



# **GEOLOGI FOR SAMFUNNET**

SIDEN 1858



**NORGES  
GEOLOGISKE  
UNDERSØKELSE**  
· NGU ·

**NGU RAPPORT  
2022.006**

---

Forurensingsstatus i  
havbunnsedimenter i kommunene  
Askvoll, Fjaler, Hyllestad, Solund og  
Gulen



<b>Rapport nr.:</b> 2022.006	<b>ISSN: 0800-3416 (trykt)</b> <b>ISSN: 2387-3515 (online)</b>	<b>Gradering:</b> Åpen	
<b>Tittel:</b> Forurensingsstatus i havbunnsedimenter i kommunene Askvoll, Fjaler, Hyllestad, Solund og Gulen			
<b>Forfatter:</b> Aivo Lepland, Aave Lepland, Dag Ottesen		<b>Oppdragsgiver:</b> Vestland fylkeskommune, NGU	
<b>Fylke:</b> Sogn og Fjordane		<b>Kommune:</b> Askvoll, Fjaler, Hyllestad, Solund, Gulen	
<b>Kartblad (M=1:250.000)</b> Florø, Bergen		<b>Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)</b> 1116 IV, 1117 I-IV	
<b>Forekomstens navn og koordinater:</b>		<b>Sidetall:</b> 70	<b>Pris:</b> 275,-
		<b>Kartbilag:</b> 0	
<b>Feltarbeid utført:</b> 2020	<b>Rapportdato:</b> 10.02.2022	<b>Prosjektnr.:</b> 384800	<b>Ansvarlig:</b> Reidulv Bøe
<b>Sammendrag:</b> Norges geologiske undersøkelse (NGU) utarbeider marine grunnkart i samarbeid med Vestland fylkeskommune (tidligere Sogn og Fjordane fylkeskommune), kommunene Askvoll, Fjaler, Hyllestad, Solund og Gulen og flere næringsaktører. Som en del av prosjektet skal miljøtilstanden i regionen kartlegges. I mai 2020 gjennomførte NGU feltarbeid med F/F Seisma, og hentet opp korte sedimentkjerner fra 12 stasjoner. Analyse av overflatesedimentenes innhold av tungmetaller og organiske miljøgifter gir oss et bilde av miljøtilstanden i de ulike delene av studieområdet. For å bestemme om innholdet av tungmetaller og organiske miljøgifter i overflatesedimentene skyldes menneskeskapt forurensning eller ikke, er det viktig å undersøke det naturlige nivået av ulike elementer i havbunnsedimentene. Ved hjelp av kjerneprøver kan vi analysere sedimentene fra de ulike dybdeintervallene for å få fram endringer over tid. Prøvetaking ble prioritert i avsetningsbassenger der finkornet materiale samles opp uforstyrret over tid. Miljøgifter vil binde seg til organisk materiale og leirpartikler, og avsettes sammen med disse. Noen av prøvelokalitetene er plassert i nærheten av tettsteder, mens andre ligger i områder uten kjent, direkte tilførsel av miljøgifter fra menneskelig aktivitet.  Innholdet av uorganiske og organiske miljøgifter i de øverste centimeterne av havbunnen er generelt lavt og delvis under bestemmelsesgrensen. I de fleste tilfellene ligger konsentrasjonen i klasse I (bakgrunn) og klasse II (god) i henhold til Miljødirektoratets klasseinndeling av miljøtilstand. I enkelte prøver er det registrert høyere konsentrasjoner (klasse III, moderat). Dette gjelder for arsen på to stasjoner (Stongfjorden og Hagefjorden). For tributyltinn (TBT) er laboratoriets bestemmeselsgrense (1 µg/kg) for høy til å skille mellom de ulike tilstandsklassene i EUs Vanddirektiv, og en prøve (Hagefjorden) med verdi over bestemmeselsgrensen havner i klasse V (svært dårlig). Klassifisert i henhold til "forvaltningsmessige grenseverdier" for TBT i marine sedimenter (Miljødirektoratets veileder M-608) vil denne prøven tilsvare klasse II (god).			
<b>Emneord:</b> Maringeologi	Miljøtilstand	Tungmetaller	
Organiske miljøgifter	Bunnsedimenter	Kornfordeling	
Forurensning	Prøvetaking	Kjemisk analyse	

## INNHOOLD

1.	INNLEDNING .....	4
2.	PRØVETAKING, DATA OG METODIKK .....	6
3.	RESULTATER .....	8
3.1	Kornstørrelsesfordeling, organisk karbon, svovel og kalsiumkarbonat .....	8
3.2	Innhold av tungmetaller, Barium, THC, PAH <sub>16</sub> , B(a)p, PCB <sub>7</sub> og TBT.....	14
3.2.1	Arsen (As) .....	15
3.2.2	Bly (Pb) .....	18
3.2.3	Kadmium (Cd).....	21
3.2.4	Kobber (Cu).....	24
3.2.5	Krom (Cr).....	27
3.2.6	Kvikksølv (Hg).....	30
3.2.7	Nikkel (Ni) .....	33
3.2.8	Sink (Zn) .....	36
3.2.9	Barium (Ba).....	39
3.2.10	Totale hydrokarboner (THC) .....	41
3.2.11	Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH <sub>16</sub> ) og benzo(a)pyren .....	43
3.2.12	Polyklorete bifenyler (PCB <sub>7</sub> ) .....	48
3.2.13	Tributyltinn (TBT) .....	51
4.	OPPSUMMERING .....	68
5.	REFERANSER .....	70

## VEDLEGG

(Kan lastes ned fra)

[https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2022/2022\\_006\\_vedlegg.zip](https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2022/2022_006_vedlegg.zip)

Vedlegg 1. Analyserapporter av kornstørrelsesfordeling, geokjemi og mineralogi for prøver fra 12 prøvetakingsstasjoner, NGU-Lab analyserapporter nr. 20220157 og 20220158.

Vedlegg 2. Analyserapport av organiske miljøgifter fra 12 prøvetakingsstasjoner, Eurofins Environment Testing Norway AS.

## 1. INNLEDNING

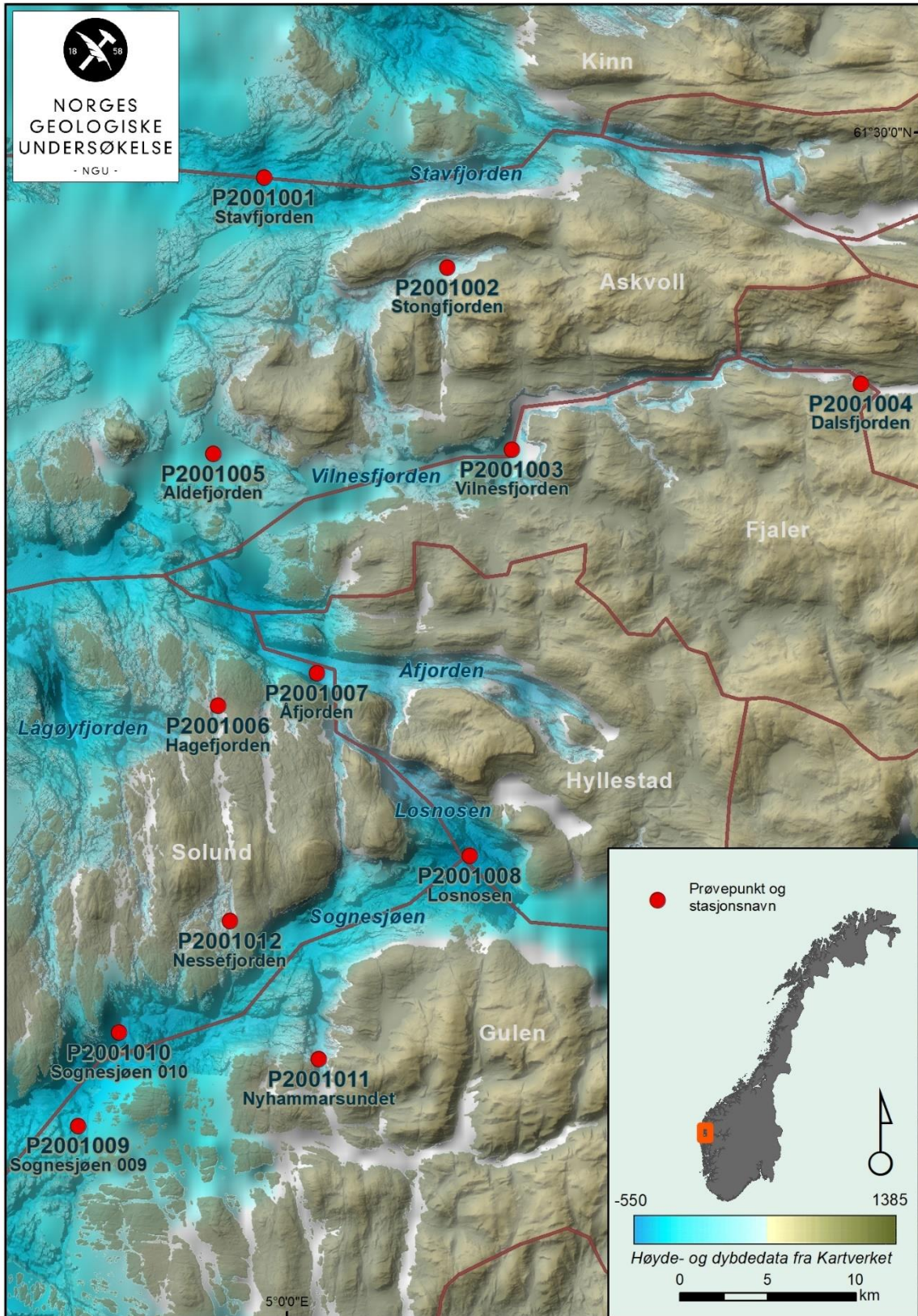
Norges geologiske undersøkelse (NGU) utarbeider i samarbeid med Vestland fylkeskommune (tidligere Sogn og Fjordane fylkeskommune), kommunene Askvoll, Fjaler, Hyllestad, Solund og Gulen og flere næringsaktører marine grunnkart over sjøområdene i de fem kommunene. NGU har utført tilsvarende kartlegging i fjordområder i Troms, Nordland, Ålesund og Giske (Dolan m.fl. 2012; Lepland m.fl. 2012; Evenes m.fl. 2018; Knies m.fl. 2021) samt i Bremanger og de tidligere kommunene Selje, Vågsøy og Flora i tidligere Sogn og Fjordane fylke (Lepland m.fl. 2018).

I mai 2020 gjennomførte NGU feltarbeid med F/F Seisma, og hentet opp korte sedimentkjerner fra 12 havbunnslokaliteter fordelt på de fem kommunene (Figur 1; sediment kjerne P2001001 fra Stavfjorden ble tatt på grensen mellom Askvoll og Kinn kommune (tidligere Flora kommune)). Analyse av sedimentkjerner med fokus på overflatesedimentenes innhold av tungmetaller og organiske miljøgifter gir oss et oversiktsbilde over tilstanden innenfor studieområdet.

De 12 lokalitetene ble valgt basert på informasjon om dybde og bunnreflektivitet fra kartlegging med multistråleekkolodd (data fra Kartverket). Vi har prøvetatt avsetningsbassenger der finkornet materiale samles opp uforstyrret over tid, siden miljøgifter vil binde seg til organisk materiale og leirpartikler og avsettes sammen med disse. Noen av prøvelokalitetene er plassert i nærheten av tettsteder, mens andre ligger i områder uten kjent, direkte tilførsel av miljøgifter fra menneskelig aktivitet.

Prøvetakingen ble utført med NGUs multicorer (Figur 2), en prøvetaker som gir fire korte sedimentkjerner med uforstyrrede sedimenter fra områder med bløtbunn. Kjernene hentes opp i rør som lukkes i topp og bunn slik at det ikke skjer noen gjennomstrømming av vann under opphenting.

I denne rapporten presenteres nivåene av ulike metaller (inkludert tungmetaller), organiske miljøgifter og kjemiske forbindelser i sedimentkjerner fra de 12 utvalgte lokalitetene i studieområdet. Konsentrasjonen av tungmetaller og organiske miljøgifter i overflatesedimenter angir dagens miljøstatus, som klassifiseres i henhold til Miljødirektoratets klassifikasjonssystem for vann, sediment og biota (M-608, Miljødirektoratet 2020).



Figur 1. Lokalteter med prøvepunkt og stasjonsnavn prøvetatt for miljøundersøkelse av sjøområdene i kommunene Askvoll, Fjaler, Hyllestad, Solund og Gulen.

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

Stasjonsnummer	Område	Geografiske koordinater (desimalgrader)		Vanddyp (m)
		Nord	Øst	
P2001001	Stavfjorden	61,4578	4,9023	299
P2001002	Stongfjorden	61,4179	5,1023	121
P2001003	Vilnesfjorden	61,3273	5,1821	377
P2001004	Dalsfjorden	61,3707	5,5485	70
P2001005	Aldefjorden	61,3159	4,8663	225
P2001006	Hagefjorden	61,1877	4,8881	153
P2001007	Åfjorden	61,2076	4,9907	403
P2001008	Losnosen	61,1193	5,1631	470
P2001009	Sognesjøen	60,9698	4,7696	259
P2001010	Sognesjøen	61,0186	4,8064	372
P2001011	Nyhammarsundet	61,0114	5,0175	184
P2001012	Nessefjorden	61,0788	4,9147	87

## 2. PRØVETAKING, DATA OG METODIKK

Prøvene for miljøanalyser ble tatt i avsetningsbassenger med finkornete sedimenter, som oftest i de dypeste områdene av en fjord der bunnstrømmen antas å være svak og avsetningsforholdene stabile. Prøvetakingen ble planlagt fra detaljerte kart over dybde og bunnhardhet fra data innsamlet med multistråleekkolodd av Kartverket. Figur 1 og Tabell 1 viser prøvetakingsstasjoner, stedsnavn, 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 en uforstyrret sedimentoverflate. En kjerne ble brukt til analyse av organiske miljøgifter. Sediment ble forsiktig skyvet ut av røret ved hjelp av utdriver og de fire øverste centimeterne fra kjernen ble skåret av med metallspatler, pakket i aluminium-folie, og fryst ned direkte etter prøvetaking om bord.

To sedimentkjerner, med sjøvann på toppen, ble forseglet om bord og oppbevart i vertikal posisjon. Dermed blir vann-sediment-overgangen bevart forstyrret. Sedimentkjernene ble satt på kjølelager på NGU inntil underprøver til analysene av kornfordeling, mineralogisk sammensetning og uorganiske miljøgifter ble tatt ut fra én kjerne per stasjon i september 2020. Sedimentskiver fra kjernen, skåret av med plastplater, ble tatt ved hjelp av utdriver.



*Figur 2. Multicorer som tar opptil fire parallelle kjerner ble brukt for innsamling av korte sedimentkjerner. Lukkemekanismen utløses idet prøvetakeren treffer bunnen, og stenger topp og bunn av hvert rør.*

Til analyse av kornfordeling, mineralogi og uorganiske miljøgifter ble det tatt 1 cm tjukke sedimentskiver fra de øverste 20 cm av kjernene og 2 cm tjukke skiver fra 20 cm til bunnen av kjernene. Ved NGU Lab ble sedimentskivene frysetørket og materiale til følgende analyser 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 HNO<sub>3</sub>-ekstraksjon etter NS 4770 for påfølgende analyse med AA (atomabsorpsjon) og ICP-AES (induktivt koblet plasma atom emisjonsspektrometri) for bestemmelse av innhold av metaller.
- 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 0,4 µm med Coulter laserdiffraksjon.
- Ca. 2 g tørt materiale for kvantifisering av mineralsammensetting med røntgendiffraksjon (XRD). Analysene ble utført ved hjelp av Bruker D8 Advance instrument og programmene Diffraction EVA V3.1 og TOPAS 5 ble brukt for mineral identifisering og kvantifisering.



Alle analyseresultater fra NGU-Lab er rapportert i Vedlegg 1. De organiske miljøgiftanalysene ble utført ved Eurofins Environment Testing Norway AS og er rapportert i Vedlegg 2.

### 3. RESULTATER

Resultatene av de geokjemiske og mineralogiske analysene av korte sedimentkjerner er presentert som (i) kart over konsentrasjoner i overflatesedimenter og (ii) geokjemiske og mineralogiske profiler i kjerner. Samtlige analyseresultater finnes i Vedlegg 1-2. Målingene angis hovedsakelig i konsentrasjonsenheten mg/kg sediment, som er ekvivalent med ppm (parts per million). Tributyltinn-konsentrasjoner (TBT) angis i µg/kg. Kornstørrelse angis i prosentvis innhold av slam og sand, mens organisk karbon, svovel, kalsiumkarbonat og mineralsammensetning angis i tørrvektprosent.

Kart over de øverste 0-1 cm av havbunnssedimentene fra de 12 lokalitetene er presentert for kornstørrelse (prosentandel sand og slam), total organisk karbon (TOC), svovel (S), kalsiumkarbonat (CaCO<sub>3</sub>), tungmetallene kadmium (Cd), kobber (Cu), krom (Cr), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni), bly (Pb) og sink (Zn), samt innhold av elementene arsen (As) og barium (Ba). Fra de samme lokalitetene er de øverste 4 cm analysert for totalkonsentrasjon av hydrokarboner (THC), 16 2-6 ring polisykliske aromatiske hydrokarbonforbindelser (PAH<sub>16</sub>), 7 polyklorerte bifenylylforbindelser (PCB<sub>7</sub>) og tributyltinn (TBT). På stratigrafiske profiler er det presentert geokjemiske data fra alle sedimentskiver tatt ut fra kjerner mens kornstørrelse og mineralogi data er presentert for 6 utvalgte sedimentskiver per kjerne.

#### 3.1 Kornstørrelsesfordeling, total organisk karbon, svovel og kalsiumkarbonat

Finkornete sedimenter med høyt innhold av leir- og siltpartikler samt organisk materiale binder forurensing lettere til seg enn mer grovkornete sedimenter. Avsetningsbassenger med finkornete sedimenter vil dermed være mest representative for miljøtilstanden i et område. Figur 3 viser andelen av slam og sand i overflatesedimenter på hver lokalitet mens detaljerte kornfordelingsdata finnes i Vedlegg 1. Slam (<0,063 mm partikkeldiameter), som omfatter silt og leir, er den dominerende fraksjonen på alle 12 stasjoner, med slaminnhold > 80 % på 9 stasjoner. Sedimentene er noe grovere i prøvene tatt i Sognesjøen 009, Nyhammarsundet og Nessefjorden med slaminnhold rundt 60 %. Kornfordelingen er forholdsvis homogen i alle kjernene unntatt den tatt ytterst i Sognesjøen, der den nederste prøven fra 17 cm dybde er mer grovkornet (56 % sand) enn resten av kjernen (43-47 % sand; Figur 29, Vedlegg 1). Materiale grovere enn 2 mm (grus) er ikke funnet i noen kjerner, men noen skjellrester er observert i kjerne Sognesjøen 009. Sedimentprøvene kan karakteriseres som slam (> 90 slam; Stavfjorden, Stongfjorden, Vilnesfjorden, Hagefjorden, Åfjorden, Losnosen, Sognesjøen 010) eller sandholdig slam (> 50 % slam, < 50 % sand, < 2 % grus; Dalsfjorden, Aldefjorden, Sognesjøen 009, Nyhammarsundet og Nessefjorden).

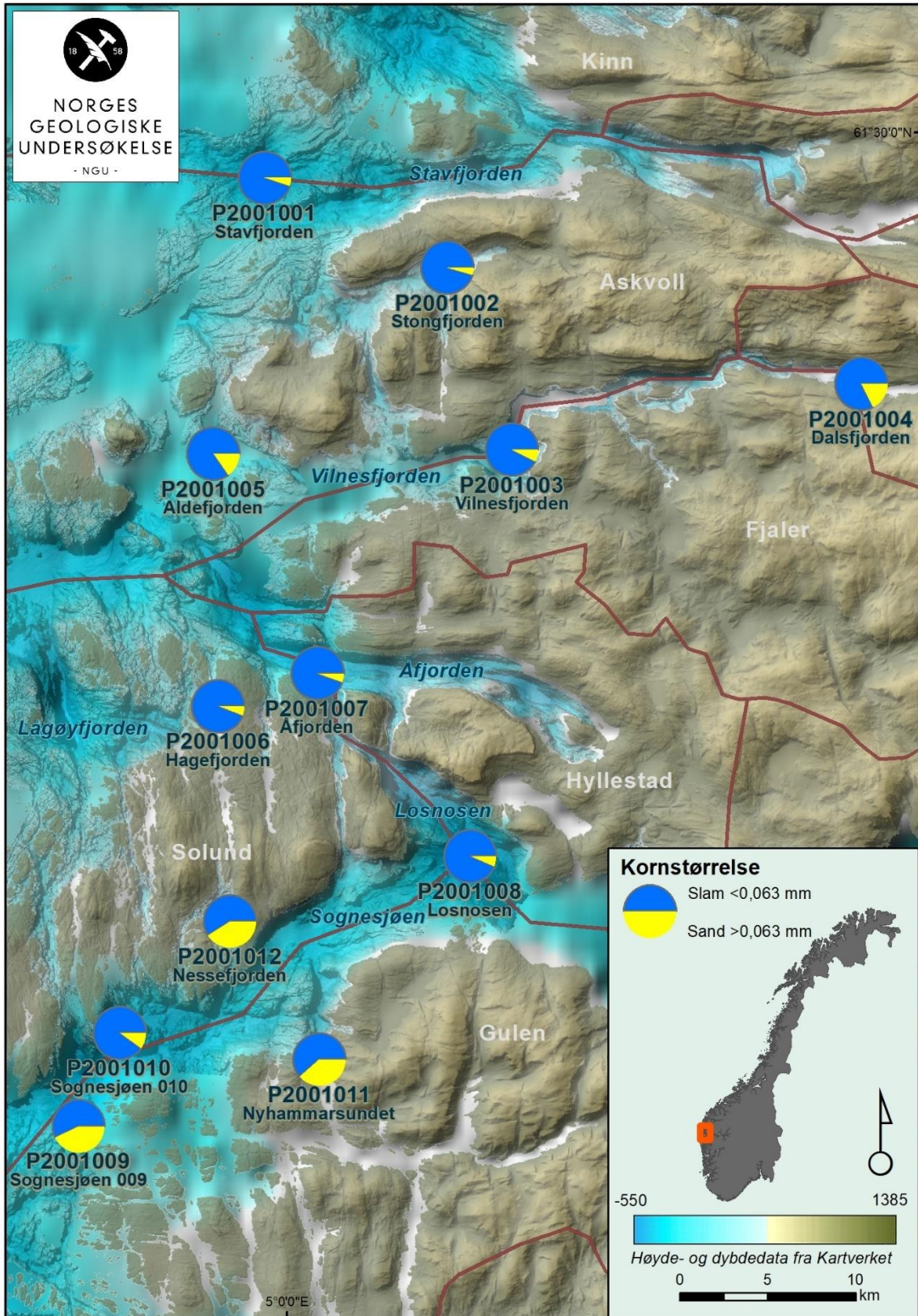
Figur 4 og 5 viser innholdet av total organisk karbon (TOC) og svovel (S) i overflateprøvene (prosent av tørrvekt). TOC-verdiene varierer fra 1,04 til 5,65 % og er lavest (1,04 - 1,35 %) i Sognesjøen 009, Nyhammarsundet og Nessefjorden, dvs. på stasjoner der sedimentene er noe grovere. Svovelkonsentrasjonen varierer mellom 0,14 % og 0,65 %. Lave TOC-verdier kan forklares med forholdsvis høy tilførsel av minerogene sedimenter slik at bunnfallet av marin biomasse og organiske rester blir fortynnet samtidig som sterkere strømmer langs sjøbunnen hindrer avsetning av finkornete organiske partikler. De høyeste TOC-konsentrasjonene er påvist i sedimentene i Hagefjorden (5,65 %), Dalsfjorden (5,4 %) og Stongfjorden (5,11 %). TOC-innhold i sedimentene henger sammen med variasjoner i den marine bioproduktiviteten, som er høyest i områder med rikelig tilførsel av næringsstoffer fra naturlige eller antropogene kilder. TOC-innholdet øker fra bunnen til toppen av kjernen på de fleste lokalitetene (Figur 21-30) unntatt i Stavfjorden og Hagefjorden, der TOC-innholdet er relativt stabilt og avtar noe i de øverste 2 cm (Figur 21 og 26).

Karbon som ikke er av organisk opprinnelse er som regel bundet til karbonatmineraler, hovedsakelig kalsiumkarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ). Det antas at kalsiumkarbonat i sedimentene har en biologisk opprinnelse, primært fra bentiske og planktoniske organismer med kalkskall. Prosentandelen av kalsiumkarbonat i sedimentene beregnes ut fra analysene av total karbon (TC) og total organisk karbon (TOC) etter følgende formel:

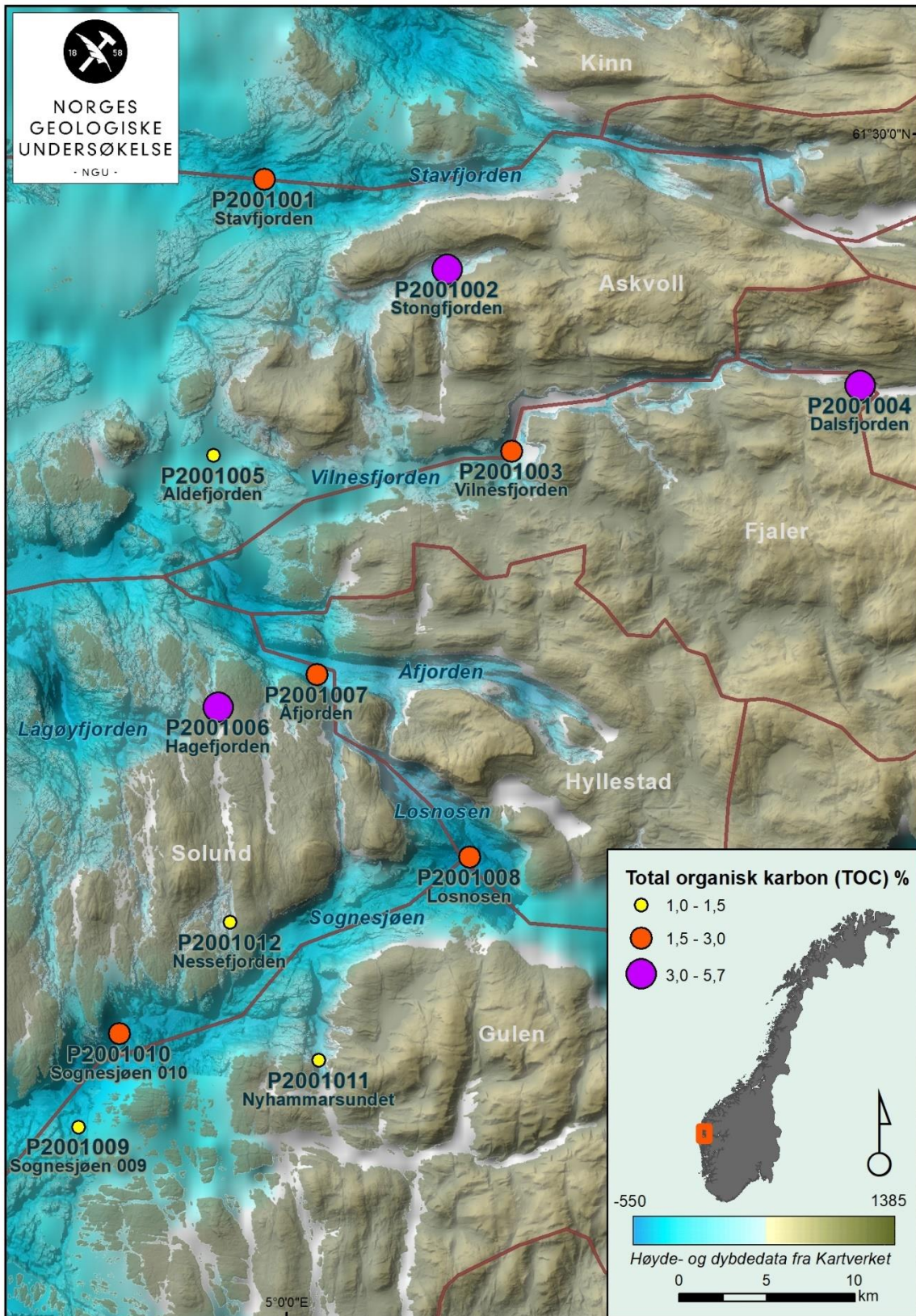
$$(\text{TC}^1 - \text{TOC}) \times (\text{CaCO}_3/\text{C}) = (\text{TC} - \text{TOC}) \times 8,33$$

<sup>1</sup> TC er innholdet av total karbon, målt med LECO.

