum4009	15	3837	112	1651	594	481	532
		Hum4010	18	3845	-	-	-	-	-
		Karpdalen	15	3347	94	1404	555	437	458
		Humus bunn	Hum4007	20	6507	80	2492	929	718
	Hum4008		20	2831	27	1049	458	357	540
	Hum4009		15	1409	18	671	191	241	150
	Hum4010		18	2730	-	-	-	-	-
	Karpdalen		15	3310	72	1380	504	417	534
	B		Hum4006	3	2305	5	39	19	458
		Hum4007	20	1237	18	36	24	26	23
		Hum4008	20	1582	6	5	13	27	30
		Hum4009	15	1864	7	34	25	221	26
		Hum4010	18	1632	-	-	-	-	-
		Karpdalen	15	2241	21	127	65	191	34
		C	Hum4006	3	2367	4	27	22	563
	Hum4007		20	1568	13	48	35	82	37
	Hum4008		20	2295	3	12	4	76	38
	Hum4009		15	1866	7	27	18	162	32
	Hum4010		18	2494	-	-	-	-	-
	Karpdalen		15	2625	16	28	42	400	38

¹⁾Ekstrahert i sterk syre (kongevann).

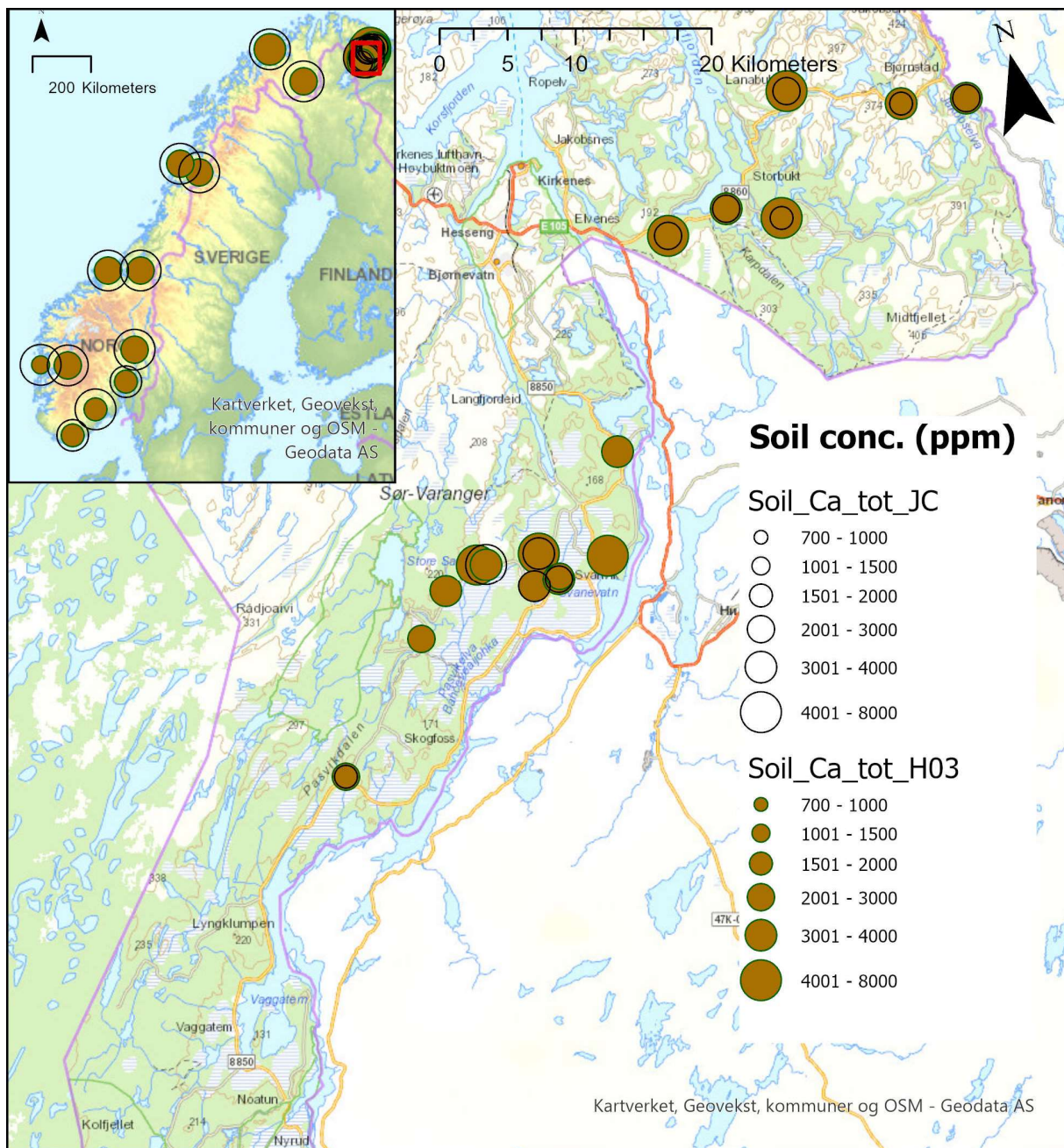
²⁾LH101-LH105: Fra «sekvensiell ekstraksjon» (kapittel 4.6.5) der LH101 er lettest mobiliserbar. ⁶⁾Røde tall betyr < Rapporteringsgrense.

V2.3-2 Kalsium i grunnvann; Pasvik og Norge



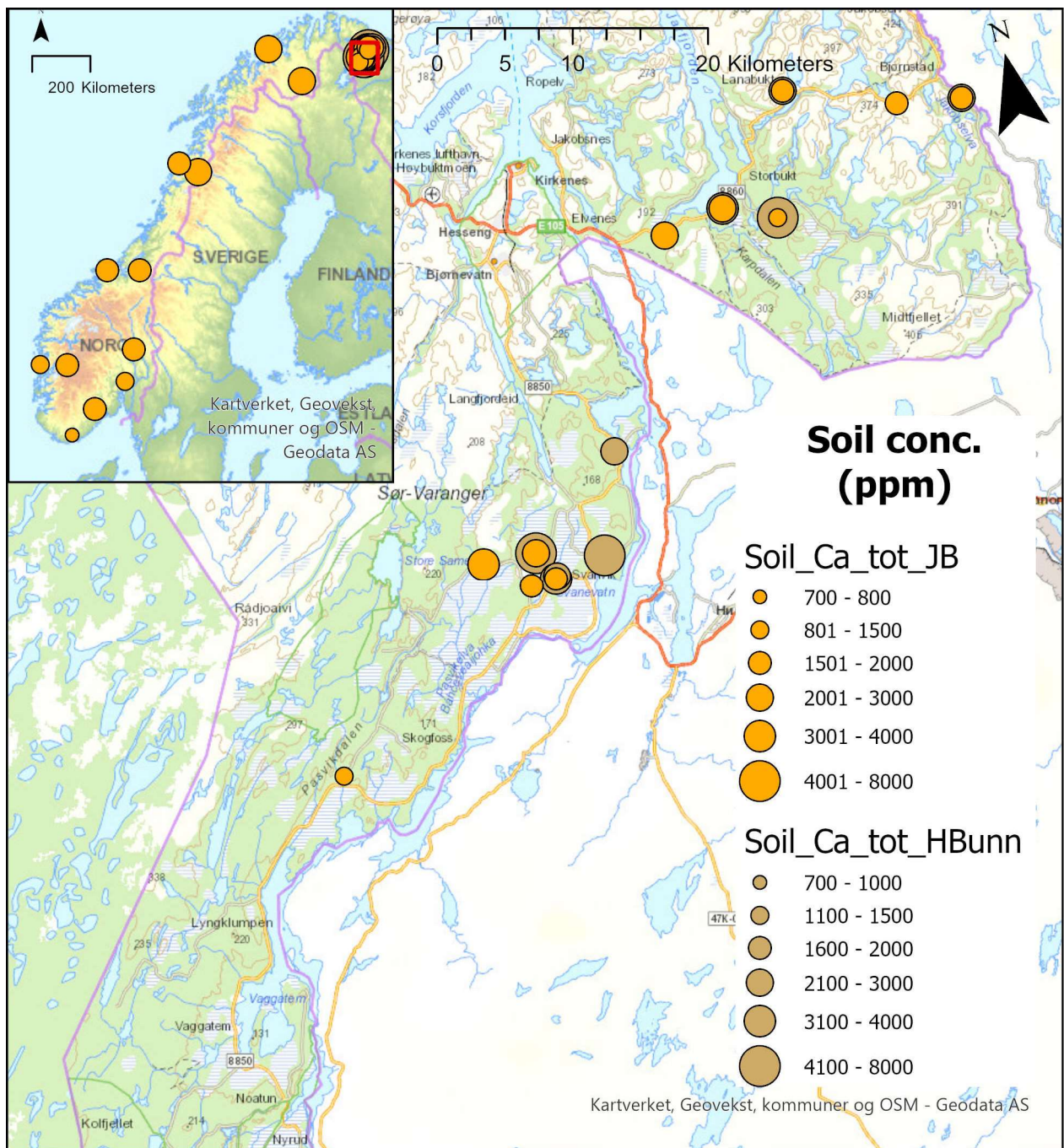
Figur V2.3A: Kalsium i grunnvann (mg/L); Pasvik og Norge (innfelt). Symbolstørrelse angir konsentrasjon, farge angir surhet (pH). Rødt surt, hvitt nøytralt (~7), blått basisk. ²⁾Norgeskart viser målinger etter 2014 fra Landsomfattende mark- og grunnvannsnett (upåvirket av lokal belastning). På Sør- og Østlandet i tillegg en del til dels antropogent belastede kilder og brønner kartlagt i 2020-21 (se om data i kapittel 4.9.1).

V2.3-3 Kalsium i jordsjikt 1 og 4



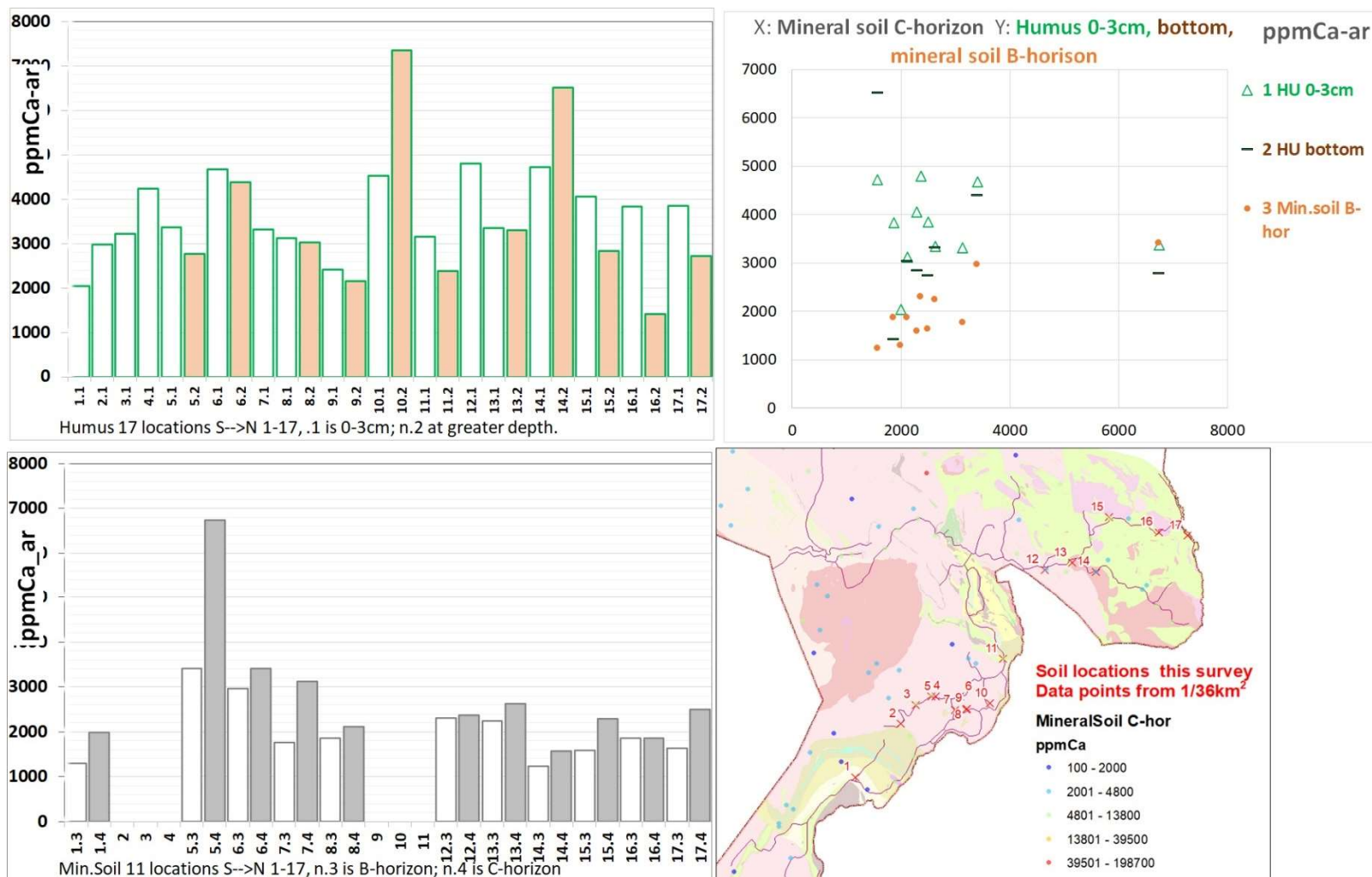
Figur V2.3B: Konsentrasjon av kalsium (mg Ca/kg) i jordsjiktene (kapittel 2.4.1) 1: Øvre humus (.._H03) og 4. Mineraljord (.._JC) i Pasvik. Punktene i norgeskartet illustrerer regionale medianverdier for et større antall jordprøver (fra Njåstad et al. 1994). Jordprøvene i Njåstad et al. er ekstrahert med *salpetersyre* som er noe svakere enn *kongevann* som brukt på våre prøver; se kapittel 4.7.2 og 5.2.

V2.3-4 Kalsium i jordsjikt 2 og 3



Figur V2.3C: Konsentrasjon av kalsium (mg Ca/kg) i jordsjiktene (kapittel 2.4.1) 2: Nedre humus (.._HBunn) og 3: Utfellingslaget (.._JB) i Pasvik. Punktene i norgeskartet illustrerer regionale medianverdier for et større antall jordprøver (fra Njåstad et al. 1994). Jordprøvene i Njåstad et al. er ekstrahert med *salpetersyre* som er noe svakere enn *kongevann* som brukt på våre prøver; se kapittel 4.7.2 og 5.2.

V2.3-5 Kalsium i jordsjiktene; diagrammer



Figur V2.3D: Kalsium (mg Ca/kg) i jordsjiktene. *Diagram øverst til venstre* viser jordlokalitetene sortert ~NV-SØ langs X-aksen. «17.1» på x-aksen betyr følgelig nord-østligste jordlokalitet 17 (se kartet) og sjikt 1 (dvs ...H03 - Øvre humussjikt). Følgelig blir på samme lokalitet: «17.2» = Hbunn - Nedre humussjikt. I figuren under tilsvarende: «17.3» = JB - utfellingslaget - B-horison. «17.4» = JC - mineraljord - C-horison. *Figur øverst til høyre* viser scatterplot med sjikt 4 (JC) langs X-akse plottet mot hver av de tre andre jordsjiktene (se tegnforklaring). På kartet nederst til høyre er posisjonene 1 - 17 markert med røde kryss, og konsentrasjoner i C-horison fra regional kartlegging iht angitt.fargeskala

V2.4: Kadmium (Cd)

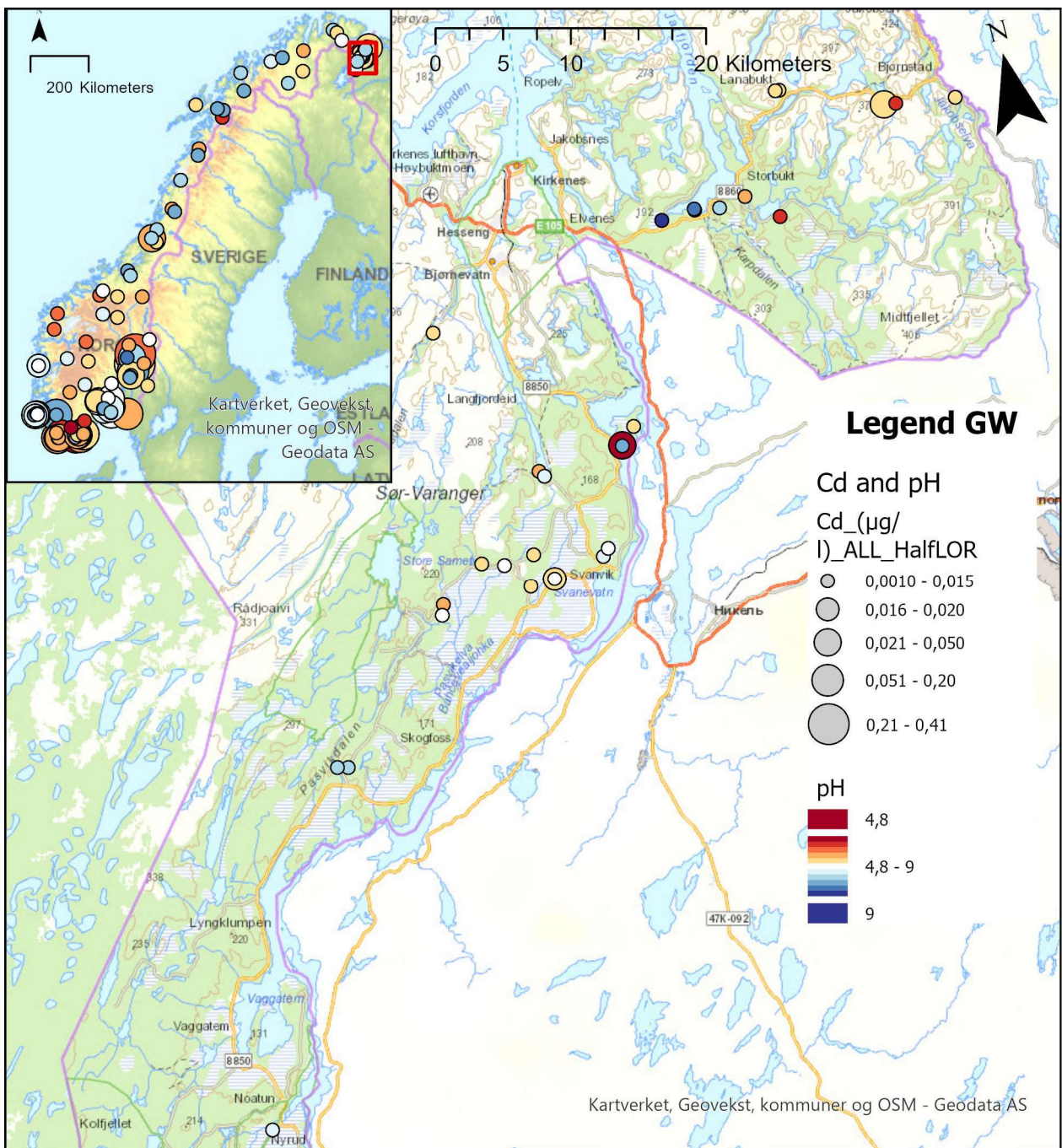
V2.4-1 Kadmium (Cd) i jord: måldata 2020 vs grenseverdier

Tabell V2.4: Cd (mg/kg) i jord vs grenseverdier

Område	Jordsjikt	Lokalitet	Humus typisk dybde (cm) 4)	Totalkonsentrasjon 1) 6)	Sekvensiell ekstraksjon 2) 6)					Tilstandsklasser/ grenseverdier 3) 5)																
					LH101 "Vannløselig"	LH102 "lett utbytbar"	LH103 "Fra org. matr."	LH104 "Fra Min-oksider"	LH105 "Fra Fe-oksider"	Forurenset Grunn T1	Forurenset Grunn T2	Forurenset Grunn T3	Forurenset Grunn T4	Forurenset Grunn T5	Sedimenter_T1	Sedimenter_T2	Sedimenter_T3	Sedimenter_T4	Sedimenter_T5	Target, soil 7)	Measure, soil 8)	MPA, soil 9)	Mobile, soil 10)	Target, soil 11)	Measure, soil 12)	
Svanvik	Humus topp	Hum2020_01	9	0,53	0,007	0,220	0,106	0,046	0,088	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
		Hum2020_02	-	0,37	0,005	0,144	0,086	0,022	0,064	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
		Hum2020_03	18	0,73	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4001	5	0,30	0,005	0,117	0,051	0,021	0,042	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4002	3	0,33	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4003	10	0,50	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4004	6	0,47	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4005	10	0,49	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Svanvik	6	0,45	0,006	0,165	0,072	0,017	0,069	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4004_81	7	0,54	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Svanvik_samle	11	0,55	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Humus bunn	Hum2020_01	9	0,36	0,003	0,166	0,079	0,037	0,038	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum2020_03	18	0,28	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4005	10	0,23	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Svanvik	6	0,41	0,005	0,156	0,065	0,020	0,076	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4004_81	7	0,49	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Svanvik_samle	11	0,46	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	B	Hum2020_01	9	0,03	0,000	0,004	0,000	0,003	0,001	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum2020_02	-	0,02	0,000	0,009	0,003	0,003	-0,001	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4001	5	0,02	0,001	0,002	0,001	0,001	0,003	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Svanvik	6	0,02	0,000	0,000	0,001	0,002	0,003	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4004_81	7	0,07	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	C	Hum2020_01	9	0,01	0,000	0,007	0,002	0,001	0,001	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum2020_02	-	0,02	0,000	0,003	0,001	0,005	0,000	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Hum4001		5	0,03	0,000	0,001	0,004	0,004	0,004	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
Svanvik		6	0,04	0,000	0,004	0,004	0,013	0,004	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
Hum4004_81		7	0,04	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
Jarlfjord	Humus topp	Hum4006	3	0,84	0,008	0,280	0,133	0,038	0,126	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
		Hum4007	20	0,57	0,010	0,190	0,118	0,057	0,096	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
		Hum4008	20	0,47	0,003	0,150	0,082	0,027	0,081	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4009	15	1,07	0,012	0,433	0,199	0,084	0,171	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4010	18	0,52	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Karpdalen	15	0,55	0,008	0,214	0,096	0,049	0,121	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	Humus bunn	Hum4007	20	0,40	0,002	0,115	0,075	0,025	0,081	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4008	20	0,27	0,002	0,077	0,063	0,026	0,070	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4009	15	0,80	0,004	0,358	0,122	0,168	0,119	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4010	18	0,08	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Karpdalen	15	0,58	0,005	0,202	0,094	0,053	0,107	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	B	Hum4006	3	0,04	0,000	0,004	-0,002	0,008	0,007	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4007	20	0,07	0,002	0,024	0,009	0,007	0,007	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4008	20	0,02	0,000	0,007	0,000	0,001	0,002	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4009	15	0,03	0,000	0,005	0,001	0,008	0,002	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4010	18	0,02	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Karpdalen	15	0,02	0,000	-0,002	0,007	0,004	0,002	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	C	Hum4006	3	0,03	0,000	0,002	0,001	0,012	0,007	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4007	20	0,02	0,000	0,012	0,003	0,010	0,005	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4008	20	0,02	0,000	-0,001	-0,001	0,004	0,004	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Hum4009		15	0,03	0,000	0,007	0,000	0,011	0,003	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
Hum4010		18	0,02	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
Karpdalen		15	0,03	0,000	-0,001	0,002	0,005	0,008	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		

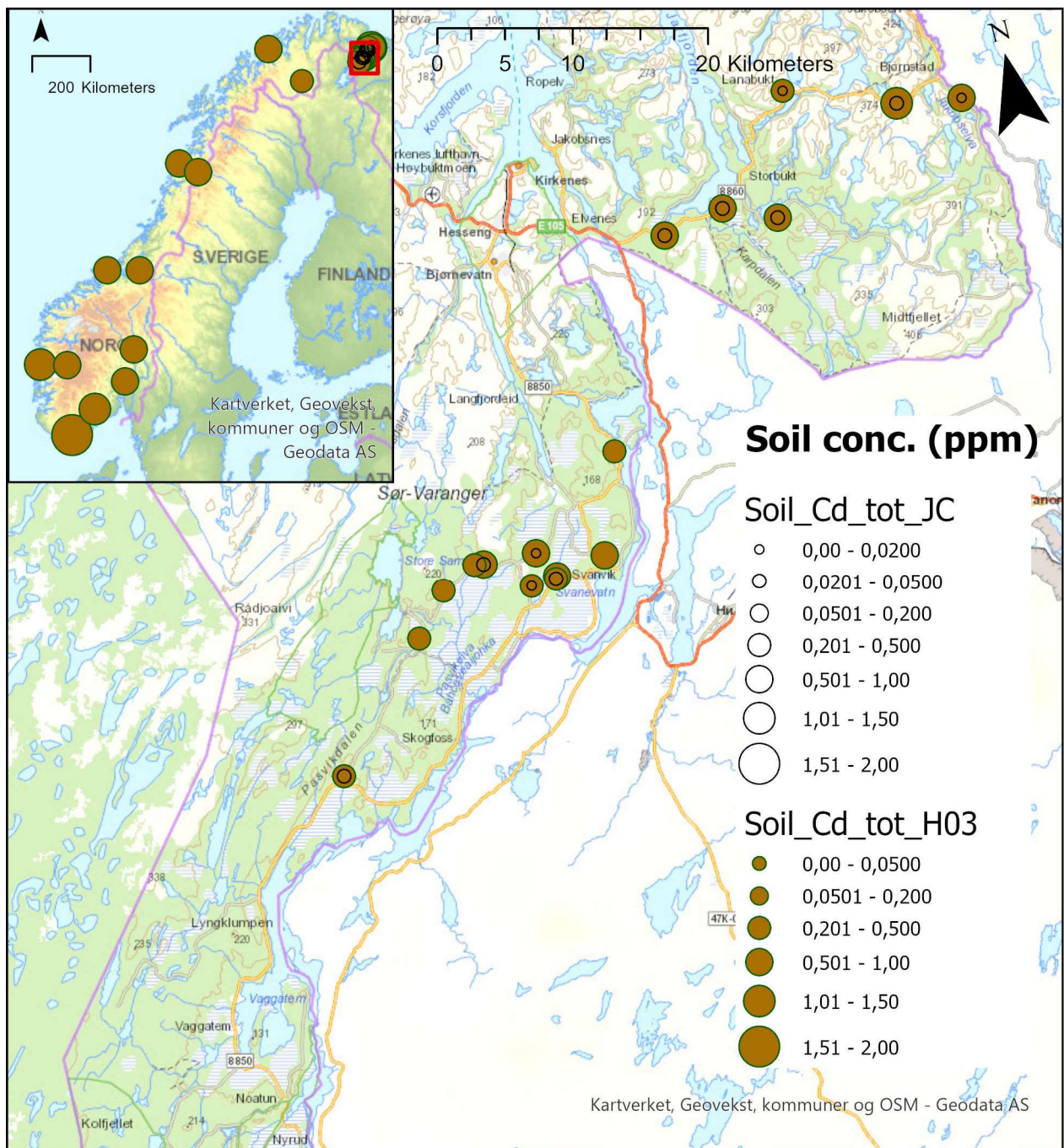
¹⁾Ekstrahert i sterk syre (kongevann). ²⁾LH101-LH105: Fra «sekvensiell ekstraksjon» (kapittel 4.6.5) der LH101 er lettest mobiliserbar. ³⁾Se kapittel 4.9 og vedlegg 5. ⁴⁾Humuslagets tykkelse ⁵⁾Farge på punktene viser målte verdier vs. grenseverdier (mest relevant er Forurenset grunn T1-T5); Grønn/gul er innenfor grenseverdi/klassegrense; ● <80%; ● 80-100% av grense, røde repr. overskridelse; ● 100-200%, ● 200-300%, ● >300 % av grense. Tilstandsklasse for en måleverdi blir i det første fargepunkt i T1-T5 som er gult eller grønt (lest fra venstre mot høyre). ⁶⁾Røde tall betyr < Rapporteringsgrense. ⁷⁾⁻¹²⁾Se «Fullstendig fotnotetekst for Jordkjemitab» på side 137 for referanser.

V2.4-2 Kadmium i grunnvann; Pasvik og Norge



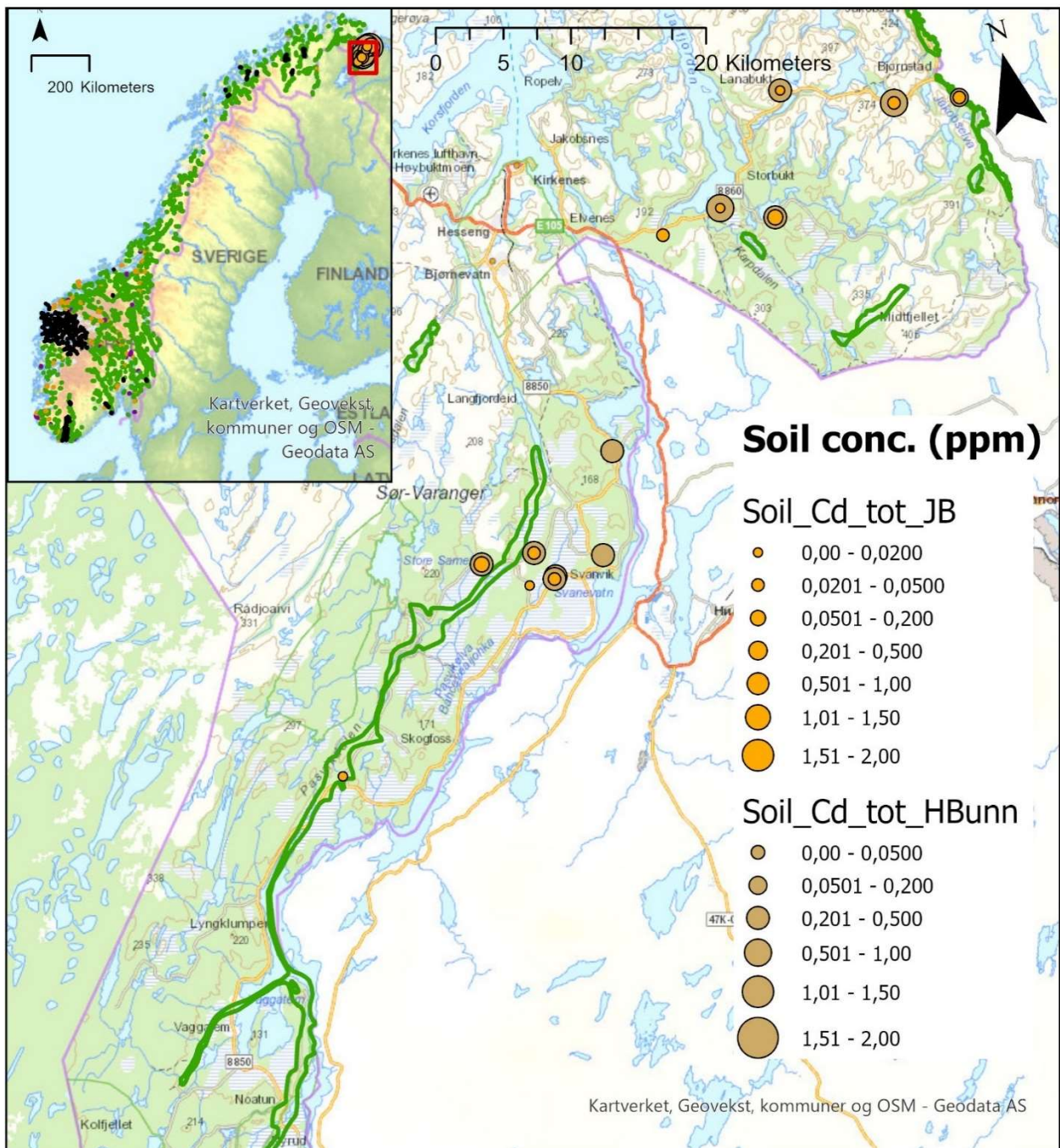
Figur V2.4A: Kadmium i grunnvann; Pasvik og Norge. Pasvik og Norge (innfelt). Symbolstørrelse angir konsentrasjon, farge angir surhet (pH). Rødt surt, hvitt nøytralt (~7), blått basisk. ²Norgeskart viser målinger etter 2014 fra Landsomfattende mark- og grunnvannsnett (upåvirket av lokal belastning). På Sør- og Østlandet i tillegg en del til dels antropogent belastede kilder og brønner kartlagt i 2020-21 (se om data i kapittel 4.9.1).

V2.4-3 Kadmium i jordsjikt 1 og 4



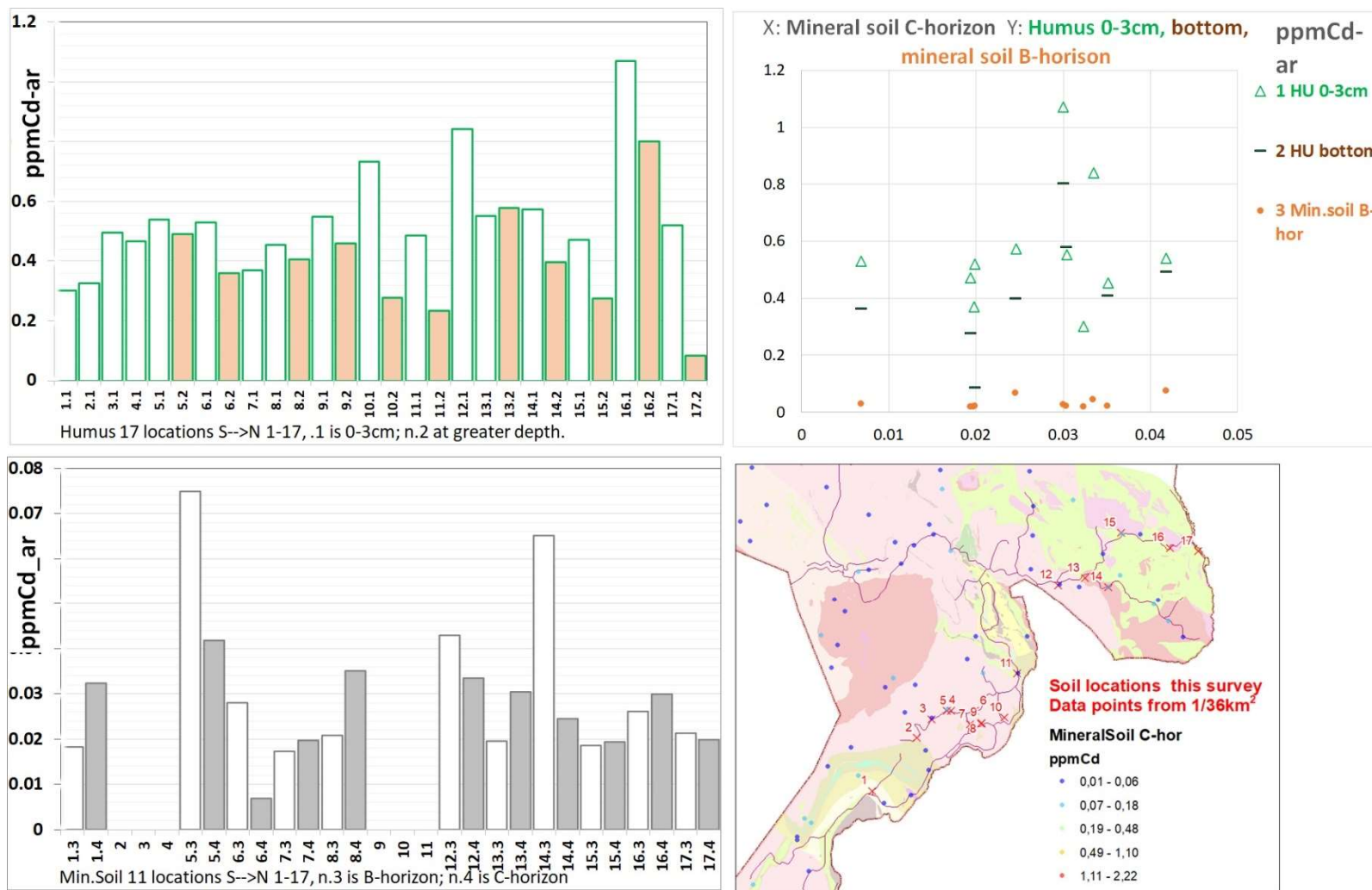
Figur V2.4B: Konsentrasjon av kadmium (mg Cd/kg) i jordsjiktene (kapittel 2.4.1) 1: Øvre humus (... H03) og 4. Mineraljord (... JC) i Pasvik. Punktene i *norgeskartet* illustrerer regionale medianverdier for et større antall jordprøver (fra Njåstad et al. 1994). Jordprøvene i Njåstad et al. er ekstrahert med *salpetersyre* som er noe svakere enn *kongevann* som brukt på våre prøver; se kapittel 4.7.2 og 5.2.

V2.4-4 Kadmium i jordsjikt 2 og 3



Figur V2.4C: Konsentrasjon av kadmium (mg Cd/kg) i jordsjiktene (kapittel 2.4.1) 2: Nedre humus (.._HBunn) og 3: Utfellingslaget (.._JB) i Pasvik.

V2.4-5 Kadmium i jordsjiktene; diagrammer



Figur V2.4D: Kadmium (mg Cd/kg) i jordsjiktene. *Diagram øverst til venstre* viser jordlokalitetene sortert ~NV-SØ langs X-aksen. «17.1» på x-aksen betyr følgelig nord-østligste jordlokalitet 17 (se kartet) og sjikt 1 (dvs ...H03 - Øvre humussjikt). Følgelig blir på samme lokalitet: «17.2» = Hbunn - Nedre humussjikt. I figuren under tilsvarende: «17.3» = JB - utfellingslaget – B-horison. «17.4» = JC – mineraljord – C-horison. *Figur øverst til høyre* viser scatterplot med sjikt 4 (JC) langs X-akse plottet mot hver av de tre andre jordsjiktene (se tegnforklaring). På kartet nederst til høyre er posisjonene 1 – 17 markert med røde kryss, og konsentrasjoner i C-horison fra regional kartlegging iht angitt fargeskala (lokalitetsnummerering gjelder bare denne figuren).

V2.5: Kobolt (Co)

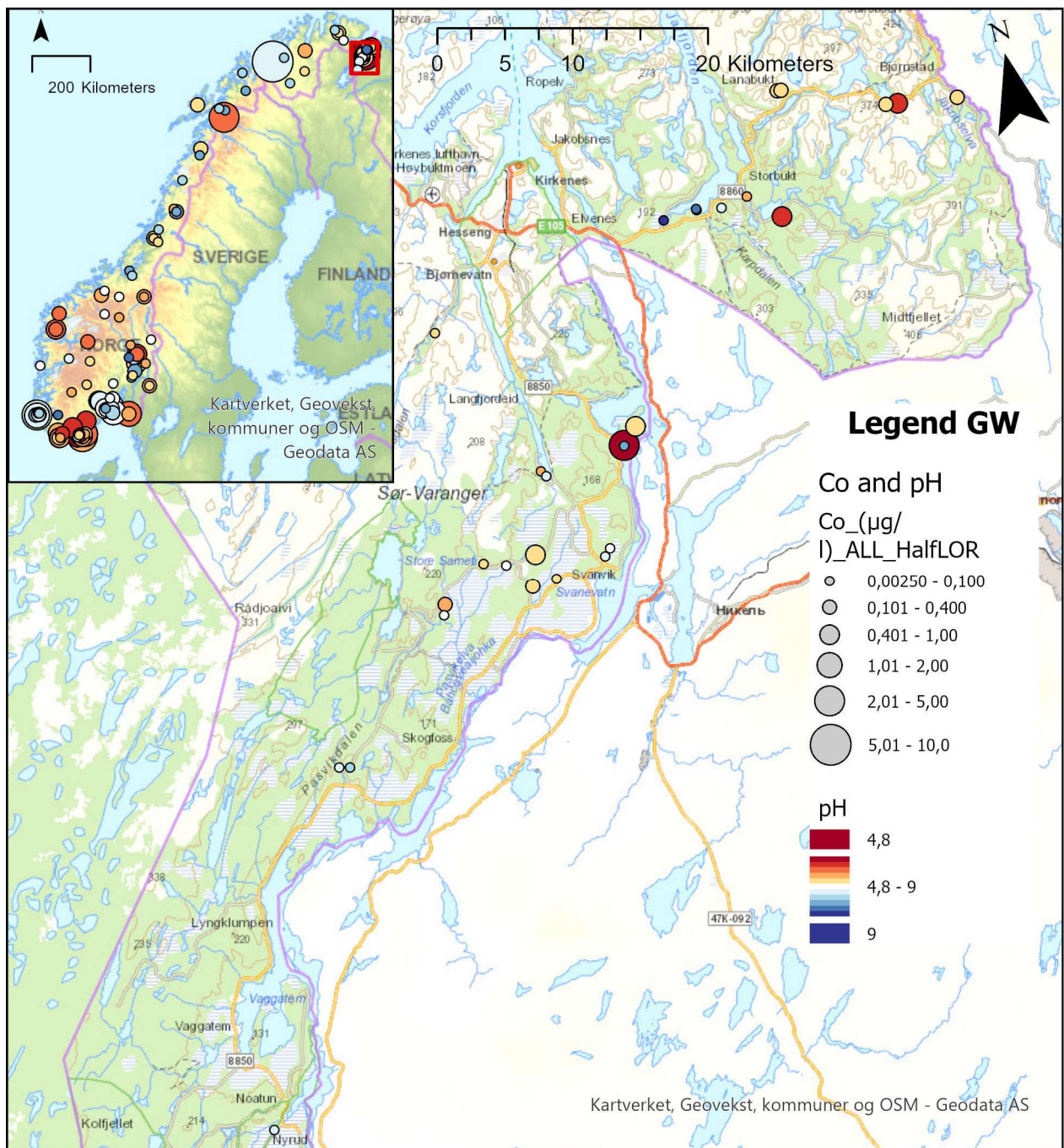
V2.5-1 Kobolt (Co) i jord: måledata 2020 vs grenseverdier

Tabell V2.5: Kobolt (mg/kg) i jord vs grenseverdier

Område	Jordsjikt	Lokalitet	Humus typisk dybde (cm) 4)	Totalkonsentrasjon 1) 6)	Sekvensiell ekstraksjon 2) 6)					Tilstandsklasser/ grenseverdier 3) 5)																
					LH101 "Ynnløselig"	LH102 "Lett utbytbar"	LH103 "Fra org. matr."	LH104 "Fra Mn-oksider"	LH105 "Fra Fe-oksider"	Forurenset Grunn T1	Forurenset Grunn T2	Forurenset Grunn T3	Forurenset Grunn T4	Forurenset Grunn T5	Sedimenter_T1	Sedimenter_T2	Sedimenter_T3	Sedimenter_T4	Sedimenter_T5	Target, soil 7)	Measure, soil 8)	MPA, soil 9)	Mobile, soil 10)	Target, soil 11)	Measure, soil 12)	
					Co	Co	Co	Co	Co	Co	Co	Co	Co	Co	Co	Co	Co	Co	Co	Co	Co	Co	Co	Co	Co	Co
Svanvik	Humus topp	Hum2020_01	9	6,9	0,116	1,049	0,568	0,049	0,137																	
		Hum2020_02	-	6,5	0,106	1,046	0,611	0,039	0,113																	
		Hum2020_03	18	11,6	-	-	-	-	-	-																
		Hum4001	5	5,4	0,079	0,700	0,385	0,021	0,085																	
		Hum4002	3	7,4	-	-	-	-	-	-																
		Hum4003	10	8,6	-	-	-	-	-	-																
		Hum4004	6	8,4	-	-	-	-	-	-																
		Hum4005	10	8,4	-	-	-	-	-	-																
		Svanvik	6	12,7	0,144	1,689	0,837	0,030	0,118																	
		Hum4004_81	7	8,9	-	-	-	-	-	-																
		Svanvik_samle	11	13,1	-	-	-	-	-	-																
	Humus bunn	Hum2020_01	9	2,9	0,057	0,712	0,377	0,157	0,164																	
		Hum2020_03	18	2,1	-	-	-	-	-																	
		Hum4005	10	1,7	-	-	-	-	-																	
		Svanvik	6	8,6	0,095	1,428	0,739	0,043	0,126																	
		Hum4004_81	7	4,8	-	-	-	-	-																	
		Svanvik_samle	11	6,0	-	-	-	-	-																	
	B	Hum2020_01	9	4,5	0,003	0,055	0,105	0,181	0,287																	
		Hum2020_02	-	5,5	0,007	0,076	0,055	0,249	0,257																	
		Hum4001	5	3,9	0,008	0,049	0,052	0,170	0,245																	
		Svanvik	6	6,1	0,010	0,018	0,020	0,039	0,126																	
		Hum4004_81	7	9,9	-	-	-	-	-																	
	C	Hum2020_01	9	5,7	0,005	0,163	0,738	0,798	0,282																	
		Hum2020_02	-	5,3	0,002	0,039	0,077	0,330	0,399																	
		Hum4001	5	4,6	0,003	0,035	0,120	0,771	0,321																	
		Svanvik	6	7,4	0,007	0,047	0,216	1,496	0,382																	
Hum4004_81		7	21,5	-	-	-	-	-																		
Jarlfjord	Humus topp	Hum4006	3	17,3	0,231	1,778	0,960	0,045	0,168																	
		Hum4007	20	4,8	0,140	0,646	0,447	0,068	0,136																	
		Hum4008	20	5,4	0,080	0,575	0,384	0,016	0,061																	
		Hum4009	15	12,4	0,284	2,267	1,091	0,106	0,279																	
		Hum4010	18	12,0	-	-	-	-	-																	
		Karpdalen	15	7,6	0,123	1,098	0,547	0,039	0,108																	
		Humus bunn	Hum4007	20	1,8	0,028	0,179	0,124	0,012	0,040																
	Hum4008		20	1,0	0,011	0,089	0,069	0,003	0,021																	
	Hum4009		15	6,2	0,092	1,504	0,734	0,536	0,522																	
	Hum4010		18	0,8	-	-	-	-	-																	
	Karpdalen		15	4,9	0,096	1,083	0,509	0,059	0,145																	
	B	Hum4006	3	6,4	0,013	0,070	0,087	0,899	0,715																	
		Hum4007	20	3,7	0,016	0,045	0,066	0,041	0,051																	
		Hum4008	20	5,4	0,005	0,018	0,041	0,072	0,225																	
		Hum4009	15	5,7	0,017	0,078	0,305	0,435	0,376																	
		Hum4010	18	6,2	-	-	-	-	-																	
	Karpdalen	15	6,9	0,011	0,074	0,694	0,666	0,444																		
	C	Hum4006	3	9,2	0,011	0,069	0,128	1,211	1,168																	
		Hum4007	20	4,5	0,005	0,026	0,083	0,324	0,306																	
		Hum4008	20	6,6	0,002	0,007	0,016	0,158	0,438																	
		Hum4009	15	4,8	0,019	0,090	0,200	0,456	0,302																	
Hum4010		18	7,6	-	-	-	-	-																		
Karpdalen		15	7,7	0,009	0,022	0,620	0,724	0,591																		

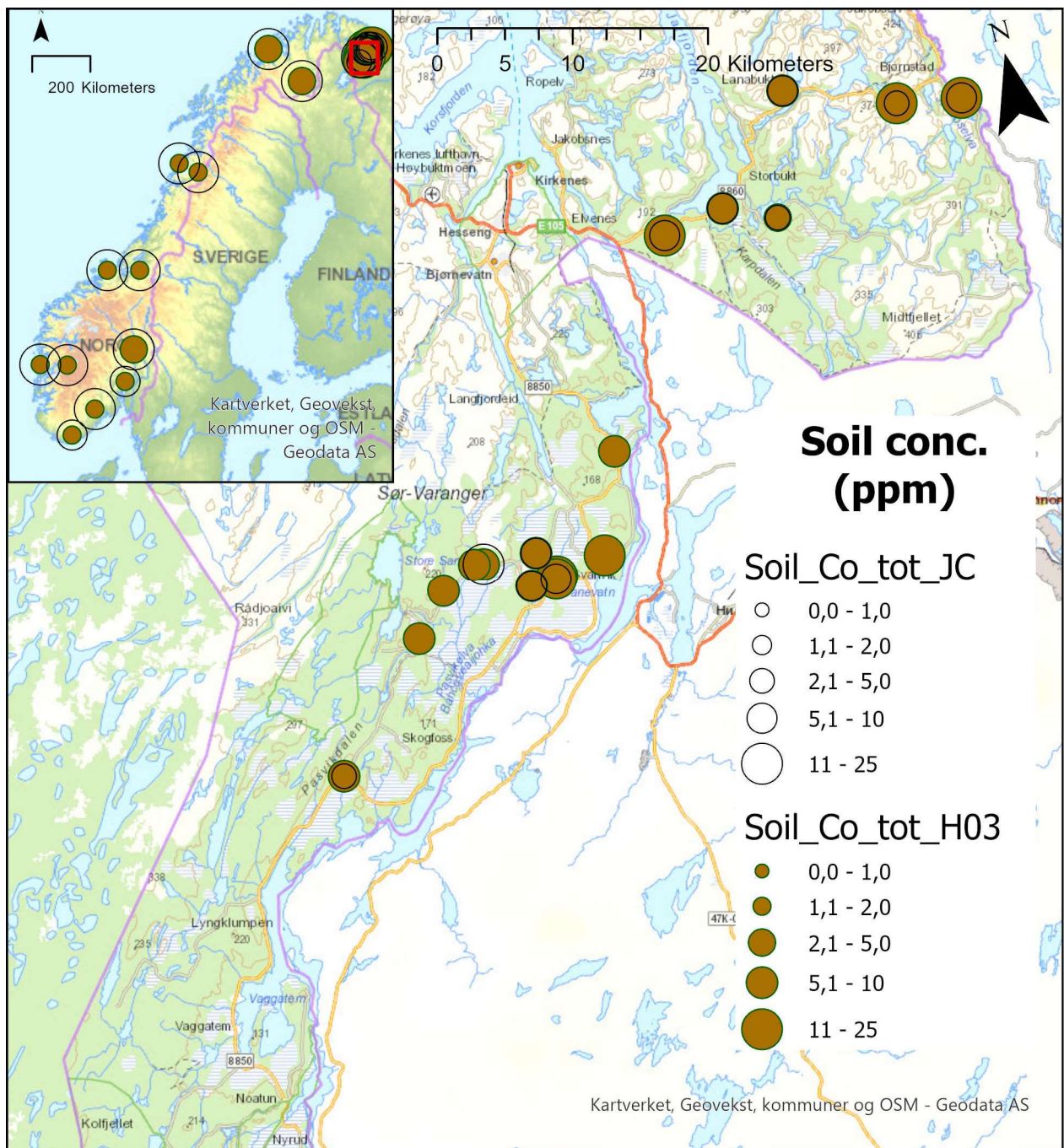
¹⁾Ekstrahert i sterk syre (kongevann). ²⁾LH101-LH105: Fra «sekvensiell ekstraksjon» (kapittel 4.6.5) der LH101 er lettest mobiliserbar. ³⁾Se kapittel 4.9 og vedlegg 5. ⁴⁾Humuslagets tykkelse ⁵⁾Farge på punktene viser målte verdier vs. grenseverdi: Grønn/gul er innenfor grenseverdi/klassegrense; ● <80%; ● 80-100% av grense, røde repr. overskridelse; ● 100-200%, ● 200-300%, ■ >300 % av grense. Tilstandsklasse for en måleverdi blir i det første fargepunkt i T1-T5 som er gult eller grønt (lest fra venstre mot høyre). ⁶⁾Røde tall betyr < Rapporteringsgrense. ⁷⁾⁻¹²⁾Se «Fullstendig fotnotetekst for Jordkjemitab...» på side 137 for referanser.

