

GEOLOGI FOR SAMFUNNET

SIDEN 1858



**NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE**
· NGU ·

EKSTERN NGU RAPPORT 2022.016

Sedimentasjonsmiljø og historisk utvikling i
forurensningsstatus i sjøområde i kommunene
Skjervøy, Kvænangen, og Nordreisa



Rapport nr.: 2022.016	ISSN: 0800-3416 (trykt) ISSN: 2387-3515 (online)	Gradering: Åpen	
Tittel: Sedimentasjonsmiljø og historisk utvikling i forurensningsstatus i sjøområde i kommunene Skjervøy, Kvæningen, og Nordreisa			
Forfatter: Jochen Knies, Stepan Boitsov, Sigrid Elvenes, Reidulv Bøe		Oppdragsgiver: Marine grunnkart i kystsonen	
Fylke: Troms og Finnmark		Kommune: Skjervøy, Kvæningen, Nordreisa	
Kartblad (M=1:250.000):		Kartbladnr. og -navn (M1:50.000):	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetail: 64	Pris: 140,-
		Kartbilag:	
Feltarbeid utført: 2021	Rapportdato: 08.04.2022	Prosjektnr.: 387903	Ansvarlig: Kjersti Løvseth Ruud
Sammendrag: <p>Norges geologiske undersøkelse (NGU) utarbeider i samarbeid med Kartverket og Havforskningsinstituttet (HI) marine grunnkart over utvalgte sjøområder i kommunene Skjervøy og Kvæningen i pilotprosjektet Marine grunnkart i kystsonen. Deler av Nordreisa kommune er også inkludert i kartleggingen. Under feltarbeid med F/F Seisma i august 2021 hentet NGU opp ti korte sedimentkjerneprøver fra sjøbunnen på utvalgte lokaliteter. Målet med undersøkelsen har vært å kartlegge naturlige sedimentasjonsprosesser og menneskelig påvirkning på det marine miljøet. For å bestemme om skadelige stoffer i bunnprøvene skyldes menneskelig aktivitet, er det nødvendig å undersøke naturlig bakgrunnsnivå. Ved hjelp av kjerneprøver kan vi analysere sedimenter fra ulike dybdeintervaller og tidsperioder for å påvise endringer. Resultatene viser at de prøvetatte bunnsedimentene er dominert av slam. Organisk karboninnhold er generelt høyt (>1 %) i alle prøver, med de høyeste verdiene (2,5 %) i Kvæningen Ø for Spildra. Her registrerer vi også høye konsentrasjonene av svovel, nesten alle tungmetaller og arsen. Alle målingene av tungmetaller viser konsentrasjoner i tilstandsklasse I (bakgrunn) og II (god) i henhold til Miljødirektoratets klassifisering. Bare nikkell skiller seg ut med høyere konsentrasjoner (tilstandsklasse III, moderat) i Rotsundet midt (prøve 8), Kvæningen NØ for Haukøya (prøve 15) og Kvæningen Ø for Spildra (prøve 19). Vi har undersøkt om tilførselen av tungmetaller har økt over tid i tre sedimentbasseng: Moursundet (kjerne 10), Kjølmangen sør (kjerne 12), og Kvæningen NØ for Haukøya (kjerne 15). Sedimentasjonshastigheten varierer fra 1,4 (kjerne 10) til 2,4 (kjerner 12 og 15) millimeter per år. Felles for alle tre kjerner er at konsentrasjonsprofilene for tungmetaller (Cu, Zn, Pb, Hg) viser en økende trend frem til år 2013 og deretter synkende eller stabile verdier mot nåtiden. Konsentrasjonen for alle elementer er på bakgrunnsnivå, og kan regnes som et naturlig signal knyttet til erosjon av jordsmonn/bergarter. Analyser av organiske miljøgifter viser relativt lave nivåer av totalt hydrokarboninnhold (THC), normale for kystnære områder, og ellers lave nivåer av hydrokarboner (PAH). Nivåer av PAH16 ligger i tilstandsklasse I, mens benzo[a]pyren ligger i tilstandsklasse I og II. Menneskeskapt organiske miljøgifter ligger lavt eller meget lavt for PCB, klorerte pesticider og nesten alle bromerte flammehemmere (PBDE). Alle disse miljøgiftene ligger i tilstandsklasse II for forbindelser som det er etablert tilstandsklasser for. Av PBDE, er det kun BDE-209 som er forhøyet, ved to lokaliteter i Rotsundet. Nivåene er like eller lavere enn andre steder langs norskekysten. Nye miljøgifter undersøkt her (PFAS) er funnet i lave nivåer i alle prøver, og ligger i tilstandsklasse II for PFOA og tilstandsklasse III for PFOS. Merk at identiteten til lokalitetene P2102007 og P2102008 ved en feil er blitt forbyttet sammenlignet med registreringene i NGUs prøvedatabase.</p>			
Emneord			
Forurensing	Maringeologi	Tungmetaller	
Datering	Bunnsedimenter	Organiske miljøgifter	
Geokjemi	Sedimentasjonsmiljø	Miljøtilstand	

Innhold

1. INNLEDNING	4
2. PRØVETAKING, DATA OG METODIKK	6
3. RESULTATER.....	9
3.1 Overflateprøver.....	9
3.1.1 Kornstørrelsesfordeling, organisk karbon, svovel og kalsiumkarbonat	9
3.1.2 Innhold av arsen og tungmetaller.....	15
3.1.2 Innhold av organiske miljøgifter	35
3.2 Sedimentkjerneprøver	53
3.2.1 Kronologi og sedimentasjonshastighet	53
3.2.2 Kornfordeling, svovel, organisk karbon og kalsiumkarbonat.....	55
3.2.3 Tungmetaller og arsen i kjerneprøver	59
4. OPPSUMMERING.....	63
5. REFERANSER	64

1. INNLEDNING

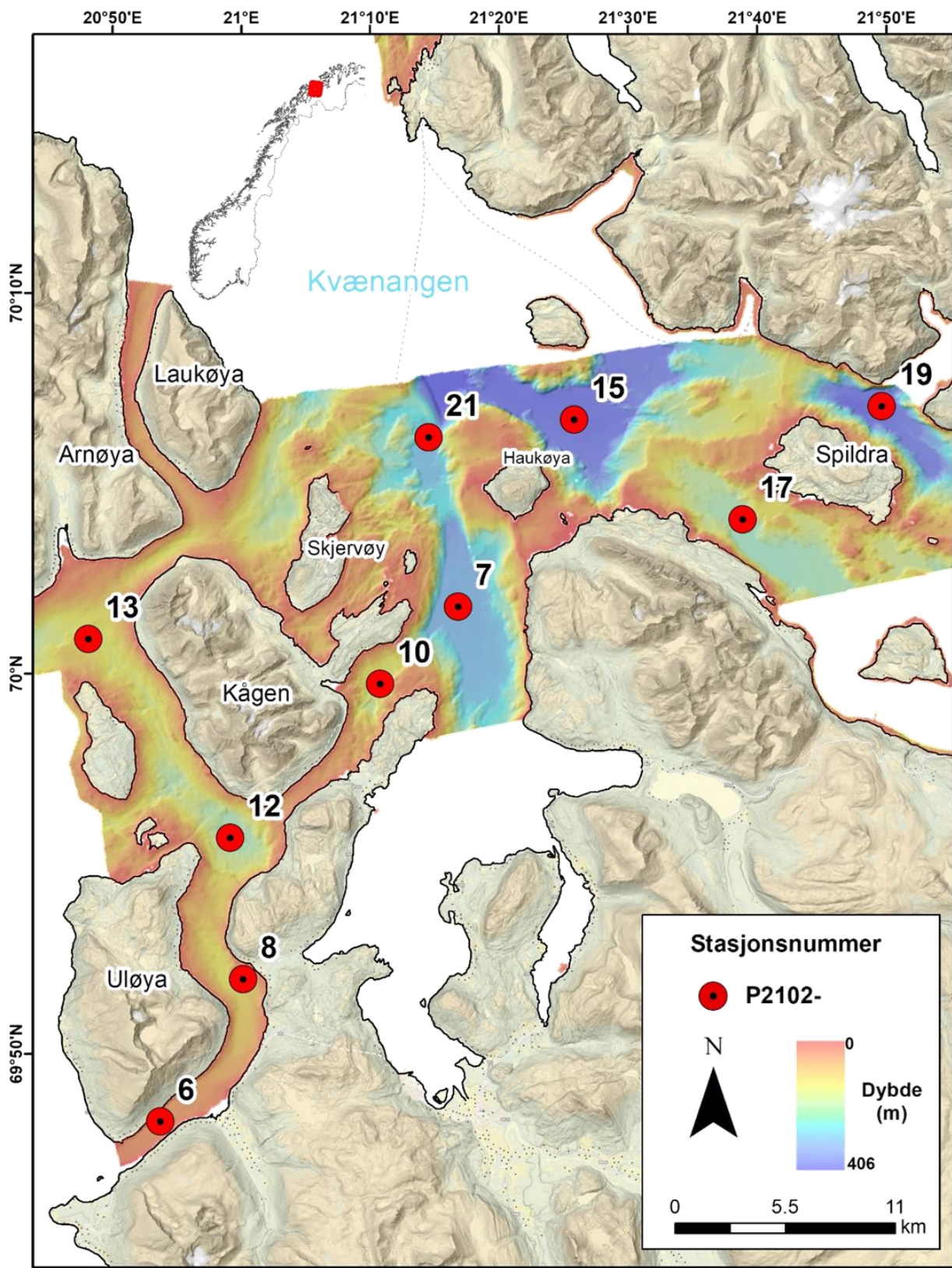
Norges geologiske undersøkelse (NGU) utarbeider i samarbeid med Kartverket og Havforskningsinstituttet (HI) marine grunnkart over utvalgte sjøområder i Skjervøy og Kvænangen kommune i prosjektet Marine grunnkart i kystsonen. Deler av Nordreisa kommune er også inkludert i kartleggingen. Som en del av prosjektet skal miljøtilstanden kartlegges.

I august 2021 gjennomførte NGU feltarbeid med F/F Seisma, og hentet opp korte sedimentkjerner fra ti havbunnslokaliteter (figur 1). Analyse av overflatesedimentenes innhold av tungmetaller og organiske miljøgifter gir oss et oversiktsbilde over tilstanden i de ulike delene av studieområdet. I tillegg viser variasjon i tungmetallinnhold i tre kjerneprøver den historiske utviklingen over de siste ca. 100 år.

De ti lokalitetene (tabell 1) ble valgt basert på informasjon om dybde og bunnreflektivitet (relativ bunnhardhet) fra kartlegging med multistråleekkolodd (figur 1). Vi prioriterte å prøveta de dypeste avsetningsbassengene der finkornet materiale samles opp uforstyrret over tid, siden miljøgifter oftest binder seg til finkornet materiale og karbon, og avsettes sammen med disse. Der dette ikke ikke var mulig, valgte vi grunnere prøvelokaliteter. Det var generelt vanskelig å finne gode prøvelokaliteter med finkornete sedimenter i vestlige del av studieområdet; derfor ligger noen av prøvelokalitetene så vidt over kommunegrensen til Nordreisa kommune. De fleste dype bassenger i Kvænangen er aktive reketrålingsfelt, og det er sannsynlig at det meste av bløtbunn her er forstyrret av tråling. Lokalitetene er likevel tatt med, siden vi ellers helt ville mangle informasjon fra denne delen av studieområdet.

I denne rapporten presenterer vi først nivåene av metaller (inkludert tungmetaller) og organiske miljøgifter i overflateprøver (0-2 centimeter dybde i bunnsedimentet) fra de ti utvalgte lokalitetene. Konsentrasjonen av forurensende stoffer i overflatesedimenter angir dagens miljøstatus, og kan klassifiseres i henhold til Miljødirektoratets klassifikasjonssystem for vann, sediment og biota (M-608, 2016, revidert i 2020). Deretter diskuterer vi hvordan innholdet av metaller i tre av sedimentkjernene har variert over tid.

Ved en feil i prøveprosesseringen ble identiteten til to lokaliteter (7 og 8) forbyttet, og prøvenumrene stemmer dermed ikke overens med registreringene i NGUs prøvedatabase. Prøven og resultatene som her beskrives som lokalitet nummer 7 er ytre Reisafjorden mens nummer 8 er Rotsundet.



Figur 1. Lokalteter med sedimentprøver fra sjøbunnen tatt for kartlegging av miljøtilstanden i utvalgte områder i kommunene Skjervøy og Kvænangen. Kjerneprøver ble studert fra lokalitet 10, 12, og 15. Dybdedata og landdata fra Kartverket.

Tabell 1. Stasjonsnummer, koordinater og vanddyp for lokalitetene i miljøundersøkelsen.

Stasjon	Kort stasjonsnummer	Område	Geografiske koordinater (desimalgrader)		Vanddyp (m)
			Nord	Øst	
P2102006A	6	Rotsundet sør	69.793106	20.6221338	43
P2102007C	7	Ytre Reisafjorden	69.992878	21.1308117	282
P2102008C	8	Rotsundet midt	69.8483845	20.7623477	106
P2102010A	10	Maurusundet	69.9658877	21.0111128	170
P2102012B	12	Kjølmangen sør	69.9115902	20.7809712	201
P2102013C	13	Kjølmangen nord	70.0107758	20.6494463	143
P2102015A	15	Kvæningen NØ for Haukøya	70.0644585	21.3279495	345
P2102017C	17	Kvæningen V for Spildra	70.00547	21.5172035	201
P2102019C	19	Kvæningen Ø for Spildra	70.0421012	21.725347	345
P2102021A	21	Kvæningen NV for Haukøya	70.0696823	21.1366667	274

2. PRØVETAKING, DATA OG METODIKK

Prøvene for miljøanalyser ble tatt i avsetningsbassenger med finkornete sedimenter. Prøvetakingen ble planlagt ut fra detaljert informasjon om dybde og bunnreflektivitet (relativ bunnhardhet) fra data innsamlet med multistråleekkolodd. Figur 1 og tabell 1 gir en oversikt over prøvetakingsstasjoner, dybde og geografiske koordinater.

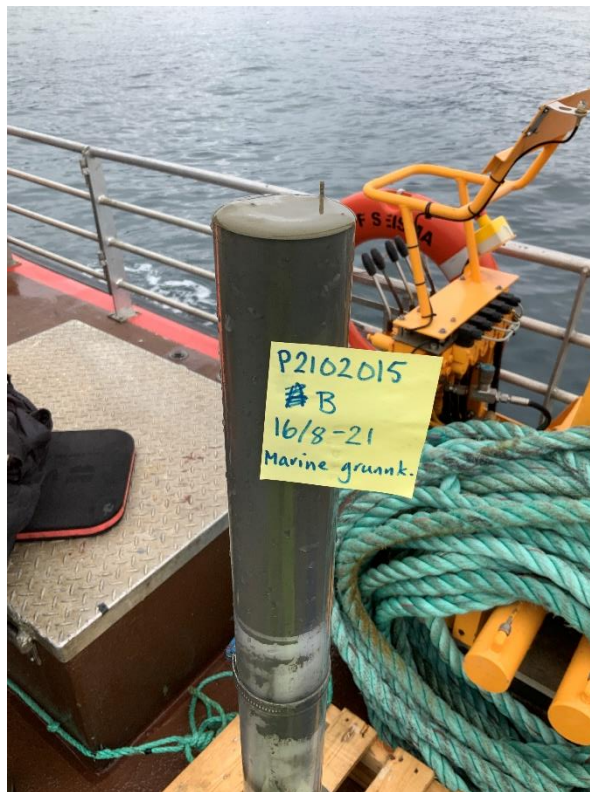
NGUs multicorer, som ble brukt til prøvetaking, var utstyrt med fire rør på 60 cm lengde med diameter 6,3 cm (figur 2). Rørene lukkes i topp og bunn idet prøven tas, slik at hver kjerneprøve kommer opp med uforstyrret sedimentoverflate. Til analyse av kornfordeling og uorganiske miljøgifter ble de øverste to centimeter av én kjerne per stasjon skåret av med plastspatler og frosset ned i plastposer direkte etter prøvetaking (figur 3). Til analyse av organiske miljøgifter ble de øverste to centimeter fra to kjerner per stasjon skåret av med metallspatler, pakket i aluminiumsfolie og frosset ned direkte etter prøvetaking. På lokalitetene 10, 12, og 15 ble sedimentene i én hel kjerneprøve tatt ut i centimeterintervaller for videre analyser (kornfordeling, metallsammensetning) og datering med hjelp av ²¹⁰Pb-metoden.

Etter gjennomført feltarbeid ble prøver sendt i frossen tilstand til NGU-Lab for analyse av metaller og sedimentkarakteristikk. Her ble prøvene frysetørket og oppbevart på kjølelager inntil de ble analysert høsten 2021. Alle analyseresultater med kvantifiseringsgrenser er rapportert i <https://mareano.no/kart-og-data/kjemidata>. Materiale til følgende analyser ble tatt ut:

- 0,38 g tørt materiale for bestemmelse av totalinnhold av svovel og karbon (TS og TC), og 0,50 g for bestemmelse av organisk karbon (TOC). Analysene ble utført ved hjelp av Leco elementanalysator.
- 1,0 g tørt materiale til HNO₃-ekstraksjon etter NS 4770 for påfølgende analyse med AAS, ICP-AES og ICP-MS for analyse av metaller/tungmetaller.
- Ca. 0,2 g tørt materiale fra slamrike sedimenter, og opp til 3 g fra sandige sedimenter for bestemmelse av kornfordeling mellom 2 mm og 0,02 µm med Coulter laserdiffraksjon.



Figur 2. Prøvetaking med multicorer, som tar opptil fire kjerner per stasjon. Lukkemekanismen utløses idet prøvetakeren treffer bunnen, og stenger topp og bunn av hvert rør. For hver stasjon er de øverste 2 cm av én kjerne brukt til analyser av sedimentenes kornfordeling og metalsammensetning, og de øverste 2 cm fra to kjerner brukt til analyse av organiske miljøgifter.



Figur 3. En kjerne fra multicoreren plasseres på en utdriver og skyves forsiktig ut av røret så overflaten kan prøvetas én centimeter av gangen.

Prøvene tatt til analyse av organiske miljøgifter ble sendt til HIs laboratorium i frossen tilstand. Her ble prøvene lufttørket ved romtemperatur og fordelt til forskjellige analyser som beskrevet i tabell 2. Analyser av hydrokarboner (polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), totalt hydrokarboninnhold (THC)) og persistente organiske miljøgifter (POPs, inkludert polyklorerte bifenyler (PCB), klorerte pesticider, og polybromerte difenyletere (PBDE)) ble utført på HI. Analyser av poly- og perfluorerte alkylerte stoffer (PFAS) ble utført på Norsk institutt for luftforskning (NILU).

Tabell 2. Fordeling av analyser for bestemte stoffgrupper av organiske miljøgifter mellom prøver av overflatesediment (0-2 cm) fra forskjellige stasjoner. Stasjonsnumrene er gitt i samsvar med tabell 1.

Stasjonsnavn	6	7	8	10	12	13	15	17	19	21
Prøve A	-	PAH	PFAS	PAH	-	PAH	PAH	-	PAH	PAH
Prøve B	POPs	PFAS	POPs	-	POPs	-	PFAS	POPs	PFAS	-

- **PAH/THC.** Ca. 10 g tørt materiale ble ekstrahert på ASE (*accelerated solvent extractor*), behandlet med kobber og rensset opp på fastfase (SPE) kolonne. Analyser av PAH (49 enkeltforbindelser) ble utført med GC-MS (EI). Analyser av THC ble utført med GC-FID. Kvantifiseringsgrensene (LOQ) var 0,5 µg/kg tv. for enkeltforbindelser PAH og 2,0 mg/kg tv. for THC. PAH-resultater ble rapportert for enkeltforbindelser, summerte PAH-nivåer (Sum PAH) og som indikatorene NPD (summerte nivåer av naftalen, fenantren, dibenzotiofen og deres alkylerte homologer) og PAH16 (summerte nivåer av naftalen, acenaftalen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benz[*a*]antracen, krysen, benzo[*b*]fluoranten, benzo[*k*]fluoranten, benzo[*a*]pyren, indeno[1,2,3-*cd*]pyren, dibenz[*a,h*]antracen, benzo[*ghi*]perylene).
- **POPs.** Ca. 10 g tørt materiale ble ekstrahert på ASE, behandlet med kobber og rensset opp og fraksjonert med hjelp av automatisert fastfase-ekstraksjon, Powerprep. Analyser av PBDE (19 kongenere) ble utført med GC-MS (NCI). Analyser av PCB (10 kongenere) og pesticider (*p,p'*-DDT og degraderingsproduktene *p,p'*-DDD, *p,p'*-DDE; isomerene av heksaklorsyklusheksan (HCH) α-HCH, β-HCH, γ-HCH; heksaklorbensen (HCB); *trans*-nonaklor (TNC)) ble utført med GC-MS/MS. LOQ var 0,03 µg/kg tørrvekt for enkeltforbindelser PBDE og 0,02 µg/kg tørrvekt for PCB og pesticider. Resultater for PCB ble rapportert for enkeltforbindelser og som indikatoren PCB7 (summerte nivåer av PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB138, PCB153 og PCB180) mens resultater for DDT og HCH ble rapportert for enkeltforbindelser og som summerte nivåer (hvh. Sum DDT og Sum HCH).
- **PFAS.** Ca. 2 g tørt materiale ble ekstrahert med ultralyd og metanol, og rensset opp med aktivt kull. Analyser av 23 PFAS ble utført med ESI UPLC/MSMS. LOQ for enkeltforbindelser varierte mellom 0,05 og 0,10 µg/kg tv. Resultater ble rapportert for enkeltforbindelser og som 7 PFAS (summerte nivåer av PFOS, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA og PFUnDA).

En detaljert beskrivelse av analysemetodene er gitt i Metodedokumentet tilgjengelig på <https://www.mareano.no/kart-og-data/kjemidata> .

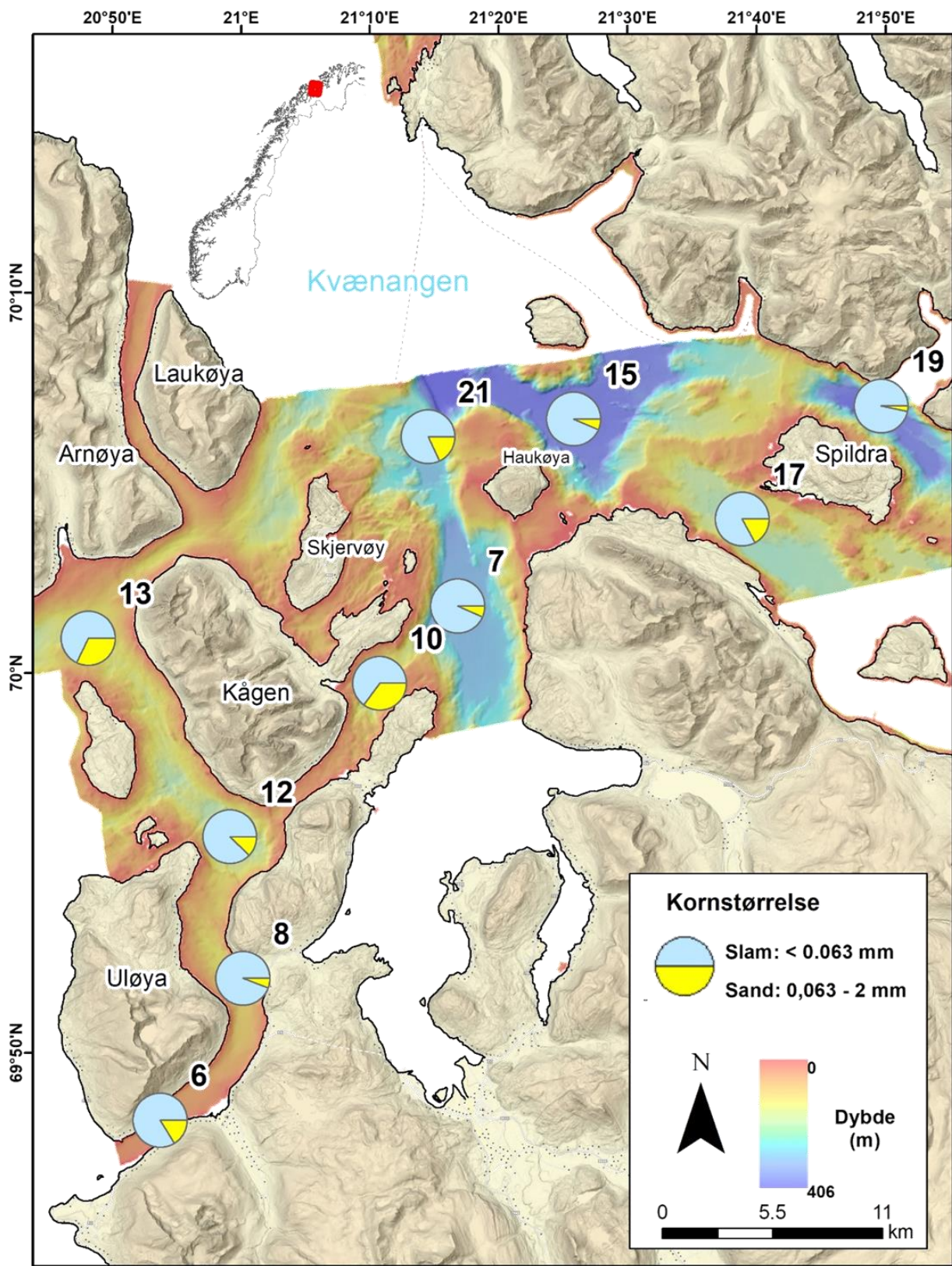
3. RESULTATER

3.1 Overflateprøver

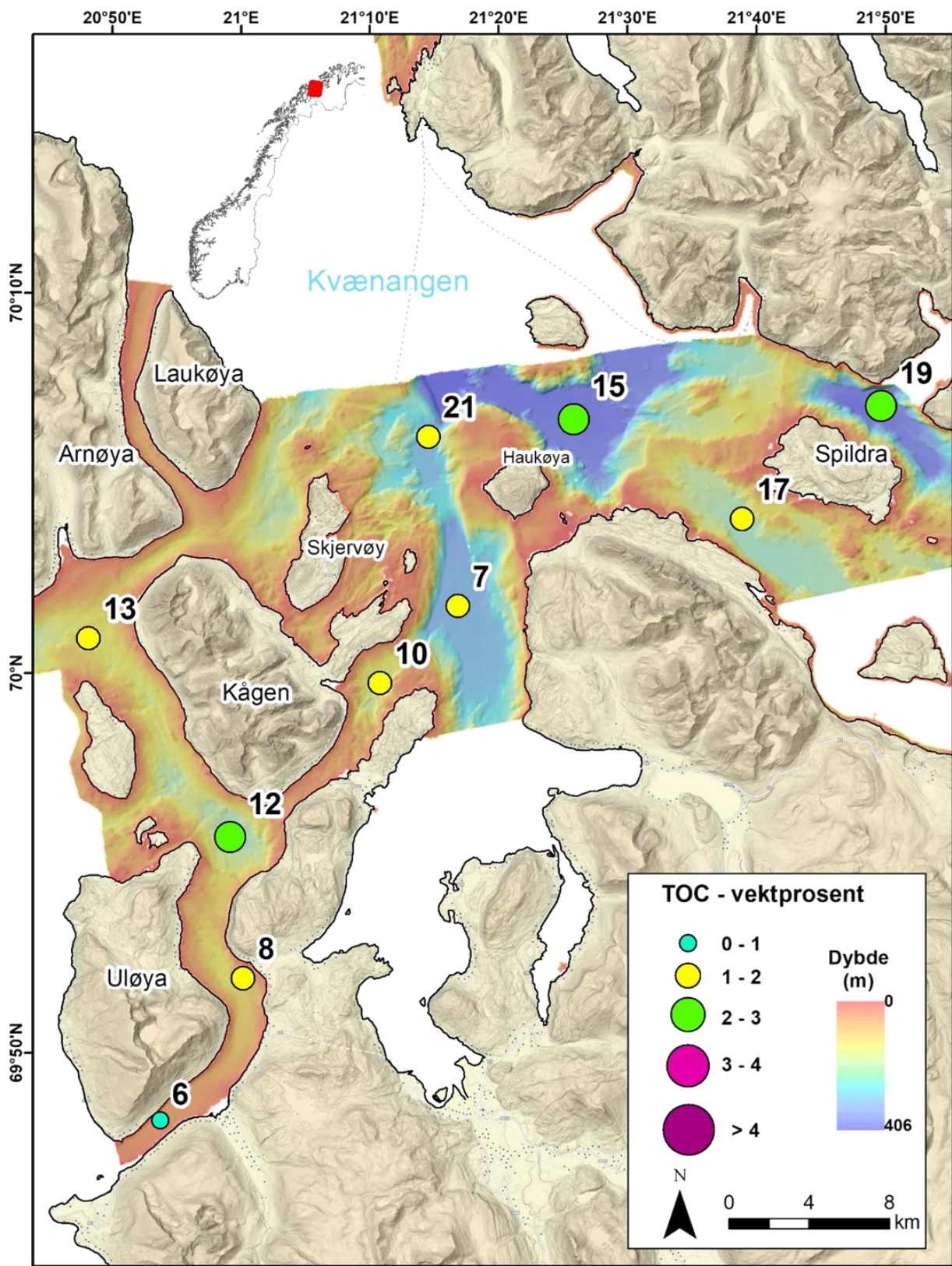
I dette kapitlet presenterer vi resultatene av geokjemiske analyser av overflatesedimenter i form av kart over studieområdet. Målingene angis hovedsakelig i konsentrasjonseenheten mg/kg sediment for metaller og µg/kg tørrvekt sediment for organiske miljøgifter, som er ekvivalent med hhv. ppm (parts per million) og ppb (parts per billion). Kornstørrelse angis i prosentvist innhold av slam og sand, mens organisk karbon, svovel og kalsiumkarbonat angis i tørrvektprosent.

