

# **GEOLOGI FOR SAMFUNNET**

SIDEN 1858



NORGES  
GEOLOGISKE  
UNDERSØKELSE  
· NGU ·



|  |  |  |  |                               |                       |
|--|--|--|--|-------------------------------|-----------------------|
| <b>Rapport nr.:</b> 2018.004   |  | <b>ISSN:</b> 0800-3416 (trykt)<br>ISSN: 2387-3515 (online) |  | <b>Gradering:</b> Åpen        |                       |
| <b>Tittel:</b><br>Forurensingsstatus i havbunnssedimenter i kommunene Selje, Vågsøy, Bremanger og Flora  |  |  |  |                               |                       |
| <b>Forfatter:</b><br>Aivo Lepland, Aave Lepland, Dag Ottesen   |  |  | <b>Oppdragsgiver:</b><br>Sogn og Fjordane fylkeskommune, NGU |                               |                       |
| <b>Fylke:</b><br>Sogn og Fjordane  |  |  | <b>Kommune:</b><br>Selje, Vågsøy, Bremanger, Flora           |                               |                       |
| <b>Kartblad (M=1:250.000)</b><br>Ulsteinvik, Florø   |  |  | <b>Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)</b>                     |                               |                       |
| <b>Forekomstens navn og koordinater:</b>   |  |  | <b>Sidetall:</b> 68<br><b>Kartbilag:</b> 0                   |                               | <b>Pris:</b> 225      |
| <b>Feltarbeid utført:</b><br>2016  |  | <b>Rapportdato:</b><br>22.02.2018                          |  | <b>Prosjektnr.:</b><br>363800 | <b>Ansvarlig:</b><br> |
| <b>Sammendrag:</b><br>Norges geologiske undersøkelse (NGU) utarbeider marine grunnkart i samarbeid med Sogn og Fjordane fylkeskommune, kommunene Selje, Vågsøy, Bremanger og Flora og flere næringsaktører. Som en del av prosjektet skal miljøtilstanden i regionen kartlegges. I mai-juni 2016 gjennomførte NGU feltarbeid med F/F Seisma, og hentet opp korte sedimentkjerner fra 10 stasjoner. Analyse av overflatesedimentenes innhold av tungmetaller og organiske miljøgifter gir oss et bilde av miljøtilstanden i de ulike delene av studieområdet. 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 kjente utslippspunkter fra industri og lignende, mens andre ligger i områder uten kjent, direkte tilførsel av miljøgifter fra menneskelig aktivitet.<br><br>Innholdet av uorganiske og organiske miljøgifter i de øverste centimeter av havbunnen er generelt lavt og delvis under deteksjonsgrensen. I de fleste tilfellene ligger konsentrasjonen i klasse I (bakgrunn) og klasse II (god) i henhold til Miljødirektorates klasseinndeling av miljøtilstand. I enkelte tilfeller er det registrert høyere konsentrasjoner (klasse III, moderat). Dette gjelder for arsen (4 prøver), kadmium (1 prøve) nikkel (1 prøve) og sink (4 prøver). For tributyltinn (TBT) er laboratoriets deteksjonsgrense (1 µg/kg) for høy til å skille mellom de ulike tilstandsklassene i EUs Vanndirektiv, og seks prøver med verdier over deteksjonsgrensen havner i klasse V (svært dårlig). Klassifisert i henhold til "forvaltningsmessige grenseverdier" for TBT i marine sedimenter (Statens forurensningstilsyns veileder TA-2229/2007) vil disse prøvene tilsvare klasse III (moderat) og klasse IV (dårlig). |  |  |  |                               |                       |
| <b>Emneord:</b> Maringeologi   |  | Miljøtilstand  |  | Tungmetaller                  |                       |
| Organiske miljøgifter  |  | Bunnsedimenter   |  | Kornfordeling                 |                       |
| Forurensing  |  | Prøvetaking  |  | Kjemisk analyse               |                       |

## INNHold

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 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, arsen, 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 .....  | 66 |
| 5.     | REFERANSER .....  | 68 |

## VEDLEGG

Vedlegg 1. Analyseresultater for prøver fra 10 prøvetakingsstasjoner, NGU-Lab analyserapport nr. 20160289. Coulter: kornstørrelsesfordeling, Leco (total S, total C og organisk C), HNO<sub>3</sub>-ekstrahert og analysert med ICP-AES (30 elementer) og CV-AAS (Hg).

Vedlegg 2. THC, PAH<sub>16</sub>, PCB<sub>7</sub> og tributyltinn (TBT). Analyserapport fra 10 prøvetakingsstasjoner, Eurofins Environment Testing Norway AS.

## 1. INNLEDNING

Norges geologiske undersøkelse (NGU) utarbeider i samarbeid med Sogn og Fjordane fylkeskommune, kommunene Selje, Vågsøy, Bremanger og Flora og flere næringsaktører marine grunnkart over sjøområdene i de fire kommunene. NGU har utført tilsvarende kartlegging i fjordområder i Troms og Nordland (Dolan m.fl. 2012; Lepland m.fl. 2012; Evenes m.fl. 2018).

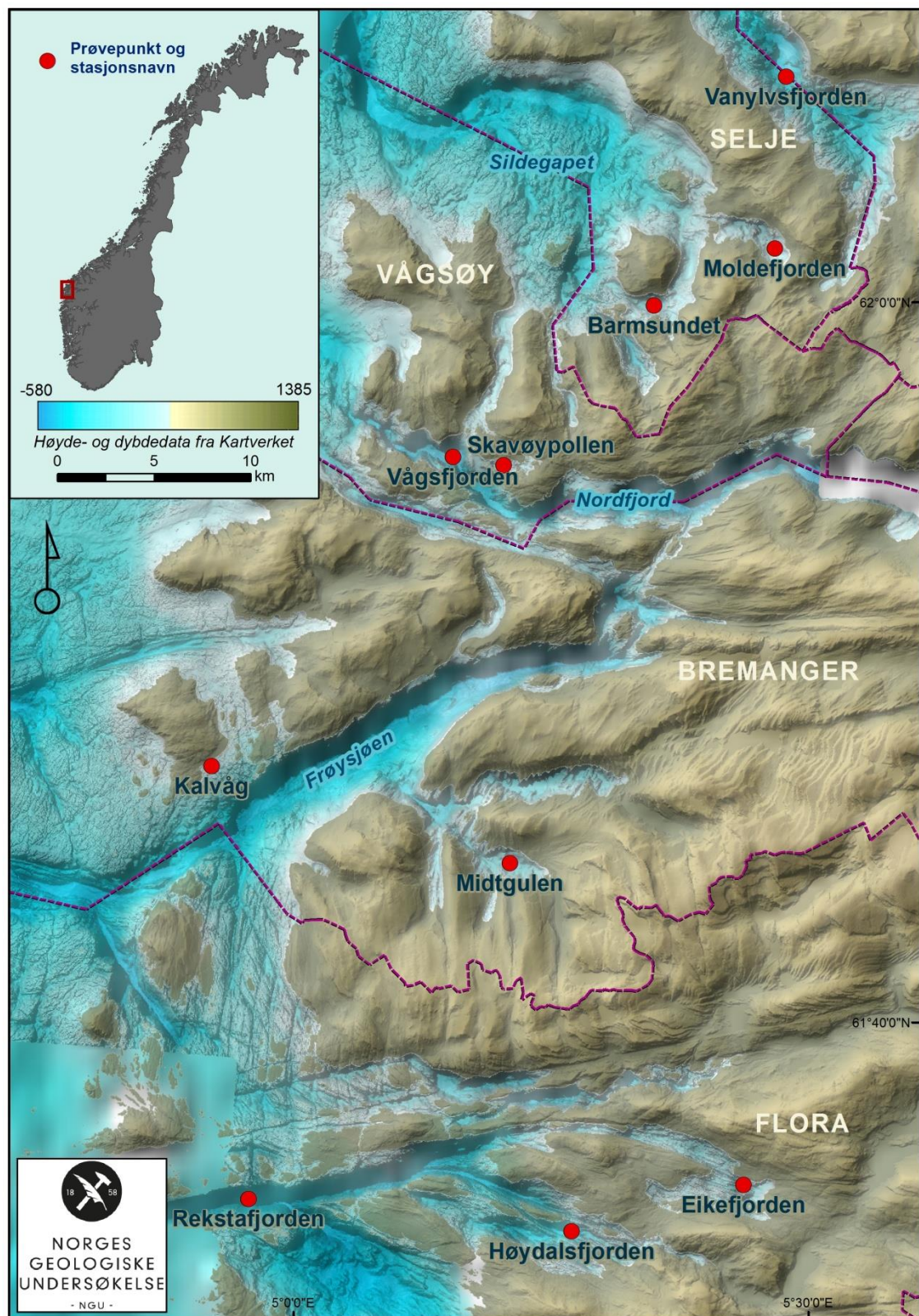
I mai-juni 2016 gjennomførte NGU feltarbeid med F/F Seisma, og hentet opp korte sedimentkjerner fra 10 havbunnslokaliteter fordelt på de fire kommunene (Figur 1). Analyse av sedimentkjerner med fokus på overflatesedimentenes innhold av tungmetaller og organiske miljøgifter gir oss et oversiktsbilde over tilstanden innenfor studieområdet.

De 10 lokalitetene ble valgt basert på informasjon om dybde og bunnreflektivitet fra kartlegging med multistråleekkolodd (data fra Kartverket). Vi prioriterte å prøveta 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 kjente utslippspunkt fra industri og lignende, mens andre ligger i områder uten kjent, direkte tilførsel av miljøgifter fra menneskelig aktivitet.

Prøvetakingen ble utført med Niemistöprøvetaker (Figur 2), en prøvetaker som gir 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 10 utvalgte lokalitetene i studieområdet. Konsentrasjonen av tungmetaller og organiske miljøgifter i overflatesedimenter angir dagens miljøstatus, som kan klassifiseres i henhold til Miljødirektoratets klassifikasjonssystem for vann, sediment og biota (M-608, Miljødirektoratet 2016).





Figur 1. Lokalteter prøvetatt for miljøundersøkelse av sjøområdene i kommunene Selje, Vågsøy, Bremanger og Flora.

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

| Kjerne nummer | Kjerne brukt til analyse av kornfordeling og uorganisk geokjemi (GK) og organiske miljøgifter (OM) | Område         | Geografiske koordinater (desimalgrader) |           | Vanddyp (m) |
|---------------|--|----------------|---|-----------|-------------|
|               |  |                | Nord                                    | Øst       |             |
| P1601001      | GK   | Rekstafjorden  | 4,949439                                | 61,567169 | 550         |
| P1601002      | OM   | Rekstafjorden  | 4,949769                                | 61,567098 | 550         |
| P1601003      | OM   | Eikefjorden    | 5,430295                                | 61,587058 | 102         |
| P1601004      | GK   | Eikefjorden    | 5,430295                                | 61,587058 | 102         |
| P1601005      | GK   | Høydalsfjorden | 5,265299                                | 61,561073 | 262         |
| P1601006      | OM   | Høydalsfjorden | 5,265299                                | 61,561073 | 262         |
| P1601029      | GK   | Midtgulen      | 5,184606                                | 61,729854 | 114         |
| P1601030      | OM   | Midtgulen      | 5,184342                                | 61,73     | 114         |
| P1601031      | GK   | Kalvåg         | 4,887106                                | 61,766369 | 36          |
| P1601032      | OM   | Kalvåg         | 4,887057                                | 61,766449 | 36          |
| P1601045      | GK   | Skavøypollen   | 5,155222                                | 61,913854 | 51          |
| P1601046      | OM   | Skavøypollen   | 5,15537                                 | 61,913894 | 51          |
| P1601047      | GK   | Vågsfjorden    | 5,104898                                | 61,91624  | 317         |
| P1601048      | OM   | Vågsfjorden    | 5,10494                                 | 61,916205 | 317         |
| P1601051      | GK   | Moldefjorden   | 5,410362                                | 62,021361 | 69          |
| P1601052      | OM   | Moldefjorden   | 5,410035                                | 62,021379 | 69          |
| P1601053      | GK   | Barmsundet     | 5,294355                                | 61,991816 | 99          |
| P1601054      | OM   | Barmsundet     | 5,29439                                 | 61,991844 | 99          |
| P1601055      | GK   | Vanylvsfjorden | 5,412201                                | 62,101316 | 267         |
| P1601056      | OM   | Vanylvsfjorden | 5,412218                                | 62,101334 | 267         |

## 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. Det ble tatt to kjerner fra alle ti stasjoner; en "GK"-kjerne (uorganisk kjemi) for analyse av sedimentkornfordeling og kjemisk sammensetning, og en "OM"-kjerne (organisk kjemi) som ble brukt for analyse av forskjellige organiske forbindelser. Figur 1 og Tabell 1 viser prøvetakingsstasjoner, stedsnavn, dybde og geografiske koordinater.

Niemistö-prøvetakeren som ble brukt var utstyrt med et plastrør 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. Sedimentkjernene, med sjøvann på toppen, ble forseglet om bord og oppbevart i vertikal posisjon. Dermed blir vann-sediment-overgangen bevart forstyrret. Sedimentkjernene, med sjøvann på toppen, ble forseglet om bord og oppbevart i vertikal posisjon.

Sedimentkjernene ble satt på kjølelager på NGU inntil underprøver til analysene ble tatt ut i november 2016. Kjernene ble splittet ved hjelp av sag.



*Figur 2. Niemistö-prøvetaker ble brukt for innsamling av korte sedimentkjerner. Et lodd over røret gir tyngde slik at røret presses ned i sedimentene. Når røret trekkes opp, går vingen automatisk ned og lokket stenger for bunnen av røret.*

Til analyse av kornfordeling 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. Til analyse av organiske forbindelser og miljøgifter kreves det en større mengde materiale (250-300 g). For å få stort nok prøvevolum ble det tatt ut 6-9 cm sedimenter i toppen av OM-kjernene (Tabell 1). 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).
- 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.

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 analysene av korte sedimentkjerner er presentert som (i) kart av konsentrasjoner i overflatesedimenter over studieområdet og (ii) geokjemiske 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 og kalsiumkarbonat angis i tørrvektprosent.

Kart over de øverste 0-1 cm av havbunnssedimentene fra 10 lokaliteter er presentert for innhold av organisk karbon (TOC), svovel (S) og 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 5-8 cm analysert for totalkonsentrasjon av hydrokarboner (THC), 16 2-6 ring polysykliske aromatiske hydrokarbonforbindelser (PAH<sub>16</sub>), 7 polyklorerte bifenylforbindelser (PCB<sub>7</sub>) og tributyltinn (TBT). Kornstørrelseskart (prosentandel sand og slam) er presentert for sedimentintervallet ca. 5-8 cm under overflaten.

#### 3.1 Kornstørrelsesfordeling, 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 toppen av kjernene (ca. 5-8 cm dybde) på hver lokalitet mens detaljerte kornfordelingsdata finnes i Vedlegg 1. Slam (<0,063 mm partikkeldiameter), som omfatter silt og leir, er den dominerende fraksjonen i alle kjerner unntatt Vågsfjorden. Sand (0,063-2 mm) utgjør 83,4 % av prøven tatt i Vågsfjorden men er lavere enn 20 % i prøvene fra alle de andre lokalitetene. Kornfordelingen er forholdsvis homogen i alle kjernene unntatt den tatt utenfor Kalvåg, der de øverste 10 cm er mer finkornete (16,6 % sand) enn resten av kjernen (35,6-41,8 % sand; Vedlegg 1). Materiale



grovere enn 2 mm (grus) i form av skjellrester er observert kun i en kjerne fra Midtgulen. De fleste sedimentprøvene kan karakteriseres som slam eller sandholdig slam unntatt prøven fra Vågsfjorden der man finner sand som tyder på sterk strøm ved sjøbunnen der kjernen er tatt.