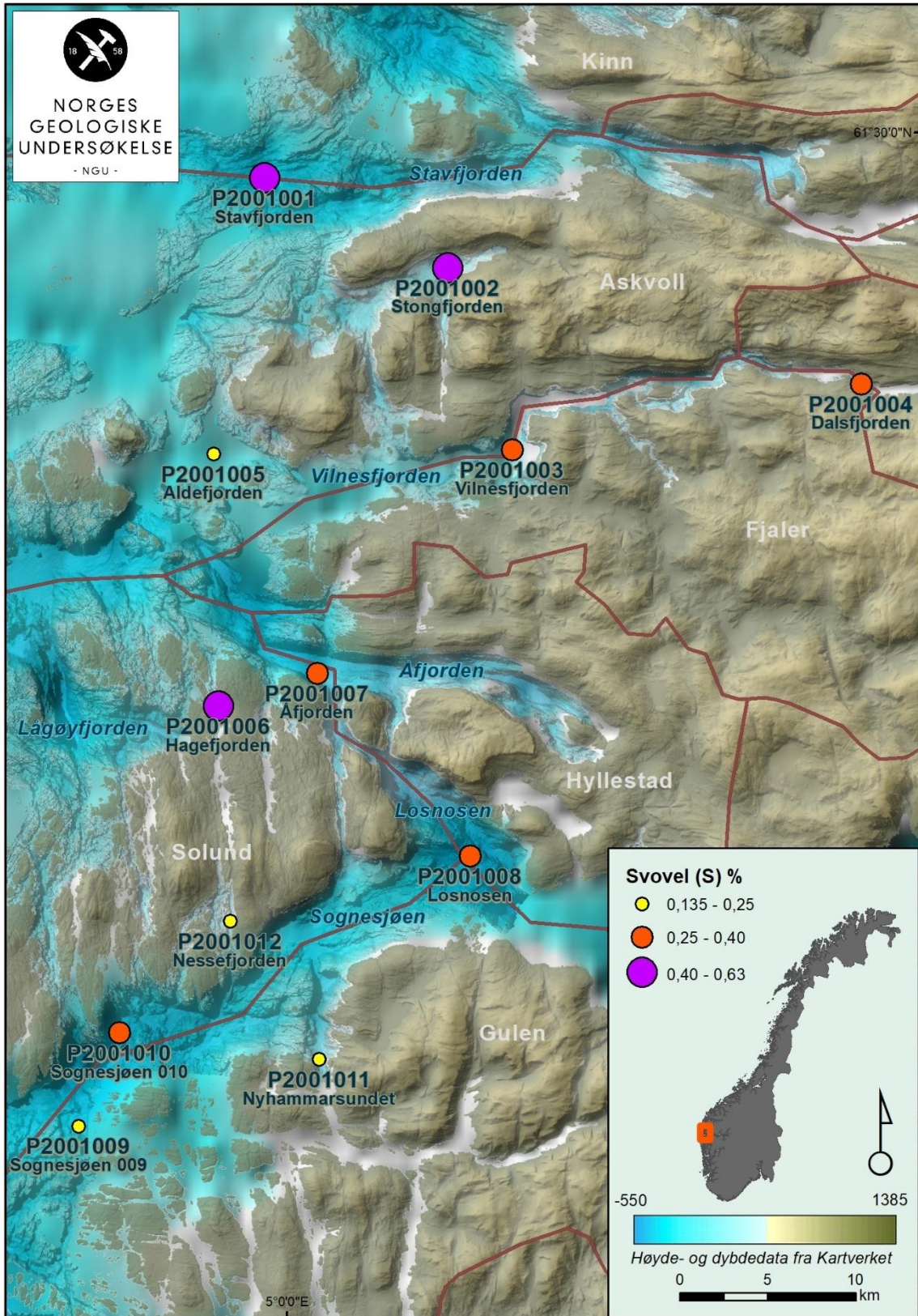
Andelen av kalsiumkarbonat varierer fra <1 til 25,4 % (Figur 6). Høyt innhold av kalsiumkarbonat i prøvene fra Stavfjorden, Hagefjorden og Nessefjorden tyder på høy bioproduktivitet i vannet og på havbunnen.



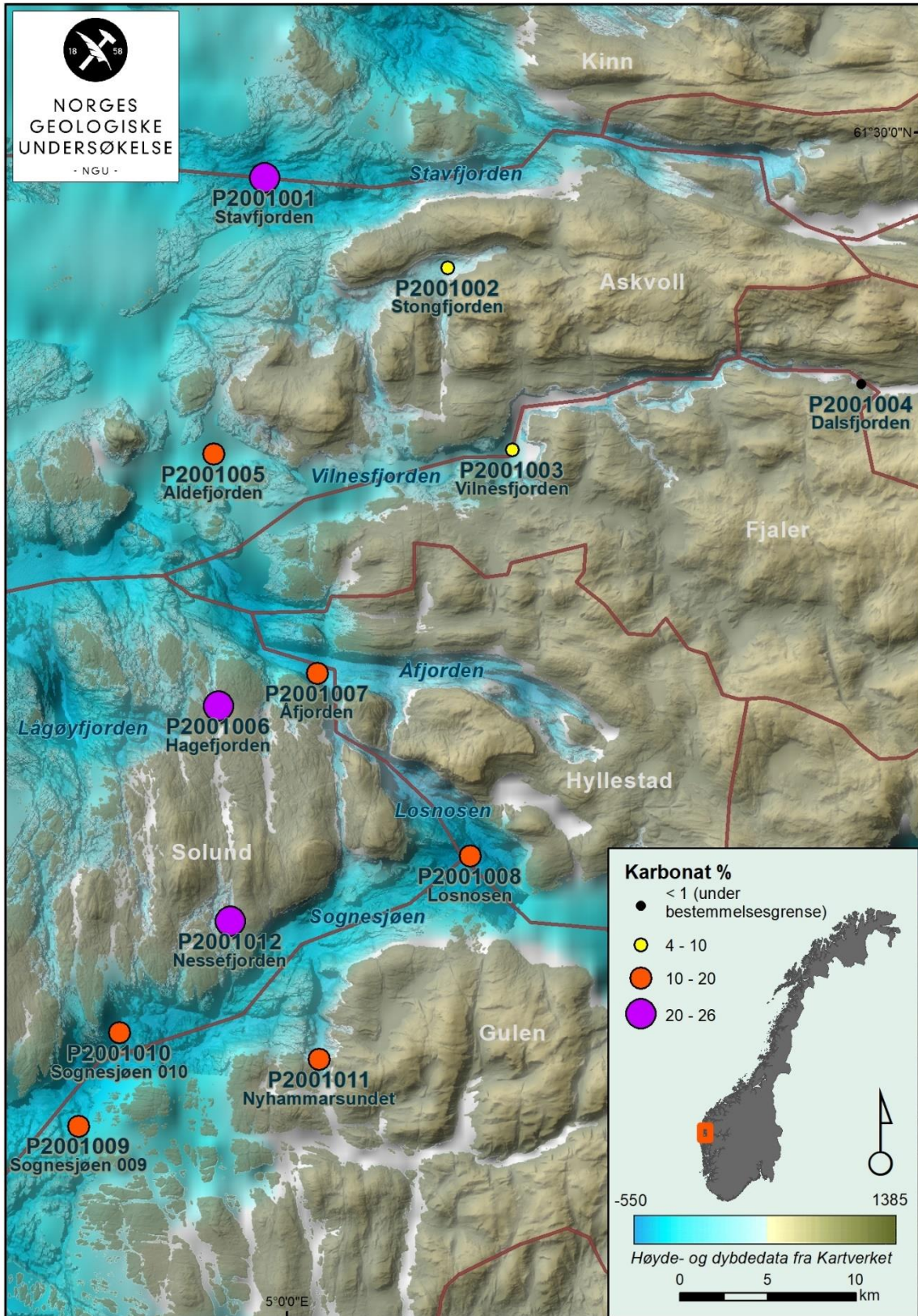
Figur 3. Fordeling av sand (0,063-2 mm) og slam (<0,063 mm) i overflatesedimentene (0-1 cm).



Figur 4. Innhold av total organisk karbon (TOC) i overflatesedimentene (0-1 cm).



Figur 5. Innhold av svovel (S) i overflatesedimentene (0-1 cm).



Figur 6. Innhold av kalsiumkarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) i overflatesedimentene (0-1 cm).

### 3.2 Innhold av tungmetaller, Barium, THC, PAH<sub>16</sub>, B(a)p, PCB<sub>7</sub> og TBT

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

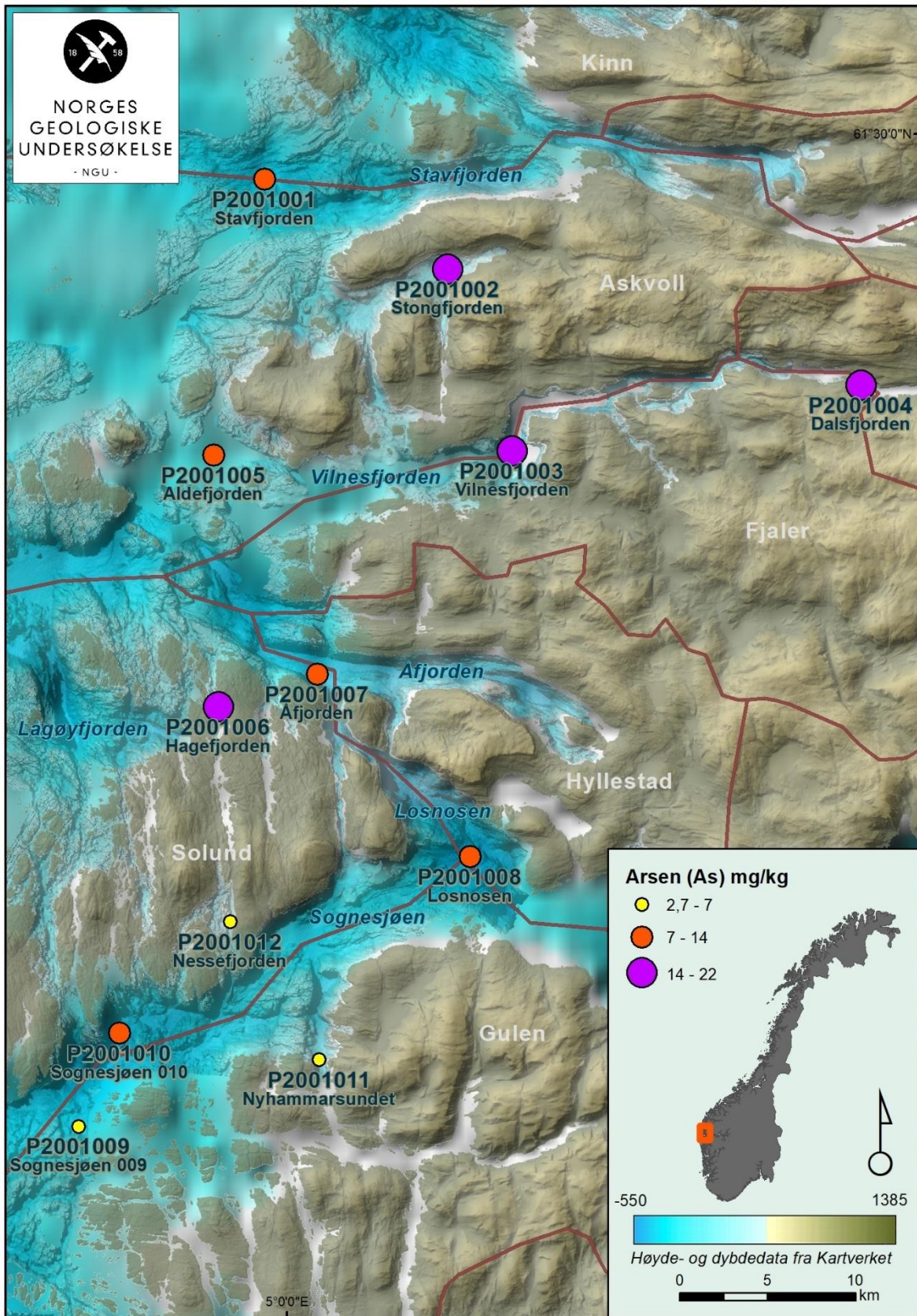
<b>I</b> <b>Bakgrunn</b>	<b>II</b> <b>God</b>	<b>III</b> <b>Moderat</b>	<b>IV</b> <b>Dårlig</b>	<b>V</b> <b>Svært dårlig</b>
-----------------------------	-------------------------	------------------------------	----------------------------	---------------------------------

I denne rapporten presenterer vi analyseresultatene for tungmetallene bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu), krom (Cr), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni) og sink (Zn), for arsen (As) og barium (Ba) samt for de organiske stoffene THC, PAH<sub>16</sub>, B(a)p, PCB<sub>7</sub> og TBT. I figurene 7-22 er konsentrasjonen av de ulike miljøgiftene vist på kart både som absolutte verdier (alle a-figurer) og etter Miljødirektoratets klassifikasjonssystem (alle b-figurer). Tabell 2 gir minimums- og maksimumsverdier for hvert av stoffene i overflatesedimenter, og Tabell 3 viser hvordan de 12 lokalitetene samlet fordeler seg etter Miljødirektoratets grenseverdier og klasser. For stoffene barium og THC (totale hydrokarboner) er det ikke utarbeidet grenseverdier for klassifisering, og vi viser kun analyseresultatene som absolutte verdier. Alle verdier finnes også i Vedlegg 1 og 2. Stratigrafiske profiler (analyseverdier mot dypet i kjernene) av slam-sand forhold, mineralsammensetning, TOC, CaCO<sub>3</sub>, Al, Fe, P, Mn, tungmetaller og Ba i alle 12 sedimentkjerner er vist i figurene 21-30. I Tabell 4 sammenlignes konsentrasjoner av tungmetaller og Ba i overflatesedimenter med konsentrasjoner i nedre delen av sedimentkjernen.

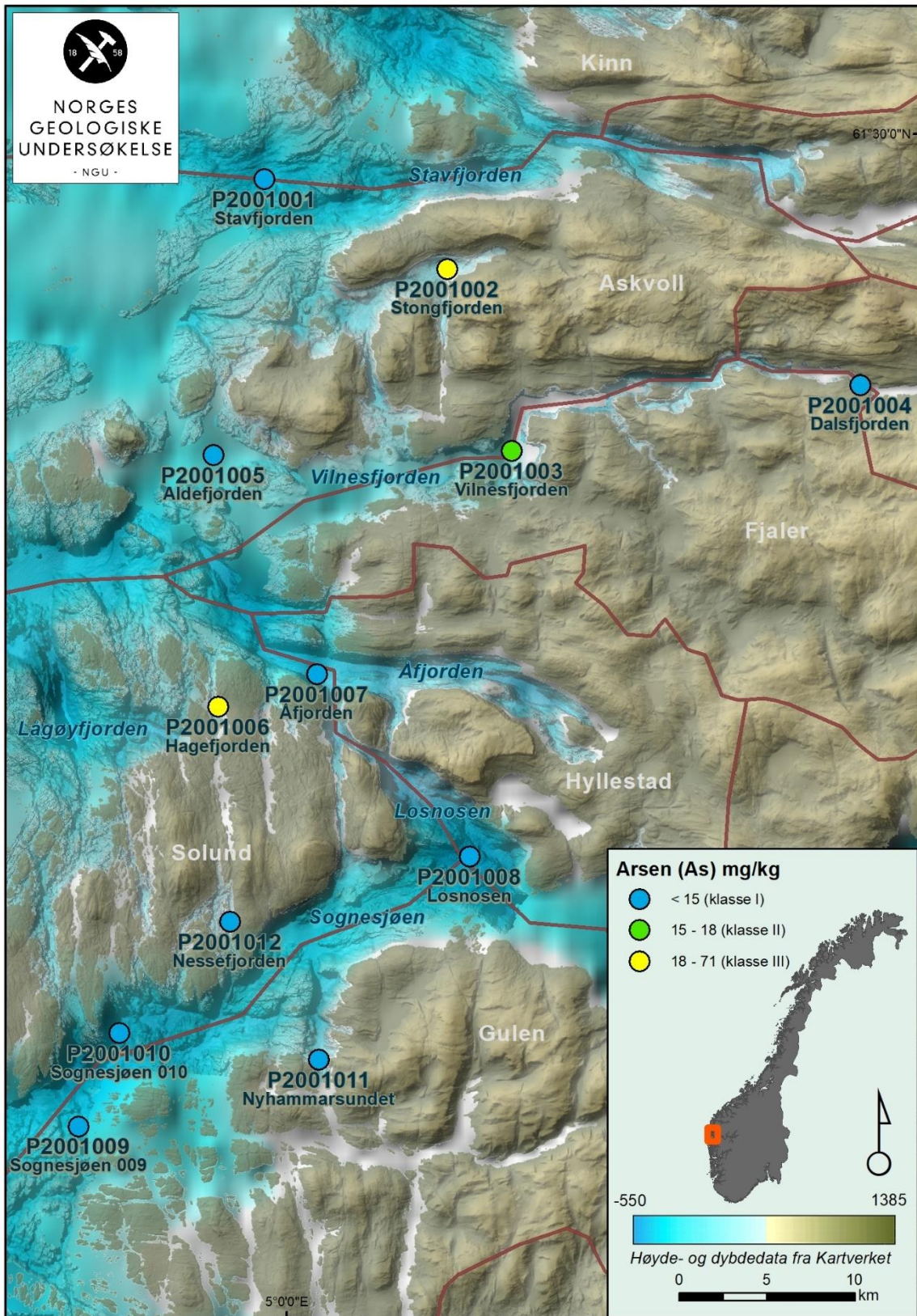
### 3.2.1 Arsen (As)

As-konsentrasjonen varierer fra 2,7 til 21,9 mg/kg (Figur 7a). De høyeste konsentrasjonene finnes i Stongfjorden (21,9 mg/kg), Hagefjorden (20,1 mg/kg), Vilnesfjorden (17,0 mg/kg) og Dalsfjorden (14,3 mg/kg). De største konsentrasjonene finnes i lokaliteter som har høyt TOC-innhold. Av 12 prøver er 9 i tilstandsklasse I (bakgrunn) for kyst- og fjordsedimenter (<15 mg/kg sediment), og en i klasse II (Figur 7b). I tilstandsklasse III (18-71 mg/kg sediment, moderat) ligger prøvene fra Stongfjorden og Hagefjorden. De fleste stratigrafiske profiler (Figur 21-30) viser en tydelig økning av As-konsentrasjoner i overflateprøver som sammenfaller med økning av Mn-konsentrasjoner og i mindre grad med økning av Fe-konsentrasjoner. Slik assosiasjon av As med Mn og Fe kan sannsynligvis knyttes til As-resirkulering i sedimentene og utfelling i de øverste sedimentlagene der det dannes Mn- og Fe-oksyder som effektivt binder As. Dannelse og utfelling av Mn- og Fe-oksyder og assosiert As i overflatesedimenter er en naturlig prosess. Forholdsvis høye As-verdier (tilstandsklasse III) i overflateprøver i kjernene fra Stongfjorden og Hagefjorden sammen med økning av Mn kan derfor forklares med naturlige prosesser. Forhøyede As-verdier er derfor ikke et tegn på en forverret miljøsituasjonen. Forholdsvis lave konsentrasjoner og små variasjoner i de studerte kjernene viser at As-utslipp fra forurensningskilder er små i disse sjøområdene.





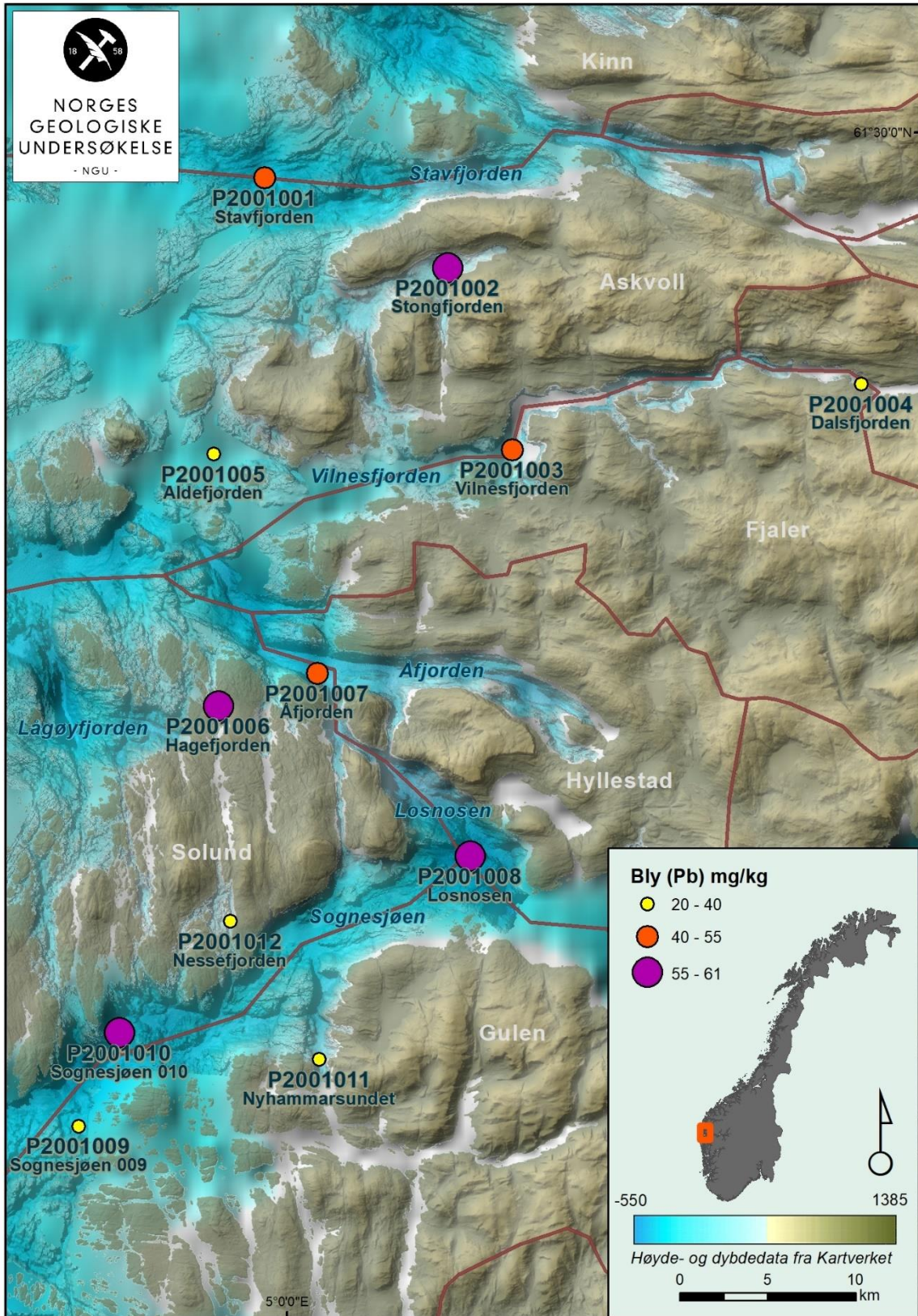
Figur 7a. Arsenkonsentrasjon i overflatesedimentene.



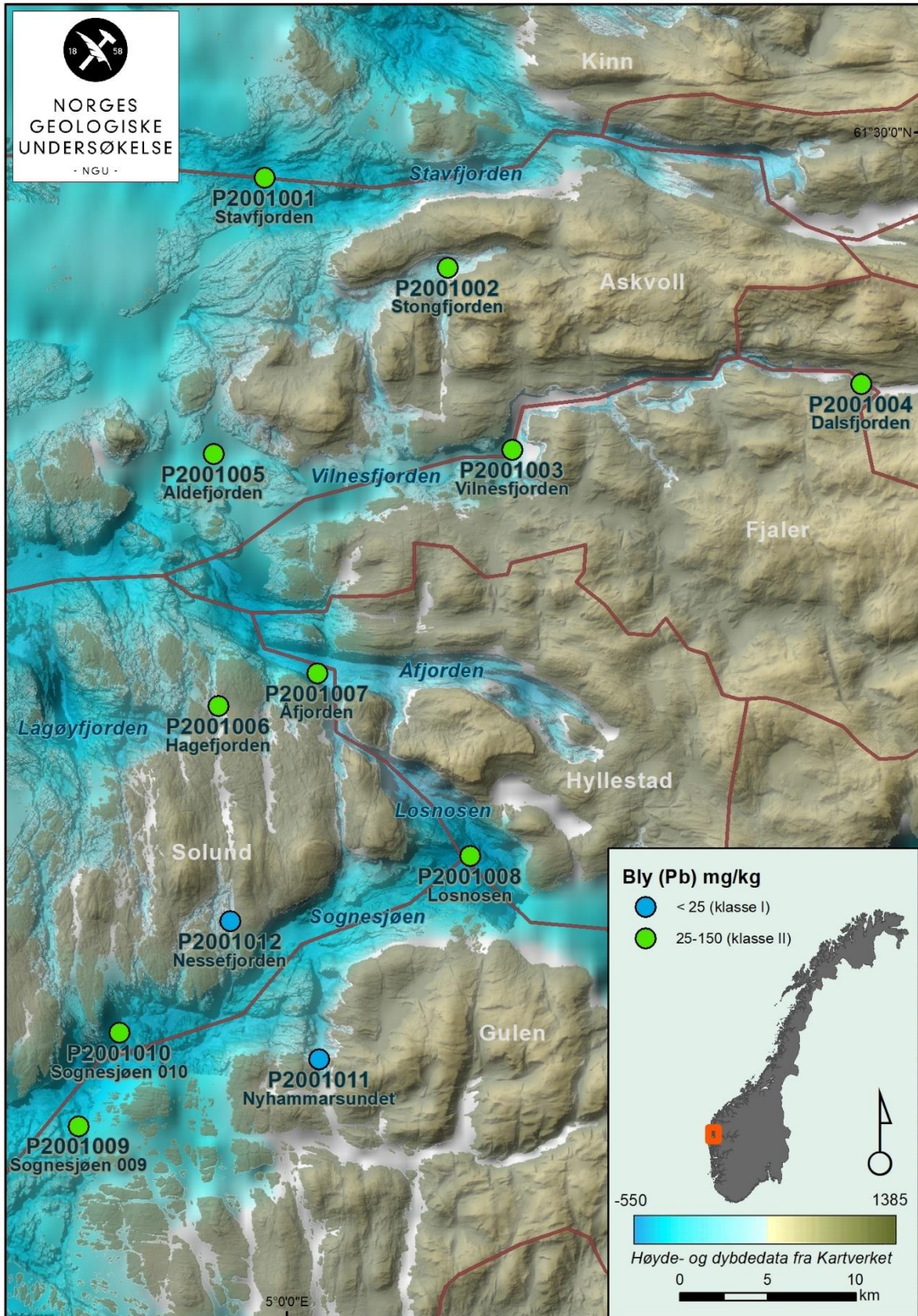
Figur 7b. Arsenkonsentrasjon i overflatesedimentene klassifisert i henhold til Vannforskriften.