3.1.1 Kornstørrelsesfordeling, organisk karbon, svovel og kalsiumkarbonat

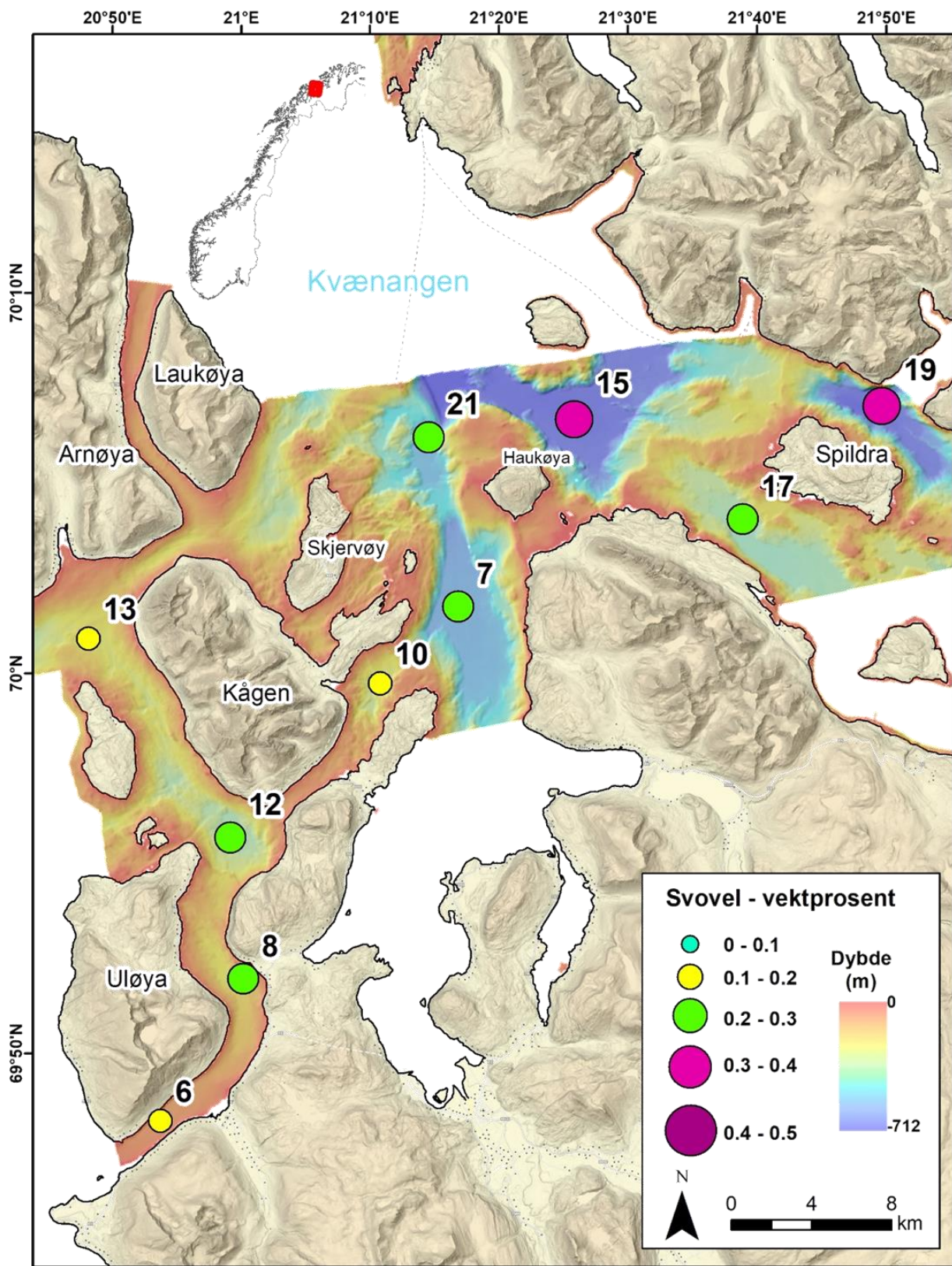
Normalt binder finkornige sedimenter med høyt innhold av leir- og siltpartikler og organisk materiale lettere til seg forurensende stoffer enn hva mer grovkornige sedimenter gjør. Avsetningsbassenger med finkornige sedimenter vil være mest representative for miljøtilstanden i et område. I vårt studieområde ser vi at slam (<0,063 mm partikkeldiameter), som omfatter silt og leir, er den dominerende fraksjonen i alle overflateprøvene (figur 4). Sand (0,063-2 mm) utgjør en høyere andel (>30 %) i Maursundet (prøve 10) og Kjølmannen nord (prøve 13) (figur 4).



Figur 4. Fordeling av sand (0,063-2 mm) og slam (<math>< 0,063\text{ mm}</math>) i overflatesedimentene.



Figur 5. Innhold av totalt organisk karbon (TOC) i overflatesedimentene.



Figur 6. Innhold av svovel (S) i overflatesedimentene.

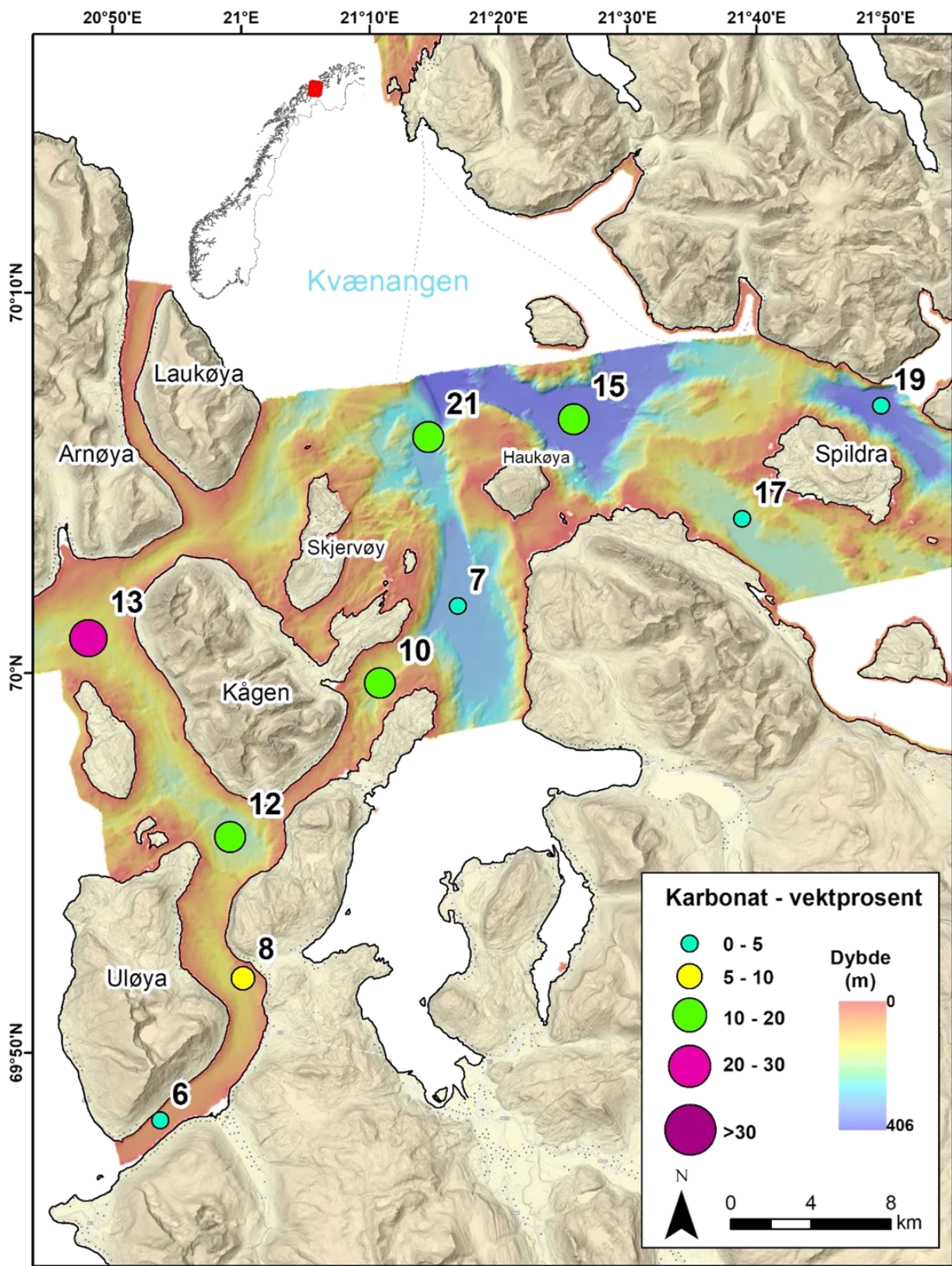
Figur 5 og 6 viser innholdet av organisk karbon (TOC) og svovel (S) i overflateprøvene (prosent av tørrvekt). TOC-verdiene varierer fra 0,9 til 2,5 %, og er lavest i Rotsundet sør (prøve 6) og høyest i Kvæningen øst for Spildra (prøve 19). Svovelkonsentrasjonen varierer mellom 0,17 % (prøve 6, Rotsundet sør) og 0,39 % (prøve 19, Kvæningen øst for Spildra). Lave TOC-verdier kan forklares med forholdsvis høy tilførsel av minerogene sedimenter slik at bunnfallet av marin biomasse og organiske rester blir fortynnet, eller at finkornet og lett organisk materiale fraktes bort med sterk strøm i vannmassene. De høyeste TOC- og S-konsentrasjonene er påvist i sedimentene i Kvæningen øst for Spildra (prøve 19), Kvæningen nordøst for Haukøya (prøve 15) og Kjølmannen sør (prøve 12). Høyt TOC- og S-innhold i prøve 19 antyder høy bioproduktivitet. Andre faktorer som tilførsel av biomasse fra land kan ikke utelukkes. Flere analyser av karbonsammensetning vil være nødvendig for å bekrefte vår argumentasjon.

Karbon som ikke er av organisk opprinnelse er som regel bundet til karbonatmineraler, hovedsakelig kalsiumkarbonat (CaCO_3). Det antas at kalsiumkarbonat i overflatesedimentene har en biologisk opprinnelse, primært fra bentiske og planktoniske organismer med kalkskall. Prosentandelen av kalsiumkarbonat i sedimentene beregnes ut fra analysene av totalt karbon etter følgende formel:

$$(\text{TC}^1 - \text{TOC}) \times (\text{CaCO}_3/\text{C}) = (\text{TC} - \text{TOC}) \times 8,33$$

¹ TC er innholdet av totalt karbon, målt med LECO.

Innholdet av kalsiumkarbonat varierer mellom 3,3 og 21,1 vektprosent (figur 7). De høyeste verdiene er påvist i Kjølmannen nord (prøve 13) og Maursundet (prøve 10), med 13-21 vektprosent i et slamholdig sediment med høyt sandinnhold. Det høye karbonatinnholdet skyldes trolig et høyt innhold av kalkskall i sandfraksjon (skjell, foraminiferer, eller lignende).



Figur 7. Kalsiumkarbonatkonsentrasjon i overflatesedimentene.

3.1.2 Innhold av arsen og tungmetaller

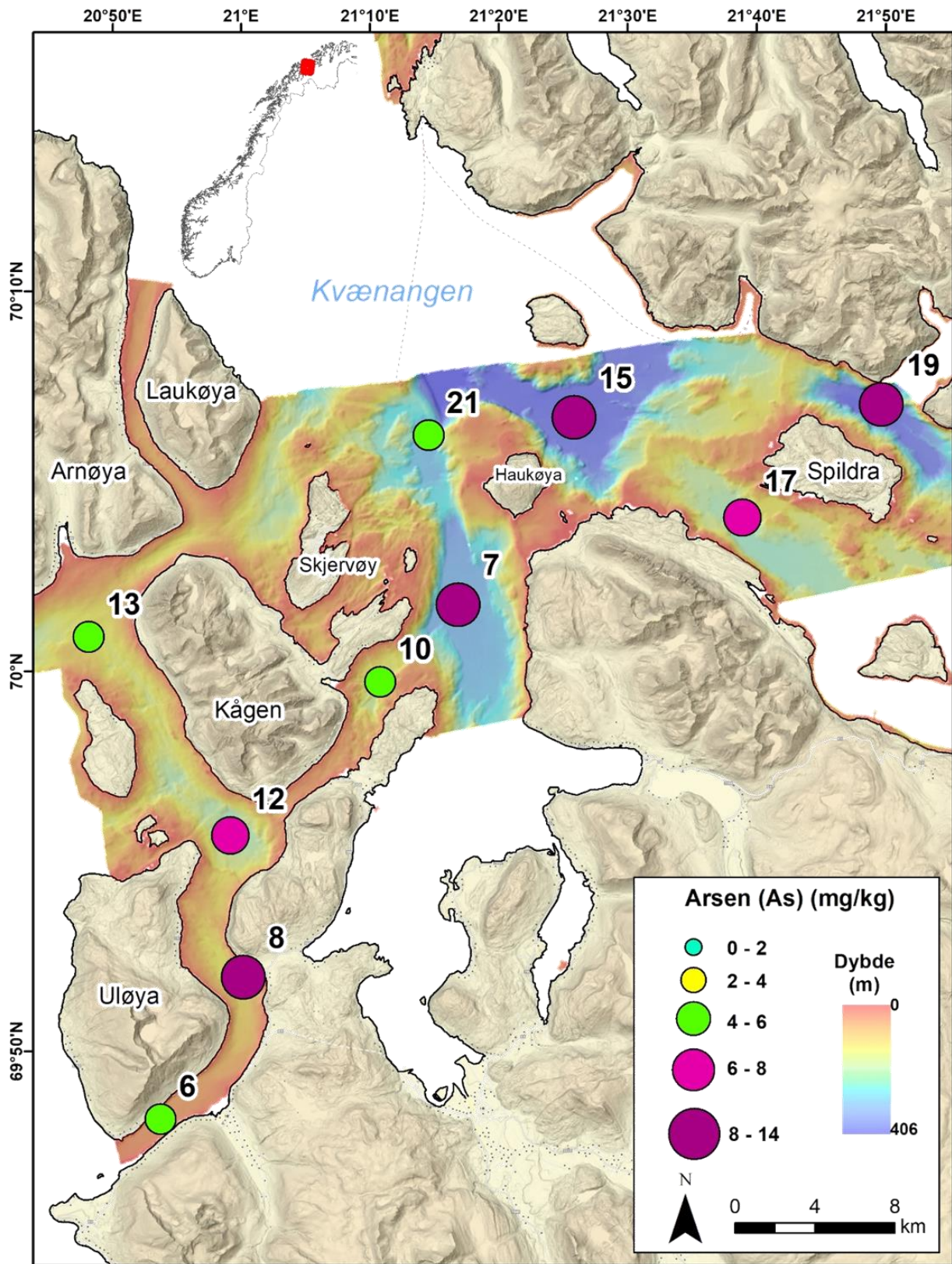
Dagens system for overvåkning av miljøtilstand i marine sedimenter baserer seg på Forskrift om rammer for vannforvaltningen (Vannforskriften). Miljødirektoratet har utarbeidet grenseverdier for en rekke miljøgifter i vann, sediment og biota (M-608, 2016, revidert i 2020), og et klassifikasjonssystem med følgende klasser:

I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
-----------------------------	-------------------------	------------------------------	----------------------------	---------------------------------

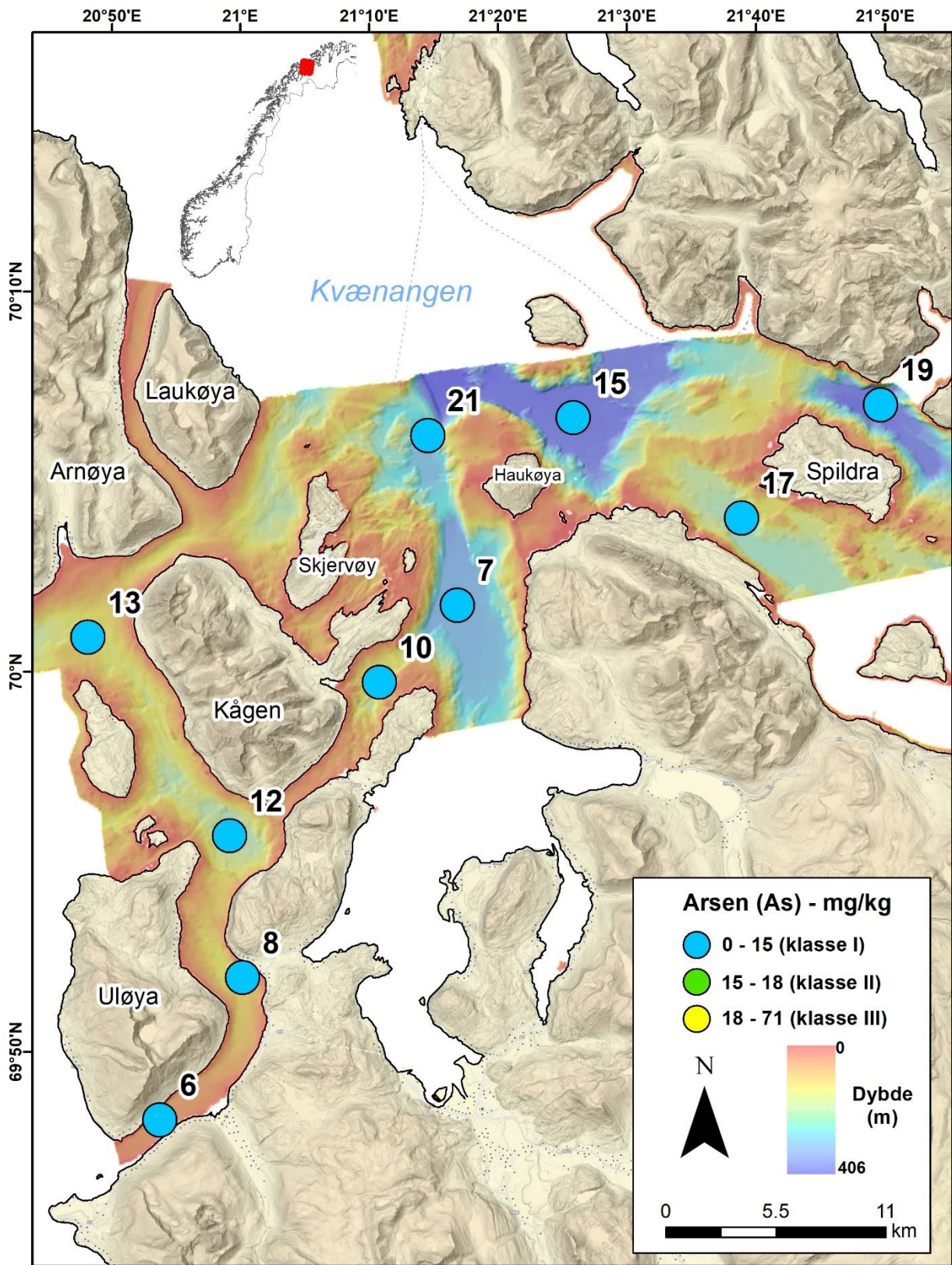
I denne rapporten presenterer vi analyseresultatene for arsen (As) og tungmetallene bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu), krom (Cr), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni) og sink (Zn) fra overflatesedimenter i studieområdet. I figurene 8-15 er konsentrasjonen av de ulike miljøgiftene visualisert på kart både som absolutte verdier (alle a-figurer) og etter Miljødirektoratets klassifikasjonssystem (alle b-figurer). Tabell 3 gir minimums- og maksimumsverdier for hvert av stoffene, og tabell 4 viser hvordan de ti lokalitetene samlet fordeler seg etter Miljødirektoratets grenseverdier og klasser.

Arsen (As)

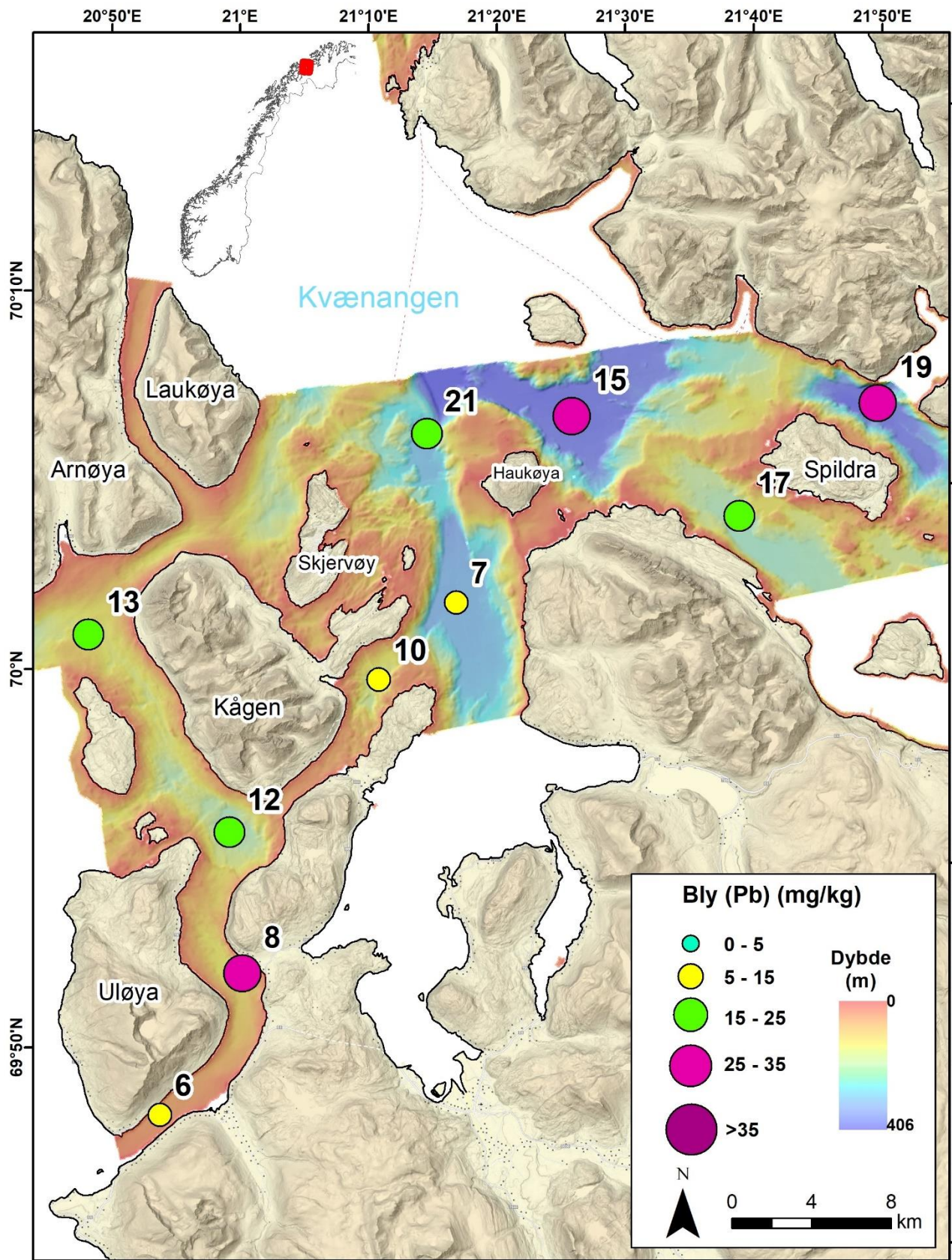
As-konsentrasjonen varierer fra 4,1 til 13,4 mg/kg (figur 8a). De høyeste konsentrasjonene finnes i sedimentprøve 19 fra Kvæningen øst for Spildra (13,4 mg/kg). Høye verdier (>10 mg/kg) observeres også i prøve 7 (Ytre Reisafjorden), prøve 8 (Rotsundet midt), og prøve 15 (Kvæningen nordøst for Haukøya). Høy verdi i prøve 19 kan ha sammenheng med høyt TOC-innhold (figur 5). Av ti prøver er alle i tilstandsklasse I (bakgrunn) for kyst- og fjordsedimenter (<15 mg/kg sediment, figur 8b). Miljøgeokjemiske analyser av en prøve tatt i samme område som prøve 8 i 2007 viser As-konsentrasjon tilsvarende samme tilstandsklasse som i 2021 (Jensen m.fl., 2008).