Figur 4 og 5 viser innholdet av organisk karbon (TOC) og svovel (S) i overflateprøvene (prosent av tørrvekt). TOC-verdiene varierer fra 1,18 til 12,6 % og er lavest i Vågsfjorden og Rekstafjorden. Svovelskonsentrasjonen varierer mellom 0,27 % (Vågsfjorden) og 1,86 % (Moldefjorden). Lave TOC-verdier kan forklares med forholdsvis høy tilførsel av minerogene sedimenter slik at bunnfallet av marin biomasse og organiske rester blir fortynnet samt at sterke strømmer langs sjøbunnen hindrer avsetning av finkornete organiske partikler. De høyeste TOC-konsentrasjonene er påvist i sedimentene i Kalvåg (12,6 %), Moldefjorden (12 %) og Skavøypollen (9,97 %). 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. Høyt TOC-innhold i disse tre kjerner faller også sammen med de høyeste svovelskonsentrasjonene (Kalvåg (1,81%), Moldefjorden (1,86 %) og Skavøypollen (1,81 %)), som kan antyde lavere oksygeninnhold i vannmassene ved sjøbunnen eller i sedimentene på grunn av høy bioproduktivitet. TOC-innholdet øker gradvis fra bunnen til toppen av kjernen på de fleste lokalitetene (Figur 21-30) unntatt i Moldefjorden der TOC-innholdet avtar systematisk i de øverste 10 cm (Figur 28).

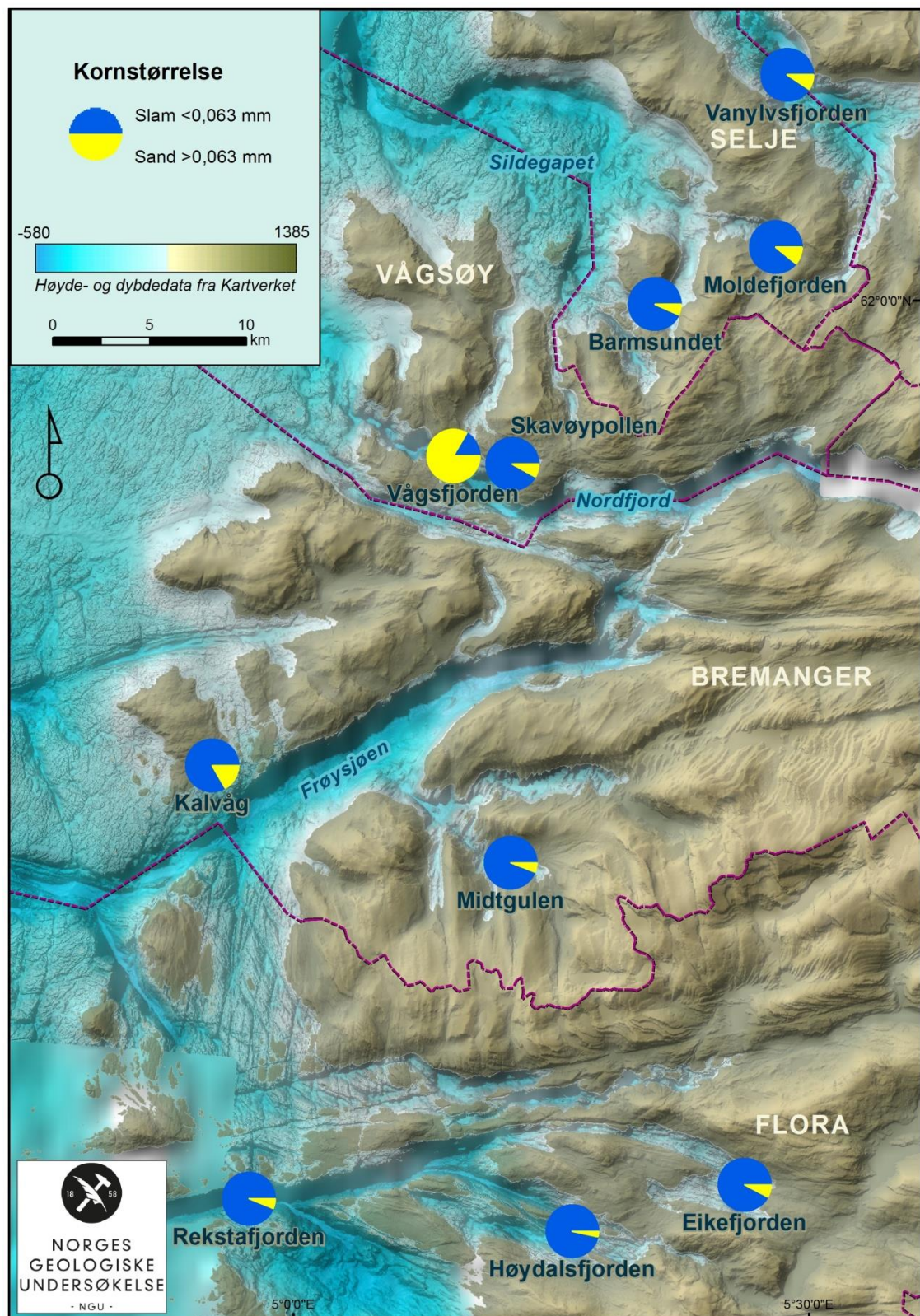
Karbon som ikke er av organisk opprinnelse er som regel bundet til karbonatmineraler, hovedsakelig kalsiumkarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ). Det antas at kalsiumkarbonat i sedimentene har en biologisk opprinnelse, primært fra bentiske og planktoniske organismer med kalkskall. Prosentandelen av kalsiumkarbonat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

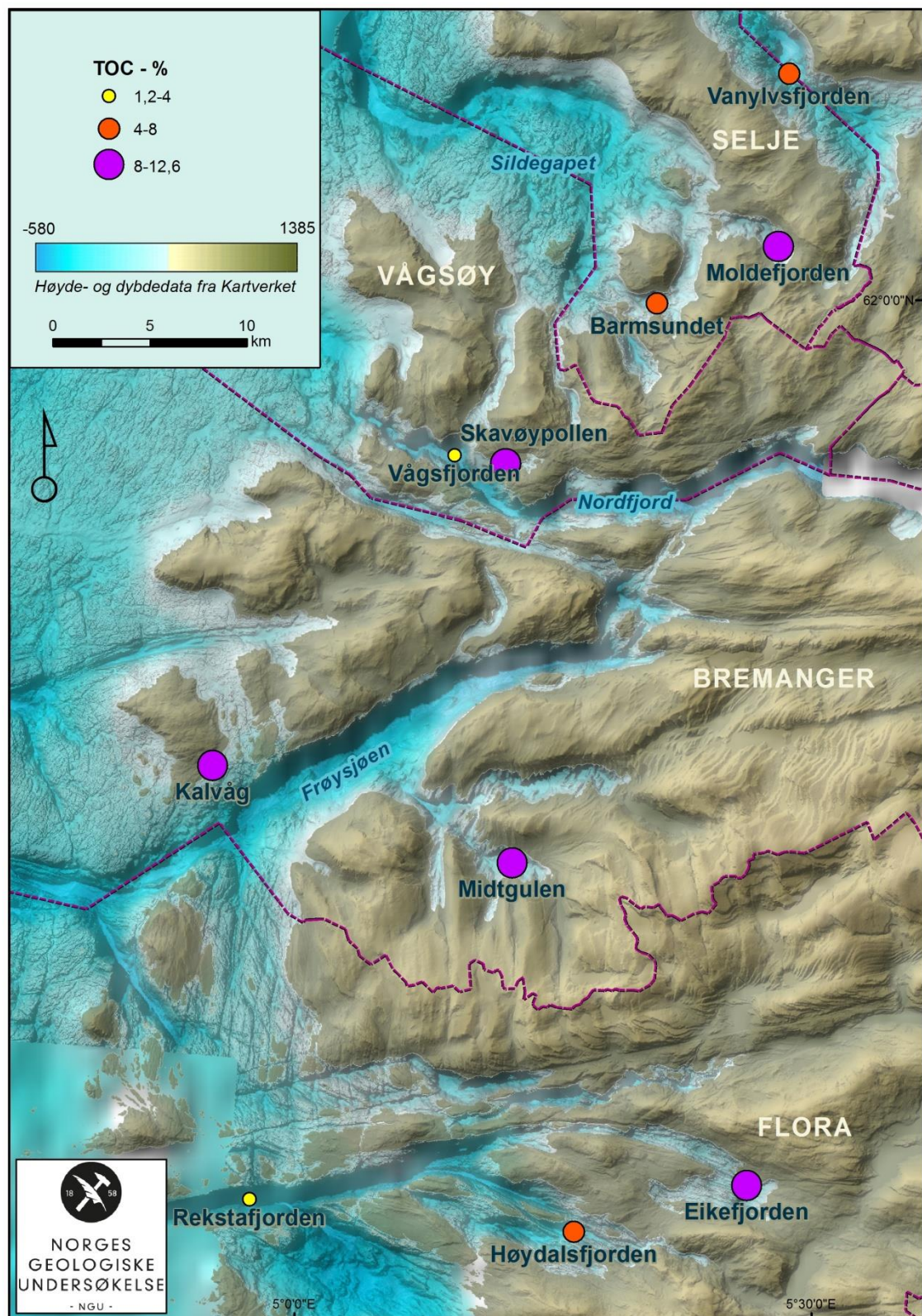
Andelen av kalsiumkarbonat varierer fra 12,5 til 41,6 vektprosent (Figur 6).

Fordelingsmønsteret av kalsiumkarbonat viser generelt lave verdier i de indre deler av fjordene, hvor høyere tilførsel av minerogent materiale gir en fortynningseffekt. Et høyt kalsiumkarbonatinnhold i prøven fra Kalvåg korresponderer med høyt TOC-innhold (Figur 4) og tyder på høy bioproduktivitet i vannet og på havbunnen.



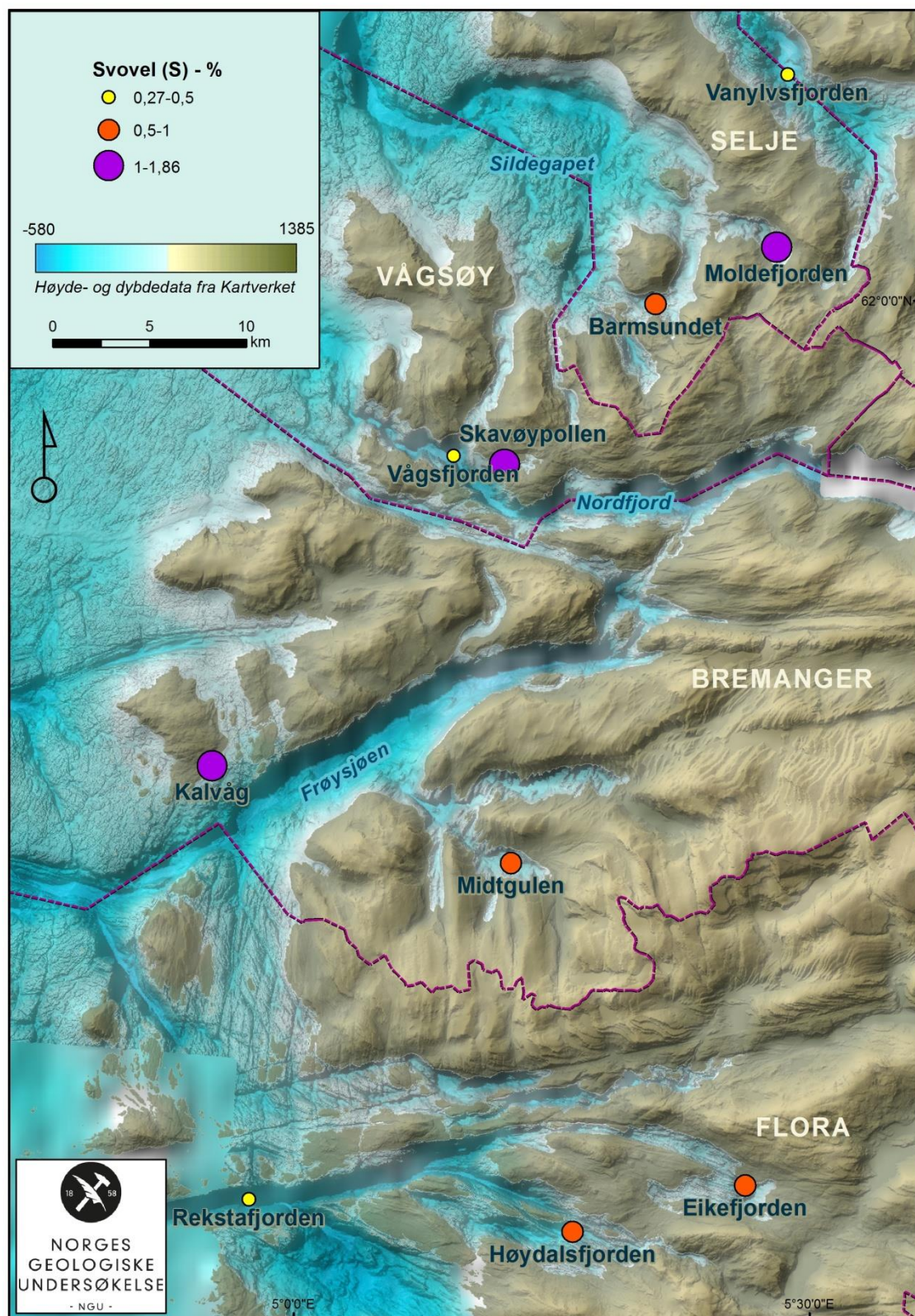
Figur 3. Fordeling av sand (0,063-2 mm) og slam (<0,063 mm) i toppen av kjernene (ca. 5-8 cm dybde).