### 3.2.2 Bly (Pb)

Pb-konsentrasjonen i overflatesedimentene varierer fra 20,3 til 60,8 mg/kg (Figur 8a). Sedimenter fra Stongfjorden (60,7 mg/kg), Hagefjorden (60,8 mg/kg), Losnosen (60,0 mg/kg) og Sognesjøen 010 (55,3 mg/kg) har de høyeste Pb-verdiene. Figur 8b viser at 2 av 12 prøver har Pb-konsentrasjoner i tilstandsklasse I (<25 mg/kg sediment, bakgrunn) mens de øvrige 10 tilhører klasse II (25-150 mg/kg sediment, god). Stratigrafiske profiler (Figur 21-30) fra alle lokaliteter unntatt Stavfjorden og Hagefjorden viser en generell økning av Pb-konsentrasjoner i de øverste 10 til 20 cm. Dette viser at opptil 20 cm av sedimentene på sjøbunnen i området kan være påvirket av Pb-forurensing, men at tilstanden likevel er god.



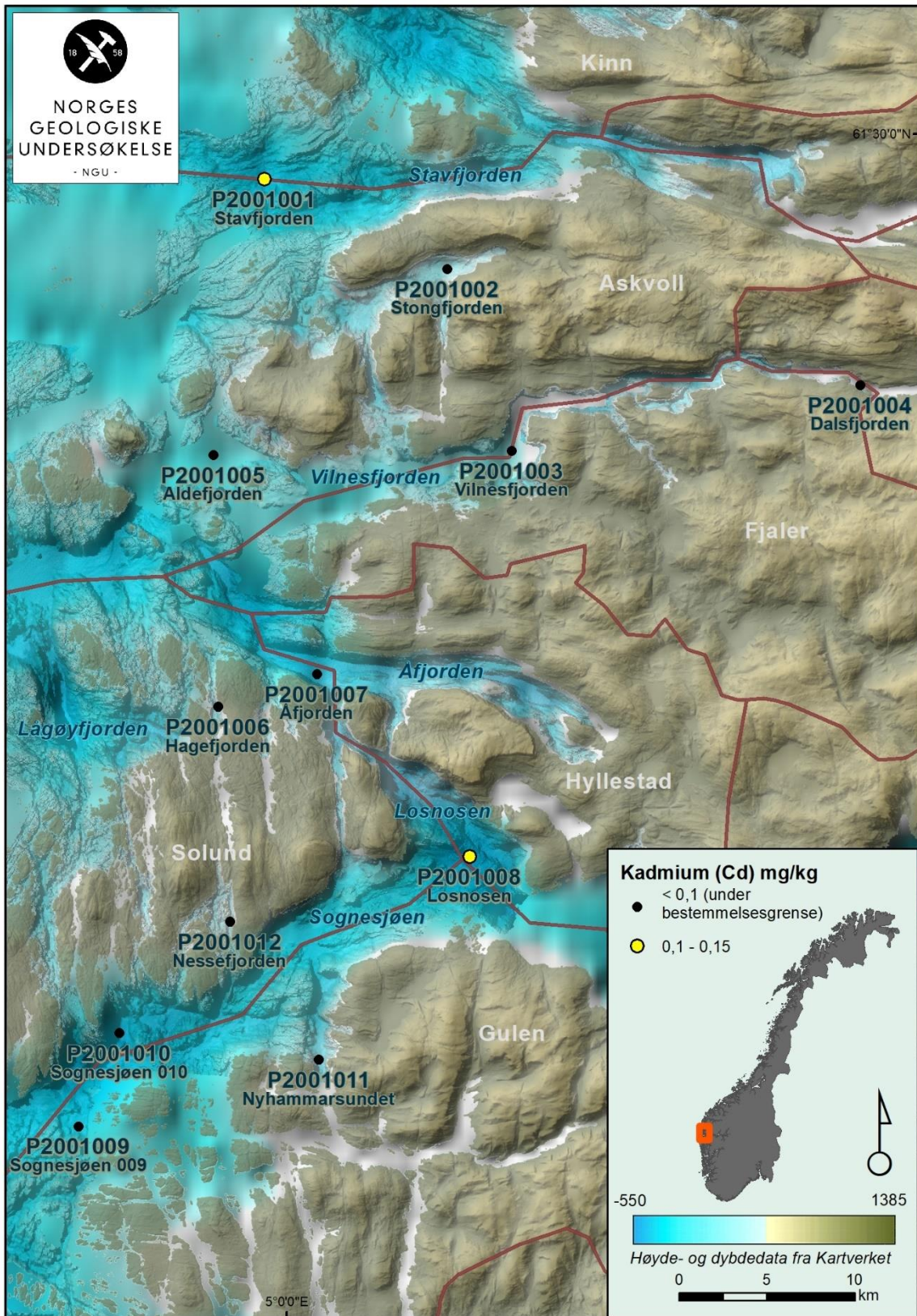
Figur 8a. Blykonsentrasjon i overflatesedimentene.



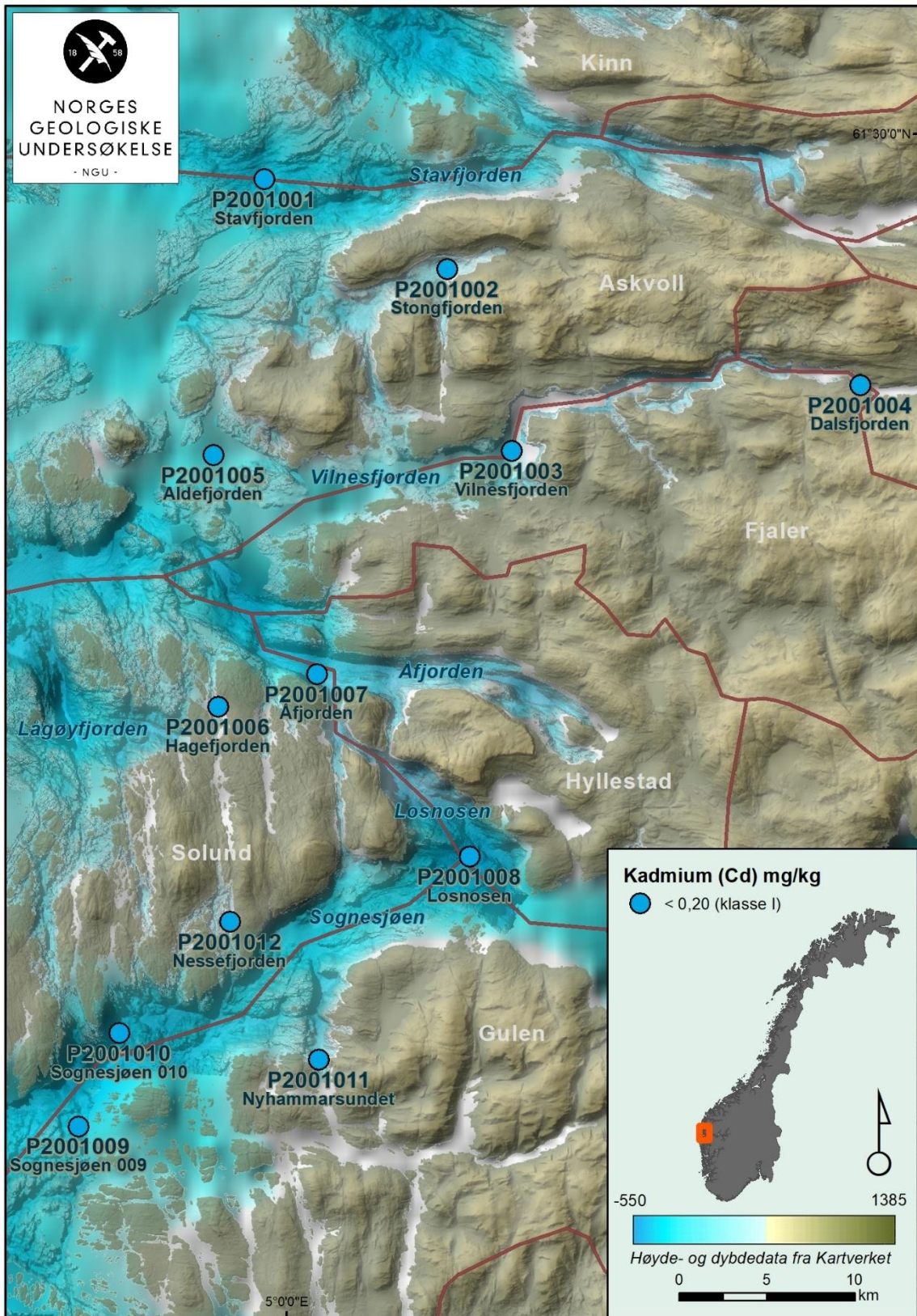
Figur 8b. Blykonsentrasjon i overflatesedimentene klassifisert i henhold til Vannforskriften.

### 3.2.3 Kadmium (Cd)

Cd-konsentrasjonen varierer fra  $< 0,1$  (under bestemmelsesgrense) til  $0,14$  mg/kg (Figur 9a) og er under bestemmelsesgrensen på alle stasjoner unntatt Stavfjorden ( $0,14$  mg/kg) og Losnosen ( $0,12$  mg/kg). Figur 9b viser at alle 12 prøver er i tilstandsklasse I (bakgrunn;  $< 0,2$  mg/kg sediment) og upåvirket av menneskeskapt Cd-forurensning.



Figur 9a. Kadmiumkonsentrasjon i overflatesedimentene.

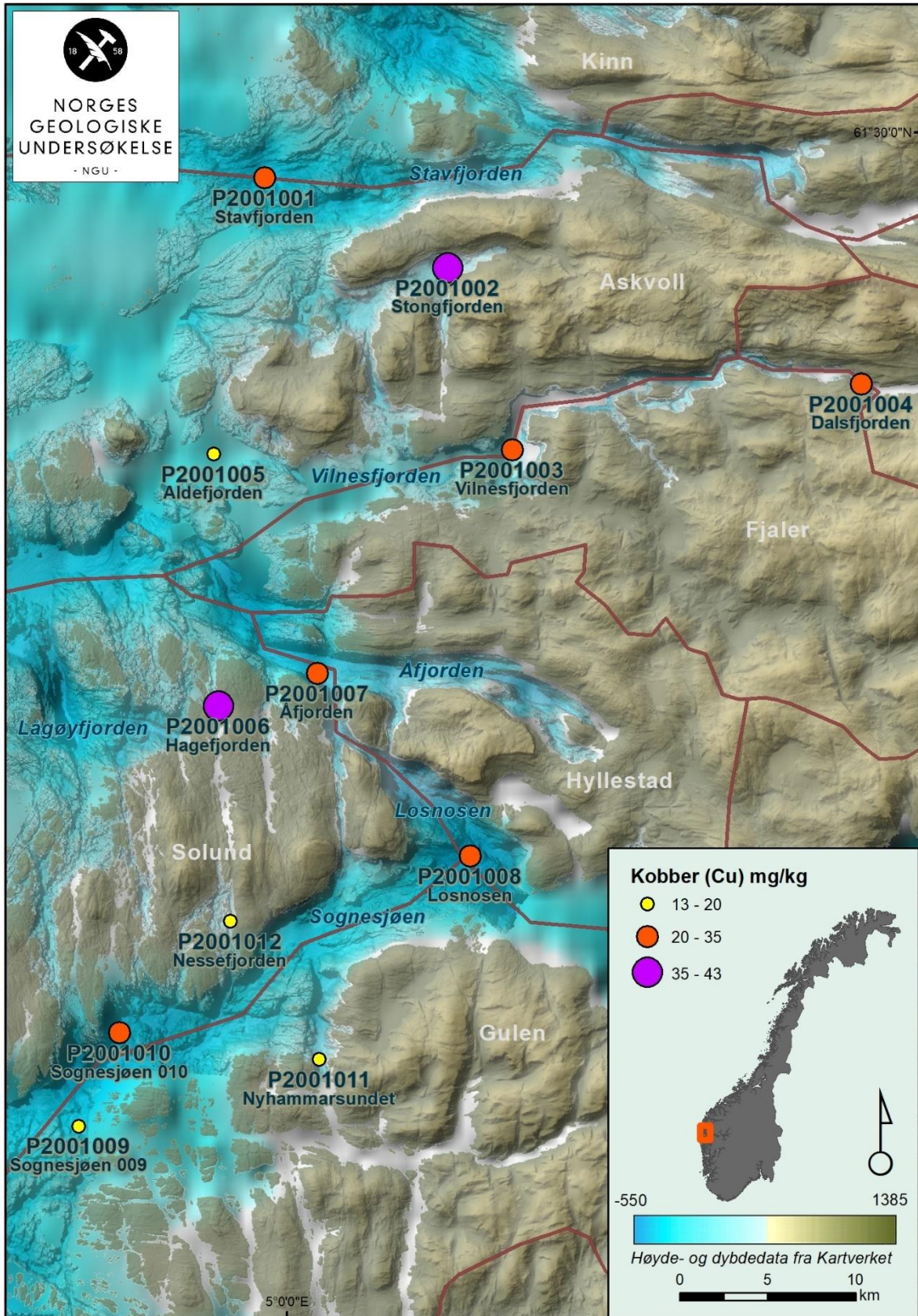


Figur 9b. Kadmiumkonsentrasjon i overflatesedimentene klassifisert i henhold til Vannforskriften.

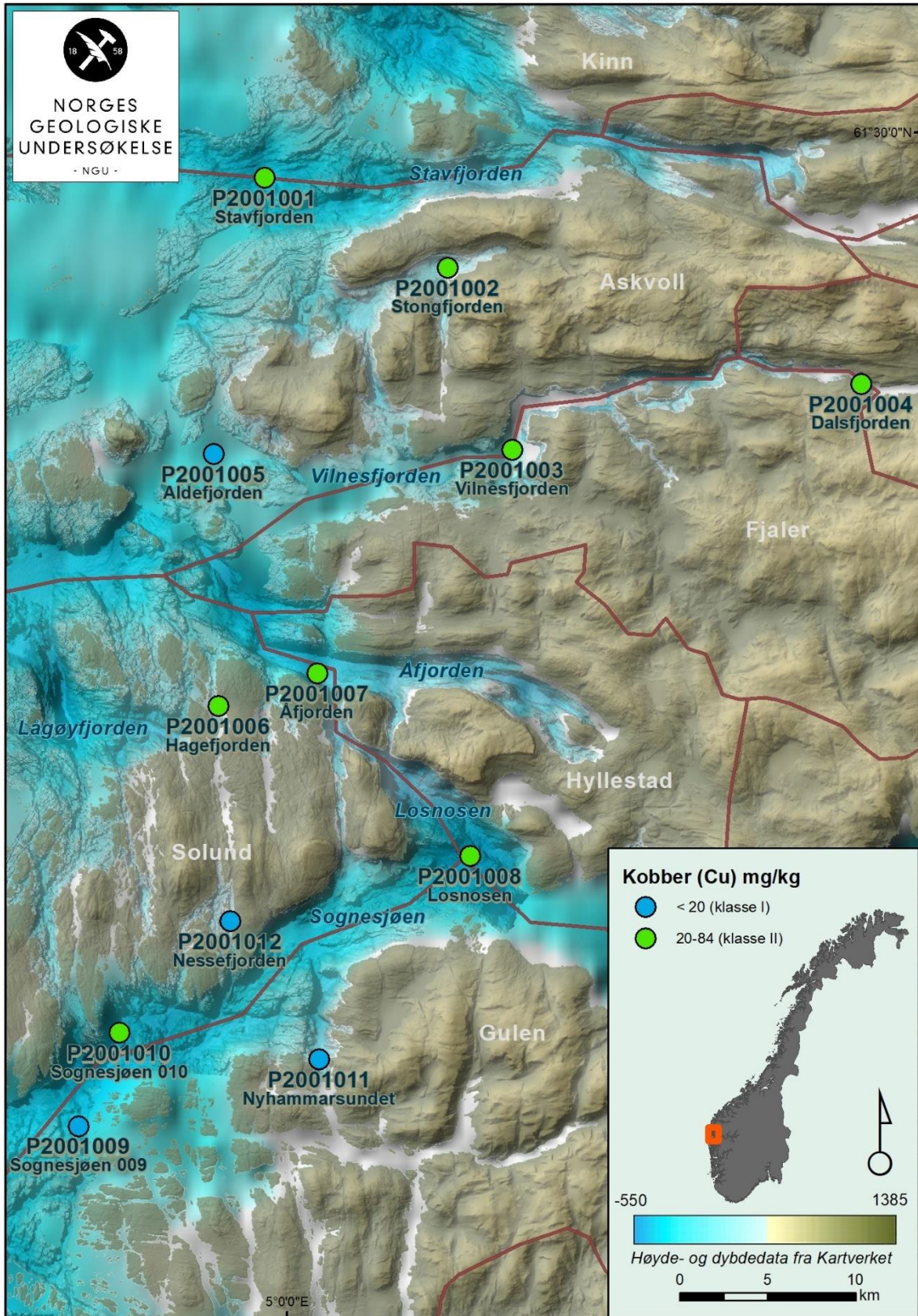


### 3.2.4 Kobber (Cu)

Cu-konsentrasjonen i overflatesedimentene varierer fra 13,1 til 42,6 mg/kg (Figur 10a). Kjerner fra Stongfjorden (42,6 mg/kg) og Hagefjorden (38,7 mg/kg) har de høyeste kobberverdiene. Figur 10b viser at 8 av overflateprøvene tilhører tilstandsklasse II (20-84 mg/kg sediment, god) og 4 prøver tilhører klasse I (<20 mg/kg sediment, bakgrunn). Stratigrafiske profiler (Figur 21-30) fra alle lokaliteter unntatt Stavfjorden viser en generell økning av Cu-konsentrasjoner i de øverste 15 til 20 cm. Dette tyder på at de øverste 15-20 cm av sedimentene er påvirket av Cu-forurensning. Denne forurensningen har avtatt noe de siste årene i Stongfjorden, Aldefjorden, Hagefjorden, Losnosen og Sognesjøen 010 der Cu-konsentrasjoner i de øverste 0-3 cm viser en avtagende tendens. Tilstanden er god over hele området.



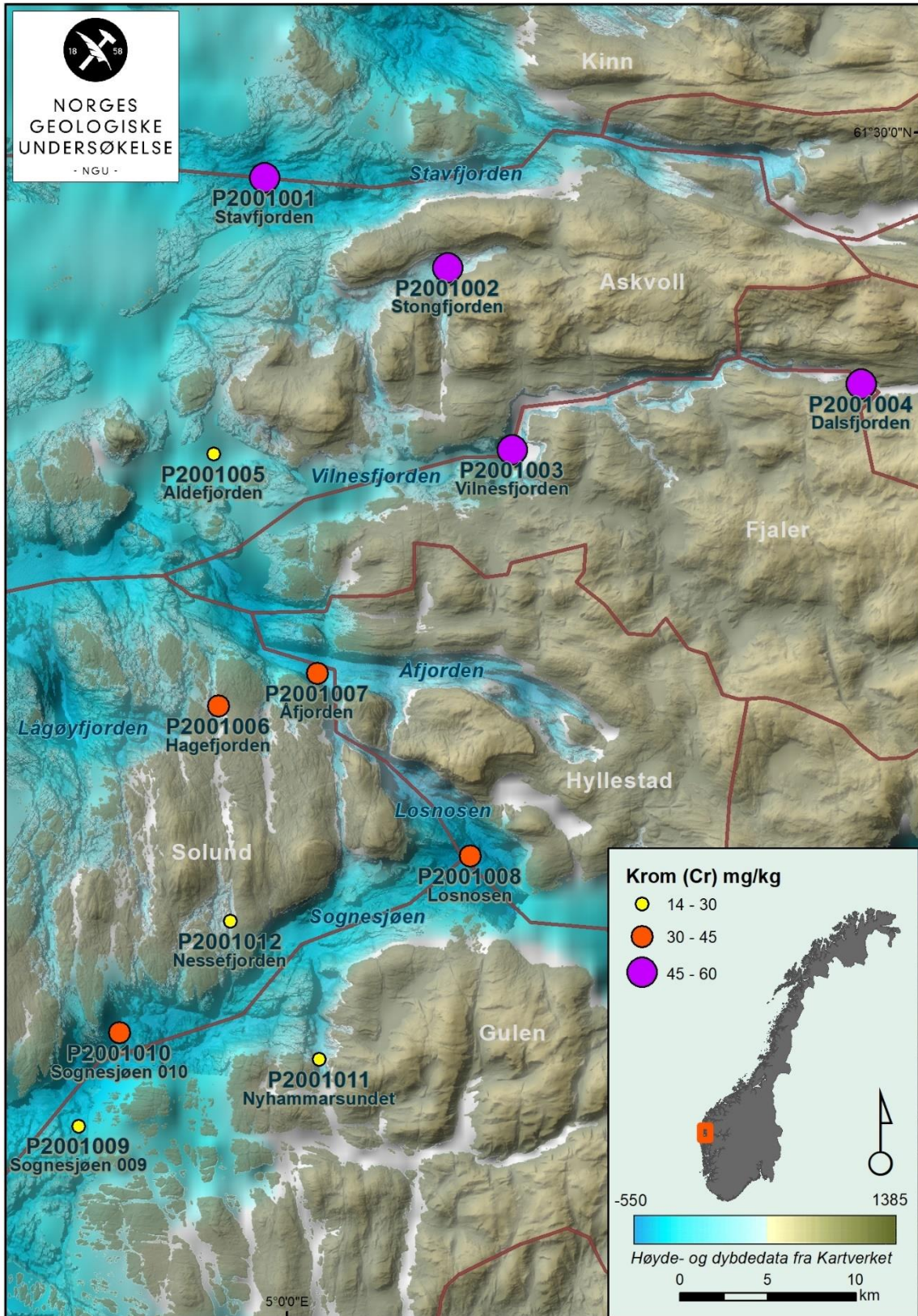
Figur 10a. Kobberkonsentrasjon i overflatesedimentene.



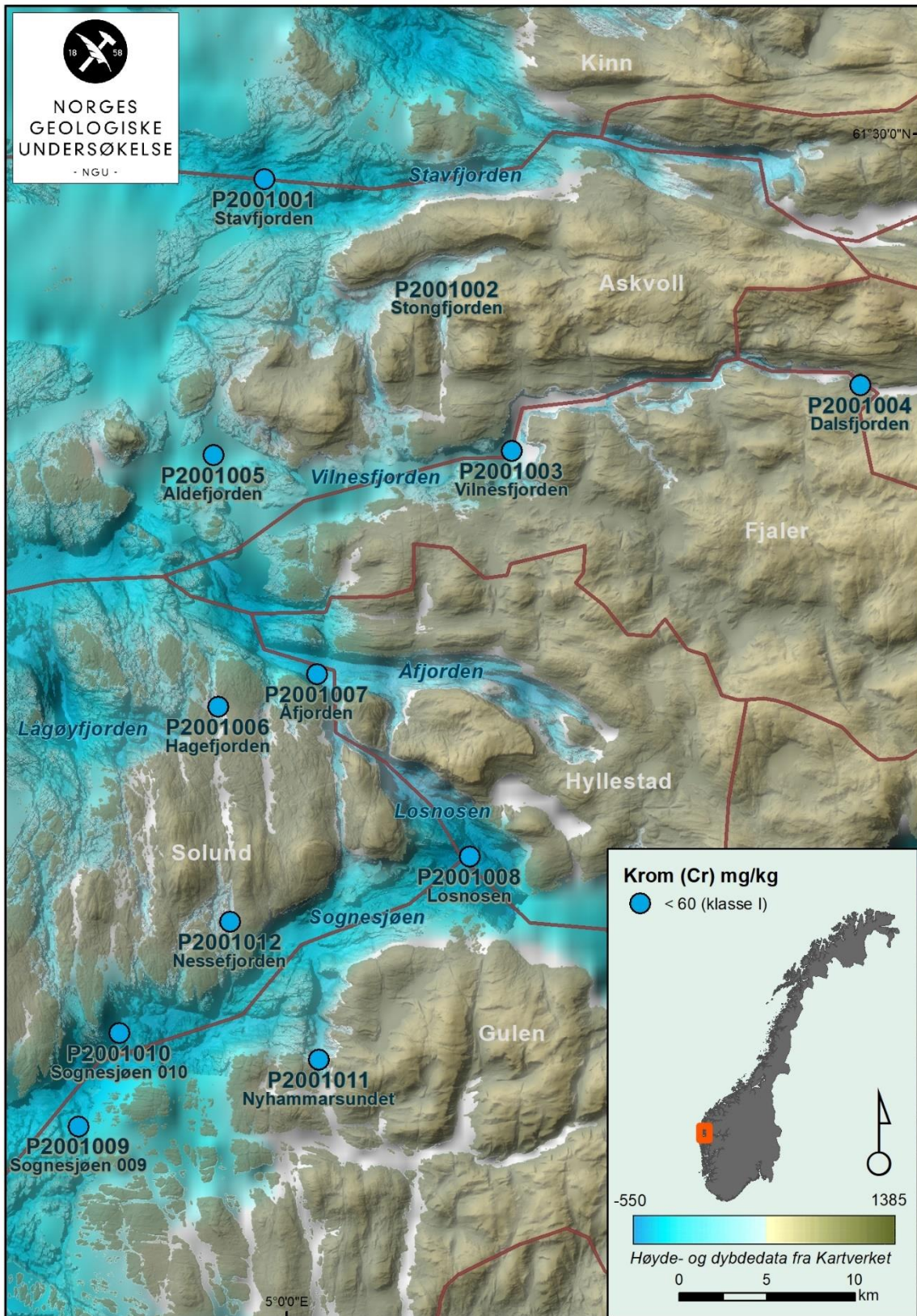
Figur 10b. Kobberkonsentrasjon i overflatesedimentene klassifisert i henhold til Vannforskriften.

### 3.2.5 Krom (Cr)

Cr-konsentrasjonen i overflateprøver varierer fra 14,7 til 59,7 mg/kg (Figur 11a). Prøvene nord i området fra Stavfjorden (51,2 mg/kg), Stongfjorden (59,7 mg/kg), Dalsfjorden (46,7 mg/kg) og Vilnesfjorden (50,2 mg/kg) viser de høyeste kromverdiene. Figur 11b viser at alle prøver tilhører tilstandsklasse I (<60 mg/kg sediment, bakgrunn). Stratigrafiske profiler (Figur 21-30) viser at variasjoner i Cr-konsentrasjoner ligner variasjonene i aluminiumkonsentrasjoner (Al). Al i sedimenter er i hovedsakelig bundet til naturlige silt- og leirpartikler og er ikke påvirket av menneskelig aktivitet og forurensning. Samsvar mellom Cr og Al viser derfor at Cr i de fleste kjerner forekommer hovedsakelig i naturlige sedimentpartikler og at Cr forurensningen er ubetydelig.