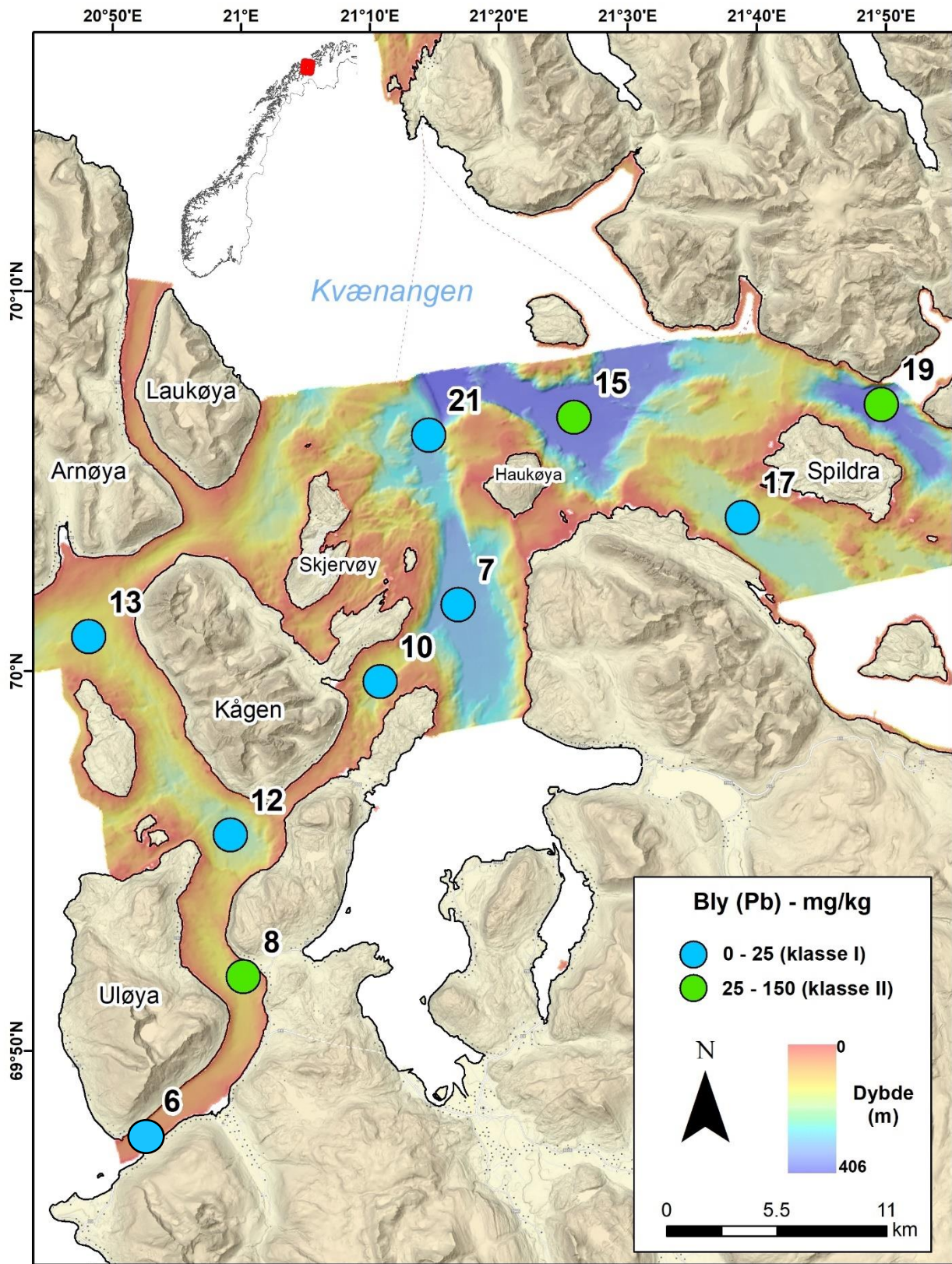
Figur 8a. Arsenkonsentrasjon i overflatesedimentene.



Figur 8b. Arsenkonsentrasjon i overflatesedimentene klassifisert i henhold til Vannforskriften.



Figur 9a. Blykonsentrasjon i overflatesedimentene.



Figur 9b. Blykonsentrasjon i overflatesedimentene klassifisert i henhold til Vannforskriften.

Bly (Pb)

Pb-konsentrasjonen i overflatesedimentene varierer fra 5,7 til 27,8 mg/kg (figur 9a). Prøve 15 (Kvæningen nordøst for Haukøya) har den høyeste blykonsentrasjonen (27,8 mg/kg). I prøvene 8, 15 og 19 stemmer anrikningen av bly overens med høyt TOC-innhold og slaminnhold. Figur 9b viser at prøvene faller i tilstandsklasse II (25-100 mg/kg sediment, god), mens alle andre prøver har Pb-konsentrasjoner i tilstandsklasse I (0-25 mg/kg sediment, bakgrunn). Miljøgeokjemiske analyser av en prøve tatt i samme område som prøve 8 i 2007 viser Pb-konsentrasjoner tilsvarende dagens tilstandsklasse I (Jensen m.fl., 2008).

Kadmium (Cd)

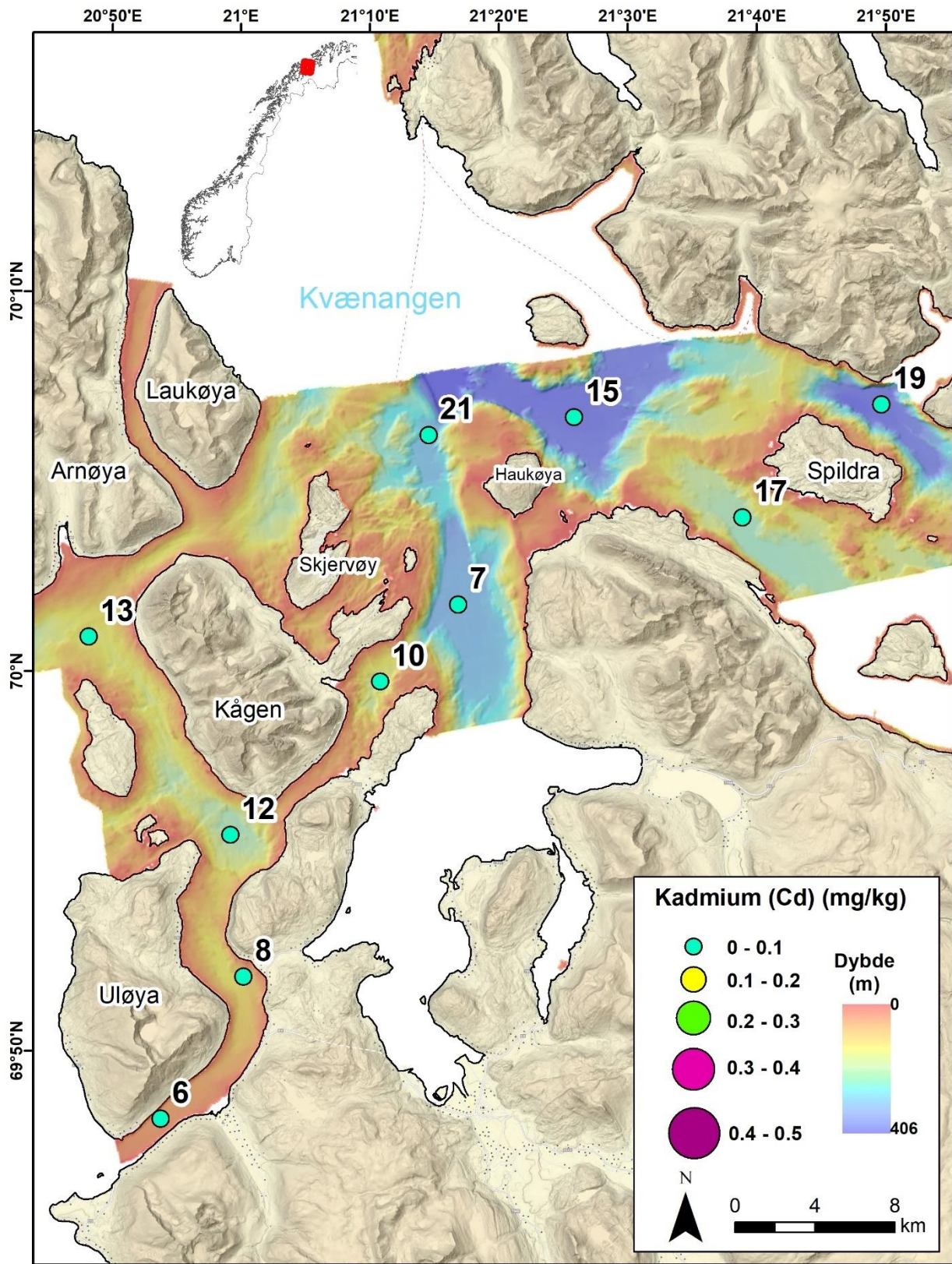
Cd-konsentrasjonen er lavere enn 0,1 mg/kg i alle prøver (figur 10a). Dermed har alle prøver Cd-konsentrasjoner i tilstandsklasse I (<0,2 mg/kg sediment, bakgrunn, figur 10b).

Kobber (Cu)

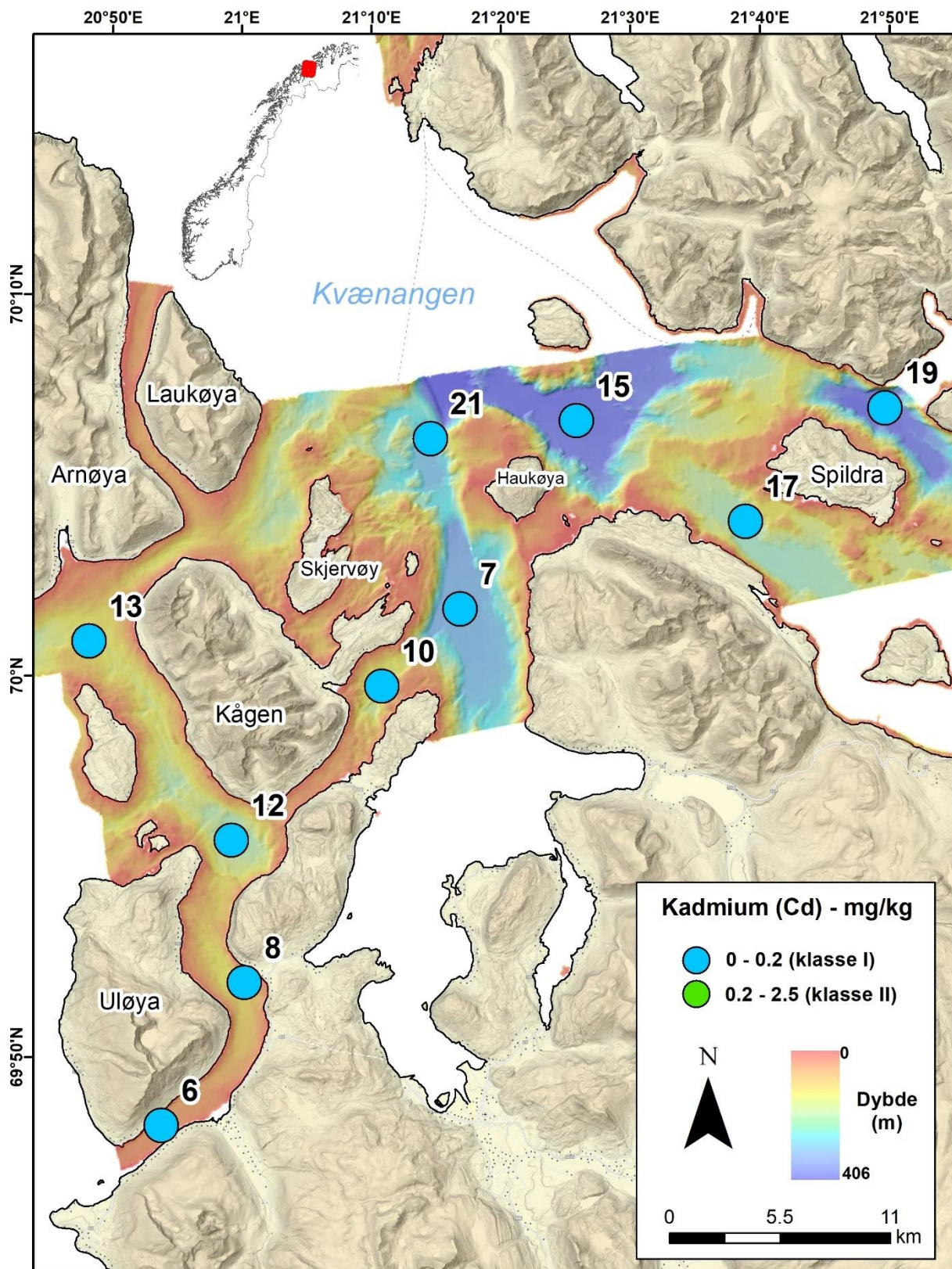
Cu er registrert i samtlige prøver, med konsentrasjoner fra 19,5 til 40,3 mg/kg (figur 11a). Kvæningen øst for Spildra (prøve 19) viser den høyeste verdien i hele studieområdet (40,3 mg/kg). En mulig forklaring er de høye TOC verdiene og høyt slam-innhold som binder kobber i sedimentene. Figur 11b viser at nesten alle stasjoner faller i tilstandsklasse II (20-84 mg/kg sediment, god). Bare prøve 10 (Maursundet) og prøve 13 (Kjølmangen nord) har Cu-konsentrasjoner i tilstandsklasse I (0-20 mg/kg sediment, bakgrunn). Miljøgeokjemiske analyser av en prøve tatt i samme område som prøve 8 i 2007 viser Cu-konsentrasjon tilsvarende samme tilstandsklasse som i 2021 (Jensen m.fl., 2008).

Krom (Cr)

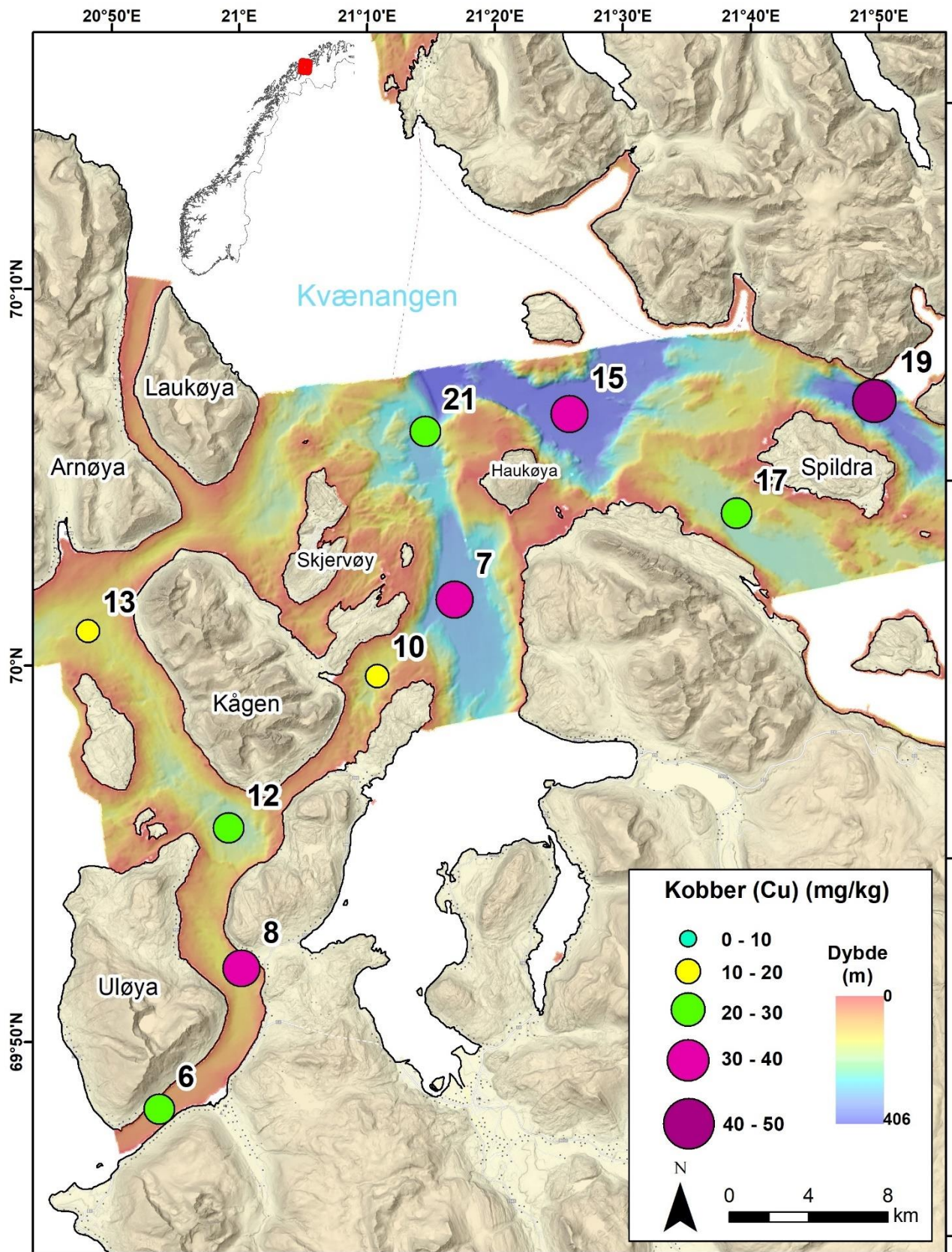
Cr er registrert i samtlige prøver, med konsentrasjoner fra 43,3 til 80,4 mg/kg (figur 12a). Konsentrasjonen i prøvene 7, 8, 15 og 19 fra henholdsvis ytre Reisafjorden, Rotsundet midt, Kvæningen nordøst for Haukøya og Kvæningen øst for Spildra er klart høyere (>70 mg/kg) enn det vi finner i de øvrige prøvene. Figur 12b viser at seks av ti prøver er i tilstandsklasse II (60-620 mg/kg sediment, god) mens de øvrige er i tilstandsklasse I (0-60 mg/kg sediment, bakgrunn). Miljøgeokjemiske analyser av en prøve tatt i samme område som prøve 8 i 2007 viser Cr-konsentrasjoner tilsvarende dagens tilstandsklasse I (Jensen m.fl., 2008).



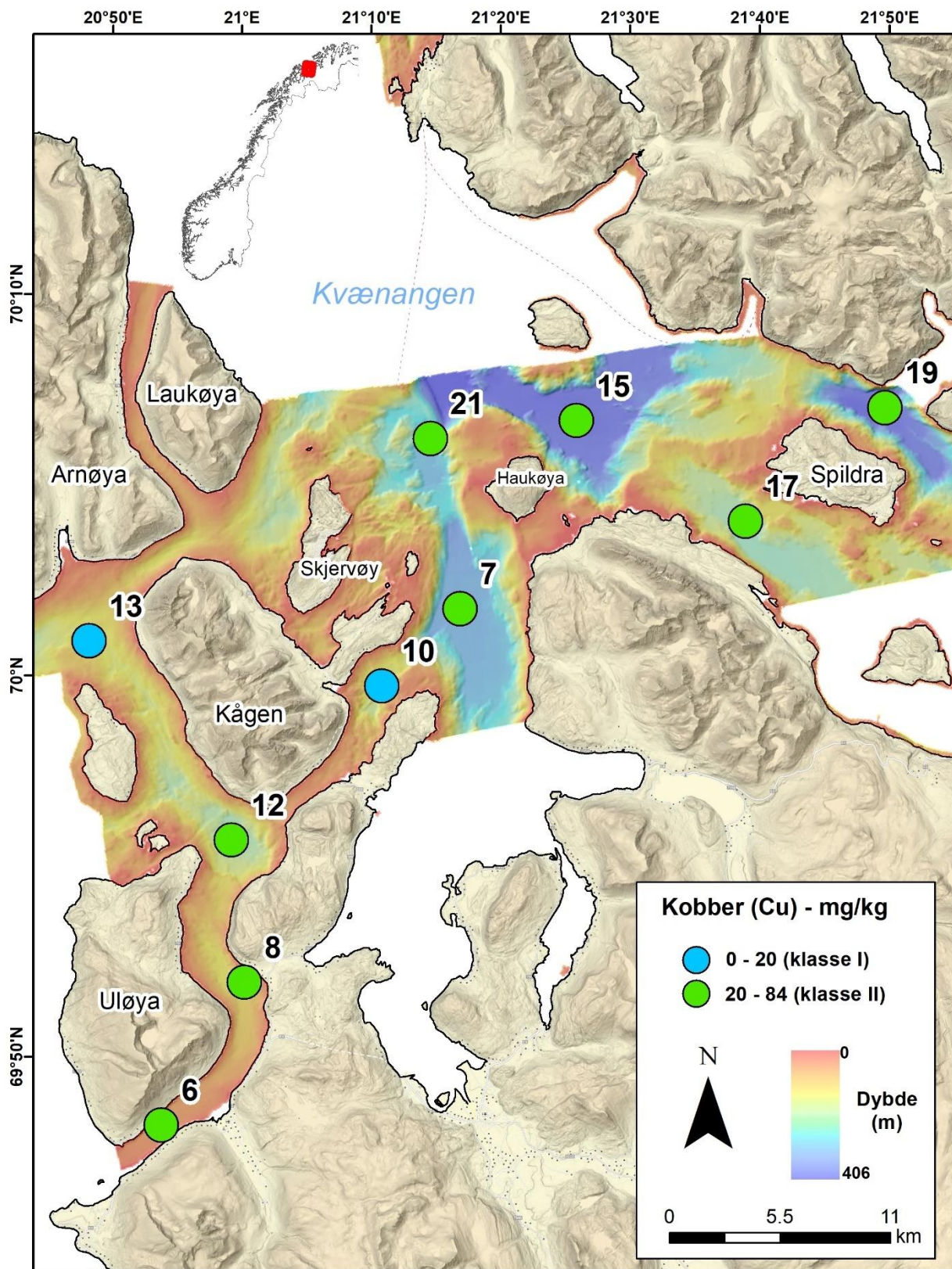
Figur 10a. Kadmiumkonsentrasjon i overflatesedimentene.



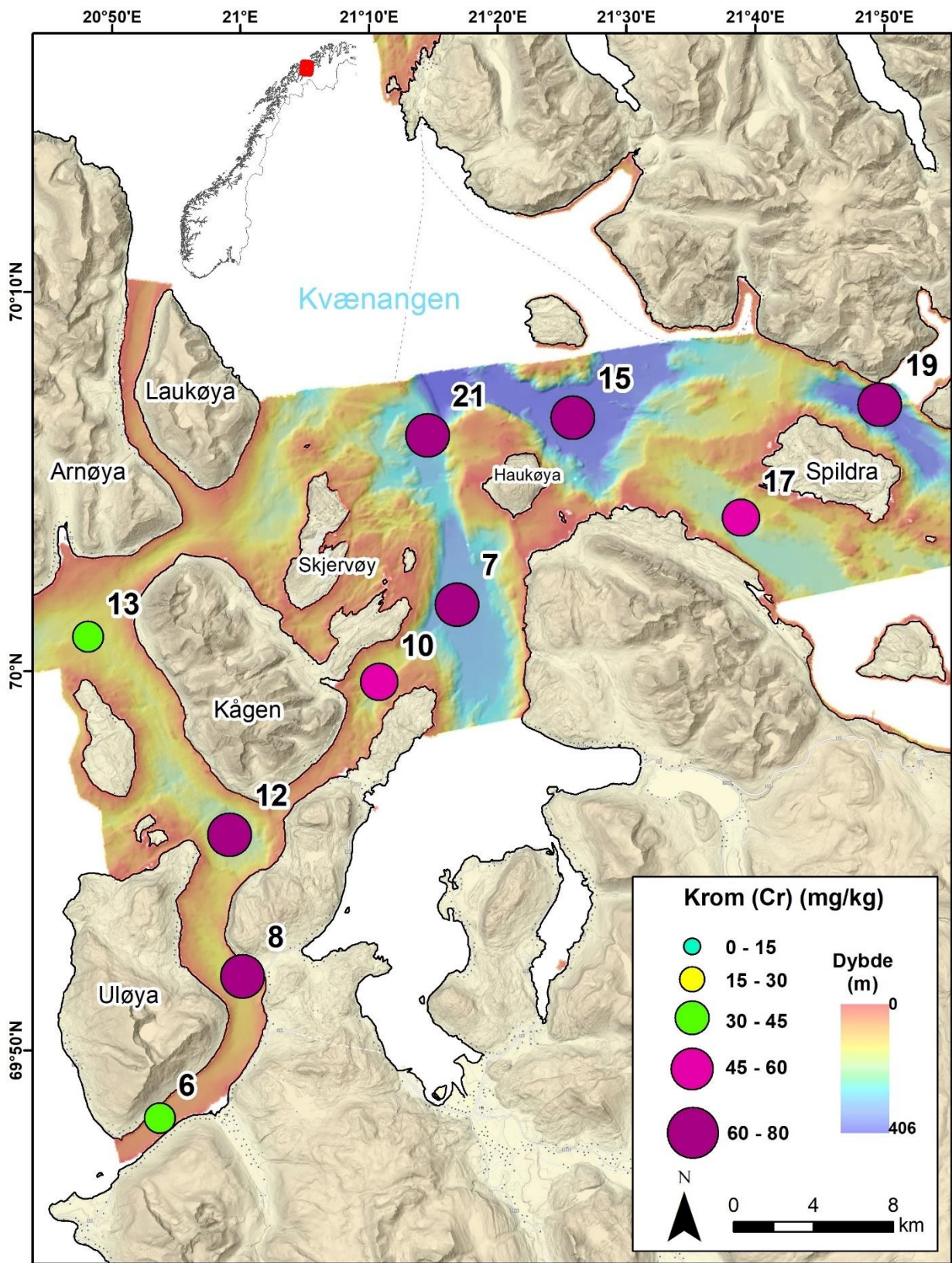
Figur 10b. Kadmiumkonsentrasjon i overflatesedimentene klassifisert i henhold til Vannforskriften.