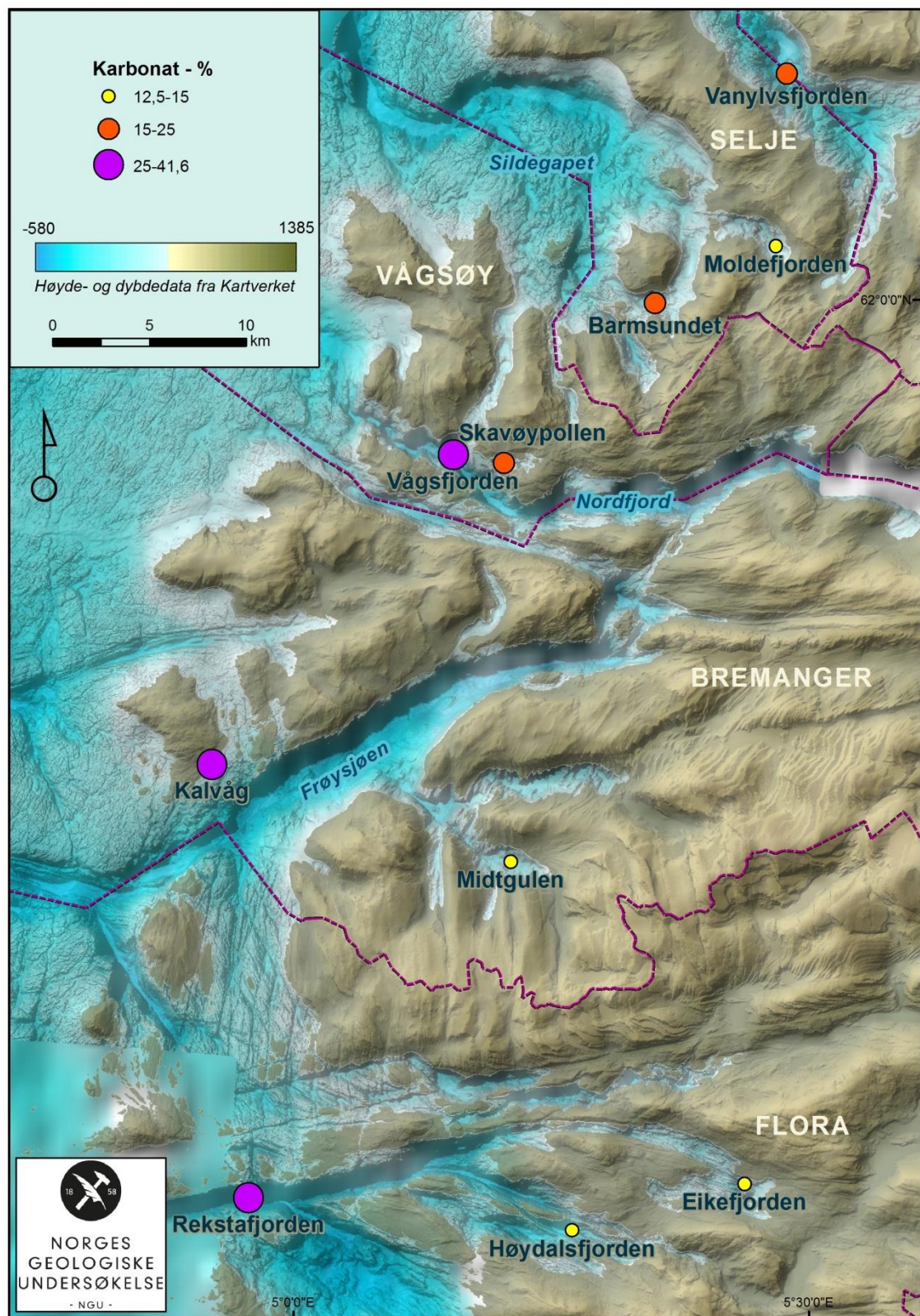
Figur 4. Innhold av totalt organisk karbon (TOC) i overflatesedimentene.





Figur 5. Innhold av svovel (S) i overflatesedimentene.





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

### 3.2 Innhold av tungmetaller, arsen, 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 vannforvaltningen (Vannforskriften, Miljødirektoratet 2016). Miljødirektoratet har utarbeidet grenseverdier for en rekke miljøgifter i vann, sediment og biota (M-608, Miljødirektoratet 2016), og et klassifikasjonssystem med følgende klasser:

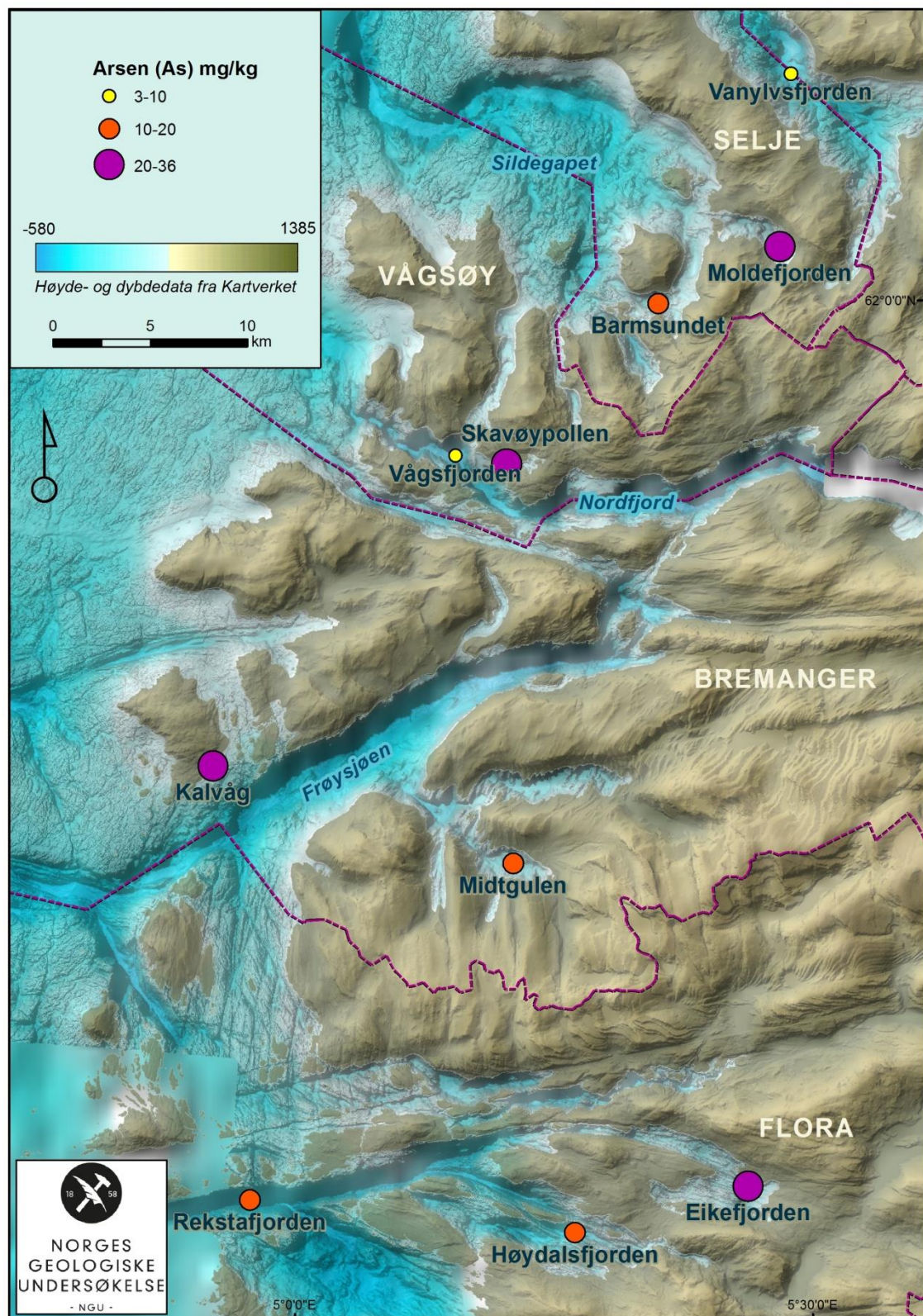
| <b>I</b><br><b>Bakgrunn</b> | <b>II</b><br><b>God</b> | <b>III</b><br><b>Moderat</b> | <b>IV</b><br><b>Dårlig</b> | <b>V</b><br><b>Svært dårlig</b> |
|-----------------------------|-------------------------|------------------------------|----------------------------|---------------------------------|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

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 10 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 2. Stratigrafiske profiler (analyseverdier mot dypet i kjernene) av tungmetaller og TOC, CaCO<sub>3</sub>, As, Ba og Al i alle 10 sedimentkjerner er visualisert i figurene 21-30. I Tabell 4 sammenlignes konsentrasjoner av tungmetaller og As og Ba i overflatesedimenter med konsentrasjoner i bunnen av sedimentkjernen.

### 3.2.1 Arsen (As)

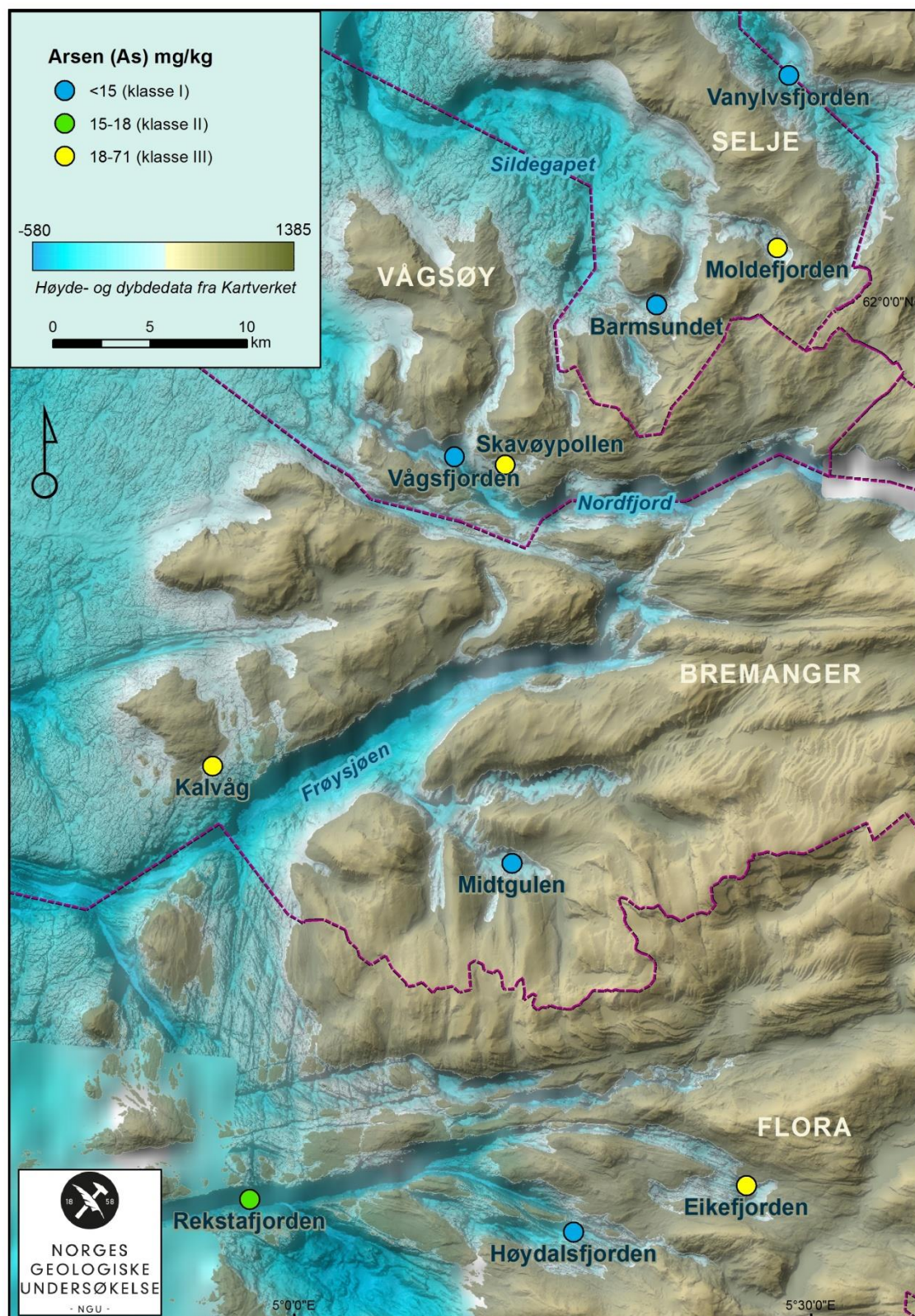
As-konsentrasjonen varierer fra 3,3 til 35,3 mg/kg (Figur 7a). De høyeste konsentrasjonene finnes i Kalvåg (35,3 mg/kg), Eikefjorden (27,7 mg/kg), Skavøypollen (26,1 mg/kg) og Moldefjorden (23,7 mg/kg). De største konsentrasjonene finnes i lokaliteter som har høyt TOC-innhold. Av 10 prøver er 5 i tilstandsklasse 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 Kalvåg, Eikefjorden, Skavøypollen og Moldefjorden. Stratigrafiske profiler (Figur 21-30) viser systematisk økning av As konsentrasjoner mot sediment-overflaten, særlig i de øverste 5 cm i Kalvåg og Skavøypollen, som sannsynligvis kan knyttes til forurensning og antropogene kilder i områdene. As-konsentrasjoner i Eikefjorden, Høydalsfjorden, Midtgulen, Moldefjorden og Barmsundet er høyest ved 5 til 15 cm sediment-dybde som kan tyde på at miljøsituasjonen for As har blitt bedre de siste årene i disse områdene. Forholdsvis lave konsentrasjoner og små variasjoner i kjerner fra Rekstafjorden, Vågsfjorden og Vanylvsfjorden viser at As-utslipp fra forurensningskilder er små i disse områdene. I Eikefjorden er As-konsentrasjoner forholdsvis høye ved bunnen av kjernen (tilsvarende tilstandsklasse III) der tungmetaller (Pb, Cu, Hg og Zn) har lave verdier. Dette tyder på at sedimentene i Eikefjorden har naturlig høyt As-innhold (tilsvarende tilstandsklasse III).





Figur 7a. Arsenkonsentrasjon i overflatesedimentene.



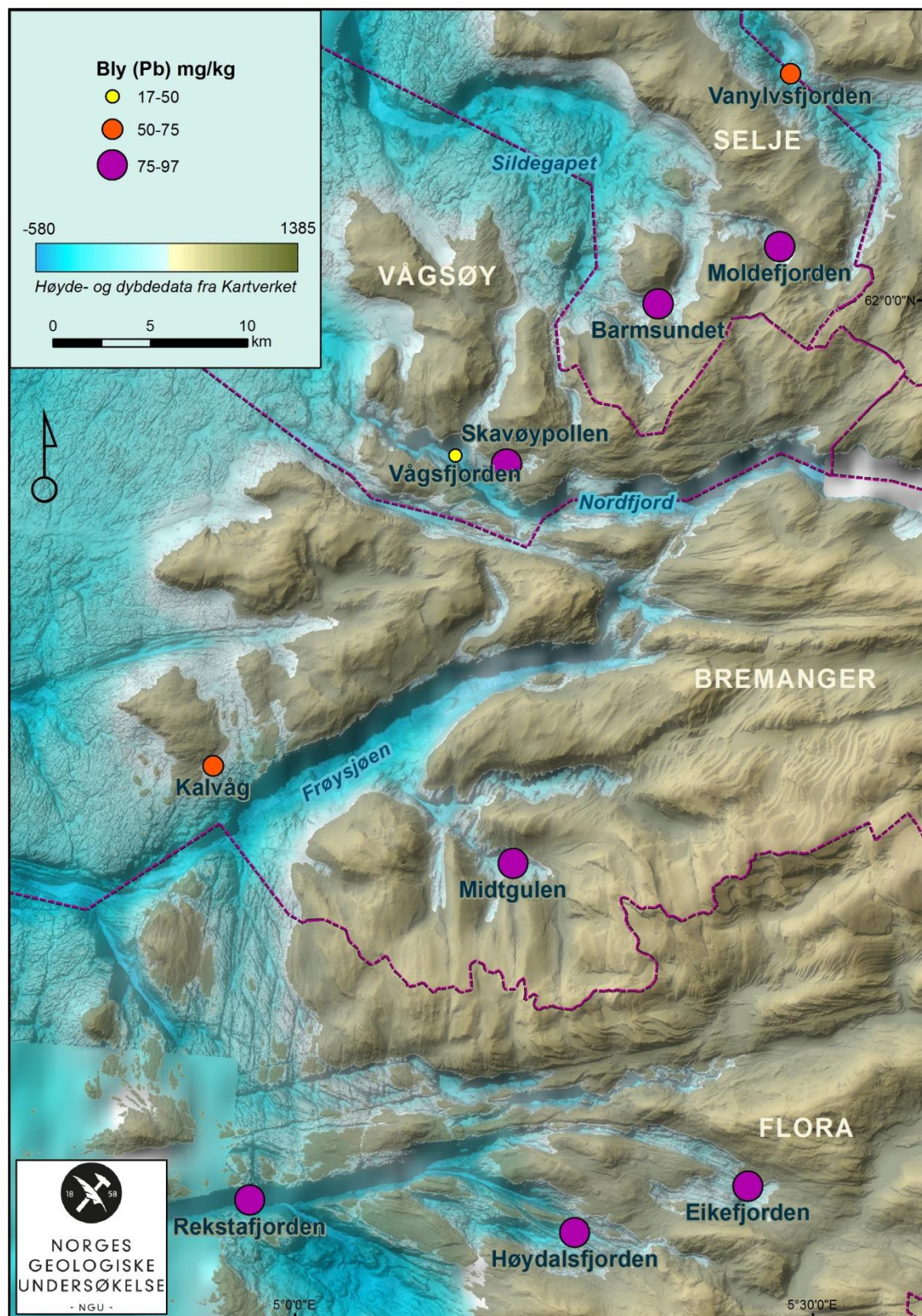


Figur 7b. Arsenkonsentrasjon i overflatesedimentene klassifisert i henhold til Vannforskriften.