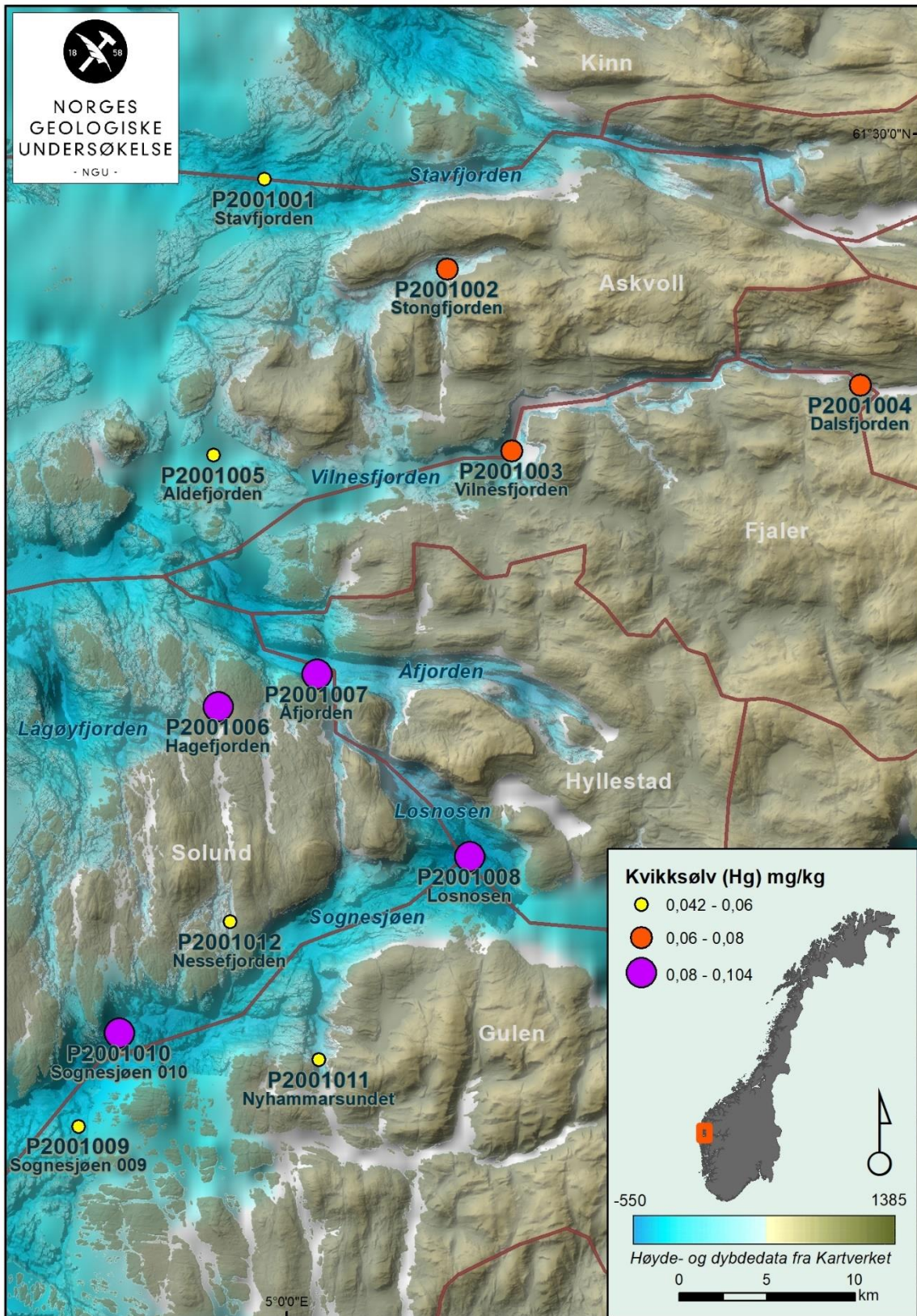
Figur 11a. Kromkonsentrasjon i overflatesedimentene.



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

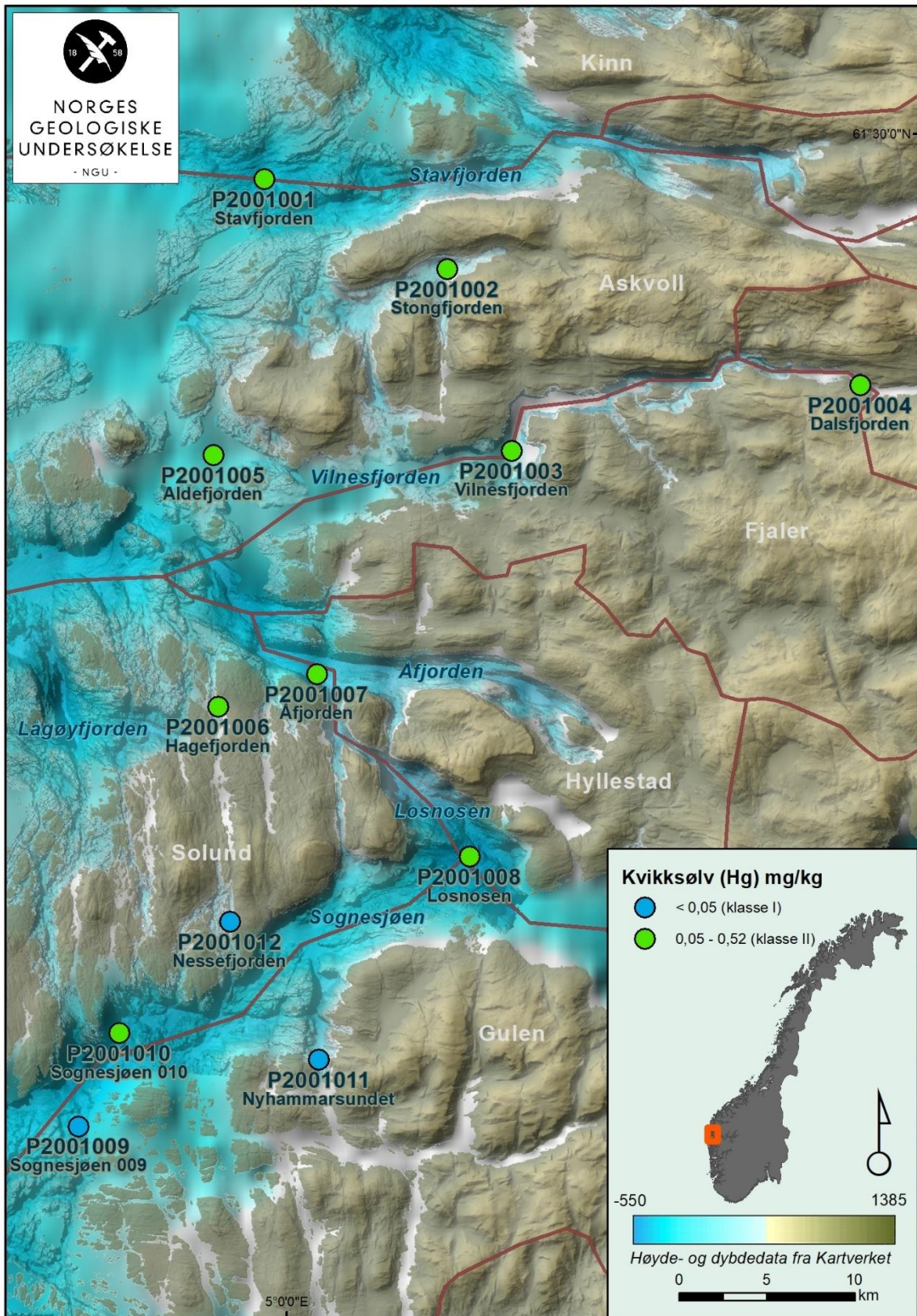
### 3.2.6 Kvikksølv (Hg)

Hg-konsentrasjonen i sedimentprøvene varierer fra 0,042 til 0,104 mg/kg (Figur 12a). Størst innhold av kvikksølv finner vi i kjernene fra Hagefjorden (0,104 mg/kg), Åfjorden (0,083 mg/kg), Losnosen (0,086 mg/kg) og Sognesjøen 010 (0,082 mg/kg) (Fig. 12a). Figur 12b viser at 3 av 12 prøver tilhører tilstandsklasse I (<0,05 mg/kg sediment, bakgrunn), mens de øvrige 9 tilhører klasse II (0,05-0,52 mg/kg sediment, god). Stratigrafiske profiler (Figur 21-30) viser en generell økning av Hg-konsentrasjonen i de øverste 10-15 cm i alle sedimentkjernene unntatt en kjerne fra Stavfjorden. De høyeste Hg-verdiene finner man 2-20 cm under sedimentoverflaten i alle sedimentkjernene unntatt kjerne Sognesjøen 009, der den høyeste Hg-verdien er registrert i overflateprøven. Slike Hg-konsentrasjoner og Hg-profiler tyder på at Hg-forurensningen er ubetydelig, og at den generelt har avtatt i området.



Figur 12a. Kvikksølvkonsentrasjon i overflatesedimentene.

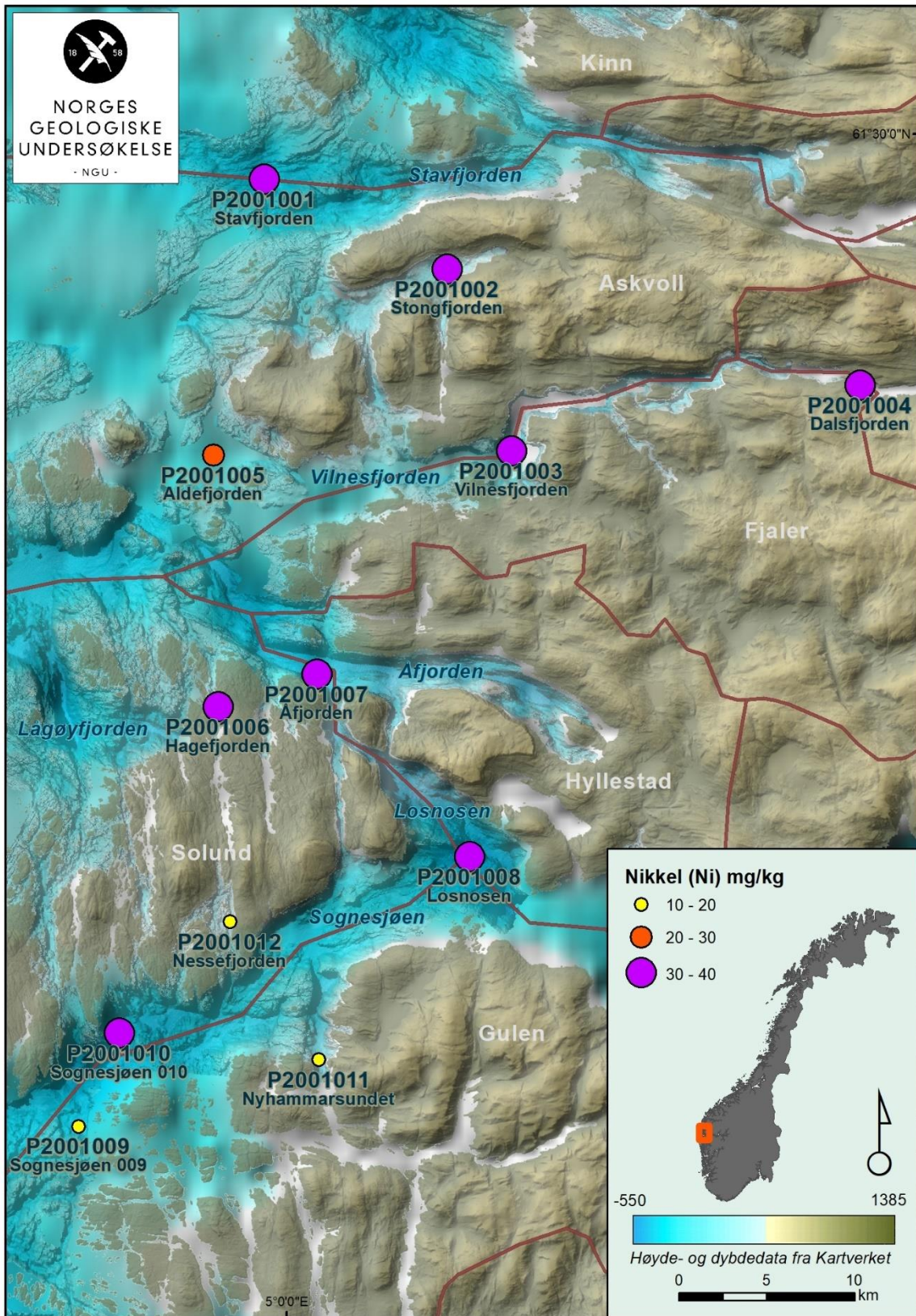




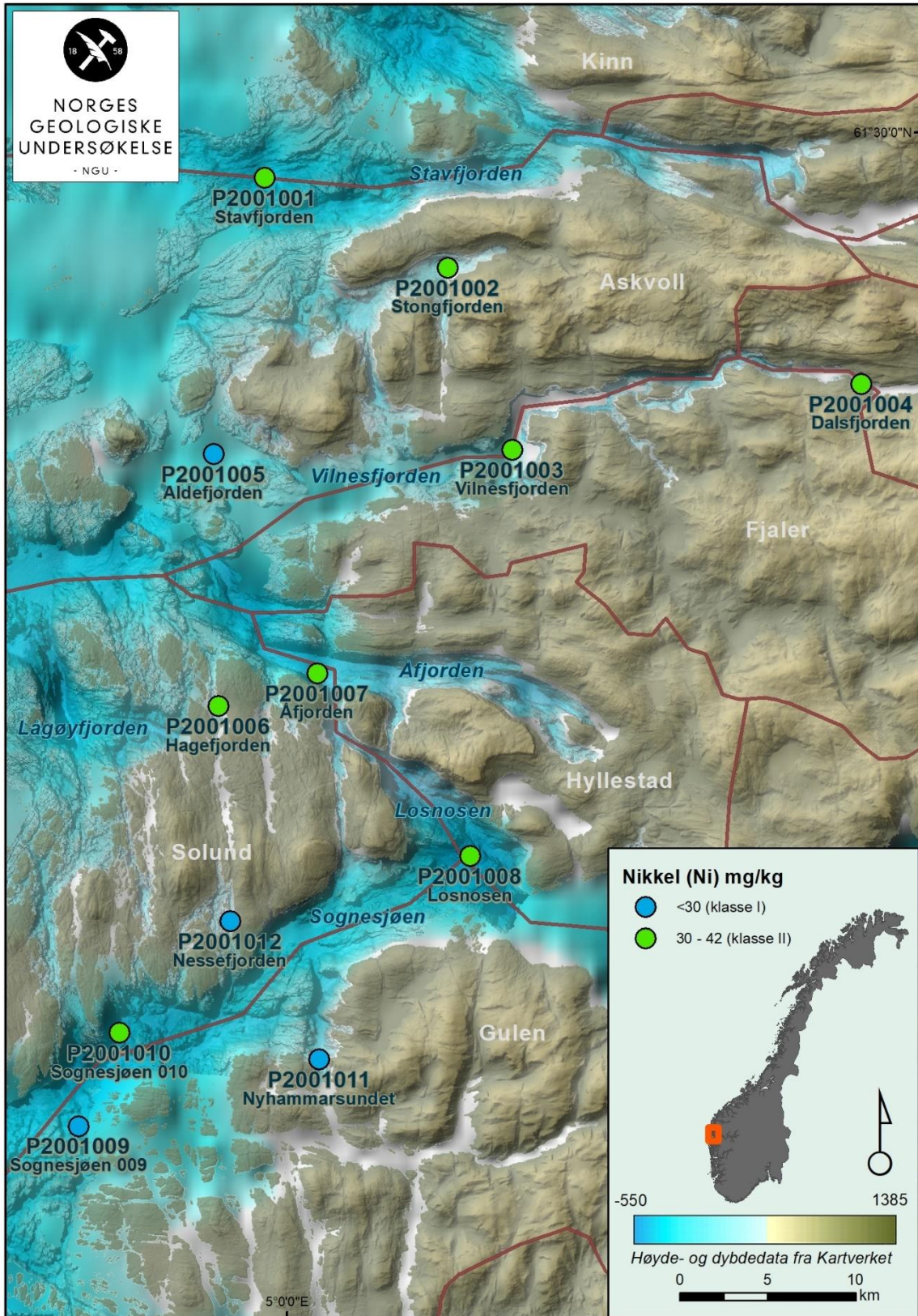
Figur 12b. Kvikksølvkonsentrasjon i overflatesedimentene klassifisert i henhold til Vannforskriften.

### 3.2.7 Nikkel (Ni)

Ni-konsentrasjonen i overflateprøvene varierer fra 10,2 til 37,9 mg/kg (Figur 13a). Prøvene fra Stavfjorden (37 mg/kg), Stongfjorden (37,9 mg/kg), Vilnesfjorden (33,3 mg/kg), Dalsfjorden (32,3 mg/kg), Hagefjorden (34,9 mg/kg), Åfjorden (34,2 mg/kg), Losnosen (36,7 mg/kg) og Sognesjøen 010 (30,1 mg/kg) har høyest nikkelverdier. Figur 13b viser at Ni-konsentrasjon på 8 stasjoner tilsvarer tilstandsklasse II (30-42 mg/kg sediment, god), mens 4 prøver tilsvarer tilstandsklasse I (<30 mg/kg sediment, bakgrunn). Stratigrafiske Ni-profiler (Figur 21-30) viser små variasjoner, som generelt samsvarer med Al. Dette tyder på at Ni i de studerte sedimentkjernene hovedsakelig er naturlig bundet til silt- og leirpartikler, og at Ni forurensningen er ubetydelig.



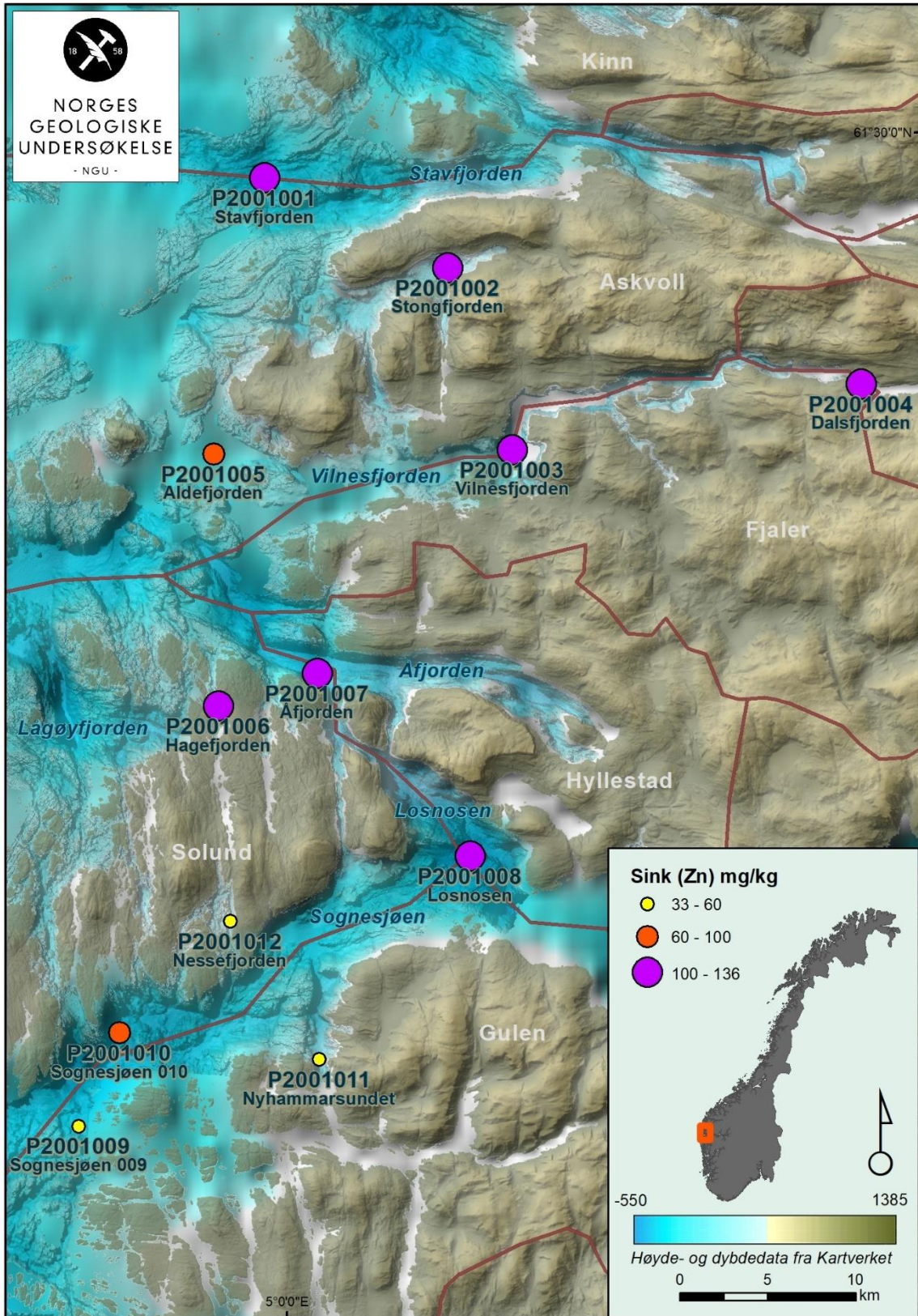
Figur 13a. Nikkelkonsentrasjon i overflatesedimentene.



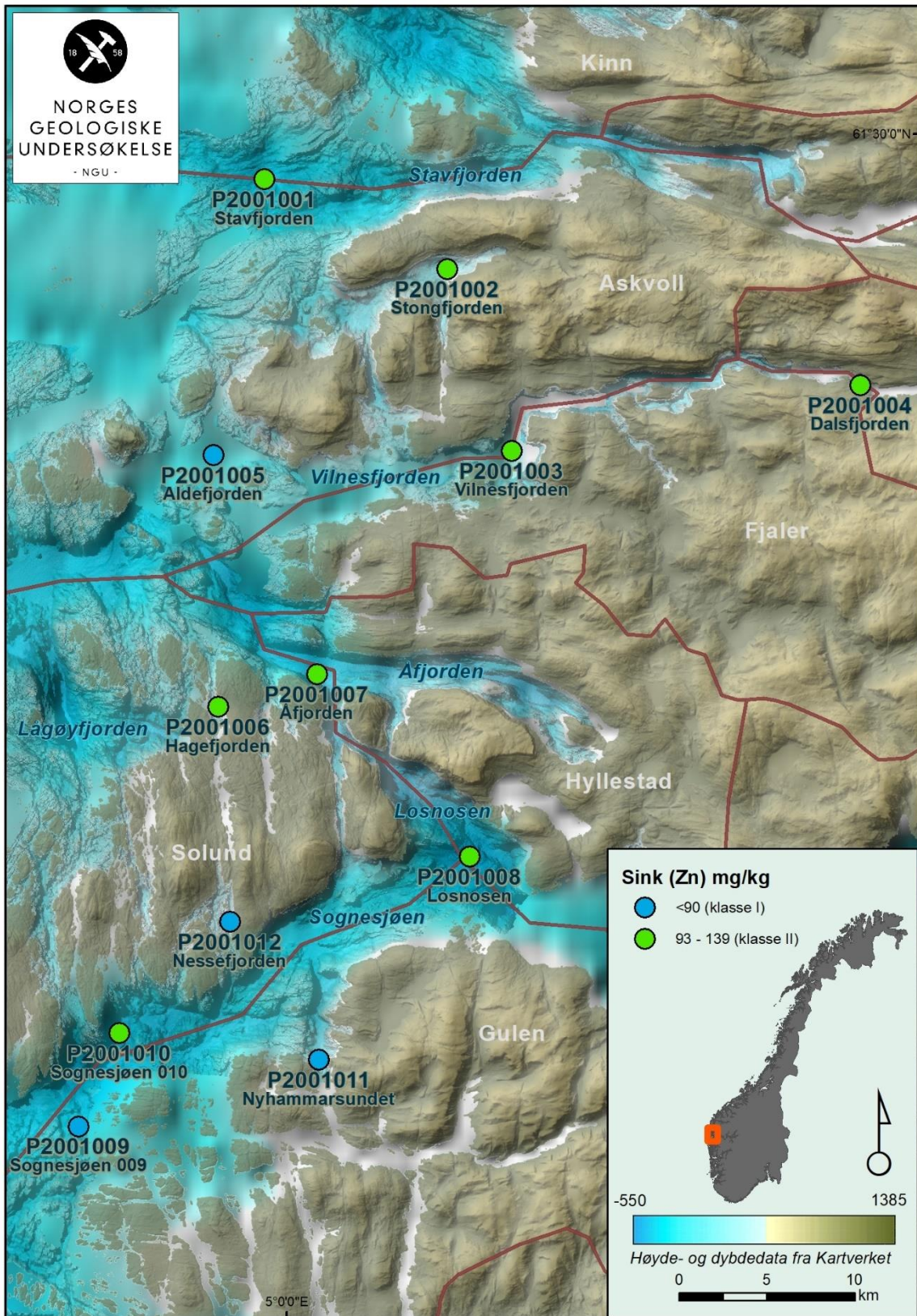
Figur 13b. Nikkelkonsentrasjon i overflatesedimentene klassifisert i henhold til Vannforskriften.

### 3.2.8 Sink (Zn)

Zn-konsentrasjonen varierer fra 34,5 til 136 mg/kg (Figur 14a), med høyeste verdier i prøvene fra Stavfjorden (104 mg/kg), Stongfjorden (136 mg/kg), Vilnesfjorden (111 mg/kg), Dalsfjorden (104 mg/kg), Hagefjorden (106 mg/kg), Åfjorden (107 mg/kg) og Losnosen (115 mg/kg). Klassifisert etter Miljødirektoratets grenseverdier (Figur 14b) plasserer 4 prøver seg i tilstandsklasse I (<90 mg/kg sediment, bakgrunn), mens 8 tilhører tilstandsklasse II (90-139 mg/kg sediment, god). Stratigrafiske Zn-profiler (Figur 21-30) viser små variasjoner, men relativt høye Zn-konsentrasjoner i de øverste 10-20 cm i alle sedimentkjernene unntatt kjernene fra Stavfjorden og Hagefjorden. Dette viser at de øverste 20 cm av sedimentkjernene kan være påvirket av Zn-forurensning. I Nessefjorden, Nyhammarsundet og Sognesjøen 009 finner vi den høyeste Zn-konsentrasjonen i overflateprøvene, mens på de andre lokalitetene er de høyeste Zn-verdiene 2-20 cm under sedimentoverflaten. Dette tyder på at de øverste opp til 20 cm av sedimentene er påvirket av Zn-forurensning. Denne forurensningen har avtatt noe de siste årene unntatt Nessefjorden, Nyhammarsundet og Sognesjøen 009. Zn-forurensningen er ubetydelig, og tilstanden er god over hele området.



Figur 14a. Sinkkonsentrasjon i overflatesedimentene.