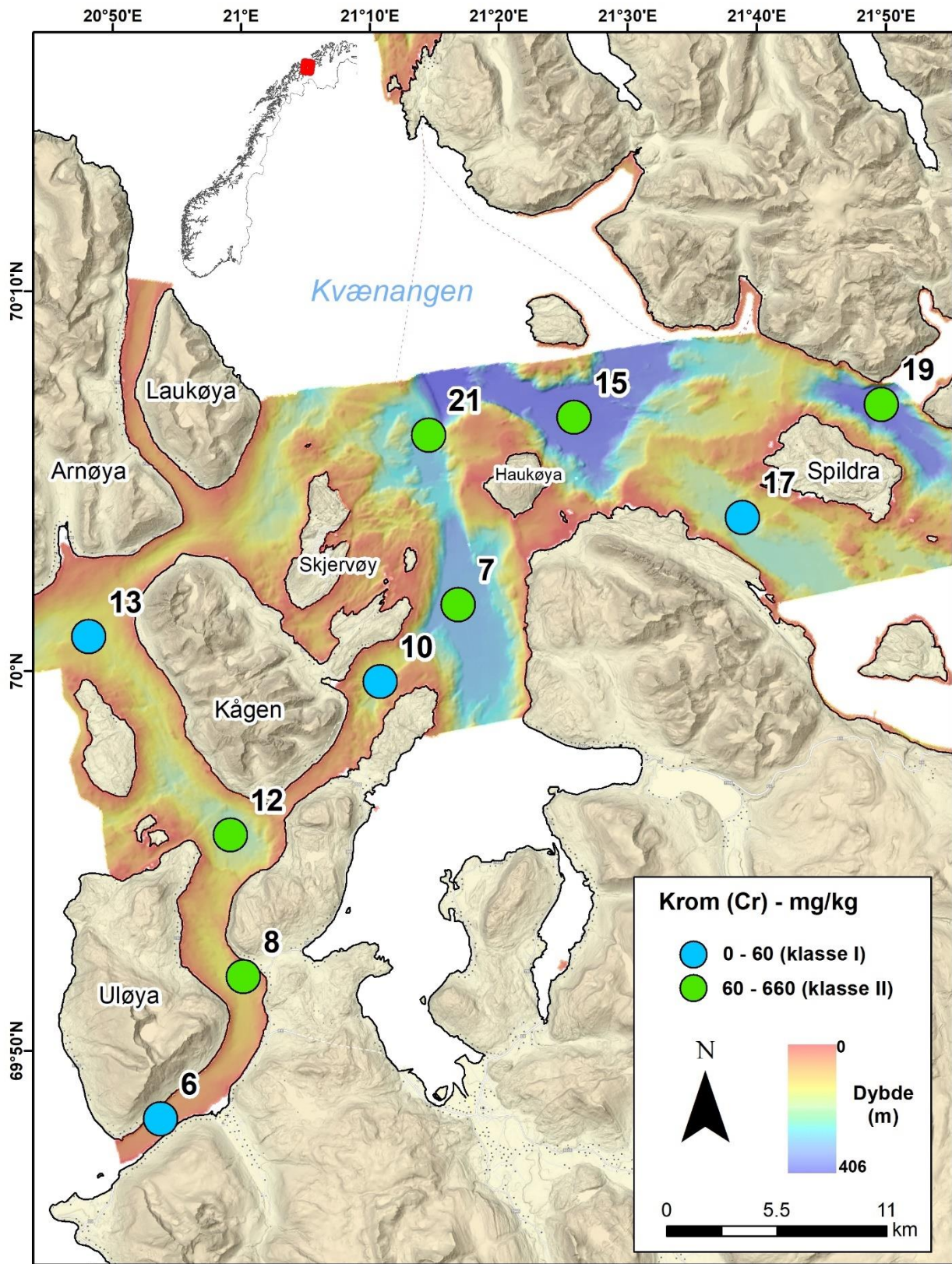
Figur 11a. Kobberkonsentrasjon i overflatesedimentene.



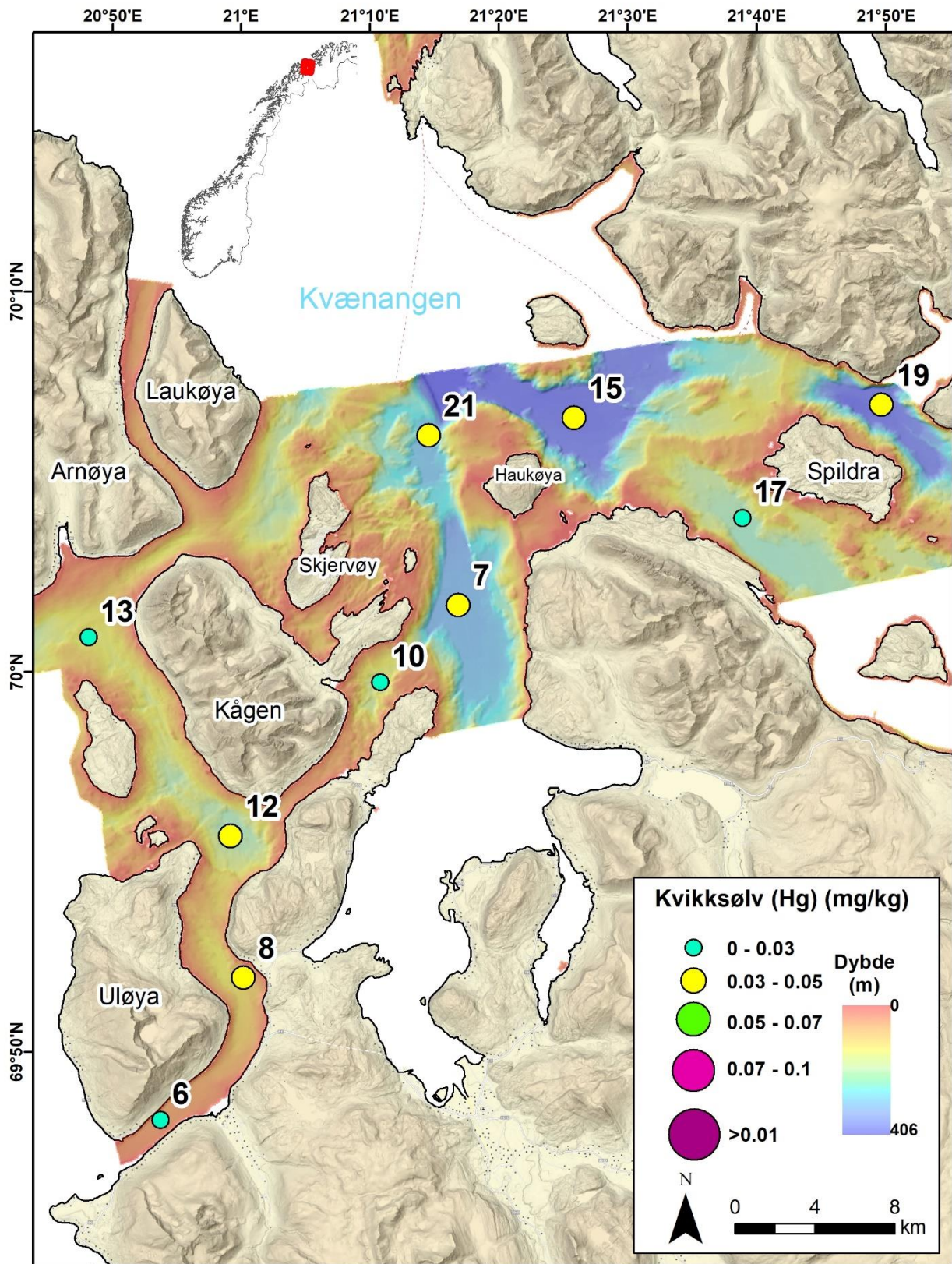
Figur 11b. Kobberkonsentrasjon i overflatesedimentene klassifisert i henhold til Vannforskriften.



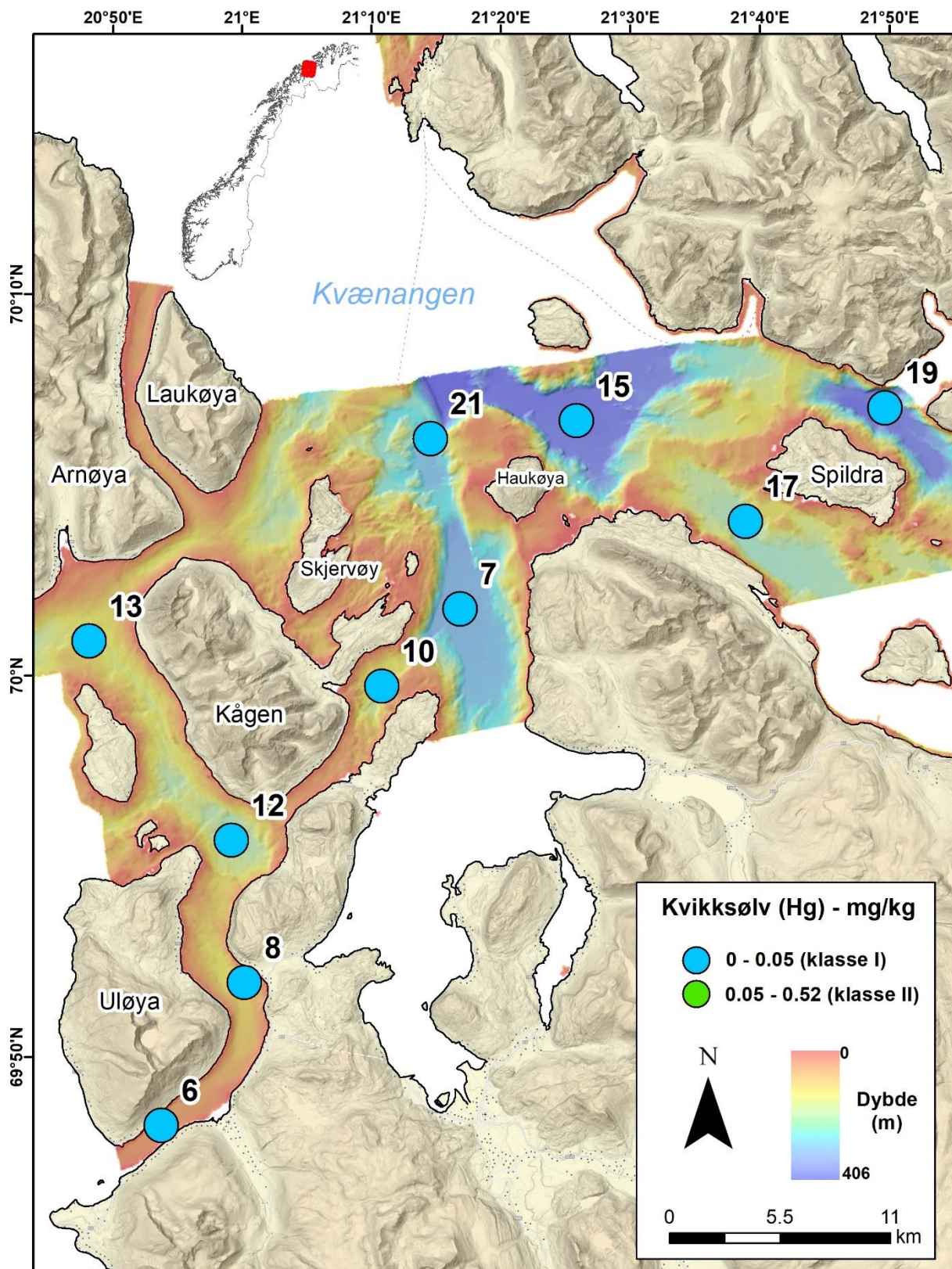
Figur 12a. Kromkonsentrasjon i overflatesedimentene.



Figur 12b. Kromkonsentrasjon i overflatesedimentene klassifisert i henhold til Vannforskriften.



Figur 13a. Kvikksølvkonsentrasjon i overflatesedimentene.



Figur 13b. Kvikksølvkonsentrasjon i overflatesedimentene klassifisert i henhold til Vannforskriften.

Kvikksølv (Hg)

Hg-konsentrasjonen i sedimentprøvene varierer fra 0,013 til 0,039 mg/kg. Størst innhold av kvikksølv finner vi i Rotsundet midt (prøve 8) og Kjølmangen sør (prøve 12). Figur 13b viser at alle prøvene faller i tilstandsklasse I (0-0,05 mg/kg sediment, bakgrunn).

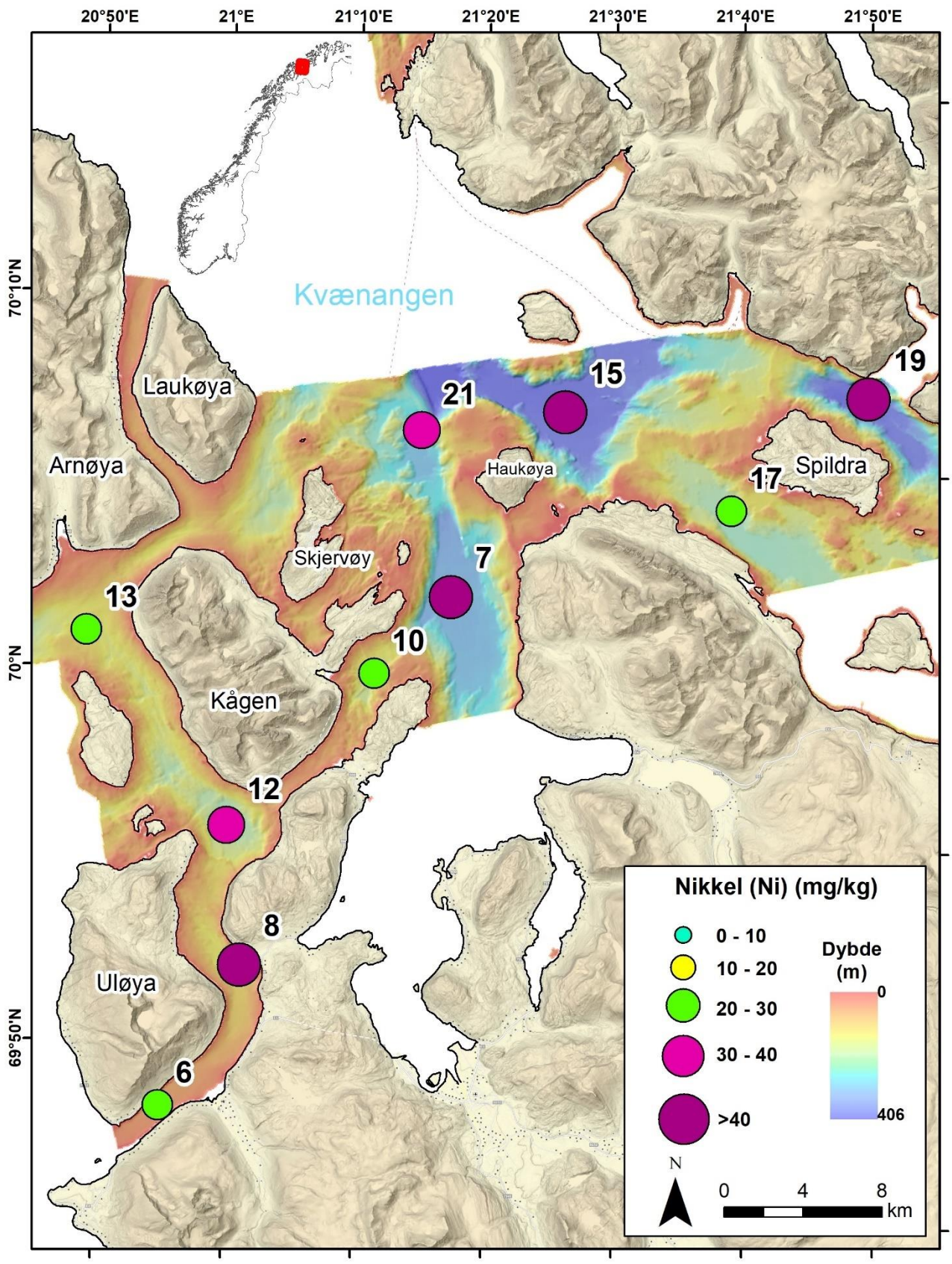
Miljøgeokjemiske analyser av en prøve tatt i samme område som prøve 8 i 2007 viser Hg-konsentrasjon tilsvarende samme tilstandsklasse som i 2021 (Jensen m.fl., 2008).

Nikkel (Ni)

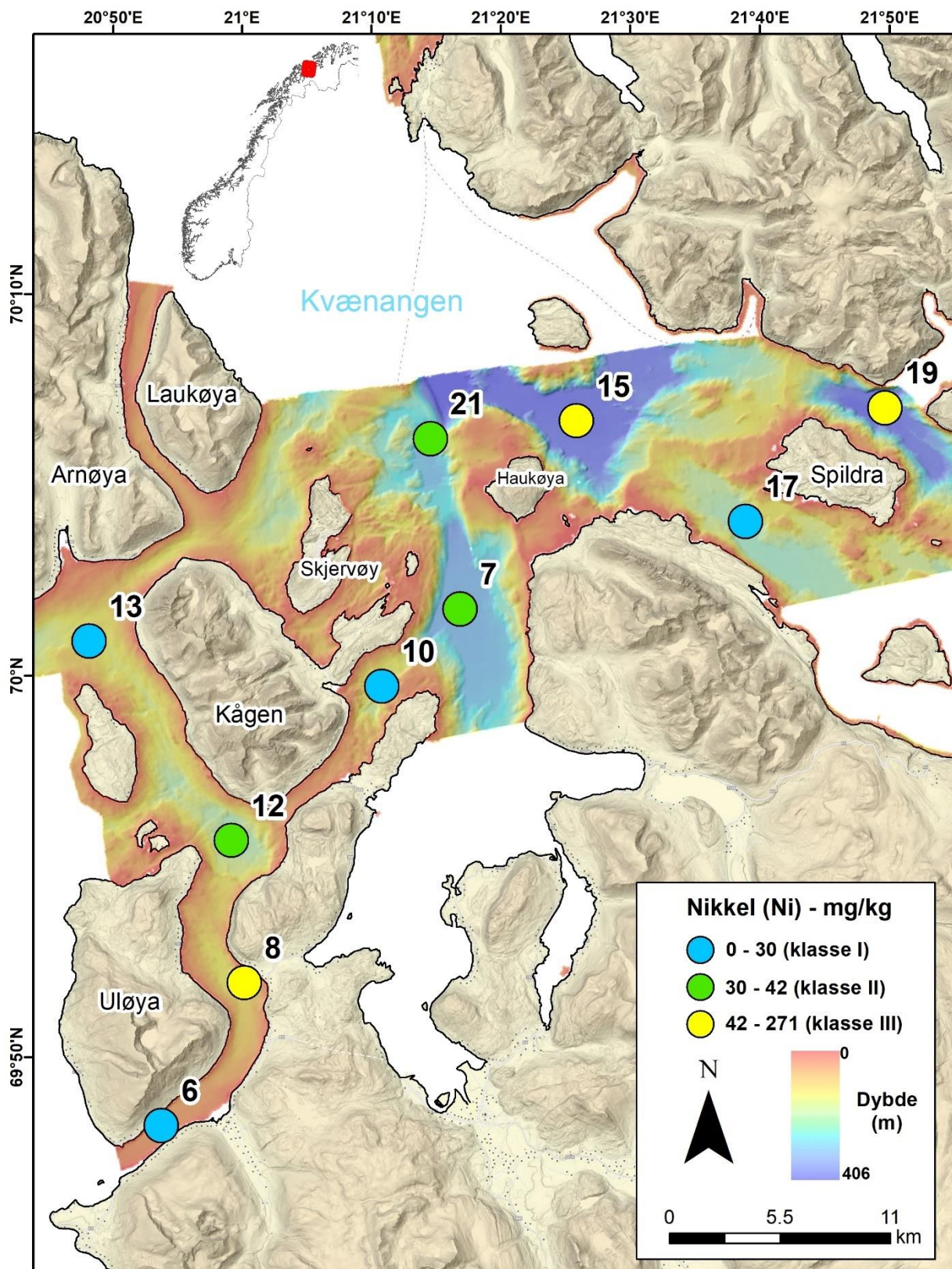
Ni-konsentrasjonen varierer fra 23,7 til 50,7 mg/kg (figur 14a). I Kvæningen øst for Spildra (prøve 19) er Ni-innholdet i overflatesedimentene høyest (50,7 mg/kg). Det noteres at Ni-innholdet i tre prøver (8, 15 og 19) fra henholdsvis Rotsundet midt, Kvæningen nordøst for Haukøya og Kvæningen øst for Spildra faller i tilstandsklasse III (42-271 mg/kg sediment, moderat, figur 14b). Miljøgeokjemiske analyser av en prøve tatt i samme område som prøve 8 i 2007 viser Ni-konsentrasjon tilsvarende dagens tilstandsklasse II (Jensen m.fl., 2008).

Sink (Zn)

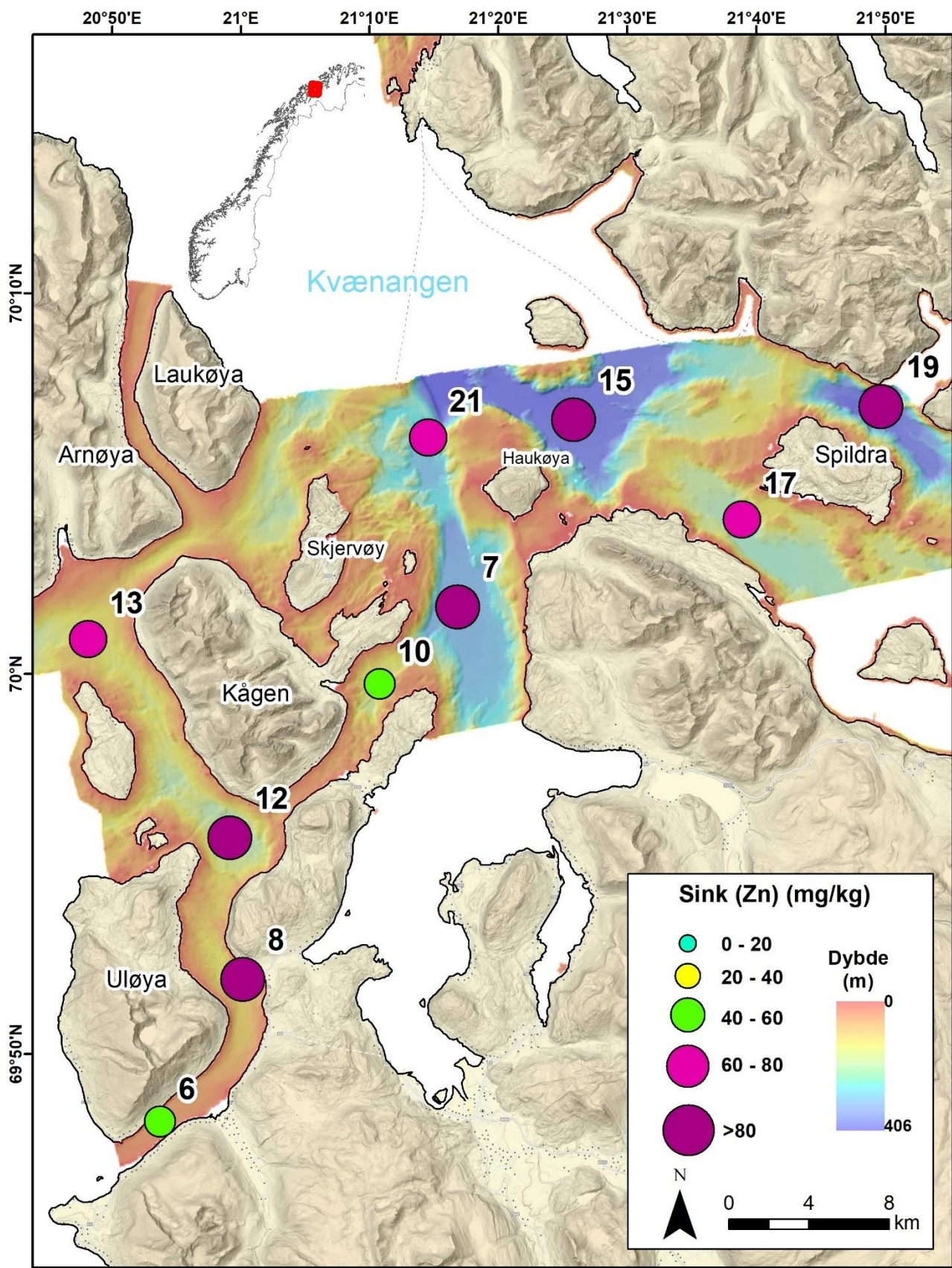
Zn-konsentrasjonen varierer fra 55,5 til 107 mg/kg sediment (figur 15a), med den høyeste verdien i prøve 19 fra Kvæningen øst for Spildra (107 mg/kg). Klassifisert etter Miljødirektoratets grenseverdier (figur 15b) plasserer fire av ti overflateprøver (7, 8, 15, 19) seg i tilstandsklasse II (90-139 mg/kg sediment, god), mens resterende prøver har bakgrunnskonsentrasjoner (<90 mg/kg sediment). Miljøgeokjemiske analyser av en prøve tatt i samme område som prøve 8 i 2007 viser Zn-konsentrasjon tilsvarende dagens tilstandsklasse I (Jensen m.fl., 2008).



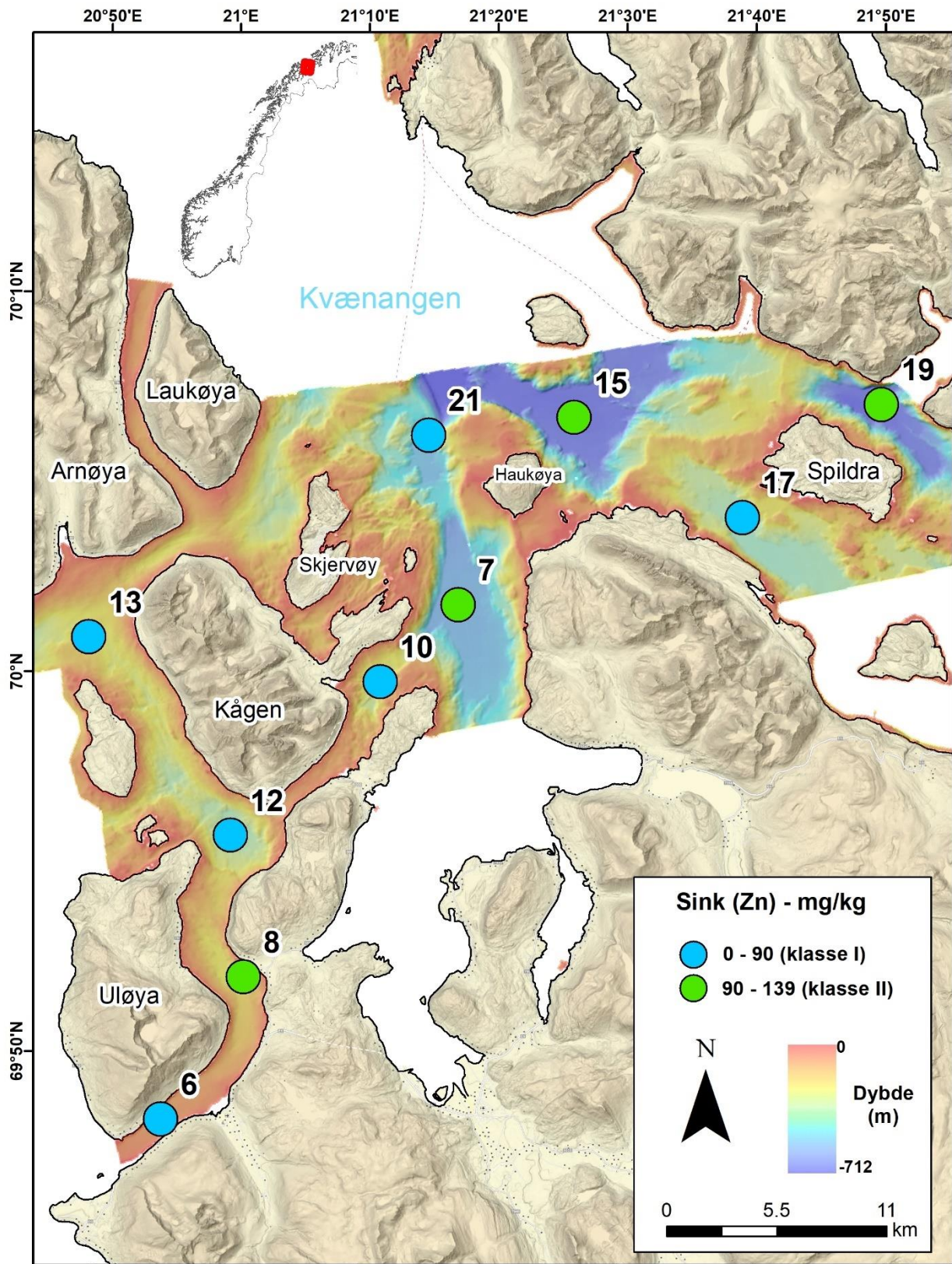
Figur 14a. Nikkelkonsentrasjon i overflatesedimentene.