### 3.2.2 Bly (Pb)

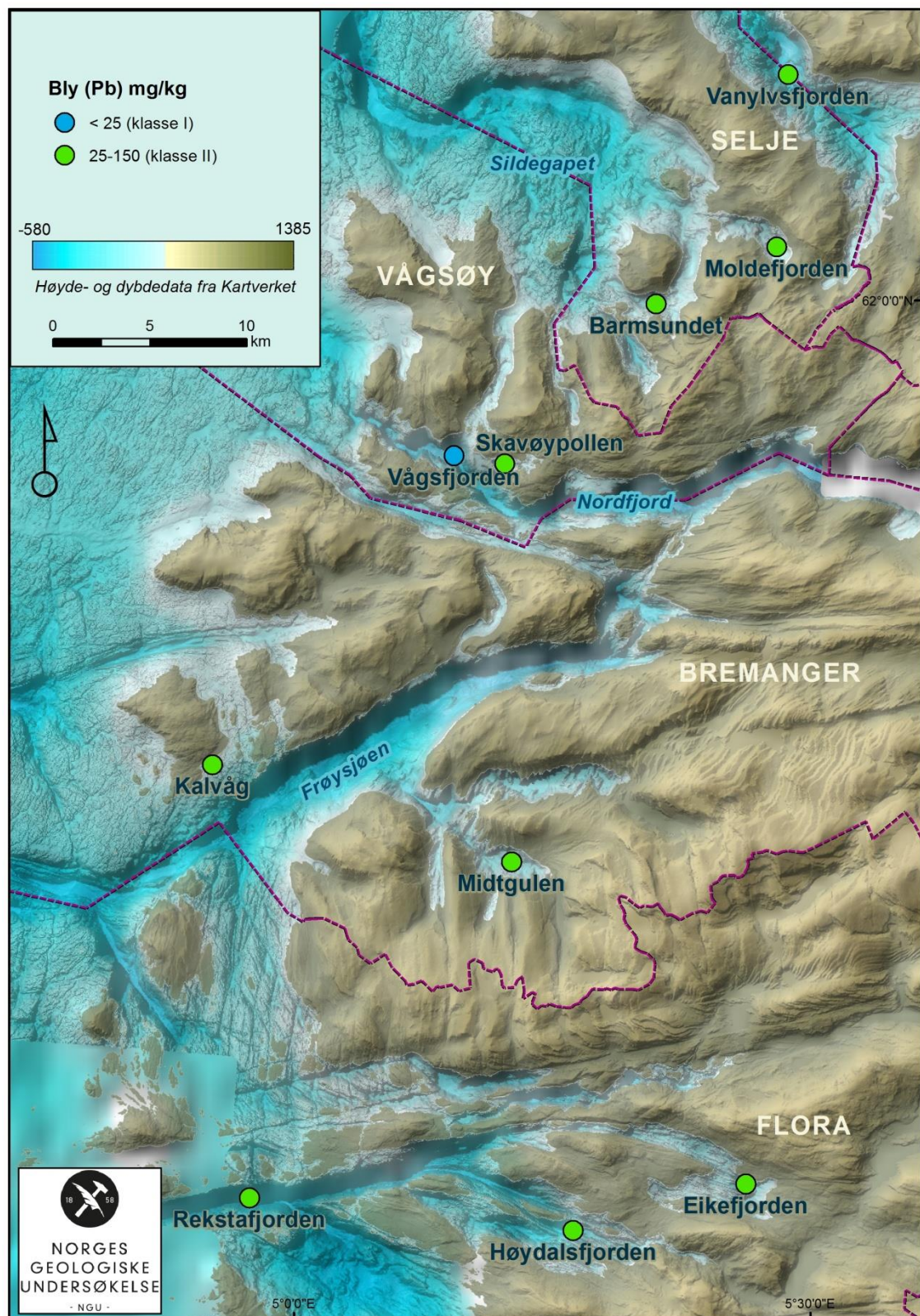
Pb-konsentrasjonen i overflatesedimentene varierer fra 17,7 til 96,6 mg/kg (Figur 8a). Sedimenter fra Skavøypollen (96,6 mg/kg) og Midtgulen (92,2 mg/kg) har de høyeste Pb-verdiene (130 mg/kg). Figur 8b viser at en av 10 prøver har Pb-konsentrasjoner i tilstandsklasse I (<25 mg/kg sediment, bakgrunn) mens de øvrige 9 tilhører klasse II (25-150 mg/kg sediment, god). Stratigrafiske profiler (Figur 21-30) fra alle lokaliteter unntatt Vågsfjorden viser en klar økning av Pb-konsentrasjoner i de øverste 30 til 45 cm med særlig markant økning fra c. 10-15 cm. Dette viser at opp til 45 cm av sedimentene på sjøbunnen i området kan være påvirket av Pb-forurensing, men at tilstanden likevel er god.





Figur 8a. Blykonsentrasjon i overflatesedimentene.



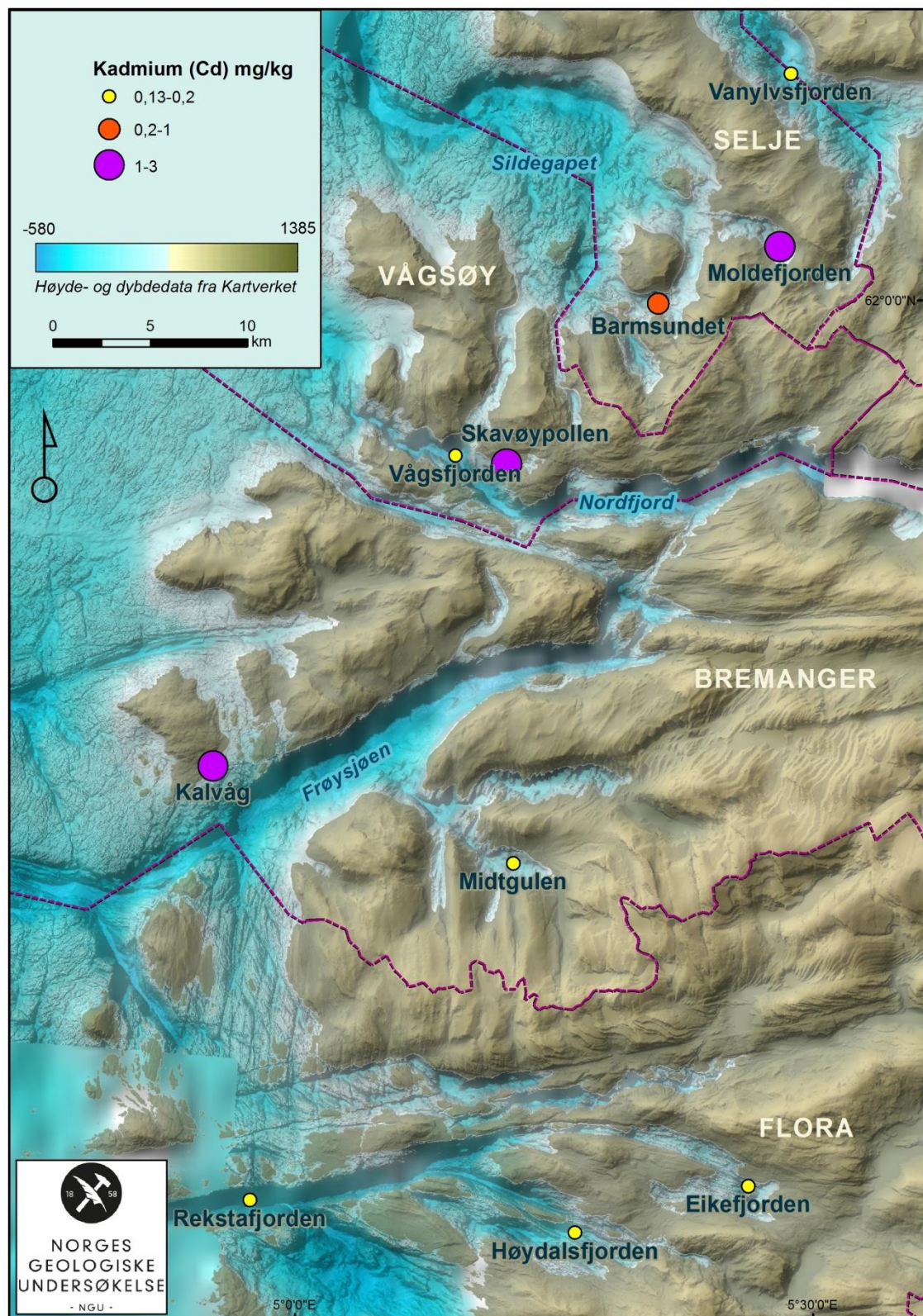


Figur 8b. Blykonsentrasjon i overflatesedimentene klassifisert i henhold til Vannforskriften.



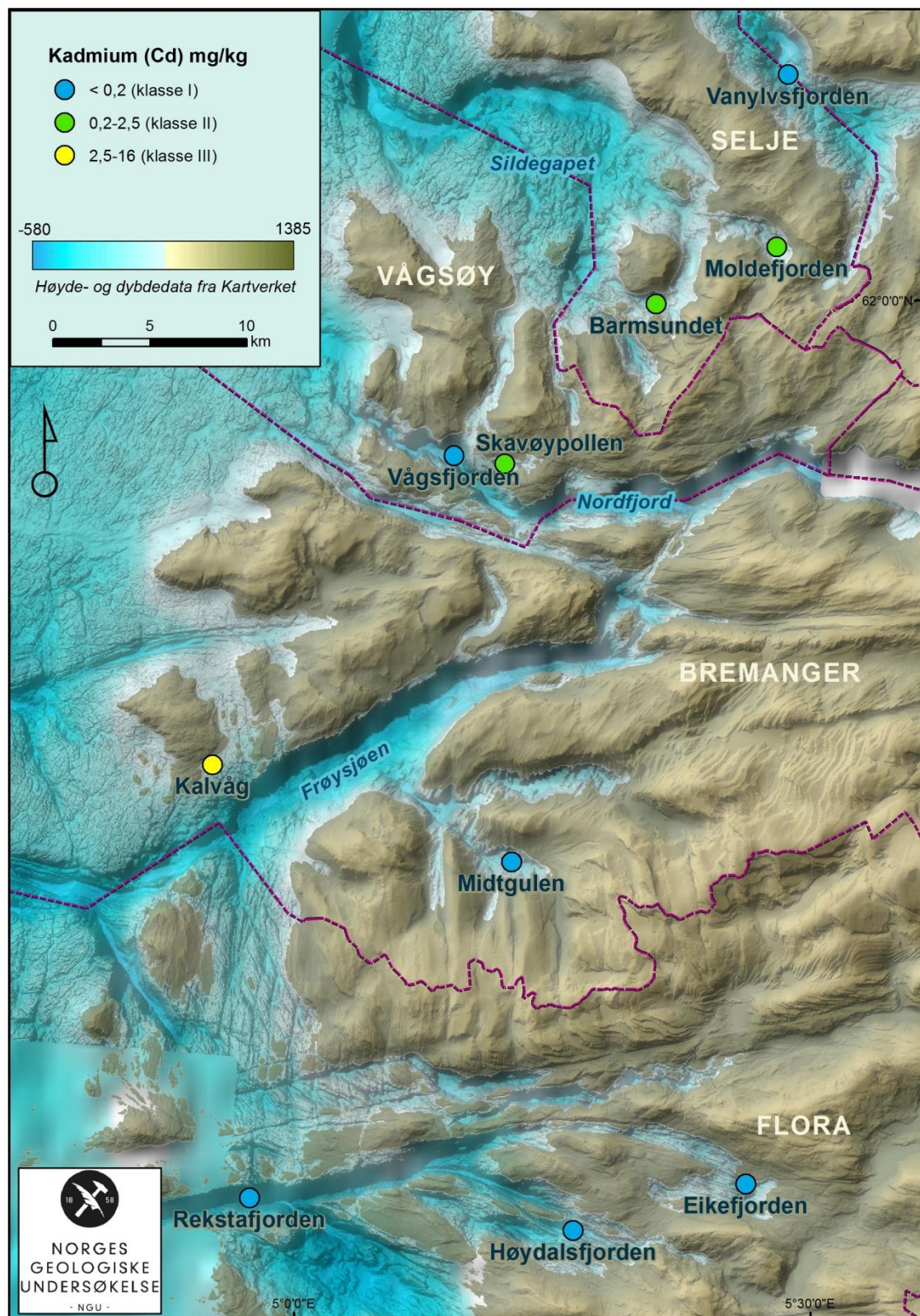
### 3.2.3 Kadmium (Cd)

Cd-konsentrasjonen varierer fra 0,2 til 2,95 mg/kg (Figur 9a). De høyeste verdiene er målt i Kalvåg (2,95 mg/kg), Skavøypollen (2,09 mg/kg) og Moldefjorden (1,17 mg/kg). Figur 9b viser at av 10 prøver er 6 i tilstandsklasse I (bakgrunn; <0,2 mg/kg sediment), 3 i klasse II (0,2-2,5 mg/kg sediment, god) og en i klasse III (2,5-16 mg/kg sediment, moderat) (Figur 9b). Stratigrafiske profiler (Figur 21-30) viser at variasjoner i Cd-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 Cd og Al viser derfor at Cd i de fleste kjerner forekommer hovedsakelig i naturlige sedimentpartikler og at Cd forurensningen er ubetydelig. Forholdsvis høye Cd-konsentrasjoner (>1,5 mg/kg) gjennom hele kjernen fra Kalvåg, Skavøypollen og Moldefjorden tyder på naturlig høyt innhold av Cd i sedimenter i disse områdene. Noen av de målte verdiene i sedimentene tilsvarer miljøklasse III uten at disse sedimentene er forurenset som følge av menneskelig aktivitet.



Figur 9a. Kadmiumkonsentrasjon i overflatesedimentene.