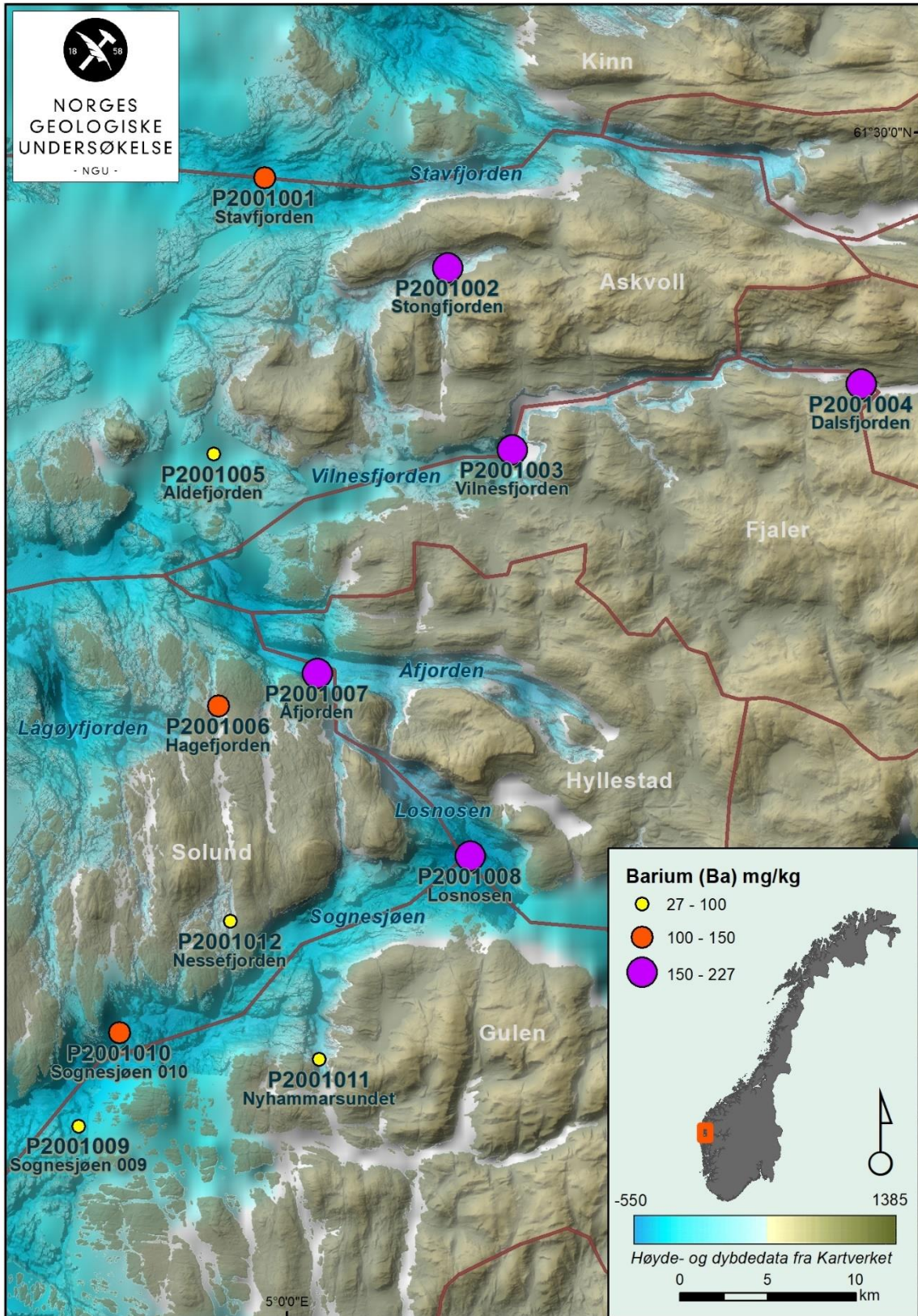


Figur 14b. Sinkkonsentrasjon i overflatesedimentene klassifisert i henhold til Vannforskriften.

### 3.2.9 Barium (Ba)

Ba-konsentrasjonen i sedimentene kan være påvirket av menneskelig aktivitet, særlig i områder der barytt (bariumsulfat) er brukt som komponent i boreslam av oljeindustrien. Ved utslipp av boreslam kan sedimenter i nærområdet og sedimenter nedstrøms fra utslippsstedet få høye Ba-konsentrasjoner, noe som er påvist både i Skagerrak og på Trænabanken (Lepland m. fl., 2000; Lepland og Mortensen, 2008). I de undersøkte overflateprøvene varierer Ba-konsentrasjonen fra 27,6 til 227 mg/kg (Figur 16) med de høyeste verdier i Stongfjorden (184 mg/kg), Vilnesfjorden (169 mg/kg), Dalsfjorden (227 mg/kg), Åfjorden (151 mg/kg) og Losnosen (177 mg/kg). Stratigrafiske profiler (Figur 21-30) viser en svak økning i de øverste sedimentlagene i Vilnesfjorden, Dalsfjorden, Åfjorden, Sognesjøen 009, Sognesjøen 010, Nyhammarsundet og Nessefjorden, men verdiene er lave, og det er uklart om menneskeskapt utslipp påvirker den svakt økende trenden på disse 7 lokalitetene. Miljødirektoratet har ikke utarbeidet grenseverdier for barium.



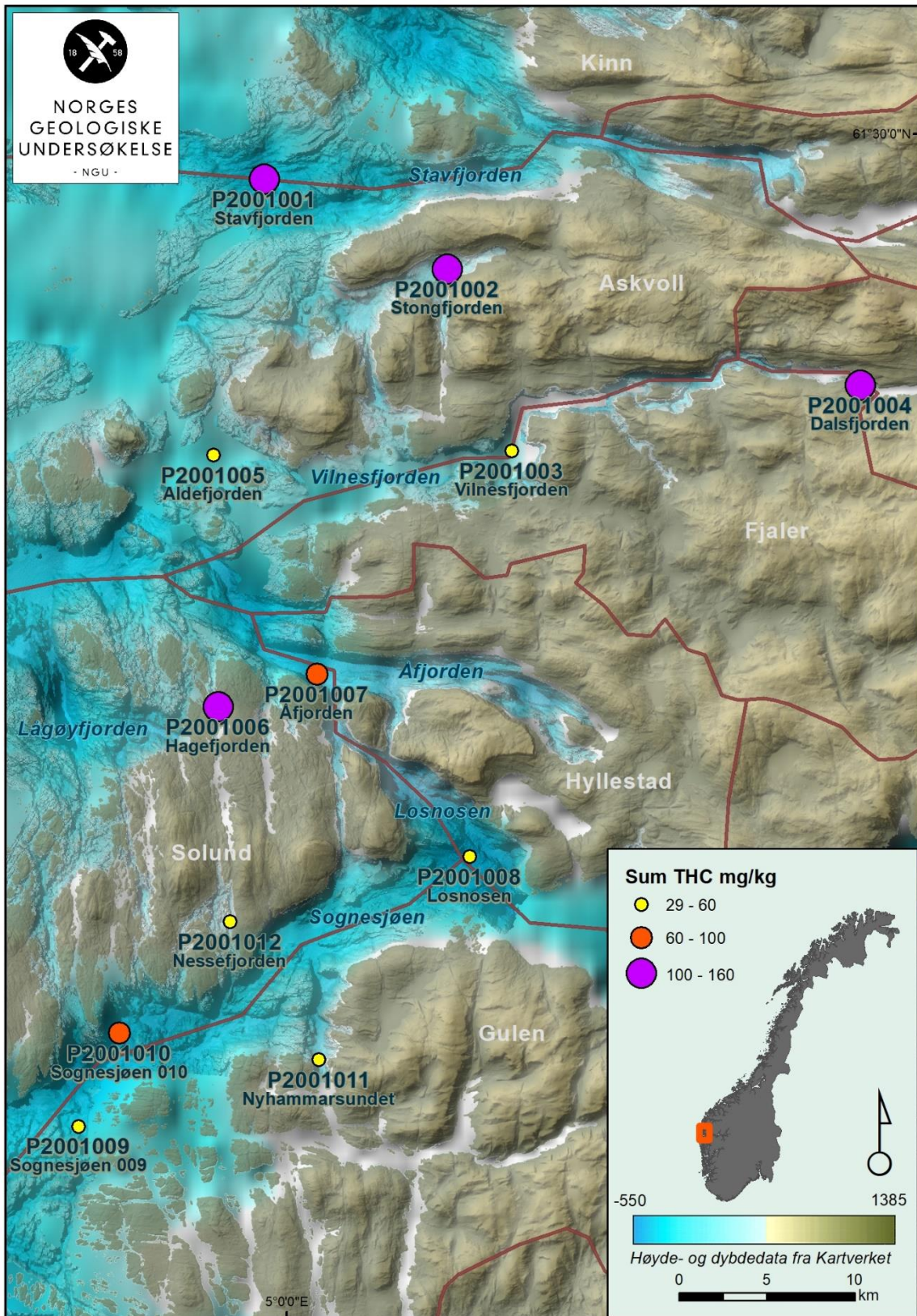


Figur 15. Bariumkonsentrasjon i overflatesedimentene.

### 3.2.10 Totale hydrokarboner (THC)

THC er hydrokarboner som kan relateres til olje og oljeprodukter. Analyser gir konsentrasjonen av flere typer hydrokarboner, fra lette (C<sub>5</sub>-C<sub>8</sub>) til tunge (C<sub>16</sub>-C<sub>35</sub>) hydrokarbonforbindelser. I studieområdet er det kun funnet målbare nivåer (>40 mg/kg) av de tyngre hydrokarbonene (C<sub>16</sub>-C<sub>35</sub>). Lette og middelstunge hydrokarboner er alle lavere enn laboratoriets deteksjonsgrense på 5 mg/kg.

Figur 16 viser at THC-verdiene er høyest i Stavfjorden (110 mg/kg), Stongfjorden (160 mg/kg), Dalsfjorden (150 mg/kg) og Hagefjorden (130 mg/kg). Miljødirektoratet har ikke utarbeidet grenseverdier for THC, men nivåer under 50 mg/kg tørrvekt anses som lave (OSPAR 2009). Nivåene ligger likevel noe høyere enn i åpne havområder i Norskehavet som rapportert av MAREANO-programmet (Boitsov m.fl. 2013). Dette er karakteristisk for kystnære områder og har sin forklaring i avrenning av THC fra kysten.



Figur 16. Total konsentrasjon av hydrokarboner (THC) i overflatesedimentene.

### 3.2.11 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH<sub>16</sub>) og benzo(a)pyren

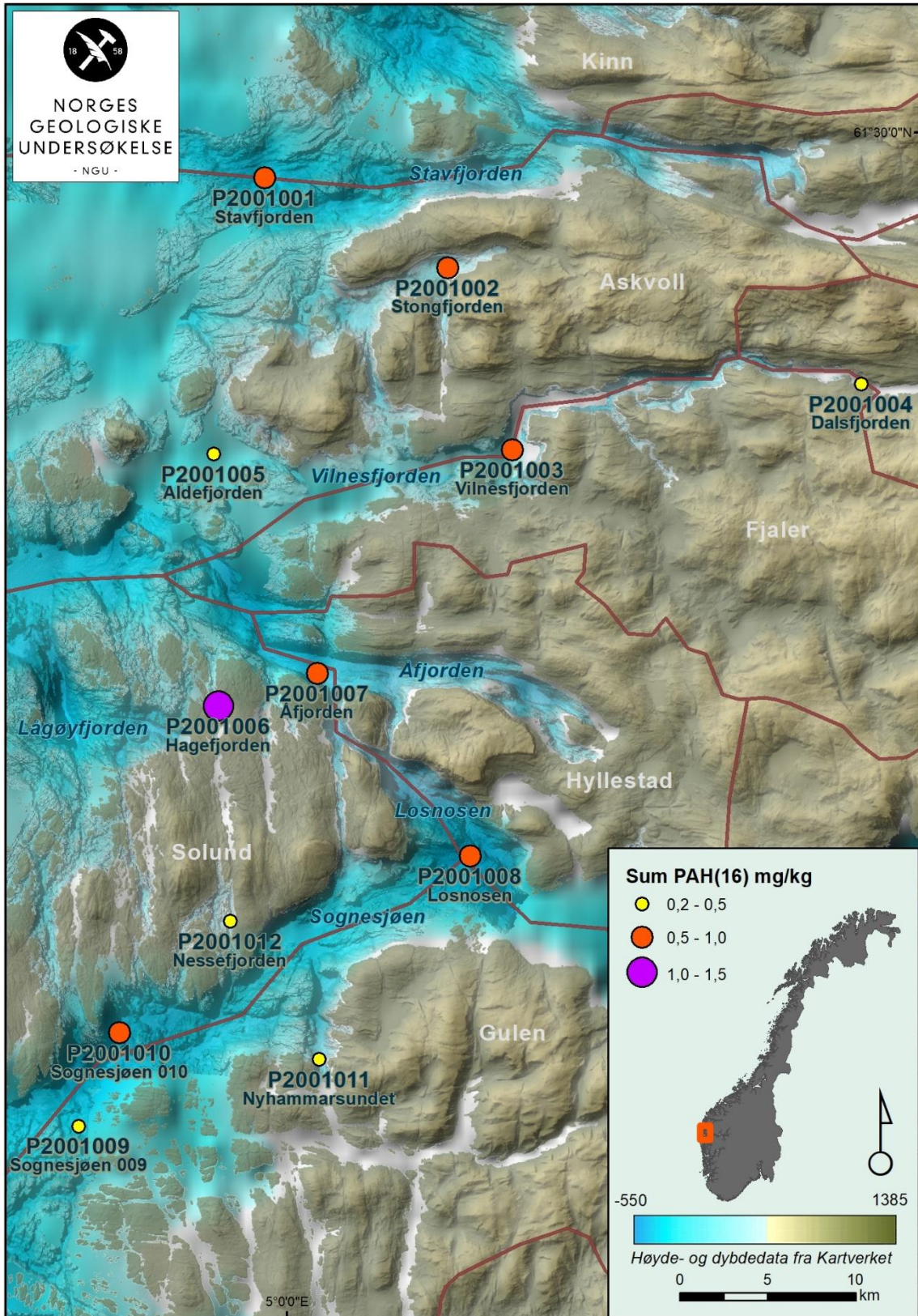
PAH-forbindelser er ofte helseskadelige og flere av forbindelsene er kreftfremkallende, blant annet benzo(a)pyren. 2- til 6-rings aromatiske hydrokarboner oppstår typisk som et resultat av ufullstendig forbrenning av organisk materiale under vedfyring, skogbranner eller ufullstendig forbrenning av fossile drivstoffprodukter som olje, diesel, bensin eller kull.

I denne rapporten presenterer vi summen av de 16 analyserte PAH-forbindelsene (PAH<sub>16</sub>) og i tillegg konsentrasjonen av benzo(a)pyren. Figur 17a viser at det finnes målbare nivåer av PAH<sub>16</sub>-forbindelser i alle de analyserte overflateprøvene. Den høyeste konsentrasjonen er funnet i Hagefjorden, som inneholder 1,5 mg/kg PAH<sub>16</sub>-forbindelser.

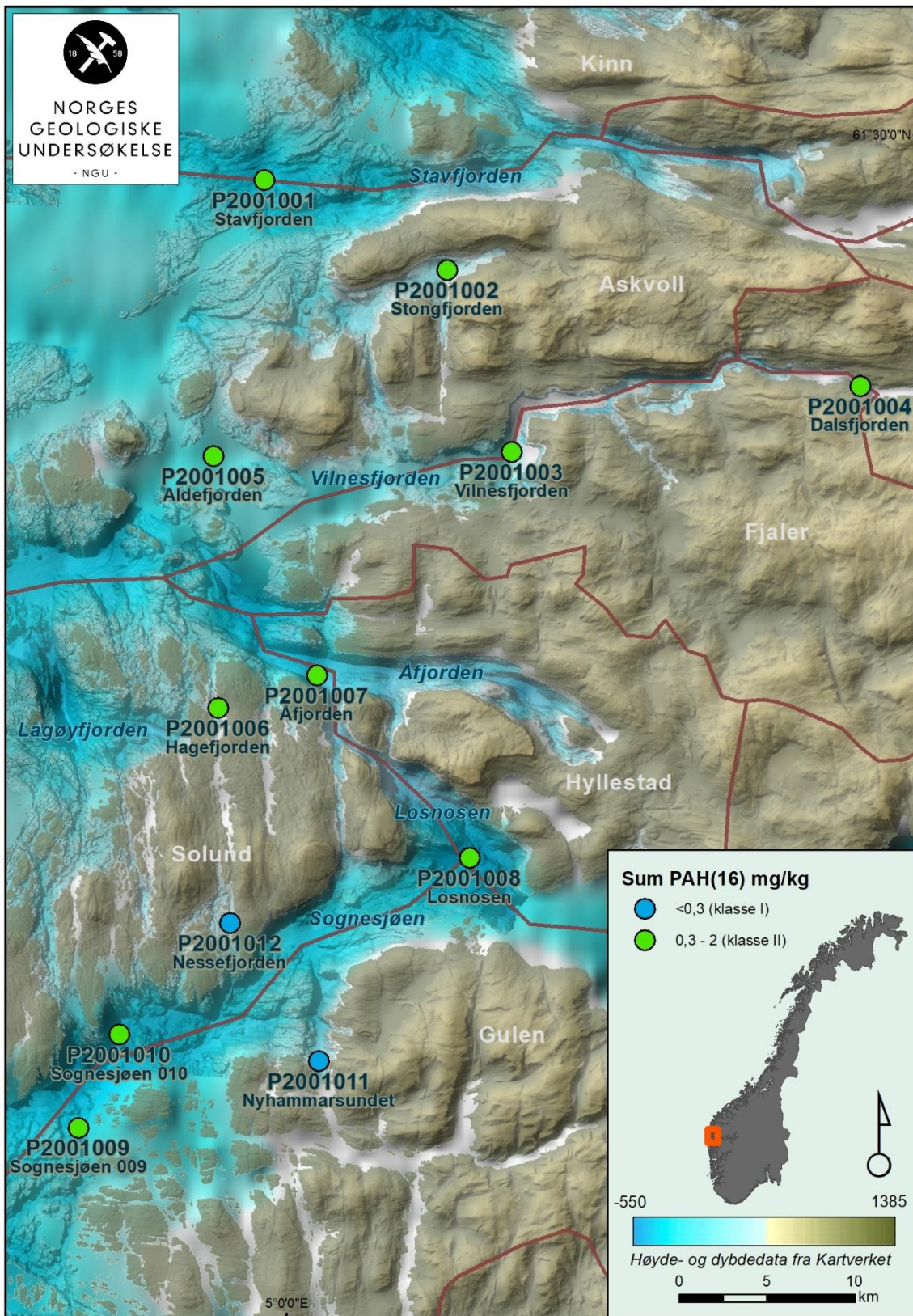
I henhold til Miljødirektoratets veileder M-608 (2016) føres det ikke lenger tilstandsklasser for Sum PAH<sub>16</sub>-konsentrasjoner, men kun for enkeltforbindelser som benzo(a)pyren. For å kunne sammenlikne resultatene fra studieområdet med andre norske fjorder bruker vi derfor etter anbefaling fra Miljødirektoratet deres veileder TA-2229/2007 (SFT 2007).

Grenseverdiene oppgitt i denne veilederen gir en klassifisering som vist i Figur 17b, der nivåer av PAH<sub>16</sub> i 2 prøver havner i tilstandsklasse I (< 0,3 mg/kg sediment, bakgrunn), mens 10 stasjoner får tilstandsklasse II (0,3-6 mg/kg sediment, god).

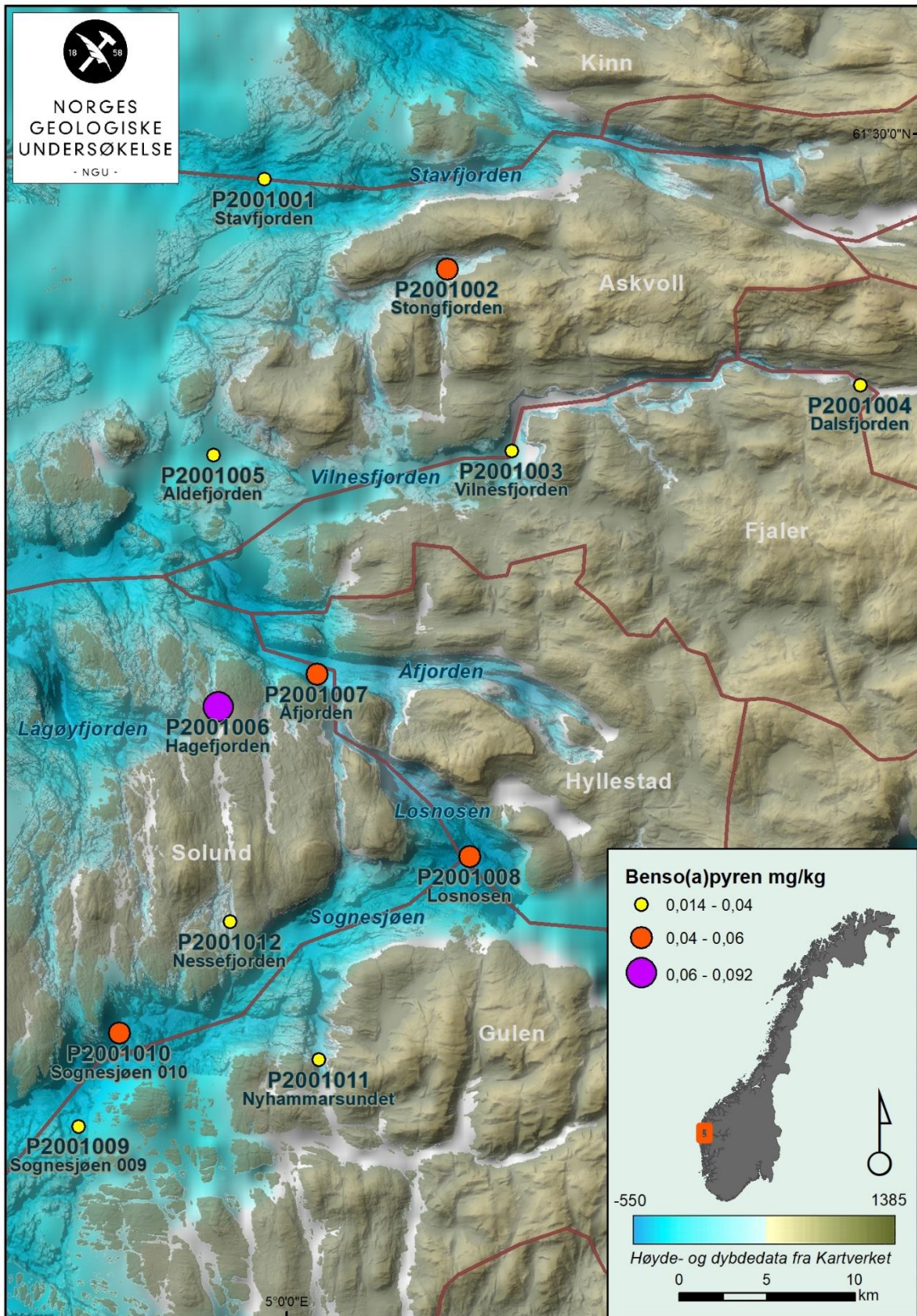
Den høyeste benzo(a)pyren-konsentrasjonen (0,092 mg/kg) er funnet i Hagefjorden (Figur 18a). Alle 12 lokalitetene plasserer seg i tilstandsklasse II (0,006-0,183 mg/kg sediment, god), som vist i Figur 18b.



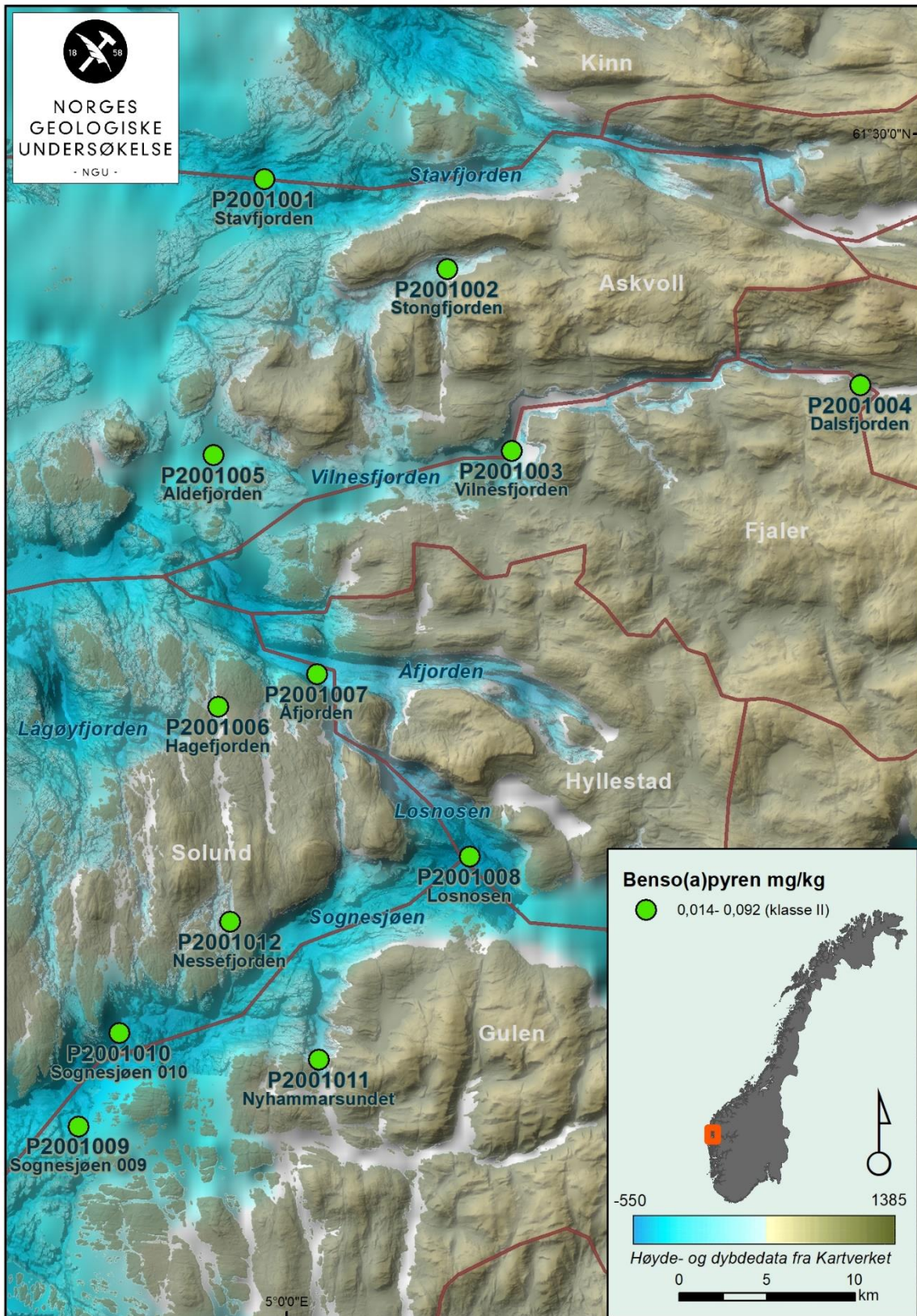
Figur 17a. PAH<sub>16</sub>-konsentrasjon i overflatesedimentene.



Figur 17b. PAH<sub>16</sub>-konsentrasjon i overflatesedimentene klassifisert i henhold til Miljødirektoratets veileder TA-2229/2007 (2007).



Figur 18a. Benzo(a)pyrenkonsentrasjon i overflatesedimentene.