V2.5-2 Kobolt i grunnvann; Pasvik og Norge



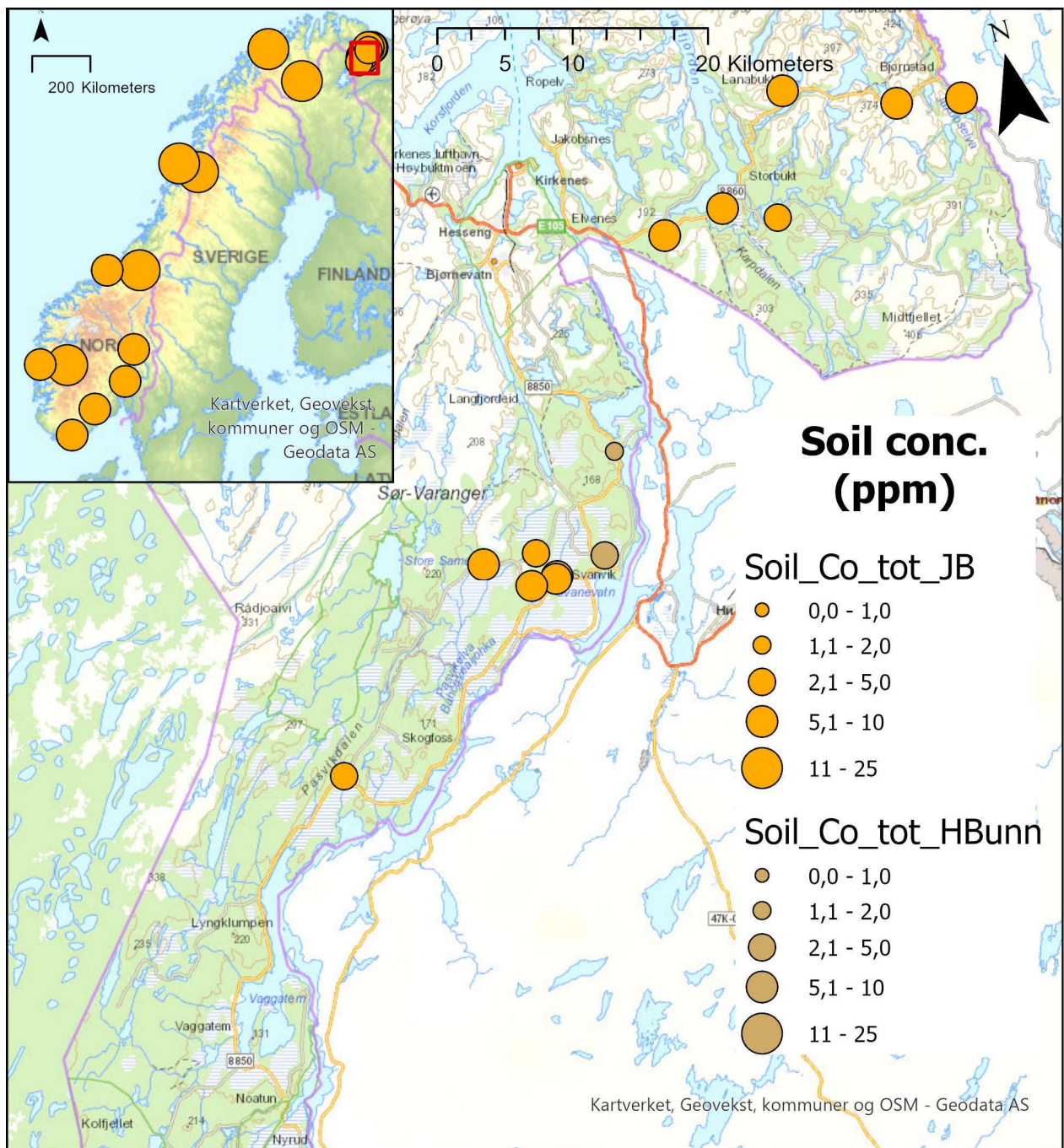
Figur V2.5A: Kobolt i grunnvann ($\mu\text{g/L}$); Pasvik og Norge. Pasvik og Norge (innfelt).
 1) Symbolstørrelse angir konsentrasjon, farge angir surhet (pH). Rødt surt, hvitt nøytralt (~ 7), blått basisk. 2) Norgeskart viser målinger etter 2014 fra Landsomfattende mark- og grunnvannnett (upåvirket av lokal belastning). På Sør- og Østlandet i tillegg en del til dels antropogent belastede kilder og brønner kartlagt i 2020-21 (se om data i kapittel 4.9.1).

V2.5-3 Kobolt i jordsjikt 1 og 4



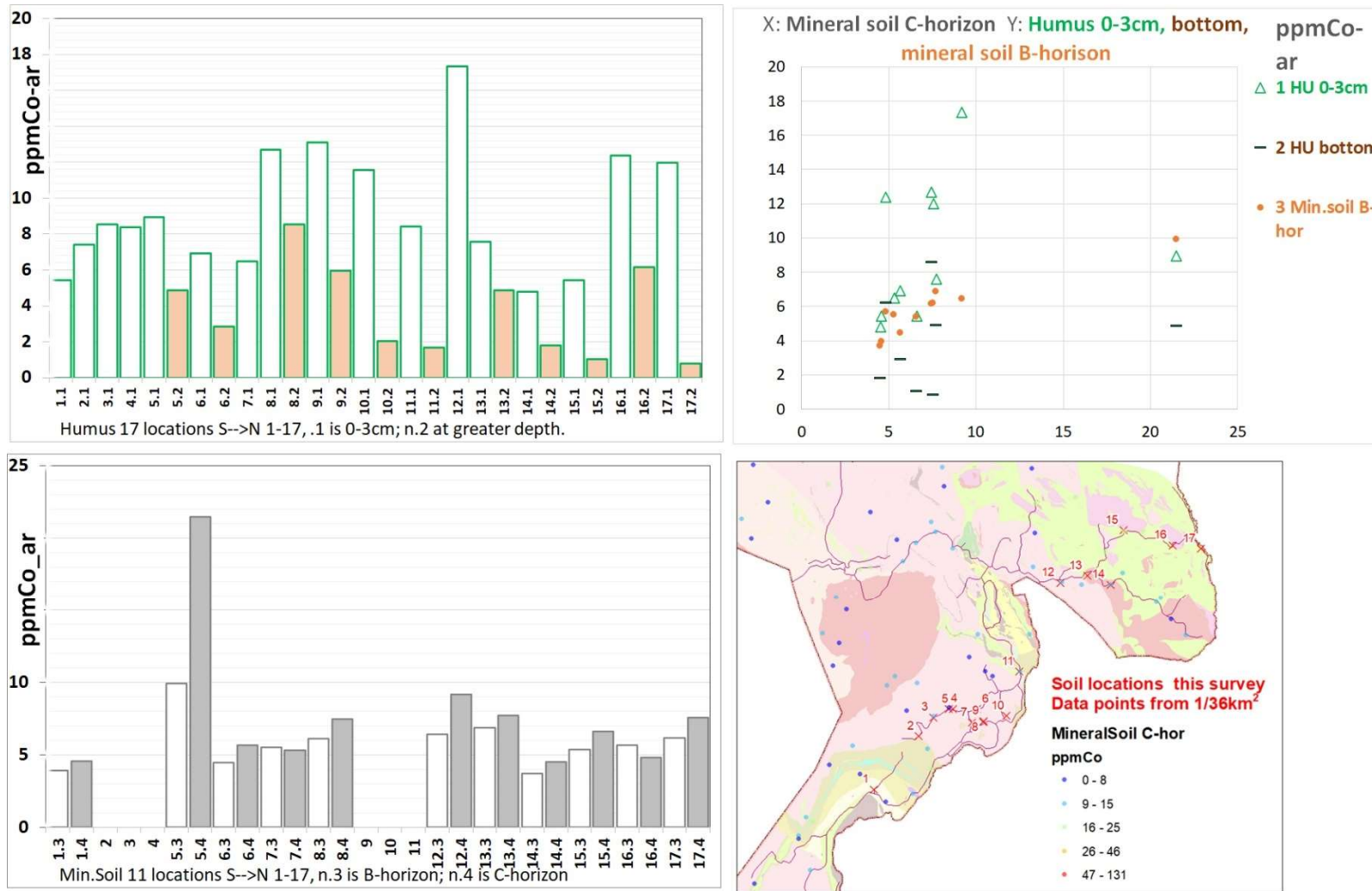
Figur V2.5B: Konsentrasjon av kobolt (mg Co/kg) i jordsjiktene (kapittel 2.4.1) 1: Øvre humus (... H03) og 4. Mineraljord (... JC) i Pasvik. Punktene i *norgeskartet* illustrerer regionale medianverdier for et større antall jordprøver (fra Njåstad et al. 1994). Jordprøvene i Njåstad et al. er ekstrahert med *salpetersyre* som er noe svakere enn *kongevann* som brukt på våre prøver; se kapittel 4.7.2 og 5.2.

V2.5-4 Kobolt i jordsjikt 2 og 3



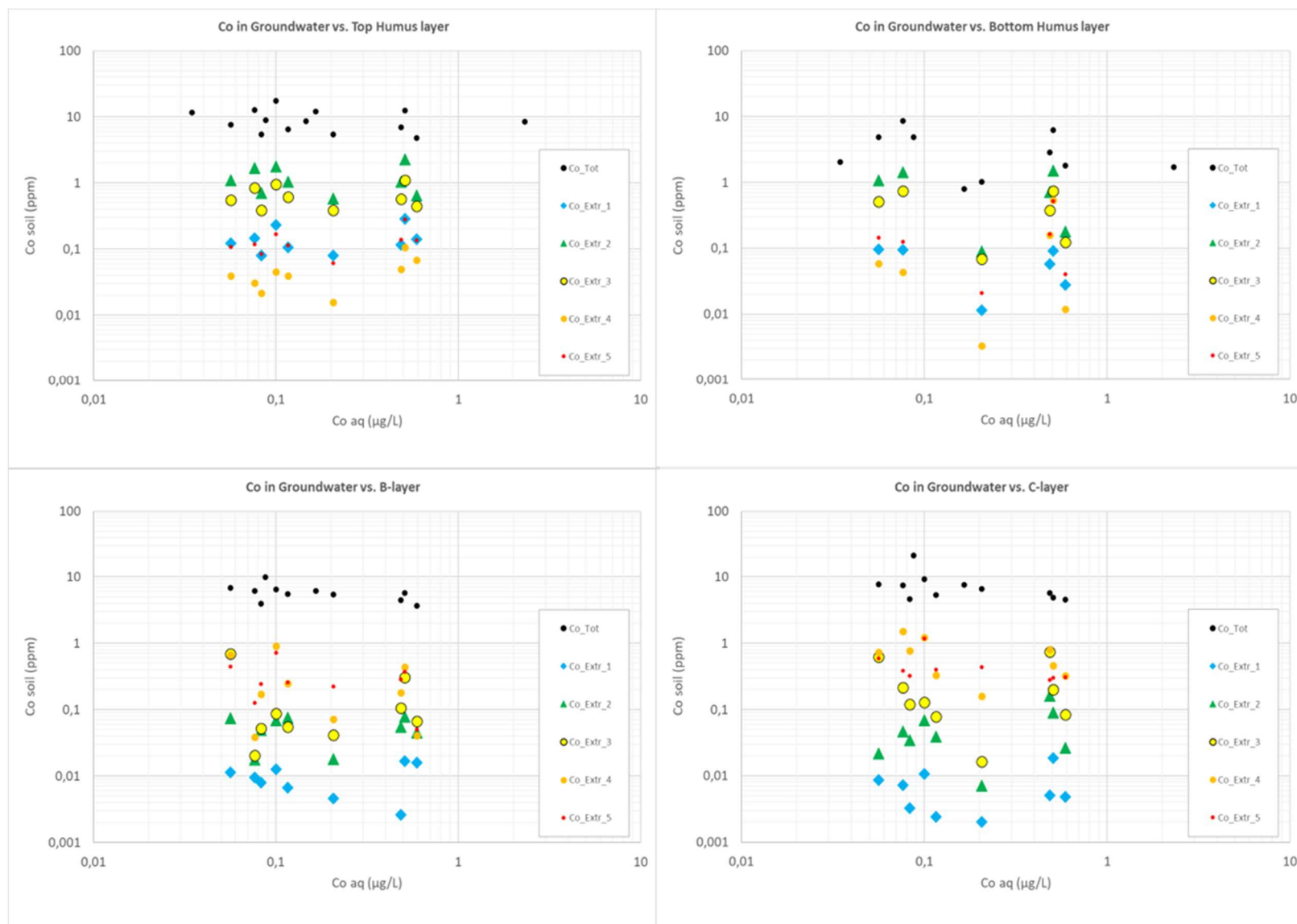
Figur V2.5C: Konsentrasjon av kobolt (mg Co/kg) i jordsjiktene (kapittel 2.4.1) 2: Nedre humus (.._HBunn) og 3: Utfellingslaget (.._JB) i Pasvik. Punktene i *norgeskartet* illustrerer regionale medianverdier for et større antall jordprøver (fra Njåstad et al. 1994). Jordprøvene i Njåstad et al. er ekstrahert med *salpetersyre* som er noe svakere enn *kongevann* som brukt på våre prøver; se kapittel 4.7.2 og 5.2.

V2.5-5 Kobolt i jordsjiktene; diagrammer



Figur V2.5D: Kobolt (mg Co/kg) i jordsjiktene. *Diagram øverst til venstre* viser jordlokalitetene sortert ~NV-SØ langs X-aksen. «17.1» på x-aksen betyr følgende nord-østligste jordlokalitet 17 (se kartet) og sjikt 1 (dvs ...H03 - Øvre humussjikt). Følgelig blir på samme lokalitet: «17.2» = Hbunn - Nedre humussjikt. I figuren under tilsvarende: «17.3» = JB - utfellingslaget – B-horison. «17.4» = JC – mineraljord – C-horison. *Figur øverst til høyre* viser scatterplot med sjikt 4 (JC) langs X-akse plottet mot hver av de tre andre jordsjiktene (se tegnforklaring). På kartet nederst til høyre er posisjonene 1 – 17 markert med røde kryss, og konsentrasjoner i C-horison fra regional kartlegging iht angitt fargeskala (lokalitetsnummerering gjelder bare denne figuren).

V2.5-6 Kobolt i grunnvann vs. jord



Figur V2.5E: Kobolt i grunnvann (x-akse) vs jord (y-akse). Humus topp, Humus bunn, B- og C-horisont. Svarte symboler er totalkonsentrasjoner i jord. Extr_1 til Extr_5 tilsvarer LH101-LH105, altså med økende styrke på ekstraksjonsmiddelet (se kapittel 4.6.5).

V2.6: Krom (Cr)

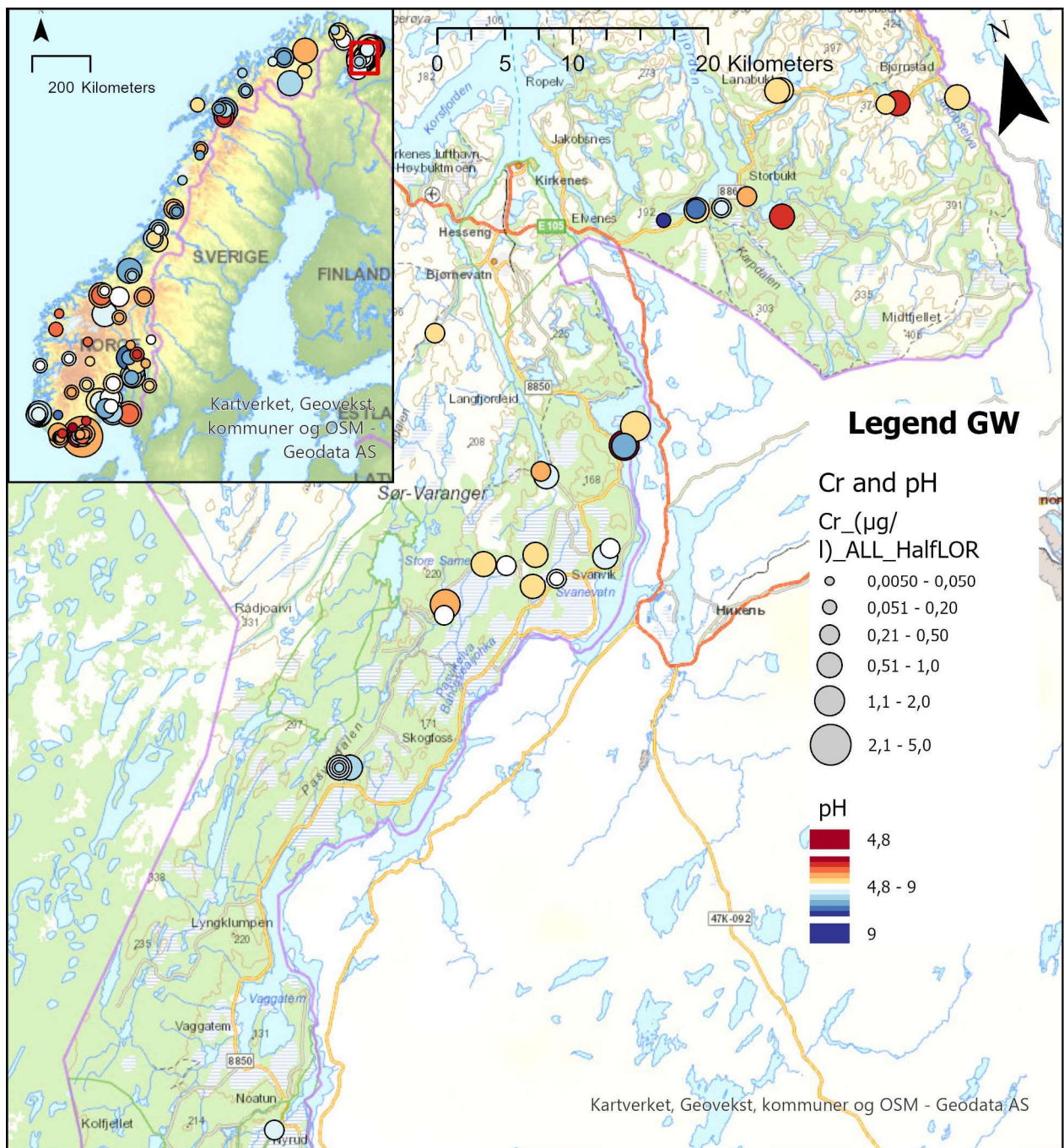
V2.6-1 Krom (Cr) i jord: måledata 2020 vs grenseverdier

Tabell V0: Cr (mg/kg) i jord vs grenseverdier¹⁾

Område	Jordsjikt	Lokalitet	Humus typisk dybde (cm) 4)	Totalkonsentrasjon 1) 6)	Tilstandsklasser/ grenseverdier 3) 5)													
					Forurenset Grunn					Sedimenter					Target		Measure	
					T1	T2	T3	T4	T5	_T1	_T2	_T3	_T4	_T5	soil ⁷⁾	soil ⁸⁾	Cr mob	soil ¹¹⁾
Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr	Cr			
Svanvik	Humus topp	Hum2020_01	9	4,5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum2020_02	-	3,1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum2020_03	18	5,7	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4001	5	3,3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4002	3	4,8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4003	10	4,9	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4004	6	4,8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4005	10	5,5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Svanvik	6	7,7	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4004_81	7	4,4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Svanvik_samle	11	7,4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Humus bunn	Hum2020_01	9	2,0	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum2020_03	18	2,1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4005	10	2,2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Svanvik	6	5,8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4004_81	7	3,2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Svanvik_samle	11	3,4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	B	Hum2020_01	9	25,7	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum2020_02	-	23,5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4001	5	20,6	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Svanvik		6	34,1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Hum4004_81		7	55,6	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
C	Hum2020_01	9	20,1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Hum2020_02	-	29,4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Hum4001	5	18,9	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Svanvik	6	21,5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Hum4004_81	7	61,9	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
Jarlfjord	Humus topp	Hum4006	3	8,3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4007	20	3,5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4008	20	4,8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4009	15	5,6	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4010	18	6,5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Karpdalen	15	6,5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Humus bunn	Hum4007	20	1,9	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4008	20	2,2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4009	15	5,5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4010	18	2,5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Karpdalen	15	3,3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	B	Hum4006	3	45,5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4007	20	37,3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4008	20	46,8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4009	15	32,2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4010	18	41,8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Karpdalen	15	45,5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	C	Hum4006	3	89,0	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4007	20	30,7	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4008	20	39,2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Hum4009		15	25,6	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Hum4010		18	44,8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Karpdalen	15	43,5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		

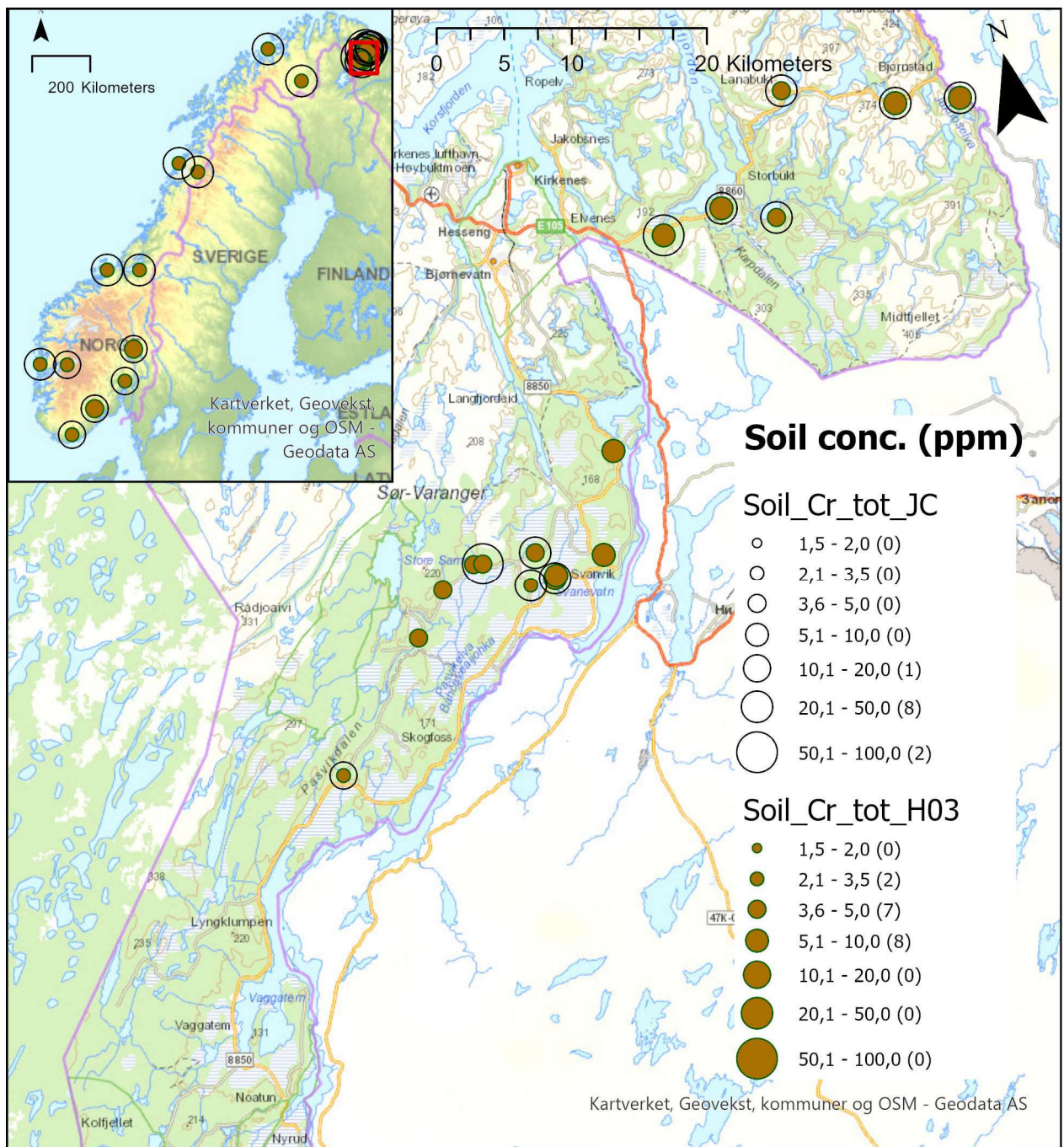
¹⁾Ekstrahert i sterk syre (kongevann). ²⁾LH101-LH105: Fra «sekvensiell ekstraksjon» (kapittel 4.6.5) der LH101 er lettest mobiliserbar. ³⁾Se kapittel 4.9 og vedlegg 5. ⁴⁾Humuslagets tykkelse ⁵⁾Farge på punktene viser målte verdier vs. grenseverdi (mest relevant er Forurenset grunn T1-T5): Grønn/gul er innenfor grenseverdi/klassegrense; ● <80%; ● 80-100% av grense, røde repr. overskridelse; ● 100-200%, ● 200-300%, ● >300 % av grense. Tilstandsklasse for en måleverdi blir i det første fargepunkt i T1-T5 som er gult eller grønt (lest fra venstre mot høyre). ⁶⁾Røde tall betyr < Rapporteringsgrense. ⁷⁻¹²⁾Se «Fullstendig figurtekst for jordkemi» på side 137 for referanser.

V2.6-2 Krom i grunnvann; Pasvik og Norge



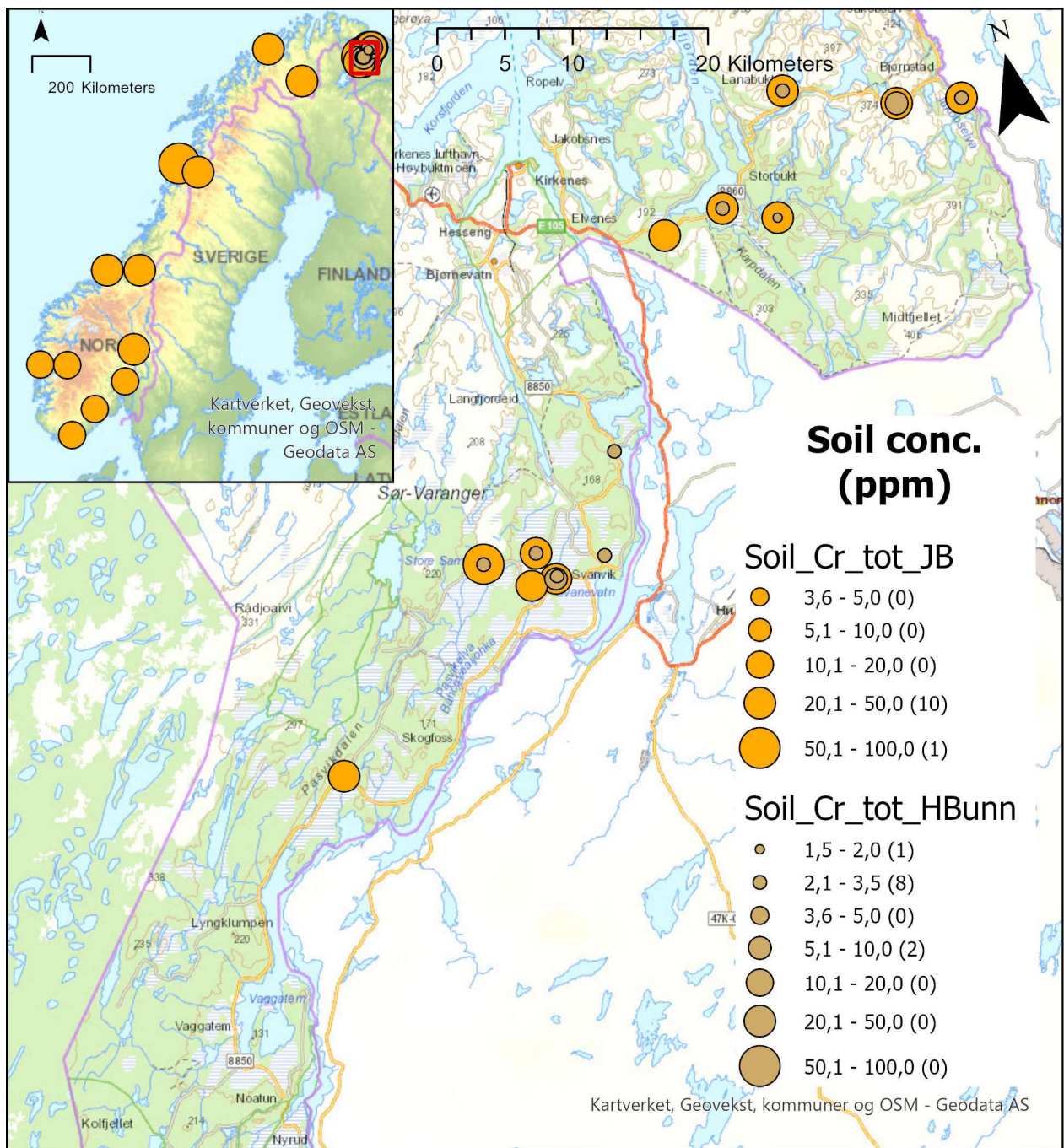
Figur V2.6A: Krom i grunnvann ($\mu\text{g/L}$); Pasvik og Norge (innfelt). Symbolstørrelse angir konsentrasjon, farge angir surhet (pH). Rødt surt, hvitt nøytralt (~7), blått basisk. ²⁾Norgeskart viser målinger etter 2014 fra Landsomfattende mark- og grunnvannsnett (upåvirket av lokal belastning). På Sør- og Østlandet i tillegg en del til dels antropogent belastede kilder og brønner kartlagt i 2020-21 (se om data i kapittel 4.9.1).

V2.6-3 Krom i jordsjikt 1 og 4



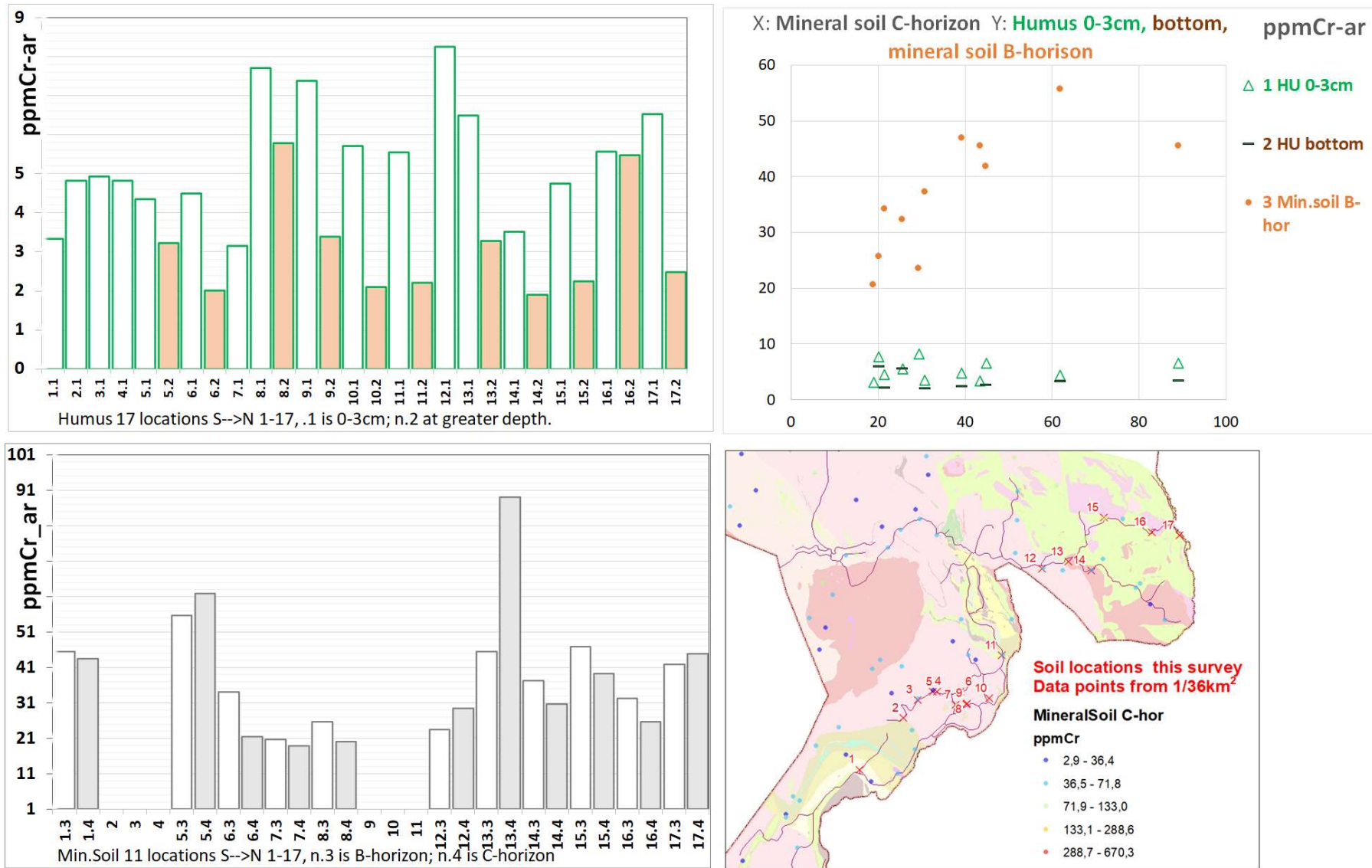
Figur V2.6B: Konsentrasjon av krom (mg Cr/kg) i jordsjiktene¹⁾ 1: Øvre humus (.. H03) og 4. Mineraljord (.. JC) i Pasvik. Punktene i *norgeskartet* illustrerer regionale medianverdier for et større antall jordprøver (fra Njåstad et al. 1994). Jordprøvene i Njåstad et al. er ekstrahert med *salpetersyre* som er noe svakere enn *kongevann* som brukt på våre prøver; se kapittel 4.7.2 og 5.2.

V2.6-4 Krom i jordsjikt 2 og 3



Figur V2.6C: Konsentrasjon av krom (mg Cr/kg) i jordsjiktene (kapittel 2.4.1) 2: Nedre humus (.._HBunn) og 3: Utfellingslaget (.._JB) i Pasvik. Punktene i norgeskartet illustrerer regionale medianverdier for et større antall jordprøver (fra Njåstad et al. 1994). Jordprøvene i Njåstad et al. er ekstrahert med *salpetersyre* som er noe svakere enn *kongevann* som brukt på våre prøver; se kapittel 4.7.2 og 5.2.

V2.6-5 Krom i jordsjiktene; diagrammer



Figur V2.6D: Krom (mg Cr/kg) i jordsjiktene. *Diagram øverst til venstre* viser jordlokalitetene sortert ~NV-SØ langs X-aksen. «17.1» på x-aksen betyr følgelig nord-østligste jordlokalitet 17 (se kartet) og sjikt 1 (dvs ...H03 - Øvre humussjikt). Følgelig blir på samme lokalitet: «17.2» = Hbunn - Nedre humussjikt. I figuren under tilsvarende: «17.3» = JB - utfellingslaget – B-horison. «17.4» = JC – mineraljord – C-horison. *Figur øverst til høyre* viser scatterplot med sjikt 4 (JC) langs X-akse plottet mot hver av de tre andre jordsjiktene (se tegnforklaring). På kartet nederst til høyre er posisjonene 1 – 17 markert med røde kryss, og konsentrasjoner i C-horison fra regional kartlegging iht angitt fargeskala (lokalitetsnummerering gjelder bare denne figuren).

V2.7: Kobber (Cu)

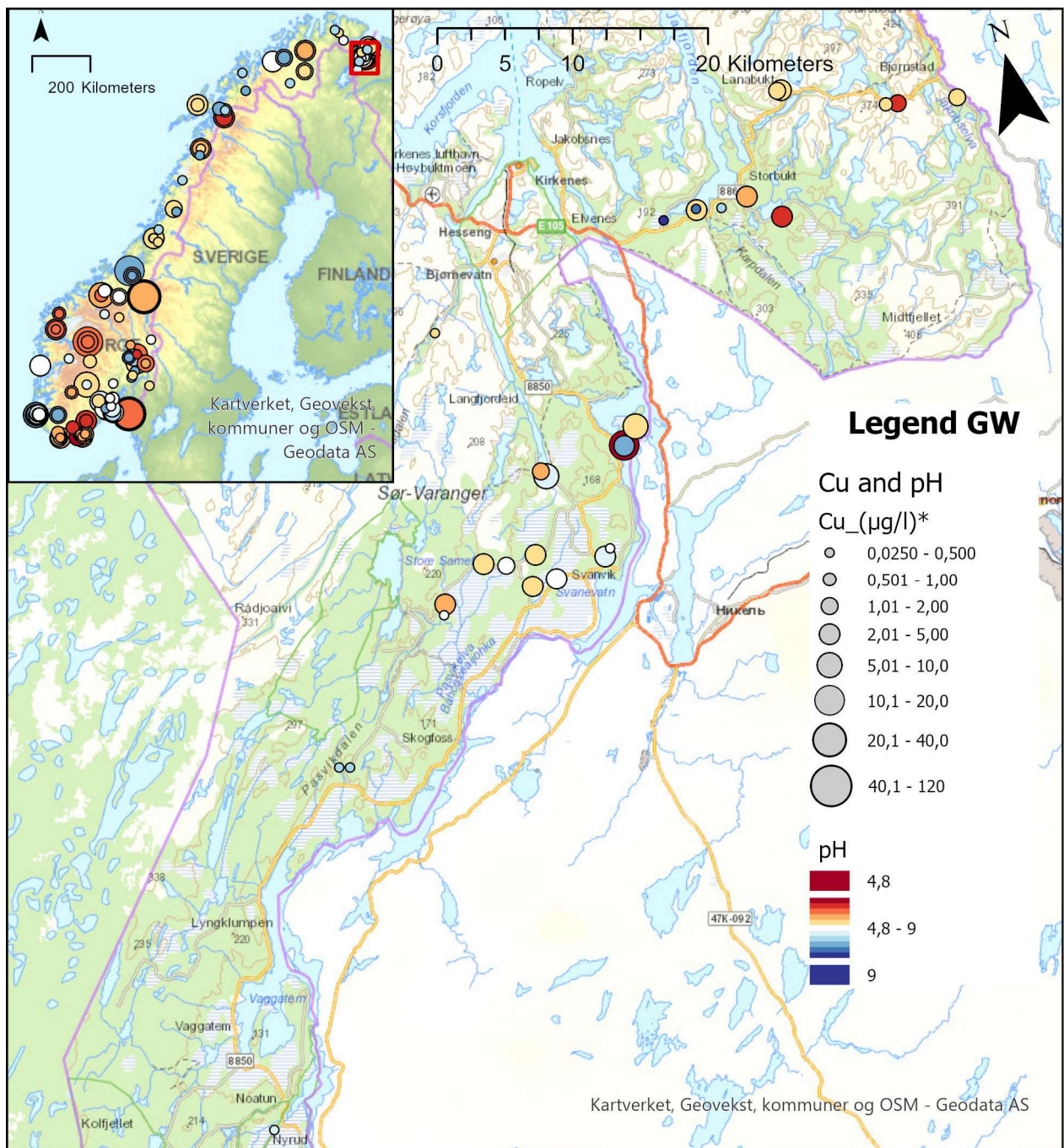
V2.7-1 Kobber (Cu) i jord: måldata 2020 vs grenseverdier

Tabell V2.7: Cu (mg/kg) i jord vs grenseverdier

Område	Jordsjikt	Lokalitet	Humus typisk dybde (cm) 4)	Totalkonsentrasjon 1) 6)	Sekvensiell ekstraksjon 2) 6)					Tilstandsklasser/ grenseverdier 3) 5)																				
					LH101 "Vannløselig"	LH102 "Lett utbyttbart"	LH103 "Fra org. matr."	LH104 "Fra Mn-oksider"	LH105 "Fra Fe-oksider"	Forurenset Grunn T1-T5					Sedimenter T1-T5					Target/Measure soil (7)-(12)										
				Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu				
Svanvik	Humus topp	Hum2020_01	9	113	1,04	1,10	7,52	0,59	0,25																					
		Hum2020_02	-	104	0,93	1,04	6,12	0,53	0,24																					
		Hum2020_03	18	188	-	-	-	-	-	-																				
		Hum4001	5	95	0,75	0,93	4,67	0,48	0,23																					
		Hum4002	3	136	-	-	-	-	-	-																				
		Hum4003	10	123	-	-	-	-	-	-																				
		Hum4004	6	114	-	-	-	-	-	-																				
		Hum4005	10	156	-	-	-	-	-	-																				
		Svanvik	6	232	1,59	2,88	13,56	1,09	0,37																					
		Hum4004_81	7	142	-	-	-	-	-	-																				
		Svanvik_samle	11	211	-	-	-	-	-	-																				
	Humus bunn	Hum2020_01	9	35	0,32	0,40	3,21	0,47	0,12																					
		Hum2020_03	18	14	-	-	-	-	-	-																				
		Hum4005	10	12	-	-	-	-	-	-																				
		Svanvik	6	142	1,02	1,74	10,21	0,82	0,35																					
		Hum4004_81	7	62	-	-	-	-	-	-																				
		Svanvik_samle	11	70	-	-	-	-	-	-																				
	B	Hum2020_01	9	21	0,04	0,46	4,99	1,04	1,73																					
Hum2020_02		-	46	0,06	0,84	4,21	2,72	4,80																						
Hum4001		5	9	0,00	0,11	0,14	0,21	0,49																						
Svanvik		6	21	0,01	0,17	0,39	0,33	0,99																						
Hum4004_81		7	23	-	-	-	-	-																						
C	Hum2020_01	9	28	0,04	0,62	4,60	1,13	2,83																						
	Hum2020_02	-	47	0,09	1,59	12,28	4,52	7,85																						
	Hum4001	5	13	0,00	0,12	0,79	1,09	2,38																						
	Svanvik	6	42	0,02	0,22	0,95	3,82	9,34																						
Hum4004_81	7	65	-	-	-	-	-																							
Jarlfjord	Humus topp	Hum4006	3	265	1,72	2,22	10,56	1,07	0,40																					
		Hum4007	20	75	1,45	0,90	4,64	0,55	0,22																					
		Hum4008	20	93	0,40	0,48	2,96	0,52	0,17																					
		Hum4009	15	114	0,99	1,23	5,57	0,50	0,26																					
		Hum4010	18	165	-	-	-	-	-																					
		Karpdalen	15	113	1,04	1,27	6,63	0,68	0,26																					
	Humus bunn	Hum4007	20	13	0,08	0,04	-0,01	0,54	0,10																					
		Hum4008	20	8	0,04	0,02	-0,08	0,43	0,11																					
		Hum4009	15	19	0,11	0,13	4,05	0,47	0,11																					
		Hum4010	18	4	-	-	-	-	-																					
		Karpdalen	15	21	0,21	0,21	0,97	0,59	0,14																					
	B	Hum4006	3	8	0,03	0,77	1,90	0,97	0,94																					
		Hum4007	20	9	0,02	0,38	2,90	0,24	0,10																					
		Hum4008	20	16	0,01	0,42	2,69	0,51	0,90																					
		Hum4009	15	16	0,09	0,54	7,34	2,58	1,55																					
		Hum4010	18	14	-	-	-	-	-																					
	Karpdalen	15	12	0,04	0,34	8,81	1,37	0,67																						
C	Hum4006	3	13	0,05	0,53	1,13	2,34	3,01																						
	Hum4007	20	12	0,01	0,33	3,44	1,33	1,06																						
	Hum4008	20	26	0,01	0,40	1,34	1,34	4,65																						
	Hum4009	15	14	0,11	0,55	5,59	2,17	1,30																						
	Hum4010	18	20	-	-	-	-	-																						
Karpdalen	15	19	0,05	0,59	10,60	2,45	2,48																							

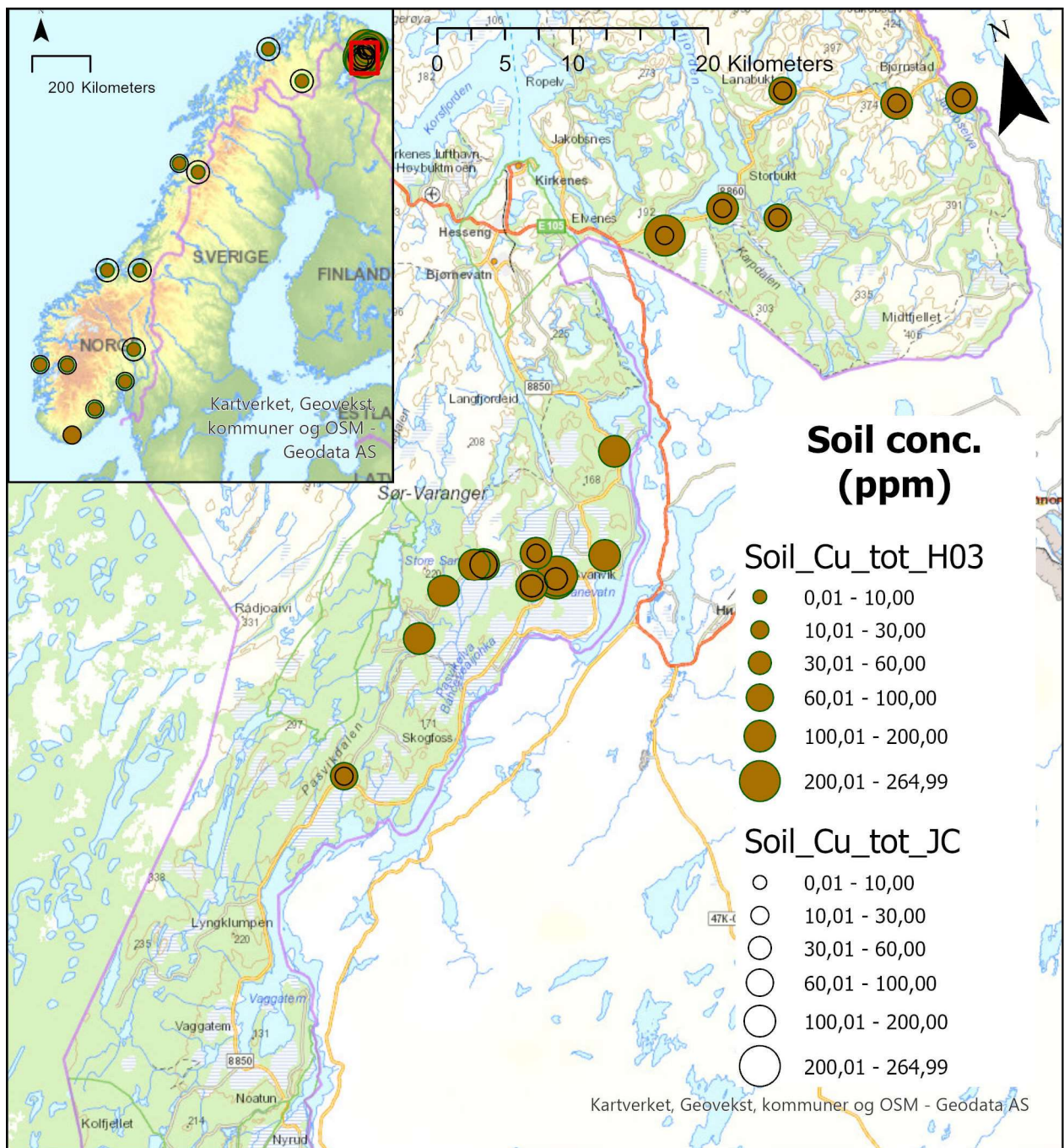
¹) Ekstrahert i sterk syre (kongevann). ²) LH101-LH105: Fra «sekvensiell ekstraksjon» (kapittel 4.6.5) der LH101 er lettest mobiliserbar. ³) Se kapittel 4.9 og vedlegg 5. ⁴) Humuslagets tykkelse ⁵) Farge på punktene viser målte verdier vs. grenseverdi (mest relevant er Forurenset grunn T1-T5): Grønn/gul er innenfor grenseverdi/klassegrense; <80%; 80-100% av grense, røde repr. overskridelse; 100-200%, 200-300%, >300 % av grense. Tilstandsklasse for en måleverdi blir i det første fargepunkt i T1-T5 som er gult eller grønt (lest fra venstre mot høyre). ⁶) Røde tall betyr < Rapporteringsgrense. ⁷)-¹²) Se «Fullstendig fotnotetekst for Jordkjemitab...» på første side i vedlegg 2 for referanser.