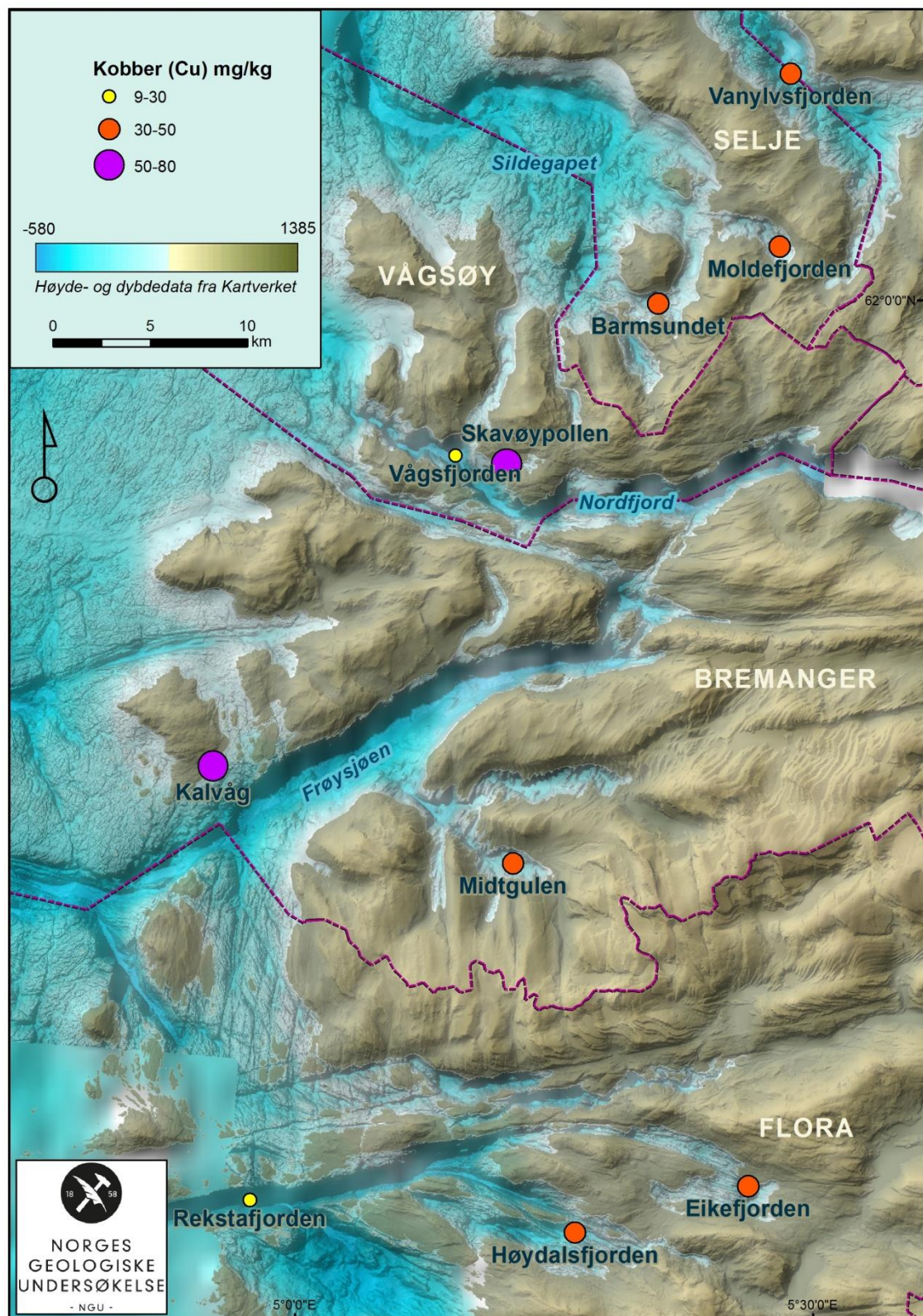


Figur 9b. Kadmiumkonsentrasjon i overflatesedimentene klassifisert i henhold til Vannforskriften.



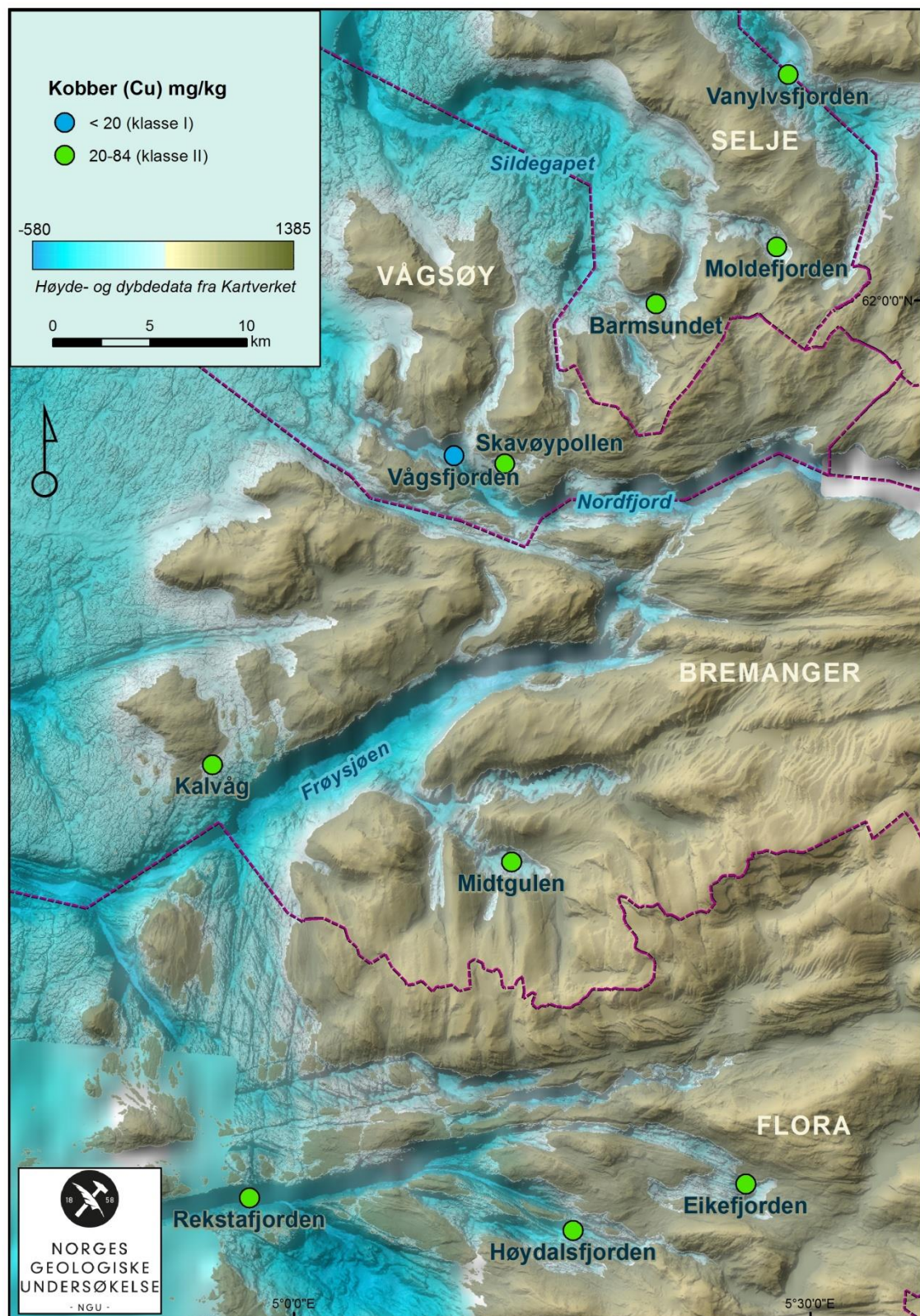
#### 3.2.4 Kobber (Cu)

Cu-konsentrasjonen i overflatesedimentene varierer fra 9,3 til 80,1 mg/kg (Figur 10a). Kjerner fra Kalvåg (80,1 mg/kg) og Skavøypollen (77,9 mg/kg) har de høyeste kobberverdiene. Figur 10b viser at de fleste overflateprøvene tilhører tilstandsklasse II (20-84 mg/kg sediment, god) unntatt prøven fra Vågsfjorden som tilhører klasse I (<20 mg/kg sediment, bakgrunn). Stratigrafiske profiler (Figur 21-30) viser en systematisk økning i kobberverdier mot overflaten i de øverste 15 til 20 cm av kjernen og de høyeste verdiene i overflateprøvene. Dette tyder på at de øverste 15-20 cm av sedimentene er påvirket av Cu-forurensning og at denne forurensningen ikke har avtatt de siste årene. Tilstanden er likevel god.



Figur 10a. Kobberkonsentrasjon i overflatesedimentene.



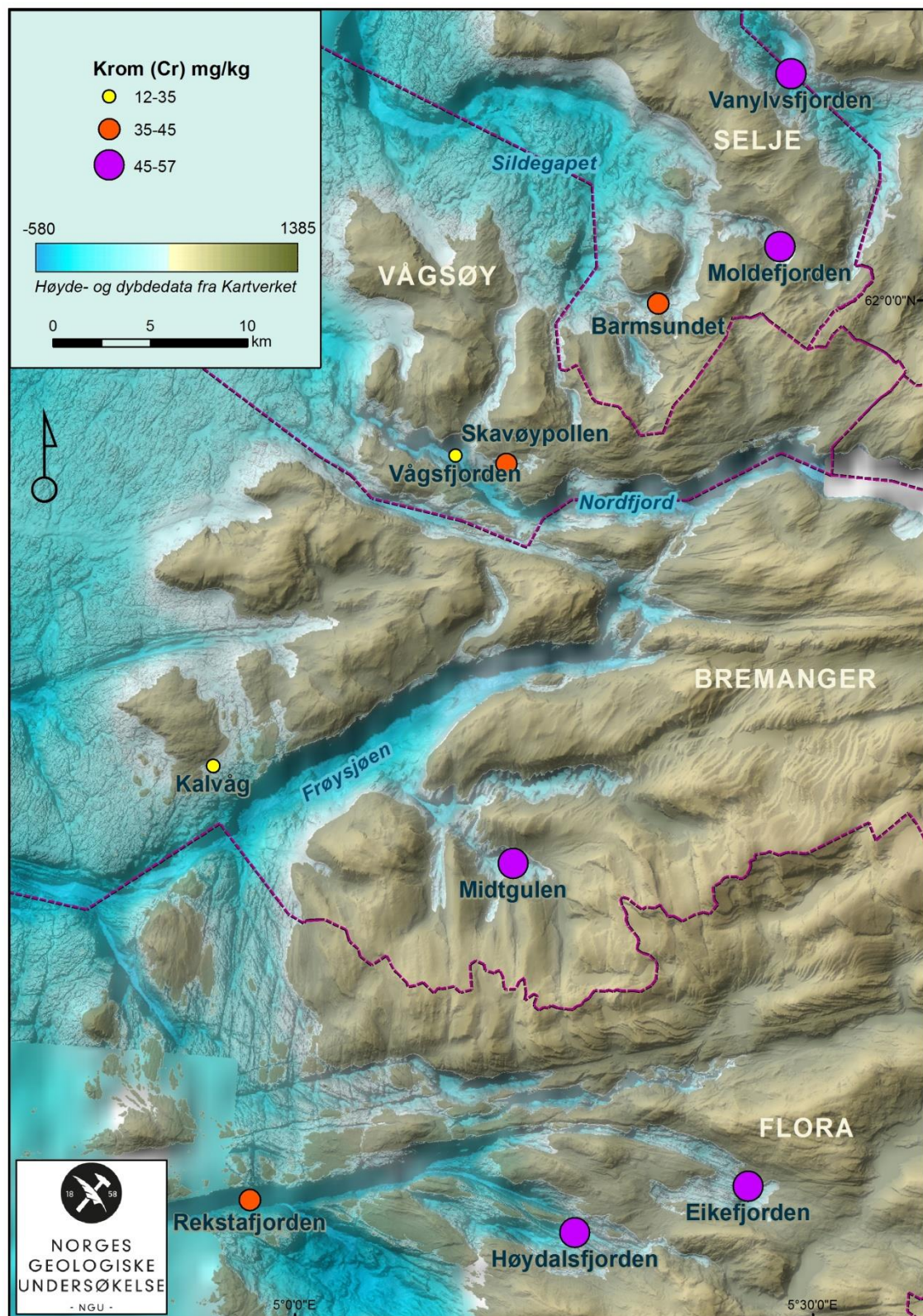


Figur 10b. Kobberkonsentrasjon i overflatesedimentene klassifisert i henhold til Vannforskriften.



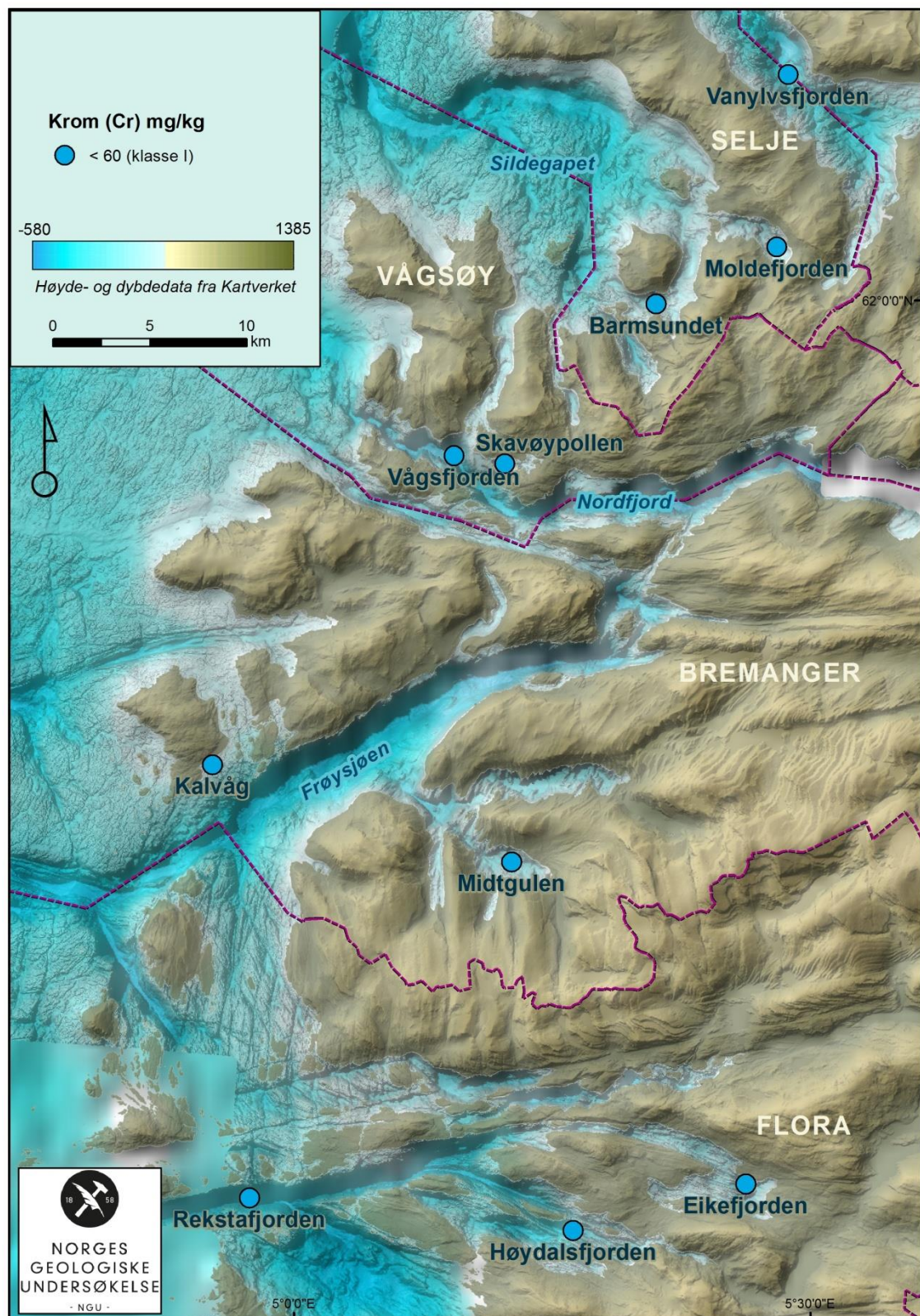
### 3.2.5 Krom (Cr)

Cr-konsentrasjonen i overflateprøver varierer fra 12,4 til 56,8 mg/kg (Figur 11a). Prøvene fra Høydalsfjorden (56,8 mg/kg) og Midtgulen (53,1 mg/kg) viser de høyeste kromverdiene. Figur 11b viser at alle prøver tilhører tilstandsklasse I (<60 mg/kg sediment, bakgrunn). De lave Cr-verdiene i overflateprøvene viser god korrelasjon mellom Cr og Al mot dypet (Figur 21-30). Dette viser at overflateprøvene ikke er forurensset med Cr og at Cr i sedimentene er naturlig bundet i silt- og leirpartikler.