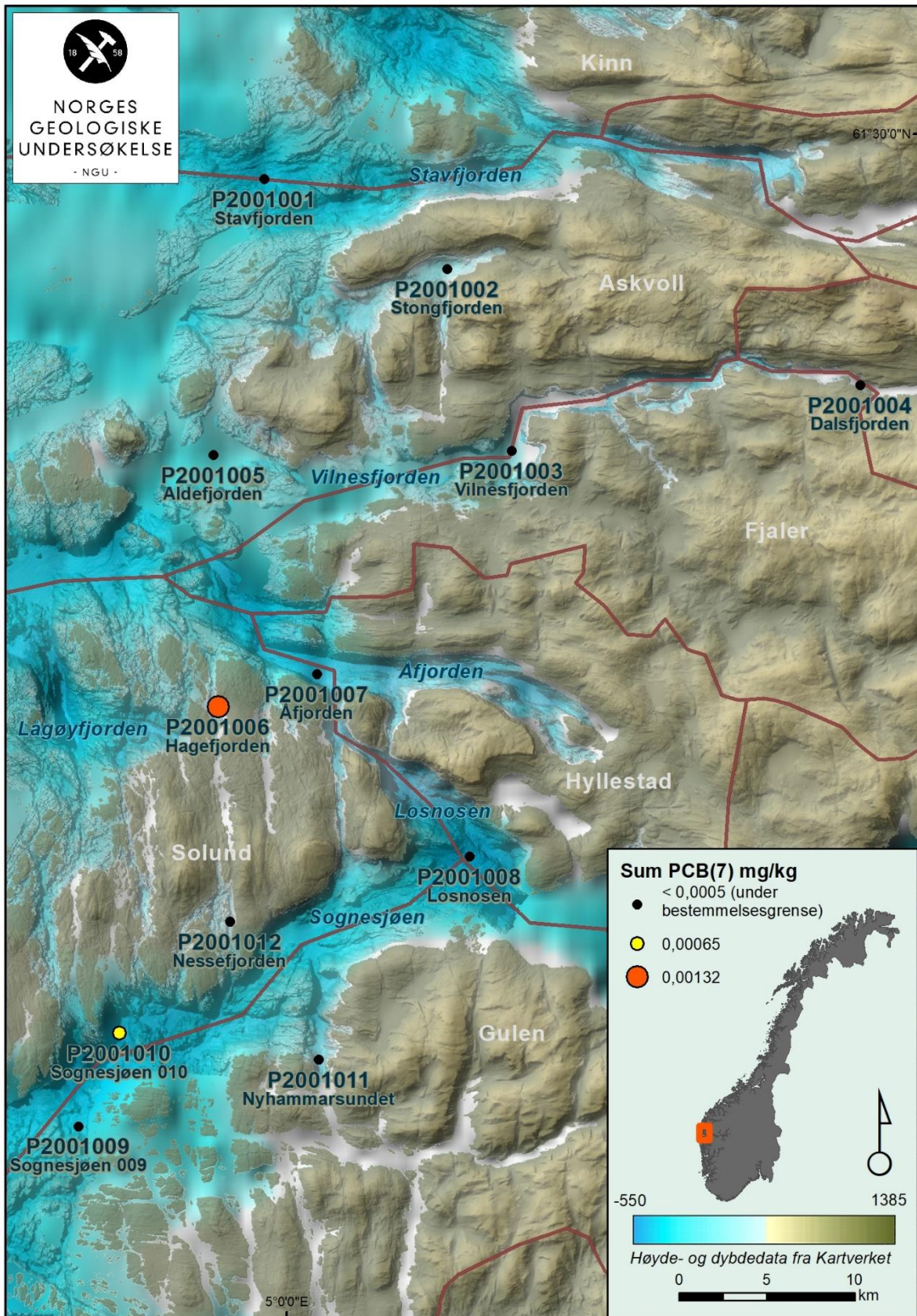
Figur 18b. Benzo(a)pyrenkonsentrasjon i overflatesedimentene klassifisert i henhold til Vannforskriften.



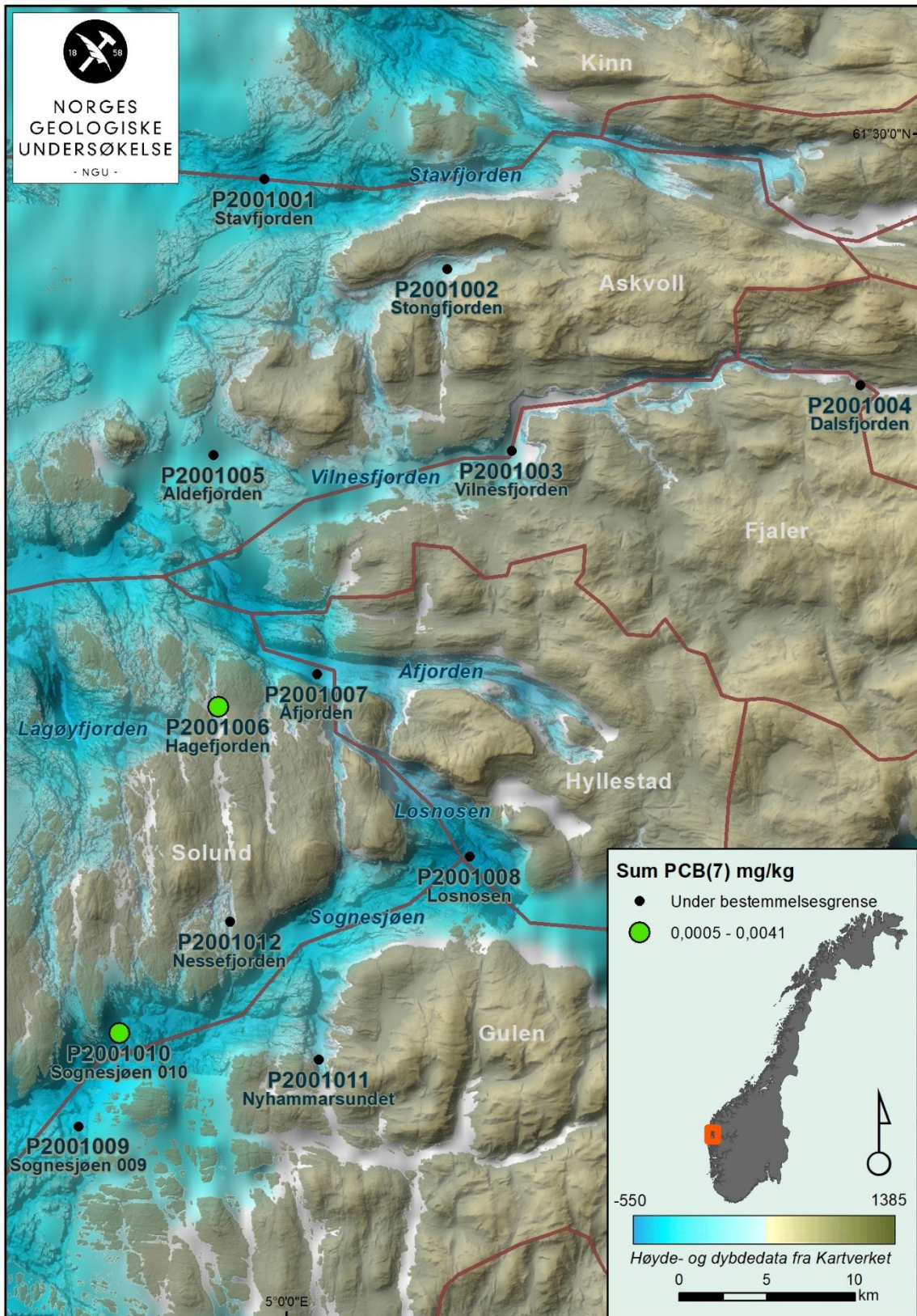
### 3.2.12 Polyklorete bifenylar (PCB<sub>7</sub>)

PCB-forbindelser har vært brukt blant annet i lysarmaturer, i hydraulikkolje og som tilsetning til utendørsmaling. Fra 1980 har all ny bruk av PCB vært forbudt i Norge, men det finnes fremdeles en del PCB som ikke er fjernet. PCB er svært vanskelig å bryte ned, og vil dermed forbli i naturen i mange år. PCB er helse- og miljøskadelig selv i meget lave konsentrasjoner.

I studieområdet er det registrert målbare konsentrasjoner ( $>0,0005$  mg/kg sediment) av PCB<sub>7</sub> på 2 av 12 stasjoner (Figur 19a). Prøven fra Hagefjorden har den høyeste verdien, 0,00132 mg/kg, mens verdien i Sognesjøen 010 er 0,00065 mg/kg. Det er ikke fastsatt noen grenseverdi for tilstandsklasse I (bakgrunn), så begge de målbare verdiene havner i tilstandsklasse II ( $<0,0041$  mg/kg sediment, god, Figur 19b).



Figur 19a. PCB<sub>7</sub>-konsentrasjon i overflatesedimentene.



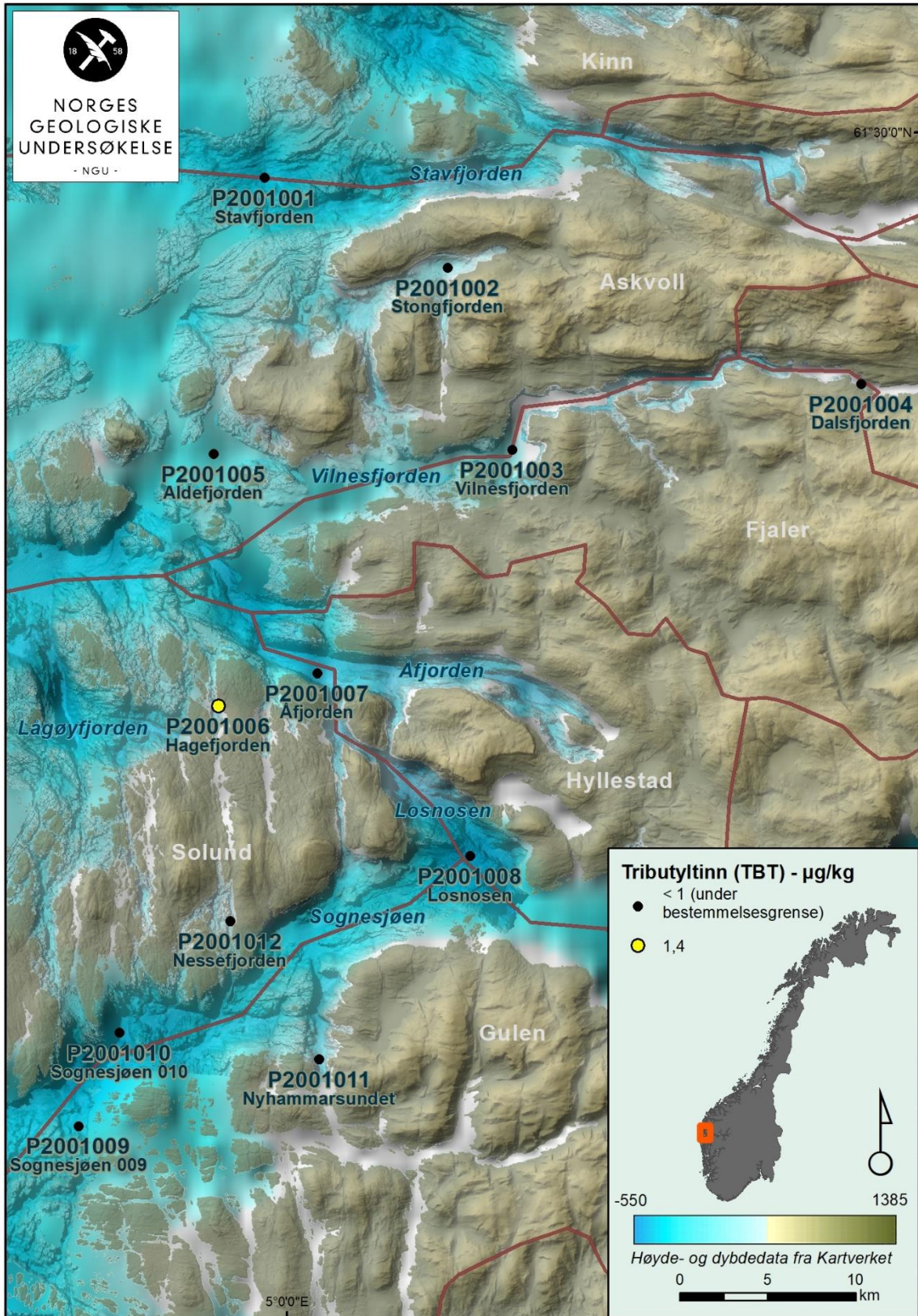
Figur 19b. PCB<sub>7</sub>-konsentrasjon i overflatesedimentene klassifisert i henhold til Vannforskriften.

### 3.2.13 Tributyltinn (TBT)

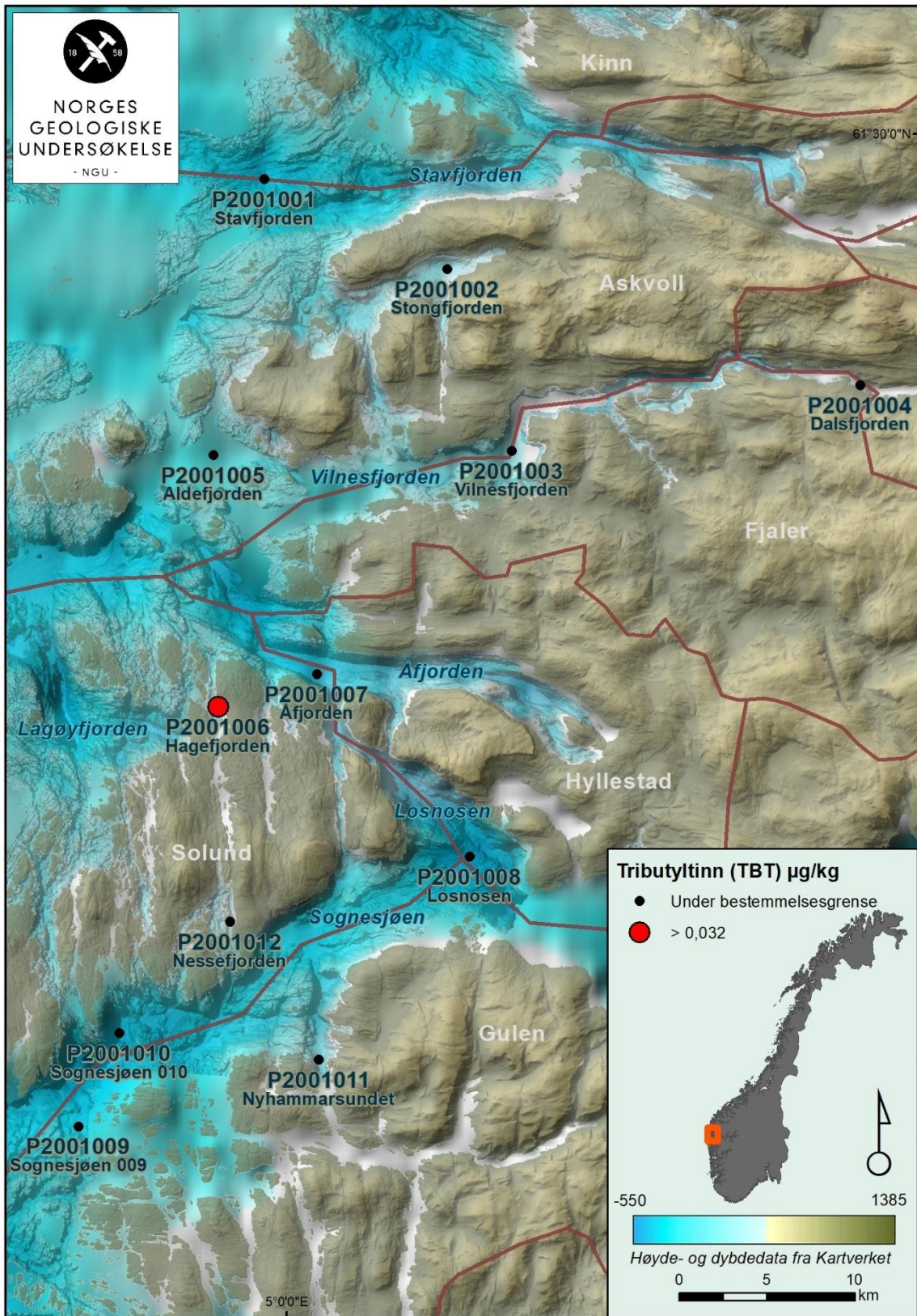
TBT er en meget giftig organisk tinnforbindelse som har vært mye brukt i bunnstoff for å hindre begroing på skipsskrog. Stoffet brytes langsomt ned i naturen og kan gjøre stor skade på marine organismer. I studieområdet er det funnet en prøve med TBT-konsentrasjon høyere enn laboratoriets bestemmelsesgrense på 1 µg/kg stasjon, Hagefjorden (1,4 µg/kg) (Figur 20a).

Figur 20b viser at stasjonen med målbar konsentrasjon av TBT havner i klasse V (>0,032 µg/kg sediment, svært dårlig). Vi har ikke grunnlag for å klassifisere noen av de øvrige prøvene.

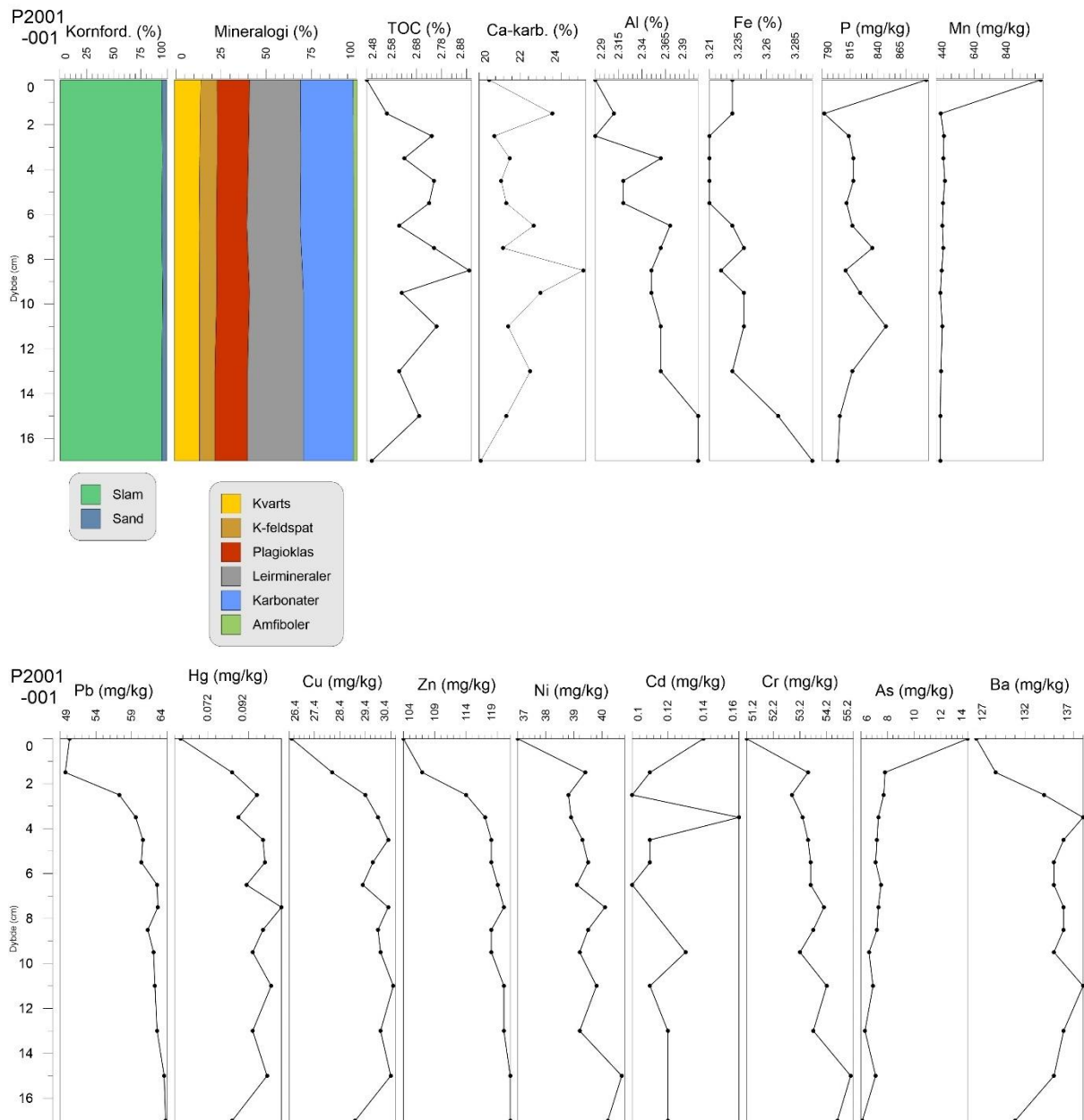
Miljødirektoratet har i henhold til EUs Vanndirektiv satt alle grenseverdiene for klassifisering av TBT til nivåer som er langt under deteksjonsgrensen til de akkrediterte laboratoriene. Det er kjent at de gjeldende grenseverdiene for TBT er svært lave og gir dårlig grunnlag for forvaltning. Tidligere har det blitt operert med et sett "forvaltningsmessige" grenseverdier for TBT i marine sedimenter som spesifisert i Miljødirektoratet veiledaren M-608 (2016, revidert i 2020). Ved bruk av disse grenseverdiene vil prøven fra Hagefjorden plassere seg i klasse II (god) (se Tabell 3).



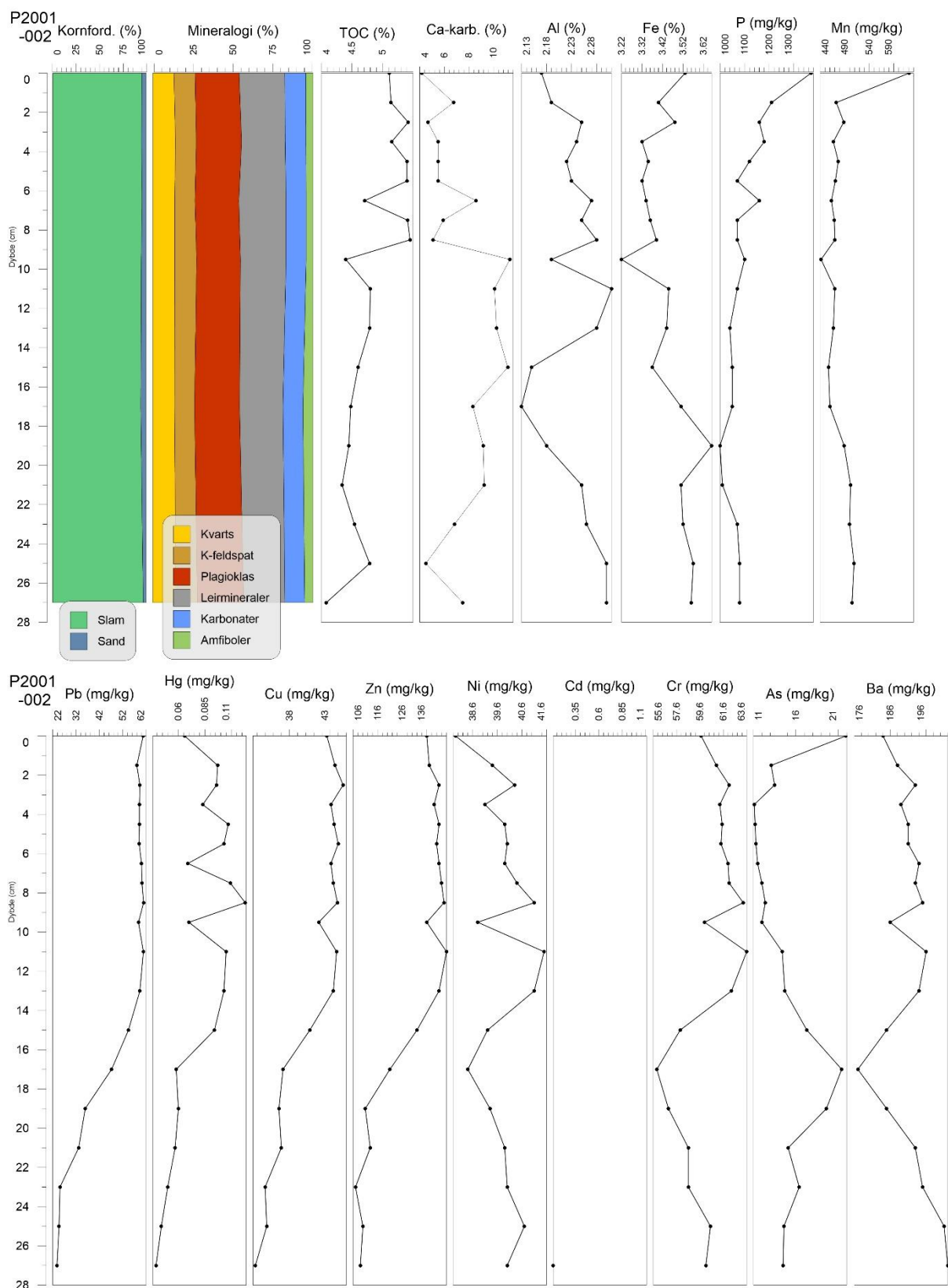
Figur 20a. Tributyltinnkonsentrasjon i overflatesedimentene.



Figur 20b. Tributyltinnkonsentrasjon i overflatesedimentene klassifisert i henhold til EUs Vanddirektiv.

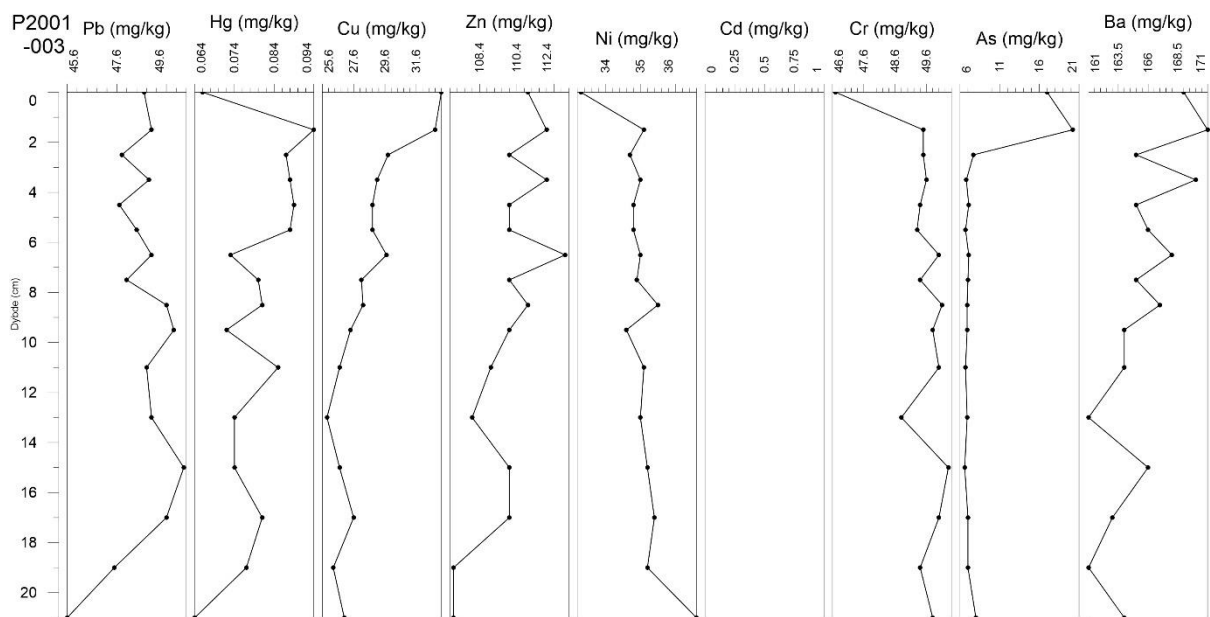
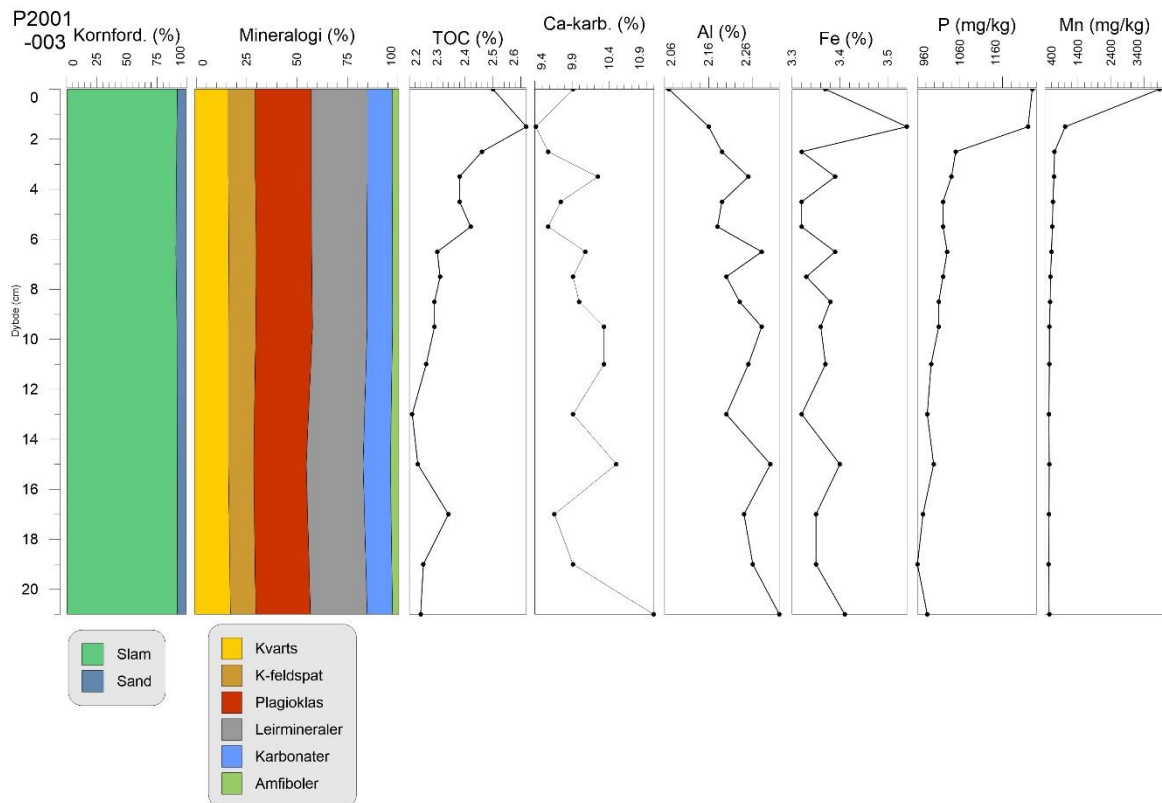


Figur 21. Stratigrafiske profiler av slam-sand-forhold (Kornford.), mineralsammensetning (Mineralogi), totalt organisk karbon (TOC), kalsiumkarbonat (Ca-karb.), aluminium (Al), jern (Fe), fosfor (P), mangan (Mn), bly (Pb), kvikksølv (Hg), kobber (Cu), sink (Zn), nikkel (Ni), kadmium (Cd), krom (Cr), arsen (As) og barium (Ba) for kjerne P2001001 fra Stavfjorden.