V2.7-2 Kobber i grunnvann; Pasvik og Norge



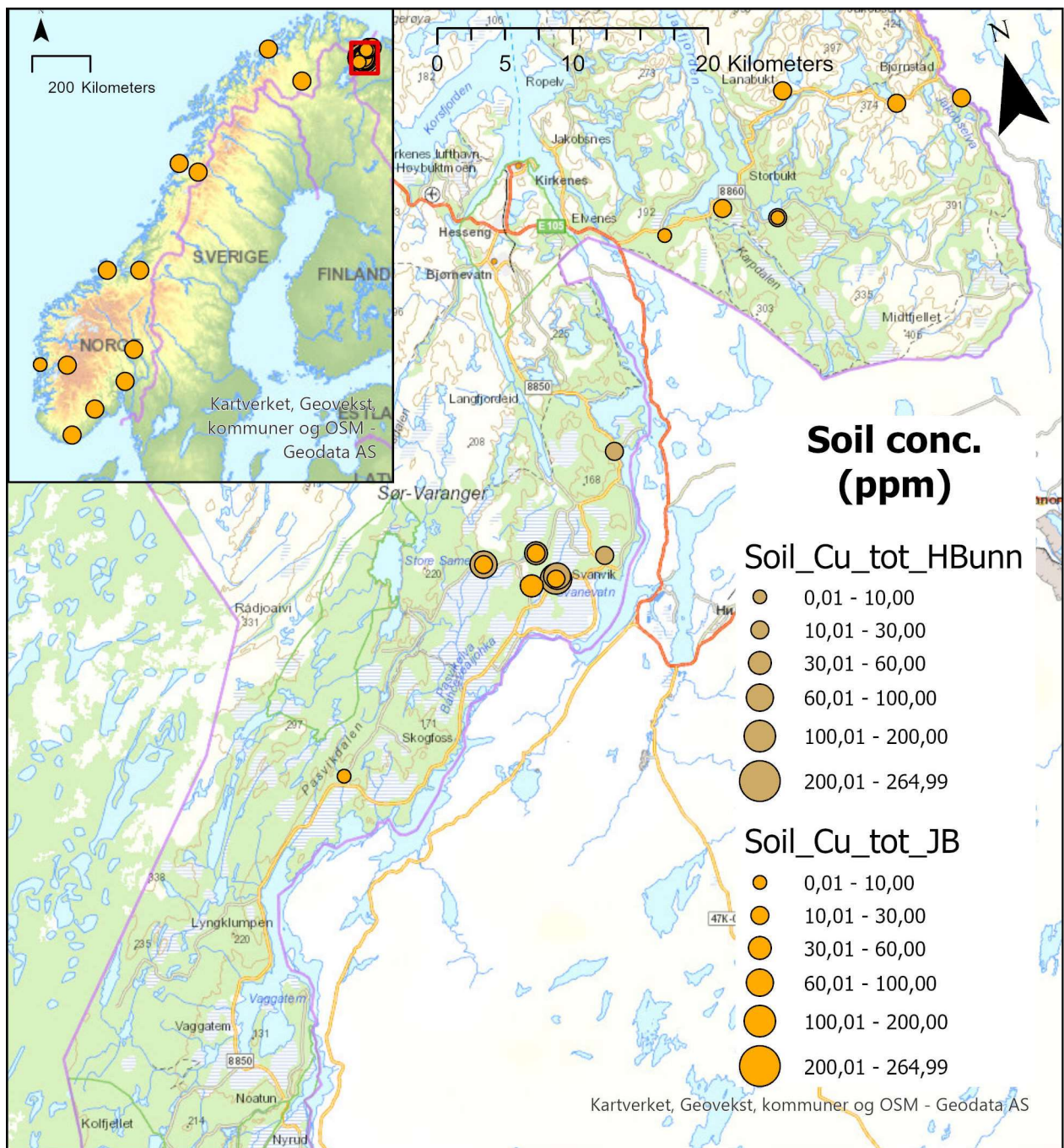
Figur V2.7A: Kobber i grunnvann ($\mu\text{g/L}$); Pasvik og Norge (innfelt). Symbolstørrelse angir konsentrasjon, farge angir surhet (pH). Rødt surt, hvitt nøytralt (~7), blått basisk. ²⁾Norgeskart viser målinger etter 2014 fra Landsomfattende mark- og grunnvannsnett (upåvirket av lokal belastning). På Sør- og Østlandet i tillegg en del til dels antropogent belastede kilder og brønner kartlagt i 2020-21 (se om data i kapittel 4.9.1).

V2.7-3 Kobber i jordsjikt 1 og 4



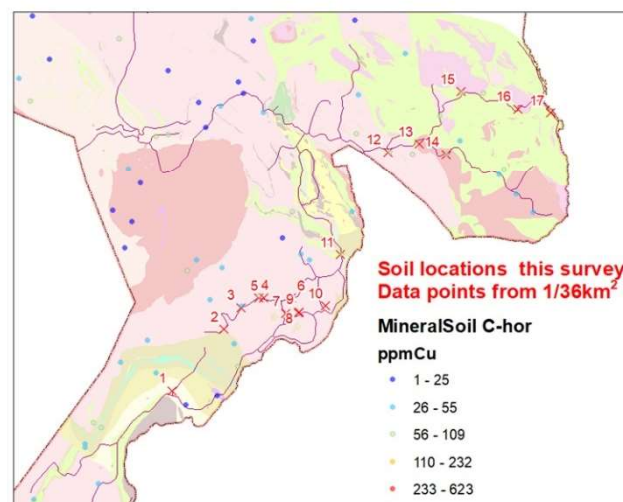
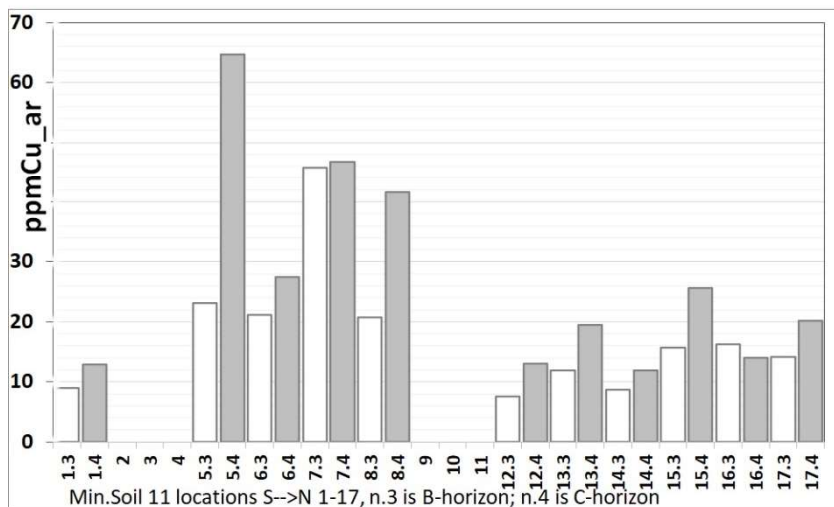
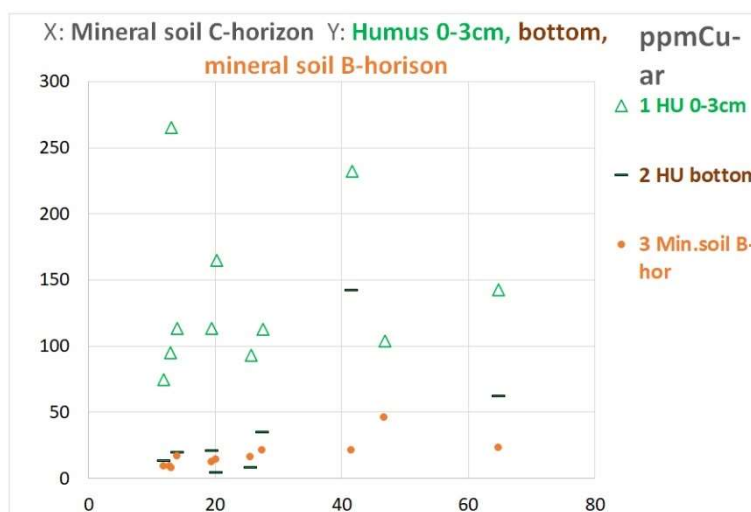
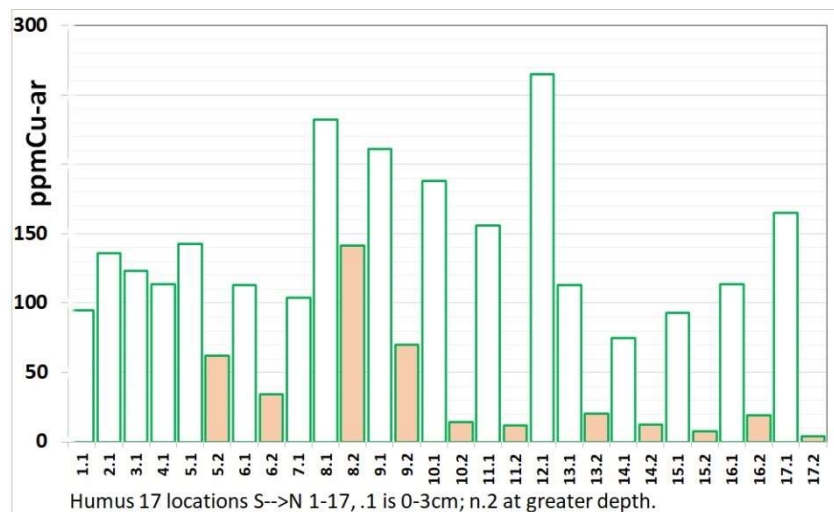
Figur V2.7B: Konsentrasjon av kobber (mg Cu/kg) i jordsjiktene (kapittel 2.4.1) 1: Øvre humus (... H03) og 4. Mineraljord (... JC) i Pasvik. Punktene i *norgeskartet* illustrerer regionale medianverdier for et større antall jordprøver (fra Njåstad et al. 1994). Jordprøvene i Njåstad et al. er ekstrahert med *salpetersyre* som er noe svakere enn *kongevann* som brukt på våre prøver; se kapittel 4.7.2 og 5.2.

V2.7-4 Kobber i jordsjikt 2 og 3



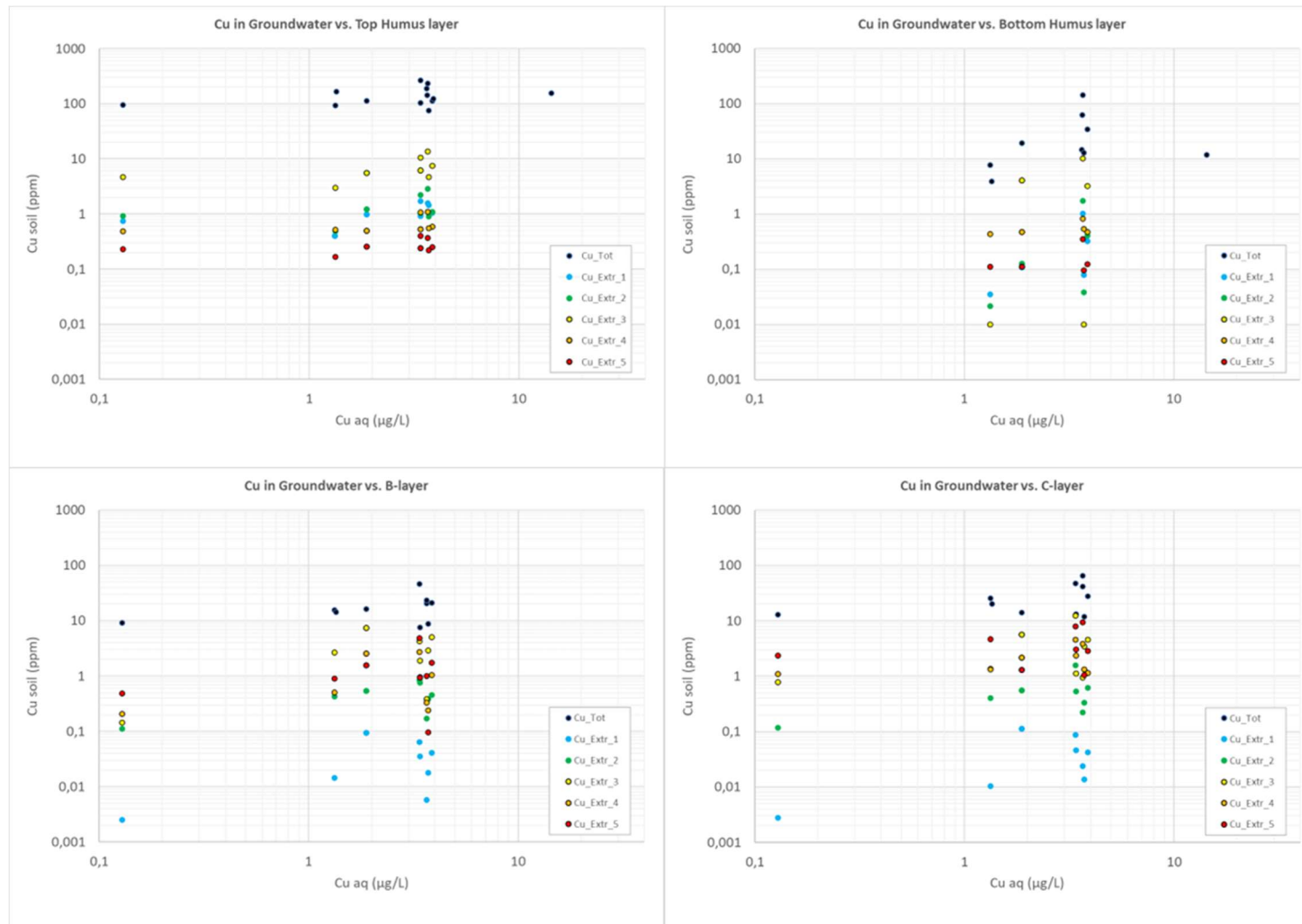
Figur V2.7C: Konsentrasjon av kobber (mg Cu/kg) i *jordsjiktene* (kapittel 2.4.1) 2: Nedre humus (.._HBunn) og 3: Utfellingslaget (.._JB) i Pasvik. Punktene i *norgeskartet* illustrerer regionale medianverdier for et større antall jordprøver (fra Njåstad et al. 1994). Jordprøvene i Njåstad et al. er ekstrahert med *salpetersyre* som er noe svakere enn *kongevann* som brukt på våre prøver; se kapittel 4.7.2 og 5.2.

V2.7-5 Kobber i jordsjiktene; diagrammer



Figur V2.7D: Kobber (mg Cu/kg) i jordsjiktene. *Diagram øverst til venstre* viser jordlokalitetene sortert ~NV-SØ langs X-aksen. «17.1» på x-aksen betyr følgelig nord-østligste jordlokalitet 17 (se kartet) og sjikt 1 (dvs ...H03 - Øvre humussjikt). Følgelig blir på samme lokalitet: «17.2» = Hbunn - Nedre humussjikt. I figuren under tilsvarende: «17.3» = JB - utfellingslaget – B-horison. «17.4» = JC – mineraljord – C-horison. *Figur øverst til høyre* viser scatterplot med sjikt 4 (JC) langs X-akse plottet mot hver av de tre andre jordsjiktene (se tegnforklaring). På kartet nederst til høyre er posisjonene 1 – 17 markert med røde kryss, og konsentrasjoner i C-horison fra regional kartlegging iht angitt fargeskala (lokalitetsnummerering gjelder bare denne figuren).

V2.7-6 Kobber i grunnvann vs jord



Figur V2.7E: Kobber i grunnvann (x-akse) vs jord (y-akse). Humus topp, Humus bunn, B- og C-horisont. Svarte symboler er totalkonsentrasjoner i jord. Extr_1 til Extr_5 tilsvarer LH101-LH105, altså med økende styrke på ekstraksjonsmiddelet (se kapittel 4.6.5).

V2.8: Jern (Fe)

V2.8-1 Jern (Fe) i jord: alle måledata

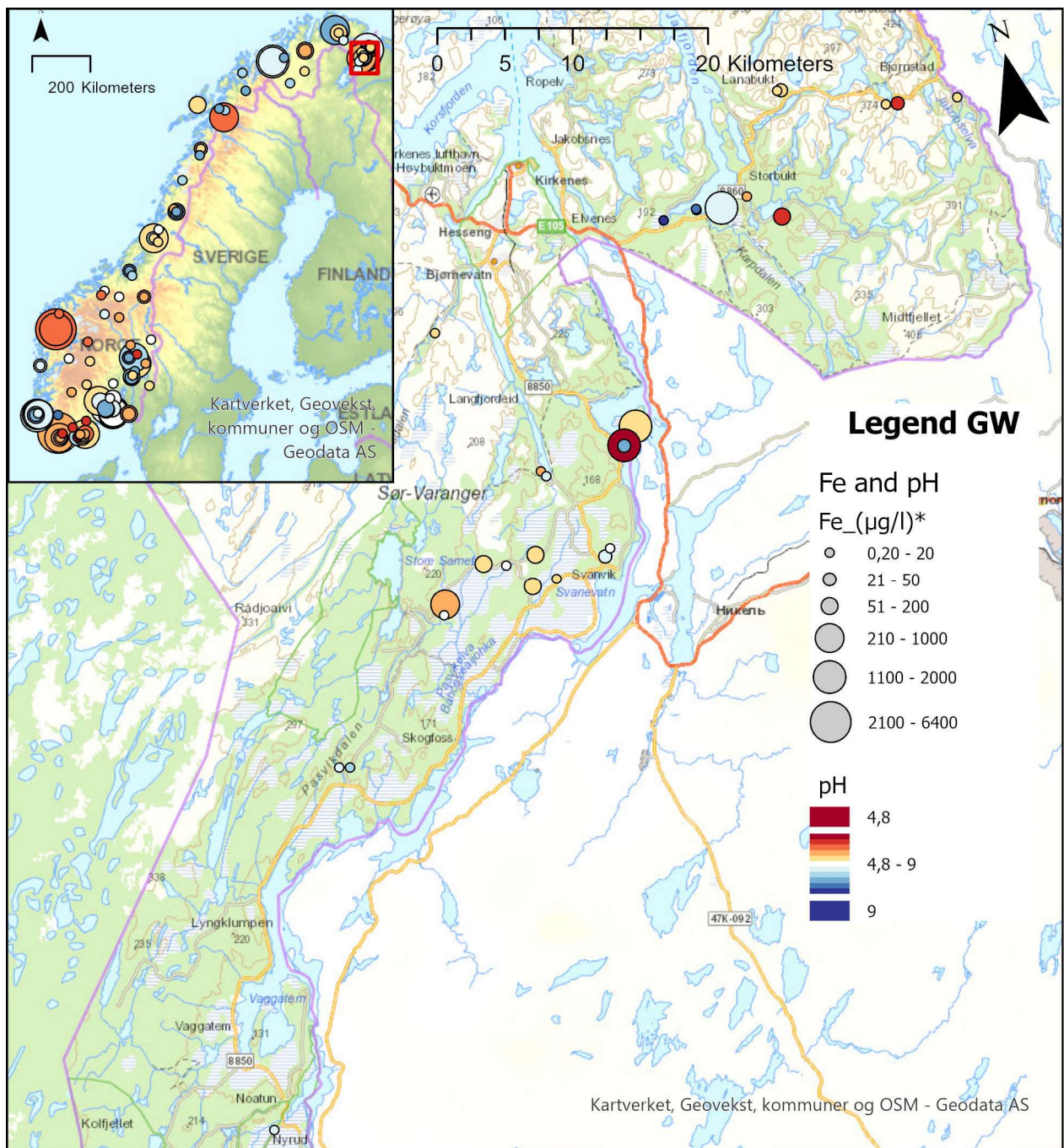
Tabell V2.8: Fe (mg/kg) i jord

Område	Jordsjikt	Lokalitet	Humus typisk dybde (cm) 4)	Totalkonsentrasjon 1) 6)	LH101-LH105: Fra «sekvensiell ekstraksjon» (kapittel 4.6.5) der LH101 er lettest mobiliserbar. 4)Humuslagets tykkelse 6)Røde tall betyr < Rapporteringsgrense.				
					LH101 "Vannløselig"	LH102 "Lett utbyttbart"	LH103 "Fra org. matr."	LH104 "Fra Mn-oksider"	LH105 "Fra Fe-oksider"
				Fe	Fe	Fe	Fe	Fe	Fe
Svanvik	Humus topp	Hum2020_01	9	1870	6	0	451	11	115
		Hum2020_02	-	1386	3	4	336	6	90
		Hum2020_03	18	2054	-	-	-	-	-
		Hum4001	5	1260	6	3	241	21	99
		Hum4002	3	2006	-	-	-	-	-
		Hum4003	10	2521	-	-	-	-	-
		Hum4004	6	2407	-	-	-	-	-
		Hum4005	10	2547	-	-	-	-	-
		Svanvik	6	3391	11	7	850	35	141
		Hum4004_81	7	2039	-	-	-	-	-
		Svanvik_samle	11	2990	-	-	-	-	-
	Humus bunn	Hum2020_01	9	850	3	-1	381	21	100
		Hum2020_03	18	823	-	-	-	-	-
		Hum4005	10	544	-	-	-	-	-
		Svanvik	6	2568	7	7	792	51	104
		Hum4004_81	7	1535	-	-	-	-	-
		Svanvik_samle	11	2224	-	-	-	-	-
	B	Hum2020_01	9	23120	16	122	2327	1043	2308
		Hum2020_02	-	17697	24	89	2583	1372	1157
		Hum4001	5	14671	2	51	379	369	1005
		Svanvik	6	19303	5	166	614	1018	1489
		Hum4004_81	7	40832	-	-	-	-	-
	C	Hum2020_01	9	11631	8	98	1207	316	910
		Hum2020_02	-	15287	12	60	3423	644	1014
		Hum4001	5	11363	1	22	228	500	674
		Svanvik	6	11411	7	62	224	551	765
	Hum4004_81	7	34476	-	-	-	-	-	
	Jarvfjord	Humus topp	Hum4006	3	3760	28	8	710	19
Hum4007			20	1483	5	5	415	5	82
Hum4008			20	1738	3	-1	375	3	70
Hum4009			15	2208	14	6	701	14	148
Hum4010			18	2462	-	-	-	-	-
Karpdalen			15	3344	24	2	784	69	132
Humus bunn		Hum4007	20	779	1	1	309	5	27
		Hum4008	20	625	1	-2	241	5	33
		Hum4009	15	2605	7	11	1482	39	231
		Hum4010	18	665	-	-	-	-	-
		Karpdalen	15	2563	17	7	1280	58	169
B		Hum4006	3	15172	18	641	1656	1435	1524
		Hum4007	20	31840	10	240	5658	605	1347
		Hum4008	20	24568	7	95	2874	446	1739
		Hum4009	15	17304	38	141	3535	899	820
		Hum4010	18	24558	-	-	-	-	-
		Karpdalen	15	28394	30	746	12210	1550	1578
C		Hum4006	3	14356	14	142	541	1395	1616
		Hum4007	20	20038	11	192	4675	1131	1369
		Hum4008	20	16011	0	12	332	140	663
	Hum4009	15	14606	41	160	2305	839	733	
	Hum4010	18	19963	-	-	-	-	-	
	Karpdalen	15	21790	24	118	6109	1212	1256	

¹⁾Ekstrahert i sterk syre (kongevann).

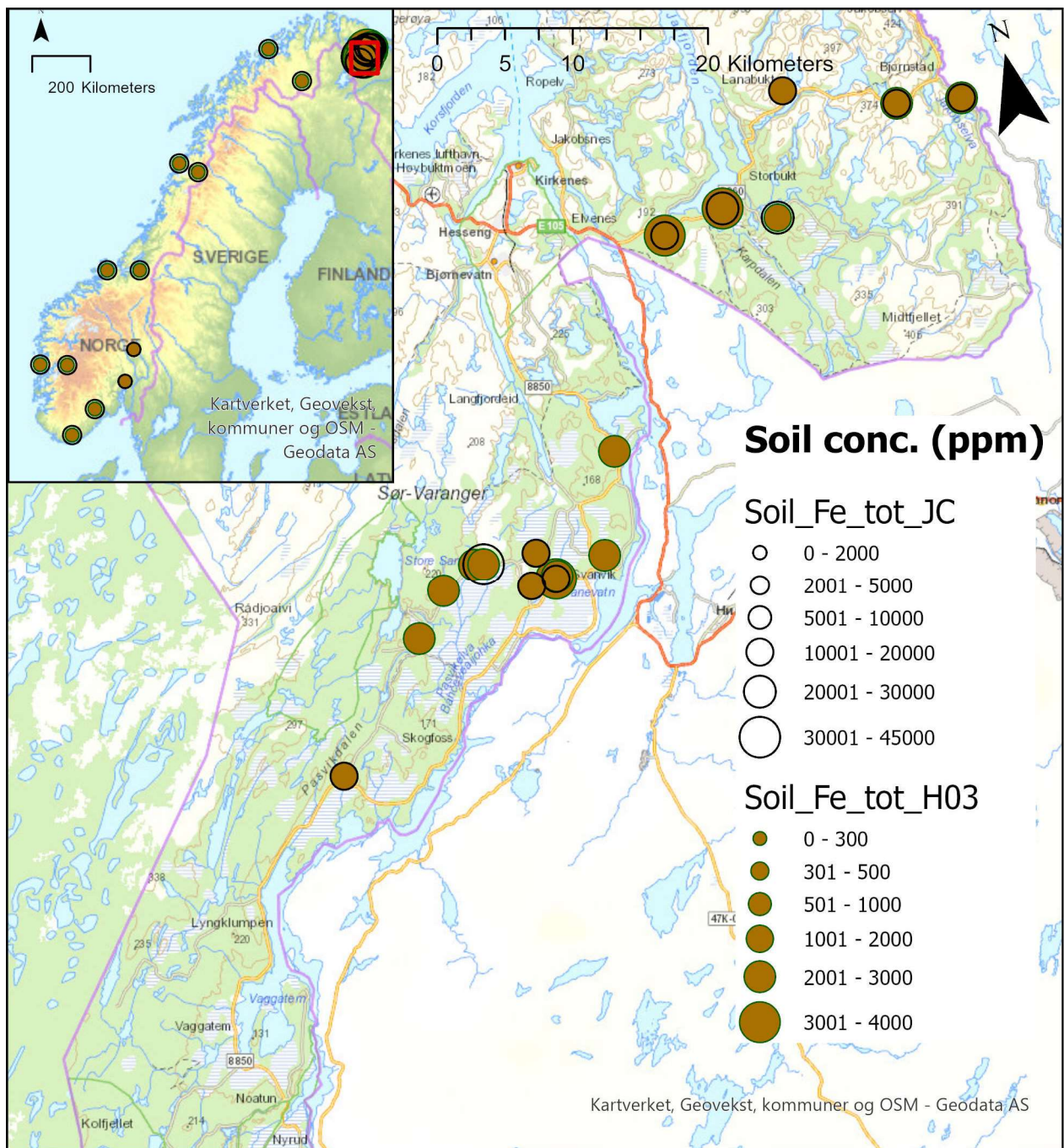
²⁾LH101-LH105: Fra «sekvensiell ekstraksjon» (kapittel 4.6.5) der LH101 er lettest mobiliserbar. ⁴⁾Humuslagets tykkelse ⁶⁾Røde tall betyr < Rapporteringsgrense.

V2.8-2 Jern i grunnvann; Pasvik og Norge



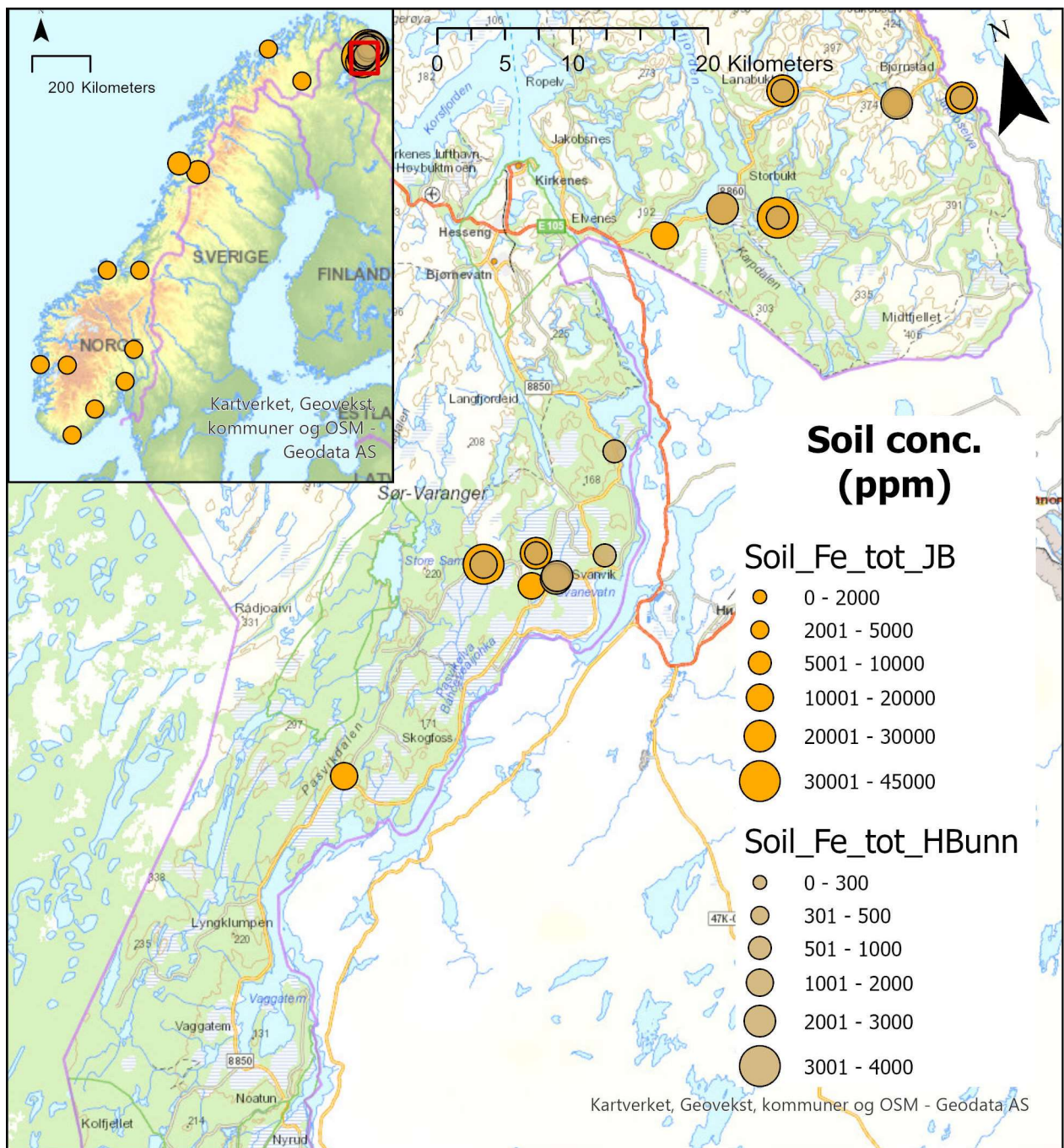
Figur V2.8A: Jern i grunnvann (µg/L); Pasvik og Norge (innfelt). Symbolstørrelse angir konsentrasjon, farge angir surhet (pH). Rødt surt, hvitt nøytralt (~7), blått basisk. ²⁾Norgeskart viser målinger etter 2014 fra Landsomfattende mark- og grunnvannsnett (upåvirket av lokal belastning). På Sør- og Østlandet i tillegg en del til dels antropogent belastede kilder og brønner kartlagt i 2020-21 (se om data i kapittel 4.9.1).

V2.8-3 Jern i jordsjikt 1 og 4



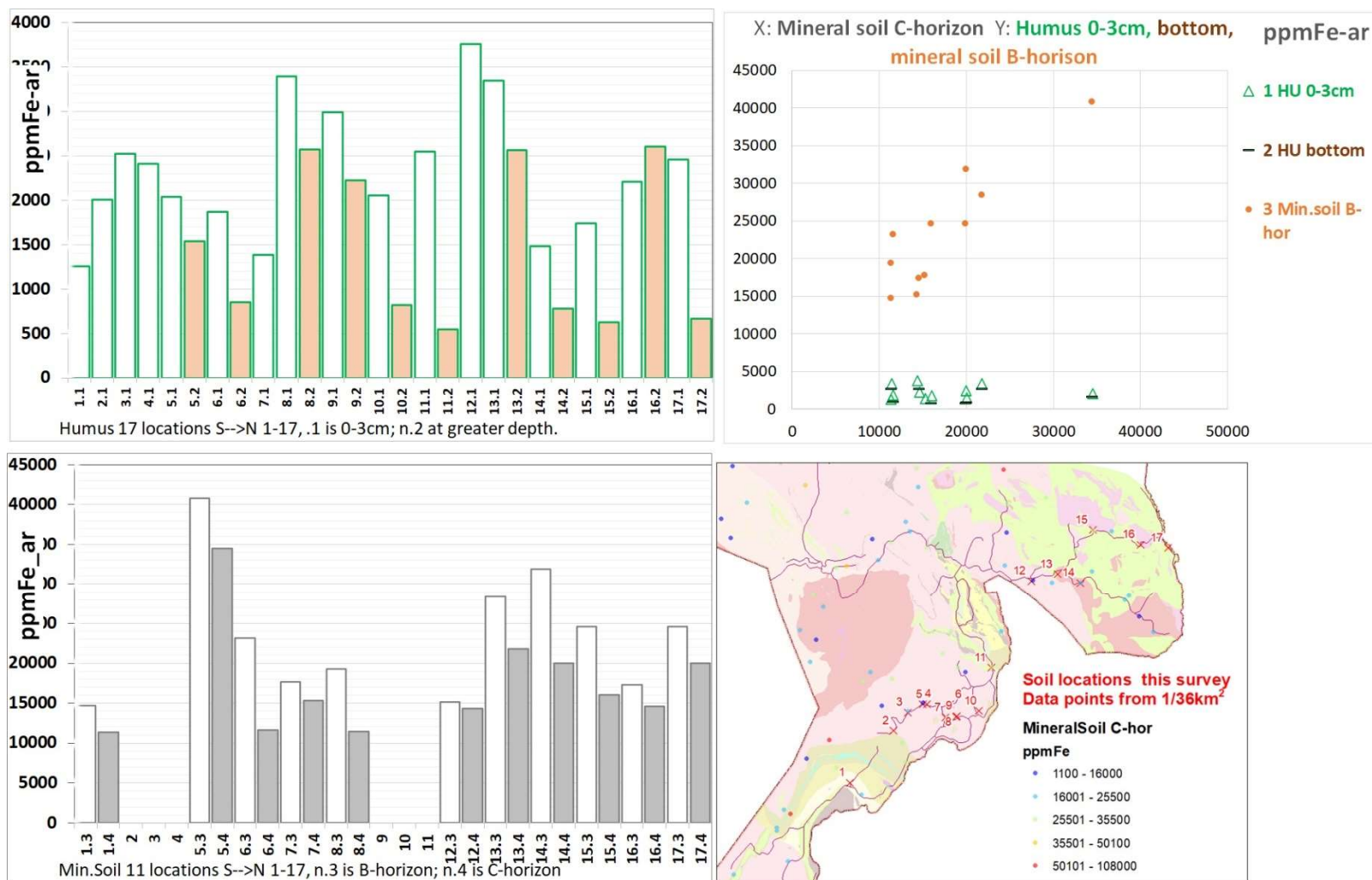
Figur V2.8B: Konsentrasjon av jern (mg Fe/kg) i jordsjiktene (kapittel 2.4.1) 1: Øvre humus (.._H03) og 4. Mineraljord (.._JC) i Pasvik. Punktene i norgeskartet illustrerer regionale medianverdier for et større antall jordprøver (fra Njåstad et al. 1994). Jordprøvene i Njåstad et al. er ekstrahert med *salpetersyre* som er noe svakere enn *kongevann* som brukt på våre prøver; se kapittel 4.7.2 og 5.2.

V2.8-4 Jern jordsjikt 2 og 3



Figur V2.8C: Konsentrasjon av jern (mg Fe/kg) i jordsjiktene¹⁾ 2: Nedre humus (.._HBunn) og 3: Utfellingslaget (.._JB) i Pasvik. Punktene i *norgeskartet* illustrerer regionale medianverdier for et større antall jordprøver (fra Njåstad et al. 1994). Jordprøvene i Njåstad et al. er ekstrahert med *salpetersyre* som er noe svakere enn *kongevann* som brukt på våre prøver; se kapittel 4.7.2 og 5.2.

V2.8-5 Jern i jordsjiktene; diagrammer



Figur V2.8D: Jern (mg Fe/kg) i jordsjiktene. Diagram øverst til venstre viser jordlokalitetene sortert ~NV-SØ langs X-aksen. «17.1» på x-aksen betyr følgelig nord-østligste jordlokalitet 17 (se kartet) og sjikt 1 (dvs ...H03 - Øvre humussjikt). Følgelig blir på samme lokalitet: «17.2» = Hbunn - Nedre humussjikt. I figuren under tilsvarende: «17.3» = JB - utfellingslaget – B-horison. «17.4» = JC – mineraljord – C-horison. Figur øverst til høyre viser scatterplot med sjikt 4 (JC) langs X-akse plottet mot hver av de tre andre jordsjiktene (se tegnforklaring). På kartet nederst til høyre er posisjonene 1 – 17 markert med røde kryss, og konsentrasjoner i C-horison fra regional kartlegging iht angitt fargeskala (lokalitetsnummerering gjelder bare denne figuren).

V2.9: Kvikksølv (Hg)

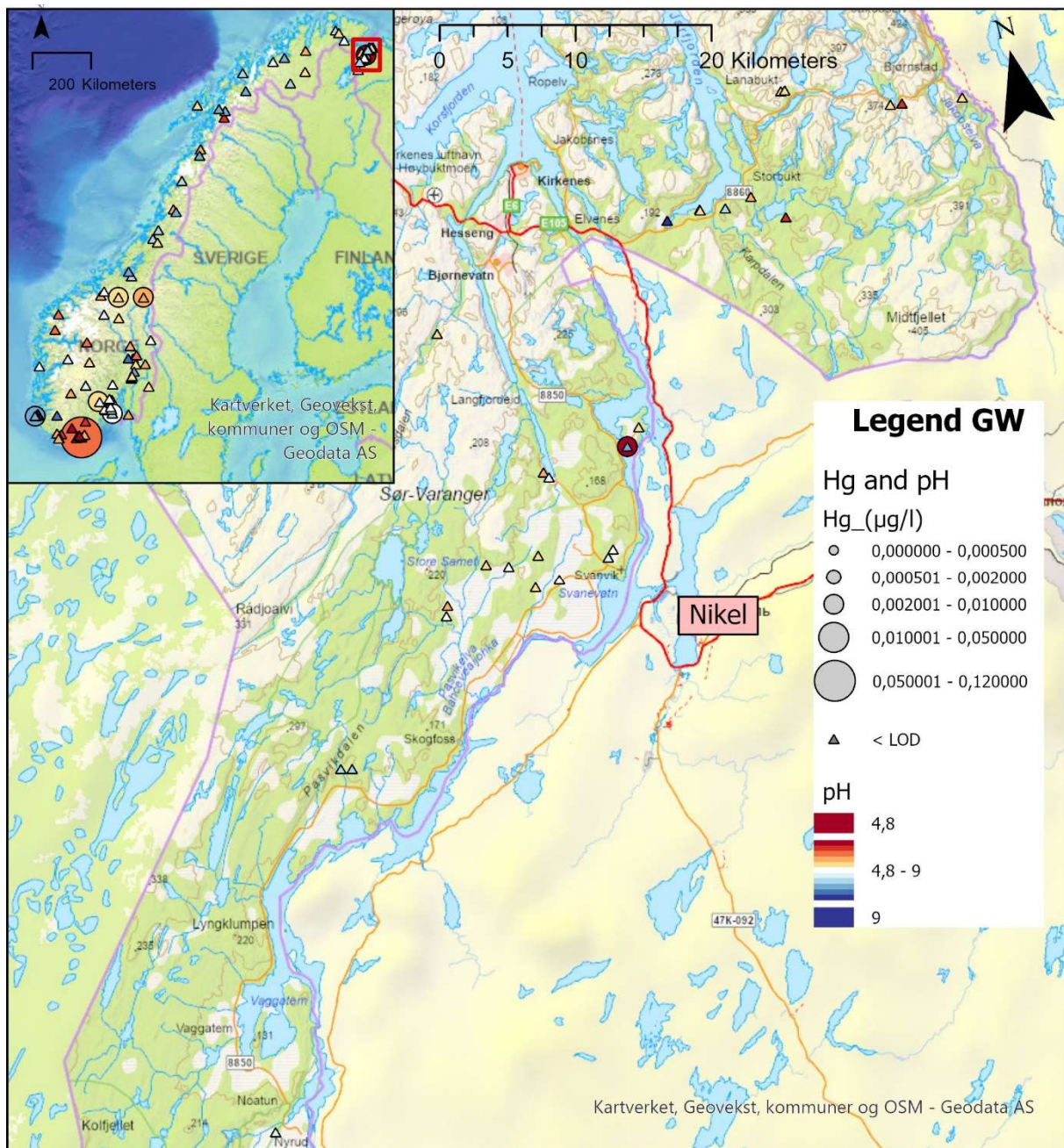
V2.9-1 Kvikksølv (Hg) i jord: måledata 2020 vs grenseverdier

Tabell V2.9: Hg (mg/kg) i jord vs grenseverdier¹⁾

Område	Jordsjikt	Lokalitet	Humus typisk dybde (cm) ⁴⁾	Totalkonsentrasjon 1) 6)	Sekvensiell ekstraksjon 2) 6)					Tilstandsklasser/ grenseverdier 3) 5)																
					LH101 "Vannløselig"	LH102 "Lett utbytbar"	LH103 "Fra org. matr."	LH104 "Fra Mn-oksider"	LH105 "Fra Fe-oksider"	Forurenset Grunn T1	Forurenset Grunn T2	Forurenset Grunn T3	Forurenset Grunn T4	Forurenset Grunn T5	Sedimenter_T1	Sedimenter_T2	Sedimenter_T3	Sedimenter_T4	Sedimenter_T5	Target, soil ⁷⁾	Measure, soil ⁸⁾	MPA, soil ⁹⁾	Hg mob, soil ¹⁰⁾	Target, soil ¹¹⁾	Measure, soil ¹²⁾	
Svanvik	Humus topp	Hum2020_01	9	0,183	0,001	0,007	-0,017	-0,007	-0,015	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
		Hum2020_02	-	0,264	0,001	-0,005	-0,023	-0,003	-0,007	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
		Hum2020_03	18	0,213	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4001	5	0,156	0,001	0,006	-0,030	-0,004	-0,003	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4002	3	0,221	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4003	10	0,247	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4004	6	0,223	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4005	10	0,245	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Svanvik	6	0,162	0,001	-0,001	-0,030	-0,009	0,005	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4004_81	7	0,208	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Svanvik samle	11	0,222	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Humus bunn	Hum2020_01	9	0,127	0,000	0,008	-0,020	-0,012	-0,007	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum2020_02	18	0,087	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum2020_03	10	0,197	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4005	6	0,200	0,001	0,005	-0,020	-0,010	-0,011	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Svanvik	7	0,201	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4004_81	7	0,201	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Svanvik samle	11	0,204	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	B	Hum2020_01	9	0,013	0,000	-0,009	-0,010	-0,002	-0,015	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum2020_02	-	0,013	0,000	-0,003	-0,005	0,000	-0,002	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4001	5	0,010	0,000	-0,008	-0,001	-0,007	-0,003	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Svanvik		6	0,011	0,000	-0,005	-0,008	-0,011	-0,004	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
Hum4004_81		7	0,033	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
Hum2020_01		9	0,005	0,000	-0,003	-0,003	0,000	-0,001	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
Hum2020_02		-	0,014	0,000	0,000	-0,012	-0,007	-0,005	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
Jarlfjord	Humus topp	Hum4006	3	0,181	0,001	0,003	-0,022	-0,006	-0,001	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
		Hum4007	20	0,260	0,001	-0,005	-0,013	-0,011	-0,010	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
		Hum4008	20	0,210	0,001	0,007	-0,019	-0,012	-0,011	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4009	15	0,164	0,001	-0,005	-0,020	-0,010	-0,005	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Humus bunn	Hum4007	20	0,096	0,000	-0,005	-0,024	-0,016	-0,010	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4008	20	0,118	0,000	-0,002	-0,024	-0,005	-0,019	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4009	15	0,144	0,000	0,001	-0,014	-0,010	-0,005	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4010	18	0,093	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
B	Hum4006	3	0,009	0,000	-0,009	-0,014	-0,005	-0,005	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	Hum4007	20	0,026	0,000	-0,010	0,005	-0,015	-0,012	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	Hum4008	20	0,040	0,000	-0,006	0,021	-0,012	-0,006	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	Hum4009	15	0,008	0,000	-0,004	-0,009	-0,006	-0,012	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	Hum4010	18	0,012	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	Karpdalen	15	0,012	0,000	-0,008	0,007	-0,007	0,003	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	Hum4006	3	0,009	0,000	-0,004	-0,007	-0,006	-0,005	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	Hum4007	20	0,018	0,000	-0,008	0,016	-0,009	-0,011	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
C	Hum4008	20	0,023	0,000	-0,006	-0,008	-0,009	-0,011	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	Hum4009	15	0,006	0,000	-0,006	-0,003	0,003	0,000	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	Hum4010	18	0,036	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	Hum4001	7	0,007	0,000	-0,004	-0,016	-0,008	-0,007	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		

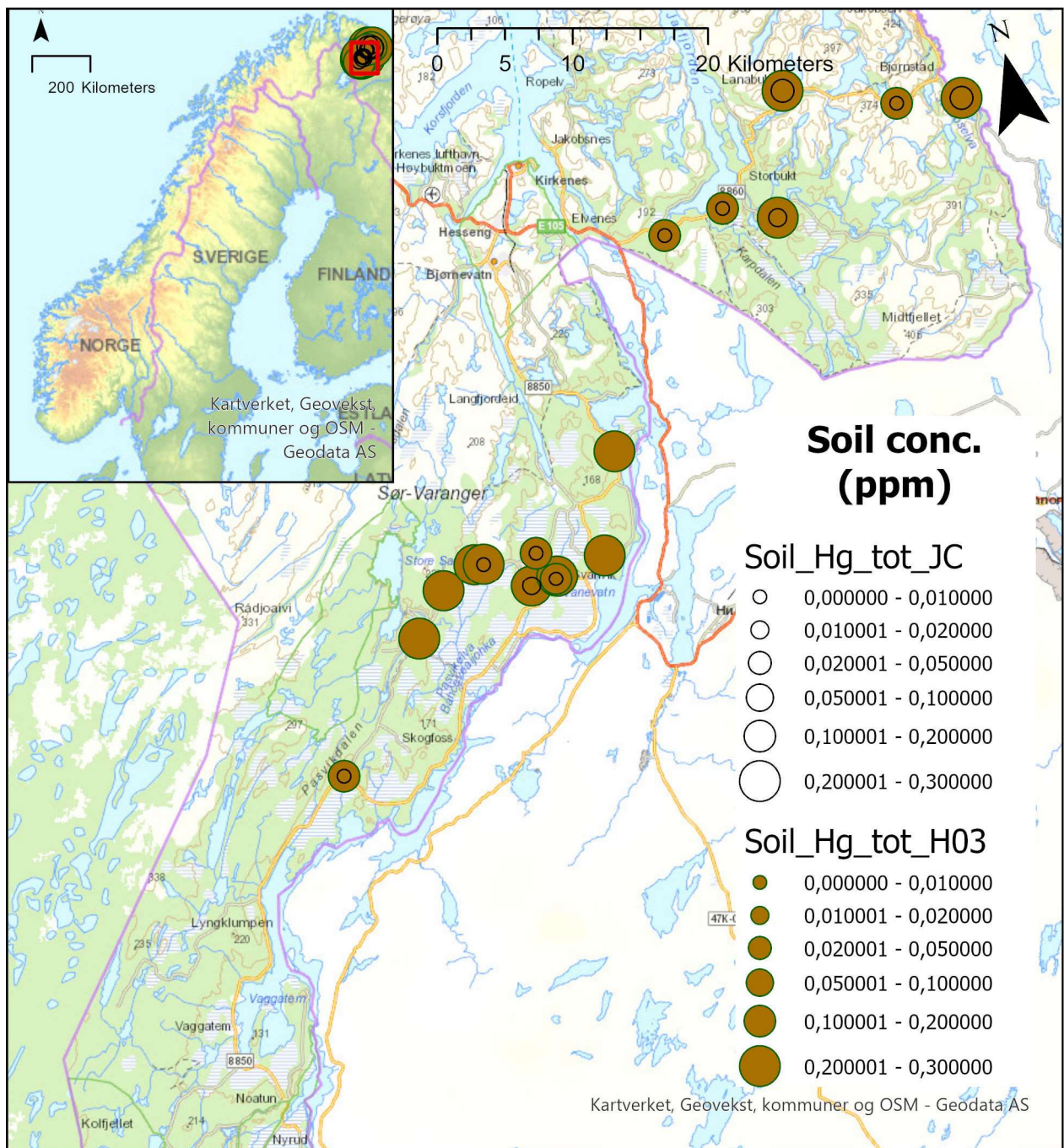
¹⁾Ekstrahert i sterk syre (kongevann). ²⁾LH101-LH105: Fra «sekvensiell ekstraksjon» (kapittel 4.6.5) der LH101 er lettest mobiliserbar. ³⁾Se kapittel 4.9 og vedlegg 5. ⁴⁾Humuslagets tykkelse ⁵⁾Farge på punktene viser målte verdier vs. grenseverdi (mest relevant er Forurenset grunn T1-T5): Grønn/gul er innenfor grenseverdi/klassegrense; ● <80%; ● 80-100% av grense, røde repr. overskridelse; ● 100-200%, ● 200-300%, ● >300 % av grense. Tilstandsklasse for en måleverdi blir i det første fargepunkt i T1-T5 som er gult eller grønt (lest fra venstre mot høyre). ⁶⁾Røde tall betyr < Rapporteringsgrense. ⁷⁻¹²⁾Se «Fullstendig fotnotetekst for Jordkjemtab...» på s137 for referanser.