Figur 11a. Kromkonsentrasjon i overflatesedimentene.



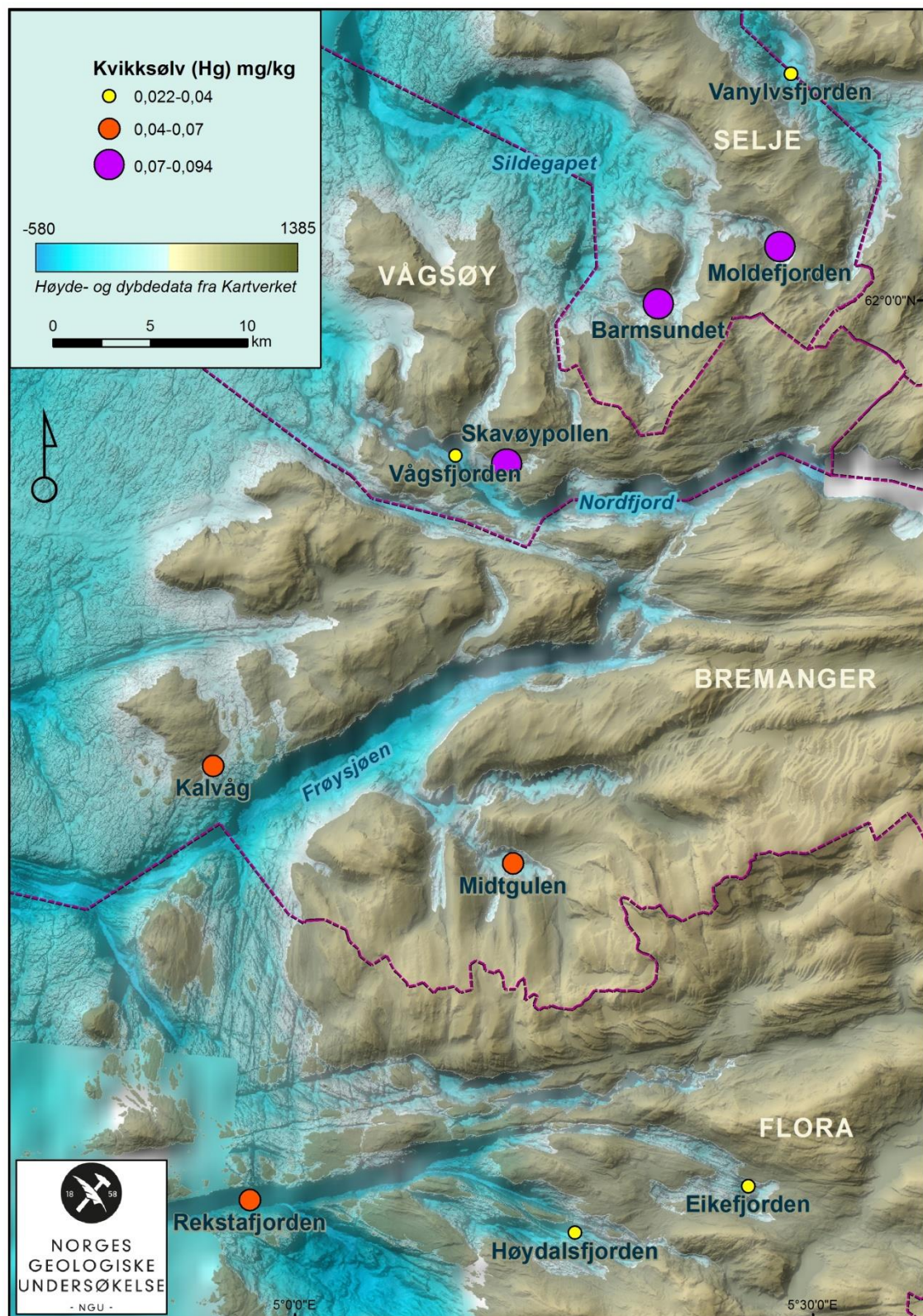


Figur 11b. Kromkonsentrasjon i overflatesedimentene klassifisert i henhold til Vannforskriften.

### 3.2.6 Kvikksølv (Hg)

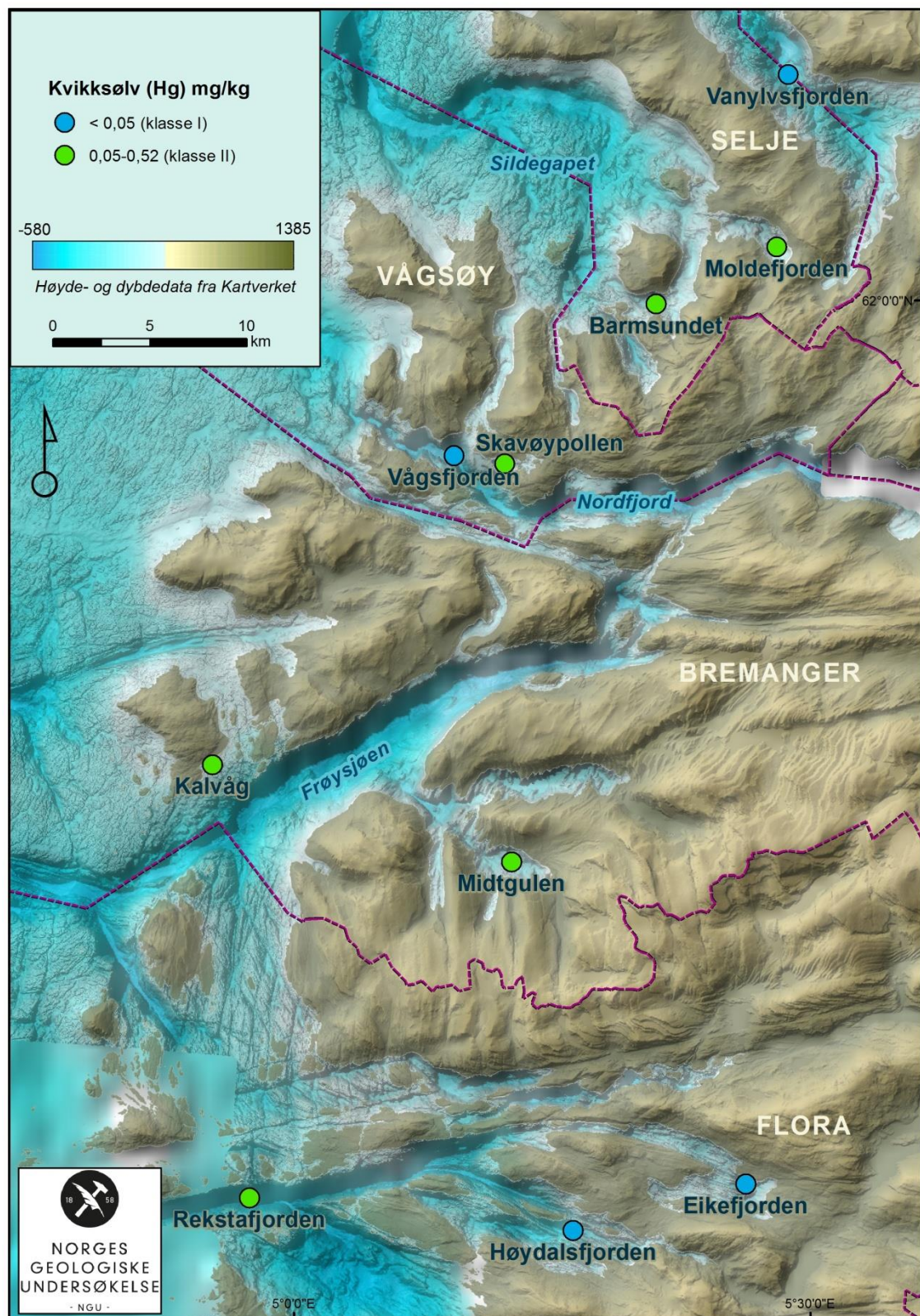
Hg-konsentrasjonen i sedimentprøvene varierer fra 0,022 til 0,094 mg/kg (Figur 12a). Størst innhold av kvikksølv finner vi i kjernene fra Skavøypollen (0,094 mg/kg), Barmsundet (0,04 mg/kg) og Moldefjorden (0,071 mg/kg) (Fig. 12a). Figur 12b viser at 4 av 10 prøver tilhører tilstandsklasse I (<0,05 mg/kg sediment, bakgrunn), mens de øvrige 6 tilhører klasse II (0,05-0,52 mg/kg sediment, god). Stratigrafiske profiler (Figur 21-30) viser en tydelig økning av Hg-konsentrasjonen i de øverste 10-15 cm i alle sedimentkjernene unntatt en kjerne fra Vågsfjorden. De høyeste Hg-verdiene finner man 2-10 cm under sediment-overflaten i Rekstafjorden, Eikefjorden, Høydalsfjorden, Midtgulen, Kalvåg, Barmsundet og Vanylvsfjorden, mens i Skavøypollen og Moldefjorden er de høyeste Hg-verdiene registrert i overflateprøver. Slike Hg-profiler tyder på at Hg-forurensningen generelt har avtatt i området.





Figur 12a. Kvikksølvkonsentrasjon i overflatesedimentene.



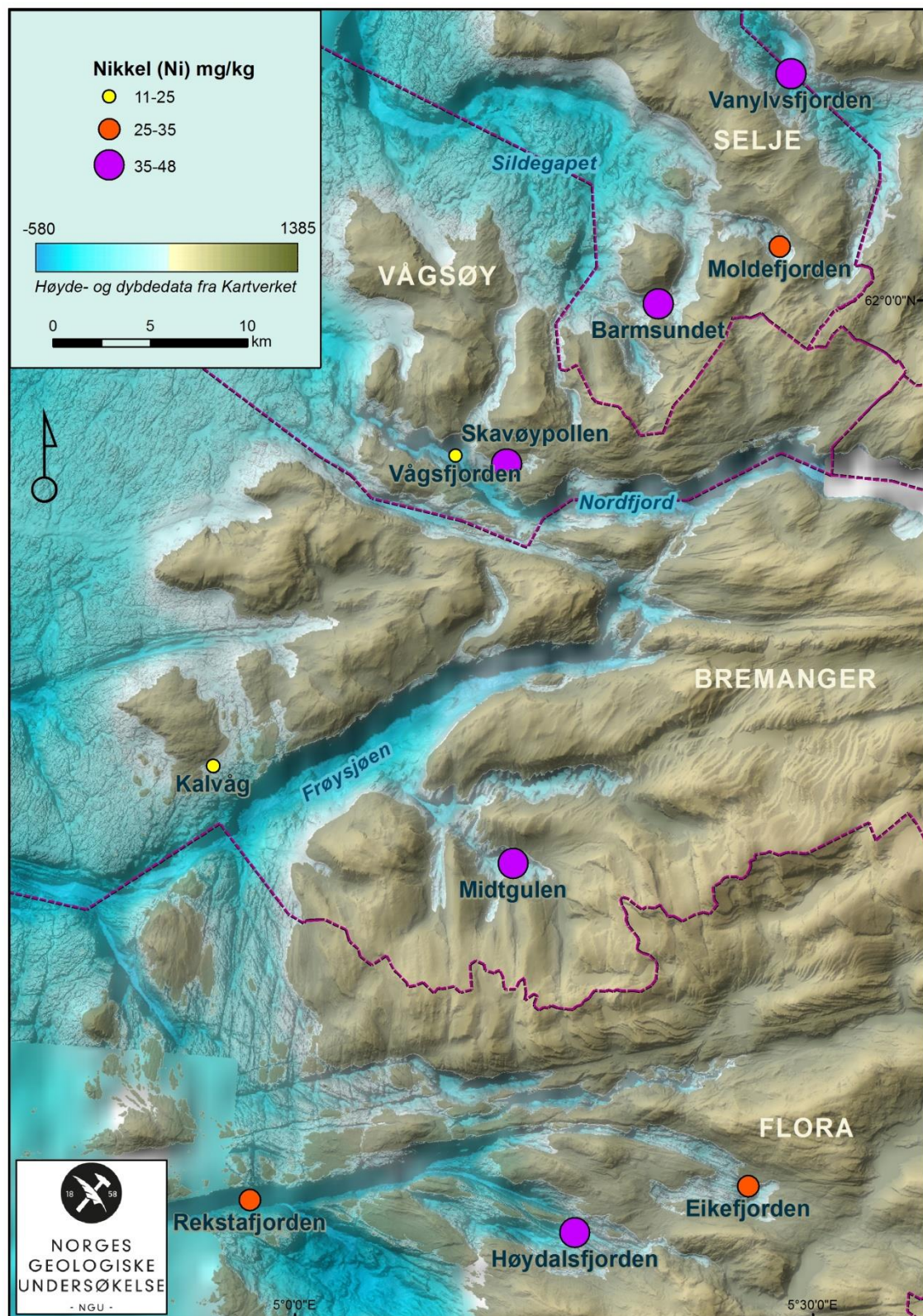


Figur 12b. Kvikksølvkonsentrasjon i overflatesedimentene klassifisert i henhold til Vannforskriften.