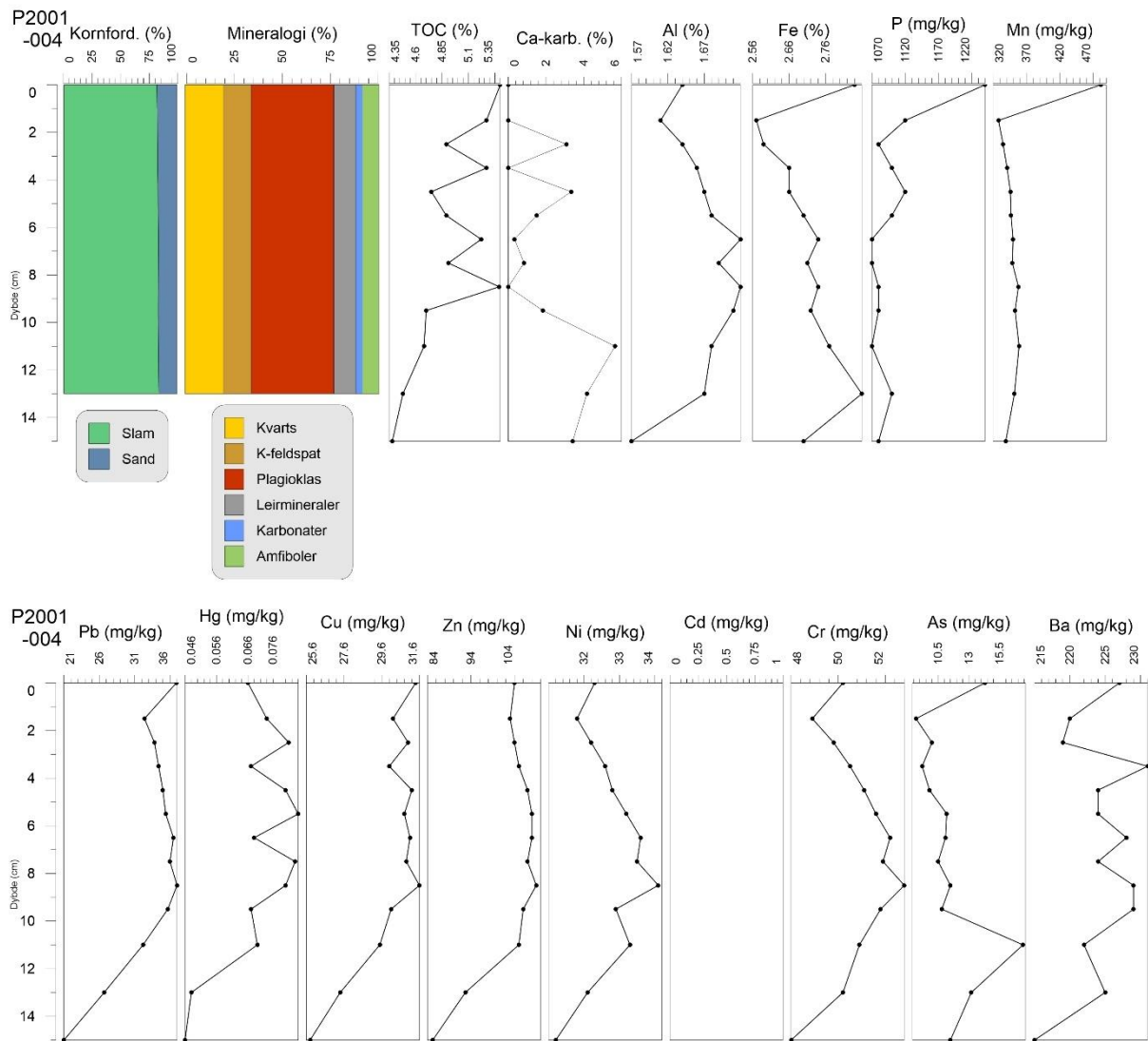


Figur 22. Stratigrafiske profiler av slam-sand-forhold (Kornford.), mineralsammensetning (Mineralogi), totalt organisk karbon (TOC), kalsiumkarbonat (Ca-karb.), aluminium (Al), jern (Fe), fosfor (P), mangan (Mn), bly (Pb), kvikksølv (Hg), kobber (Cu), sink (Zn), nikkel (Ni), kadmium (Cd; profil mangler fordi verdier er under bestemmelsesgrense), krom (Cr), arsen (As) og barium (Ba) for kjerne P2001002 fra Stongfjorden.

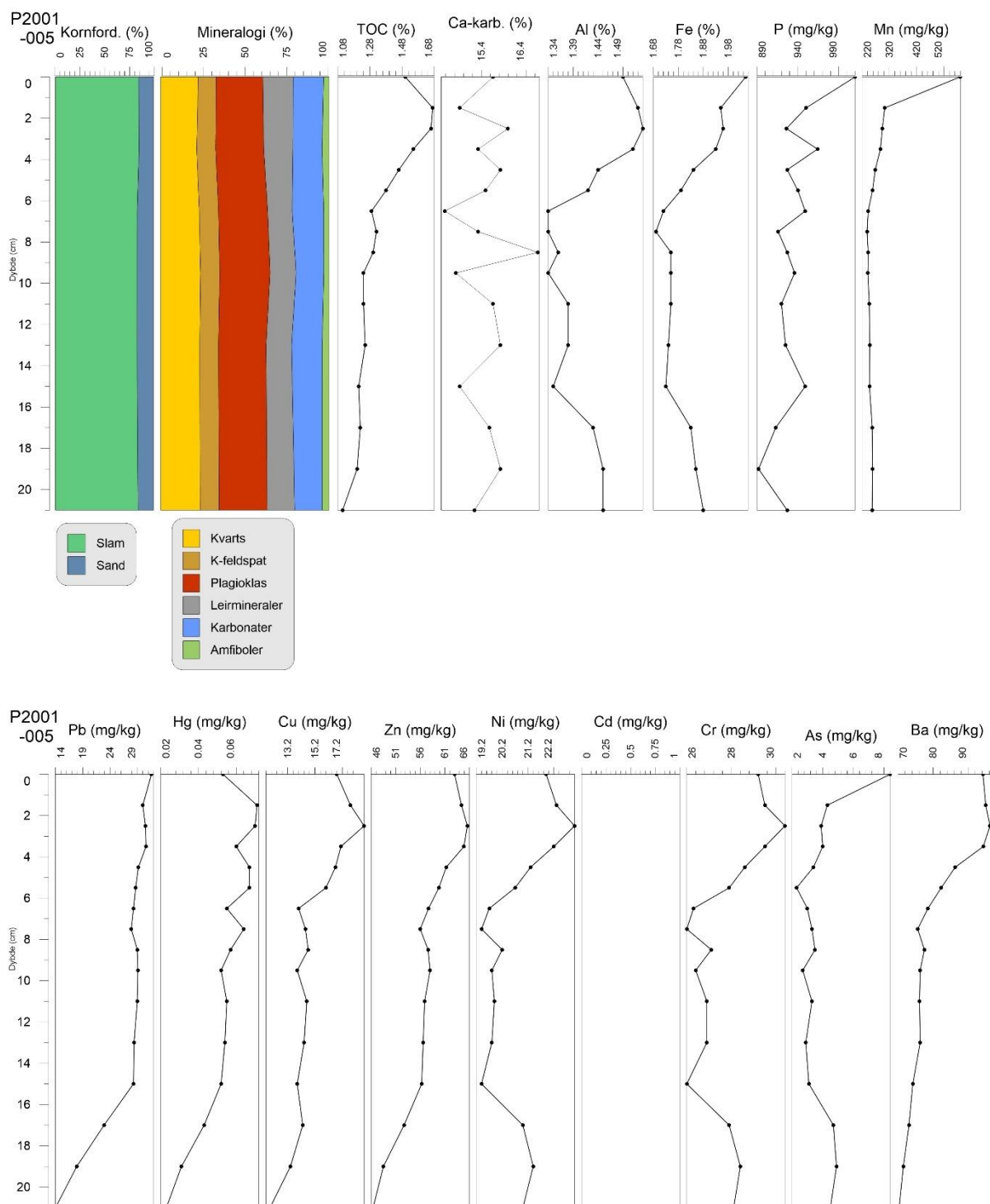




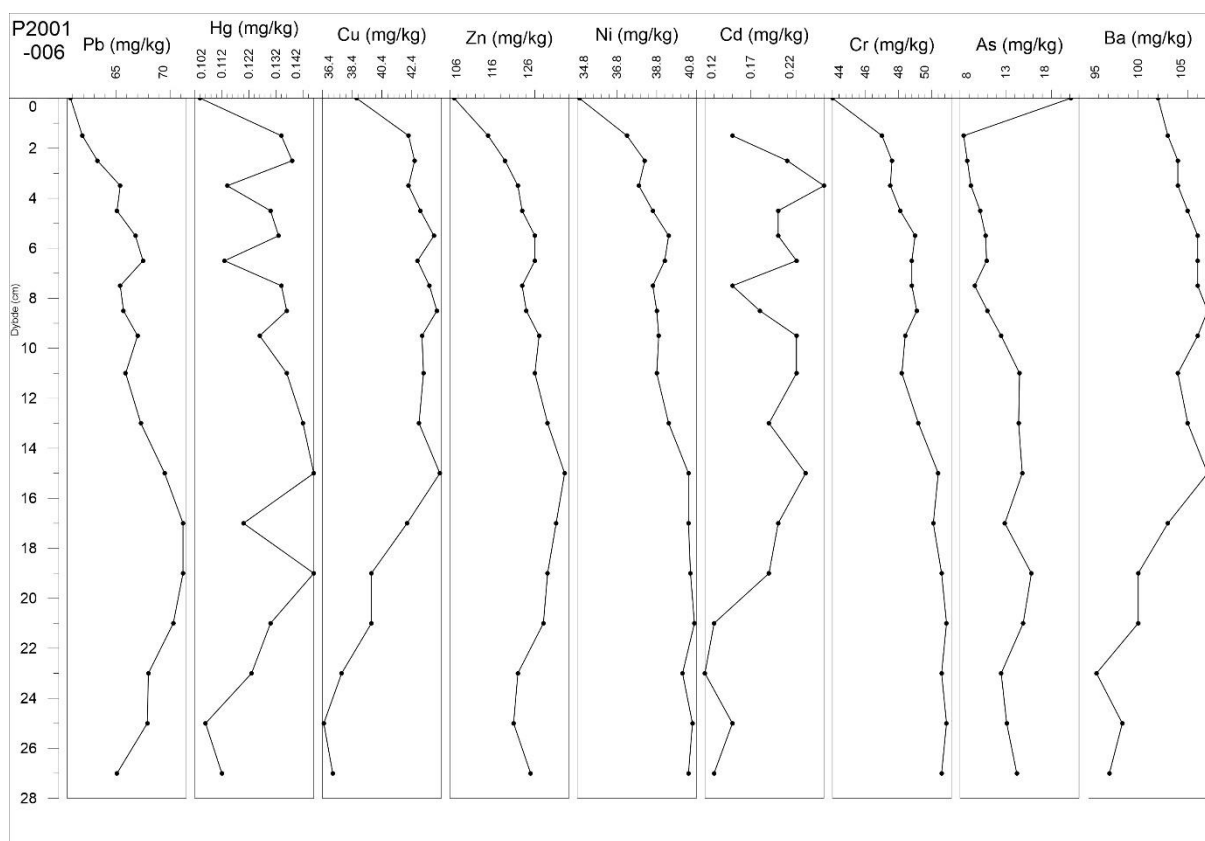
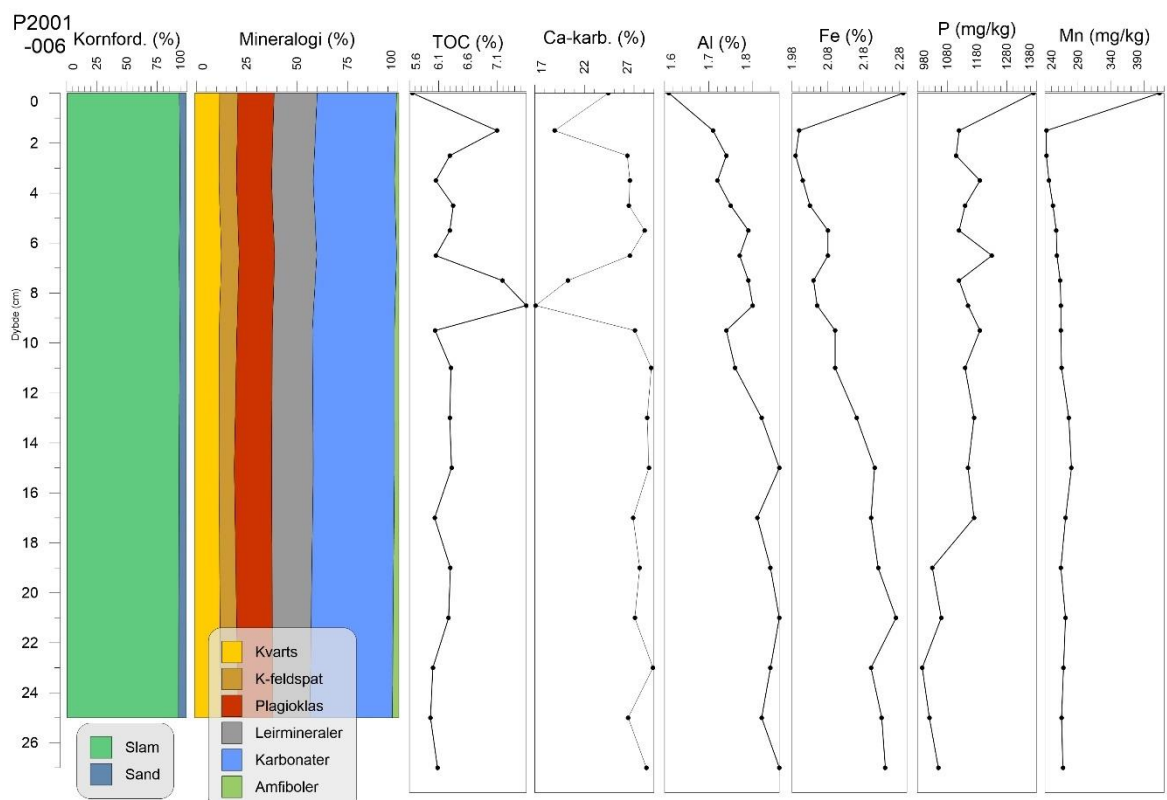
Figur 23. Stratigrafiske profiler av slam-sand-forhold (Kornford.), mineralsammensetning (Mineralogi), totalt organisk karbon (TOC), kalsiumkarbonat (Ca-karb.), aluminium (Al), jern (Fe), fosfor (P), mangan (Mn), bly (Pb), kvikksølv (Hg), kobber (Cu), sink (Zn), nikkel (Ni), kadmium (Cd; profil mangler fordi verdier er under bestemmelsesgrense), krom (Cr), arsen (As) og barium (Ba) for kjerne P2001003 fra Vilnesfjorden.



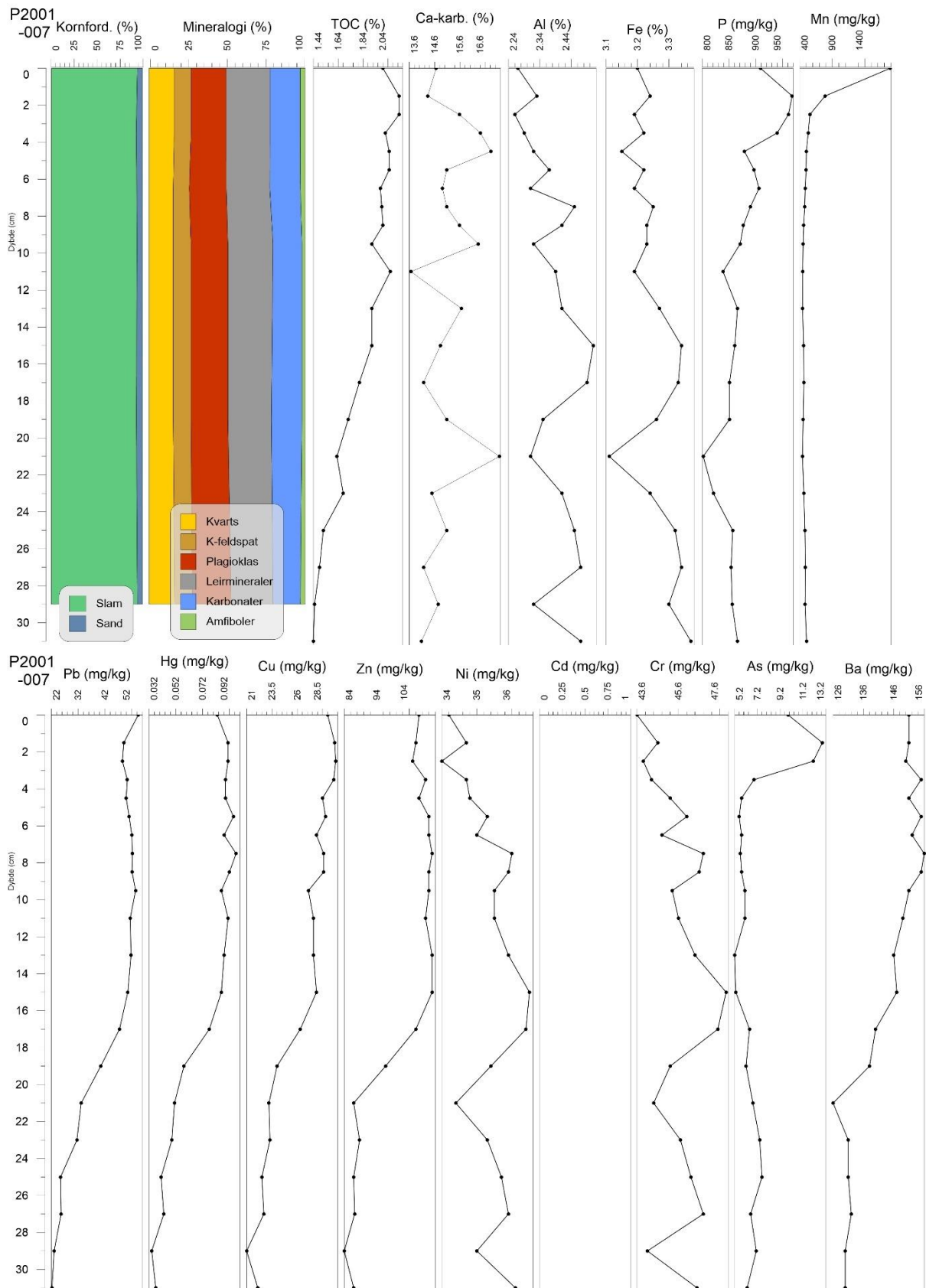
Figur 24. Stratigrafiske profiler av slam-sand-forhold (Kornford.), mineralsammensetning (Mineralogi), totalt organisk karbon (TOC), kalsiumkarbonat (Ca-karb.), aluminium (Al), jern (Fe), fosfor (P), mangan (Mn), bly (Pb), kvikksølv (Hg), kobber (Cu), sink (Zn), nikkel (Ni), kadmium (Cd; profil mangler fordi verdier er under bestemmelsesgrense), krom (Cr), arsen (As) og barium (Ba) for kjerne P2001004 fra Dalsfjorden.



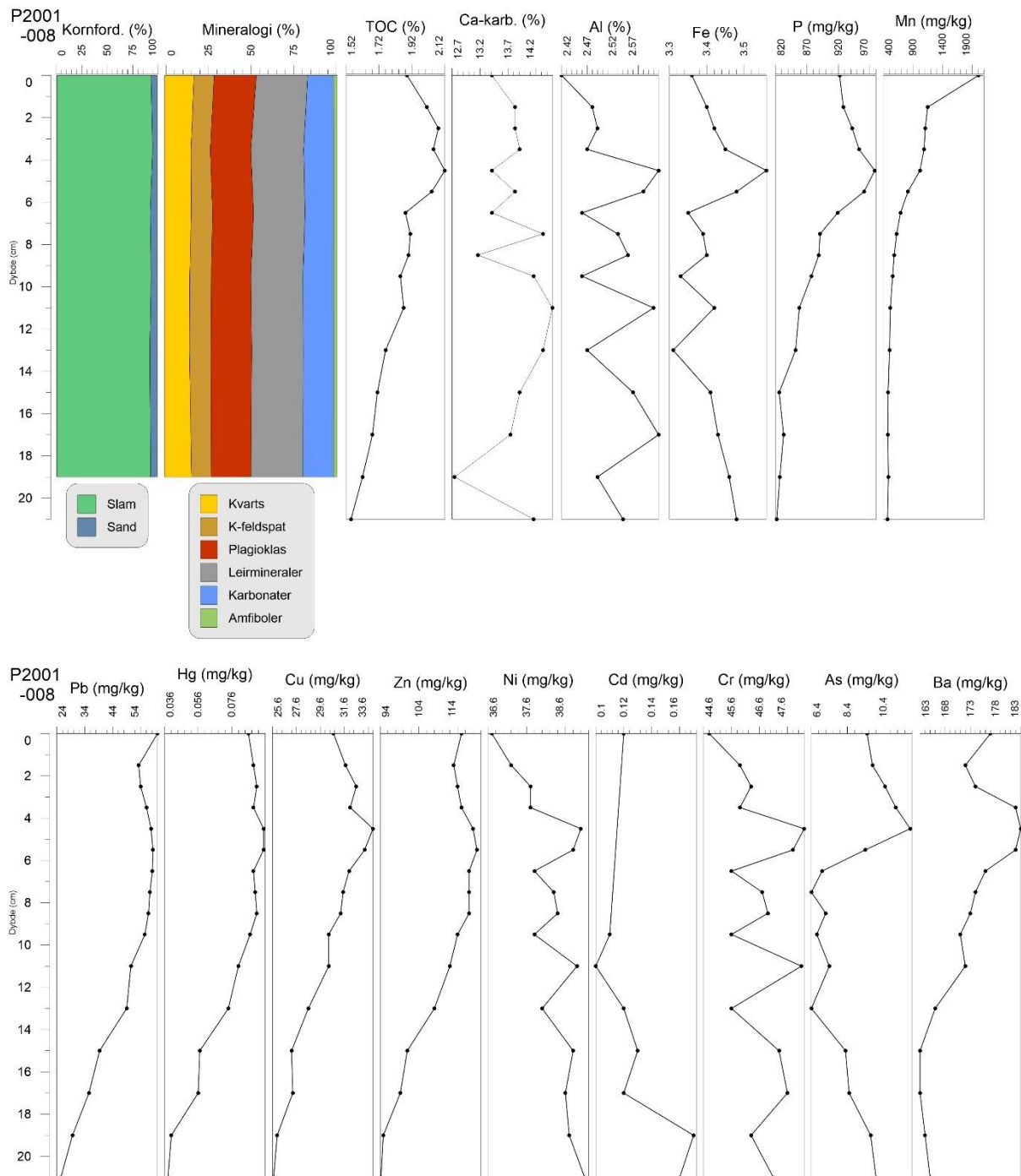
Figur 25. Stratigrafiske profiler av slam-sand-forhold (Kornford.), mineralsammensetning (Mineralogi), totalt organisk karbon (TOC), kalsiumkarbonat (Ca-karb.), aluminium (Al), jern (Fe), fosfor (P), mangan (Mn), bly (Pb), kvikksølv (Hg), kobber (Cu), sink (Zn), nikkel (Ni), kadmium (Cd; profil mangler fordi verdier er under bestemmelsesgrense), krom (Cr), arsen (As) og barium (Ba) for kjerne P2001005 fra Aldefjorden.