V2.9-2 Kvikksølv i grunnvann; Pasvik og Norge



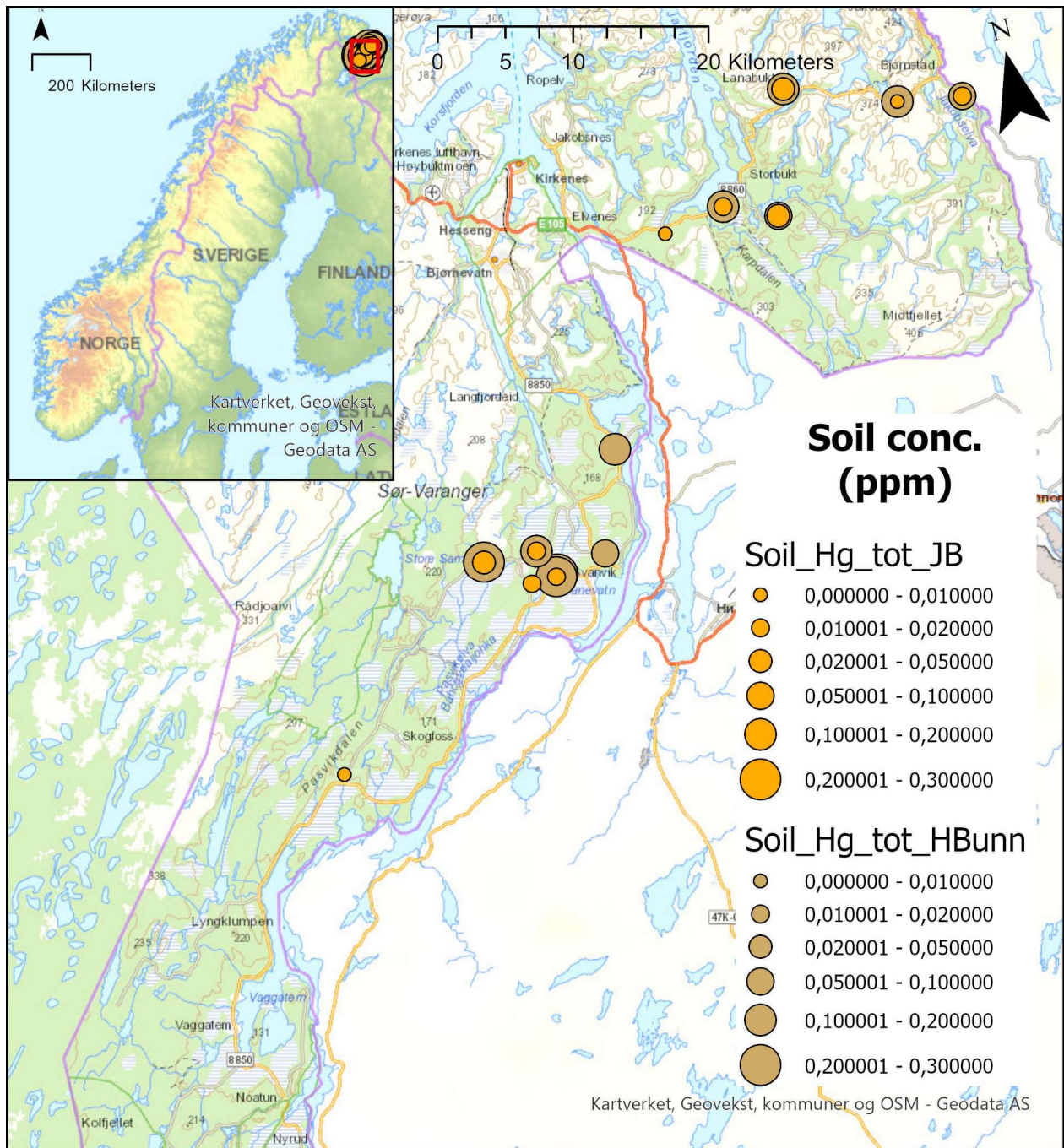
Figur V2.9-A: Kvikksølv i grunnvann ($\mu\text{g/L}$); Pasvik og Norge (innfelt). Symbolstørrelse angir konsentrasjon, farge angir surhet (pH). Rødt surt, hvitt nøytralt (~7), blått basisk. ²⁾Norgeskart viser målinger etter 2014 fra Landsomfattende mark- og grunnvannsnett (upåvirket av lokal belastning). På Sør- og Østlandet i tillegg en del til dels antropogent belastede kilder og brønner kartlagt i 2020-21 (se om data i kapittel 4.9.1).

V2.9-3 Kvikksølv i jordsjikt 1 og 4



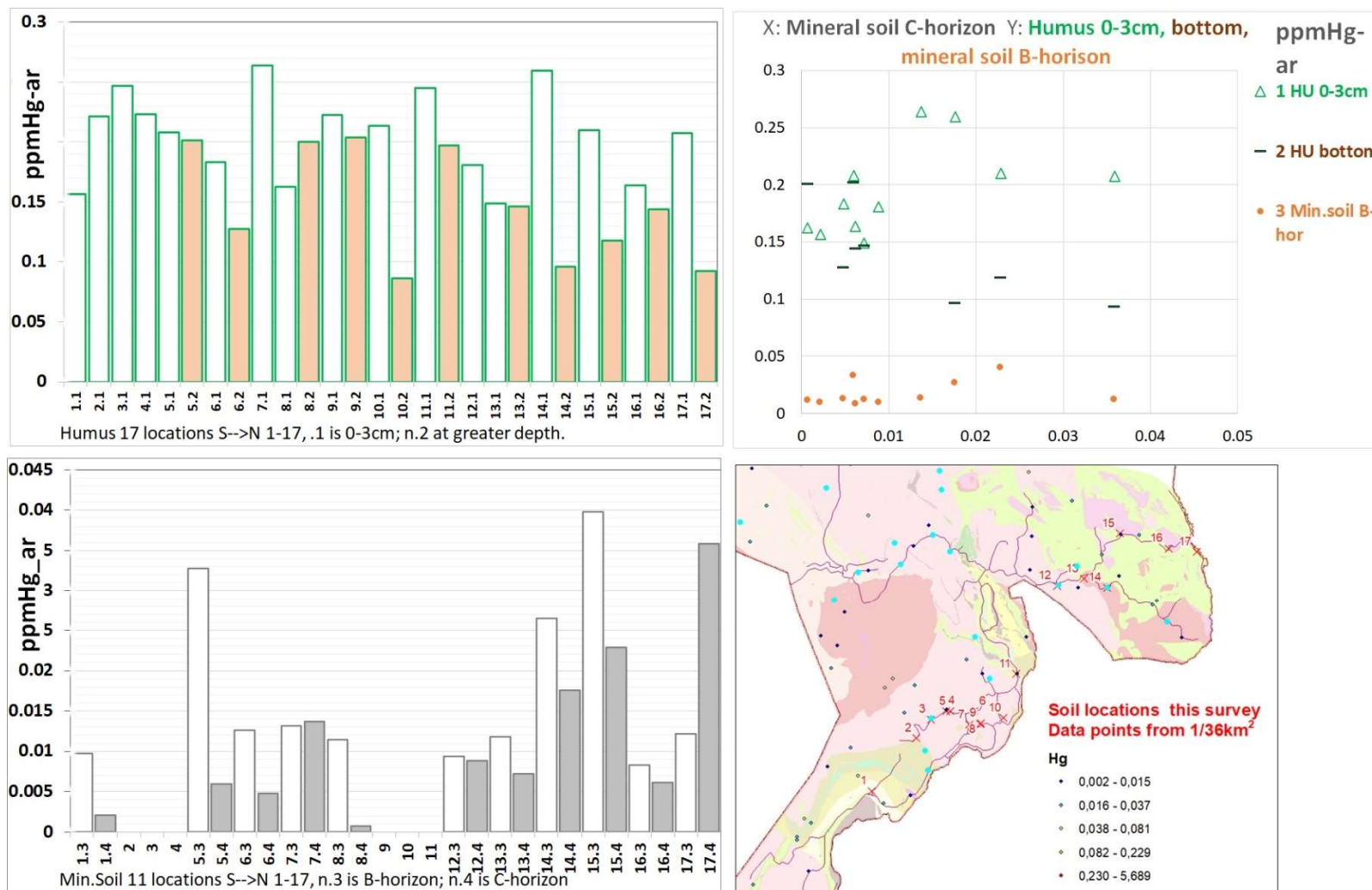
Figur V2.9B: Konsentrasjon av kvikksølv (mg Hg/kg) i jordsjiktene¹⁾ i jordsjiktene (kapittel 2.4.1) 1: Øvre humus (.._H03) og 4. Mineraljord (.._JC) i Pasvik.

V2.9-4 Kvikksølv i jordsjikt 2 og 3



Figur V2.9C: Konsentrasjon av kvikksølv (mg Hg/kg) i jordsjiktene¹⁾ 2: Nedre humus (.._HBunn) og 3. Utfellingslaget (.._JB) i Pasvik.

V2.9-5 Kvikksølv i jordsjiktene; diagrammer



Figur V2.9D: Kvikksølv (mg Hg/kg) i jordsjiktene. *Diagram øverst til venstre* viser jordlokalitetene sortert ~NV-SØ langs X-aksen. «17.1» på x-aksen betyr følgelig nord-østligste jordlokalitet 17 (se kartet) og sjikt 1 (dvs ...H03 - Øvre humussjikt). Følgelig blir på samme lokalitet: «17.2» = Hbunn - Nedre humussjikt. I figuren under tilsvarende: «17.3» = JB - utfellingslaget – B-horizont. «17.4» = JC – mineraljord – C-horizont. *Figur øverst til høyre* viser scatterplot med sjikt 4 (JC) langs X-akse plottet mot hver av de tre andre jordsjiktene (se tegnforklaring). På kartet nederst til høyre er posisjonene 1 – 17 markert med røde kryss, og konsentrasjoner i C-horizont fra regional kartlegging iht angitt fargeskala (lokalitetsnummerering gjelder bare denne figuren).

V2.10: Mangan (Mn)

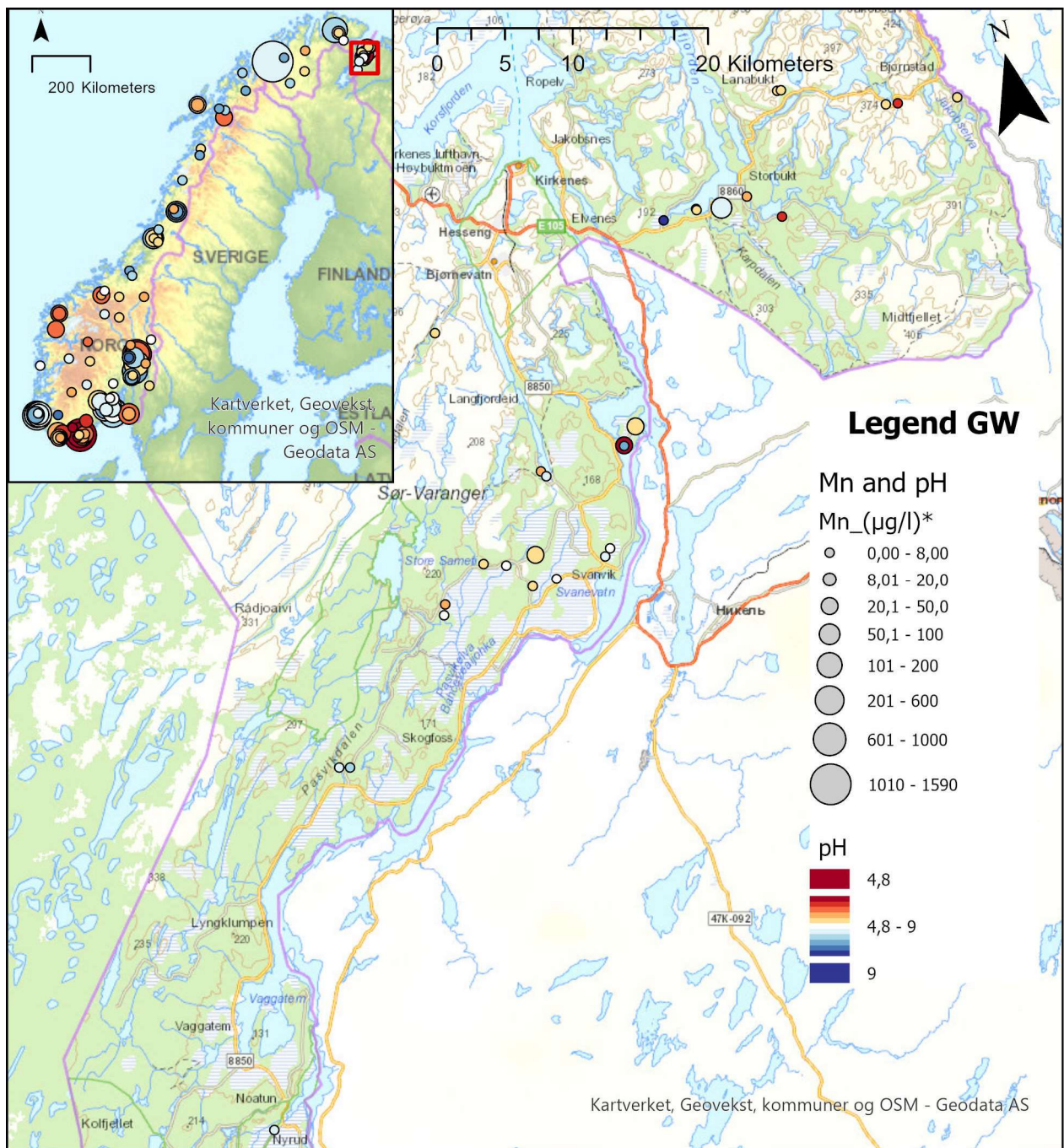
V2.10-1 Mangan (Mn) i jord: måledata 2020 vs grenseverdier

Tabell V0: Mn (mg/kg) i jord

Område	Jordsjikt	Lokalitet	Humus typisk dybde (cm) 4)	Totalkonsentrasjon 1) 6)	LH101 "Vannløselig" LH102 "Lett utbytbar" LH103 "Fra org. matr." LH104 "Fra Mn-oksider" LH105 "Fra Fe-oksider"				
					Mn	Mn	Mn	Mn	Mn
Svanvik	Humus topp	Hum2020_01	9	132	3,8	64,2	40,0	10,1	9,1
		Hum2020_02	-	246	7,7	117,4	61,8	16,2	13,6
		Hum2020_03	18	25	-	-	-	-	-
		Hum4001	5	148	6,4	75,3	39,2	10,1	7,7
		Hum4002	3	438	-	-	-	-	-
		Hum4003	10	408	-	-	-	-	-
		Hum4004	6	76	-	-	-	-	-
		Hum4005	10	60	-	-	-	-	-
		Svanvik	6	362	12,3	182,6	98,4	20,9	26,8
		Hum4004_81	7	149	-	-	-	-	-
		Svanvik_samle	11	212	-	-	-	-	-
	Humus bunn	Hum2020_01	9	34	0,6	16,8	9,4	3,0	2,2
		Hum2020_03	18	3	-	-	-	-	-
		Hum4005	10	15	-	-	-	-	-
		Svanvik	6	166	4,3	73,8	48,7	12,2	11,6
		Hum4004_81	7	41	-	-	-	-	-
		Svanvik_samle	11	76	-	-	-	-	-
	B	Hum2020_01	9	113	0,02	0,54	2,64	3,3	5,4
		Hum2020_02	-	88	0,05	0,36	0,55	4,6	4,5
		Hum4001	5	90	0,51	2,06	2,74	4,5	4,1
		Svanvik	6	137	0,10	0,31	0,66	1,4	4,4
		Hum4004_81	7	196	-	-	-	-	-
	C	Hum2020_01	9	143	0,15	4,78	21,12	20,3	4,6
		Hum2020_02	-	125	0,01	0,11	0,47	6,6	7,6
		Hum4001	5	128	0,49	2,27	4,96	29,6	5,7
		Svanvik	6	196	0,50	2,81	10,60	62,5	11,3
		Hum4004_81	7	388	-	-	-	-	-
Jarlfjord	Humus topp	Hum4006	3	263	10,13	124,83	70,17	16,0	17,5
		Hum4007	20	35	1,28	17,04	10,85	3,1	3,3
		Hum4008	20	46	0,58	16,76	11,83	2,6	4,3
		Hum4009	15	101	1,92	34,13	19,40	5,4	6,6
		Hum4010	18	37	-	-	-	-	-
		Karpdalen	15	69	1,77	28,89	18,08	5,8	5,9
	Humus bunn	Hum4007	20	6	0,08	2,36	1,77	0,5	1,0
		Hum4008	20	7	0,05	2,25	2,19	0,5	1,0
		Hum4009	15	11	0,09	3,80	1,72	1,4	1,0
		Hum4010	18	3	-	-	-	-	-
		Karpdalen	15	12	0,22	4,55	2,59	1,1	1,7
	B	Hum4006	3	96	0,07	0,24	0,87	12,5	6,8
		Hum4007	20	67	0,08	0,15	0,31	0,1	0,3
		Hum4008	20	129	0,12	0,21	1,14	0,5	3,6
		Hum4009	15	120	0,24	0,66	5,69	7,1	6,8
		Hum4010	18	139	-	-	-	-	-
		Karpdalen	15	170	0,15	0,64	10,77	11,6	11,2
	C	Hum4006	3	109	0,09	0,53	1,35	10,8	6,6
		Hum4007	20	84	0,06	0,26	0,69	4,8	4,8
		Hum4008	20	147	0,11	0,10	0,24	1,5	7,0
		Hum4009	15	110	0,22	0,63	2,95	6,6	5,3
Hum4010		18	151	-	-	-	-	-	
Karpdalen		15	177	0,14	0,18	10,16	11,0	10,8	

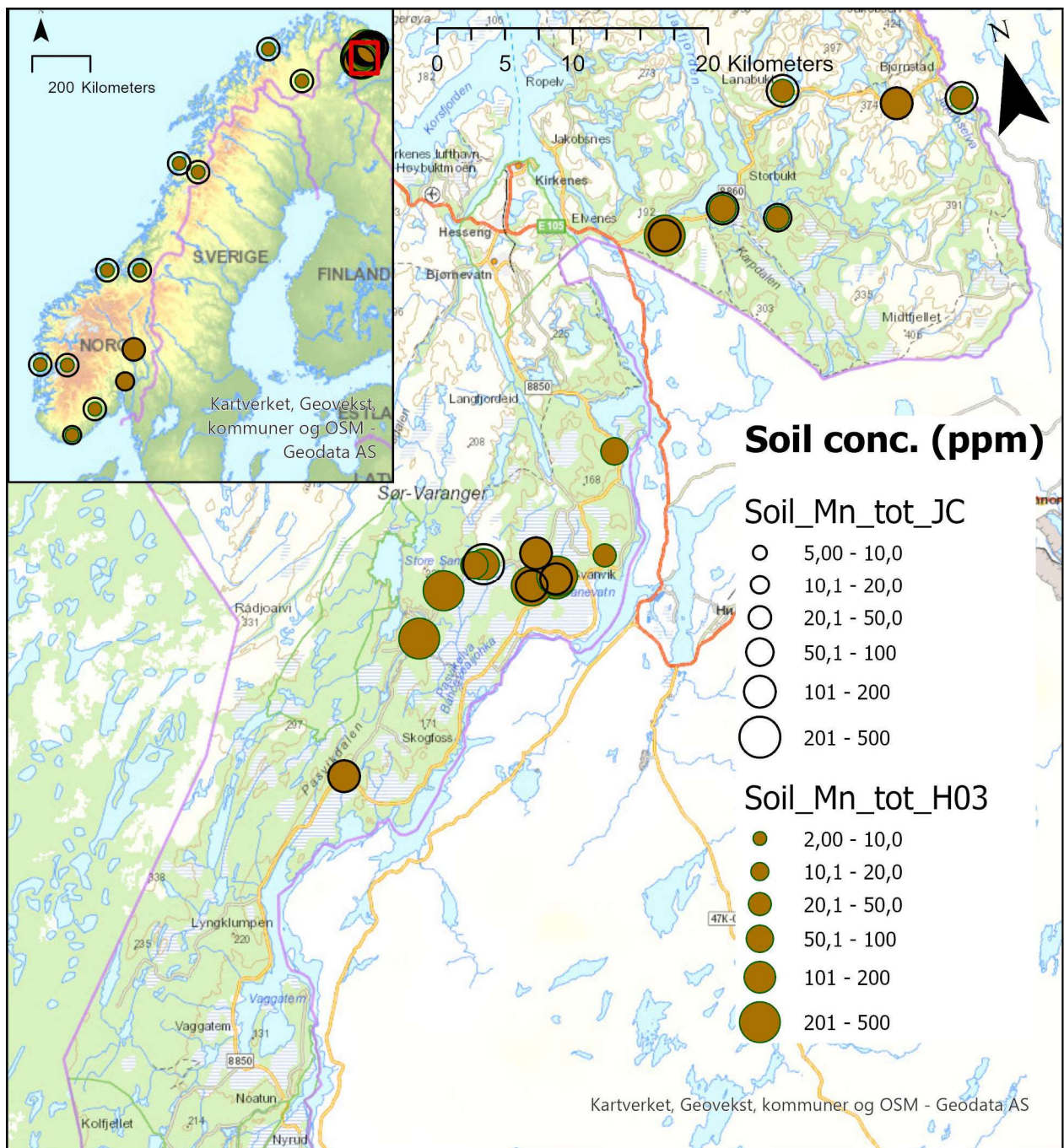
¹⁾Ekstrahert i sterk syre (kongevann). ²⁾LH101-LH105: Fra «sekvensiell ekstraksjon» (kapittel 4.6.5) der LH101 er lettest mobiliserbar. ⁶⁾Røde tall betyr < Rapporteringsgrense.

V2.10-2 Mangan i grunnvann; Pasvik og Norge



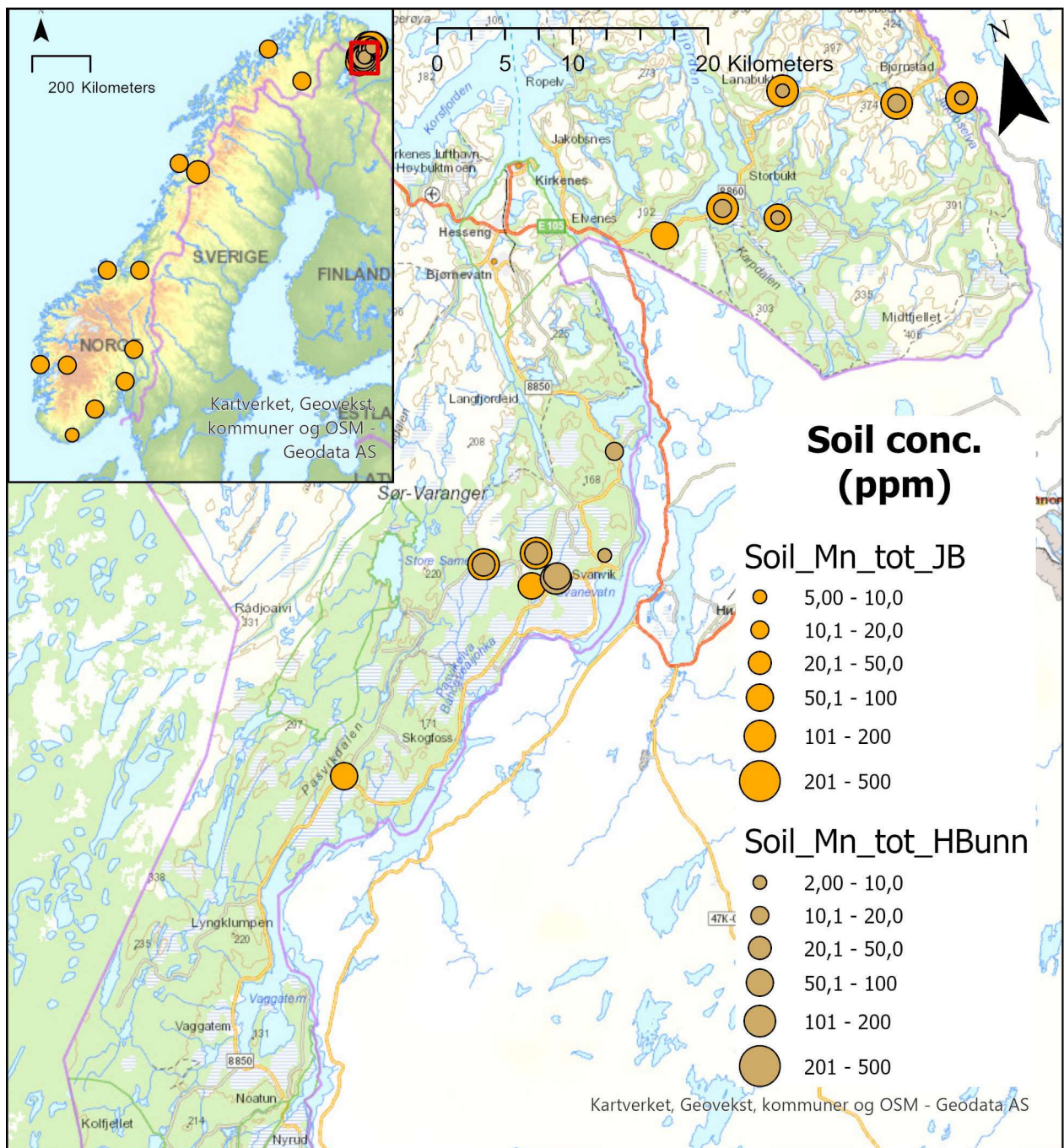
Figur V2.10A: Mangan i grunnvann ($\mu\text{g/L}$); Pasvik og Norge (innfelt). Symbolstørrelse angir konsentrasjon, farge angir surhet (pH). Rødt surt, hvitt nøytralt (~ 7), blått basisk. ²⁾Norgeskart viser målinger etter 2014 fra Landsomfattende mark- og grunnvannsnett (upåvirket av lokal belastning). På Sør- og Østlandet i tillegg en del til dels antropogent belastede kilder og brønner kartlagt i 2020-21 (se om data i kapittel 4.9.1).

V2.10-3 Mangan i jordsjikt 1 og 4



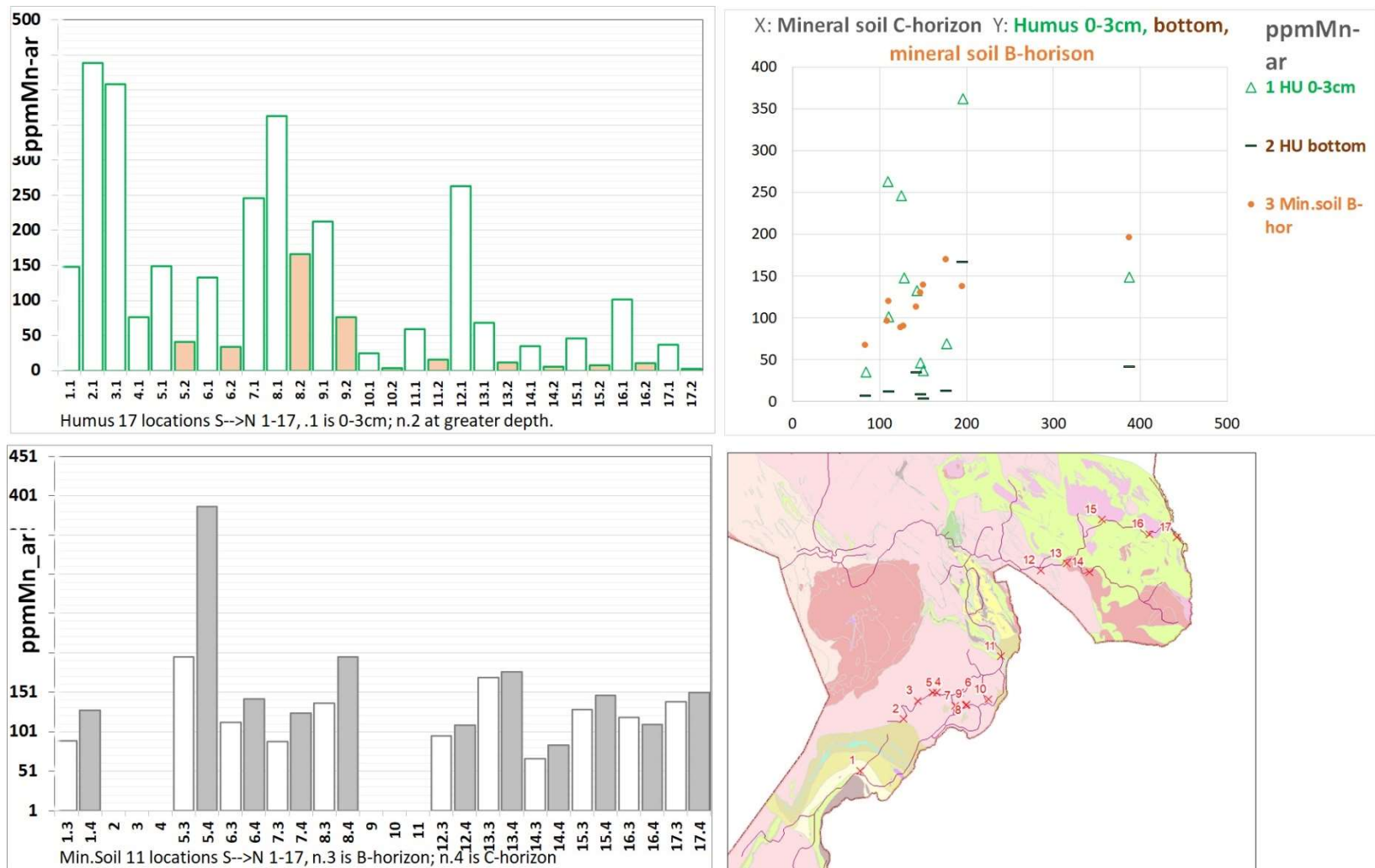
Figur V2.10B: Konsentrasjon av mangan (mg Mn/kg) i jordsjiktene (kapittel 2.4.1) 1: Øvre humus (... H03) og 4. Mineraljord (... JC) i Pasvik. Punktene i norgeskartet illustrerer regionale medianverdier for et større antall jordprøver (fra Njåstad et al. 1994). Jordprøvene i Njåstad et al. er ekstrahert med *salpetersyre* som er noe svakere enn *kongevann* som brukt på våre prøver; se kapittel 4.7.2 og 5.2.

V2.10-4 Mangan i jordsjikt 2 og 3



Figur V2.10C: Konsentrasjon av mangan (mg Mn/kg) i *jordsjiktene* (kapittel 2.4.1) 2: Nedre humus (.._HBunn) og 3: Utfellingslaget (.._JB) i Pasvik. Punktene i *norgeskartet* illustrerer regionale medianverdier for et større antall jordprøver (fra Njåstad et al. 1994). Jordprøvene i Njåstad et al. er ekstrahert med *salpetersyre* som er noe svakere enn *kongevann* som brukt på våre prøver; se kapittel 4.7.2 og 5.2.

V2.10-5 Mangan i jordsjiktene; diagrammer



Figur V2.10D: Mangan (mg Mn/kg) i jordsjiktene. Diagram øverst til venstre viser jordlokalitetene sortert ~NV-SØ langs X-aksen. «17.1» på x-aksen betyr følgelig nord-østligste jordlokalitet 17 (se kartet) og sjikt 1 (dvs ...H03 - Øvre humussjikt). Følgelig blir på samme lokalitet: «17.2» = Hbunn - Nedre humussjikt. I figuren under tilsvarende: «17.3» = JB - utfellingslaget – B-horison. «17.4» = JC – mineraljord – C-horison. Figur øverst til høyre viser scatterplot med sjikt 4 (JC) langs X-akse plottet mot hver av de tre andre jordsjiktene (se tegnforklaring). På kartet nederst til høyre er posisjonene 1 – 17 markert med røde kryss, og konsentrasjoner i C-horison fra regional kartlegging iht angitt fargeskala (lokalitetsnummerering gjelder bare denne figuren).

V2.11: Nikkel (Ni)

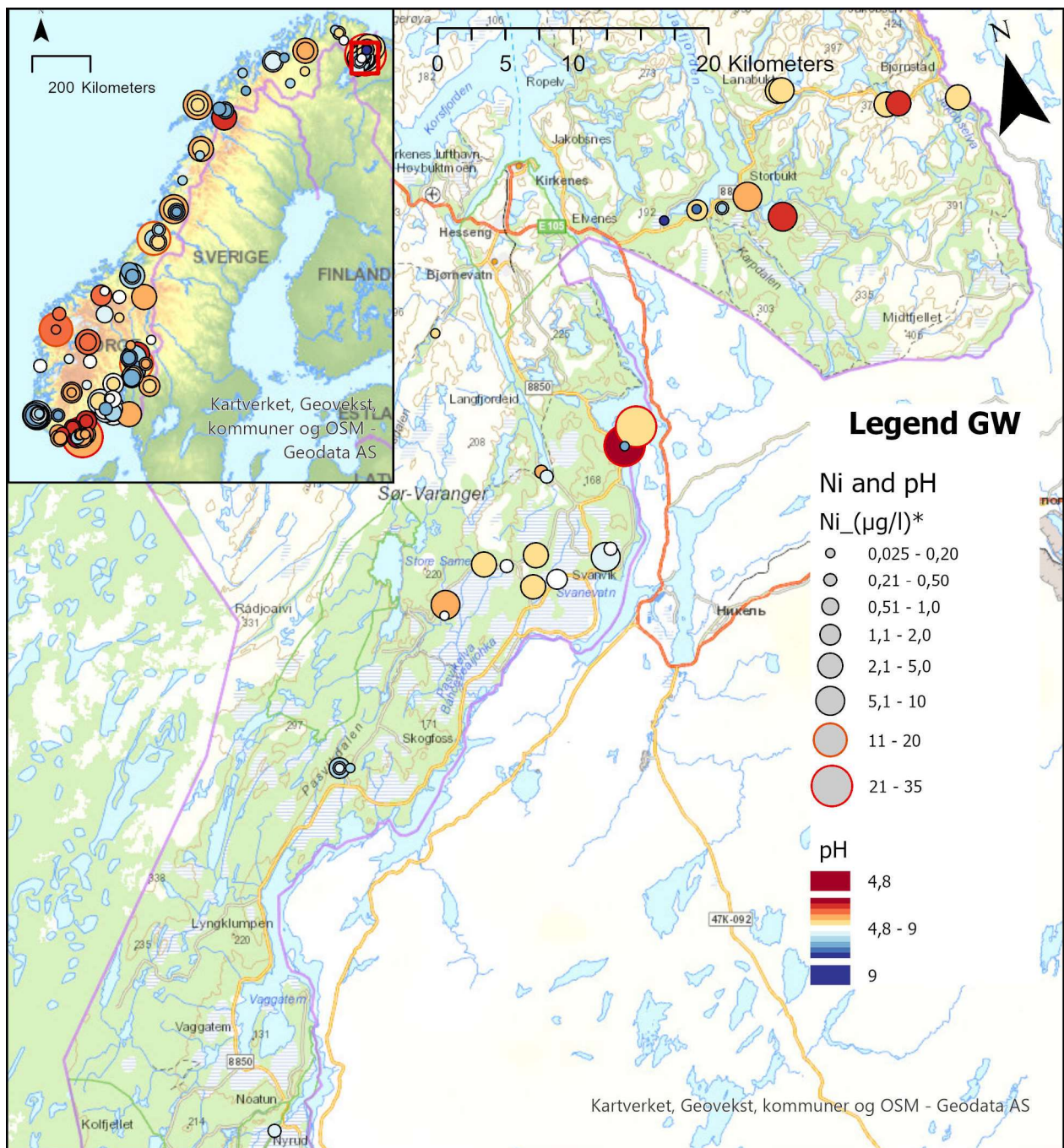
V2.11-1 Nikkel (Ni) i jord: måldata 2020 vs grenseverdier

Tabell V2.11: Ni (mg/kg) i jord vs grenseverdier

Område	Jordsjikt	Lokalitet	Humus typisk dybde (cm) 4)	Sekvensiell ekstraksjon 2) 6)					Tilstandsklasser/ grenseverdier 3) 5)																	
				Totalkonsentrasjon 1) 6)					Forurenset Grunn T1-T5					Sedimenter T1-T5					Target, soil 7)		Measure, soil 8)					
				Ni	LH101 "Vannløselig"	LH102 "Lett utbyttbart"	LH103 "Fra org. matr."	LH104 "Fra Mn-oksider"	LH105 "Fra Fe-oksider"	Ni	Ni	Ni	Ni	Ni	Ni	Ni	Ni	Ni	Ni	Ni	Ni	Ni	Ni	Ni	Ni	Ni
Svanvik	Humus topp	Hum2020_01	9	184	2,06	19,85	5,17	1,60	14,41	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum2020_02	-	197	2,23	25,37	6,80	1,89	18,64	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum2020_03	18	336	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4001	5	140	1,36	13,87	3,32	1,02	10,60	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4002	3	205	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4003	10	190	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4004	6	174	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4005	10	261	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Svanvik	6	359	2,96	39,11	8,84	2,02	20,16	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4004_81	7	225	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Svanvik_samle	11	340	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Humus bunn	Hum2020_01	9	72	0,84	11,45	3,27	2,55	9,92	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum2020_03	18	35	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4005	10	29	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Svanvik	6	241	1,82	25,84	7,54	1,79	15,55	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Hum4004_81	7	115	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Svanvik_samle	11	134	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	B	Hum2020_01	9	10	0,01	0,22	0,28	0,34	1,04	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum2020_02	-	14	0,04	0,47	0,30	0,73	0,99	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4001	5	9	0,07	0,04	0,02	0,20	0,59	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Svanvik	6	12	0,04	-0,29	0,05	0,03	0,24	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Hum4004_81		7	29	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
C	Hum2020_01	9	12	0,02	0,20	0,24	0,47	1,67	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Hum2020_02	-	17	0,01	0,19	0,37	1,10	2,12	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Hum4001	5	9	0,01	0,10	0,03	0,61	1,40	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Svanvik	6	14	0,01	-0,04	0,06	0,99	1,46	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Hum4004_81	7	42	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Jarlfjord	Humus topp	Hum4006	3	386	4,26	30,92	7,94	1,70	19,43	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4007	20	127	2,37	12,38	4,45	1,49	11,49	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4008	20	135	0,82	10,01	2,84	0,58	7,13	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4009	15	177	2,31	23,88	5,13	1,48	14,64	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4010	18	316	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Karpdalen	15	183	1,84	18,92	4,85	1,49	10,99	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Humus bunn	Hum4007	20	22	0,13	1,08	0,43	0,09	0,82	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4008	7	7	0,03	0,53	0,11	0,04	0,36	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4009	15	34	0,23	4,48	3,68	1,38	5,52	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4010	18	9	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Karpdalen	15	49	0,53	5,60	2,90	0,55	3,44	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4006	3	25	0,15	1,43	0,72	2,59	2,38	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	B	Hum4007	20	8	0,03	0,08	0,19	0,09	0,16	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4008	20	13	0,04	0,11	0,19	0,23	0,72	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4009	15	19	0,10	0,57	2,12	1,71	1,61	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4010	18	16	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Karpdalen	15	18	0,06	0,44	3,01	1,48	1,27	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4006	3	48	0,07	0,57	0,37	5,15	5,25	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
C	Hum4007	20	11	0,02	-0,15	0,29	0,56	0,83	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Hum4008	20	18	0,02	0,06	0,02	0,46	2,10	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Hum4009	15	17	0,12	0,94	1,71	1,50	1,44	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Hum4010	18	22	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Karpdalen	15	21	0,03	0,07	2,42	1,35	1,41	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	

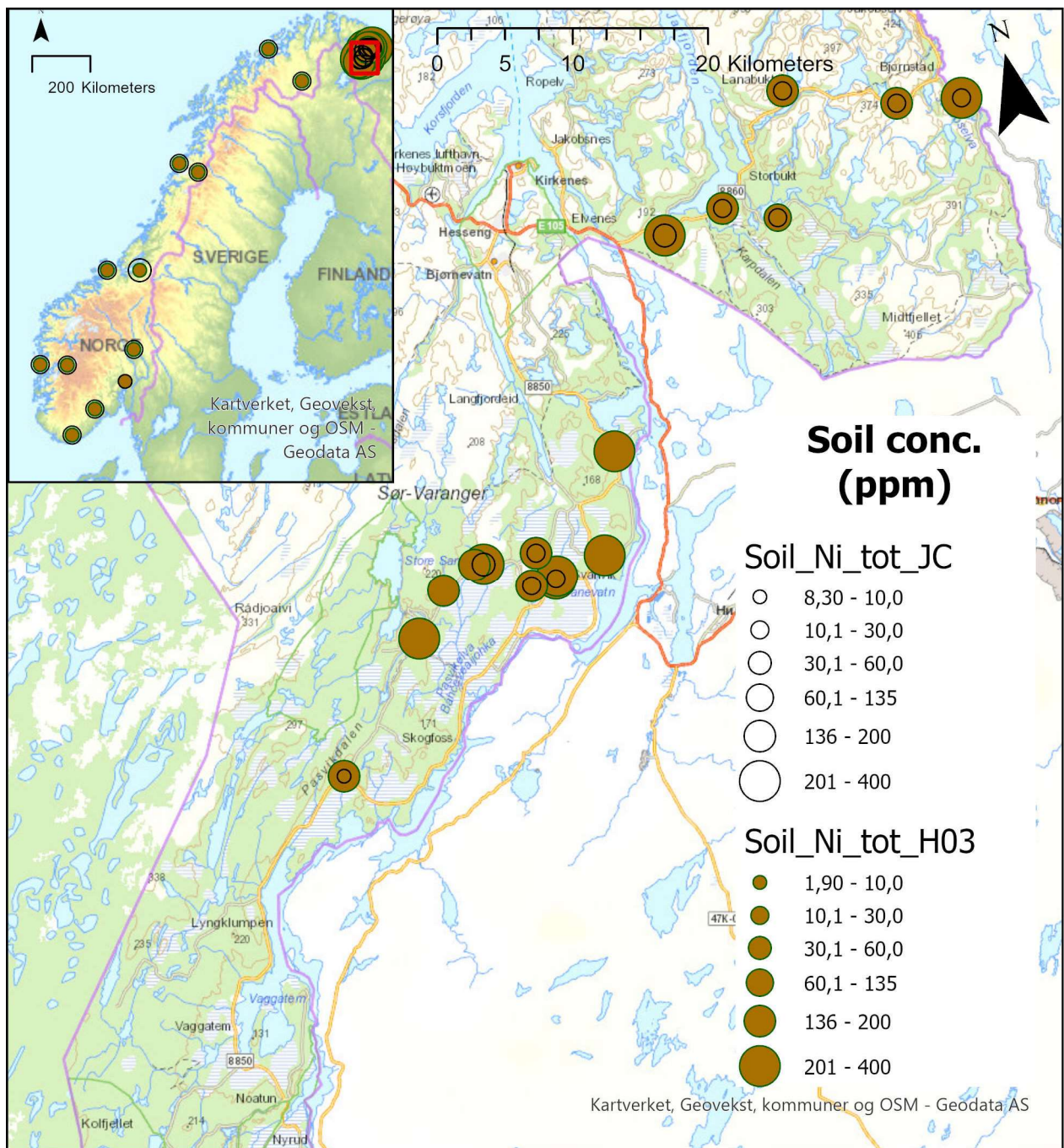
1) Ekstrahert i sterk syre (kongevann). 2) LH101-LH105: Fra «sekvensiell ekstraksjon» (kapittel 4.6.5) der LH101 er lettest mobiliserbar. 3) Se kapittel 4.9 og vedlegg 5. 4) Humuslagets tykkelse 5) Farge på punktene viser målte verdier vs. grenseverdi (mest relevant er Forurenset grunn T1-T5): Grønn/gul er innenfor grenseverdi/klassegrense; ● <80%; ● 80-100% av grense, røde repr. overskridelse; ● 100-200%, ● 200-300%, ● >300 % av grense. Tilstandsklasse for en måleverdi blir i det første fargepunkt i T1-T5 som er gult eller grønt (lest fra venstre mot høyre). 6) Røde tall betyr < Rapporteringsgrense. 7-12) Se «Fullstendig fotnotetekst for Jordkjemitab...» på s137 for referanser.

V2.11-2 Nikkel i grunnvann; Pasvik og Norge



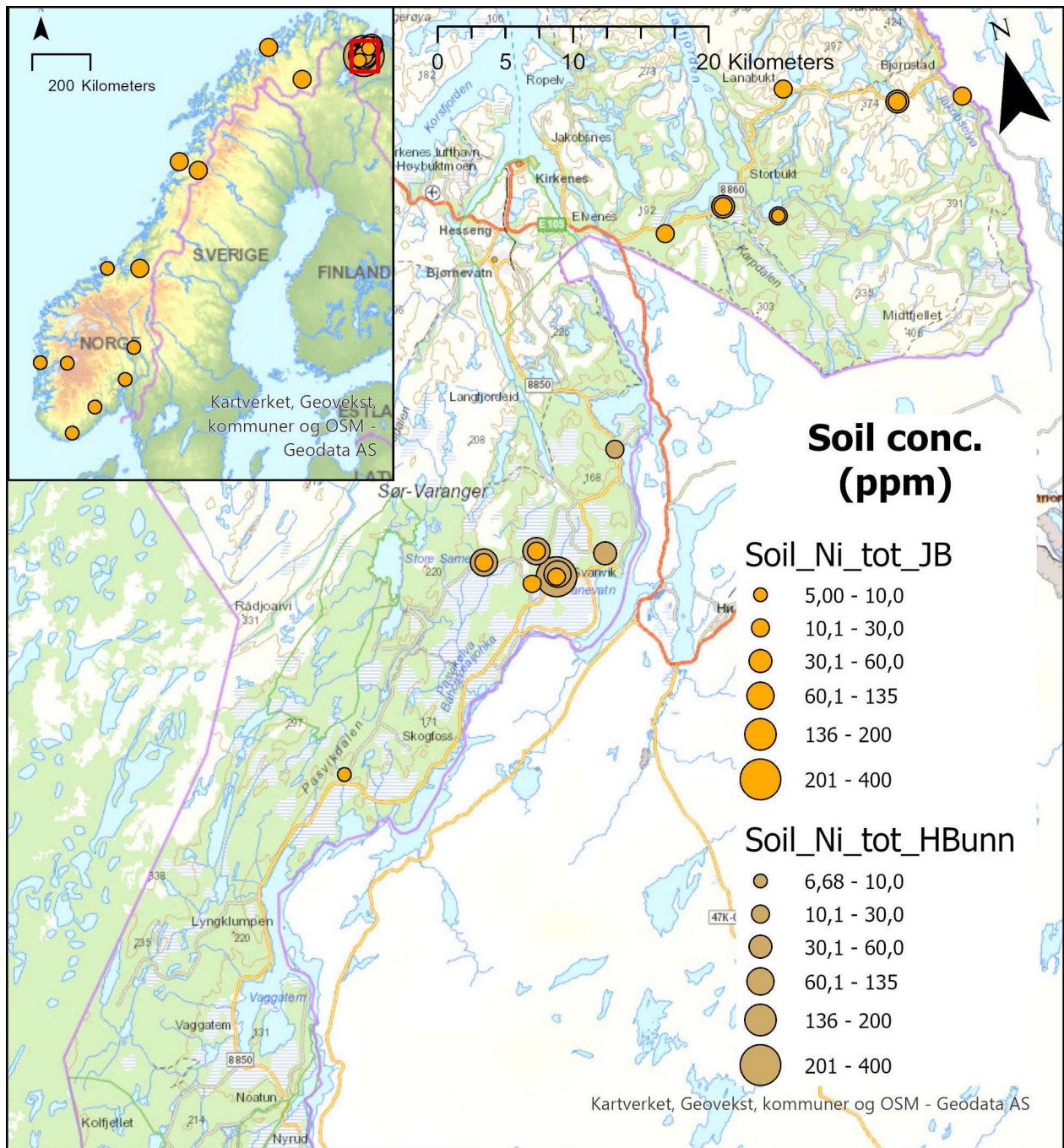
Figur V2.11A: Nikkel i grunnvann (µg/L); Pasvik og Norge (innfelt). Symbolstørrelse angir konsentrasjon, farge angir surhet (pH). Rødt surt, hvitt nøytralt (~7), blått basisk. ²⁾Norgeskart viser målinger etter 2014 fra Landsomfattende mark- og grunnvannsnett (upåvirket av lokal belastning). På Sør- og Østlandet i tillegg en del til dels antropogent belastede kilder og brønner kartlagt i 2020-21 (se om data i kapittel 4.9.1).