Figur 14b. Nikkelkonsentrasjon i overflatesedimentene klassifisert i henhold til Vannforskriften.



Figur 15a. Sinkkonsentrasjon i overflatesedimentene.



Figur 15b. Sinkkonsentrasjon i overflatesedimentene klassifisert i henhold til Vannforskriften.

Tabell 3. Minimums- og maksimumsverdier av tungmetaller (dybdeintervallet 0-2 cm) i overflateprøver av marine sedimenter i kartleggingsområdet.

Kjemisk stoff	Minimum	Maksimum
Arsen (As) [mg/kg]	4,1	13,4
Bly (Pb) [mg/kg]	5,7	27,8
Kadmium (Cd) [mg/kg]	< 0,1	<0,1
Kobber (Cu) [mg/kg]	19,5	40,3
Krom (Cr) [mg/kg]	43,9	80,4
Kvikksølv (Hg) [mg/kg]	0,013	0,039
Nikkel (Ni) [mg/kg]	23,7	50,7
Sink (Zn) [mg/kg]	55,5	94,7

Tabell 4. Grenseverdier for klassifisering av tungmetaller i sediment, basert på Miljødirektoratets veileder M-608 (2016, revidert i 2020) som følger EUs vanndirektiv og den norske vannforskriften. De nye grenseverdiene erstatter Miljødirektoratets grenseverdier i klassifiseringsveilederne TA-2229/2007 og TA-1467/1997 (Veiledere for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann). Uthevet skrift viser antall prøver i hver klasse i overflatesedimentene (0-2 cm for metaller) i studieområdet (Bakke m. fl. (2010); Miljødirektoratets veileder M-608 (2016, revidert i 2020)).

Parameter	Forurensingsnivå					
	Under deteksjon s-grense	I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Arsen (mg/kg TS) As		< 15 10	15-18 0	18-71 0	71-580 0	> 580 0
Bly (mg/kg TS) Pb		< 25 7	25-150 3	150-1480 0	1480-2000 0	2000-2500 0
Kadmium (mg/kg) Cd	< 0,1 10	< 0,2 0	0,2-2,5 0	2,5-16 0	16-157 0	> 157 0
Kobber (mg/kg TS) Cu		< 20 2	20-84 8	84-84 0	84-147 0	> 147 0
Krom (mg/kg TS) Cr		< 60 4	60-620 6	620-6000 0	6000-15500 0	15500-25000 0
Kvikksølv (mg/kg) Hg		< 0,05 10	0,05-0,52 0	0,52-0,75 0	0,75-1,45 0	> 1,45 0
Nikkel (mg/kg TS) Ni		< 30 4	30-42 3	42-271 3	271-533 0	> 533 0
Sink (mg/kg TS) Zn		< 90 6	90-139 4	139-750 0	750-6690 0	> 6690 0

3.1.2 Innhold av organiske miljøgifter

Miljødirektoratet har utarbeidet et eget klassifiseringssystem for nivåene av enkelte organiske miljøgifter i marine sedimenter (Miljødirektoratets veileder M-608, 2016, revidert i 2020). Miljødirektoratets tilstandsklasser for relevante organiske miljøgifter i sedimenter er vist i tabell 5.

Tabell 5. Miljødirektoratets tilstandsklasser med tilhørende klassegrenser på forurensning med organiske miljøgifter i marine sedimenter, i µg/kg tv. (Miljødirektoratet 2016, 2020).

Tilstandsklasse	Klasse I	Klasse II	Klasse III	Klasse IV	Klasse V
	Bakgrunn	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
PAH16*	<300	300-2000	2000-6000	6000-20000	>20000
Benzo[a]pyren	<6	6–183	183–230	230–13100	> 13100
6 PBDE**	–	< 62	62–79	79–1580	> 1580
Sum DDT***	-	< 15	15-165	165-1647	>1647
HCB	0	< 17	17-61	61-610	>610
γ-HCH (lindan)	0	<0,074	0,074-0,74	0,74-9,8	>9,8
PCB7****	-	< 4,1	4,1-43	43-430	>430
PFOS	-	<0,23	0,23-72	>72	-
PFOA	-	<71	>71	-	-

- Summerte nivåer av naftalen, acenaftalen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benz[a]antracen, krysen, benzo[b]fluoranten, benzo[k]fluoranten, benzo[a]pyren, indeno[1,2,3-cd]pyren, dibenz[a,h]antracen, benzo[ghi]perylene.

** Summerte nivåer av BDE-28, BDE-47, BDE-99, BDE-100, BDE-153, BDE-154.

*** Summerte nivåer av *p,p'*-DDT, *p,p'*-DDD, *p,p'*-DDE.

**** Summerte nivåer av PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB138, PCB153 og PCB180.

PAH og THC

Oppsummering av hydrokarbonnivåene funnet i overflateprøvene fra Skjervøy og Kvæningen er gitt i tabell 6 og på kartene i figurene 16 - 20. Kun et utvalg av prøver ble analysert for hydrokarboner, se tabell 2.

Tabell 6. Gjennomsnitts-, minimums- og maksimumsnivåer av hydrokarboner i overflatesedimenter (0-2 cm) fra seks lokaliteter i Skjervøy og Kvæningen. Miljødirektoratets tilstandsklasser er vist med farge i samsvar med tabell 5.

Nivå	THC	Sum 49 PAH	NPD	PAH16	Benzo[a]pyren
	mg/kg tv.	µg/kg tv.	µg/kg tv.	µg/kg tv.	µg/kg tv.
Min.	13	164	34	106	5,3
Gjennomsnitt	17	235	48	162	8,5
Maks.	23	321	65	212	11

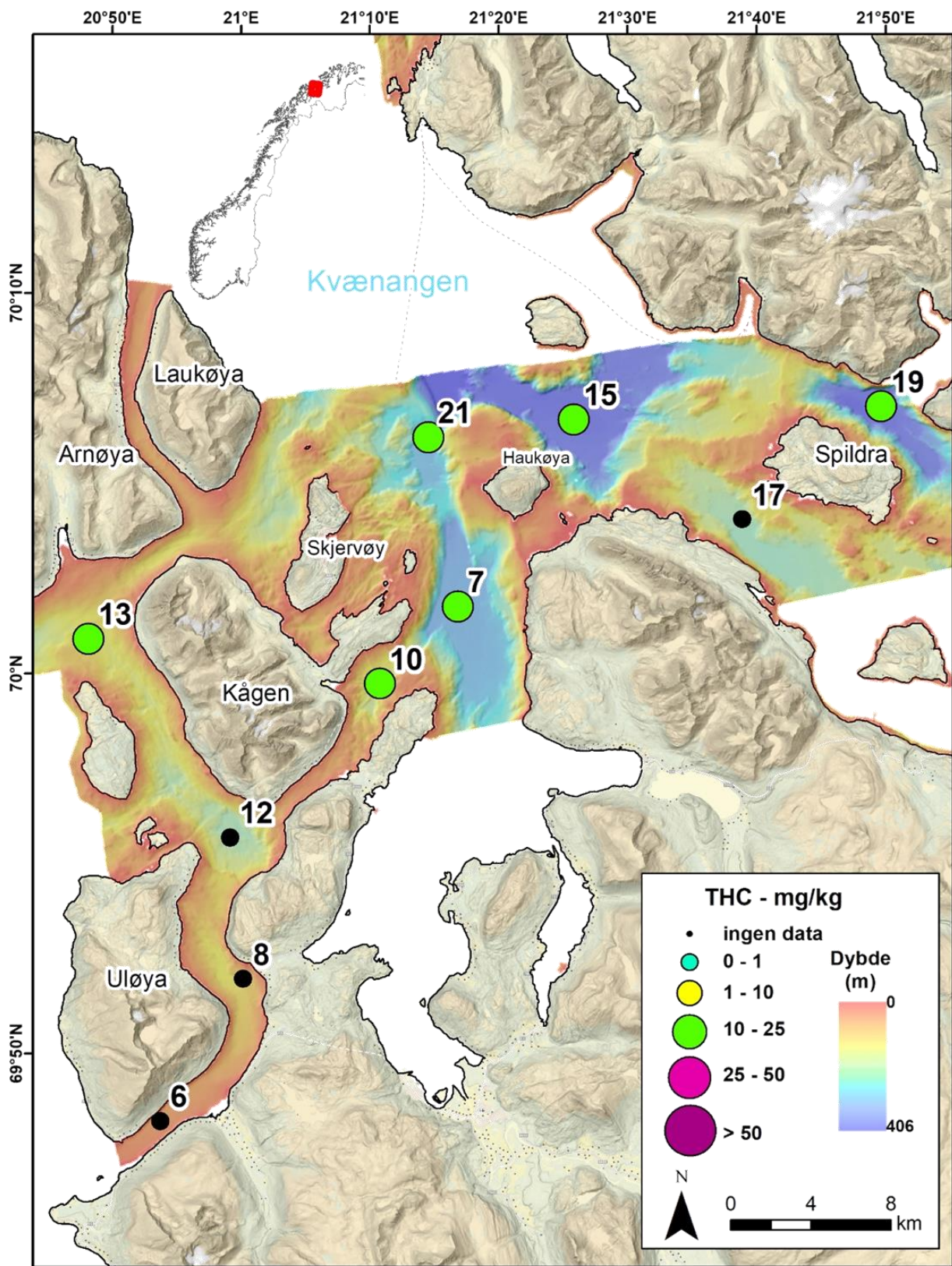
Totale hydrokarbonnivåer (THC, figur 16) er høyest (23 mg/kg tørrvekt) på stasjon 19, trolig på grunn av høyt TOC-innhold på denne lokaliteten (2,5% TOC, se kapittel 3.1.1). I gjennomsnitt ligger THC-nivåene på 17 mg/kg tørrvekt, noe som er relativt lavt for

kystsonen. Sedimentene er lite forurenset. Miljødirektoratet har ikke etablert tilstandsklasser for THC, men nivåer under 50 mg/kg tørrvekt anses som lave (OSPAR 2009). Resultatene stemmer ellers godt med det man har funnet under tidligere undersøkelse av sedimenter fra Rotsundet og Lyngenfjorden i MAREANO-prosjektet i 2007 (Boitsov mfl. 2011).

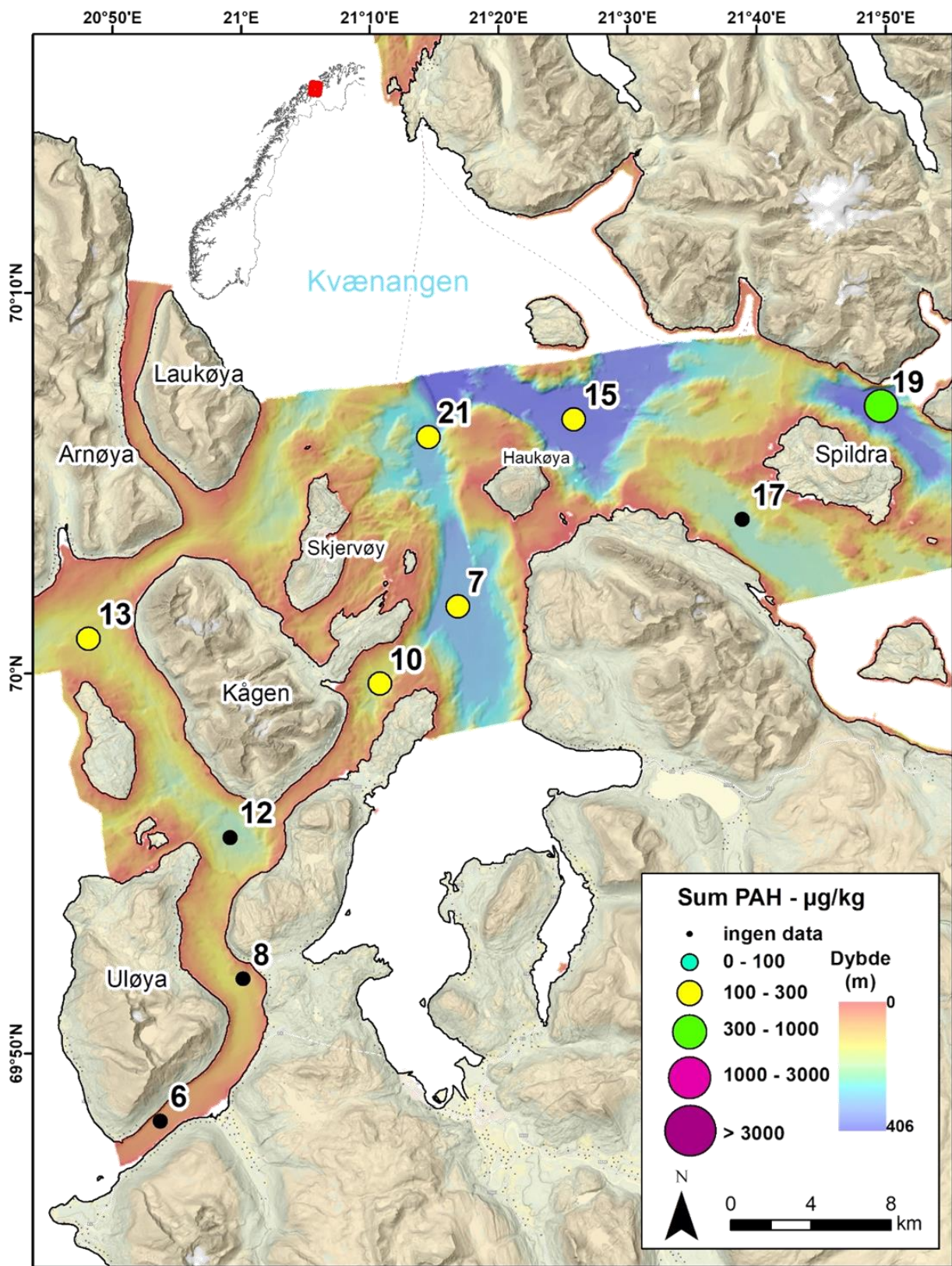
Summerte PAH-nivåer (figur 17) følger omtrent samme mønster som THC, med maksimale nivåer (321 µg/kg tørrvekt) på stasjon 19. Dette viser også sammenheng med TOC-innholdet i sedimentene. PAH-nivåene er ganske lave og ligger på 235 µg/kg tørrvekt i gjennomsnitt. Dette stemmer godt med nivåene tidligere funnet i Rotsundet og Lyngenfjorden (Boitsov mfl. 2011), og er lavere enn det man finner enkelte andre steder i norske havområder, både i kystsonen og i åpent hav (se for eksempel Knies mfl. 2021, Boitsov og Sanden 2020).

Forurensningssituasjonen for hydrokarboner kan belyses videre ved å vurdere PAH-indikatorene NPD (figur 18) og PAH16 (figur 19). NPD-nivåer ligger veldig lavt i hele området, maksimalt på 65 µg/kg tørrvekt på stasjon 19, noe som igjen stemmer godt med det som ble funnet i Rotsundet og Lyngenfjorden i 2007 (Boitsov mfl. 2011). Resultatene tyder på lite oljeforurensning eller andre petrogene tilførsler i sedimentene. PAH-sammensetningen er dermed dominert av pyrogene (forbrenningsrelaterte) PAH, med ca. 3 ganger høyere nivå av PAH16 enn av NPD i alle prøvene, opptil 212 µg/kg tørrvekt PAH16 på stasjon 19. Dette kan tyde på bl.a. menneskeskapte tilførsler fra f.eks. kullfyring, eksos, industri m.m. Dette vil kunne bekreftes ved studier av sedimentkjerner som kan vise det naturlige bakgrunnsnivået for PAH og en eventuell økning i yngre sedimenter. Disse nivåene er likevel lave, og ligger ifølge Miljødirektoratets klassifisering i tilstandsklasse I, «Bakgrunn» (se tabell 5). Dette stemmer også godt med resultatene fra 2007 (Boitsov mfl. 2011).

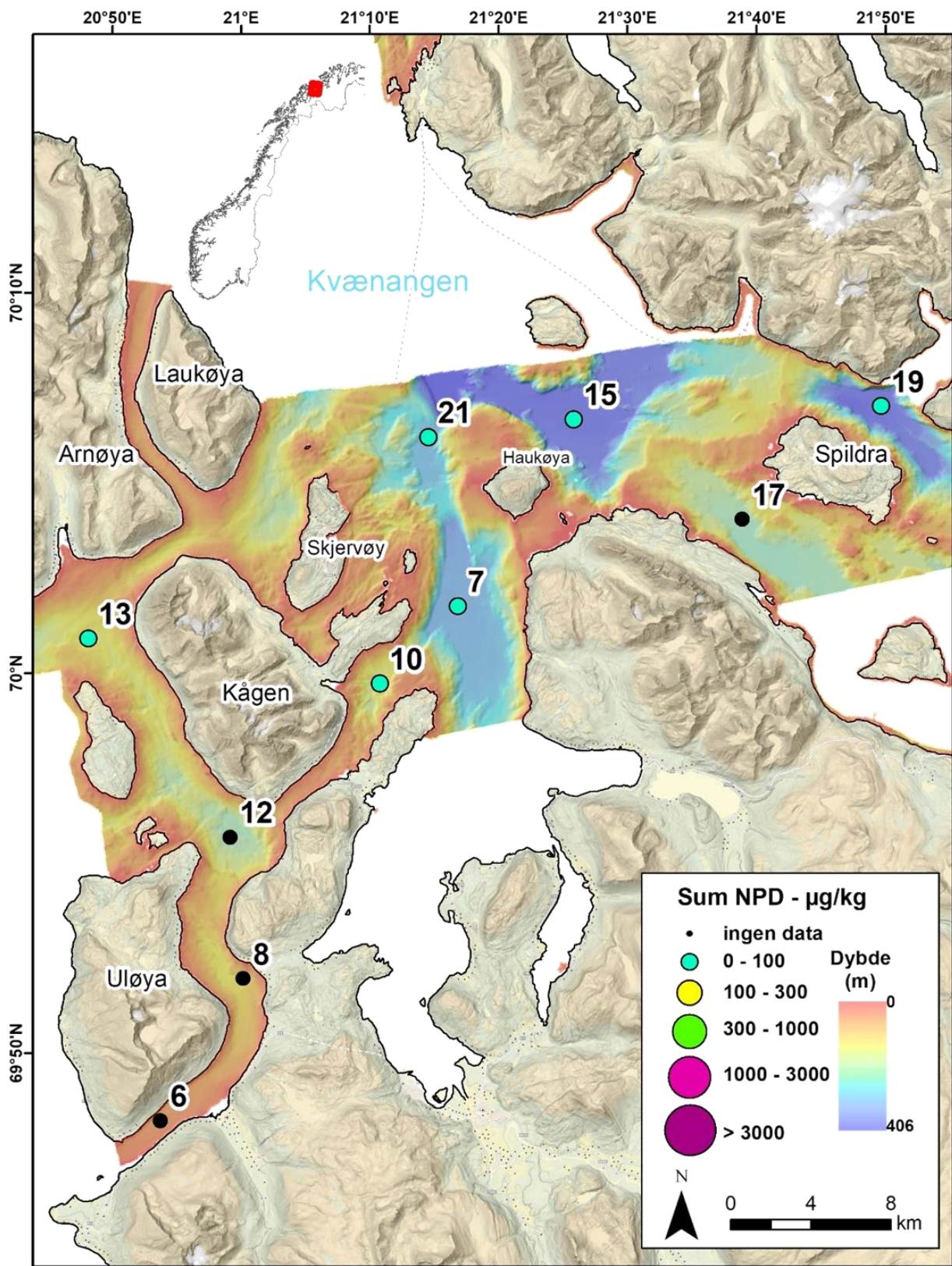
Miljødirektoratet har også etablert tilstandsklasser for en rekke enkeltforbindelser PAH. En av disse, benzo[a]pyren, vurderes som spesielt viktig siden den er sterkt kreftfremkallende og måles ofte for å kunne vurdere både miljøtilstand og sjømattrygghet. Nivåer av benzo[a]pyren varierer noe gjennom området og ligger på sitt høyeste på 11 µg/kg tørrvekt på stasjonene 10 og 19. Nivåene er relativt lave og ligger i Miljødirektoratets tilstandsklasse I, «Bakgrunn», ved stasjon 13, og ellers i tilstandsklasse II, «God tilstand», ved de andre stasjonene.



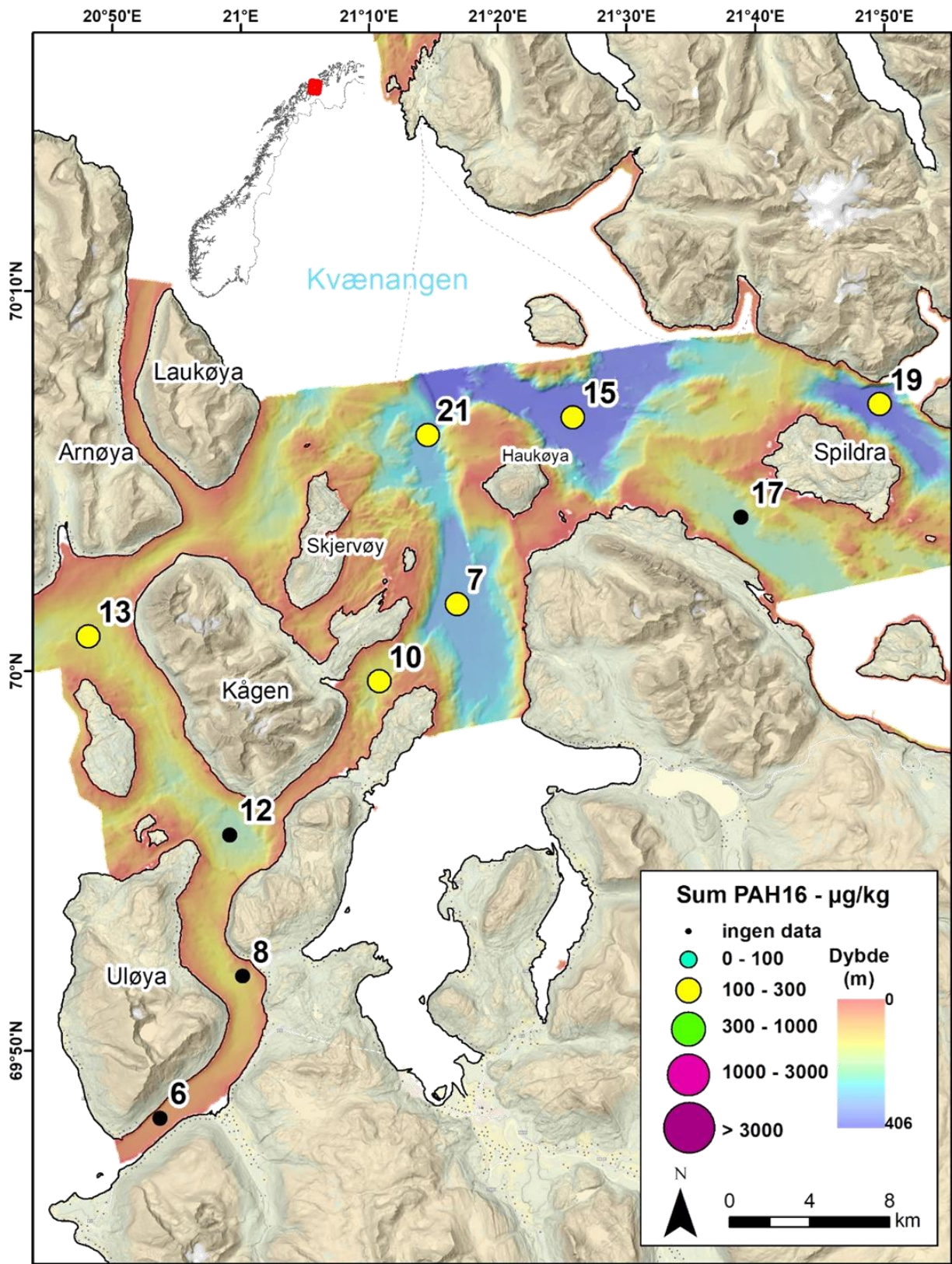
Figur 16. Nivåer av THC i overflatesedimenter.