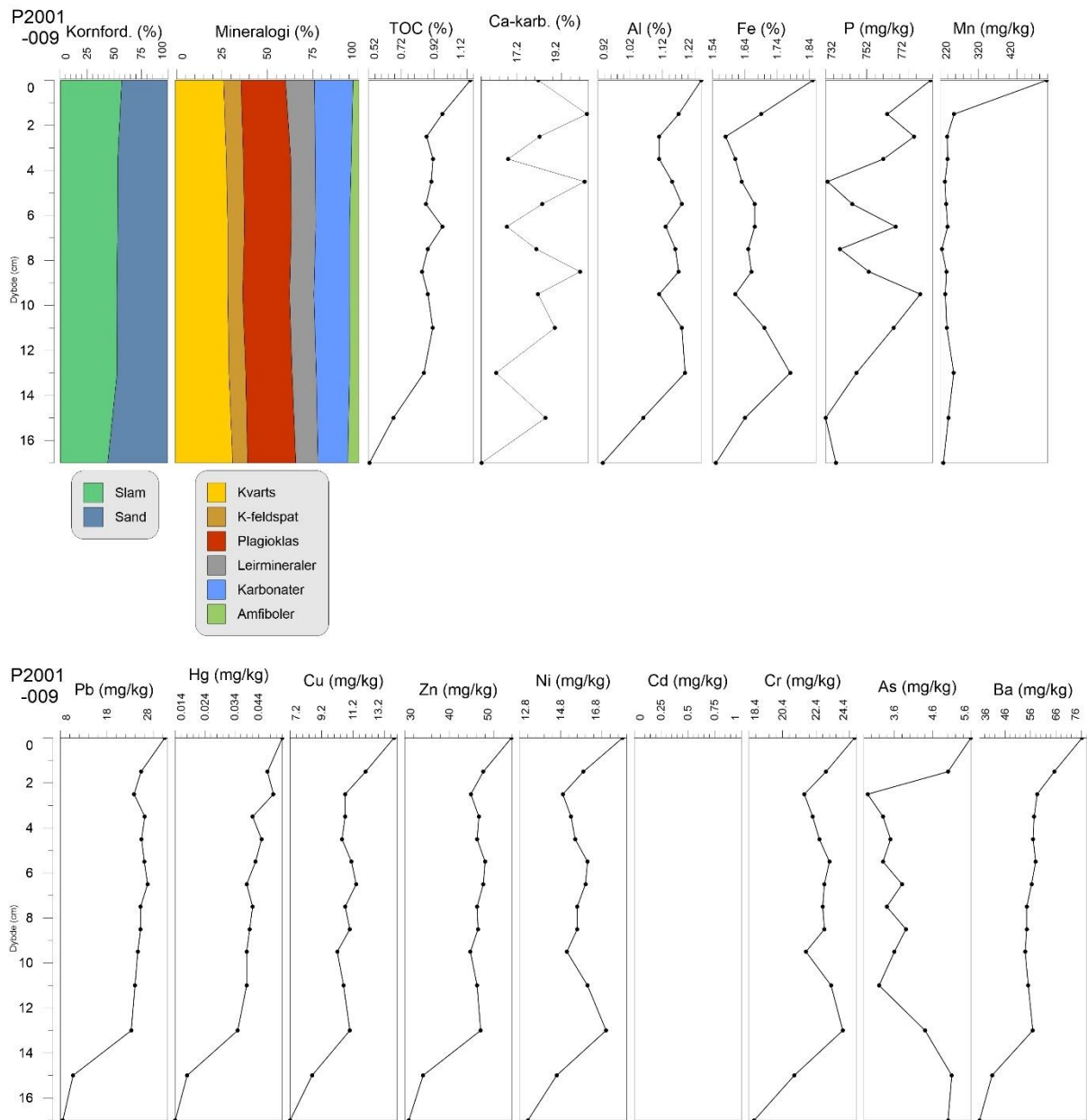
Figur 26. Stratigrafiske profiler av slam-sand-forhold (Kornford.), mineralsammensetning (Mineralogi), totalt organisk karbon (TOC), kalsiumkarbonat (Ca-karb.), aluminium (Al), jern (Fe), fosfor (P), mangan (Mn), bly (Pb), kvikksølv (Hg), kobber (Cu), sink (Zn), nikkel (Ni), kadmium (Cd), krom (Cr), arsen (As) og barium (Ba) for kjerne P2001006 fra Hagefjorden.



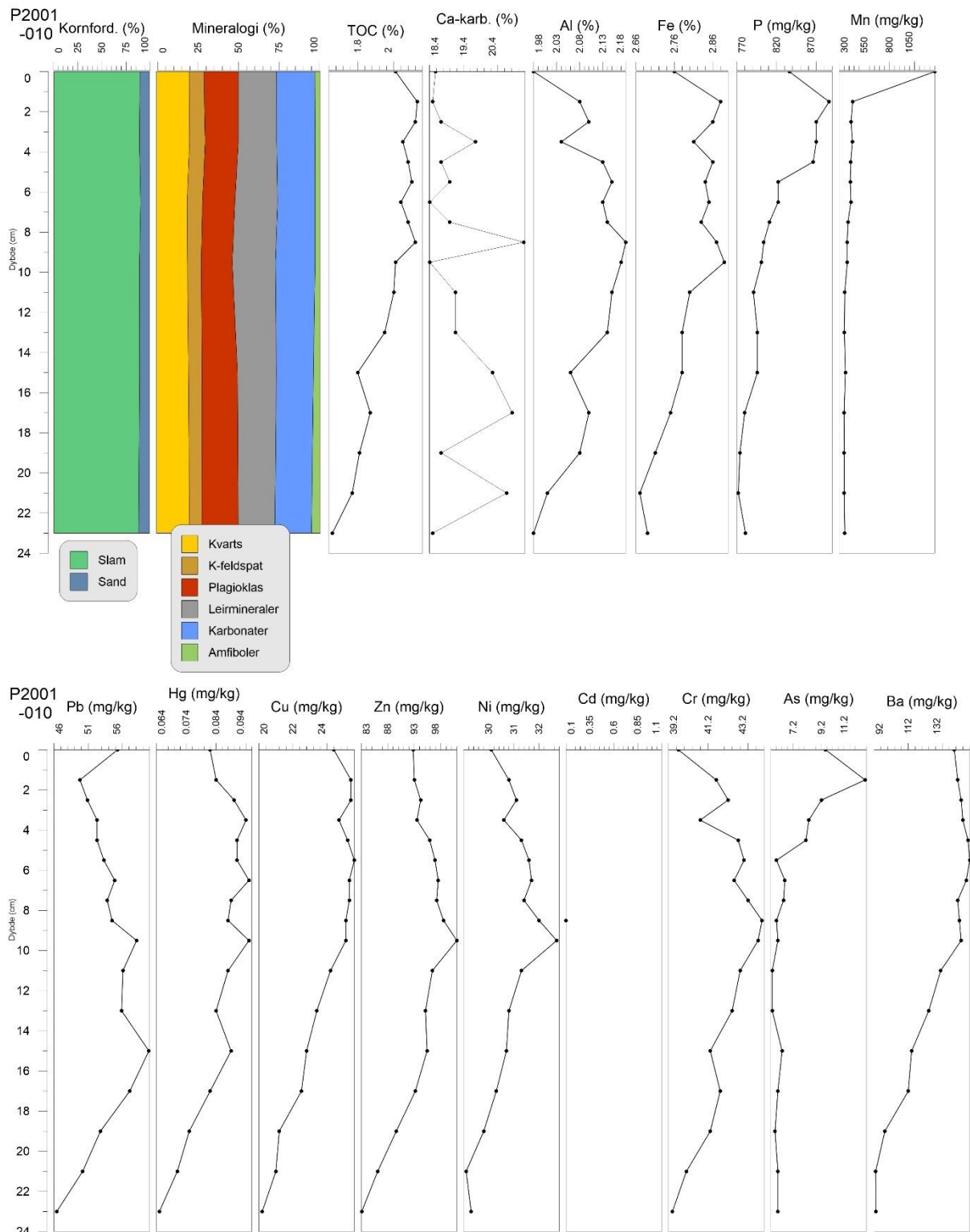
Figur 27. Stratigrafiske profiler av slam-sand-forhold (Kornford.), mineralsammensetning (Mineralogi), totalt organisk karbon (TOC), kalsiumkarbonat (Ca-karb.), aluminium (Al), jern (Fe), fosfor (P), mangan (Mn), bly (Pb), kvikksølv (Hg), kobber (Cu), sink (Zn), nikkel (Ni), kadmium (Cd; profil mangler fordi verdier er under bestemmelsesgrense), krom (Cr), arsen (As) og barium (Ba) for kjerne P2001007 fra Åfjorden.



Figur 28. Stratigrafiske profiler av slam-sand-forhold (Kornford.), mineralsammensetning (Mineralogi), totalt organisk karbon (TOC), kalsiumkarbonat (Ca-karb.), aluminium (Al), jern (Fe), fosfor (P), mangan (Mn), bly (Pb), kvikksølv (Hg), kobber (Cu), sink (Zn), nikkel (Ni), kadmium (Cd), krom (Cr), arsen (As) og barium (Ba) for kjerne P2001008 fra Losnosen.

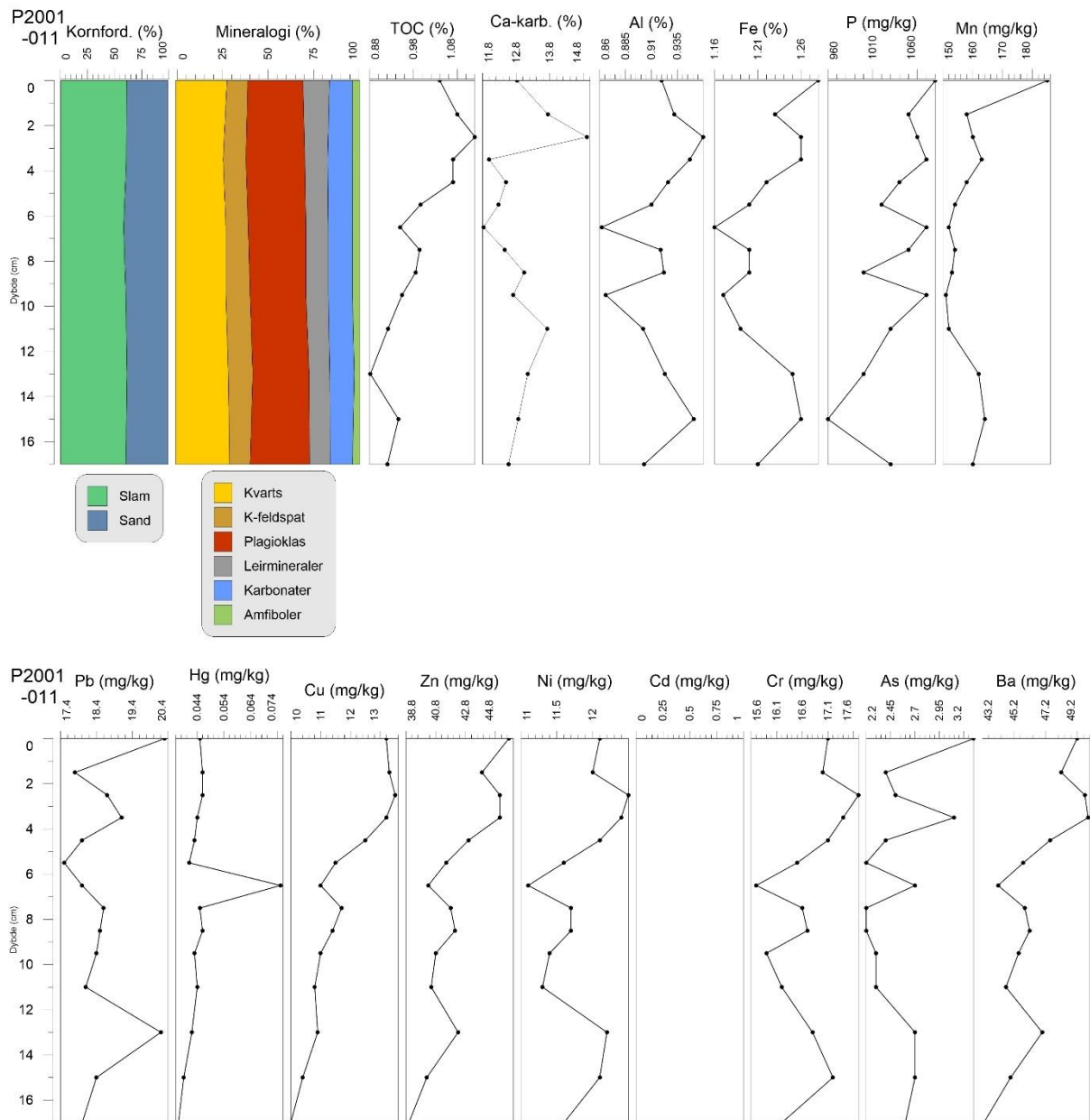


Figur 29. Stratigrafiske profiler av slam-sand-forhold (Kornford.), mineralsammensetning (Mineralogi), totalt organisk karbon (TOC), kalsiumkarbonat (Ca-karb.), aluminium (Al), jern (Fe), fosfor (P), mangan (Mn), bly (Pb), kvikksølv (Hg), kobber (Cu), sink (Zn), nikkel (Ni), kadmium (Cd; profil mangler fordi verdier er under bestemmelsesgrense), krom (Cr), arsen (As) og barium (Ba) for kjerne P2001009 fra Sognesjøen.

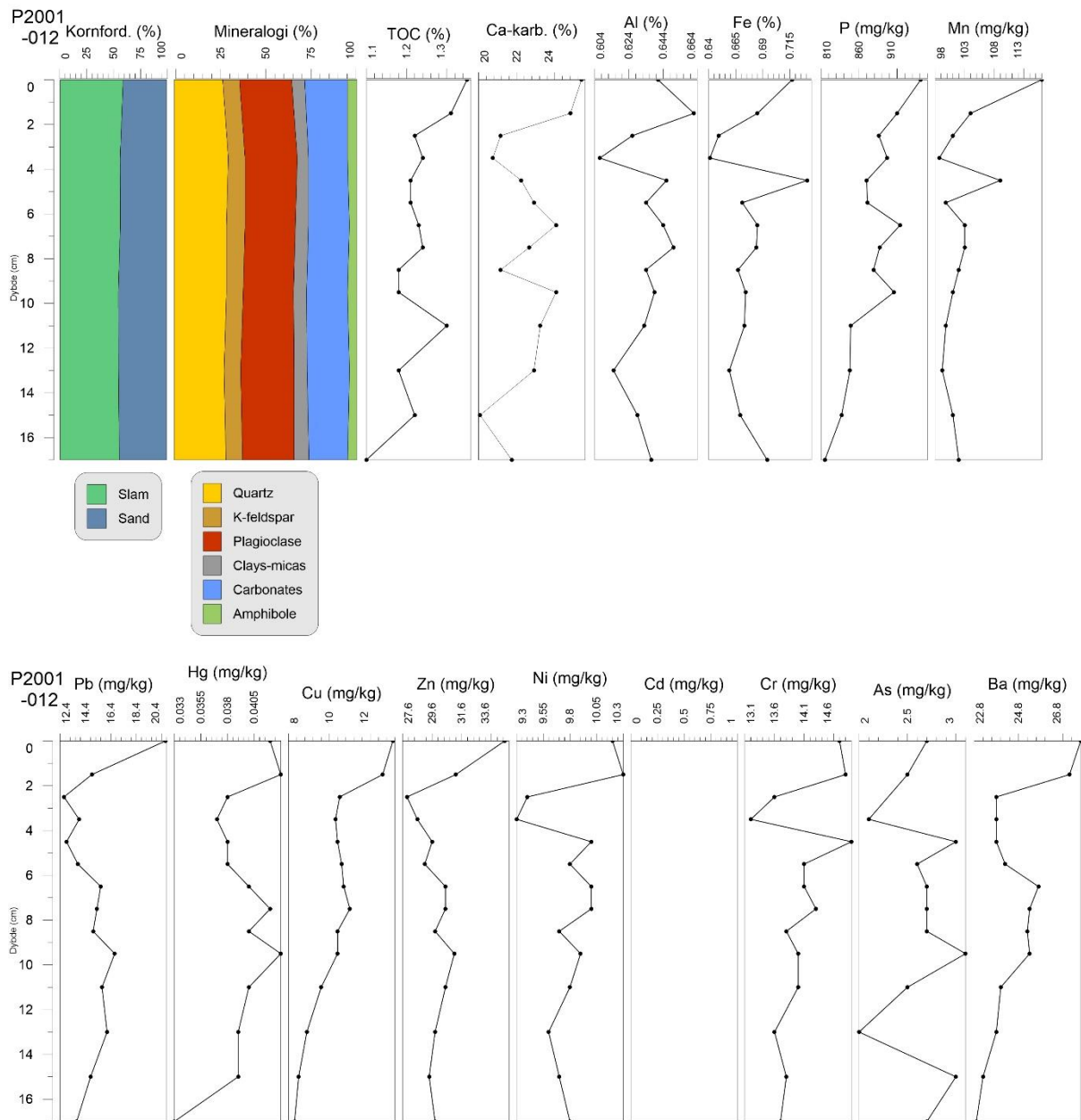


Figur 30. Stratigrafiske profiler av slam-sand-forhold (Kornford.), mineralsammensetning (Mineralogi), totalt organisk karbon (TOC), kalsiumkarbonat (Ca-karb.), aluminium (Al), jern (Fe), fosfor (P), mangan (Mn), bly (Pb), kvikksølv (Hg), kobber (Cu), sink (Zn), nikkel (Ni), kadmium (Cd; profil mangler fordi verdier er under bestemmelsesgrense), krom (Cr), arsen (As) og barium (Ba) for kjerne P2001010 fra Sognesjøen.





Figur 31. Stratigrafiske profiler av slam-sand-forhold (Kornford.), mineralsammensetning (Mineralogi), totalt organisk karbon (TOC), kalsiumkarbonat (Ca-karb.), aluminium (Al), jern (Fe), fosfor (P), mangan (Mn), bly (Pb), kvikksølv (Hg), kobber (Cu), sink (Zn), nikkel (Ni), kadmium (Cd; profil mangler fordi verdier er under bestemmelsesgrense), krom (Cr), arsen (As) og barium (Ba) for kjerne P2001011 fra Nyhammarsundet.



Figur 32. Stratigrafiske profiler av slam-sand-forhold (Kornford.), mineralsammensetning (Mineralogi), totalt organisk karbon (TOC), kalsiumkarbonat (Ca-karb.), aluminium (Al), jern (Fe), fosfor (P), mangan (Mn), bly (Pb), kvikksølv (Hg), kobber (Cu), sink (Zn), nikkel (Ni), kadmium (Cd; profil mangler fordi verdier er under bestemmelsesgrense), krom (Cr), arsen (As) og barium (Ba) for kjerne P2001012 fra Nassefjorden.

**Tabell 2. Minimums- og maksimumsverdier av tungmetaller og barium (dybdeintervallet 0-1 cm) og organiske miljøgifter (dybdeintervaller 0-4 cm) i overflateprøver av marine sedimenter i kartleggingsområdet.**

<b>Kjemisk stoff</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maksimum</b>
Arsen (As) [mg/kg]	2,7	21,9
Bly (Pb) [mg/kg]	20,3	60,8
Kadmium (Cd) [mg/kg]	<0,1	0,14
Kobber (Cu) [mg/kg]	13,1	42,6
Krom (Cr) [mg/kg]	14,7	59,7
Kvikksølv (Hg) [mg/kg]	0,042	0,104
Nikkel (Ni) [mg/kg]	10,2	37,9
Sink (Zn) [mg/kg]	34,5	136
Barium (Ba) [mg/kg]	27,6	227
THC [mg/kg]	29	160
PAH <sub>16</sub> [mg/kg]	0,2	1,5
B(a)p [mg/kg]	0,014	0,092
PCB <sub>7</sub> [mg/kg]	< 0,0005	0,00132
Tributyltinn (TBT) [µg/kg]	< 1	1,4

**Tabell 3. Grenseverdier for klassifisering av tungmetaller og organiske miljøgifter i sedimenter, basert på Miljødirektoratets veileder M-608 (2016, revidert i 2020) som følger EUs Vanddirektiv og den norske vannforskriften. Uthevet skrift viser antall prøver i hver klasse i overflatesedimentene (0-1 cm for metaller og 0-4 cm for organiske miljøgifter) i studieområdet. For å sammenlikne konsentrasjonene av tributyltinn (TBT) og PAH<sub>16</sub> i ulike fjorder fra tidligere studier, viser vi også etter anbefaling fra Miljødirektoratet en forvaltningsmessig klassifisering basert på M-608 (2016, revidert i 2020).**

Parameter	Under deteksjons-grense	Forurensingsnivå				
		I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Arsen (mg/kg TS)		< 15	15-18	18-71	71-580	> 580
As		<b>9</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Bly (mg/kg TS)		< 25	25-150	150-1480	1480-2000	2000-2500
Pb		<b>2</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Kadmium (mg/kg )		< 0,2	0,2-2,5	2,5-16	16-157	> 157
Cd		<b>12</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Kobber (mg/kg TS)		< 20	20-84		84-147	> 147
Cu		<b>4</b>	<b>8</b>		<b>0</b>	<b>0</b>
Krom (mg/kg TS)		< 60	60-620	620-6000	6000-15500	15500-25000
Cr		<b>12</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Kvikksølv (mg/kg )		< 0,05	0,05-0,52	0,52-0,75	0,75-1,45	> 1,45
Hg		<b>2</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Nikkel (mg/kg TS)		< 30	30-42	42-271	271-533	> 533
Ni		<b>4</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Sink (mg/kg TS)		< 90	90-139	139-750	750-6690	> 6690
Zn		<b>4</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
PAH <sub>16</sub> (mg/kg TS), forvaltningsmessig		< 0,3	0,3-2	2-6	6-20	> 20
		<b>2</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
B(a)p (mg/kg TS)		< 0,006	0,006-0,183	0,183-0,230	0,230-13,1	> 13,1
		<b>0</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
PCB <sub>7</sub> (mg/kg TS)	< 0,0005		< 0,0041	0,0041-0,043	0,043-0,43	> 0,43
	<b>10</b>		<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
TBT (µg/kg TS), forvaltningsmessig	< 1		1-5	5-20	20-100	> 100
	<b>11</b>		<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
TBT (µg/kg TS), EUs Vanddirektiv	< 1		< 0,002	0,002-0,016	0,016-0,032	> 0,032
	<b>11</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>

**Tabell 4. Stratigrafiske trender for tungmetaller og arsen og barium i undersøkte sedimentkjerner: "+" tydelig økning i overflatesedimenter, "+/-" mulig mindre økning i overflatesedimenter, "-" ingen økning i overflatesedimenter, "\*" under bestemmelsesgrense.**

Kjerne	Lokalitet	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	Ba
P2001001	Stavfjorden	+	-	+/-	-	-	-	-	-	-
P2001002	Stongfjorden	+	+	*	+	+/-	+/-	-	+	-
P2001003	Vilnesfjorden	+	+	*	+	-	+/-	+/-	+	-
P2001004	Dalsfjorden	+/-	+	*	+	-	+	+/-	+	-
P2001005	Aldefjorden	+	+	*	+	+	+/-	+/-	+	+
P2001006	Hagefjorden	+	-	+/-	+/-	-	+/-	-	-	+/-
P2001007	Åfjorden	+	+	*	+	-	+	-	+	+
P2001008	Losnosen	+/-	+	-	+	-	+	-	+	+/-
P2001009	Sognesjøen	+/-	+	*	+	+	+	+	+	+
P2001010	Sognesjøen	+	+/-	*	+	+/-	+/-	+/-	+/-	+
P2001011	Nyhammarsundet	-	-	*	+/-	-	-	+/-	+/-	+/-
P2001012	Nessefjorden	-	+	*	+	+/-	+/-	+/-	+	+

#### 4. OPPSUMMERING

NGU har utført geokjemiske og sedimentologiske undersøkelser av 12 sedimentkjerner fra ulike sedimentbasseng i kommunene Askvoll, Fjaler, Hyllestad, Solund og Gulen. Målet med undersøkelsen har vært å skaffe en oversikt over de naturlige sedimentasjonsprosessene i det marine miljøet, og kartlegge eventuell påvirkning fra menneskelig aktivitet i området.

Resultatene viser at slamfraksjonen (kornstørrelse <0,063 mm) dominerer på alle lokalitetene. Sandinnholdet (kornstørrelse 0,063-2 mm) varierer mellom 5 og 40%, og er høyest i prøvene fra Sognesjøen 009, Nyhammarsundet og Nessefjorden. Organisk karboninnhold er generelt høyt (>1 %) på alle lokaliteter, med de høyeste verdiene (mellom 5,11 og 5,65% %) i Hagefjorden, Dalsfjorden og Stongfjorden. De høyeste konsentrasjonene av arsen, kobber, sink, nikkel og krom, samt av totale hydrokarboner (THC) er registrert i Stongfjorden. De høyeste verdiene av bly, kvikksølv og de organiske miljøgiftene PAH<sub>16</sub>, PCB<sub>7</sub>, B(a)p og TBT er registrert i Hagefjorden. Høyeste kadmium-konsentrasjon ble målt i prøven fra Stavfjorden. En mulig årsak til forholdsvis høye verdier i Hagefjorden og Stongfjorden kan være at metaller og organiske forbindelser lett binder seg til de finkornete sedimentene med mye organisk materiale på disse to stedene. Karbonatkonsentrasjonen i sedimentene er noe høyere i ytre del av området, i Stavfjorden, Hagefjorden og Nessefjorden.

Innholdet av uorganiske miljøgifter i overflatesedimentene på havbunnen er generelt lavt. I de fleste tilfellene ligger konsentrasjonen i klasse I (bakgrunn) og klasse II (god) i henhold til Miljødirektoratets klasseinndeling av miljøtilstand. I enkelte prøver er det registrert høyere konsentrasjoner som tilsvarer klasse III (moderat). Dette gjelder for arsen (2 lokaliteter).

Krom og nikkel i havbunnsedimentene er hovedsakelig bundet til naturlige silt- og leirpartikler, og fordelingen av disse metallene i sedimentene er i stor grad kontrollert av bergartsammensetningen i regionen. Bly, kobber, kvikksølv, arsen og sink viser høyere konsentrasjoner i de øverste 10-20 cm i kjerner fra alle lokaliteter (unntatt Stavfjorden og Hagefjorden). Dette tyder på utslipp av forurensning i perioden da disse sedimentene ble avsatt (antakelig de siste 50-100 år). Selv om sedimentene i området inneholder forurensningskomponenter, er metallkonsentrasjonene lave og miljøtilstanden med noen få unntak god.

Innholdet av de organiske stoffene PAH<sub>16</sub> inkludert B(a)p, og PCB<sub>7</sub> analysert i de øverste 4 cm av sjøbunnsedimentene viser målbare konsentrasjoner tilsvarende klasse II (god) mens i 10 prøver er PCB<sub>7</sub>-konsentrasjonen under bestemmeselsgrensen. TBT-konsentrasjon over bestemmeselsgrensen ble målt kun i en prøve (Hagefjorden, som ifølge EUs Vanddirektiv tilsvarer klasse V (svært dårlig). Klassifisert i henhold til "forvaltningsmessige grenseverdier" for TBT i marine sedimenter (Miljødirektoratets veileder M-608 (2016, revidert i 2020)) vil TBT-konsentrasjonen i prøven fra Hagefjorden tilsvare klasse II (god).

## 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, 172-178

Boitsov, S., Klungsøyr, J., Sværen, I. 2013. Undersøkelser av organiske miljøgifter i sedimenter fra MAREANO-området i 2012. Rapport fra Havforskningen 27-2013, 82 s. Tilgjengelig på <http://www.mareano.no/resultater/geokjemirapporter>

Dolan, M., Elvenes, S., Plassen, L., Lepland, A., Selboskar, O.H., Rasmussen, T., Michelsen, H., Longva, O. og Arvesen, B. 2012: Marine grunnkart i Sør-Troms: Rapport om biotopmodellering. NGU-rapport 2012.070.

Elvenes, S., Knies, J. og Rasmussen, T. 2018: Forurensingsstatus i havbunnsedimenter i Ofotfjorden, Tysfjorden og Tjeldsundet. NGU-rapport 2017.047, 47 s.

Knies, J., Boitsov, S., Baeten, J.N., Elvenes, S. og Bøe, R. 2021: Sedimentasjonsmiljø og historisk utvikling i forurensningsstatus i sjøområdene i Ålesund og Giske. NGU-rapport 2021.018, 47 s.

Lepland, A., Sæther, O.M. og Thorsnes, T. 2000: Accumulation of barium in recent Skagerrak sediments: sources and distribution control. *Marine Geology*, vol. 163, 13-26.

Lepland, A. og Mortensen, P.B. 2008: Barite and barium in sediments and coral skeletons around the hydrocarbon exploration drilling site in the Træna Deep, Norwegian Sea. *Environmental Geology*, vol. 56, 119-129.

Lepland, A., Jensen, H., Plassen, L., & Longva, O. 2012: Forurensingsstatus i sjøbunnsedimenter i Astafjordområdet/Sør-Troms. NGU-rapport 2012.002, 37 s.

Lepland, Aivo, Lepland, Aave, og Ottesen, D. 2018: Forurensingsstatus i havbunnsedimenter i kommunene Selje, Vågsøy, Bremanger og Flora. NGU-rapport 2018.004, 68 s.

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

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](mailto:ngu@ngu.no)  
Nettside [www.ngu.no](http://www.ngu.no)