V2.11-3 Nikkel i jordsjikt 1 og 4



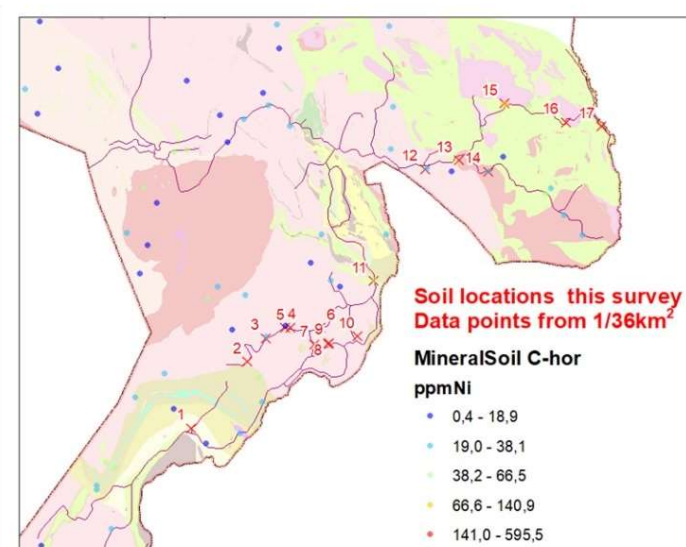
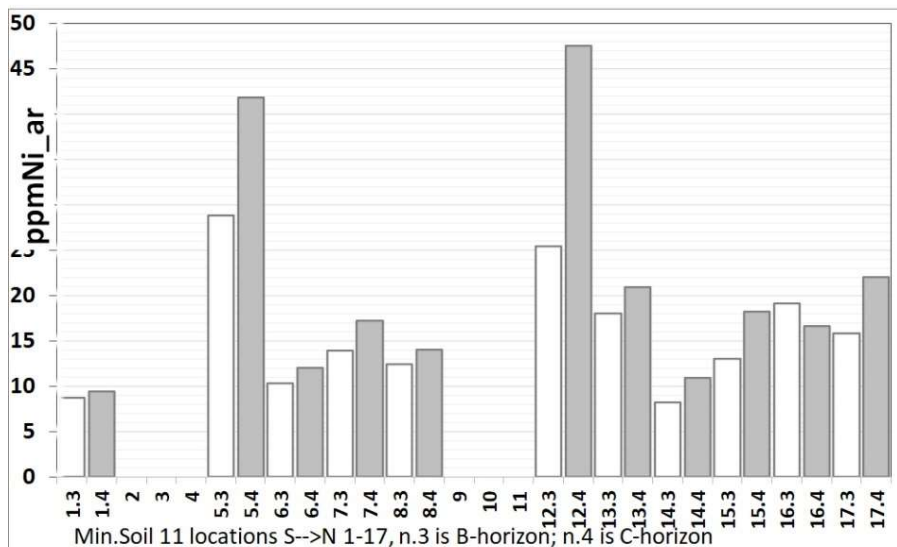
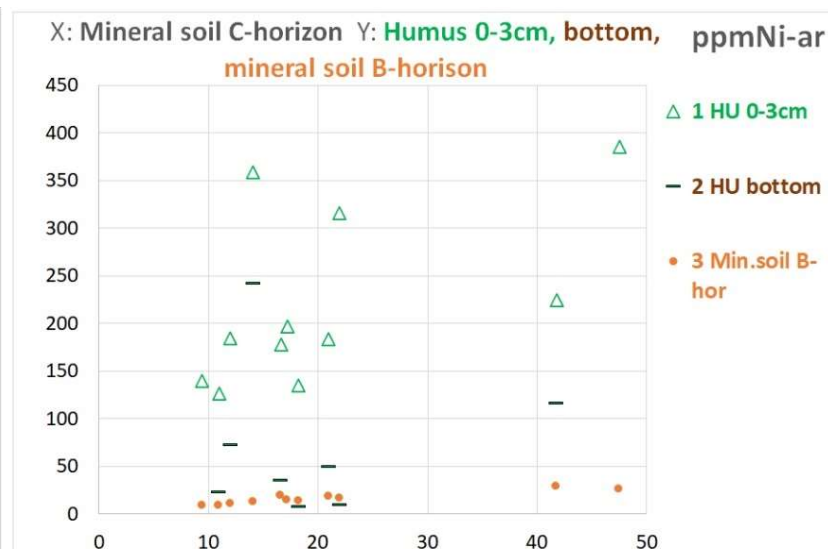
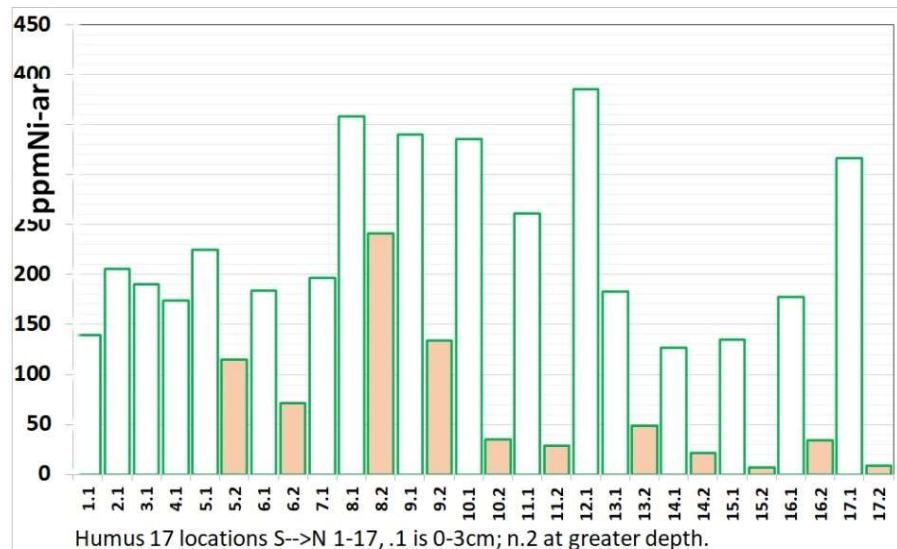
Figur V2.11B: Konsentrasjon av nikkel (mg Ni/kg) i jordsjiktene (kapittel 2.4.1) 1: Øvre humus (... H03) og 4. Mineraljord (... JC) i Pasvik. Punktene i *norgeskartet* illustrerer regionale medianverdier for et større antall jordprøver (fra Njåstad et al. 1994). Jordprøvene i Njåstad et al. er ekstrahert med *salpetersyre* som er noe svakere enn *kongevann* som brukt på våre prøver; se kapittel 4.7.2 og 5.2.

V2.11-4 Nikkel i jordsjikt 2 og 3



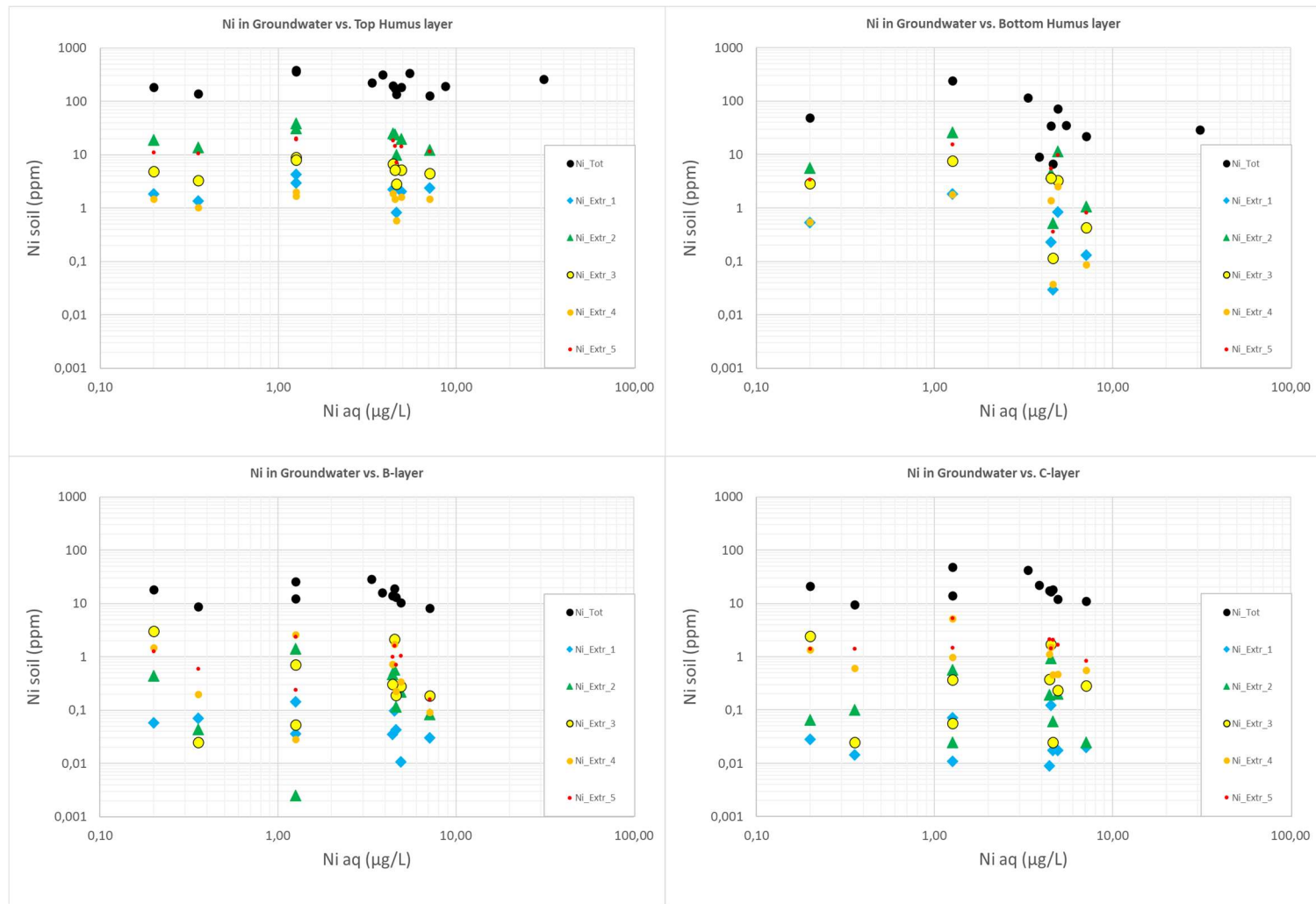
Figur V2.11C: Konsentrasjon av nikkel (mg Ni/kg) i jordsjiktene (kapittel 2.4.1) 2: Nedre humus (.._HBunn) og 3: Utfellingslaget (.._JB) i Pasvik. Punktene i *norgeskartet* illustrerer regionale medianverdier for et større antall jordprøver (fra Njåstad et al. 1994). Jordprøvene i Njåstad et al. er ekstrahert med *salpetersyre* som er noe svakere enn *kongevann* som brukt på våre prøver; se kapittel 4.7.2 og 5.2.

V2.11-5 Nikkel i jordsjiktene; diagrammer



Figur V2.11D: Nikkel (mg Ni/kg) i jordsjiktene. *Diagram øverst til venstre* viser jordlokalitetene sortert ~NV-SØ langs X-aksen. «17.1» på x-aksen betyr følgelig nord-østligste jordlokalitet 17 (se kartet) og sjikt 1 (dvs ...H03 - Øvre humussjikt). Følgelig blir på samme lokalitet: «17.2» = Hbunn - Nedre humussjikt. I figuren under tilsvarende: «17.3» = JB - utfellingslaget – B-horison. «17.4» = JC – mineraljord – C-horison. *Figur øverst til høyre* viser scatterplot med sjikt 4 (JC) langs X-akse plottet mot hver av de tre andre jordsjiktene (se tegnforklaring). På kartet nederst til høyre er posisjonene 1 – 17 markert med røde kryss, og konsentrasjoner i C-horison fra regional kartlegging iht angitt fargeskala (lokalitetsnummerering gjelder bare denne figuren).

V2.11-6 Nikkel i grunnvann vs jord



Figur V2.11E: Nikkel i grunnvann (x-akse) vs jord (y-akse). Humus topp, Humus bunn, B- og C-horisont. Svarte symboler er totalkonsentrasjoner i jord. Extr_1 til Extr_5 tilsvarer LH101-LH105, altså med økende styrke på ekstraksjonsmiddelet (se kapittel 4.6.5).

V2.12: Bly (Pb)

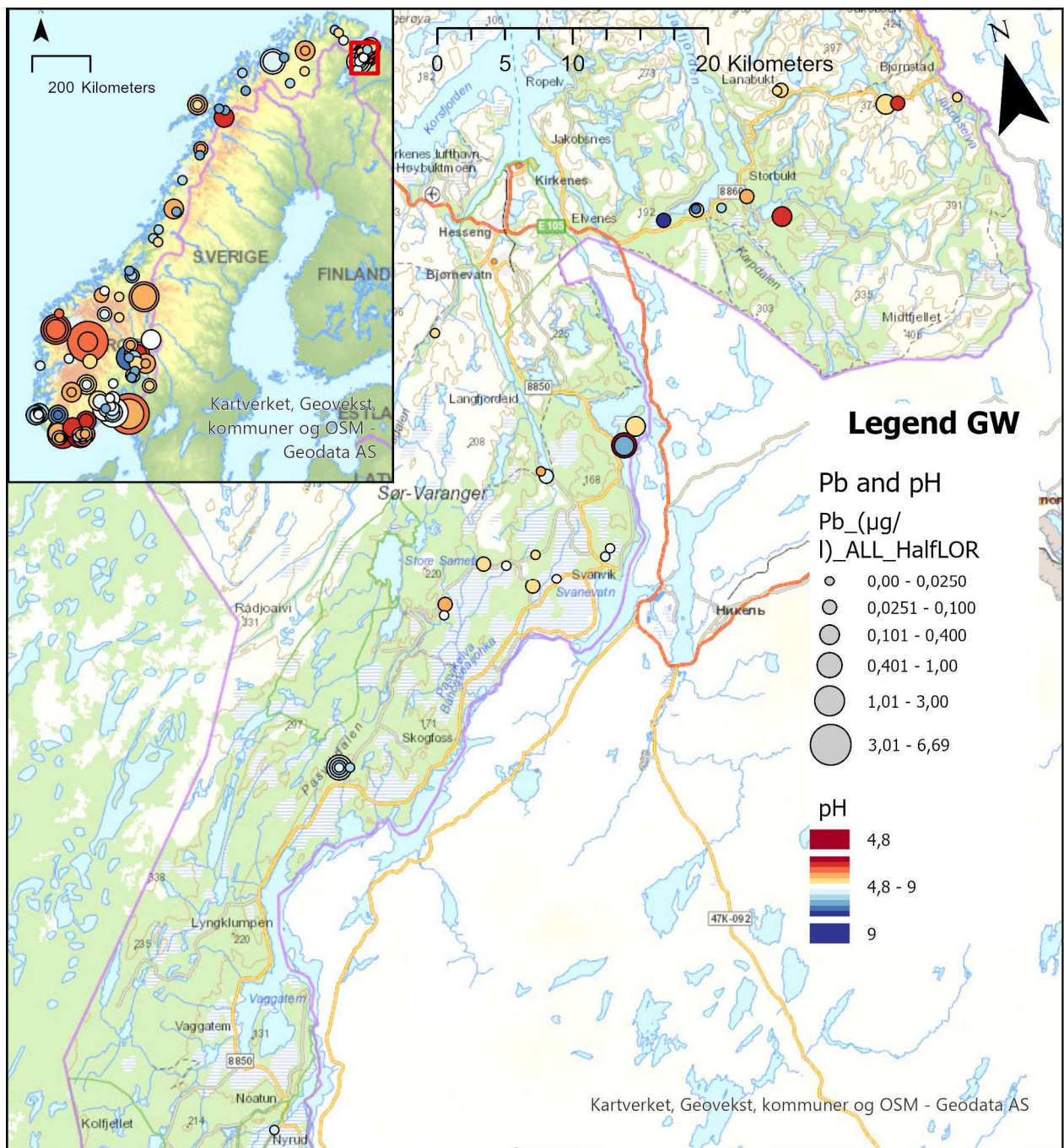
V2.12-1 Bly (Pb) i jord: måledata 2020 vs grenseverdier

Tabell V2.12: Pb (mg/kg) i jord vs grenseverdier

Område	Jordsjikt	Lokalitet	Humus typisk dybde (cm 4)	Totalkonsentrasjon 1) 6)	Sekvensiell ekstraksjon 2) 6)					Tilstandsklasser/ grenseverdier 3) 5)																	
					LH101 "Vannløselig"	LH102 "Lett utbyttbart"	LH103 "Fra org. matr."	LH104 "Fra Mn-oksider"	LH105 "Fra Fe-oksider"	Forurenset Grunn T1	Forurenset Grunn T2	Forurenset Grunn T3	Forurenset Grunn T4	Forurenset Grunn T5	Sedimenter_T1	Sedimenter_T2	Sedimenter_T3	Sedimenter_T4	Sedimenter_T5	Target, soil 7)	Measure, soil 8)	MPA, soil 9)	Mobile, soil 10)	Target, soil 11)	Measure, soil 12)		
					Pb	Pb	Pb	Pb	Pb	Pb	Pb	Pb	Pb	Pb	Pb	Pb	Pb	Pb	Pb	Pb	Pb	Pb	Pb	Pb	Pb	Pb	Pb
Svanvik	Humus topp	Hum2020_01	9	10,0	0,036	0,942	1,086	0,052	0,641	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
		Hum2020_02	-	10,2	0,036	0,773	0,970	0,054	0,684	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
		Hum2020_03	18	10,9	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4001	5	4,8	0,019	0,377	0,509	0,042	0,356	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4002	3	9,1	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4003	10	12,6	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4004	6	14,7	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Hum4005	10	14,2	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Svanvik	6	10,8	0,033	0,920	0,863	0,054	0,574	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4004_81	7	9,7	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Svanvik_samle	11	11,4	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	Humus bunn	Hum2020_01	9	5,6	0,020	0,622	0,765	0,079	0,622	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum2020_03	18	3,2	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4005	10	4,7	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Svanvik	6	15,3	0,028	1,129	1,238	0,102	0,842	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4004_81	7	13,2	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Svanvik_samle	11	12,7	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	B	Hum2020_01	9	3,6	0,006	0,158	0,235	0,892	0,347	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum2020_02	-	3,4	0,012	0,181	0,235	0,911	0,235	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4001	5	3,5	0,012	0,159	0,091	0,549	0,470	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Svanvik	6	2,3	0,011	0,095	0,082	0,318	0,322	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Hum4004_81		7	5,8	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
C	Hum2020_01	9	3,1	0,009	0,150	0,241	0,680	0,462	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	Hum2020_02	-	4,2	0,007	0,212	0,606	1,245	0,358	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	Hum4001	5	3,1	0,003	0,110	0,073	0,699	0,345	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	Svanvik	6	3,8	0,006	0,099	0,097	1,205	0,526	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
Hum4004_81	7	7,6	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
Jarlfjord	Humus topp	Hum4006	3	15,9	0,056	1,242	1,412	0,117	0,873	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
		Hum4007	20	14,6	0,074	1,131	1,525	0,115	0,969	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
		Hum4008	20	16,0	0,025	0,964	1,529	0,056	0,768	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
		Hum4009	15	14,0	0,051	1,329	1,521	0,075	1,066	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4010	18	14,9	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Karpdalen	15	11,0	0,042	0,899	1,068	0,105	0,676	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	Humus bunn	Hum4007	20	4,5	0,127	0,256	0,430	0,018	0,165	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4008	20	4,7	0,009	0,236	0,381	0,014	0,195	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4009	15	8,7	0,017	1,033	1,439	0,120	0,900	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4010	18	3,2	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Karpdalen	15	7,4	0,018	0,706	0,729	0,101	0,406	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	B	Hum4006	3	3,5	0,005	0,091	0,201	0,705	0,542	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4007	20	6,6	0,010	0,127	0,434	0,282	0,496	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4008	20	5,0	0,005	0,191	0,287	0,596	0,475	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4009	15	3,8	0,020	0,152	0,552	0,860	0,174	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Hum4010		18	3,3	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
Karpdalen	15	5,1	0,010	0,123	1,444	0,686	0,249	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
C	Hum4006	3	3,1	0,005	0,072	0,104	0,795	0,548	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	Hum4007	20	5,0	0,015	0,111	0,516	0,820	0,304	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	Hum4008	20	5,0	0,016	0,245	0,099	0,943	0,587	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	Hum4009	15	4,1	0,029	0,197	0,665	0,891	0,196	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	Hum4010	18	4,1	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	Karpdalen	15	4,4	0,019	0,143	0,860	0,944	0,377	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		

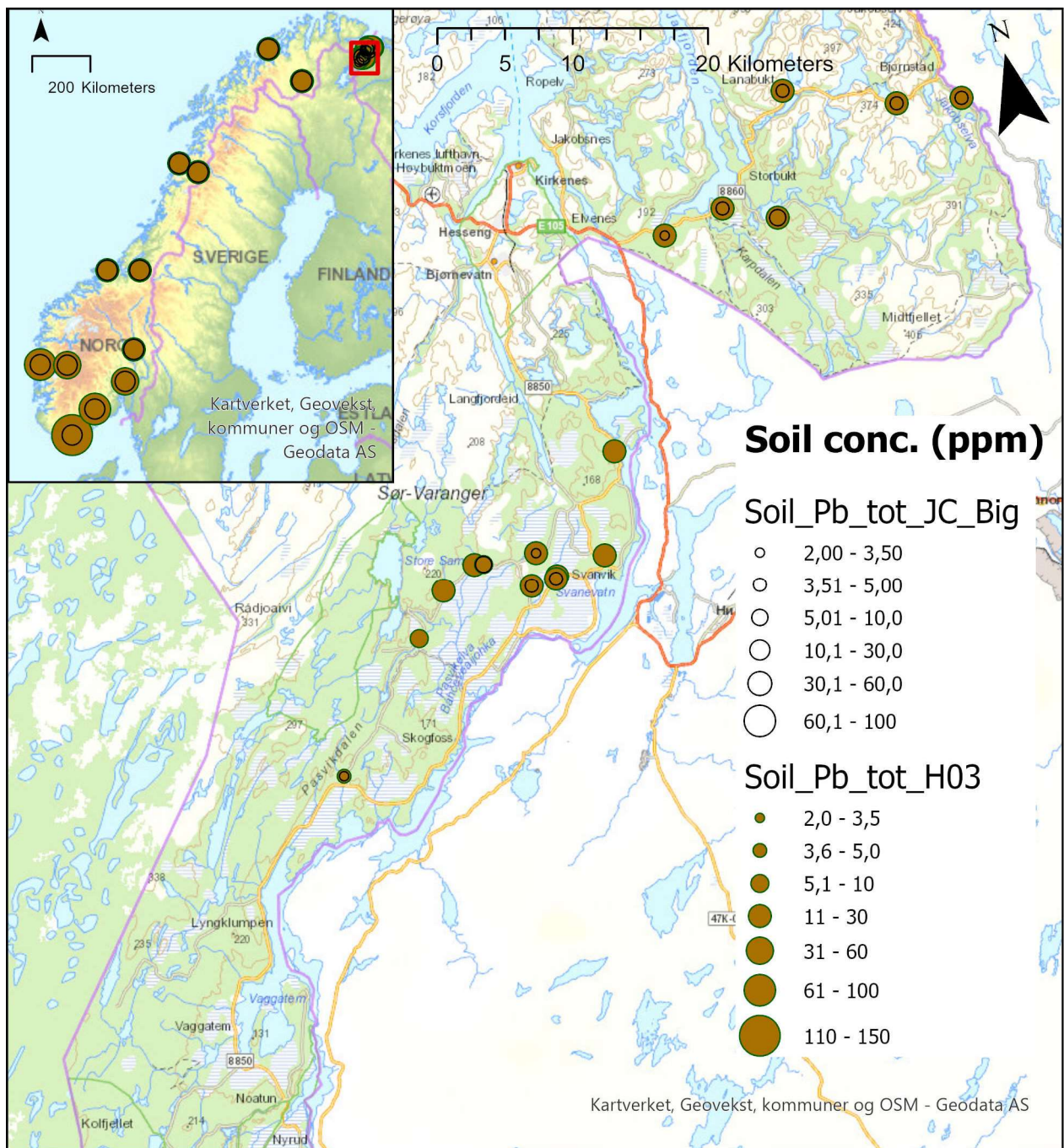
1) Ekstrahert i sterk syre (kongevann). 2) LH101-LH105: Fra «sekvensiell ekstraksjon» (kapittel 4.6.5) der LH101 er lettest mobiliserbar. 3) Se kapittel 4.9 og vedlegg 5. 4) Humuslagets tykkelse 5) Farge på punktene viser målte verdier vs. grenseverdi (mest relevant er Forurenset grunn T1-T5): Grønn/gul er innenfor grenseverdi/klassegrense; ● <80%; ● 80-100% av grense, røde repr. overskridelse; ● 100-200%, ● 200-300%, ● >300 % av grense. Tilstandsklasse for en måleverdi blir i det første fargepunkt i T1-T5 som er gult eller grønt (lest fra venstre mot høyre). 6) Røde tall betyr < Rapporteringsgrense. 7-12) Se «Fullstendig fotnotetekst for Jordkjemitab...» på s 137 for referanser.

V2.12-2 Bly i grunnvann; Pasvik og Norge



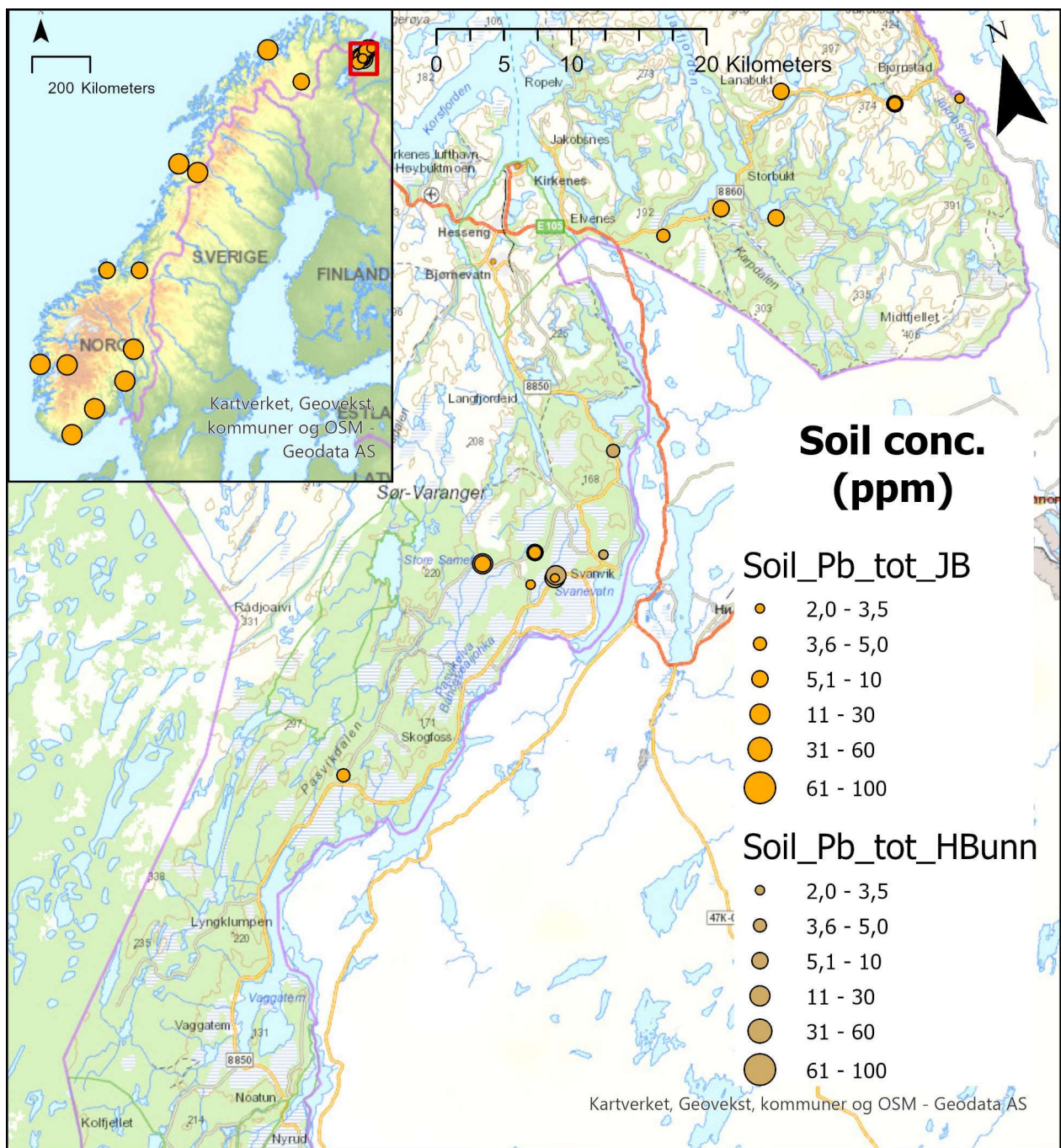
Figur V2.12A: Bly i grunnvann (µg/L); Pasvik og Norge (innfelt). Symbolstørrelse angir konsentrasjon, farge angir surhet (pH). Rødt surt, hvitt nøytralt (~7), blått basisk. ²⁾Norgeskart viser målinger etter 2014 fra Landsomfattende mark- og grunnvannsnett (upåvirket av lokal belastning). På Sør- og Østlandet i tillegg en del til dels antropogent belastede kilder og brønner kartlagt i 2020-21 (se om data i kapittel 4.9.1).

V2.12-3 Bly i jordsjikt 1 og 4



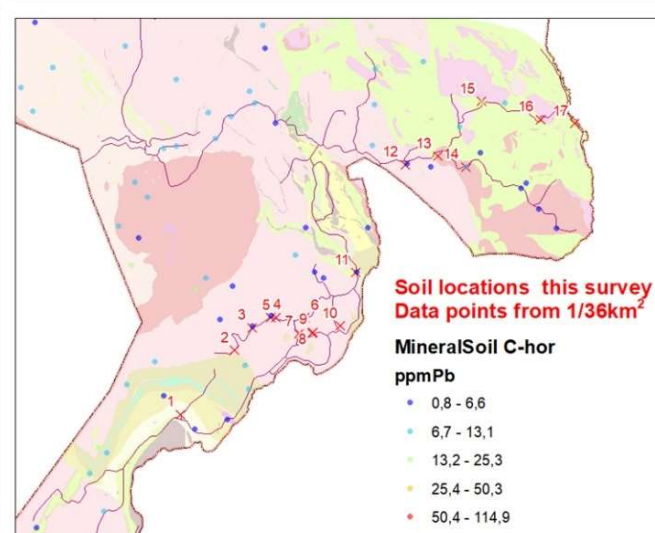
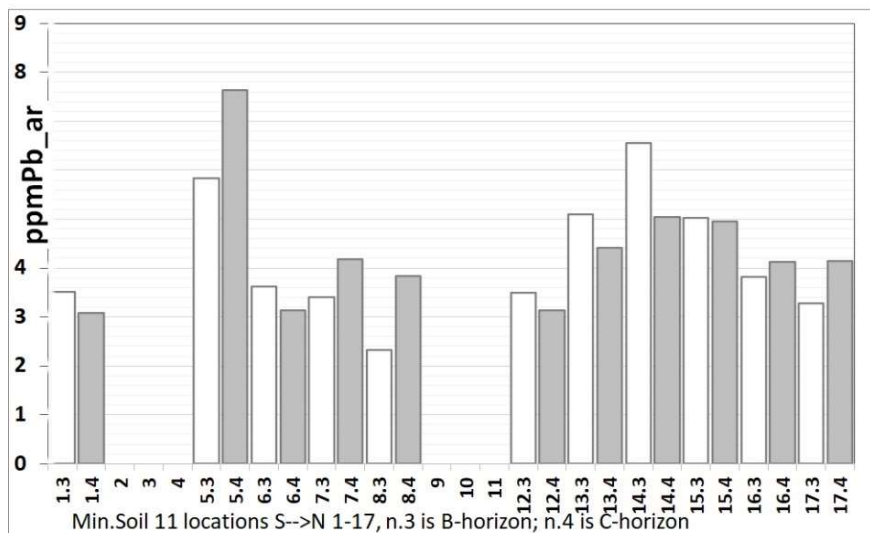
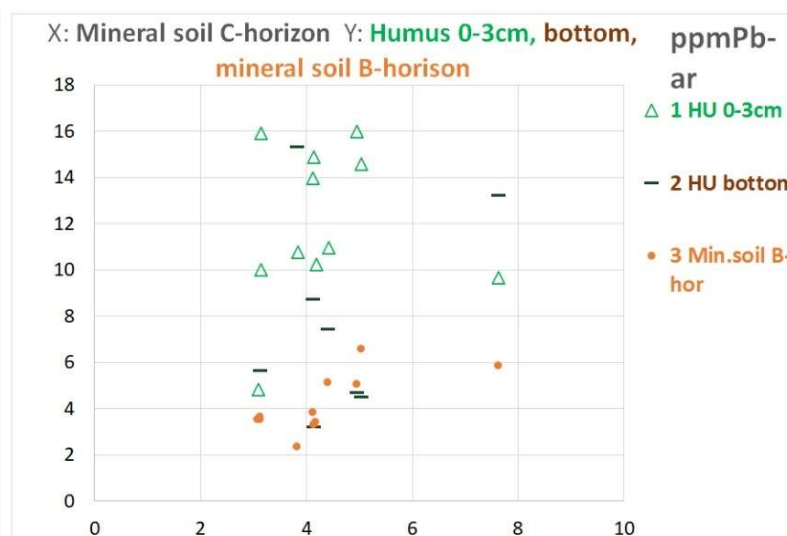
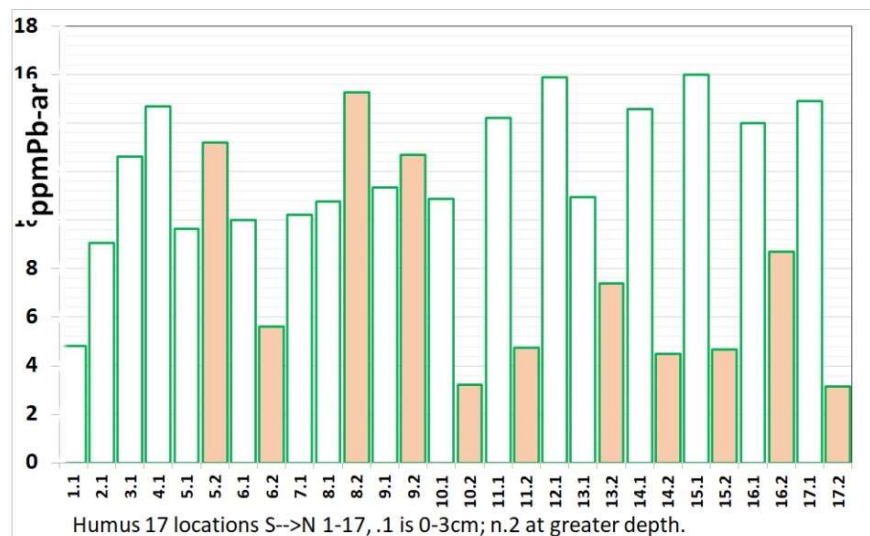
Figur V2.12B: Konsentrasjon av bly (mg Pb/kg) i jordsjiktene (kapittel 2.4.1) 1: Øvre humus (..._H03) og 4. Mineraljord (..._JC) i Pasvik. Punktene i *norgeskartet* illustrerer regionale medianverdier for et større antall jordprøver (fra Njåstad et al. 1994). Jordprøvene i Njåstad et al. er ekstrahert med *salpetersyre* som er noe svakere enn *kongevann* som brukt på våre prøver; se kapittel 4.7.2 og 5.2.

V2.12-4 Bly i jordsjikt 2 og 3



Figur V2.12C: Konsentrasjon av bly (mg Pb/kg) i *jordsjiktene* (kapittel 2.4.1) 2: Nedre humus (.._HBunn) og 3: Utfellingslaget (.._JB) i Pasvik. Punktene i *norgeskartet* illustrerer regionale medianverdier for et større antall jordprøver (fra Njåstad et al. 1994). Jordprøvene i Njåstad et al. er ekstrahert med *salpetersyre* som er noe svakere enn *kongevann* som brukt på våre prøver; se kapittel 4.7.2 og 5.2.

V2.12-5 Bly i jordsjiktene; diagrammer



Figur V2.12D: Bly (mg Pb/kg) i jordsjiktene. *Diagram øverst til venstre* viser jordlokalitetene sortert ~NV-SØ langs X-aksen. «17.1» på x-aksen betyr følgende nord-østligste jordlokalitet 17 (se kartet) og sjikt 1 (dvs ...H03 - Øvre humussjikt). Følgelig blir på samme lokalitet: «17.2» = Hbunn - Nedre humussjikt. I figuren under tilsvarende: «17.3» = JB - utfellingslaget – B-horison. «17.4» = JC – mineraljord – C-horison. *Figur øverst til høyre* viser scatterplot med sjikt 4 (JC) langs X-akse plottet mot hver av de tre andre jordsjiktene (se tegnforklaring). På kartet nederst til høyre er posisjonene 1 – 17 markert med røde kryss, og konsentrasjoner i C-horison fra regional kartlegging iht angitt fargeskala (lokalitetsnummerering gjelder bare denne figuren).

V2.13: Sink (Zn)

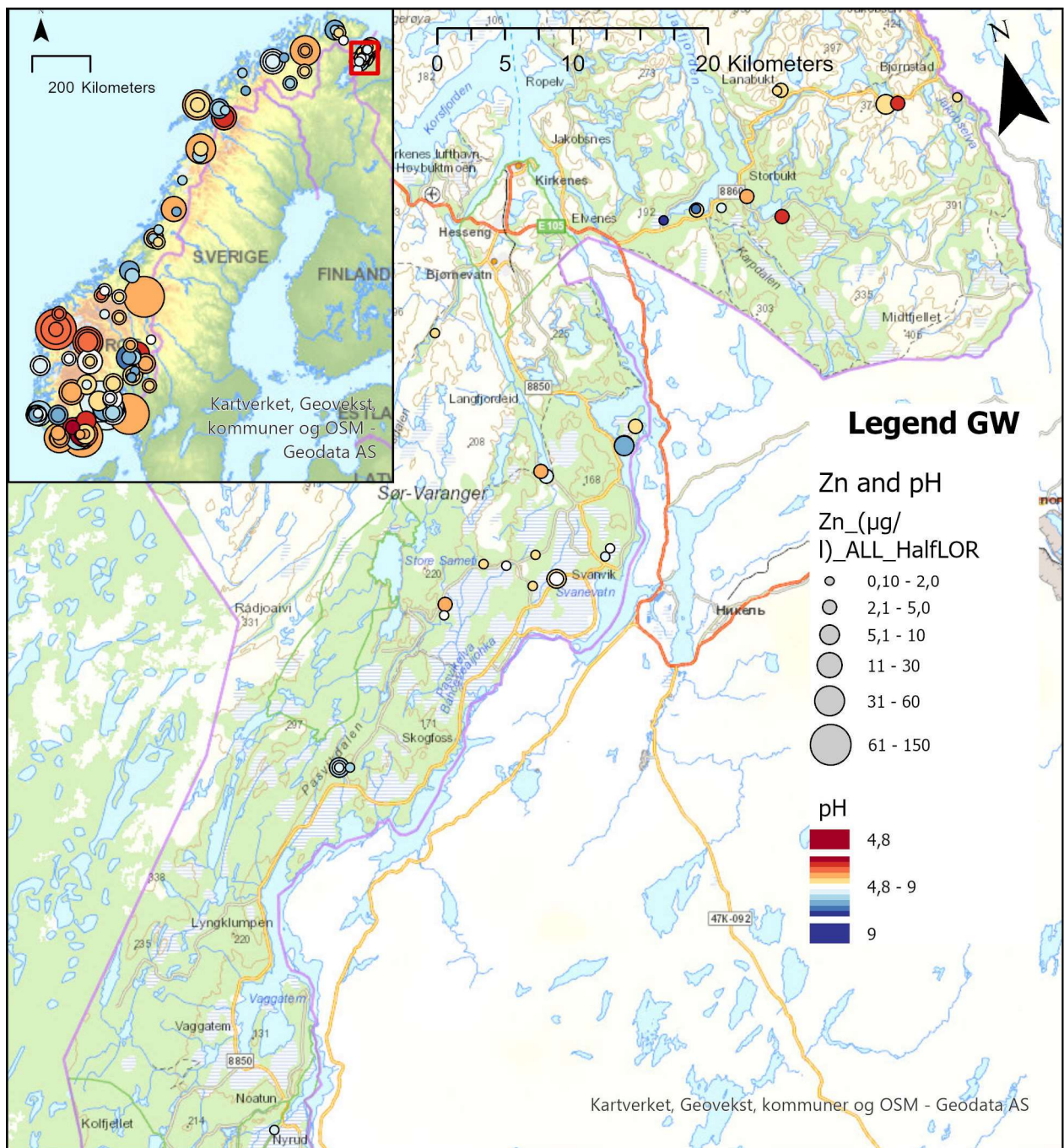
V2.13-1Sink (Zn) i jord: måldata 2020 vs grenseverdier

Tabell V2.13: Zn (mg/kg) i jord vs grenseverdier

Område	Jordsjikt	Lokalitet	Humus typisk dybde (cm) ⁴⁾	Totalkonsentrasjon 1) 6)	Sekvensiell ekstraksjon 2) 6)					Tilstandsklasser/ grenseverdier 3) 5)																	
					LH101 "Vannløselig"	LH102 "Lett utbytbar"		LH103 "Fra org. matr."	LH104 "Fra Mn-oksider"	LH105 "Fra Fe-oksider"	Forurenset Grunn T1	Forurenset Grunn T2	Forurenset Grunn T3	Forurenset Grunn T4	Forurenset Grunn T5	Sedimenter_T1	Sedimenter_T2	Sedimenter_T3	Sedimenter_T4	Sedimenter_T5	Target, soil ⁷⁾	Measure, soil ⁸⁾	MPA, soil ⁹⁾	Mobile, soil ¹⁰⁾	Target, soil ¹¹⁾	Measure, soil ¹²⁾	
				Zn	Zn	Zn	Zn	Zn	Zn	Zn	Zn	Zn	Zn	Zn	Zn	Zn	Zn	Zn	Zn	Zn	Zn	Zn	Zn	Zn			
Svanvik	Humus topp	Hum2020_01	9	50	1,04	11,2	12,1	2,6	8,4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
		Hum2020_02	-	41	0,85	8,2	9,4	1,9	6,7	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
		Hum2020_03	18	40	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4001	5	48	1,24	11,8	11,7	2,7	6,9	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4002	3	67	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4003	10	54	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4004	6	56	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4005	10	32	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Svanvik	6	47	0,88	10,4	8,6	1,3	7,4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Hum4004_81	7	78	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Svanvik samle	11	44	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Humus bunn	Hum2020_01	9	38	0,61	10,1	10,2	3,3	5,1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum2020_03	18	38	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4005	10	34	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Svanvik	6	47	0,67	8,5	8,9	1,8	8,4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4004_81	7	92	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Svanvik samle	11	53	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	B	Hum2020_01	9	33	0,02	0,3	0,6	1,8	5,5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Hum2020_02		-	26	0,06	0,2	0,6	2,5	2,8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
Hum4001		5	21	0,07	0,1	0,1	0,3	1,8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
Svanvik		6	21	0,13	0,2	0,2	0,4	0,8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
Hum4004_81		7	92	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
C	Hum2020_01	9	25	0,05	0,4	0,5	1,4	3,7	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	Hum2020_02	-	32	0,04	0,3	1,0	3,3	4,3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	Hum4001	5	22	0,08	0,0	0,2	1,6	2,3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	Svanvik	6	23	0,09	0,3	0,3	2,3	2,5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	Hum4004_81	7	71	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
Jarlfjord	Humus topp	Hum4006	3	91	2,11	20,1	17,6	2,9	16,5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
		Hum4007	20	43	1,22	8,3	11,8	2,3	6,1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
		Hum4008	20	47	0,48	7,3	11,1	1,4	7,2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
		Hum4009	15	42	0,88	9,9	9,6	2,0	6,5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
		Hum4010	18	60	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Karpdalen	15	46	0,97	10,3	9,9	3,0	7,9	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	Humus bunn	Hum4007	20	54	0,63	8,1	14,8	1,8	8,5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4008	20	66	0,52	8,8	17,5	2,5	13,2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4009	15	24	0,20	6,4	5,5	2,8	3,2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4010	18	26	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Karpdalen	15	32	0,48	7,6	6,2	1,7	5,4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	B	Hum4006	3	22	0,06	0,2	0,5	2,9	1,8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4007	20	24	0,14	0,4	0,7	0,5	0,9	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4008	20	28	0,12	0,3	0,7	1,2	3,3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4009	15	27	0,09	0,2	2,7	3,9	2,3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Hum4010	18	26	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
		Karpdalen	15	27	0,08	0,6	4,3	3,5	2,0	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	C	Hum4006	3	24	0,05	0,1	0,5	2,8	2,0	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Hum4007		20	24	0,09	0,3	0,9	2,3	2,6	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
Hum4008		20	28	0,14	0,1	0,4	1,5	3,6	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
Hum4009		15	23	0,09	0,2	2,1	3,8	2,1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
Hum4010		18	26	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
Karpdalen		15	30	0,23	0,1	3,1	3,2	2,2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		

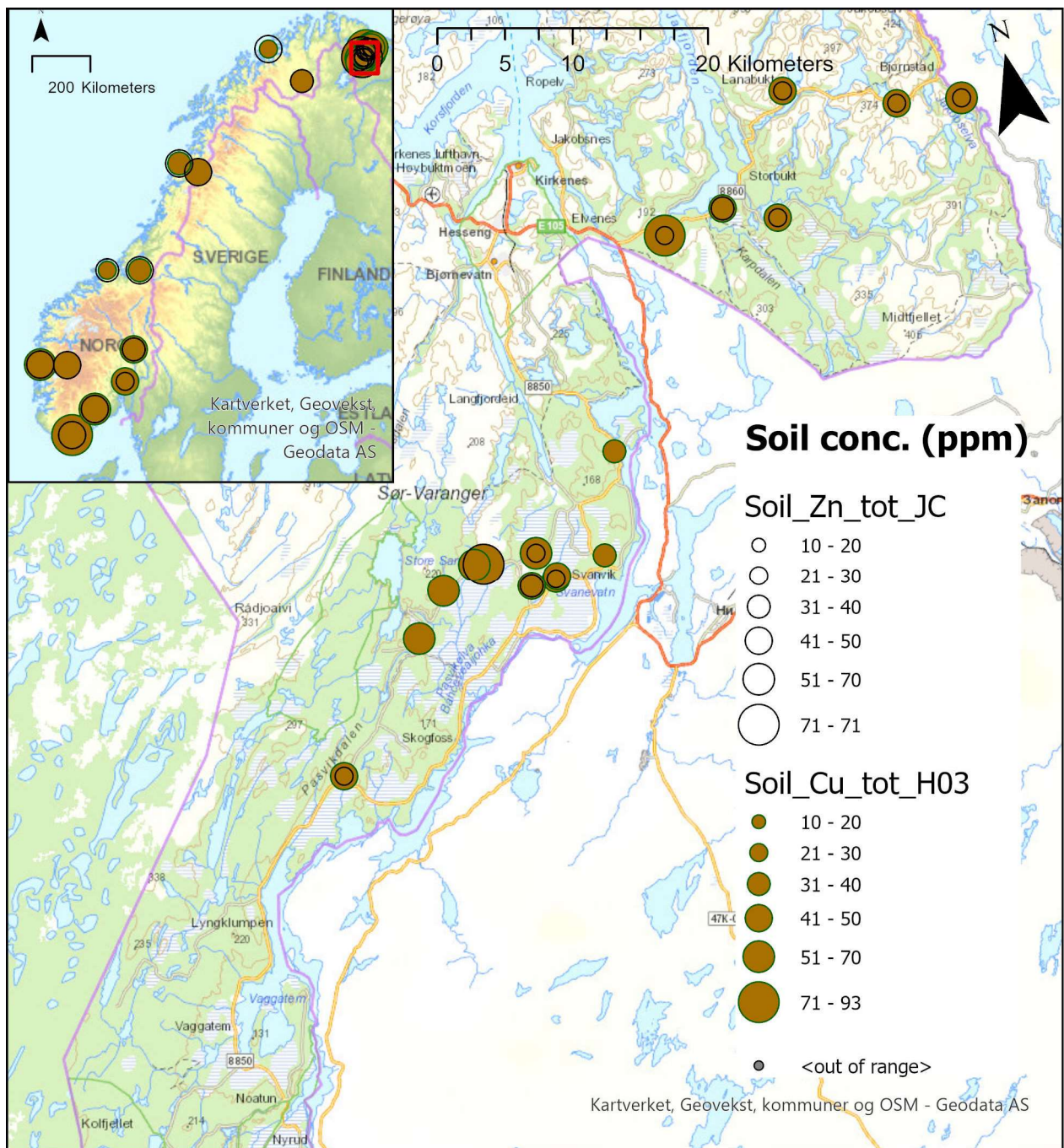
¹⁾Ekstrahert i sterk syre (kongevann). ²⁾LH101-LH105: Fra «sekvensiell ekstraksjon» (kapittel 4.6.5) der LH101 er lettest mobiliserbar. ³⁾Se kapittel 4.9 og vedlegg 5. ⁴⁾Humuslagets tykkelse ⁵⁾Farge på punktene viser målte verdier vs. grenseverdi (mest relevant er Forurenset grunn T1-T5): Grønn/gul er innenfor grenseverdi/klassegrense; ● <80%; ● 80-100% av grense, røde repr. overskridelse; ● 100-200%, ● 200-300%, ● >300 % av grense. Tilstandsklasse for en måleverdi blir i det første fargepunkt i T1-T5 som er gult eller grønt (lest fra venstre mot høyre). ⁶⁾Røde tall betyr < Rapporteringsgrense. ⁷⁻¹²⁾Se «Fullstendig figurtekst for jordkjemi» på s137 for referanser.