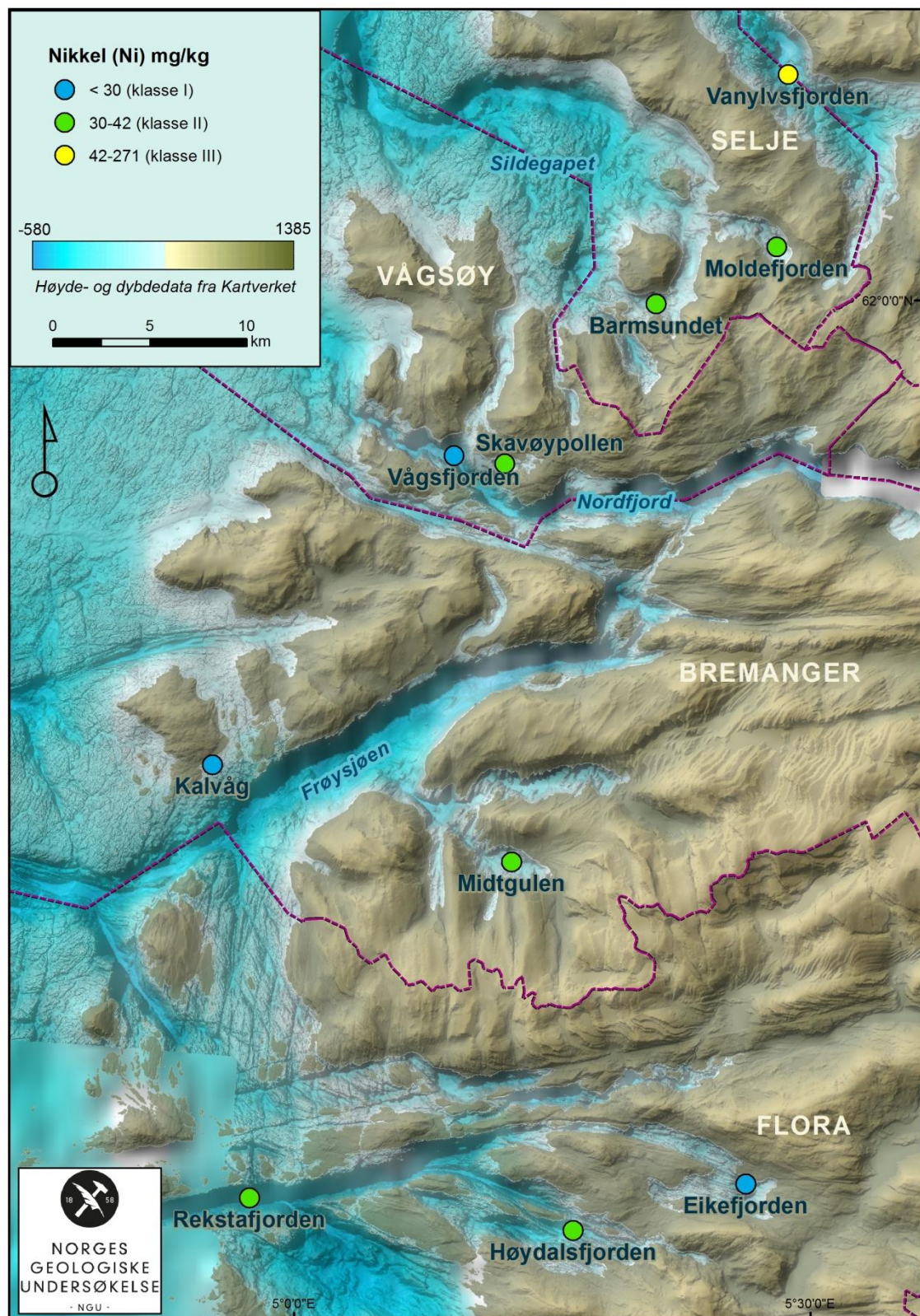
### 3.2.7 Nikkel (Ni)

Ni-konsentrasjonen i overflateprøver varierer fra 13,1 til 48 mg/kg (Figur 13a). Prøvene fra Vanylvsfjorden (48 mg/kg), Barmsundet (41,5 mg/kg) og Høydalsfjorden (40,5 mg/kg) har høyest nikkelverdier. Figur 13b viser at Ni-konsentrasjon i Vanylvsfjorden tilsvarer tilstandsklasse III (42-271 mg/kg, moderat), mens 6 prøver tilsvarer tilstandsklasse II (30-42 mg/kg sediment, god) og 3 prøver er i 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 i silt- og leirpartikler. Kun i Vanylvsfjorden er det registrert noe høyere Ni-verdier i de øverste 8 cm som ikke kan forklares med naturlige variasjoner i sedimentene, og som sannsynligvis er et tegn på Ni-forurensning. Forholdsvis høye Ni-konsentrasjoner (35-43 mg/kg; tilsvarende tilstandsklasser II og III) er registrert i nedre deler av kjernen fra Rekstafjorden, Høydalsfjorden, Midtgulen, Skavøypollen, Moldefjorden, Barmsundet og Vanylvsfjorden, det vil si i intervaller som sannsynligvis ikke er påvirket av forurensning. Dette viser at sedimentene i området har forholdsvis høye naturlige Ni-verdier.



Figur 13a. Nikkelkonsentrasjon i overflatesedimentene.



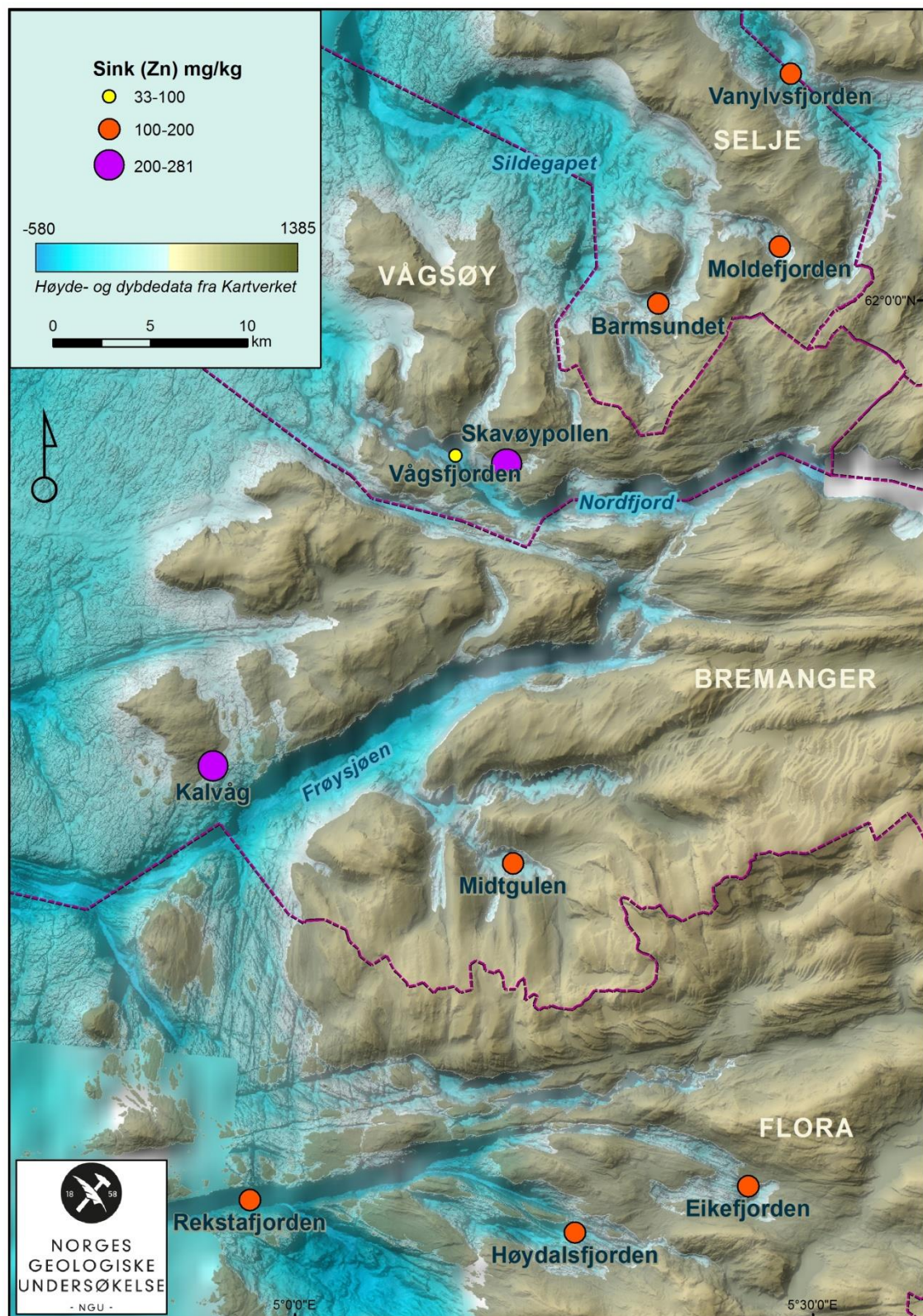


Figur 13b. Nikkelkonsentrasjon i overflatesedimentene klassifisert i henhold til Vannforskriften.

### 3.2.8 Sink (Zn)

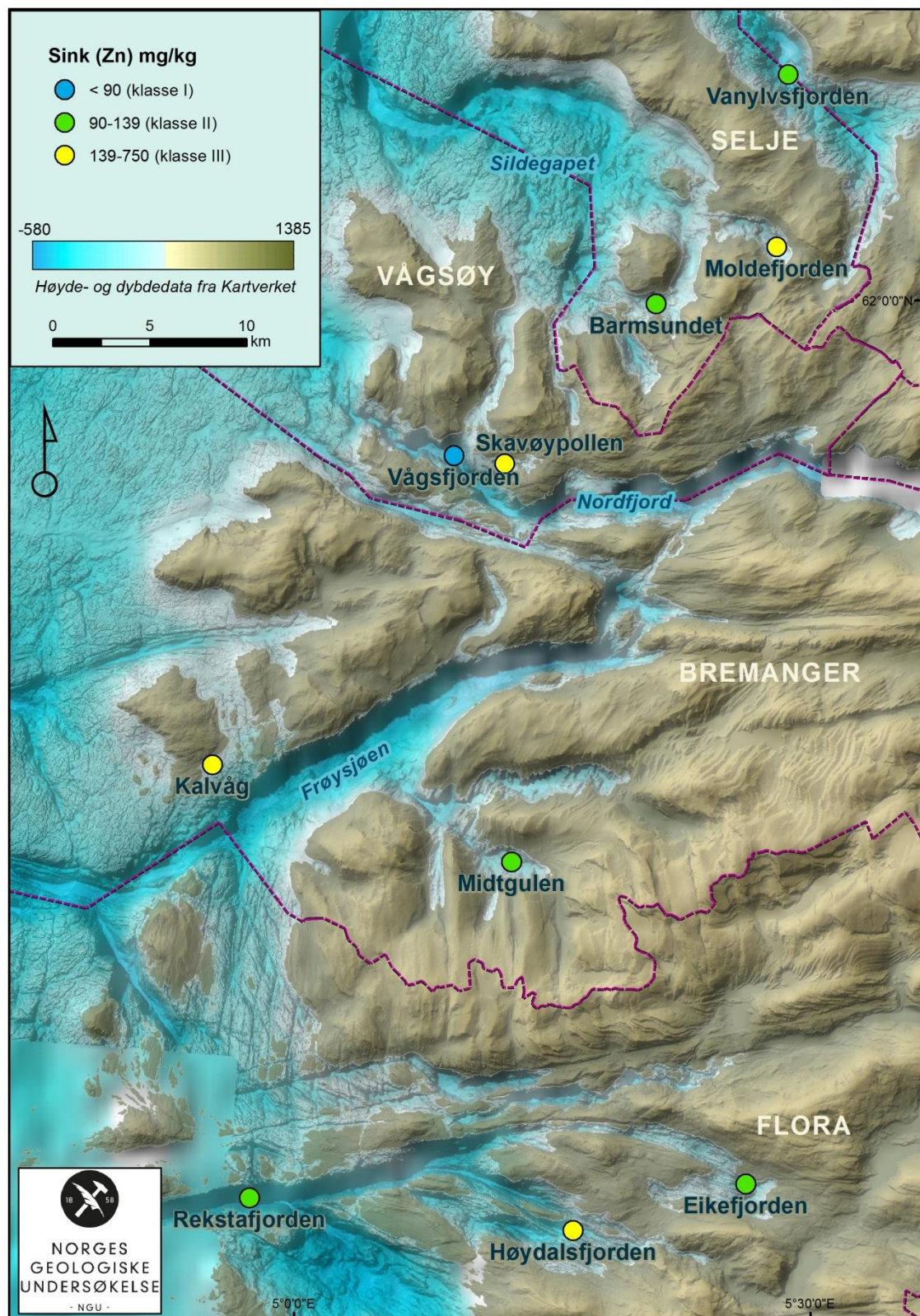
Zn-konsentrasjonen varierer fra 33,2 til 281 mg/kg (Figur 14a), med de høyeste verdier i prøvene fra Kalvåg (281 mg/kg) og Skavøypollen (244 mg/kg). Klassifisert etter Miljødirektoratets grenseverdier (Figur 14b) plasserer en prøve seg i tilstandsklasse I (<90 mg/kg sediment, bakgrunn), mens fem tilhører tilstandsklasse II (90-139 mg/kg sediment, god) og fire tilsvarer tilstandsklasse III (139-750 mg/kg sediment, moderat). Stratigrafiske profiler (Figur 21-30) viser en tydelig økning av Zn-konsentrasjonen i de øverste 10-20 cm i alle sedimentkjernene unntatt kjernen fra Vågsfjorden. Dette viser at de øverste 20 cm av sedimentkjernene kan være påvirket av Zn-forurensing.





Figur 14a. Sinkkonsentrasjon i overflatesedimentene.



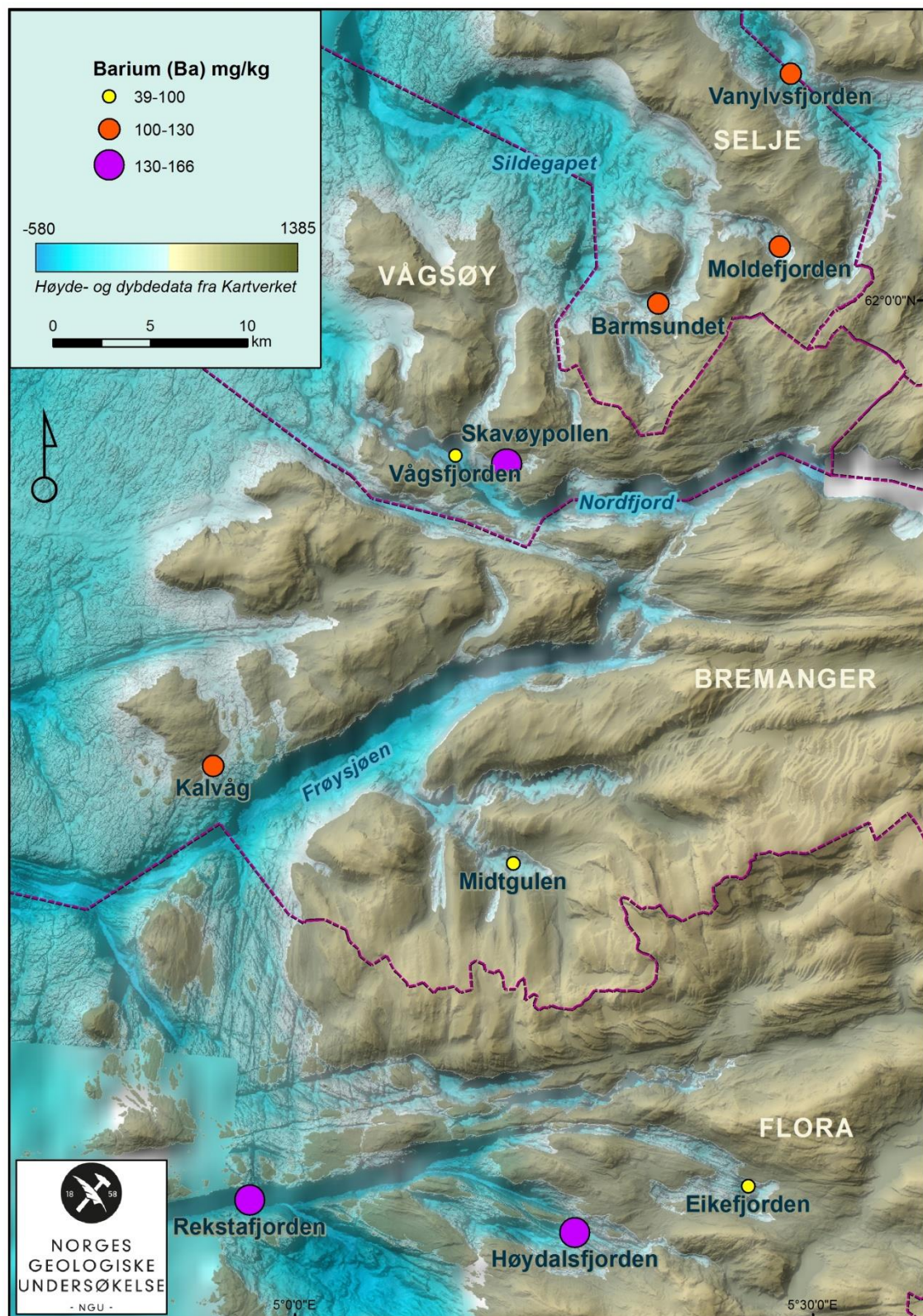


Figur 14b. Sinkkonsentrasjon i overflatesedimentene klassifisert i henhold til Vannforskriften.