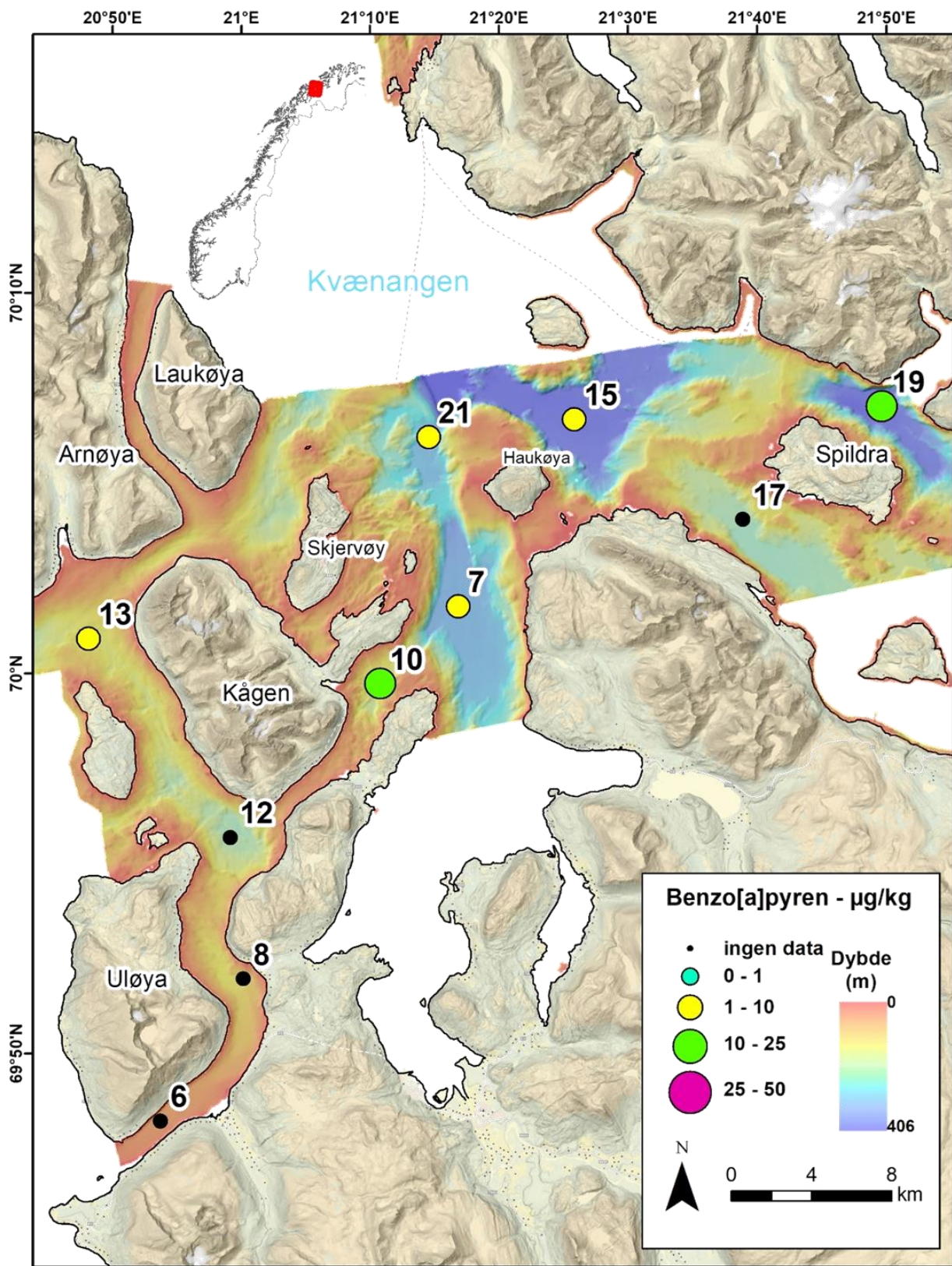
Figur 17. Summerte nivåer av PAH (49 forbindelser) i overflatesedimenter.



Figur 18. Summerte nivåer av NPD i overflatesedimenter.



Figur 19. Summerte nivåer av PAH16 i overflatesedimenter.



Figur 20. Nivåer av benzo[a]pyren i overflatesedimenter.

PBDE, PCB og klorerte pesticider

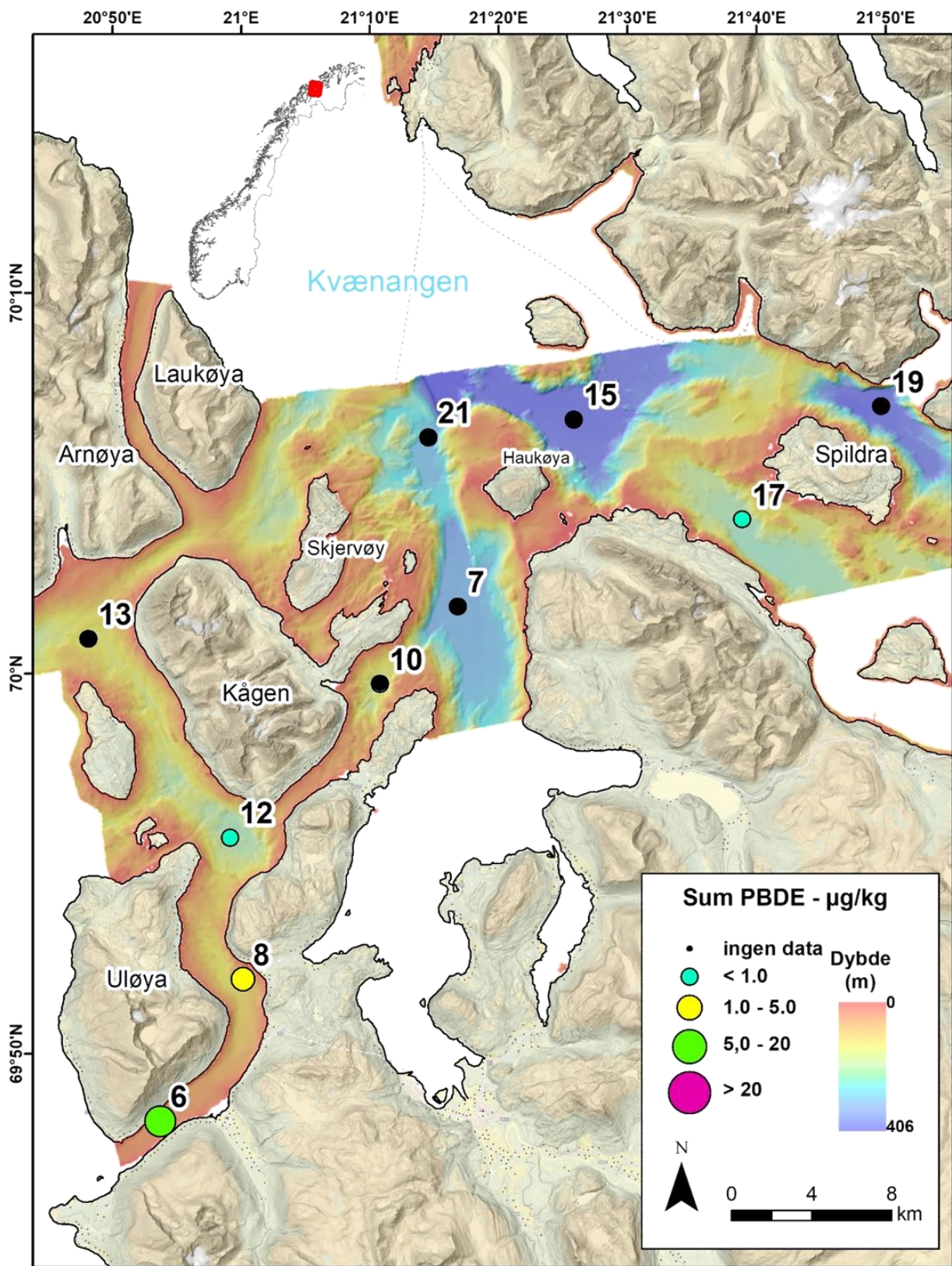
Oppsummering av nivåer av persistente organiske miljøgiftene PBDE, PCB og klorerte pesticider, funnet i overflateprøvene fra Skjervøy og Kvæningen, er gitt i tabell 7 og på kartene i figurene 21 - 27. Kun et utvalg av prøver ble analysert for disse miljøgiftene, se tabell 2.

Tabell 7. Gjennomsnitts-, minimums- og maksimumsnivåer av PBDE, PCB og klorerte pesticider i overflatesedimenter (0-2 cm) fra fire lokaliteter i Skjervøy og Kvæningen. Miljødirektoratets tilstandsklasser er vist med farge i samsvar med tabell 5.

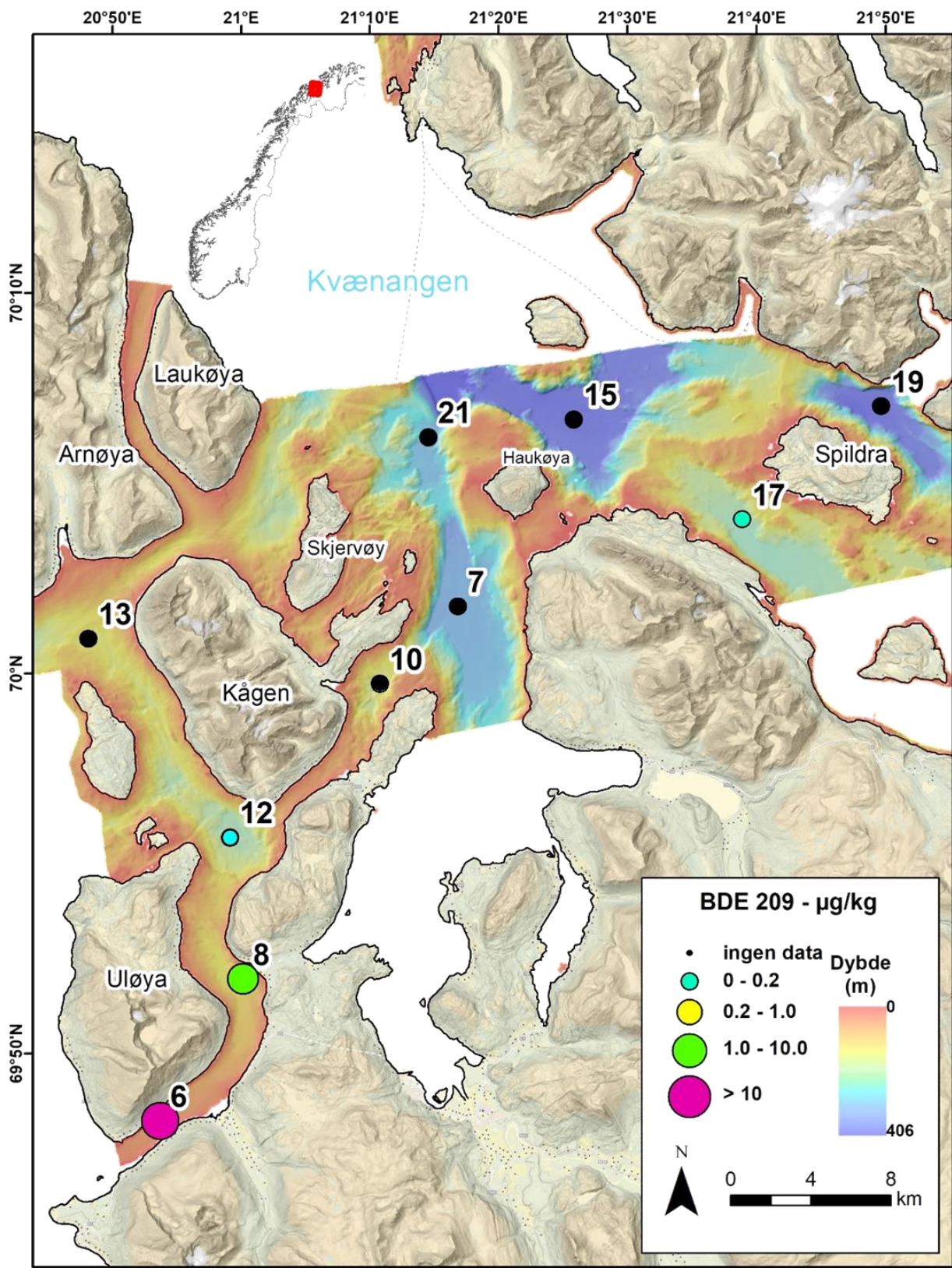
Nivå, µg/kg tv.	Sum PBDE	6 PBDE	BDE-209	PCB 7	Sum DDT	γ-HCH	Sum HCH	HCB	TNC
Min.	<0,57	<0,18	<0,03	<0,1 4	0,11	<0,02	<0,06	<0,0 2	<0,0 2
Gjennomsnitt	4,3	<0,18	3,7	0,26	0,21	<0,02	<0,06	0,02	<0,0 2
Maks.	14	<0,19	13	0,40	0,28	<0,02	<0,06	0,04	<0,0 2

Nivåer av alle klorerte og nesten alle bromerte miljøgifter er lave eller veldig lave i alle prøver, og under kvantifiseringsgrensene (LOQ) for flere av stoffene. De ligger i Miljødirektoratets tilstandsklasse II, «God tilstand», for alle forbindelser som det er etablert tilstandsklasser for (se tabell 5). Siden det ikke finnes noe naturlig bakgrunnsnivå for disse menneskeskapt miljøgiftene, er tilstandsklasse II den laveste som er etablert for disse stoffene.

Blant alle bromerte og klorerte miljøgifter rapportert her er det bromerte flammehemmere, PBDE, man finner i største mengder i prøvene. Nivåene varierer sterkt og ligger på sitt høyeste (opptil 14 µg/kg tørrvekt for Sum PBDE) ved de to stasjonene i Rotsundet, stasjon 6 og 8, mens nivåer ved stasjonene 12 og 17 ligger begge to under LOQ, se kart i figur 21. PBDE-sammensetningen i de to prøvene fra Rotsundet domineres sterkt av den fullbromerte kongeneren, BDE-209, som utgjør fra ca. 87% til 95% av PBDE-innholdet. Dette peker klart på deka-blanding som kilde for PBDE-forurensning i området. Miljødirektoratet har ikke etablert tilstandsklasser for BDE-209, men nivåene funnet i prøvene fra Rotsundet er tydelig forhøyet og ligger på 2,3 µg/kg tv. ved stasjon 8 og 13 µg/kg tv. ved stasjon 6 (figur 22). Dette kan sammenlignes med tidligere funn av PBDE-forurensning i Ålesund-området hvor tilsvarende nivåer av BDE-209 ble funnet (Knies m.fl. 2021). Samtidig har ikke MAREANO-undersøkelser i Rotsundet og Lyngenfjorden utført i 2007 avdekket noe vesentlig PBDE-forurensning i dette området (Boitsov & Klungsøyr 2013). Dette kan bety at forurensningen har skjedd i perioden mellom 2007 og 2021. Det er verdt å merke at forurensningen ser ut til å være begrenset til et lite område uten spredning nordover, og er lavere enn det som ble funnet i noen belastede områder langs norskekysten tidligere (se for eksempel referanser til tidligere rapporter i Knies m.fl. 2021).

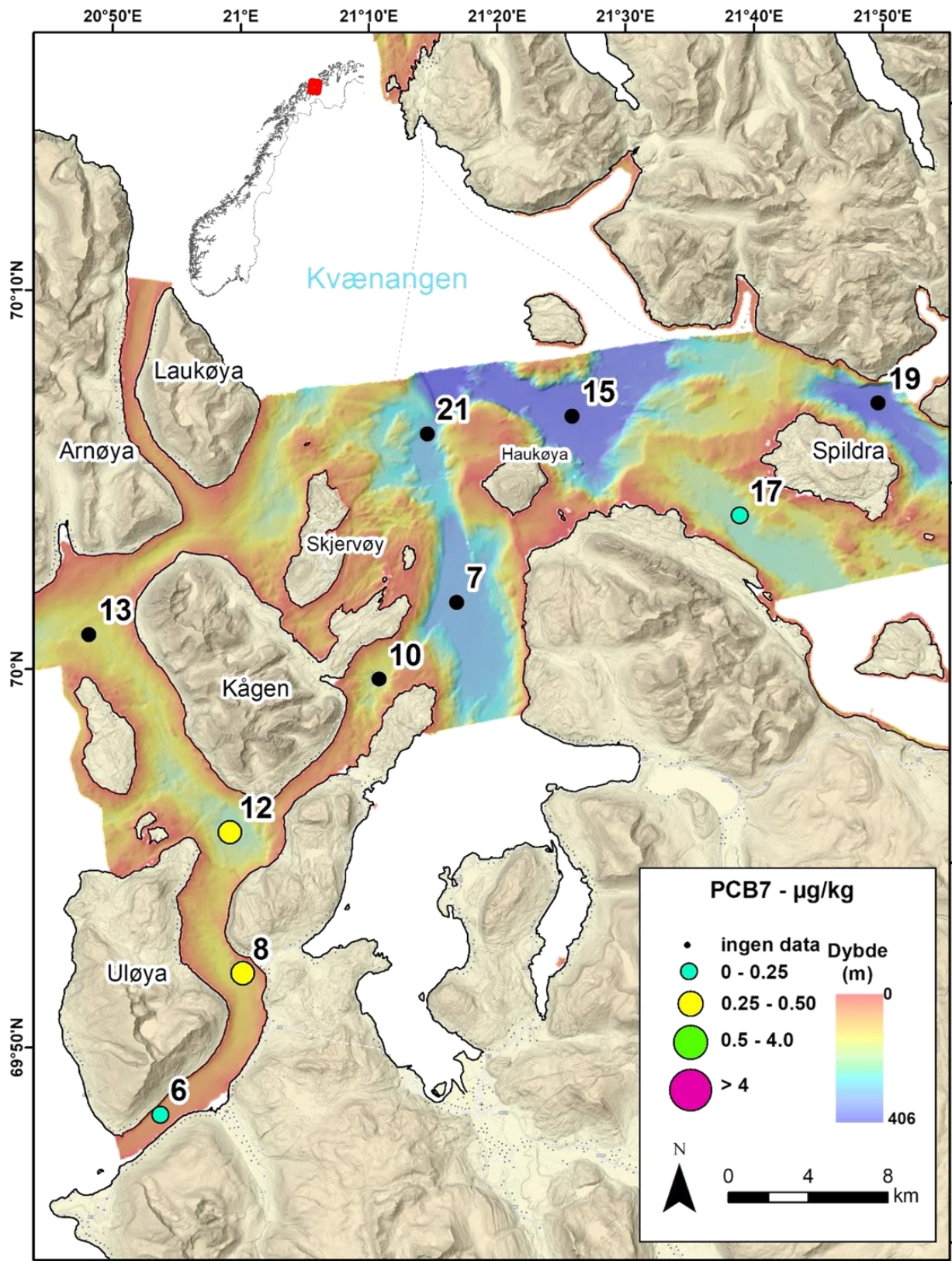


Figur 21. Summerte nivåer av PBDE (19 kongenere) i overflatesedimenter.

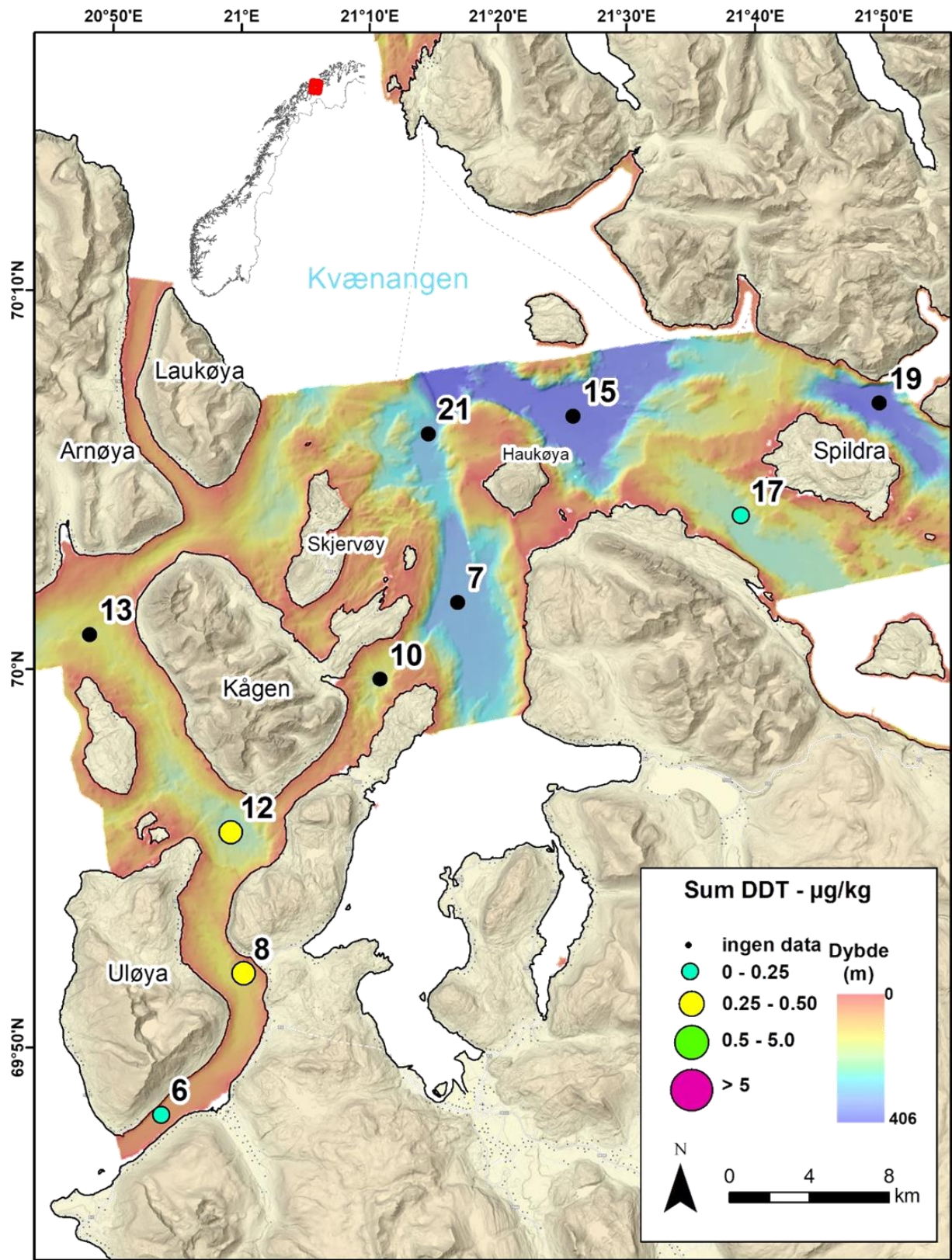


Figur 22. Nivåer av BDE-209 i overflatesedimenter.

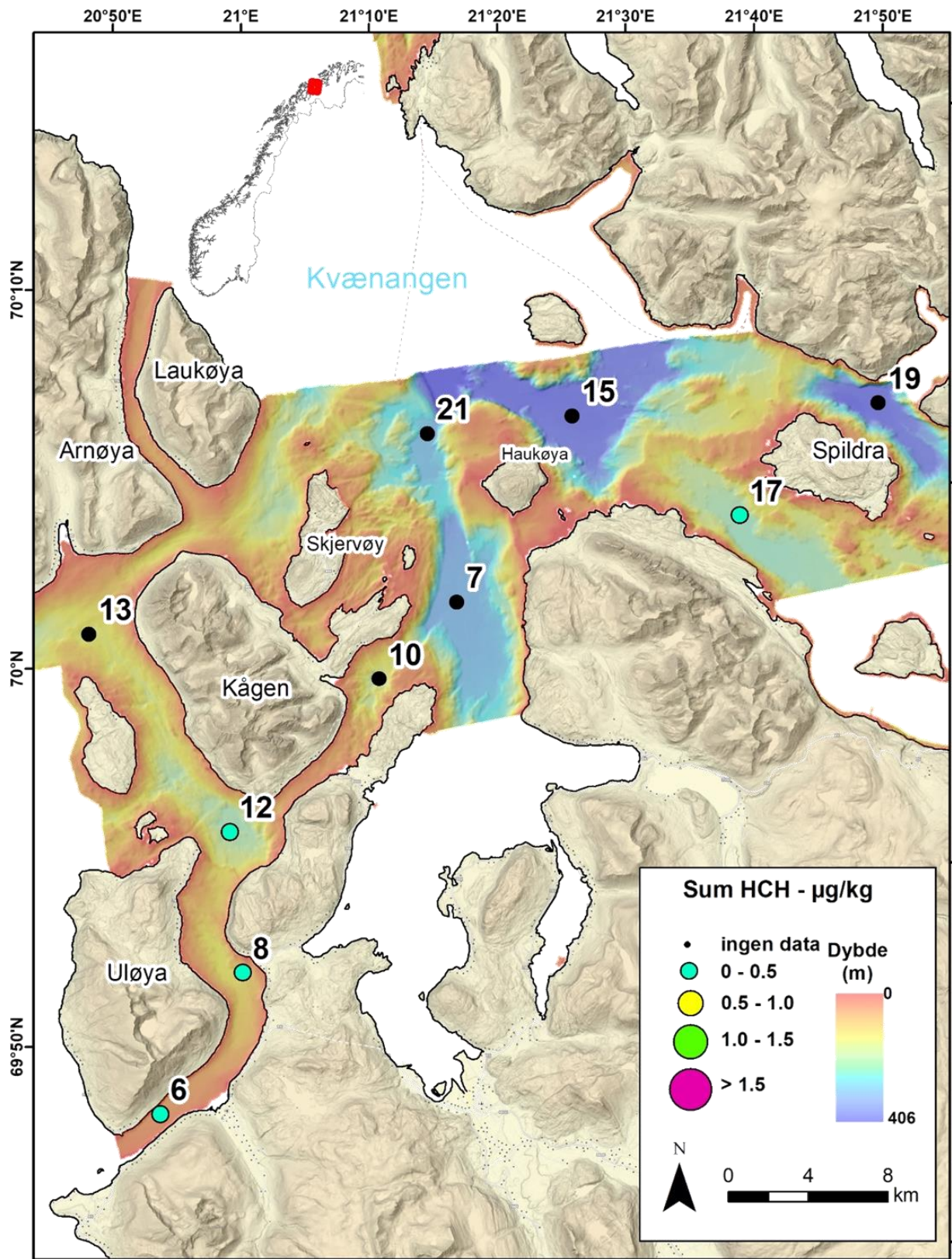
Når det gjelder klorerte miljøgifter er det PCB7 og i mindre grad DDT som er funnet i prøvene. HCB ligger under eller rett over LOQ, mens HCH og TNC er under LOQ i alle prøver. Nivåer av PCB7 er lave, og ligger på 0,40 µg/kg tørrvekt på sitt høyeste (figur 23). Nivåene følger samme mønster som TOC målt i disse prøvene, slik at det høyeste nivået PCB7 er funnet i prøve fra stasjon 12, som også har det høyeste TOC-innholdet (2,2%) blant de stasjonene hvor PCB7 ble målt. Nivåene stemmer meget godt med det som ble målt av MAREANO i 2007 (Boitsov m.fl. 2011), og ellers med det man finner i sørlige delen av Barentshavet. Det samme gjelder DDT, som ligger lavere enn PCB, på 0,28 µg/kg tørrvekt ved stasjon 6 på sitt høyeste (figur 24).