V2.13-2 Sink i grunnvann; Pasvik og Norge



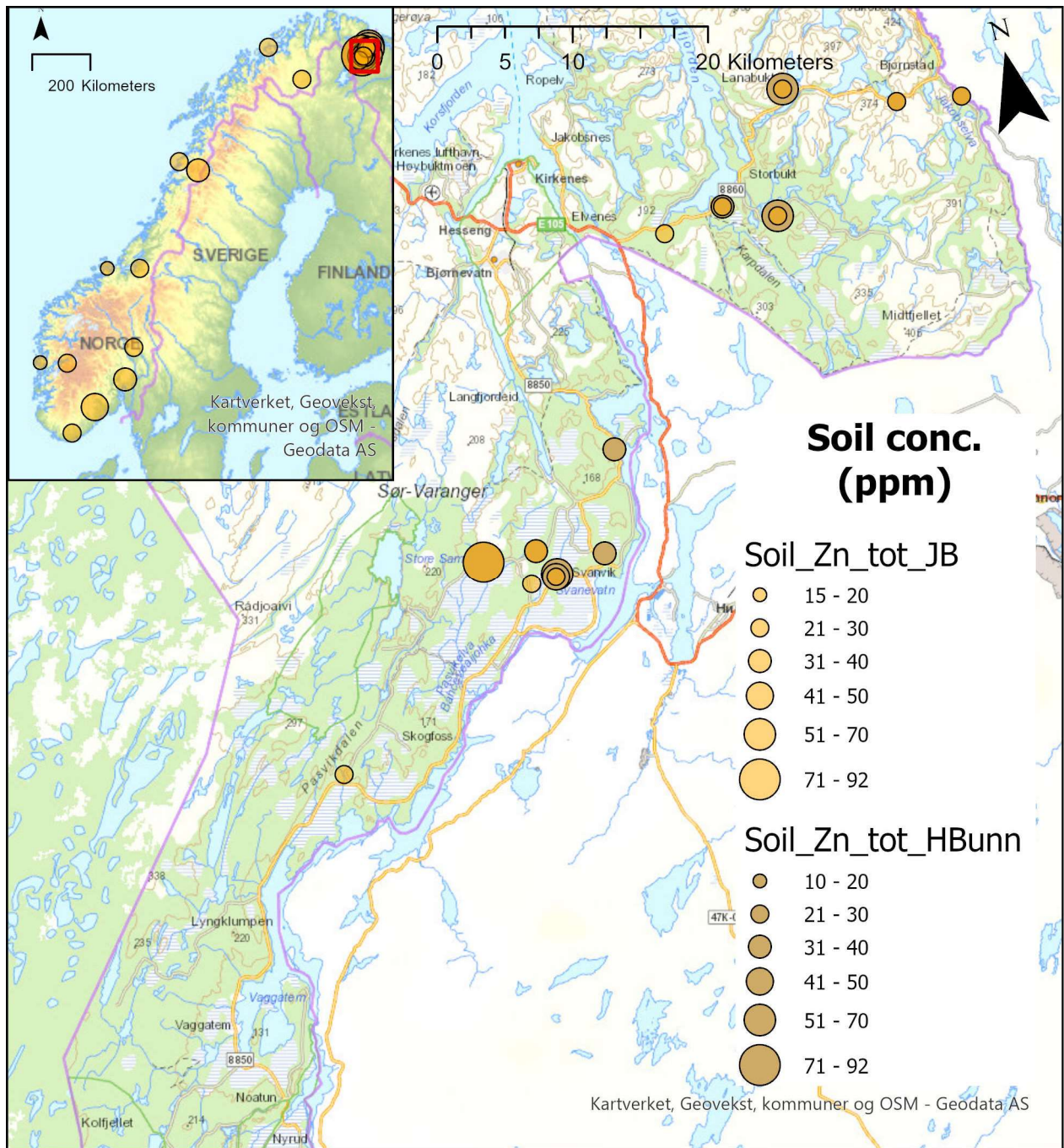
Figur V2.13A: Sink i grunnvann ($\mu\text{g/L}$); Pasvik og Norge (innfelt). Symbolstørrelse angir konsentrasjon, farge angir surhet (pH). Rødt surt, hvitt nøytralt (~ 7), blått basisk. ²⁾Norgeskart viser målinger etter 2014 fra Landsomfattende mark- og grunnvannsnett (upåvirket av lokal belastning). På Sør- og Østlandet i tillegg en del til dels antropogent belastede kilder og brønner kartlagt i 2020-21 (se om data i kapittel 4.9.1).

V2.13-3 Sink i jordsjikt 1 og 4



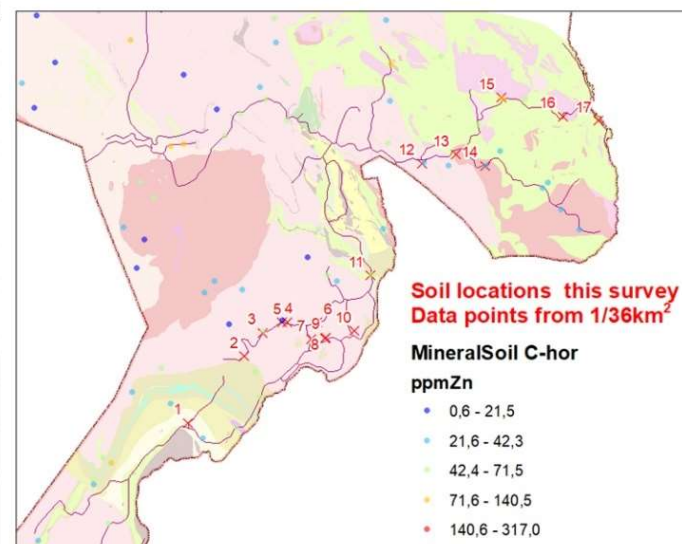
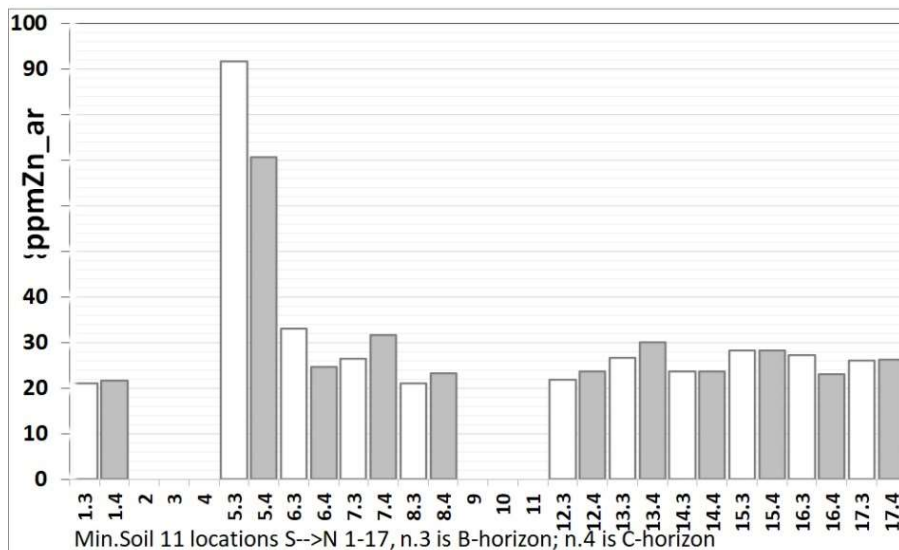
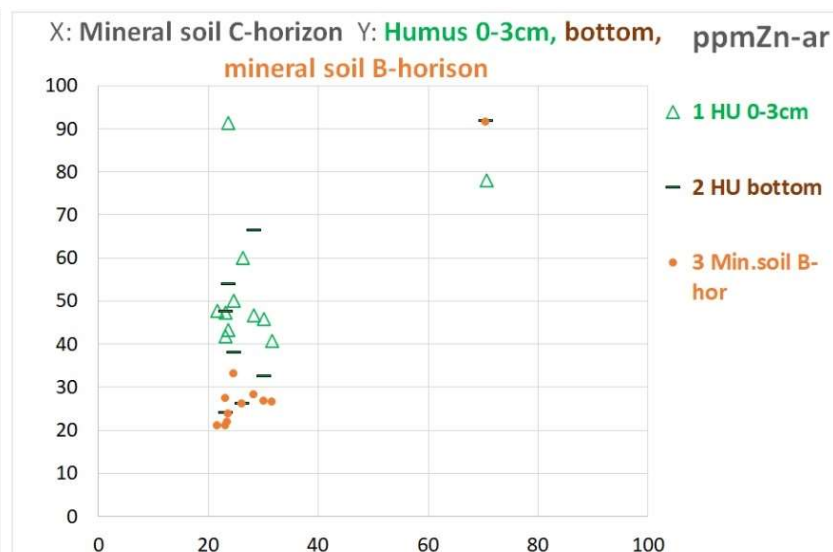
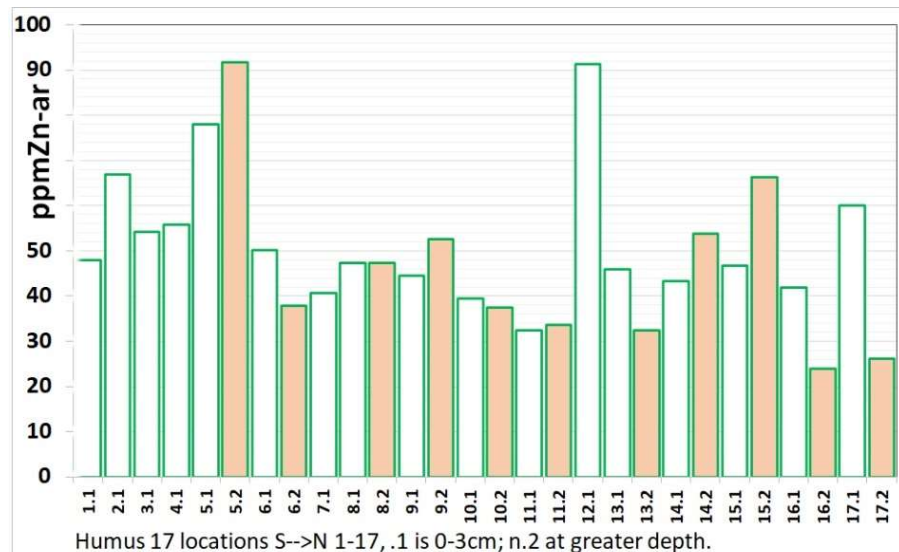
Figur V2.13B: Konsentrasjon av sink (mg Zn/kg) i jordsjiktene (kapittel 2.4.1) 1: Øvre humus (... H03) og 4. Mineraljord (... JC) i Pasvik. Punktene i *norgeskartet* illustrerer regionale medianverdier for et større antall jordprøver (fra Njåstad et al. 1994). Jordprøvene i Njåstad et al. er ekstrahert med *salpetersyre* som er noe svakere enn *kongevann* som brukt på våre prøver; se kapittel 4.7.2 og 5.2.

V2.13-4 Sink i jordsjikt 2 og 3



Figur V2.13C: Konsentrasjon av sink (mg Zn/kg) i jordsjiktene (kapittel 2.4.1) 2: Nedre humus (.._HBunn) og 3: Utfellingslaget (.._JB) i Pasvik. Punktene i *norgeskartet* illustrerer regionale medianverdier for et større antall jordprøver (fra Njåstad et al. 1994). Jordprøvene i Njåstad et al. er ekstrahert med *salpetersyre* som er noe svakere enn *kongevann* som brukt på våre prøver; se kapittel 4.7.2 og 5.2.

V2.13-5 Sink i jordsjiktene; diagrammer



Figur V2.13D: Sink (mg Zn/kg) i jordsjiktene. Diagram øverst til venstre viser jordlokalitetene sortert ~NV-SØ langs X-aksen. «17.1» på x-aksen betyr følgelig nord-østligste jordlokalitet 17 (se kartet) og sjikt 1 (dvs ...H03 - Øvre humussjikt). Følgelig blir på samme lokalitet: «17.2» = Hbunn - Nedre humussjikt. I figuren under tilsvarende: «17.3» = JB - utfellingslaget – B-horison. «17.4» = JC – mineraljord – C-horison. Figur øverst til høyre viser scatterplot med sjikt 4 (JC) langs X-akse plottet mot hver av de tre andre jordsjiktene (se tegnforklaring). På kartet nederst til høyre er posisjonene 1 – 17 markert med røde kryss, og konsentrasjoner i C-horison fra regional kartlegging iht angitt fargeskala (lokalitetsnummerering gjelder bare denne figuren).

V2.14: Svovel (S) og sulfat (SO₄²⁻)

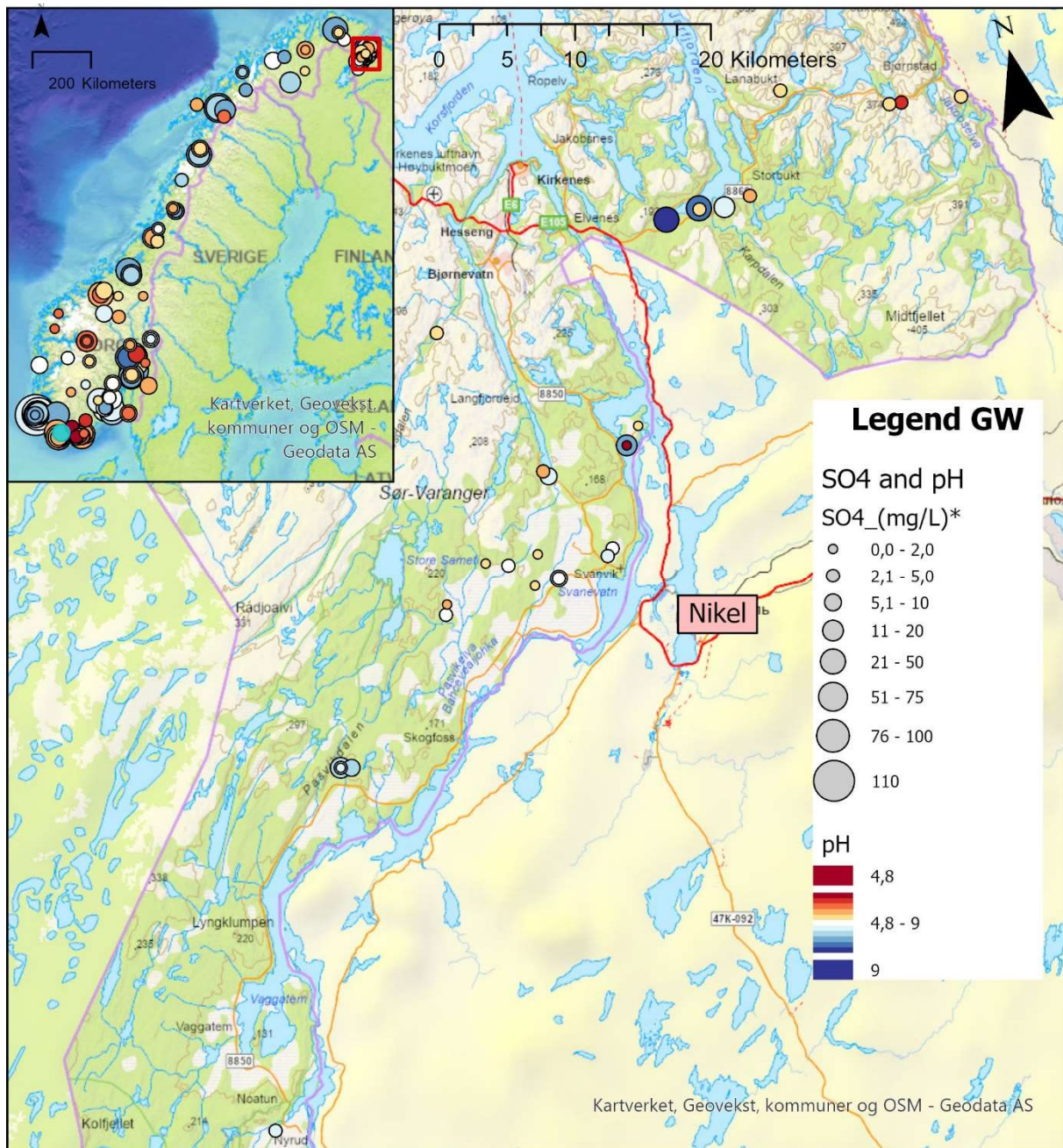
V2.14-1 Svovel i jord, måledata 2020

Tabell V2.14: Svovel i jord (mg/kg)

Område	Jordsjikt	Lokalitet	Humus typisk dybde (cm) 4)	Totalkonsentrasjon 1) 6)	LH101 "Vannløselig"
				S	S
Svanvik	Humus topp	Hum2020_01	9	1436	113
		Hum2020_02	-	1430	132
		Hum2020_03	18	1415	-
		Hum4001	5	1364	127
		Hum4002	3	1722	-
		Hum4003	10	1543	-
		Hum4004	6	1823	-
		Hum4005	10	1310	-
		Svanvik	6	1434	121
		Hum4004_81	7	1438	-
		Svanvik_samle	11	1499	-
	Humus bunn	Hum2020_01	9	974	74
		Hum2020_03	18	1666	-
		Hum4005	10	1206	-
		Svanvik	6	1505	101
		Hum4004_81	7	1204	-
		Svanvik_samle	11	1398	-
	B	Hum2020_01	9	124	-11
		Hum2020_02	-	129	-3
		Hum4001	5	124	-9
		Svanvik	6	155	8
		Hum4004_81	7	319	-
	C	Hum2020_01	9	85	-5
		Hum2020_02	-	109	5
Hum4001		5	29	-9	
Svanvik		6	30	-8	
Hum4004_81		7	9	-	
Jarlfjord	Humus topp	Hum4006	3	2093	173
		Hum4007	20	1865	216
		Hum4008	20	1928	123
		Hum4009	15	1793	160
		Hum4010	18	1705	-
		Karpdalen	15	1325	137
		Humus bunn	Hum4007	20	1930
	Hum4008		20	1878	114
	Hum4009		15	1933	97
	Hum4010		18	1889	-
	Karpdalen		15	1549	107
	B	Hum4006	3	82	-4
		Hum4007	20	437	12
		Hum4008	20	347	-4
		Hum4009	15	86	-2
		Hum4010	18	174	-
		Karpdalen	15	229	6
	C	Hum4006	3	38	-7
		Hum4007	20	176	-16
		Hum4008	20	120	-1
		Hum4009	15	83	5
		Hum4010	18	168	-
		Karpdalen	15	111	3

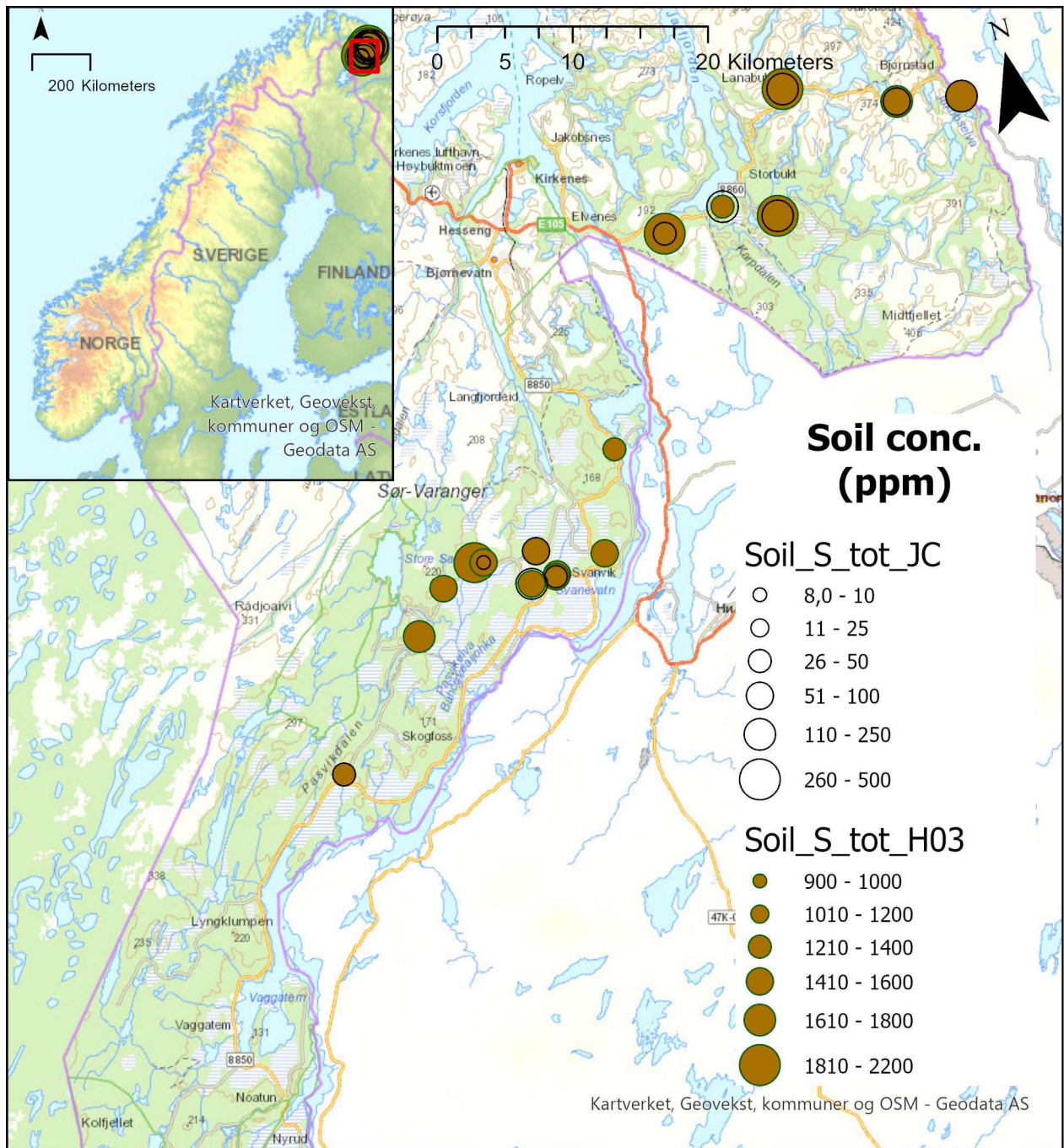
¹⁾Ekstrahert i sterk syre (kongevann). ²⁾LH101-LH105: Fra «sekvensiell ekstraksjon» (kapittel 4.6.5) der LH101 er lettest mobiliserbar. ⁴⁾Humuslagets tykkelse ⁶⁾Røde tall betyr < Rapporteringsgrense.

V2.14-2 Sulfat i grunnvann; Pasvik og Norge



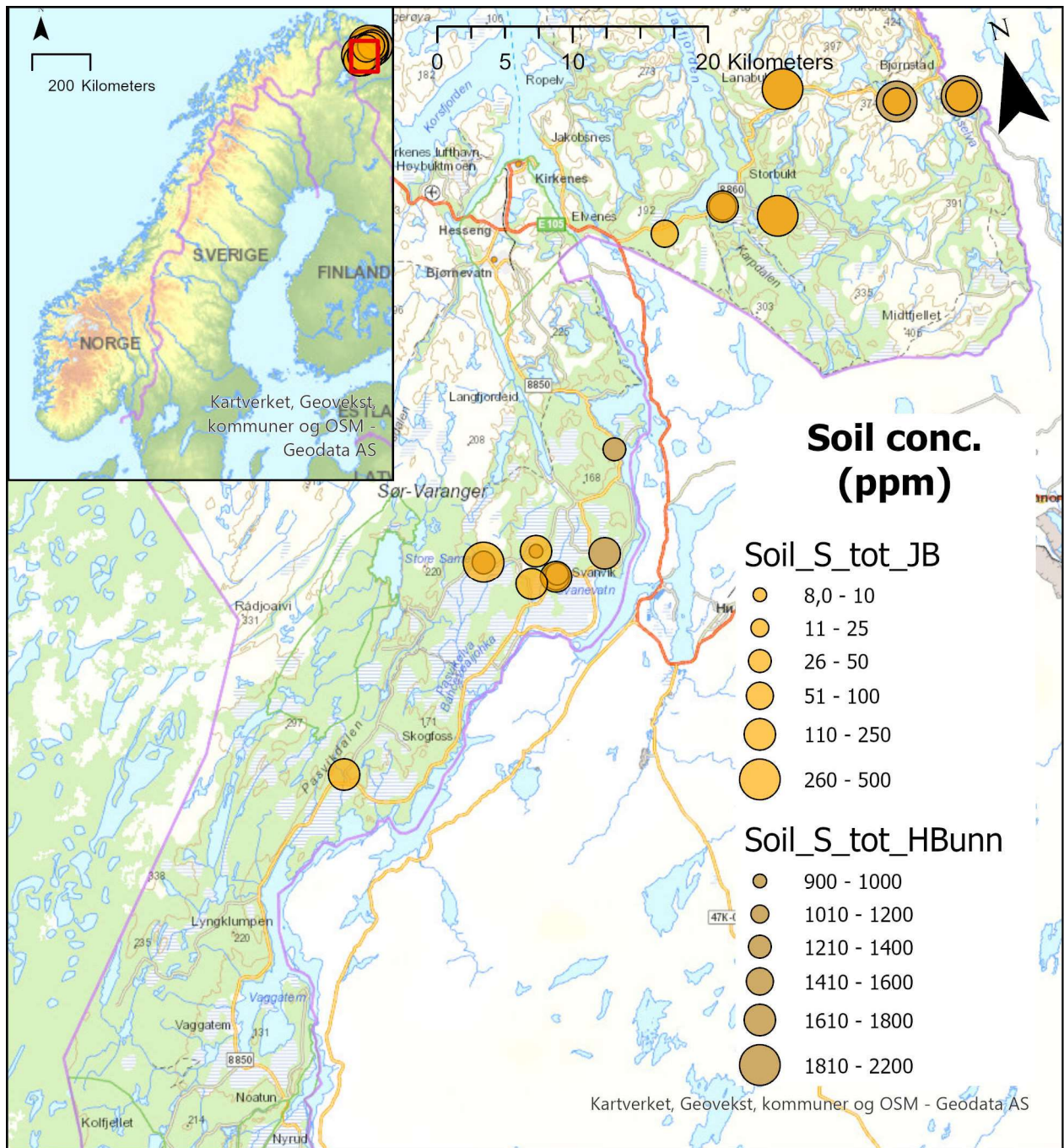
Figur V2.14A: Sulfat i grunnvann (mg/L); Pasvik og Norge (innfelt). Symbolstørrelse angir konsentrasjon, farge angir surhet (pH). Rødt surt, hvitt nøytralt (~7), blått basisk. ²⁾Norgeskart viser målinger etter 2014 fra Landsomfattende mark- og grunnvannsnett (upåvirket av lokal belastning). På Sør- og Østlandet i tillegg en del til dels antropogent belastede kilder og brønner kartlagt i 2020-21 (se om data i kapittel 4.9.1).

V2.14-3 Svovel i jordsjikt 1 og 4



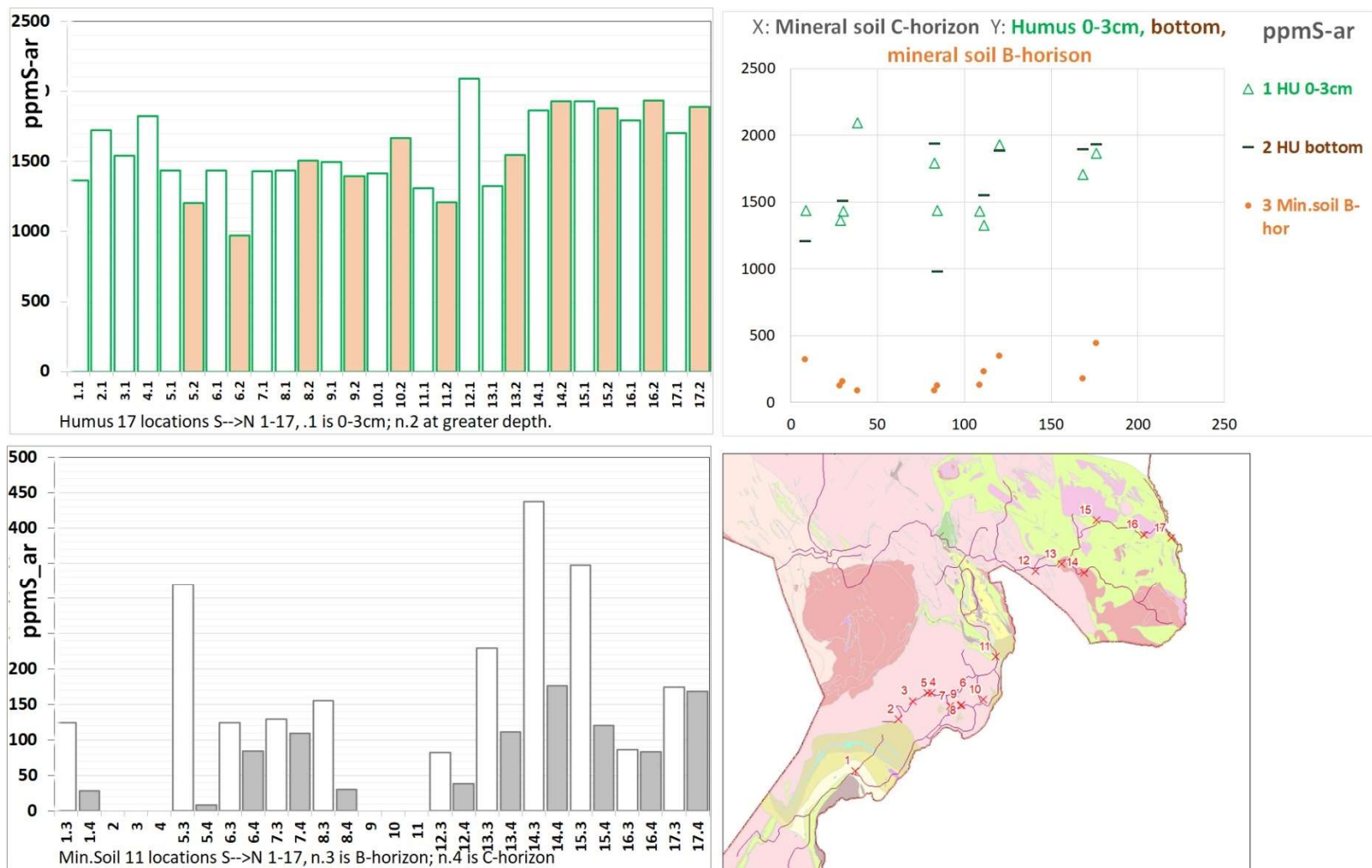
Figur V2.14B: Konsentrasjon av svovel (mg S/kg) i jordsjiktene (kapittel 2.4.1) 1: Øvre humus (.._H03) og 4. Mineraljord (.._JC) i Pasvik.

V2.14-4 Svovel i jordsjikt 2 og 3



Figur V2.14C: Konsentrasjon av svovel (mg S/kg) i jordsjiktene (kapittel 2.4.1) 2: Nedre humus (.._HBunn) og 3: Utfellingslaget (.._JB) i Pasvik.

V2.14-5 Svovel i jordsjiktene; diagrammer



Figur V2.14D: Svovel (mg S/kg) i jordsjiktene. Diagram øverst til venstre viser jordlokalitetene sortert ~NV-SØ langs X-aksen. «17.1» på x-aksen betyr følgelig nord-østligste jordlokalitet 17 (se kartet) og sjikt 1 (dvs ...H03 - Øvre humussjikt). Følgelig blir på samme lokalitet: «17.2» = Hbunn - Nedre humussjikt. I figuren under tilsvarende: «17.3» = JB - utfellingslaget – B-horison. «17.4» = JC – mineraljord – C-horison. Figur øverst til høyre viser scatterplot med sjikt 4 (JC) langs X-akse plottet mot hver av de tre andre jordsjiktene (se tegnforklaring).

V2.15: Surhet (pH) og oksygenmetning

V2.15-1 pH i jord: alle måledata i 2020

Tabell V05: pH i jord (målt med to ulike metoder)¹⁾

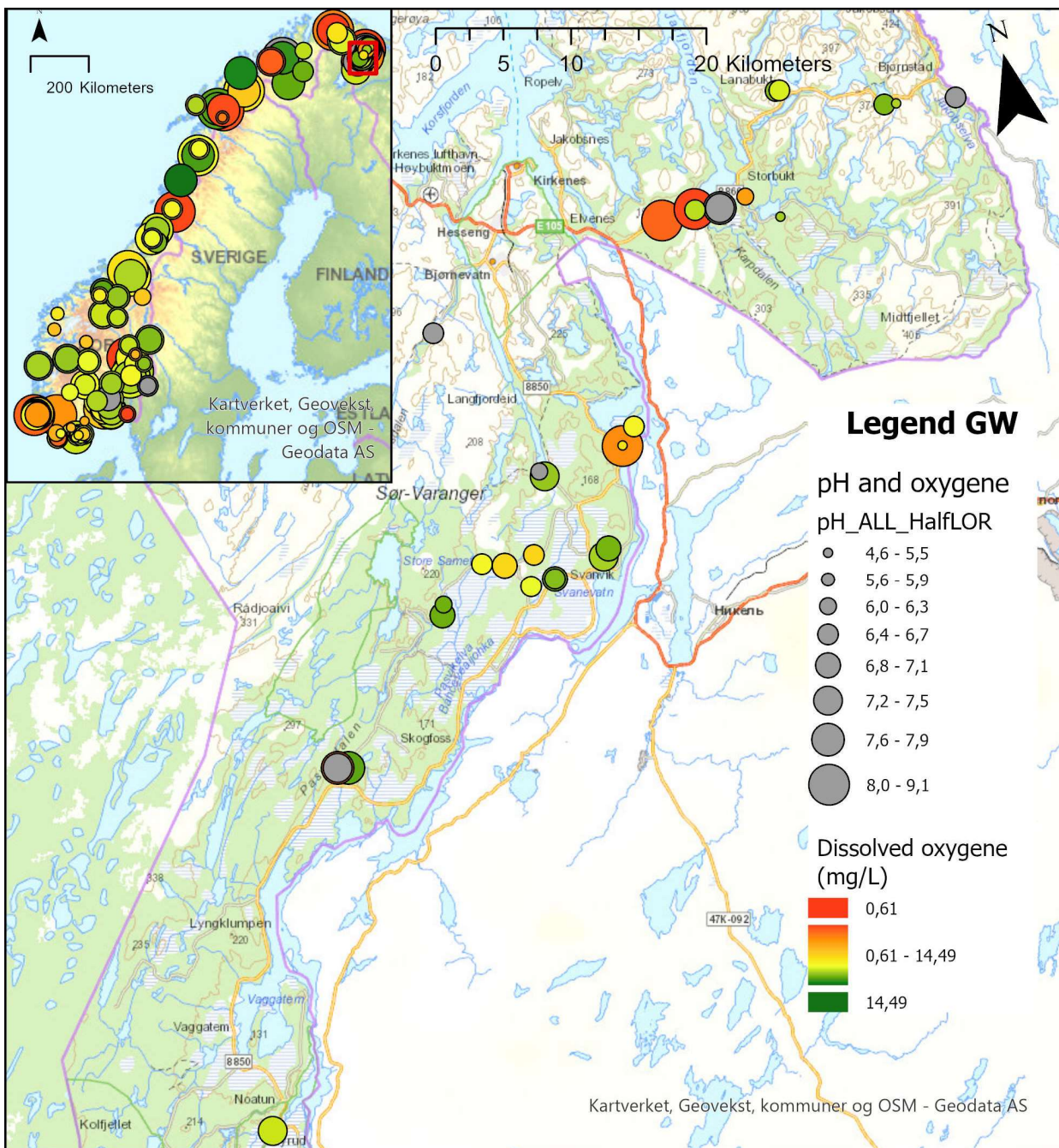
Område	Jordsjikt	Lokalitet	Humus typisk dybde (cm) 3)	Sekvensiell ekstraksjon 2)					
				LH101 (1:10)	GC002 (2:4)	LH102 "Lett utbyttbart"	LH103 "Fra org. matr."	LH104 "Fra Min-oksider"	LH105 "Fra Fe-oksider"
				pH	pH	pH	pH	pH	pH
Svanvik	Humus topp	Hum2020_02	9	3,68		4,6	5,72	3,16	2,39
		Hum2020_02	-	3,57		4,58	5,7	3,23	2,4
		Hum2020_03	18		3,37	-	-	-	-
		Hum4001	5	3,44		4,6	5,62	3,29	2,45
		Hum4002	3		3,45	-	-	-	-
		Hum4003	10		3,28	-	-	-	-
		Hum4004	6		3,27	-	-	-	-
		Hum4005	10		3,03	-	-	-	-
		Svanvik	6	3,45		4,6	5,37	3,67	2,58
		Hum4004_81	7		3,36	-	-	-	-
	Svanvik_sam	11		3,19	-	-	-	-	
	Humus bunn	Hum2020_02	9	3,86		4,58	5,98	2,74	2,24
		Hum2020_03	18		3,39	-	-	-	-
		Hum4005	10		2,92	-	-	-	-
		Svanvik	6	3,42		4,58	5,47	3,42	2,54
		Hum4004_81	7		3,28	-	-	-	-
	Svanvik_sam	11		3,17	-	-	-	-	
	B	Hum2020_02	9	5,56		4,85	9,74	2,16	2,7
		Hum2020_02	-	5,51		4,84	9,74	1,94	2,57
		Hum4001	5	5,05		4,85	9,68	2,44	2,72
		Svanvik	6	4,89		4,84	9,48	2,68	2,81
		Hum4004_81	7		4,17	-	-	-	-
	C	Hum2020_02	9	5,95		4,84	9,76	2,4	2,57
		Hum2020_02	-	6,02		4,82	9,82	2,09	2,64
Hum4001		5	5,27		4,82	9,79	2,08	2,59	
Svanvik		6	5,77		4,84	9,83	1,97	2,61	
Hum4004_81		7		5,56	-	-	-	-	
Jarvfjord	Humus topp	Hum4006	3	3,76		4,57	5,47	3,54	2,49
		Hum4007	20	3,52		4,57	5,9	3,08	2,38
		Hum4008	20	3,68		4,56	5,68	3,43	2,47
		Hum4009	15	3,75		4,59	5,64	3,24	2,45
		Hum4010	18		3,28	-	-	-	-
		Karpdalen	15	3,55		4,69	5,57	3,25	2,47
		Karpdalen	15		3,19	-	-	-	-
	Humus bunn	Hum4007	20	3,66		4,57	5,9	3,25	2,48
		Hum4008	20	3,52		4,56	5,72	3,26	2,32
		Hum4009	15	3,80		4,58	6,46	2,84	2,28
		Hum4010	18		3,19	-	-	-	-
		Karpdalen	15	3,52		4,6	5,69	3,23	2,42
	B	Hum4006	3	5,28		4,85	9,66	2,13	2,67
		Hum4007	20	4,32		4,87	9,67	3	2,88
		Hum4008	20	4,97		4,87	9,75	2,69	2,74
		Hum4009	15	5,10		4,88	9,52	2,04	2,61
		Hum4010	18		4,02	-	-	-	-
		Karpdalen	15	4,66		4,79	9,5	1,98	2,63
	C	Hum4006	3	5,32		4,86	9,48	2,16	2,72
		Hum4007	20	5,15		4,86	9,85	2,08	2,6
		Hum4008	20	5,01		4,88	9,76	2,53	2,69
		Hum4009	15	4,50		4,87	9,49	1,94	2,63
		Hum4010	18		4,31	-	-	-	-
		Karpdalen	15	5,28		4,79	9,68	2,02	2,64

¹⁾Måleverdier under «LH101» er målt etter 1:10 oppslutning av (1g jord i 10 ml vann), mens laboratoriet i «GC002» benyttet 1:2 (2 g jord i 4 ml vann). Se om sekvensiell ekstraksjon i kapittel 4.6.4 og måling av pH i ekstraktene i kapittel 4.6.6.).

²⁾Grå tall (under de fire ekstraktene LH102-LH105) er pH-verdier målt etter tilsetning av ulike kjemiske forbindelser for å legge bl.a. metaller. Etter denne tilsetningen gir pH-verdiene liten mening i seg selv, men forteller hva pH var under ekstraksjonen av metaller fra den enkelte prøven, samt litt om bufferkapasiteten i de ulike jordsjiktene.

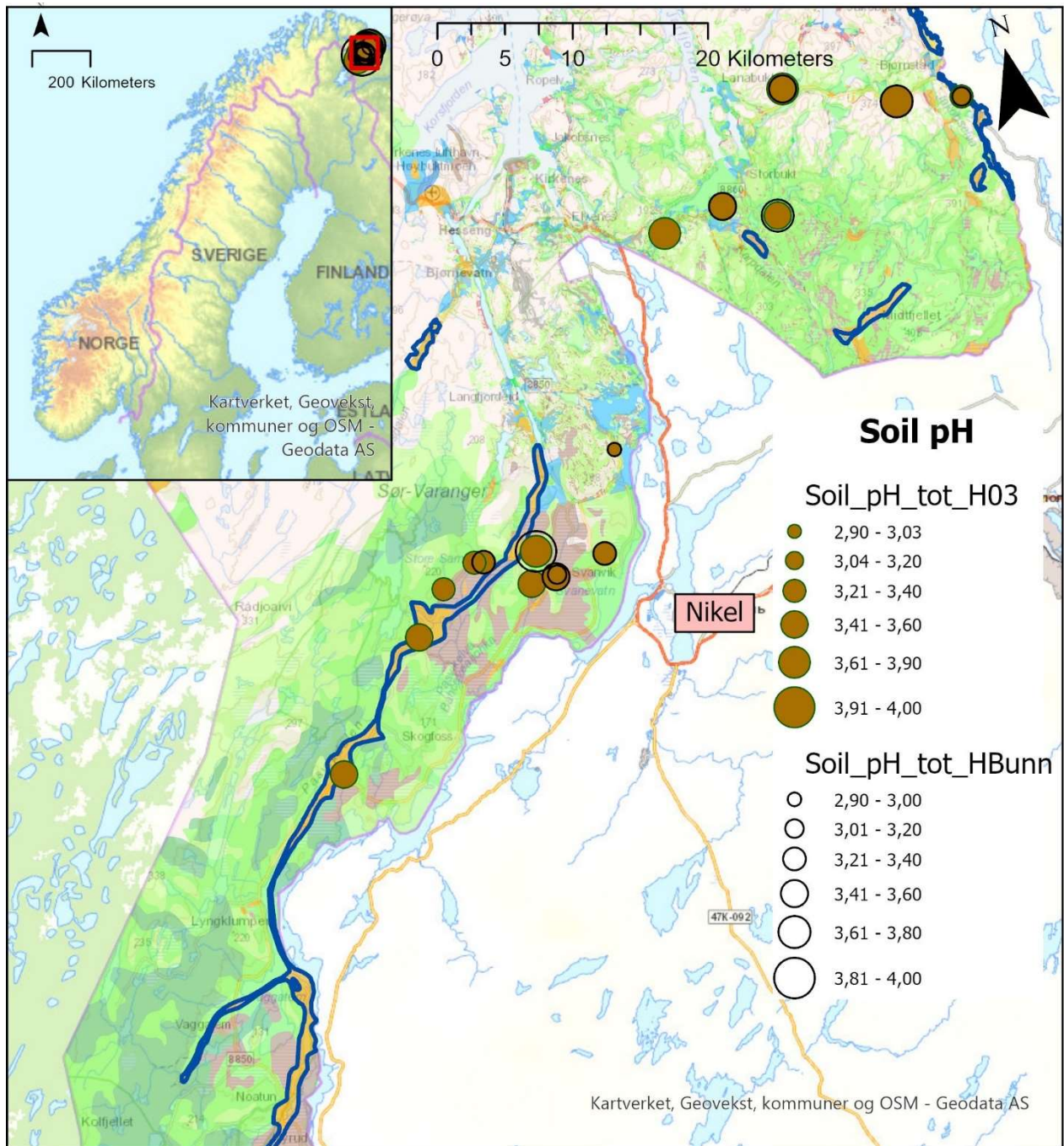
³⁾Humuslagets tykkelse

V2.15-2 pH og oksygen i grunnvann



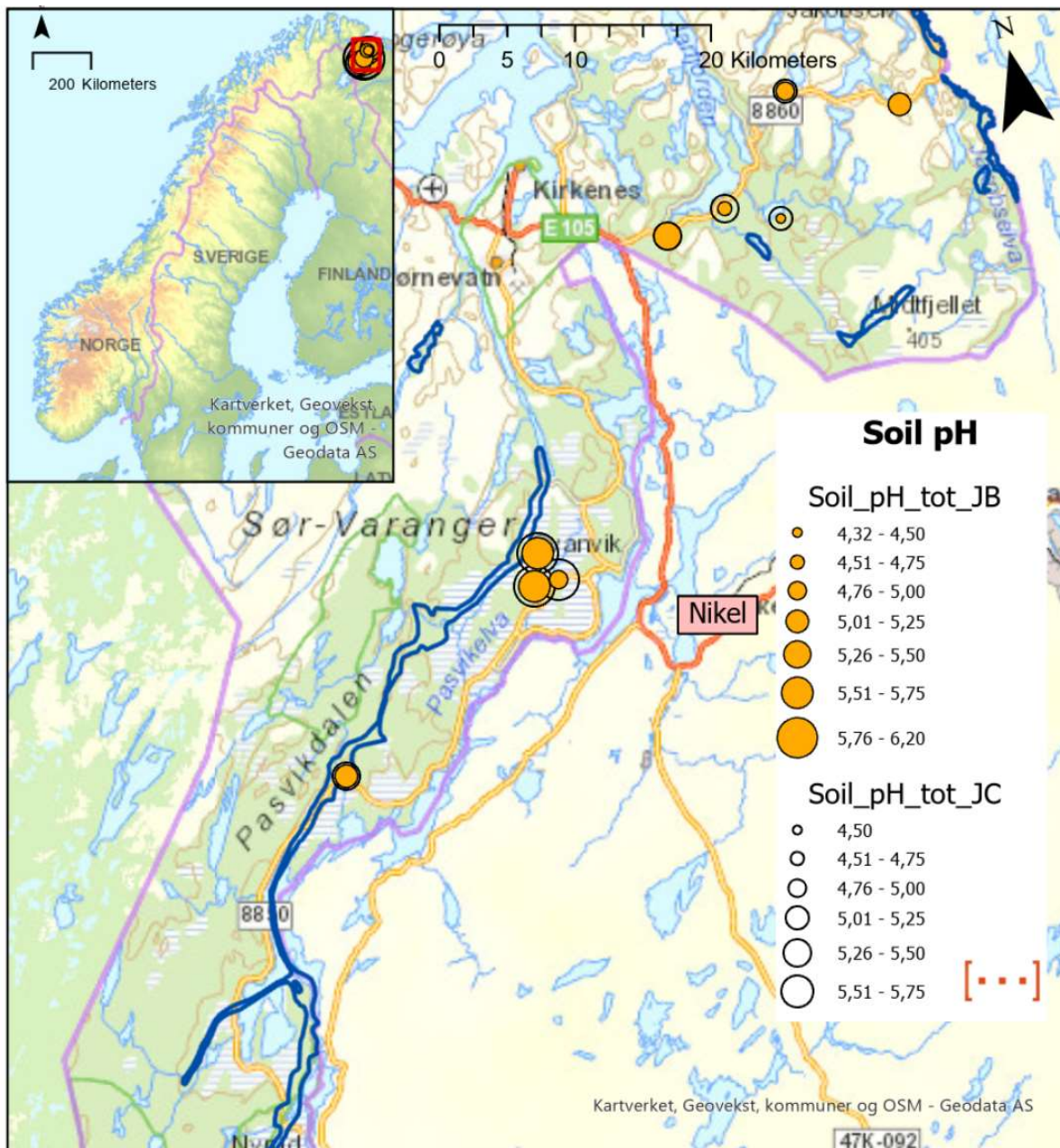
Figur V2.15A: Surhet (pH) og oksygen Pasvik og Norge (innfelt). Symbolstørrelse angir pH, farge angir oksygenkonsentrasjon (mg/L). Orange er oksygenfattig, gult mellomting (~7 mg/L), grønt er oksygenrikt/mettet, grått ikke målt. ²⁾Norgeskart viser målinger etter 2014 fra Landsomfattende mark- og grunnvannnett (upåvirket av lokal belastning). På Sør- og Østlandet i tillegg en del til dels antropogent belastede kilder og brønner kartlagt i 2020-21 (se om data i kapittel 4.9.1).

V2.15-3 pH i jordsjikt 1 og 2



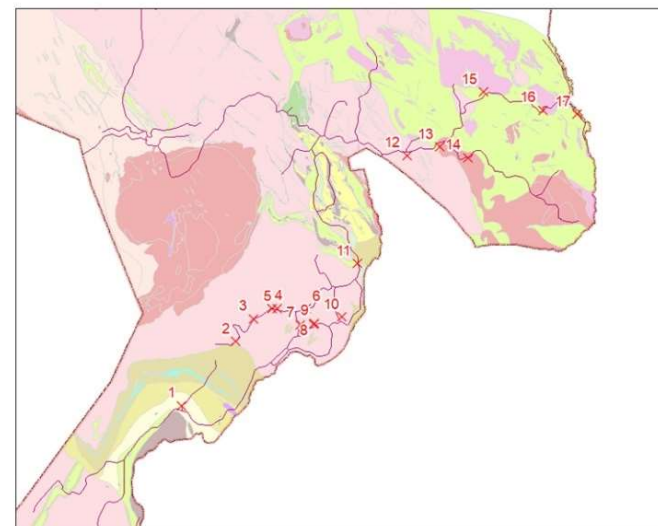
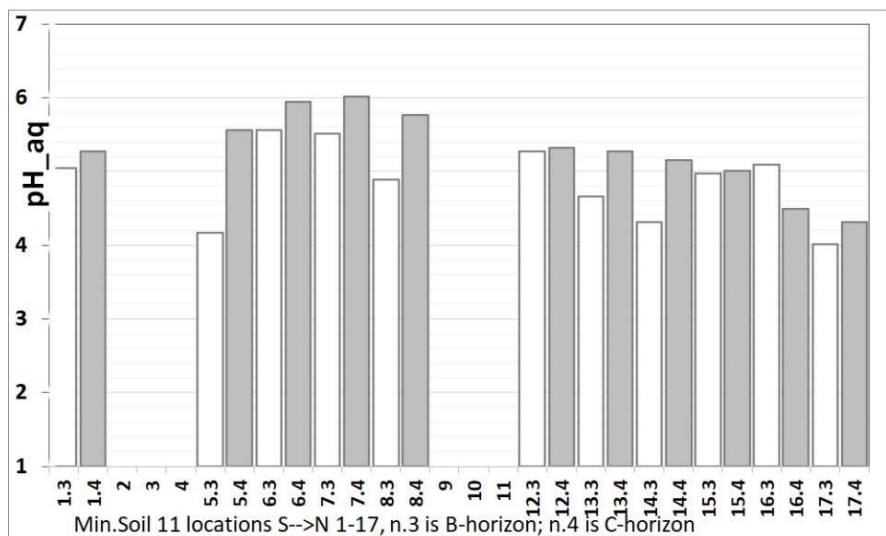
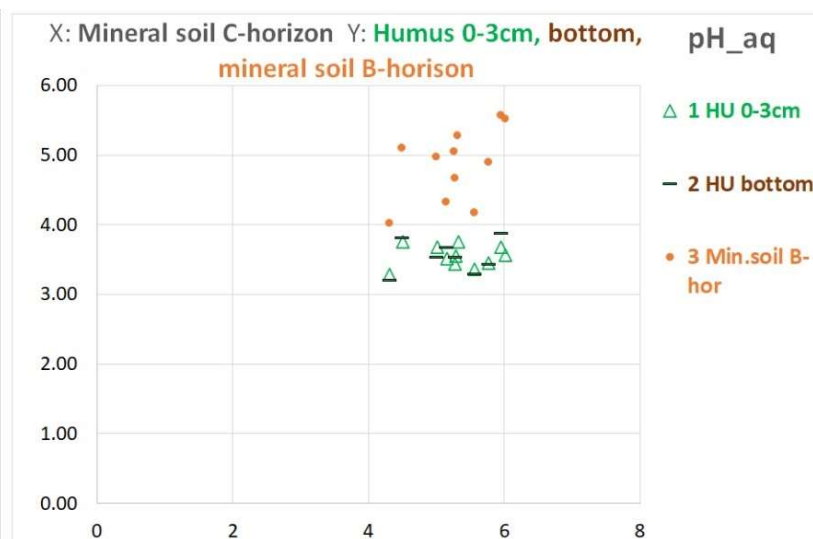
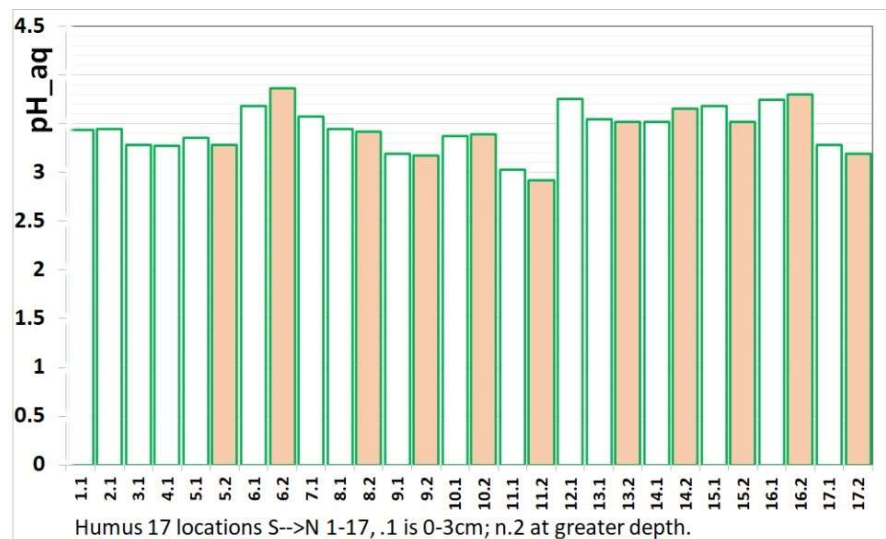
Figur V2.15B: Surhet (pH) i jordsjiktene¹⁾ 1: Øvre humus (.._H03) og 2. H_Bunn i Pasvik. ¹⁾ Se mer om jordsjiktene i kapittel Feil! Fant ikke referanseilden.. ²⁾NB; kartet avviker fra tilsvarende kart i vedlegget med å vise sjikt 1 og 2 (Øvre og Nedre humus). Kartet viser også løsmasser som bakgrunn: Gul og orange farger er henh. (ofte vannførende) elve- og breelvavsetninger, grønn farger er morene, blå er finkornede marine avsetninger, lyse/hvite farger er bart fjell og mørk brun er myr (se Figur 3.10A for nøyaktig tegnforklaring). Blå sterk rundt grunnvannsforekomster (se eventuelle oppdateringer i Vannmiljøportalen 2022).

V2.15-4 pH i jordsjikt 3 og 4



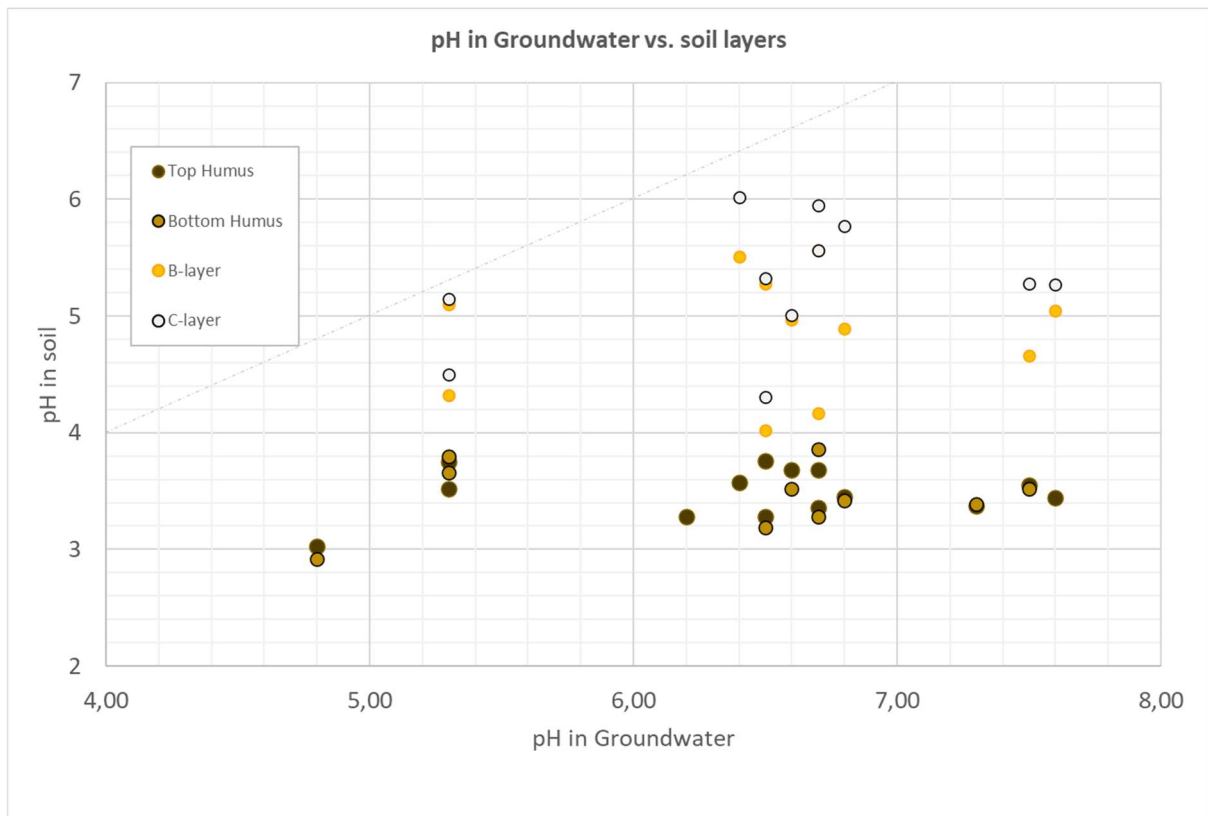
Figur V2.15C: Surhet (pH) i jordsjiktene: 3. Utfellingslaget (..._JB) 4:Mineraljorda (...JC) i Pasvik . Se mer om jordsjiktene i kapittel Feil! Fant ikke referansekilden.. Kartet avviker fra tilsvarende kart vedlegget med å vise sjikt 3 og 4.

V2.15-5 pH i jordsjiktene; diagrammer



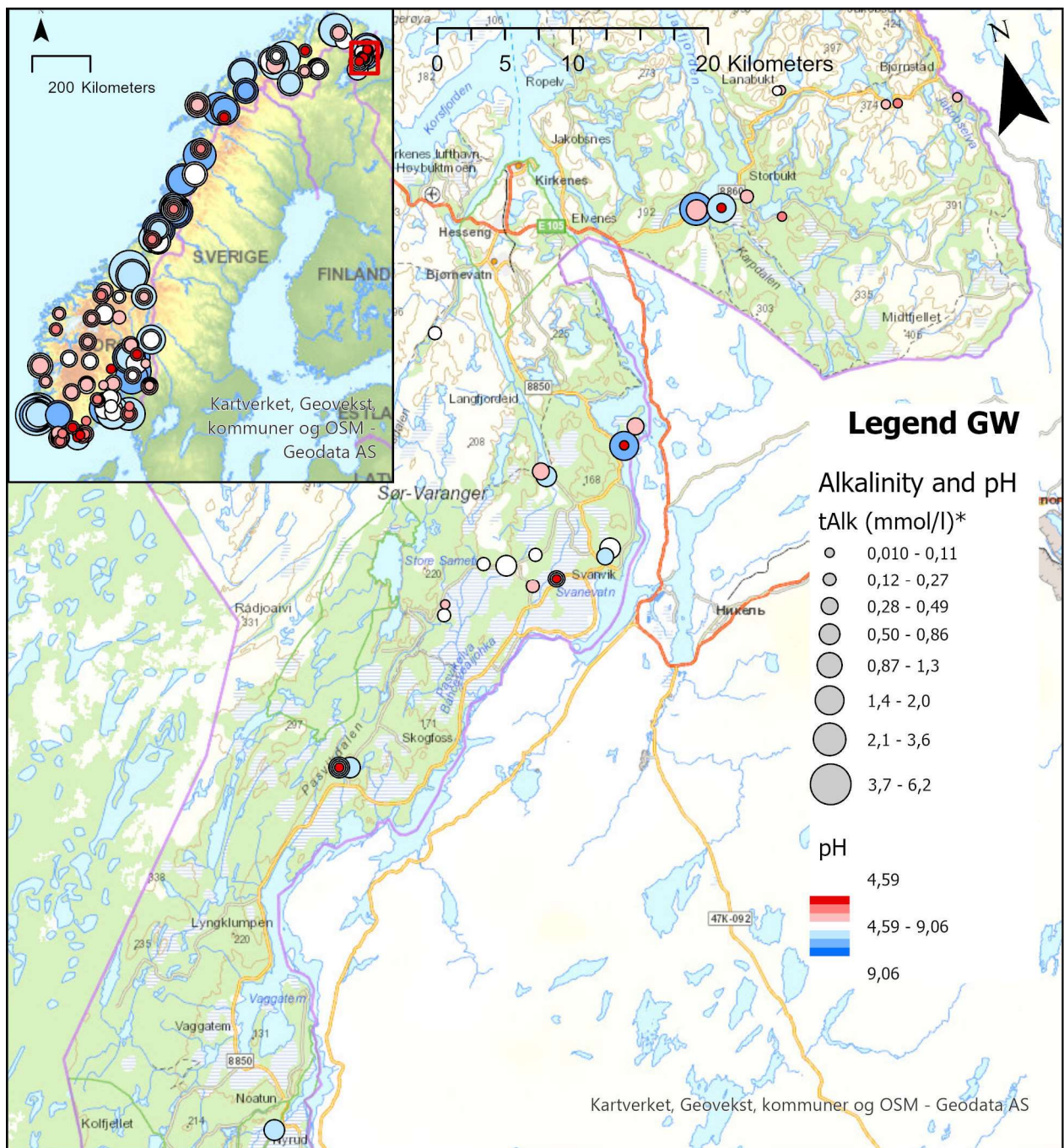
Figur V2.15D: Surhet (pH) i jordsjiktene. *Diagram øverst til venstre* viser jordlokalitetene sortert ~NV-SØ langs X-aksen. «17.1» på x-aksen betyr følgelig nord-østligste jordlokalitet 17 (se kartet) og sjikt 1 (dvs ...H03 - Øvre humussjikt). Følgelig blir på samme lokalitet: «17.2» = Hbunn - Nedre humussjikt. I figuren under tilsvarende: «17.3» = JB - utfellingslaget – B-horisont. «17.4» = JC – mineraljord – C-horisont. *Figur øverst til høyre* viser scatterplot med sjikt 4 (JC) langs X-akse plottet mot hver av de tre andre jordsjiktene (se tegnforklaring).

V2.15-6 pH i jord vs grunnvann



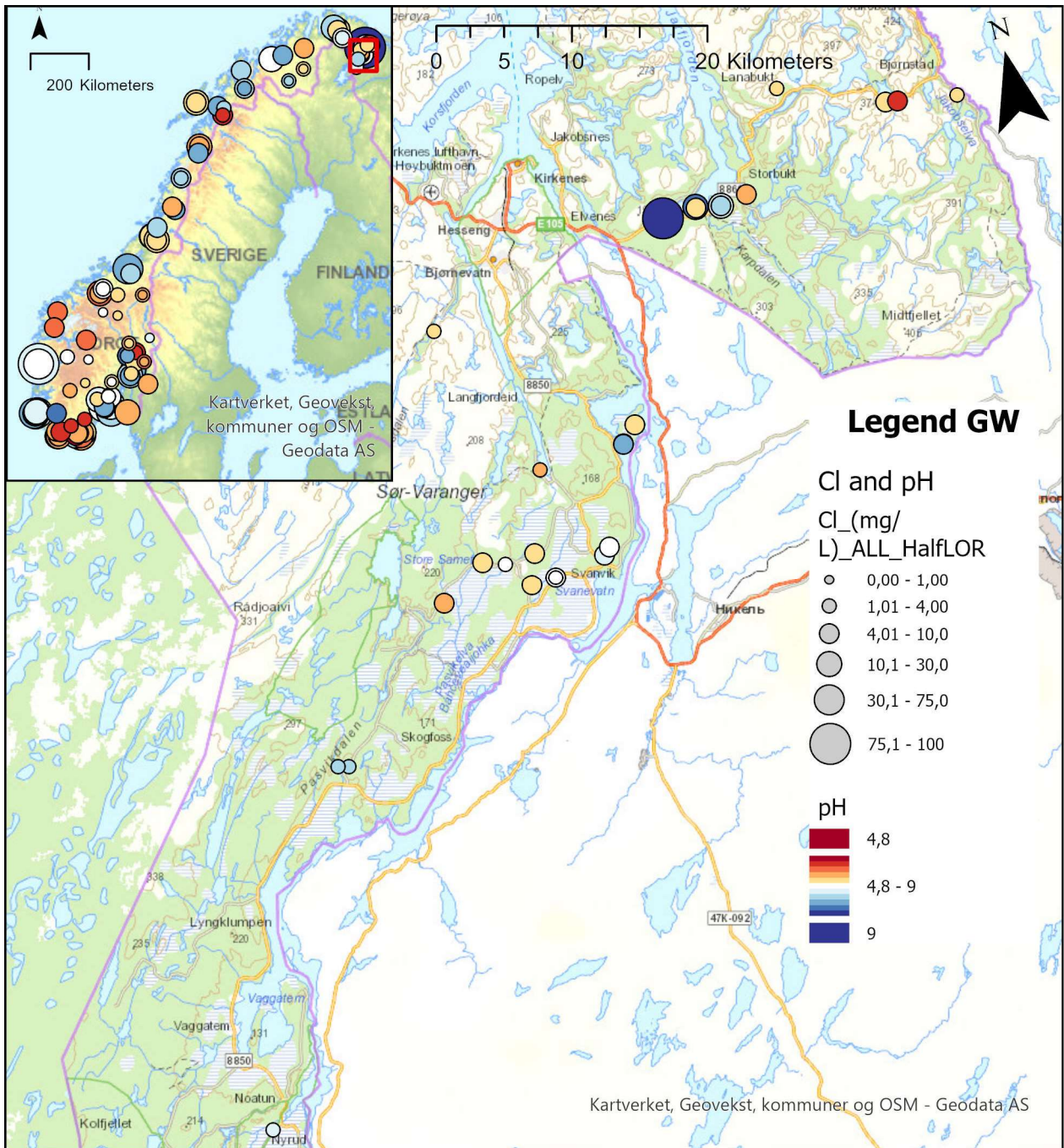
Figur V2.15E: pH i jord vs. pH i grunnvann på lokaliteter der disse er sammenlignbare (nærliggende).

V2.16: Alkalitet og pH i grunnvann



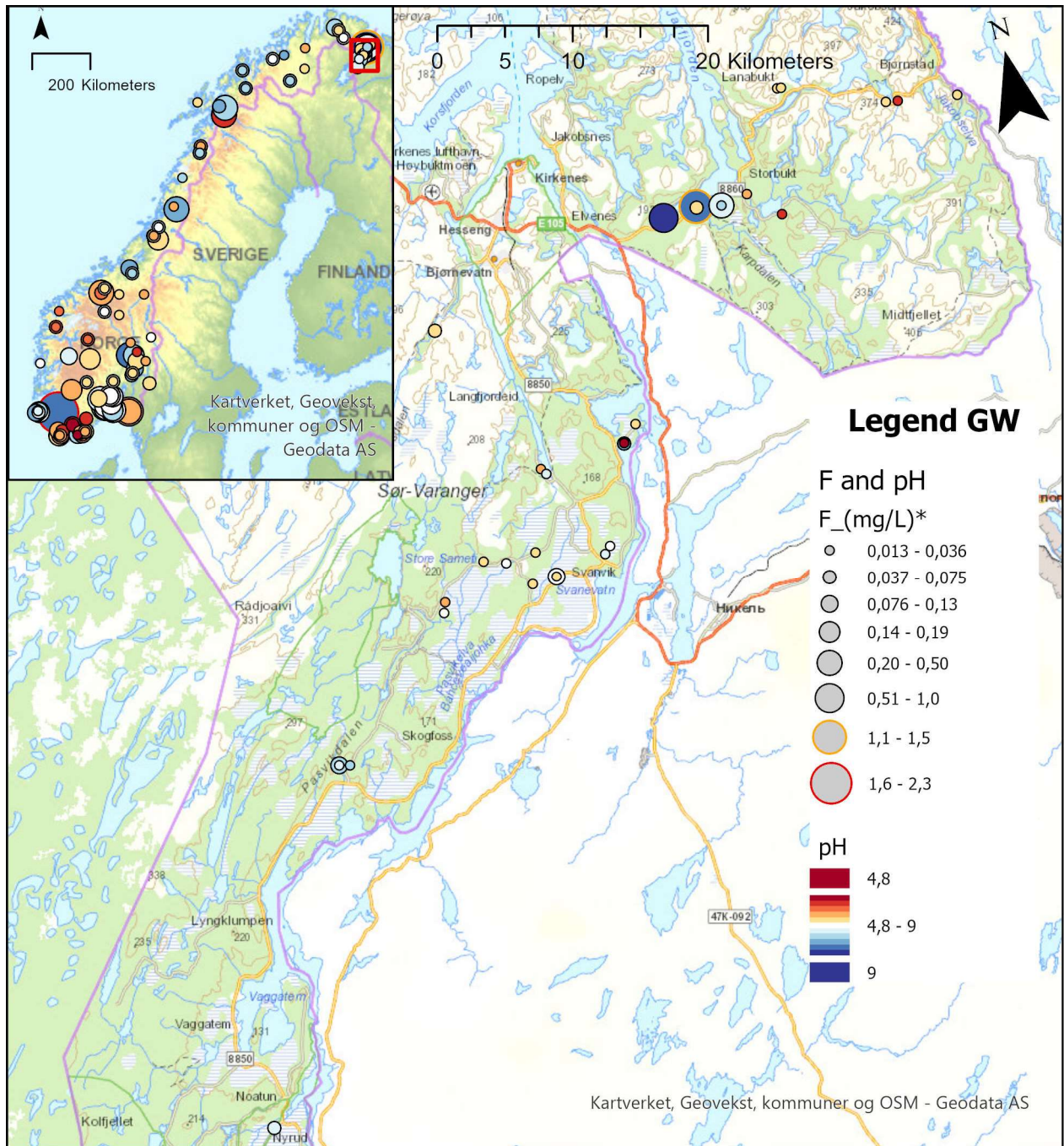
Figur V2.16A: Totalalkalitet (bufferkapasitet mot pH-endringer) i grunnvann (mmol /L); Pasvik og Norge (innfelt). Symbolstørrelse angir konsentrasjon, farge angir surhet (pH). Rødt surt, hvitt nøytralt (~7), blått basisk. ²⁾Norgeskart viser målinger etter 2014 fra Landsomfattende mark- og grunnvannsnnett (upåvirket av lokal belastning). På Sør- og Østlandet i tillegg en del til dels antropogent belastede kilder og brønner kartlagt i 2020-21 (se om data i kapittel 4.9.1).

V2.17: Klorid i grunnvann



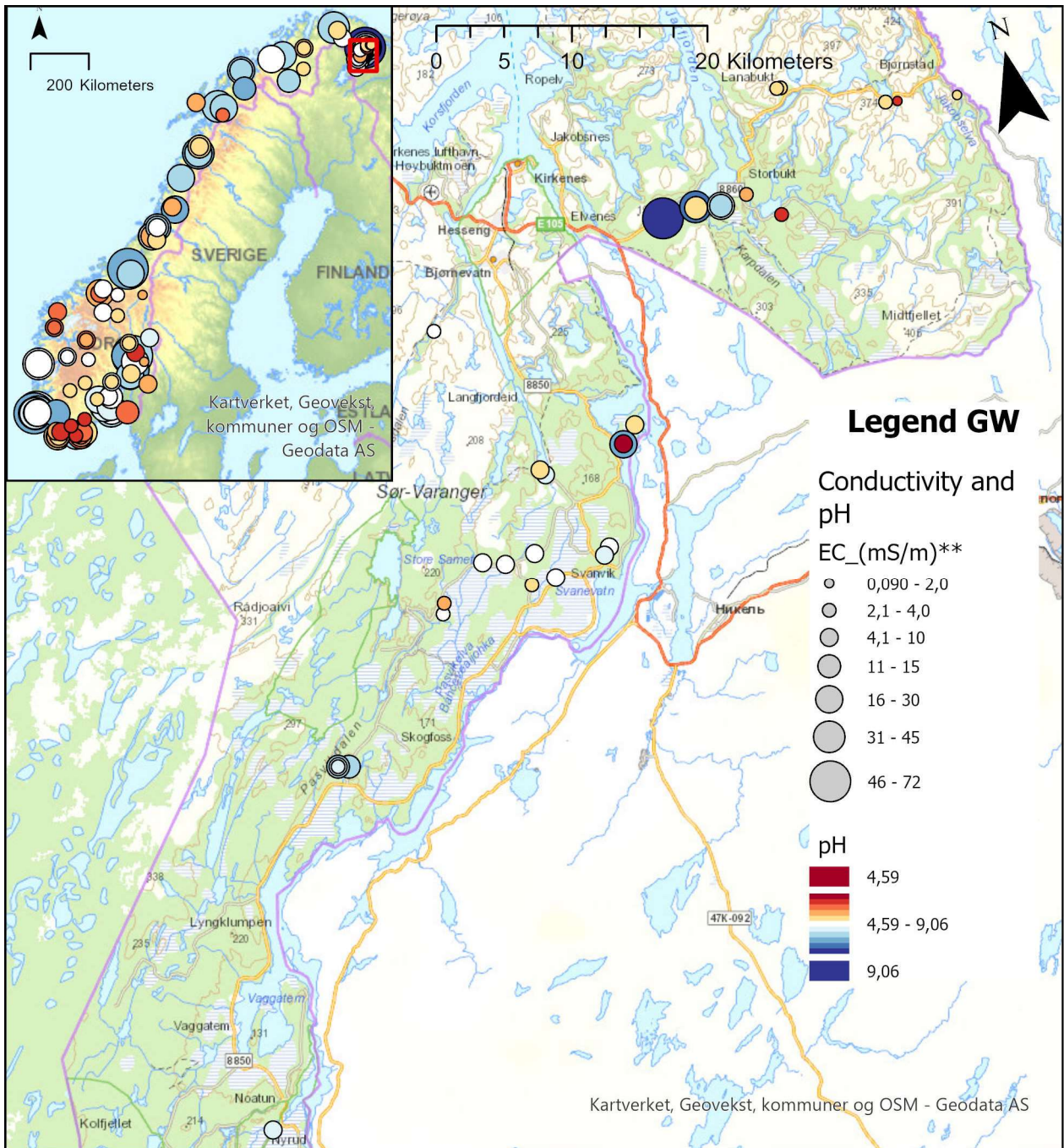
Figur V2.17A: Klorid i grunnvann (mg/L); Pasvik og Norge (innfelt). Symbolstørrelse angir konsentrasjon, farge angir surhet (pH). Rødt surt, hvitt nøytralt (~7), blått basisk. ²⁾Norgeskart viser målinger etter 2014 fra Landsomfattende mark- og grunnvannsnett (upåvirket av lokal belastning). På Sør- og Østlandet i tillegg en del til dels antropogent belastede kilder og brønner kartlagt i 2020-21 (se om data i kapittel 4.9.1).

V2.18: Fluorid i grunnvann



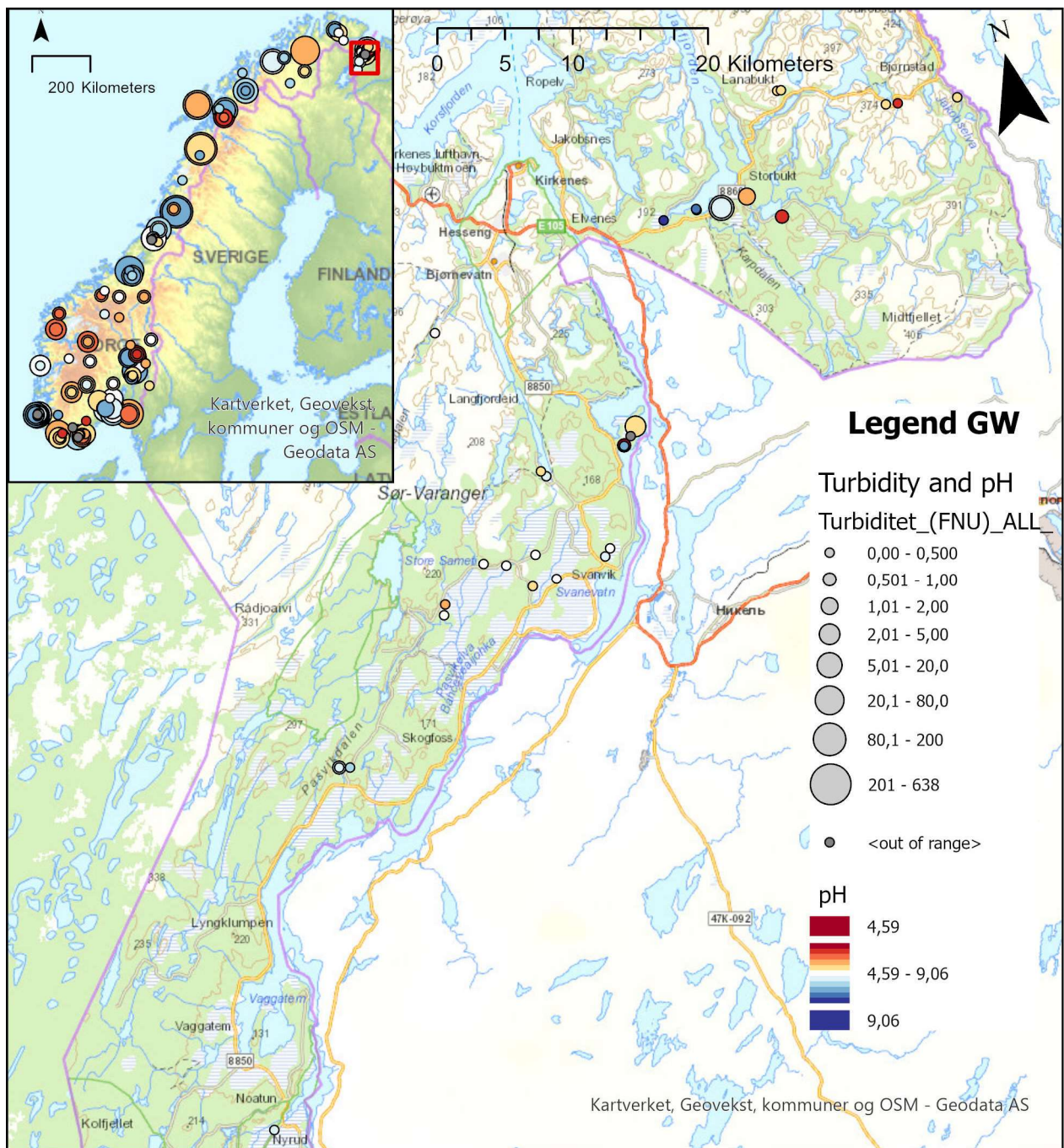
Figur V2.18A: Fluorid i grunnvann (mg F/L); Pasvik og Norge (innfelt). Symbolstørrelse angir konsentrasjon, farge angir surhet (pH). Rødt surt, hvitt nøytralt (~7), blått basisk.
²⁾Norgeskart viser målinger etter 2014 fra Landsomfattende mark- og grunnvannnett (upåvirket av lokal belastning). På Sør- og Østlandet i tillegg en del til dels antropogent belastede kilder og brønner kartlagt i 2020-21 (se om data i kapittel 4.9.1).

V2.19: Konduktivitet i grunnvann



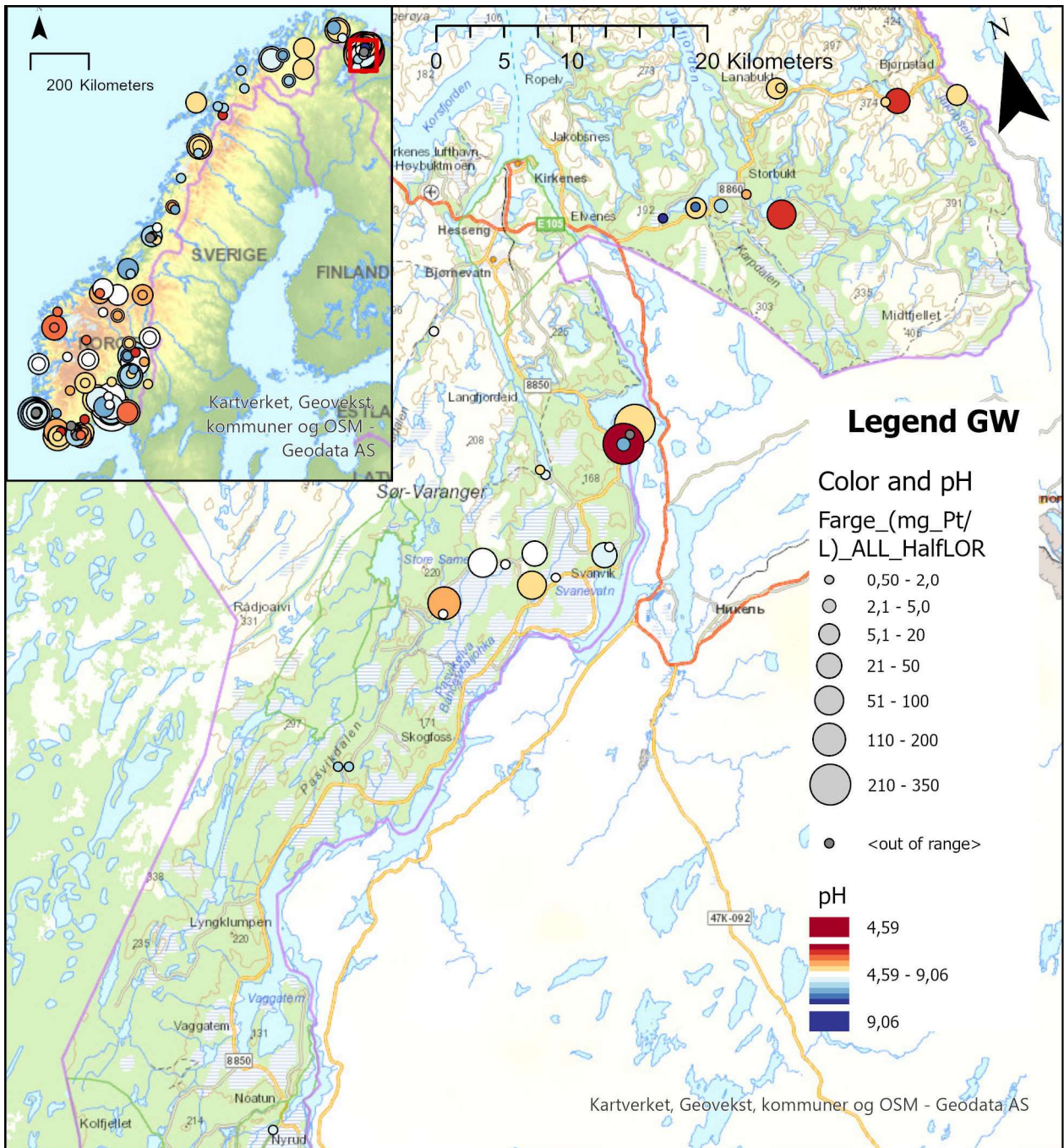
Figur V2.19A: Konduktivitet (elektrisk ledningsevne) i grunnvann (mS/m); Pasvik og Norge. Symbolstørrelse angir ledningsevnen. Farge angir surhet (pH)¹⁾. Innfelt norgeskart viser målinger fra Landsomfattende mark- og grunnvannsnett (upåvirket av lokal belastning) fra etter 2014²⁾ (se mer om data i kapittel 4.9.1). ¹⁾ Rød surt, hvitt nøytralt, blått basisk. ²⁾ Sør for Dovre ligger det også en del kartlagte antropogent belastede og ubelastede grunnvannskilder og Brønner fra 2020-2021.

V2.20: Turbiditet i grunnvann



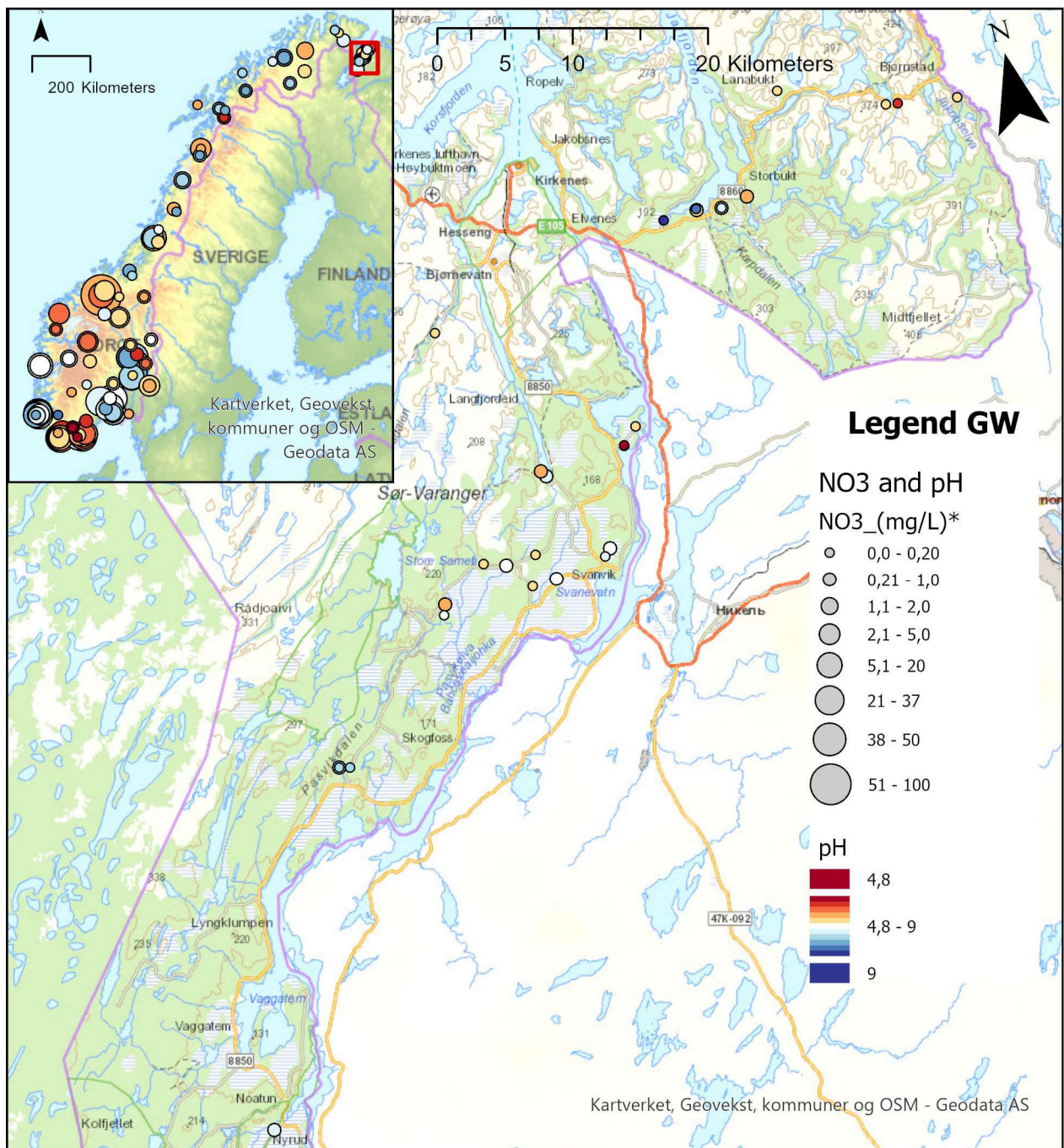
Figur 2.20A: Turbiditet («partikkeltetthet») i grunnvann (FNU); Pasvik og Norge (innfelt). Symbolstørrelse angir konsentrasjon, farge angir surhet (pH). Rødt surt, hvitt nøytralt (~7), blått basisk. 2) Norgeskart viser målinger etter 2014 fra Landsomfattende mark- og grunnvannnett (upåvirket av lokal belastning). På Sør- og Østlandet i tillegg en del til dels antropogent belastede kilder og brønner kartlagt i 2020-21 (se om data i kapittel 4.9.1).

V2.21: Farge i grunnvann



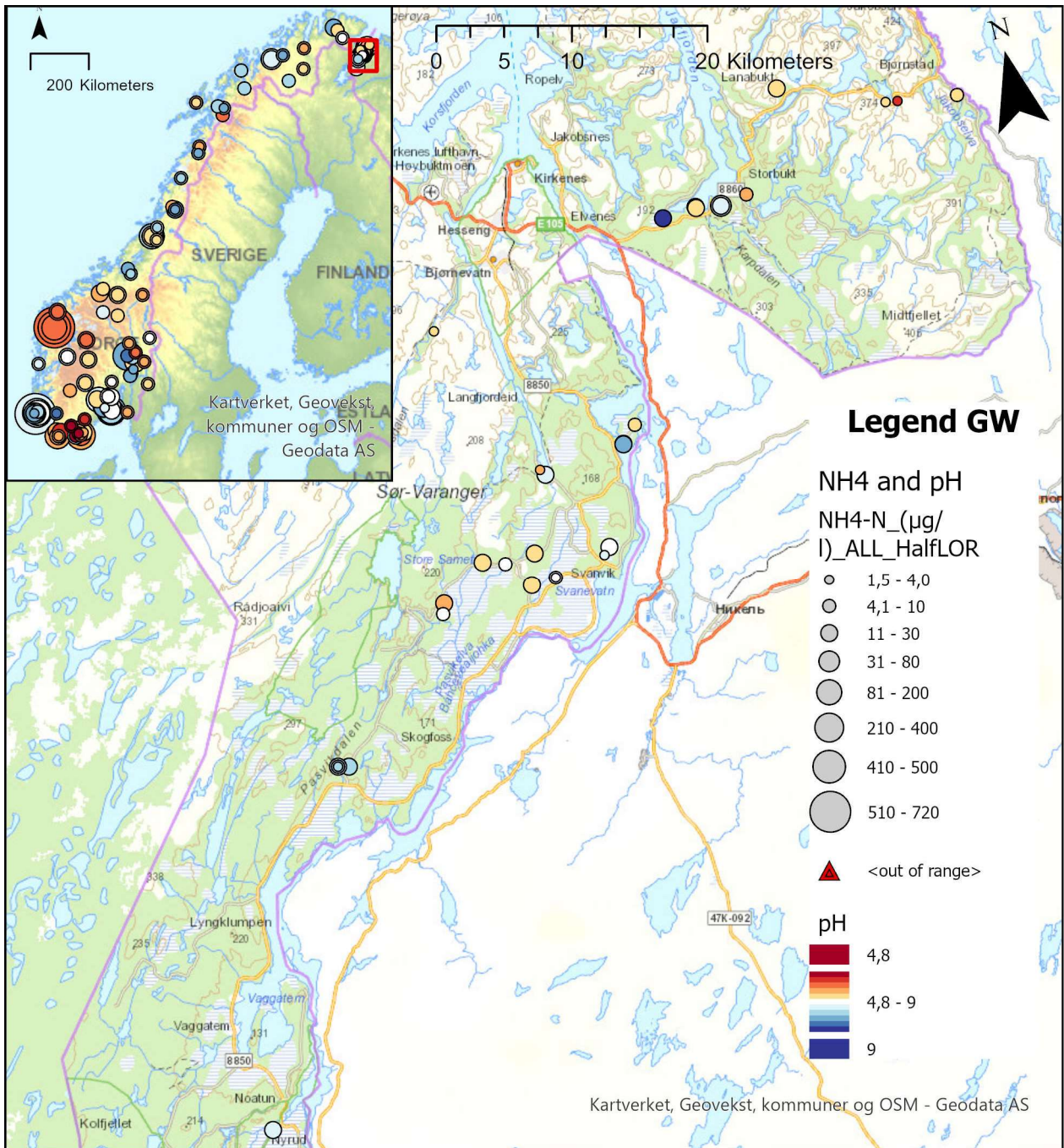
Figur V2.21A: Fargetall i grunnvann (mg Pt/L); Pasvik og Norge (innfelt). Symbolstørrelse angir konsentrasjon, farge angir surhet (pH). Rødt surt, hvitt nøytralt (~7), blått basisk. ²⁾Norgeskart viser målinger etter 2014 fra Landsomfattende mark- og grunnvannsnett (upåvirket av lokal belastning). På Sør- og Østlandet i tillegg en del til dels antropogent belastede kilder og brønner kartlagt i 2020-21 (se om data i kapittel 4.9.1).

V2.22: Nitrat i grunnvann



Figur V2.22A: Nitrat i grunnvann (mg NO₃/L); Pasvik og Norge (innfelt). Symbolstørrelse angir konsentrasjon, farge angir surhet (pH). Rødt surt, hvitt nøytralt (~7), blått basisk. ²⁾Norgeskart viser målinger etter 2014 fra Landsomfattende mark- og grunnvannsnett (upåvirket av lokal belastning). På Sør- og Østlandet i tillegg en del til dels antropogent belastede kilder og brønner kartlagt i 2020-21 (se om data i kapittel 4.9.1).

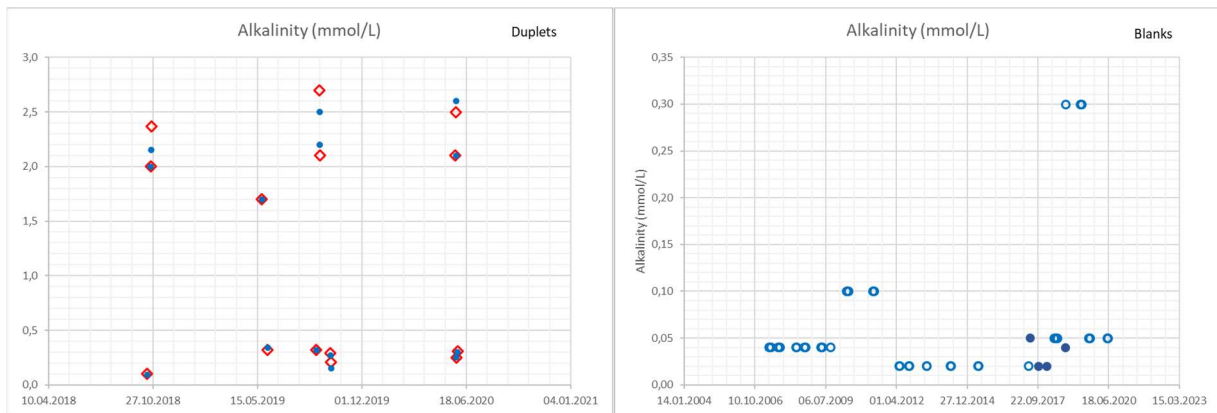
V2.23: Ammonium i grunnvann



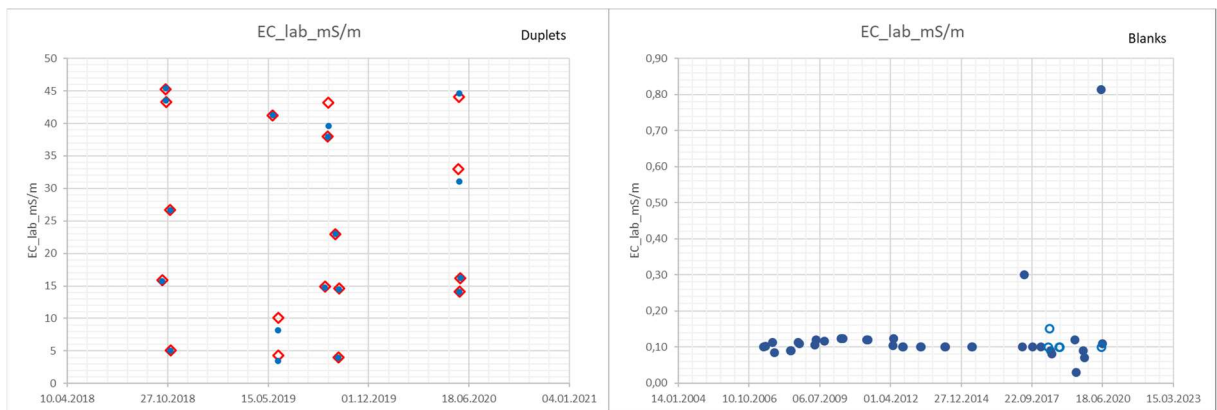
Figur V2.23A: Ammonium i grunnvann ($\mu\text{g NH}_4\text{-N/L}$); Pasvik og Norge (innfelt). Symbolstørrelse angir konsentrasjon, farge angir surhet (pH). Rødt surt, hvitt nøytralt (~ 7), blått basisk. ²⁾Norgeskart viser målinger etter 2014 fra Landsomfattende mark- og grunnvannsnett (upåvirket av lokal belastning). På Sør- og Østlandet i tillegg en del til dels antropogent belastede kilder og brønner kartlagt i 2020-21 (se om data i kapittel 4.9.1).