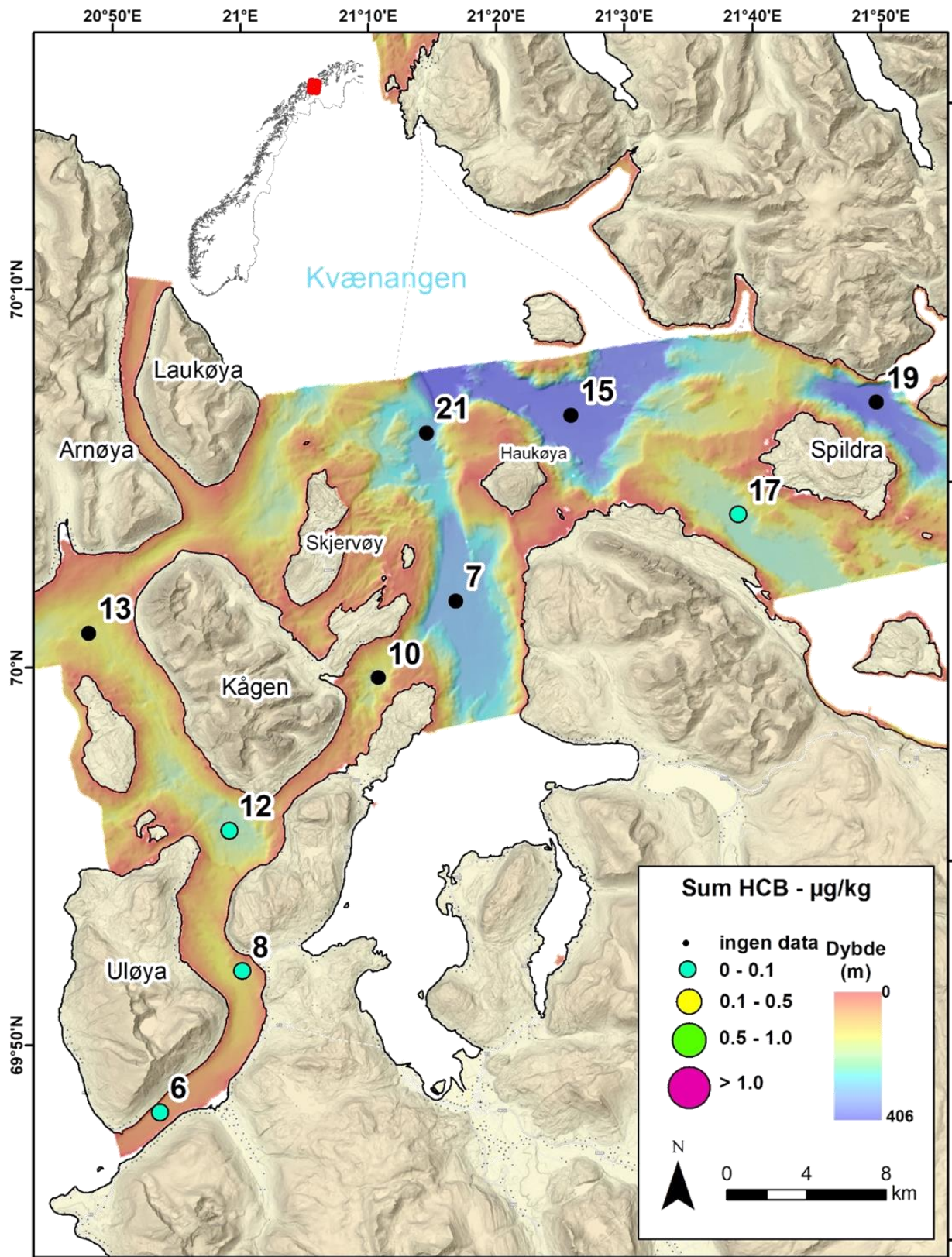
Figur 23. Nivåer av PCB7 i overflatesedimenter.



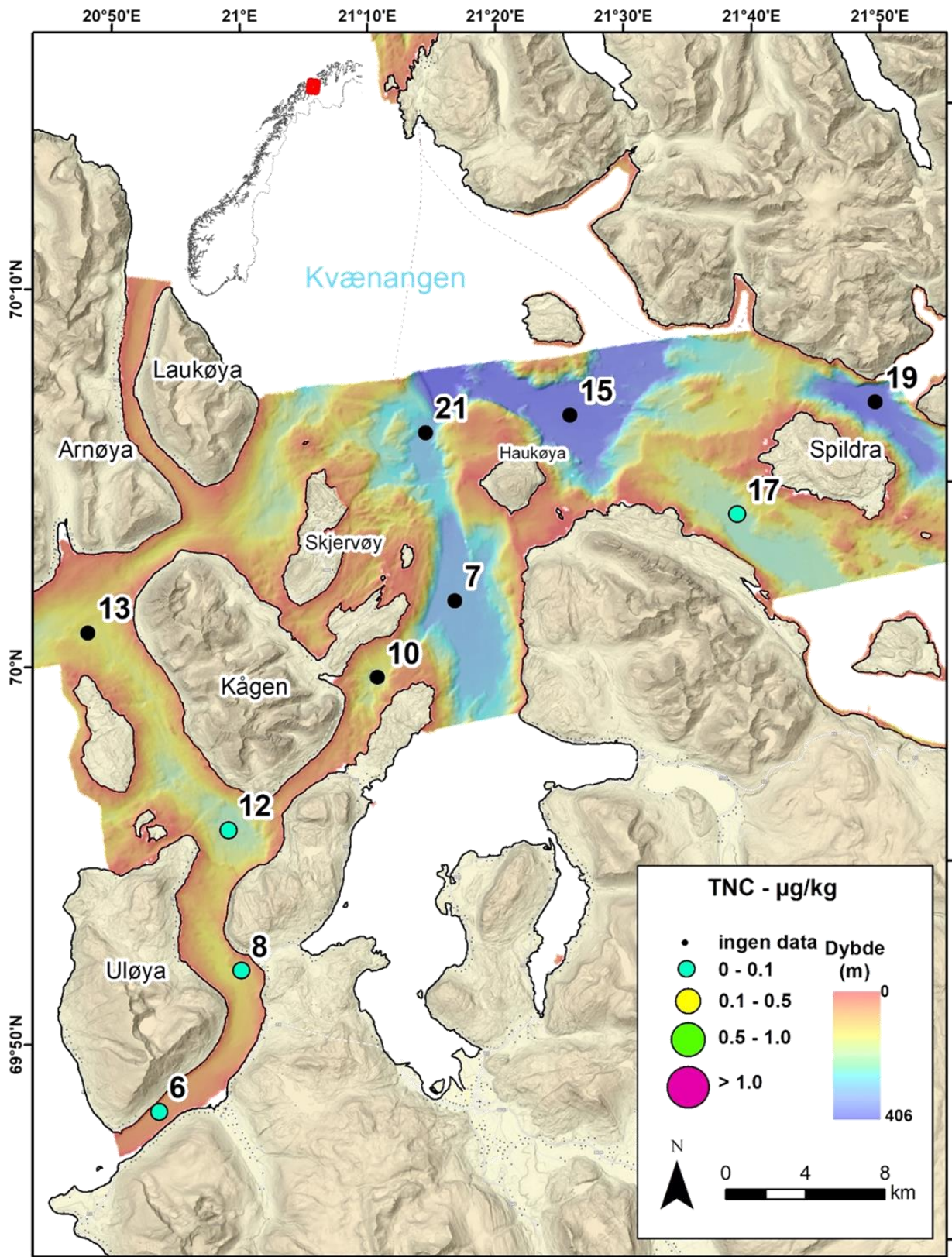
Figur 24. Summerte nivåer av DDT (p,p' -DDT, p,p' -DDD, p,p' -DDE) i overflatesedimenter.



Figur 25. Summerte nivåer av HCH i overflatesedimenter.



Figur 26. Nivåer av HCB i overflatesedimenter.



Figur 27. Nivåer av TNC i overflatesedimenter.

PFAS

Oppsummering av nivåer av PFAS funnet i overflateprøvene fra Skjervøy og Kvæningen, er gitt i tabell 8 og på kart i figur 28. Kun et utvalg av prøver ble analysert for PFAS, se tabell 2.

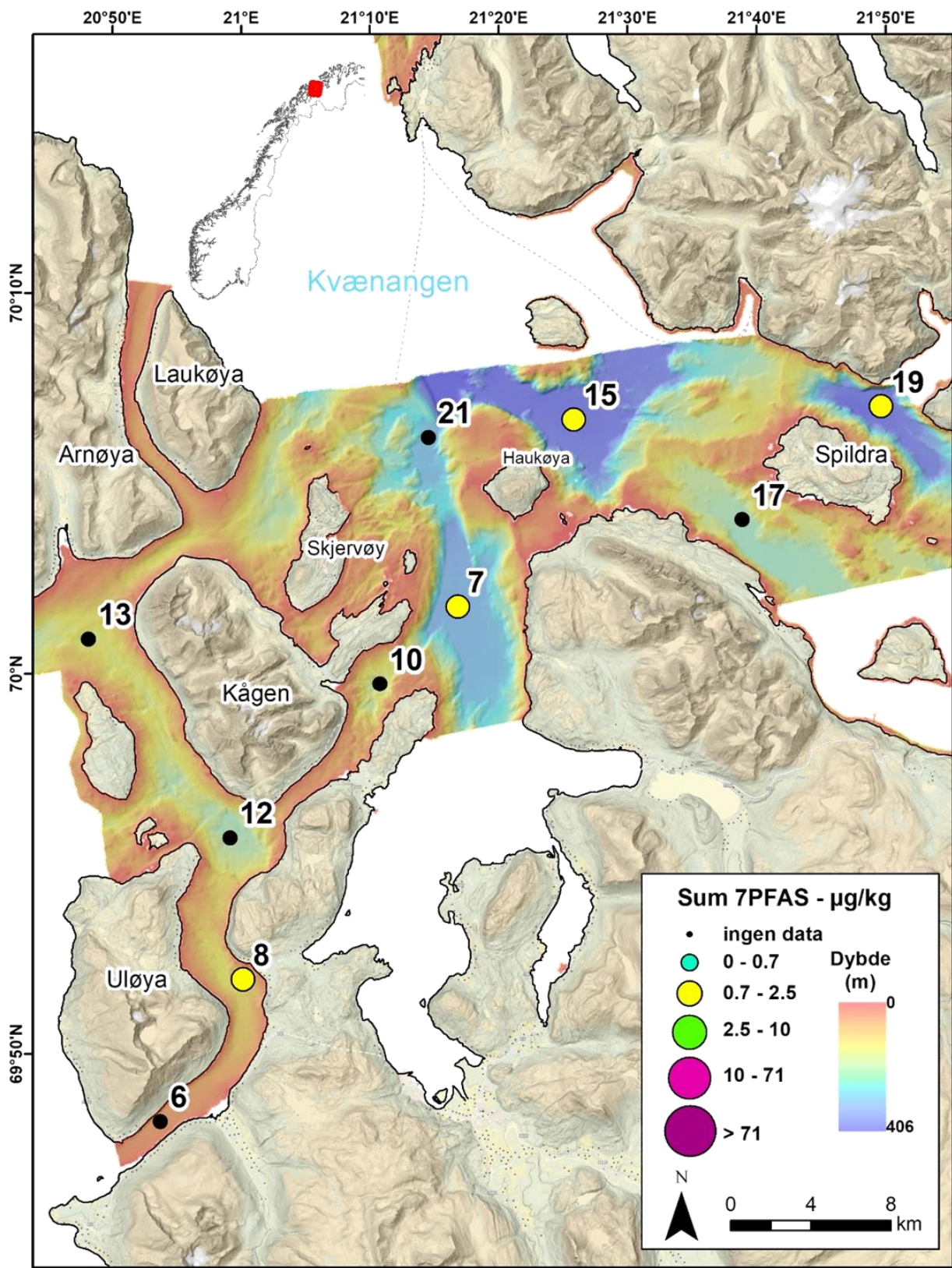
Tabell 8. Gjennomsnitt-, minimums- og maksimumsnivåer av PFAS i overflatesedimenter (0-2 cm) fra fire lokaliteter i Skjervøy og Kvæningen. Miljødirektoratets tilstandsklasser er vist med farge i samsvar med tabell 5.

Nivå, µg/kg tv.	PFOS	PFOA	Sum 7 PFAS
Min.	0,49	0,21	1,1
Gjennomsnitt	0,59	0,24	1,4
Maks.	0,67	0,28	1,7

Av de 23 PFAS som er analysert i prøvene, er det kun fem som er funnet over LOQ. De samme fem stoffene, i tillegg til to andre, er tidligere funnet i marine sedimenter forskjellige steder i åpent hav av MAREANO (se for eksempel Boitsov og Klungsøyr (2018), Boitsov og Sanden (2020), og av pilotprosjektet Marine grunnkart i kystsonen i fjordene rundt Stavanger og Ålesund (Knies mfl. 2021). De ble da rapportert som 7 PFAS. Samme betegnelsen beholdes her for å kunne sammenligne resultatene. Nivåer av 7 PFAS funnet i Skjervøy og Kvæningen (se kart i figur 28) ligger ganske likt med det som er funnet tidligere i studiene nevnt ovenfor, og noe lavere enn det som ble funnet ved enkelte lokaliteter i Stavanger. Dette er til tross for relativt høy andel TOC ved de undersøkte lokalitetene, opptil 2,5% ved stasjon 19. Nivåene kan derfor vurderes som lave, i tråd med tidligere studier.

Miljødirektoratet har kun etablert tilstandsklasser for to PFAS, som vist i tabell 5. Av disse ligger PFOA i tilstandsklasse II, «God tilstand», i alle prøver, mens PFOS ligger i tilstandsklasse III, «Moderat forurensning», i samtlige prøver. Nivåene som ligger i tilstandsklasse III er likevel lave og ligger maksimalt på 0,67 µg/kg tørrvekt, det vil si rett over grensen mellom tilstandsklassene II og III (0,23 µg/kg tørrvekt).

Resultatene bekrefter tilstedeværelse av disse svært persistente nye miljøgiftene ved alle lokaliteter undersøkt i dette prosjektet.



Figur 28. Summerte nivåer av 7 PFAS i overflatesedimenter.

3.2 Sedimentkjerneprøver

Under feltarbeidet med F/F Seisma i august 2021 hentet NGU opp tre korte sedimentkjerner fra utvalgte lokaliteter i kommunene Skjervøy og Kvænangen (figur 1, tabell 9). Lokalitetene samsvarer med tre av stasjonene for overflateprøver beskrevet ovenfor. Vi ønsket så langt som mulig å få en jevn geografisk fordeling av kjerneprøvene, selv om dette innebar at én av prøvene ble hentet fra et område med aktiv reketråling der det ville være en viss risiko for at sedimentene kunne ha blitt forstyrret. Prøvetakingen foregikk med multicorer (figur 2), som kan gi en uforstyrret kjerneprøve på opptil femti centimeter lengde i finkornede sedimenter. Prøvene fra studieområdet er kortere enn dette på grunn av det relativt høye sandinnholdet i sedimentene.

Tabell 9. Stasjonsnummer, koordinater og vanddyp for 3 sedimentkjerner.

Stasjon Kjerneprøver	Kort stasjons- nummer	Område	Geografiske koordinater (desimalgrader)		Vanddyp (m)
			Nord	Øst	
P2102010A	10	Maurusundet	69.9658877	21.0111128	170
P2102012B	12	Kjølmangen sør	69.9115902	20.7809712	201
P2102015A	15	Kvænangen NØ for Haukøya	70.0644585	21.3279495	345

I denne rapporten presenterer vi resultatene fra sedimentologiske og geokjemiske analyser av alle de tre kjerneprøvene. Geokjemiske måleresultater angis hovedsakelig i konsentrasjonseenheten mg/kg sediment, som tilsvarer ppm (*parts per million*). Vi angir kornstørrelse i prosentvist innhold av leir, silt og sand, mens organisk karbon, svovel og kalsiumkarbonat angis i tørrvektprosent.

3.2.1 Kronologi og sedimentasjons hastighet

En sedimentkjerneprøve kan leses som et arkiv over de geokjemiske endringene i havbunnssedimentene over tid. For å nyttiggjøre oss den arkiverte informasjonen trenger vi imidlertid en aldersmodell som kan vise over hvilket tidsrom sedimentene i kjerneprøven er blitt avsatt. Vi bruker ^{210}Pb -aktiviteten (blydatering) i kjerneprøver for å aldersbestemme sedimentene. Når all tilgjengelig aldersinformasjon kombineres, kan vi rekonstruere sedimentasjons hastigheter (millimeter/år) over tid. Havbunnssedimenter vil som regel komprimeres etter hvert som de begravnes av nyere materiale, slik at egenskaper som porøsitet og vanninnhold vil være forskjellige i toppsjiktet versus dypere i kjerneprøven også der avsetningshastigheten har vært stabil over tid. Derfor beregner vi akkumulasjonsrater ($\text{kg/m}^2/\text{år}$) hvor vi tar hensyn til endringer i disse fysiske egenskapene.

Alderen på de øverste sedimentlagene og sedimentakkumulasjonsrater ble bestemt ved måling av ^{210}Pb -aktiviteten i sedimentene. Isotopen ^{210}Pb har en halveringstid på 22,3 år. Bakgrunnsverdien for ^{210}Pb bestemmes ut fra mengden av ^{210}Pb -bakgrunnsstråling (= "supported" ^{210}Pb), som er uavhengig av sedimentasjon. Bestemmelsen av ^{210}Pb -bakgrunnsstråling skjer på bakgrunn av måling av ^{226}Ra som vil være i likevekt med supported ^{210}Pb . I tillegg til ^{210}Pb -datering ble nivået av radioaktive cesiumisotoper (^{137}Cs) målt i alle kjernene for å finne hvor dypt i kjernene en ser begynnelsen av atomprøvesprengninger i 1950- og 1960 årene. Prøvesprengningene toppet seg i 1963 og har siden vært kraftig avtagende. Økte konsentrasjoner av ^{137}Cs i marine sedimenter viser ikke bare begynnelsen av atomprøvesprengninger, men også radioaktive ulykker i Tsjernobyl (Ukraina) i 1986 og Fukushima (Japan) i 2011.

Dyp i kjerne 10 (cm)	Alder år (AD)	Akkumulasjon (kg/m ² /år)
0	2021	
1.0	2018	4.6
2.5	2012	1.8
3.5	2007	1.6
4.5	2000	1.4
5.5	1992	1.2
6.5	1983	1.2
7.5	1973	1.2
8.5	1965	1.5
9.5	1957	1.7
10.5	1949	1.6
11.5	1937	1.1

Dyp i kjerne 12 (cm)	Alder år (AD)	Akkumulasjon (kg/m ² /år)
	2020	
0.5	2019	1.7
3.5	2011	2.0
4.5	2006	1.7
5.5	2002	1.7
6.5	1996	1.8
8.5	1991	1.9
10.5	1986	2.0
12.5	1982	2.2
14.5	1977	2.2
15.5	1972	2.0
16.5	1963	2.6
18.5	1955	2.9
19.5	1946	2.4
20.5	1935	2.4

Tabell 10. Alder versus dyp i kjerne 10 (venstre) og 12 (høyre) basert på ²¹⁰Pb- og ¹³⁷Cs-målinger. Akkumulasjonsrater for begge kjerner er angitt.

Alder versus dyp i tabell 10 og 11 er henholdsvis tolket ned til 11,5 cm i kjerne 10, 20,5 cm i kjerne 12 og 20,5 cm i kjerne 15. Basert på alder og dyp i sedimentene er den gjennomsnittlige sedimentasjonsraten ca. 1,4 millimeter pr. år i kjerne 10, og 2,4 millimeter pr. år både i kjerne 12 og 15 (tabell. 12). Akkumulasjonsratene varierer konstant mellom 1,0 og 3,0 kg/m²/år i alle kjerner. Høyere verdier er målt i overflaten i kjerne 10 (4,6 kg/m²/år). Vi går ut ifra at toppen av hver kjerneprøve representerer status i 2021.

Dyp kjerne 15 (cm)	Alder år (AD)	Akkumulasjon (kg/m ² /år)
0	2021	
1.0	2020	4.3
2.5	2017	2.6
3.5	2013	1.9
4.5	2009	1.8
5.5	2004	1.5
6.5	1999	1.4
7.5	1993	1.6
8.5	1989	2.0
9.5	1984	2.0
10.5	1979	1.9
11.5	1974	1.7
12.5	1969	1.7
13.5	1964	1.9
14.5	1960	2.4
16.5	1951	2.3
18.5	1942	2.0
20.5	1932	1.9

Tabell 11. Alder versus dyp i kjerne 15 basert på ²¹⁰Pb- og ¹³⁷Cs-målinger.

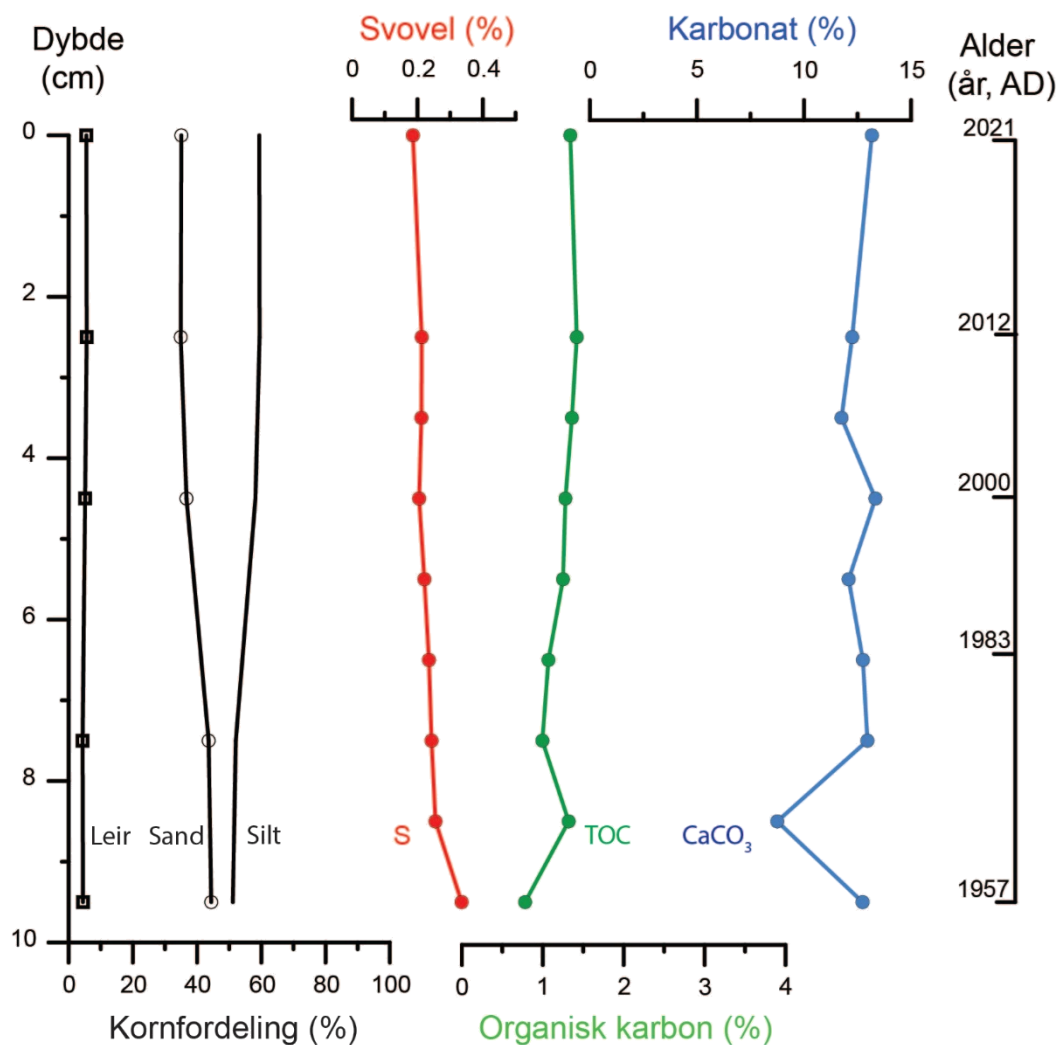
Tabell 12. Beregnede sedimentasjonshastigheter i tre daterte kjerneprøver.

Stasjon	Område	Dybde til dypeste datering i kjerne (mm)	Alder (median kalenderår) i dypeste datering	Sedimentasjons-hastighet (mm/år)
10	Maurusundet	115	84 (år 1937)	1,4
12	Kjølmangen sør	205	86 (år 1935)	2,4
15	Kvænangen NØ for Haukøya	205	89 (år 1932)	2,4

3.2.2 Kornfordeling, svovel, organisk karbon og kalsiumkarbonat

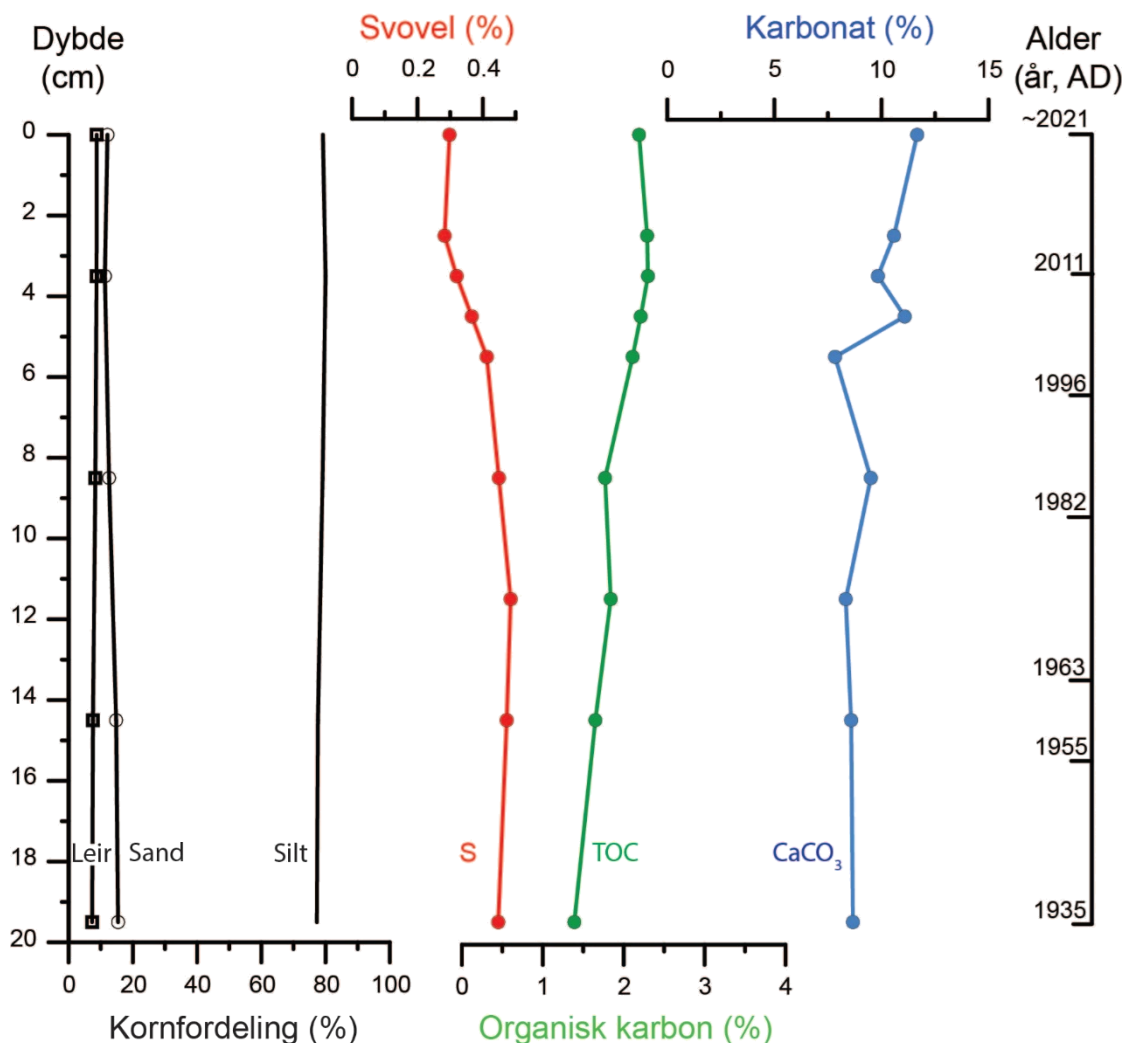
Sedimentprofilene til de tre kjerneprøvene viser at to lokaliteter har veldig like avsetningsmiljø. Silt dominer (~80 %) i både Kjølmangen sør (kjerne 12) og Kvænangen nordøst for Haukøya, mens Maurusundet (kjerne 10) har høyt innhold av både silt og sand (>90 %) (figur 29-31). Kjerneprøven fra Maurusundet er hentet fra områder med sannsynlig sterk bunnstrøm. Rundt 40 % av sedimentene som avsettes her er sand (>2 mm) (figur 29). Innholdet av kalsiumkarbonat er høyt (10-15 %); kun én prøve ved 8,5 cm (år ~1960) har lavere innhold (7 %). Generelt er karboninnholdet i kjernen høyt, og varierer mellom 1 og 1,5 %. Dette tyder på en høy primærproduksjon i overflatevannet. Svovelinholdet er konstant lavt (~0,2 %) (figur 29).