Vedlegg 3: Kvalitetskontroll med blankverdier og dubletter i grunnvann og jord

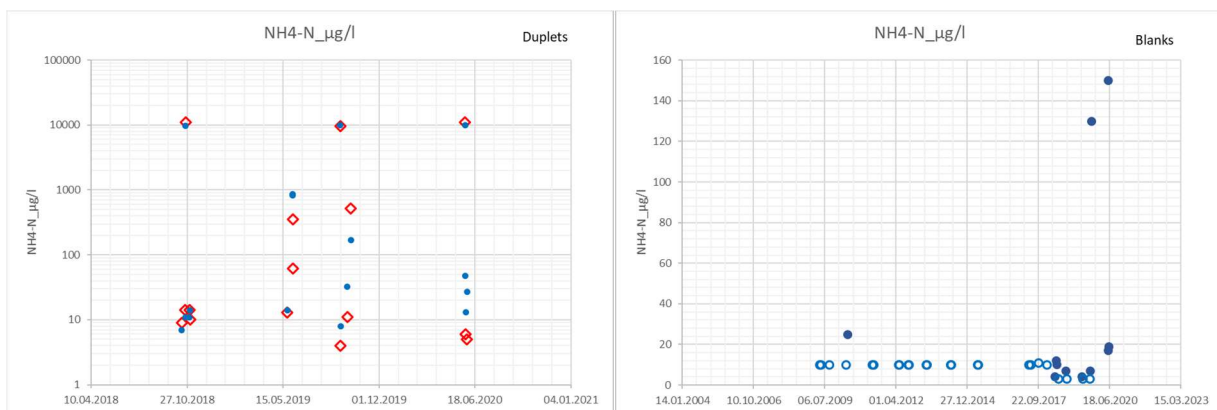
V3.1: Grunnvann



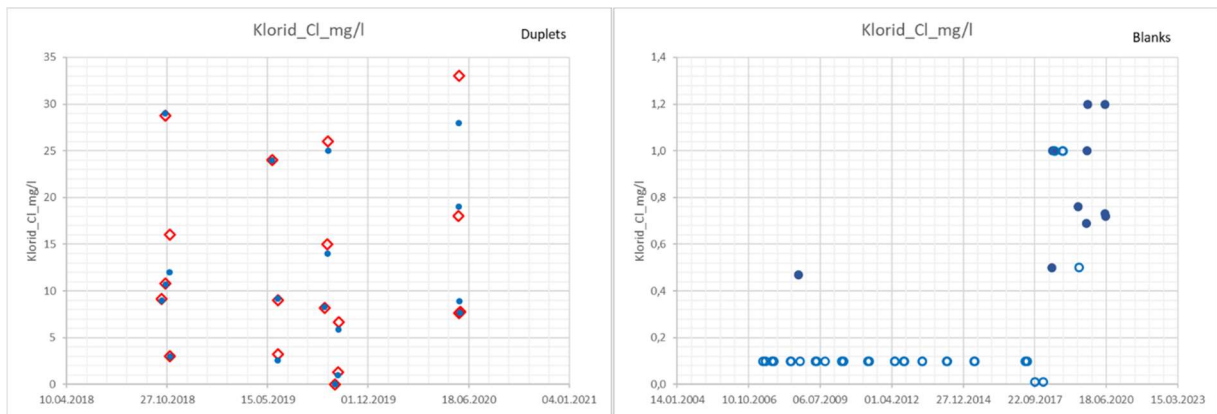
Figur V3.1: Dubletter og blankverdier for t-alkalitet. Vurdering i kapittel 4.7.1.



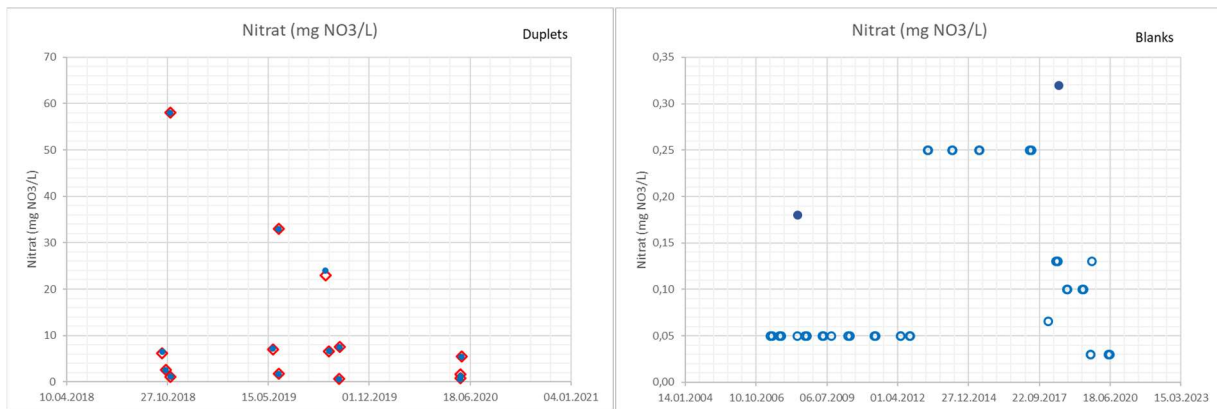
Figur V3.2: Dubletter og blankverdier for elektrisk ledningsevne (konduktivitet). Vurdering i kapittel 4.7.1.



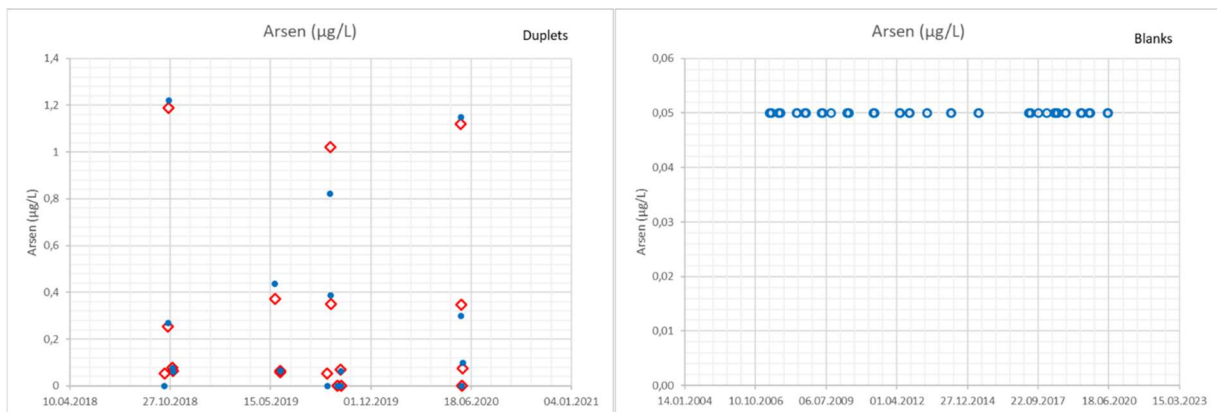
Figur V3.3: Dubletter og blankverdier for Ammonium. Vurdering i kapittel 4.7.1.



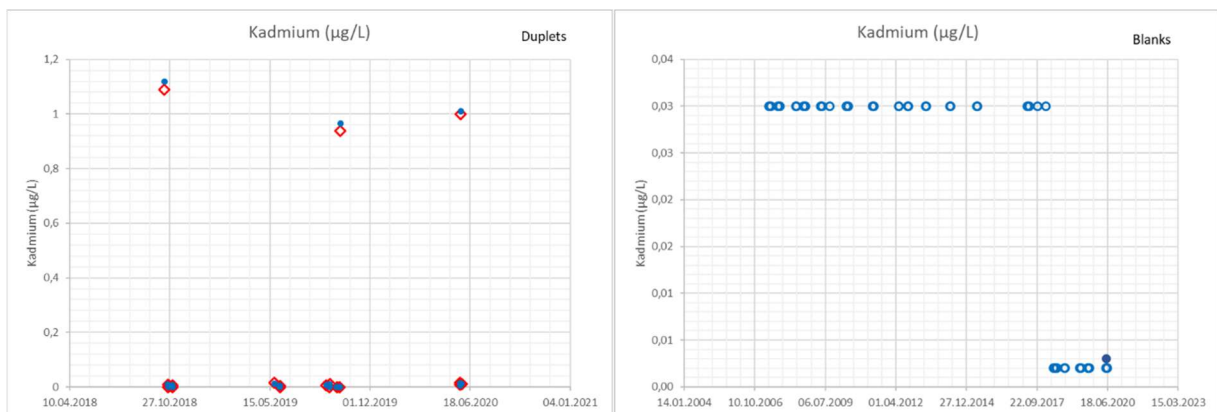
Figur V3.4: Dubletter og blankverdier for Klorid. Vurdering i kapittel 4.7.1.



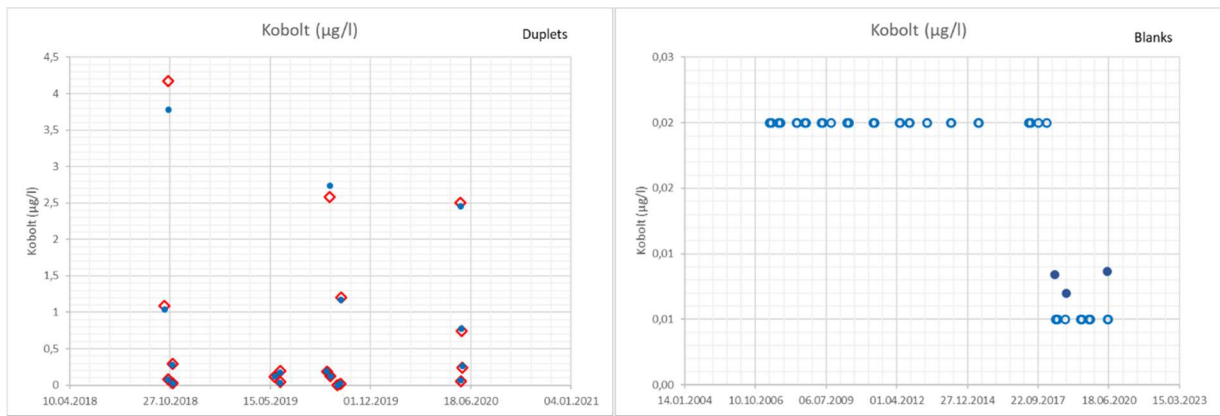
Figur V3.5: Dubletter og blankverdier for Nitrat. Vurdering i kapittel 4.7.1.



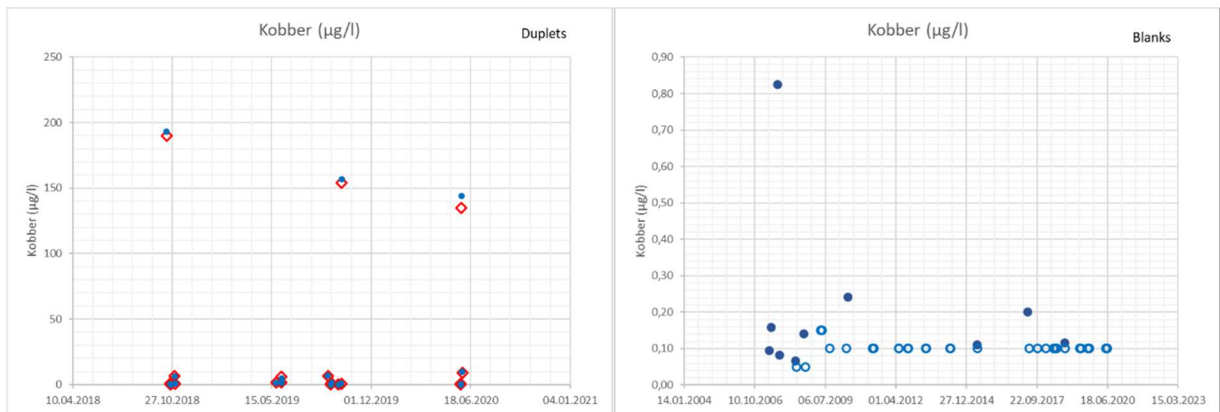
Figur V3.6: Dubletter og blankverdier for Arsen. Vurdering i kapittel 4.7.1.



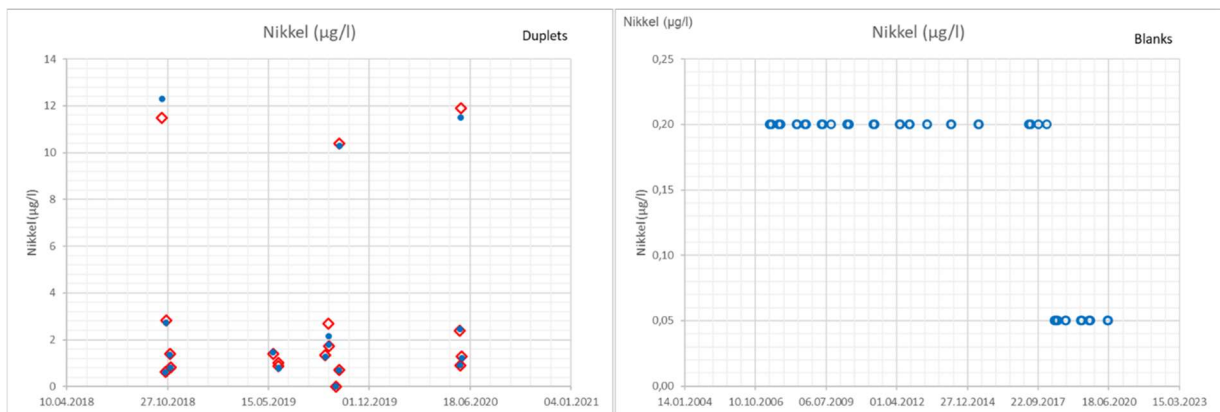
Figur V3.7: Dubletter og blankverdier for Kadmium. Vurdering i kapittel 4.7.1.



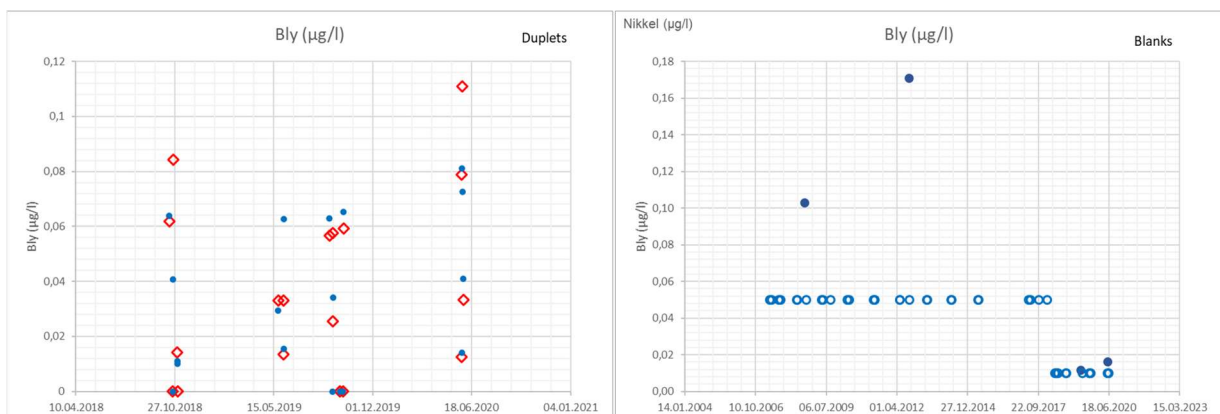
Figur V3.8: Dubletter og blankverdier for Kobolt. Vurdering i kapittel 4.7.1.



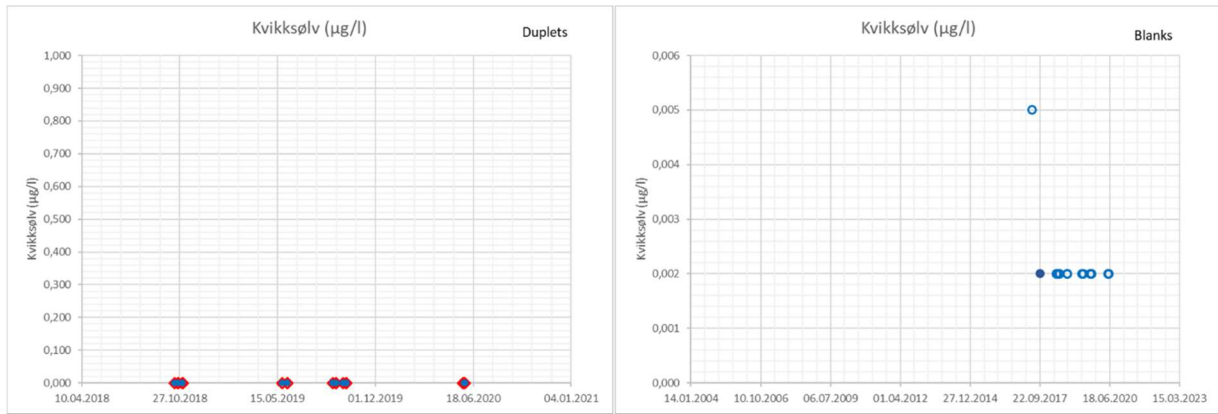
Figur V3.9: Dubletter og blankverdier for Kobber. Vurdering i kapittel 4.7.1.



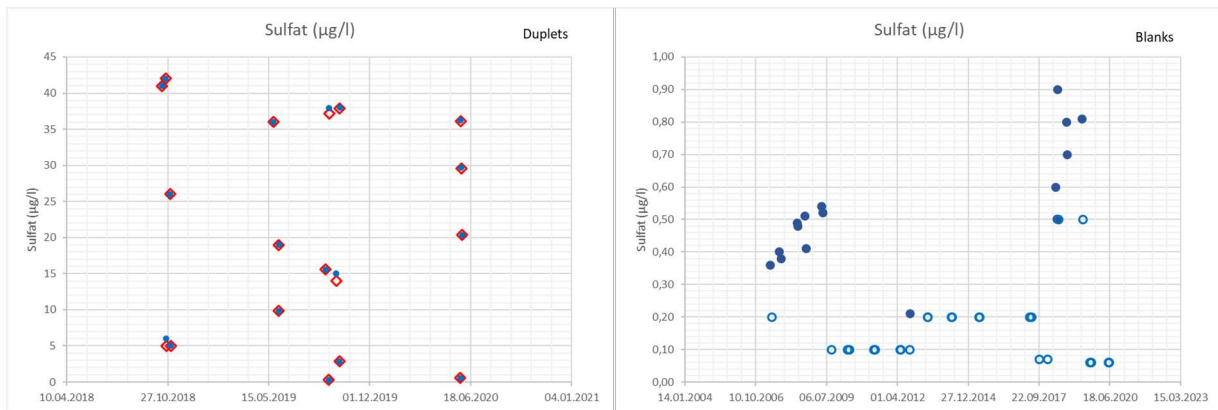
Figur V3.10: Dubletter og blankverdier for Nikkel. Vurdering i kapittel 4.7.1.



Figur V3.11: Dubletter og blankverdier for Bly. Vurdering i kapittel 4.7.1.

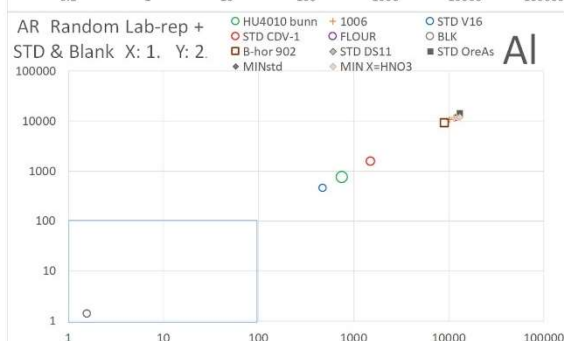
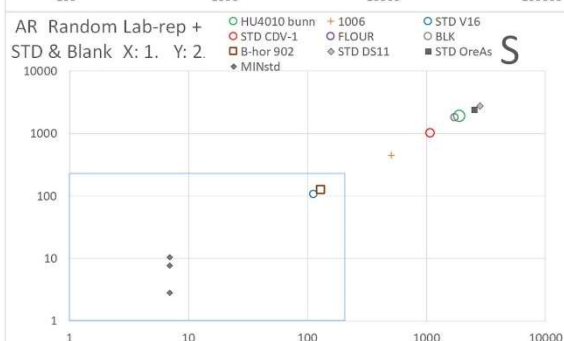
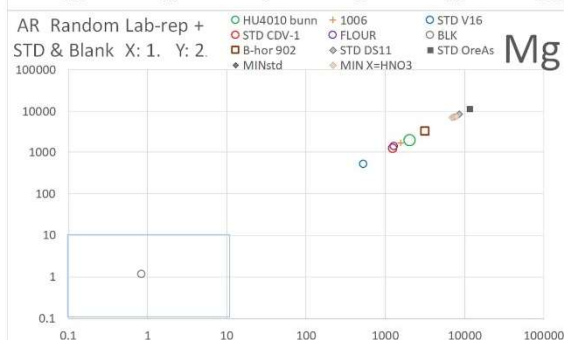
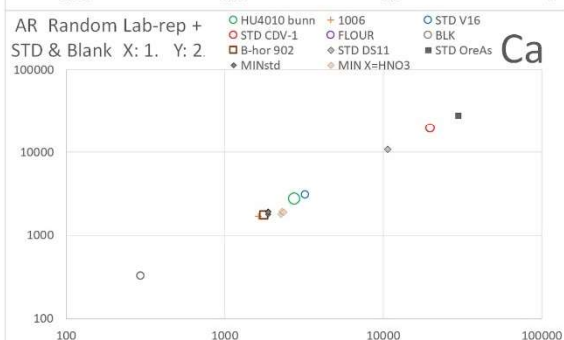
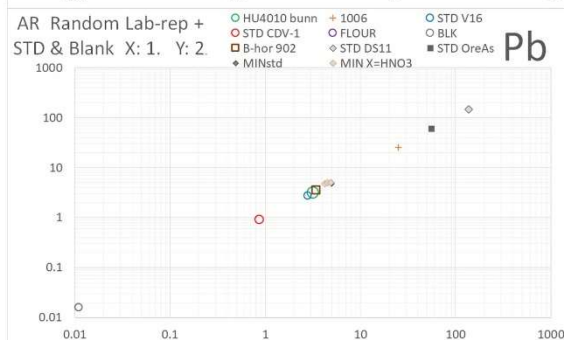
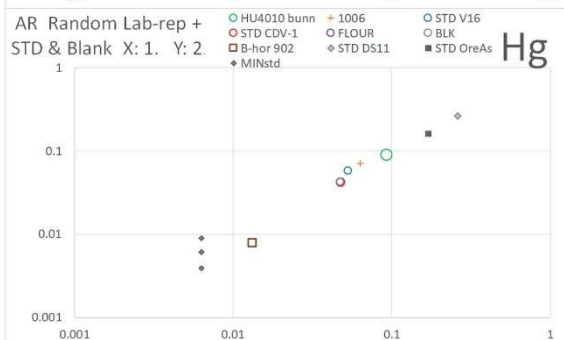
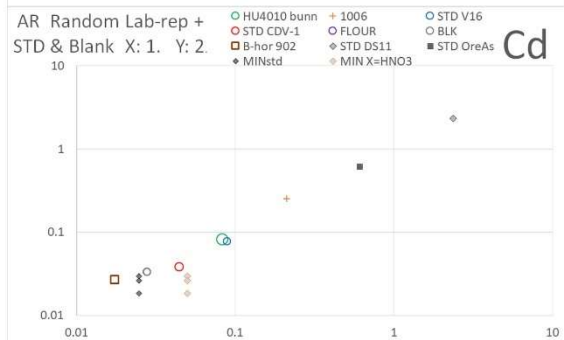
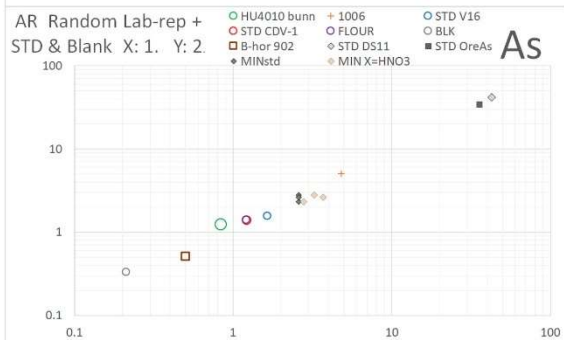
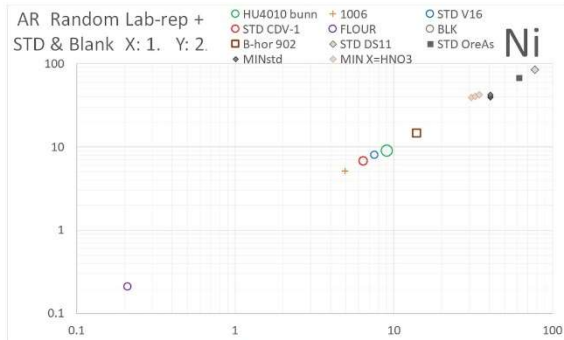
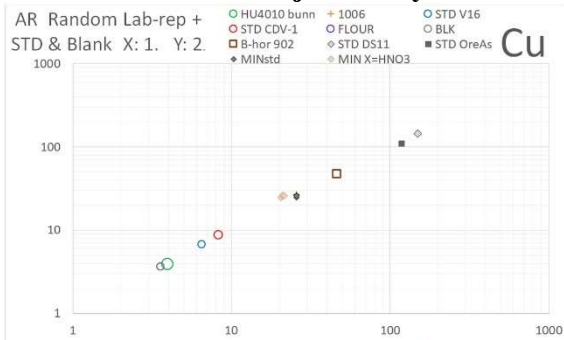


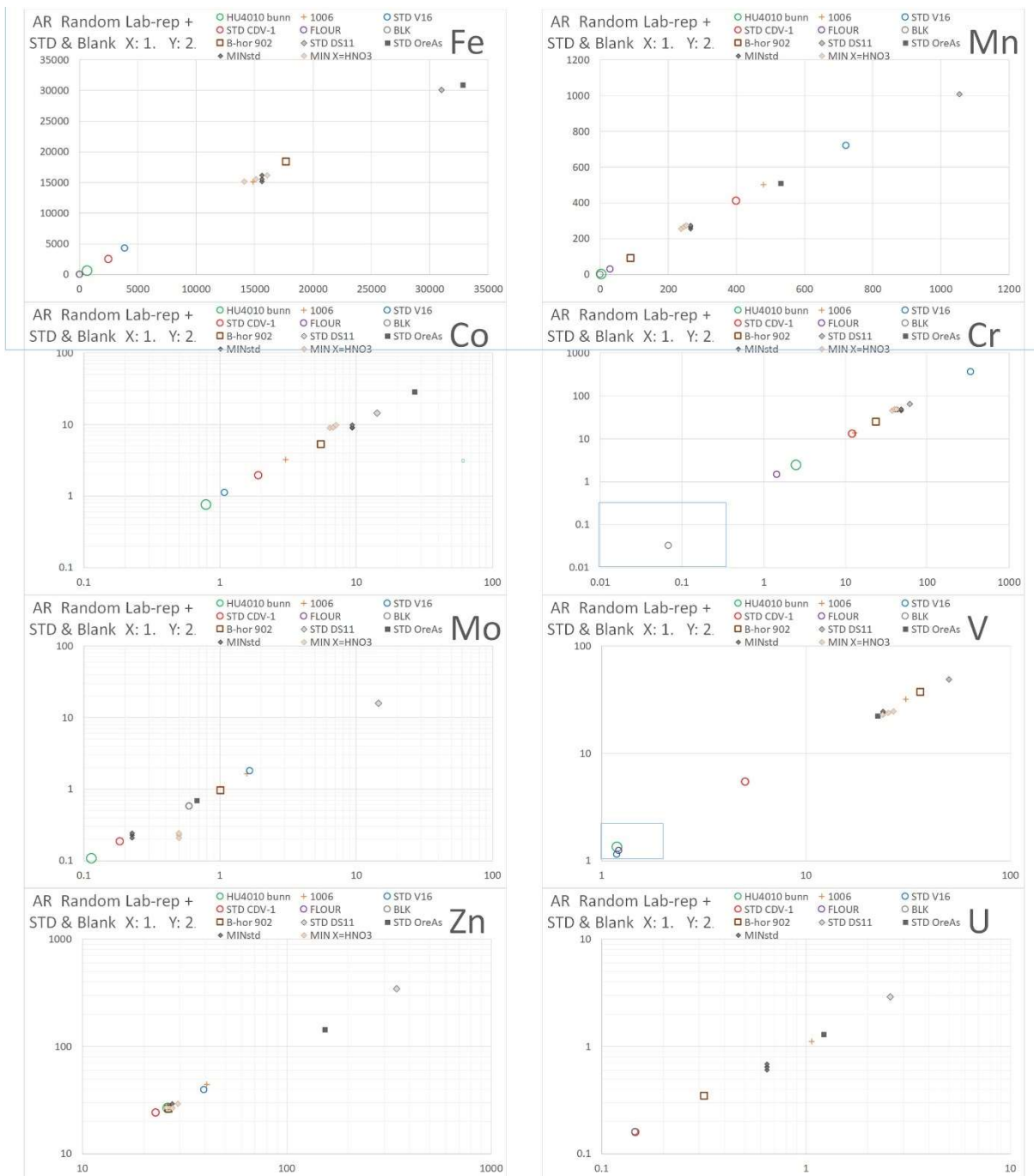
Figur V3.12: Dubletter og blankverdier for Kvikk sølv. Vurdering i kapittel 4.7.1.



Figur V3.13: Dubletter og blankverdier for Sulfat. Vurdering i kapittel 4.7.1.

V3.2 Kvalitetskontroll jordanalyser





Figur V3.14: Humus og løsmasse: Dubletter og blankverdier for kobber (Cu), nikkel (Ni), arsen (As), kadmium (Cd), kvikksølv (Hg), bly (Pb), kalsium (Ca), magnesium (Mg), svovel (S), aluminium (Al), jern (Fe), mangan (Mn), kobolt (Co), krom (Cr), molybden (Mo), vanadium (V), sink (Zn) og uran (U). Vurdering i kapittel 4.7.1.

Vedlegg 4: Earlier investigations Pasvik/Jarfjord

Organic soil layer humus and groundwater have been sampled by NGU at (ir)regular time intervals since mid 1980-ies in all or parts of Finnmark:

Earlier investigations in the region:

1980-84²: Geochemical Atlas of Northern Fennoscandia 1/36 km² – all of Finnmark.: Geol. Surveys of FIN, NOR and SWE collaborated (1980-84) across geological topics and national borders. ²Results of geochemistry work was a pioneer Low sampling density, Multi-element, Multi-material atlas of Northern parts of the three countries.

1992-1998: «Kolaprojektet» <https://www.ngu.no/Kola/>

1993: "Pilot Kola"-prosjektet (Checuskin et al. 1993)
http://aps.ngu.no/pls/oradb/rf.Visdok?c_dokid=0000033349.

1995: Catchment Eco-Kola (5 soil sites in Skjellbekken, field 1994). (Reiman (ed.) 1995).
http://aps.ngu.no/pls/oradb/rf.Visdok?c_dokid=0000034357

1997: Kola Ecogeochemistry: Groundwater investigations. Caritat et al. 1997.
https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/1997/97_113.pdf

1998: Regional Eco-Kola Atlas: Field 1995.12 in Sør-Varanger (and 1/300km² E of 23 °E). (Reiman et al. 1998).

2005: Groundwater quality monitoring in the border area between Norway, Finland and Russia (Magombedze og Jæger 2006).

Soil samples 2000 - 2021:

2000: "Mouse Project": 11 in Sør-Varanger (8 Svanvik – Sameti, 3 in Jarfjord area and 11 in Russia).

2005: 10 in Sør-Varanger (5 Skjellbekken–Skrukkebukta, 5 E of Storskog. Cations/Cations+PAH https://www.ngu.no/FileArchive/235/2006_017.pdf

2011: Sites as in 2005: Cations+PAH+RAD. Jensen et al. 2012.
http://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2012/2012_042.pdf

2015: Samples collected and analyzed as in 2005, but not previously reported (by April 2022)

2020: Results reported in this report: 10 soil sites from 2011 plus 7 new sites; LGN Karpdalen, LGN Svanvik, Hum2020_01, Hum2020_02, Hum2020_03, Hum4004_81

Groundwater 2017-2021:

2017-2021: Groundwater surveillance monitoring on the three LGN sites Skjellbekken, Svanvik and Karpdalen. (Gundersen 2018, 2020; Gundersen et al. 2019a.)

Groundwater sites;

LGN Karpdalen, Svanvik and Skjellbekken (C5-43-1) pluss:
~14 Groundwater springs Skjellbekken C5-43-2 and C5-43-3.

Vedlegg 5: Grenseverdier og tilstandsklasser for jord og grunnvann

I Tabell V5.1 har vi satt inn norske grenseverdier og klasseinndelinger som vi har ansett som relevante i sammenligning med grunnvannsprøvene vi har analysert i Sør-Varanger.

I Tabell V5.2 har vi gjort det samme for jord.

Men det finnes et bredt sett av andre grenseverdier, bakgrunnsverdier etc. Til høyre i tabellene ovenfor har vi samlet en del slike for å illustrer hvor stor forskjellene kan være. Se også andre lands forskrifter for drikkevannskvalitet eller miljø, f.eks. et dokument fra 2009 som samler ulike lands (daværende) grenseverdier for grunnvann iht. EUs vanndirektiv:

EU-WFD Commission Staff (2009). https://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/groundwater/pdf/com_swd_annex_iii.pdf

For flere se f.eks. WHO, US-EPA, Nederlandske RIVM.

Tabell V5.1: Ulike grenseverdier tilstandsklasser for grunnvann og ferskvann

Parameter	Param. (enhet)	Forskrifter			Tilstandsklasser ferskvann (µg/L) ³⁾					Grenseverdier, andre ⁶⁾		
		Grunnvann; Vannforskr. Terskelverdi 1)	Grunnvann; Vannforskr. Vendepunkt 1)	Drikkev. Forskrift 2) 5)	T1 Bakgrunn	T2 God	T3 Moderat	T4 Dårlig	T5 Svært dårlig	Grunn- vann	Ferskv. Akutt	Ferskv. Kronisk
Aluminium	Al (µg/L)			200						50-200	750 ⁹⁾	87 ⁹⁾
Antimon	Sb (µg/L)			5						6	88	30
Arsen	As (µg/L)	10	7,5	10	0,15	0,5	8,5	85	>85	10	340	150
Barium	Ba (µg/L)									2000	110	3,9
Beryllium	Be (µg/l)									4	35	0,66
Bor	B (µg/L)			1000						5000	30	1,6
Kadmium ⁴⁾	Cd (µg/L)	5	3,75	5	0,003	0,08	0,45	4,5	>4,5	5	2 ⁸⁾	0,25 ⁸⁾
Kobolt	Co (µg/L)										1500	3
Krom ⁷⁾	Cr (µg/L)			50	0,1	3,4			3,4	100		
Kobber	Cu (µg/L)			2000	0,3	7,8		15,6	>15,6	1300	13 ⁸⁾	9 ⁸⁾
Jern	Fe (µg/L)			200						300		
Kvikksølv	Hg (µg/L)	0,5	0,4	1	0,001	0,047	0,07	0,14	>0,14	2	1,4	0,77
Metylkvikksølv											0,099	0,0028
Mangan	Mn (µg/L)			50						50	2300	80
Molybden	Mo (µg/L)									70	16000	34
Natrium	Na (mg/L)			200								
Nikkel	Ni (µg/L)			20	0,5	4	34	67	>67	20	470	52
Bly	Pb (µg/L)	10	7,5	10	0,02	1,2	14	57	>57	15	65 ⁸⁾	2,5 ⁸⁾
Selen	Se (µg/L)			10						50	13-186	5
Sink	Zn (µg/L)				1,5	11		60	>60			
Sølv	Ag (µg/L)									100	1,6 ⁸⁾	0,36
Strontium	Sr (µg/L)										15000	1500
Tallium	Tl (µg/L)									2	110	0,03
Uran	U (µg/L)									30	46	0,5
Vanadium	V (µg/L)										280 ⁸⁾	19
Sulfat	SO4 (mg/L)	100	75	250								
pH	pH			6,5-9,5								
t-Alkalitet	Alk (mmol/L)											
Klorid	Cl (mg/L)	200	150	250								
Fluor	F (mg/L)			1,5						4		
El. Lednings-	Cond (mS/m)			250								
Turbiditet	Turb											
Fargetall	Farge											
Nitrat	NO3 (mg/L)	50	37,5	50								
Ammonium	NH4 (µg N/L)	500	400	500								
Nitritt	NO2 (mg/L)			0,5								

¹⁾Vannforskriften (2006) ²⁾ Drikkevannsforskriften 2016 ³⁾ Beckius og Keilen (2016) ⁴⁾ Kadmium (Cd) klassifiseres i tiltaksklassene etter vannets hardhet. I Sør-Varanger er hardheten lav (ugunstig ift. Cd) og verdiene vi har satt i tabellen er følgelig de strengeste, gjeldende for hardhet <50 mg/L CaCO₃). ⁵⁾"Grenseverdier" (fra vedlegg 1, strengest krav i drikkevannsforskriften) satt i fet tekst, resten (fra vedlegg 2 i forskriften) i kursiv. ⁶⁾Buckman (2008) har samlet ulike lands grenseverdier for grunnvann og ferskvann. Disse er gjengitt i tabellen. Se referanse for detaljer og link til originalkilder. ⁷⁾Krom har også egne grenseverdier under 6) for Cr (III) og Cr (VI). ⁸⁾ Grenseverdiene er avhengige av vannets hardhet (innhold av Ca og Mg). Se detaljer i referanse. ⁹⁾Grenseverdiene er avhengige av vannets pH. Se detaljer i referanse.

Tabell V5.2: Ulike grenseverdier og bakgrunnsverdier for jord (mg/kg)

Måleparameter	Forurenset grunn ¹⁾						Tilstandsklasser sediment ^{2) 3)}					Jord ⁴⁾		Jord		Jord ⁷⁾		Bakgrunn, jord (USA) ⁷⁾			
	Gr. Stoff	Meget god	God	Modert	Dårlig	Svært dårlig	Bakgrunn	God	Modert	Dårlig	Svært dårlig	Mål, maxverdi	Tiltaks-grense jord	Tillatt belastning Me i jord ⁵⁾	Mobil Me i jord ⁶⁾	Mål, maxverdi i jord	Tiltaks-grense jord	Gjennomsnitt	Min	Max	
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5											
Aluminium	Al																	47 000	0,5	100000	
Antimon	Sb													0,53		3	15	0,5	bd	8,8	
Arsen	As	8	20	50	600	1000	15	18	71	580	>580			4,5		0,9	55	5,2	bd	97	
Barium	Ba													9		160	625	440	10	5000	
Beryllium	Be													0,0061		1,1	30	0,6	bd	15	
Bor	B																	26	bd	300	
Brom	Br															20		0,6	bd	11	
Bly	Pb	60	100	300	700	2500	25	150	1480	2000	2500	85	530	55		55	530	16,0	bd	700	
Bly SFV ³⁾	Pb						12	66	1480	2000	2500										
Fluor	F															500		210	bd	3 700	
Jern	Fe																	18 000	10	100 000	
Kadmium	Cd	1,5	10	15	30	1000	0,2	2,5	16	157	>157	0,8	12	0,76		0,8	12				
Kadmium SFV ³⁾	Cd						0,2	1,5	16	157	>157										
Kobber	Cu	100	200	1000	8500	25000	20	84		147	>147	36	190	3,5	3	3,4	96	17	bd	700	
Kobber SFV ³⁾	Cu	100	200	1000	8500	25000	20	210		400	>400										
Kobolt	Co															24	5	2,4	180	6,7	70
Krom	Cr						60	620	6000	15500	25000	100	360	3,8	6	100	360				
Krom (III)	Cr III	50	200	1000	8500	2500										0,38	220	37	1	2 000	
Krom (VI)	Cr VI	2	5	20	80	1000										0,38	220	37			
Krom SFV ³⁾	Cr						60	112			>112										
Kvikksølv	Hg	1	2	4	10	1000	0,05	0,52	0,75	1,45	>1,45			1,9		0,3	10	0,058	bd	4,6	
Mangan	Mn																	330	bd	7 000	
Molybden	Mo													253		3	190	0,59	bd	15	
Nikkel	Ni	60	135	200	1200	2500	30	42	271	533	>533	35	210	2,6	4	0,26	100	13	bd	700	
Selen	Se													0,11		0,7	100	0,26	bd	4,3	
Sink	Zn	200	500	1000	5000	25000	90	139	750	6690	>6690			16	23						
Strontium	Sr																	120	bd	3 000	
Svovel	S																	120	bd	48 000	
Tellur	Te																600				
Thallium	Tl													0,25		1	15	8,6	0,022	31	
Tin	Sn													34		19	900	0,9	bd	10	
Uran	U																	2,3	0,29	11	
Vanadium	V													1,1							
Sink	Zn															16	350	48	bd	2900	

1) Hansen og Danielsberg (2009)
 2) Beckius og Keilen (2016)
 3) Under sammenligning med våre verdier her vi lagt til grunn egne grenser gjeldende for "Sediment Ferskvann" (SFV) der disse finnes.
 4) Grenseverdier samlet i og gjengitt fra Osmani et al. 2015.
 5) Crommentuijn et al. 1997; "Maximum Permissible Addition (MPA)", altså maks. belastning i tillegg til bakgrunnsverdi.
 6) Foreslåtte grenseverdier fra Orlow et al. 2002, gjengitt fra Vodyanitskii 2016. Gjelder ekstraksjonsmiddel Ammoniumacetat (som det også finnes data for i herværende rapport).
 7) Buckman (2008) har samlet noen anbefalte bakgrunns- og grenseverdier for jord «for screening purposes». Se referanse for detaljer og link til originalkilder.

Vedlegg 6: Utlekkingspotensiale av metaller fra jord til vann: beregninger

Konsentrasjonene av Cu og Ni i Øvre humus er langt høyere i Pasvik og Jarfjord enn bakgrunnsverdiene for Norge (henholdsvis Figur V2.7B og V2.11B). De har også økt de siste tiårene, og ligger betydelig høyere verdier enn konsentrasjonene man har funnet på sammenlignbare lokaliteter i Kautokeino og Karasjok (henholdsvis Figur 5.27 og Figur 5.34). Vi vet også at metaller som tenderer å foreligge som kationer i naturen normalt vil bli mer mobile ved *synkende* pH (US-EPA 2022). En slik utvikling i pH (og redusert bufferkapasitet) i grunnvannet, har vi også sett ved overvåkningsstasjonen LGN-Svanvik som ligger nærmest smelteverket i Nikel. I det følgende diskuteres derfor metallene Cu og Ni noe mer inngående.

Etter all sannsynlighet vil både forurensningstilførselen og belastningen i vann- og økosystemer minke betydelig for etter hvert å bli mer eller mindre neglisjerbar. For å synliggjøre behovet for likevel å fortsette oppfølgende undersøkelser og overvåkning har vi satt opp følgende svært forenklede scenario:

Vi har tatt utgangspunkt i de nedbørmengder (363 mm) og den metallavsetning via nedbøren som Berglen et al. (2020) rapporterte for Svanvik; 12,5 mg Cu/m² og 6,5 mg Ni/m². Dette tilsvarer en avsetning på 12,5 kg Cu og 6,5 kg Ni pr km² pr år.

I løpet av Ni-verkets ~90 år vil en tilsvarende årlig belastning gi ~1100 kg kobber og ~600 kg Ni avsatt via nedbøren per km².

Skulle det usannsynlige skje at ½-parten av dette i løpet av 10 år ble remobilisert til regnvannet som faller ned på den samme kvadratkilometeren ville det tilsvare at 550 kg kobber og 300 kg Ni ville blitt løst opp i en vannmasse tilsvarende:

$$3,6 \text{ dm (årlig nedbør)} * 10000 \text{ dm (1km)} * 10000 \text{ dm (1km)} * 10 \text{ (år)} = 3,6 * 10^9 \text{ dm}^3 = 3,6 * 10^9 \text{ L}$$

Metallkonsentrasjonene i denne vannmassen ville da blitt på ~150 µg Cu /L og ~83 µg Ni /L. Dette vannet kunne da ha infiltrert ned i undergrunnen, og blitt til grunnvann som ikke var drikkelig pga. Ni-konsentrasjonen. Eller det kunne funnet veien ut i vassdrag og sannsynligvis utgjort en betydelig belastning på akvatiske organismer pga. høyt Cu-innhold.

Vi har ikke gått inn på nikkilverkets ulike perioder med ulike driftsformer, driftsstans, renseteknologi, betydningen av evapotranspirasjon med mer. Vi har heller ikke tatt inn i regnestykket de metallene som legges igjen i naturen via tørravsetning. Det illustrerer med andre ord ikke et *sannsynlig* scenario, men angir en størrelsesorden for det forurensningspotensialet som ligger i akkumulerte metaller i jordsmonnet i regionen.

Forurensningspotensiale basert på målte konsentrasjoner i humus

Totalt sett ligger det nok også betydelig mer metaller igjen i jordsmonnet enn beregningen over legger til grunn. Skulle alt Cu og Ni i nedbøren binde seg i og akkumuleres i de øverste 10 cm av humuslaget ville det tilsvart

$$12,5 \text{ mg Cu} * 90 \text{ (år)} / 1 \text{ dm} * 10 \text{ dm} * 10 \text{ dm (jord)}$$

Dette tilsvarer en (vekt/volum) konsentrasjon i humuslaget på 11,25 mg Cu/L og tilsvarende regnestykke for Ni gir da 6 mg Ni/L.

Gitt at hver liter naturlig humusjord gir ~1 kg tørket/siktet jordprøve viser Tabellene V2.7 og V2.11 at de *reelle* konsentrasjonene både i Øvre og Nedre humus kan ligge ~10x høyere enn

dette (Tabell V2.7 og V2.11). Årsakene til avviket kan ligge i betydelig høyere gjennomsnittsutslipp enn de tall vi benyttet fra 2020. Det kan også være betydelige bidrag fra tørravsetninger som vi ikke tok med i regnestykket. Beregningene er som sagt svært forenklete. Men basert på de reelle konsentrasjonene vi finner i jorda ville da en utlekking på så lite som 5% av metallene i humuslaget, fordelt over 10 år, gi de metallkonsentrasjonene i vannfasen og de konsekvenser vi skisserer ovenfor. Og vi har også vist at så mye som ~10% av det nikkel vi finner i humuslaget er relativt lett utbyttbart (Figur V2.11E), mens de lettest mobiliserbare Cu-fraksjonene i humus ligger på ~1% (hver) av totalt Cu (Figur V2.7E).

Det vil være avgjørende for utviklingen framover at jordsmonnet i Pasvik/Jarfjord gjør det jordsmonn tenderer å gjøre; binde og holde sterkt på metaller tilført ovenfra eller via naturlige prosesser. Så et sentralt spørsmål blir hva våre data og annen litteratur kan sannsynliggjøre ift. hvor sterkt bundet disse metallene i jordsmonnet faktisk er. Også når de forurensede humuslagene etter hvert dekomponerer, dekkes over av nytt plantemateriale og flyttes nedover. Mye metaller vil trolig også være bundet i et svært tynt jordsmonn i fjellområdene, som nok også lettere vil slippe metaller ut i vassdragene etter hvert som det dekomponerer.

Vi har ikke gått nærmere inn i litteraturstudier på i hvor stor grad metaller som slipper gjennom humuslaget vil fanges opp i løsmasser lengre ned. Men både figur V2.7D og V2.11D tyder på at hverken Cu eller Ni så langt har blitt fanget opp og oppkonsentrert i utfellingslaget (B-sjiktet), da dette jevnt over har lavere konsentrasjoner av Cu og Ni enn mineraljorda lengre ned (C-sjiktet).

Selv om man forventer at naturen gradvis vil ta seg inn igjen, er det altså fortsatt noen usikkerheter ift. framtidige effekter av metallkonsentrasjonene til naturen i regionen. Den mest hensiktsmessige måten å ha en viss kontroll på utviklingen er nok fortsatt tidvise undersøkelser som denne i moderat omfang og hyppighet av jorda, grunnvannet og naturen for øvrig. Men i og med at den antatt største forurensningskilden nå er lagt ned og den reelle muligheten til å treffe tiltak er begrenset vil det trolig ikke være hensiktsmessig å overdrive hverken framtidig risikoanslag eller undersøkelseskostnader.



NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE
· NGU ·

Norges geologiske undersøkelse
Postboks 6315, Sluppen
7491 Trondheim, Norge

Besøksadresse
Leiv Eirikssons vei 39
7040 Trondheim

Telefon 73 90 40 00
E-post ngu@ngu.no
Nettside www.ngu.no