Kjerneprøve 10, Maursundet



Figur 29. Sedimentegenskaper i kjerneprøve 10 (Maursundet) plottet mot dybde i centimeter til venstre og alder til høyre. Grafene viser relativ kornfordeling (leir, silt, og sand målt med laserdiffraksjon), innhold av svovel (S), innhold av organisk karbon (TOC) og innhold av kalsiumkarbonat (CaCO₃).

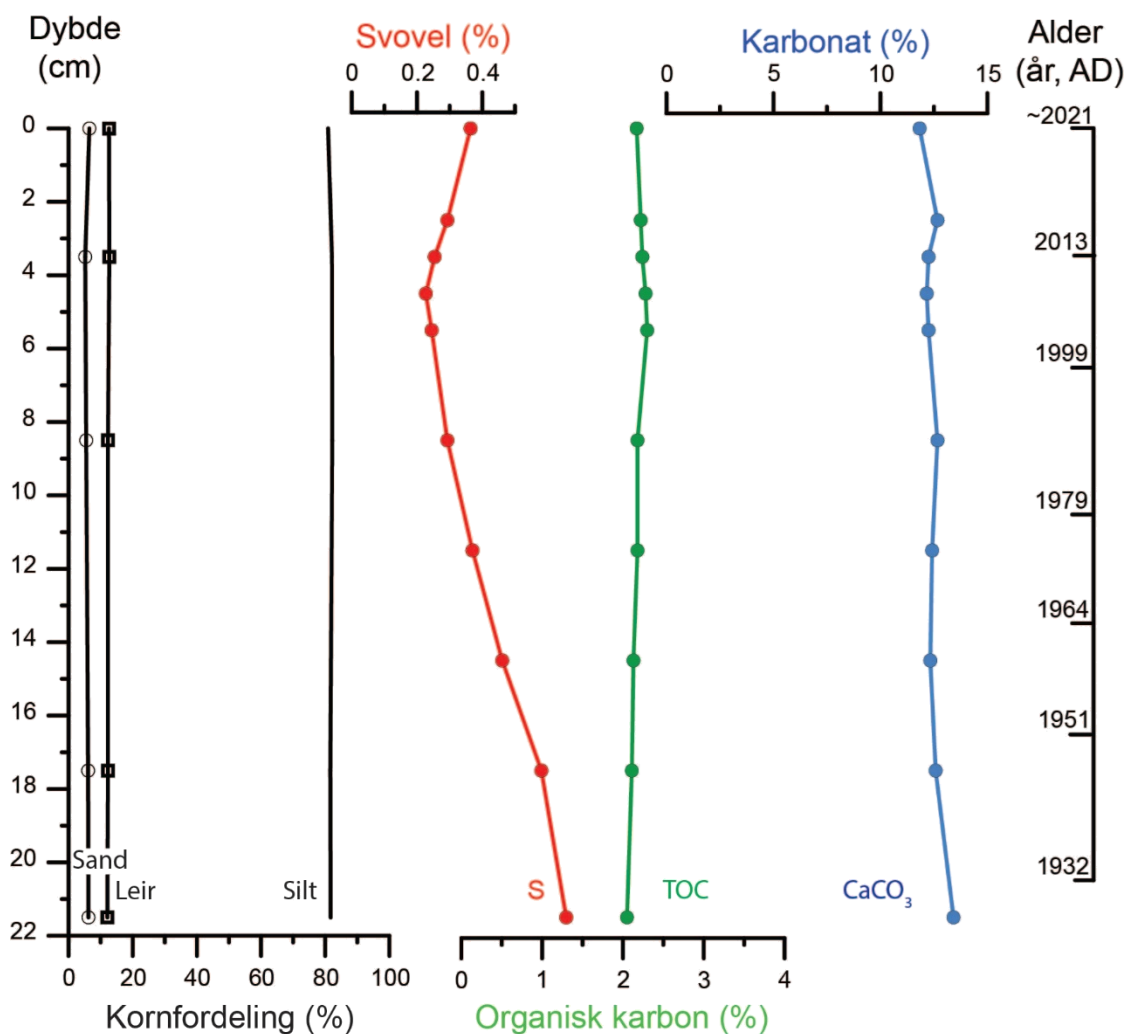
Kjerneprøve 12, Kjølmannen sør



Figur 30. Sedimentegenskaper i kjerneprøve 12 (Kjølmannen sør) plottet mot dybde i centimeter til venstre og alder til høyre. Grafene viser relativ kornfordeling (leir, silt, og sand målt med laserdiffraksjon), innhold av svovel (S), innhold av organisk karbon (TOC) og innhold av kalsiumkarbonat (CaCO₃).

I kjerneprøve 12 fra lokaliteten Kjølmannen sør er bunnforholdene antakeligvis roligere enn i Maursundet (kjerne 10). Figur 30 viser at prøven hovedsakelig består av silt (ca. 80 %) og at sandinnholdet er mye lavere enn i Maursundet. Dette tyder på et mye roligere sedimentasjonsmiljø. Dette støttes av høyt innhold av karbon (1,5 – 2,5 %) med gradvis høyere verdier mot toppen av kjernen som indikerer høy primærproduksjon i overflatevannet. Karbonatinnholdet er derimot litt lavere enn i Maursundet (7-12 %). En økende trend til høyere karbon- og karbonatverdier mot toppen av kjernen er synlig. Samtidig synker svovel innholdet fra 0,4 % til 0,3 %.

Kjerneprøve 15, Kvæningen NØ for Haukøya



Figur 31. Sedimentegenskaper i kjerneprøve 15 (Kvæningen NØ for Haukøya) plottet mot dybde i centimeter til venstre og alder til høyre. Grafene viser relativ kornfordeling (leir, silt, og sand målt med laserdiffraksjon), innhold av svovel (S), innhold av organisk karbon (TOC) og innhold av kalsiumkarbonat (CaCO₃).

I kjerneprøve 15 fra lokaliteten i Kvæningen nordøst for Haukøya kan avsetningsmiljøet sammenliknes med situasjonen i Kjølmannen sør (kjerne 12). Siltandelen er gjennomsnittlig over 80 %, mens andelen sand varierer rundt 10 % (figur 31). Karboninnholdet er imidlertid konstant høyt (2,0-2,5 %), og karboninnholdet varierer rundt 12 %. Også her viser de høye verdiene høy primærproduksjon i vannet. Det er ikke noen tegn til endringer i avsetningsmiljø over de siste ca. 100 årene, bortsett fra en tydelig nedgang i svovel fra 0,5 % i bunnen av kjernen (år 1932) mot ~0,2 % på rundt 4 cm (år 2013) men en stigning av innholdet deretter.

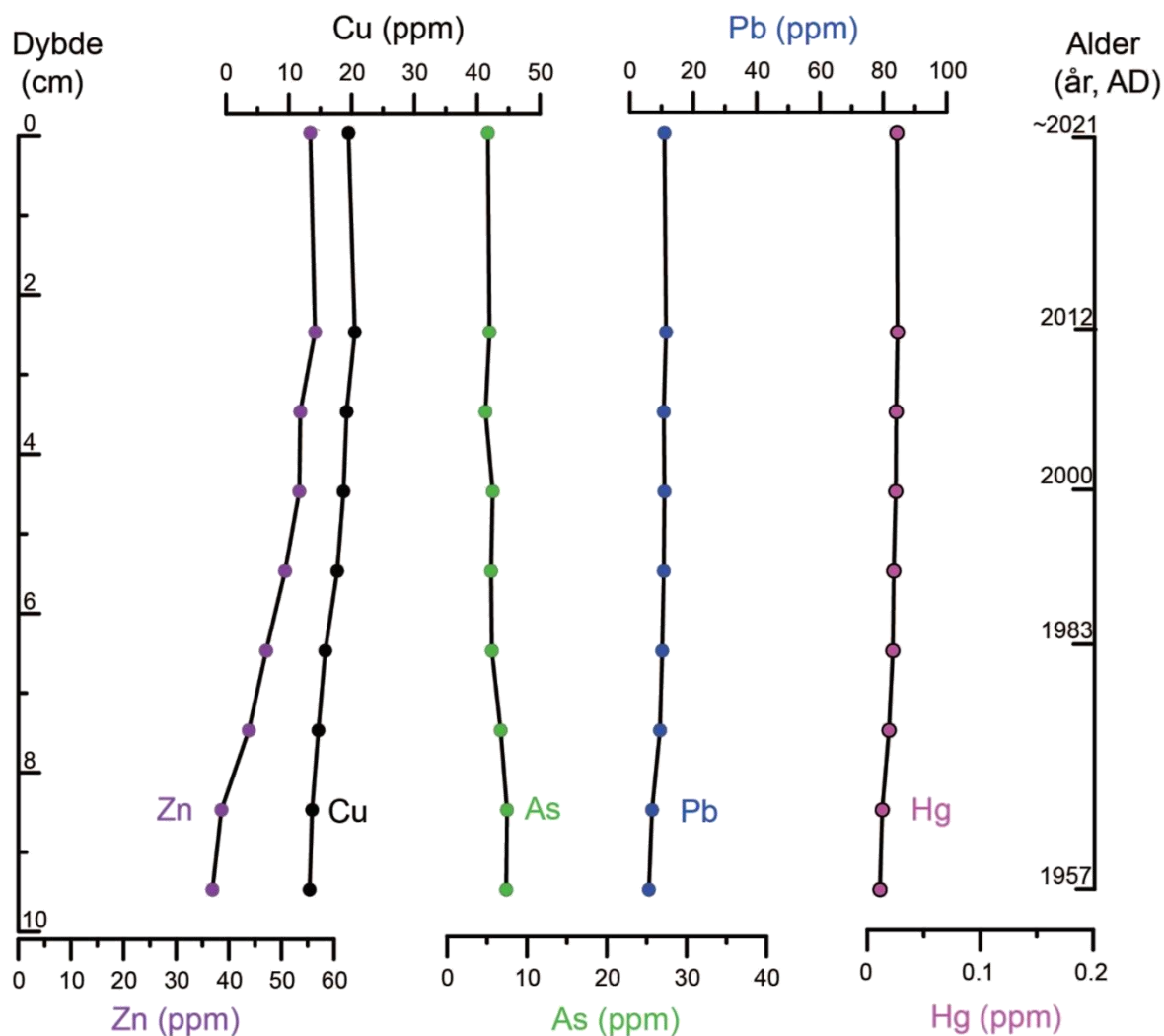
3.2.3 Tungmetaller og arsen i kjerneprøver

Geokjemiske analyser av overflatesedimenter i studieområdet har gitt oss god oversikt over dagens nivå av tungmetaller på havbunnen i Skjervøy og Kvæningen (figur 8-15). For å kunne si om de verdiene vi observerer skyldes forurensning eller om de er naturlige for området er det imidlertid viktig å vite om tilførselen av tungmetaller har økt med menneskelig påvirkning.

Vi viser her konsentrasjoner av tungmetallene sink (Zn), kobber (Cu), bly (Pb) og kvikksølv (Hg) i tillegg til arsen (As) målt i de tre kjerneprøvene vi har $^{210}\text{Pb}/^{137}\text{Cs}$ dateringer fra: Prøve 10 fra Maursundet, prøve 12 fra Kjølmangen sør, og prøve 15 fra Kvæningen nordøst for Haukøya (figur 32, 33 og 34).

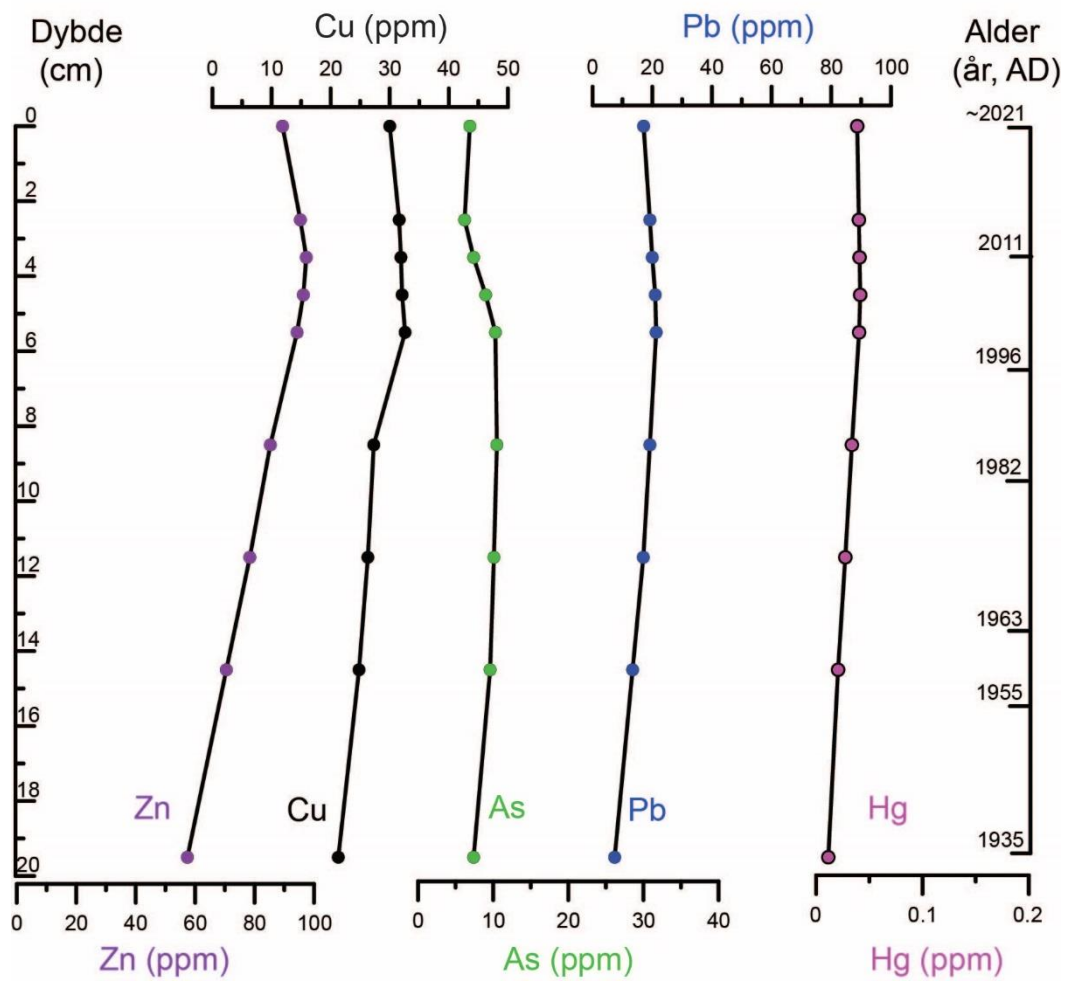
Felles for alle kjerneprøvene er at konsentrasjonsprofilene for Zn, Cu, Pb, og Hg viser en mer eller mindre gradvis økning i verdiene til ca. år 2011-2013 og deretter relativt stabile eller synkende verdier (figur 32 og 34). Det er ikke noen stigende trend mot nåtiden. Konsentrasjonsprofilene i kjerneprøve 10 overstiger ikke bakgrunnsnivå (tilstandsklasse I) for noen tungmetaller. Det samme gjelder for kjerneprøve 12, bortsett fra Cu som viser konsentrasjoner i toppsjiktet i tilstandsklasse II (god). Kjerneprøve 15 viser konsentrasjonsprofiler for Zn, Cu, Pb i tilstandsklasse II, mens Hg-verdiene er på bakgrunnsnivå (tilstandsklasse I). Hg-konsentrasjonene er stabile gjennom alle kjerner.

Kjerneprøve 10, Maursundet



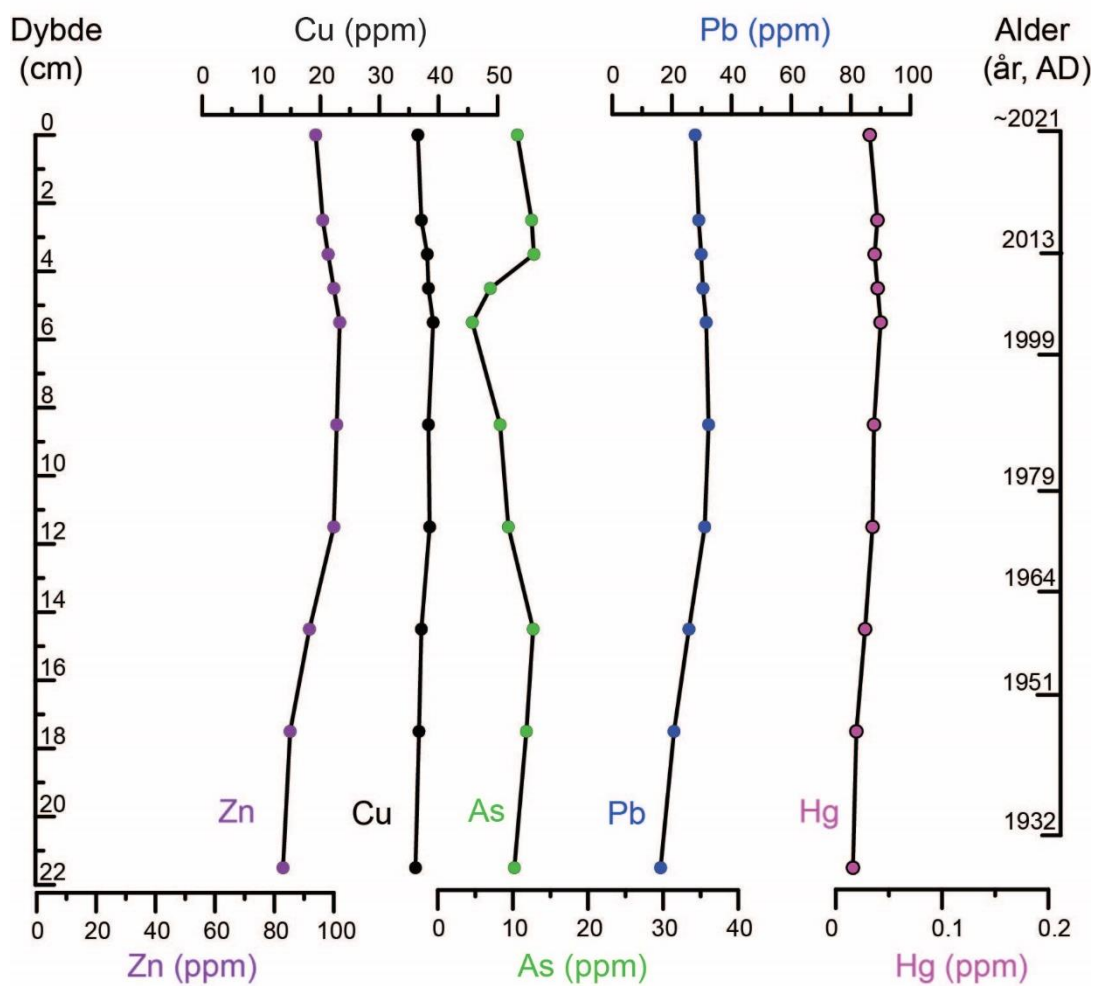
Figur 32. Tungmetallprofiler (Zn, Cu, Pb, Hg) og As-profil fra kjerneprøve 10 (Maursundet) plottet mot dybde i centimeter til venstre og alder til høyre.

Kjerneprøve 12, Kjølmannen sør



Figur 33. Tungmetallprofiler (Zn, Cu, Pb, Hg) og As-profil fra kjerneprøve 12 (Kjølmannen sør) plottet mot dybde i centimeter til venstre og alder til høyre.

Kjerneprøve 15, Kvæningen NØ for Haukøya



Figur 34. Tungmetallprofiler (Zn, Cu, Pb, Hg) og As-profil fra kjerneprøve 15 (Kvæningen NØ for Haukøya) plottet mot dybde i centimeter til venstre og alder til høyre.

4. OPPSUMMERING

Totalt 10 overflateprøver og 3 sedimentkjerner fra sjøområder i kommunene Skjervøy, Kvæningen og Nordreisa er undersøkt. Målet med undersøkelsen har vært å skaffe en oversikt over naturlige sedimentasjonsprosesser i det marine miljøet, og eventuell påvirkning av menneskelig aktivitet over tid gjennom undersøkelser av tungmetaller og organiske miljøgifter. Kjernene er analysert med henblikk på sedimentsammensetning og innhold av tungmetaller og andre miljøindikatorer.

Resultatene viser at de prøvetatte overflatesedimentene er dominert av slam. Organisk karboninnhold er generelt høyt (>1 %) i alle prøver, med de høyeste verdiene (2,5 %) i Kvæningen øst for Spildra. Her registrerer vi også de høyeste konsentrasjonene av svovel, alle tungmetaller og arsen. En mulig årsak kan være den høye tiltrekningen metaller har til organiske forbindelser under generelt reduserende forhold (lavt oksygeninnhold) i sedimentene. Industrivirksomhet i Jøkelfjorden rett utenfor studieområdet kan heller ikke utelukkes som mulig kilde for de høye metall konsentrasjonene i sedimentene. Alle målingene av tungmetaller viser konsentrasjoner i tilstandsklasse I (bakgrunn) og II (god) i henhold til Miljødirektoratets klassifisering. Bare nikkel skiller seg ut med høye konsentrasjoner (tilstandsklasse III, moderat) i Rotsundet midt (prøve 8), Kvæningen nordøst for Haukøya (prøve 15) og Kvæningen øst for Spildra (prøve 19). I Rotsundet har vi hatt anledning til å sammenligne analyseresultatene fra 2021 med miljøgeokjemiske analyser utført i MAREANO-programmet i 2007, på sedimenter fra samme basseng. Vi ser at konsentrasjonene av krom, nikkel, bly og sink gir høyere tilstandsklasse i dag enn i 2007, mens de øvrige elementene ligger på samme tilstandsklassenivå.

Vi har undersøkt om tilførselen av tungmetaller har økt med menneskelig påvirkning over tid i tre sedimentbasseng: Maursundet (kjerne 10), Kjølmangen sør (kjerne 12), og Kvæningen nordøst for Haukøya (kjerne 15). Sedimentasjonshastigheten varierer fra 1,4 (kjerne 10) til 2,4 (kjerner 12 og 15) millimeter per år. Felles for alle tre kjerner er at konsentrasjonsprofilene for tungmetaller (Cu, Zn, Pb, Hg) viser en økende trend frem til år 2013 og deretter synkende eller stabile verdier mot nåtiden.

Analyser av organiske miljøgifter viser relativt lave nivåer av totale hydrokarboner (THC), typisk for kystnære områder, og ellers lave nivåer av hydrokarboner (PAH). Dette er i samsvar med det man tidligere har funnet i nærliggende områder i Barentshavet, og tilsvarer tilstandsklasse I for PAH16 og tilstandsklasse I eller II for benzo[a]pyren.

Menneskeskapt organiske miljøgifter ligger stort sett lavt eller meget lavt for PCB og klorerte pesticider (alle i tilstandsklasse II), men det er påvist noe forurensning for ett av stoffene i gruppen bromerte flammehemmere (PBDE), nemlig BDE-209. Forurensningen er på nivå med tidligere funn langs norskekysten, men er lavere enn det som er funnet ellers. Nye miljøgifter undersøkt her, PFAS, er funnet i lave nivåer i alle prøver, og ligger i tilstandsklasse II for PFOA og tilstandsklasse III for PFOS.

5. REFERANSER

Bakke, T., Källqvist, T., Ruus, A., Breedveld, G.D., og Hylland, K., 2010. Development of sediment quality criteria in Norway. *Journal of Soils and Sediments*, Vol. 10, s. 172-178.

Boitsov, S., Jensen, H.K.B., Klungsøyr, J. 2011. Undersøkelser av hydrokarboner i sedimenter fra MAREANO-området 2006-2009. *Fisken og Havet* 4/2011, 82 s. Tilgjengelig på https://www.mareano.no/_data/page/9177/FH_4-2011.pdf

Boitsov, S., Klungsøyr, J. 2013. Undersøkelser av organiske miljøgifter i sedimenter fra MAREANO-området 2011. Rapport fra Havforskningen 1-2013, 42 s. Tilgjengelig på https://www.hi.no/resources/publikasjoner/rapport-fra-havforskningen/2013/rapport_1_13.pdf

Boitsov, S., Klungsøyr, J. 2018. Undersøkelser av nye organiske miljøgifter i sedimenter fra MAREANO-området. Rapport fra Havforskningen 37-2018, 27 s. Tilgjengelig på <http://www.mareano.no/resultater/geokjemirapporter>

Boitsov, S., Sanden, M. 2020. Undersøkelser av hydrokarboner og organiske miljøgifter i sedimenter fra MAREANO-området i 2019. Rapport fra Havforskningen 2020-47, 49 s. Tilgjengelig på <http://www.mareano.no/resultater/geokjemirapporter>

Jensen, H.K.B., Knies, Finne, T.E., Thorsnes, T. 2008. Mareano 2007 – miljøgeokjemiske resultater fra Troms II og Troms III. NGU rapport 2008.077, 253s. Tilgjengelig på https://mareano.no/_data/page/9177/geokjemi08.pdf

Knies, J., Boitsov, S., Baeten, N.J., Elvenes, S., Bøe, R. 2021. Sedimentasjonsmiljø og historisk utvikling i forurensningsstatus i sjøområdene i kommunene Ålesund og Giske. NGU rapport 2021.018, 67 s. Tilgjengelig på <https://www.ngu.no/publikasjon/sedimentasjonsmiljo-og-historisk-utvikling-i-forurensningsstatus-i-sjoomradene-i-0>

Miljødirektoratet veileder M-608, 2016 (revidert i 2020). Grenseverdier for klassifisering av vann, sedimenter og biota. Revidert 30.10.2020. 13 sider.

OSPAR 2009. Assessment of impacts of offshore oil and gas activities in the North-East Atlantic. OSPAR Commission 453/2009. 39 s.



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