### 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 39,3 til 166 mg/kg (Figur 16) og stratigrafiske profiler (Figur 21-30) viser en svak økning i de øverste sedimentlagene i Rekstafjorden, Midtgulen, Kalvåg, Skavøypollen og Barmsundet. Miljødirektoratet har ikke utarbeidet grenseverdier for barium.



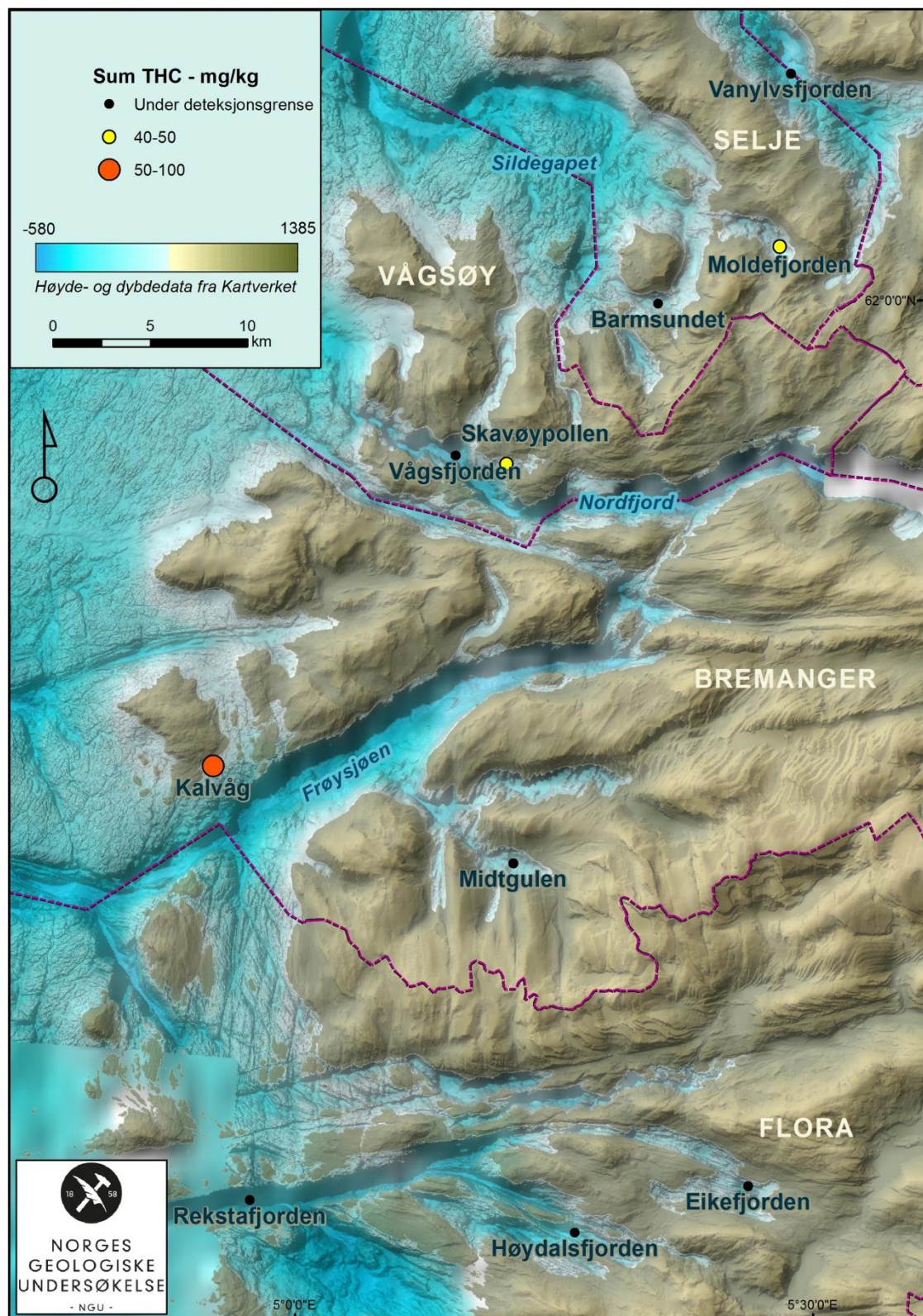
Figur 15. Bariumkonsentrasjon i overflatesedimentene.



### 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 ( $C_5$ - $C_8$ ) til tunge ( $C_{16}$ - $C_{35}$ ) hydrokarbonforbindelser. I studieområdet er det kun funnet målbare nivåer ( $>40$  mg/kg) av de tyngre hydrokarbonene ( $C_{16}$ - $C_{35}$ ). Lette og middelstunge hydrokarboner er alle under laboratoriets deteksjonsgrense på 5 mg/kg.

Figur 16 viser at THC-verdiene er under deteksjonsgrensen for 7 av 10 overflateprøver. I Kalvåg er verdien 100 mg/kg, mens i Skavøypollen er verdien 49 mg/kg og i Moldefjorden 49 mg/kg. Miljødirektoratet har ikke utarbeidet grenseverdier for THC.



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



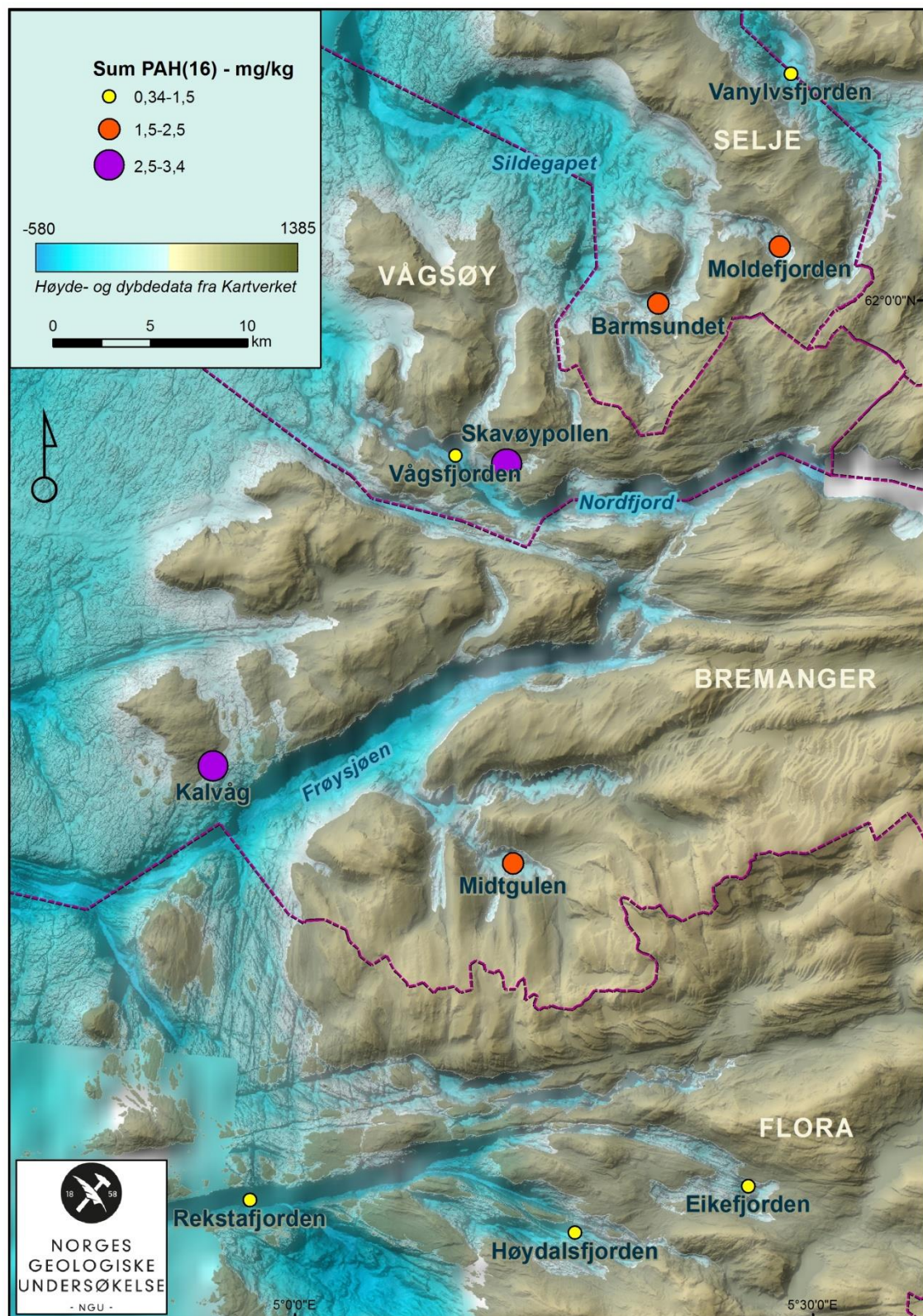
### 3.2.11 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH<sub>16</sub>) og benzo(a)pyren

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 tillegg konsentrasjonen av benzo(a)pyren. Figur 17a viser at det finnes målbare nivåer av PAH<sub>16</sub>-forbindelser i alle de analyserte overflateprøver. De høyeste konsentrasjonene er funnet i Kalvåg og Skavøypollen som inneholder henholdsvis 3,3 og 3,4 mg/kg PAH<sub>16</sub>-forbindelser.

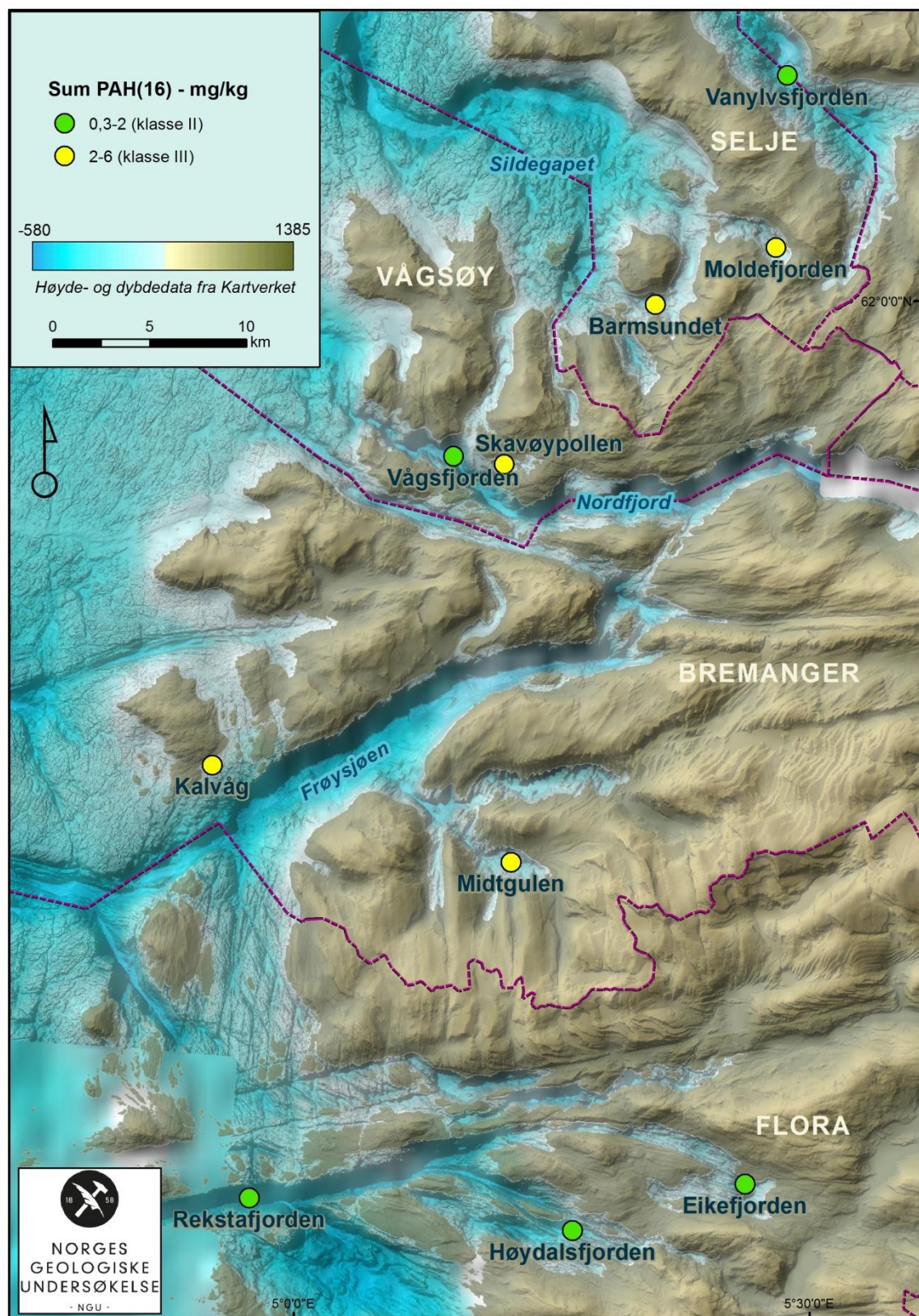
I henhold til Miljødirektoratets veileder M-608 (2016) føres det ikke lenger tilstandsklasser for Sum PAH<sub>16</sub>-konsentrasjoner, men kun for enkeltforbindelser som benzo(a)pyren. For å kunne sammenlikne resultatene fra studieområdet med andre norske fjorder bruker vi derfor etter anbefaling fra Miljødirektoratet deres veileder TA-2229/2007 (SFT 2007) til klassifisering. Grenseverdiene oppgitt i denne veilederen gir en klassifisering som vist i Figur 17b, der nivåer av PAH<sub>16</sub> i 5 prøver havner i tilstandsklasse II (0,3-2 mg/kg sediment, god), mens 5 stasjoner får tilstandsklasse III (2-6 mg/kg sediment, moderat).

Den høyeste benzo(a)pyren konsentrasjonen (0,27 mg/kg) er funnet i Kalvåg og Skavøypollen (Figur 18a) som tilsvarer tilstandsklasse IV (0,23-13,1 mg/kg sediment, dårlig). De øvrige 8 lokalitetene plasserer seg i tilstandsklasse II (0,006-0,183 mg/kg sediment, god), som vist i Figur 18b.



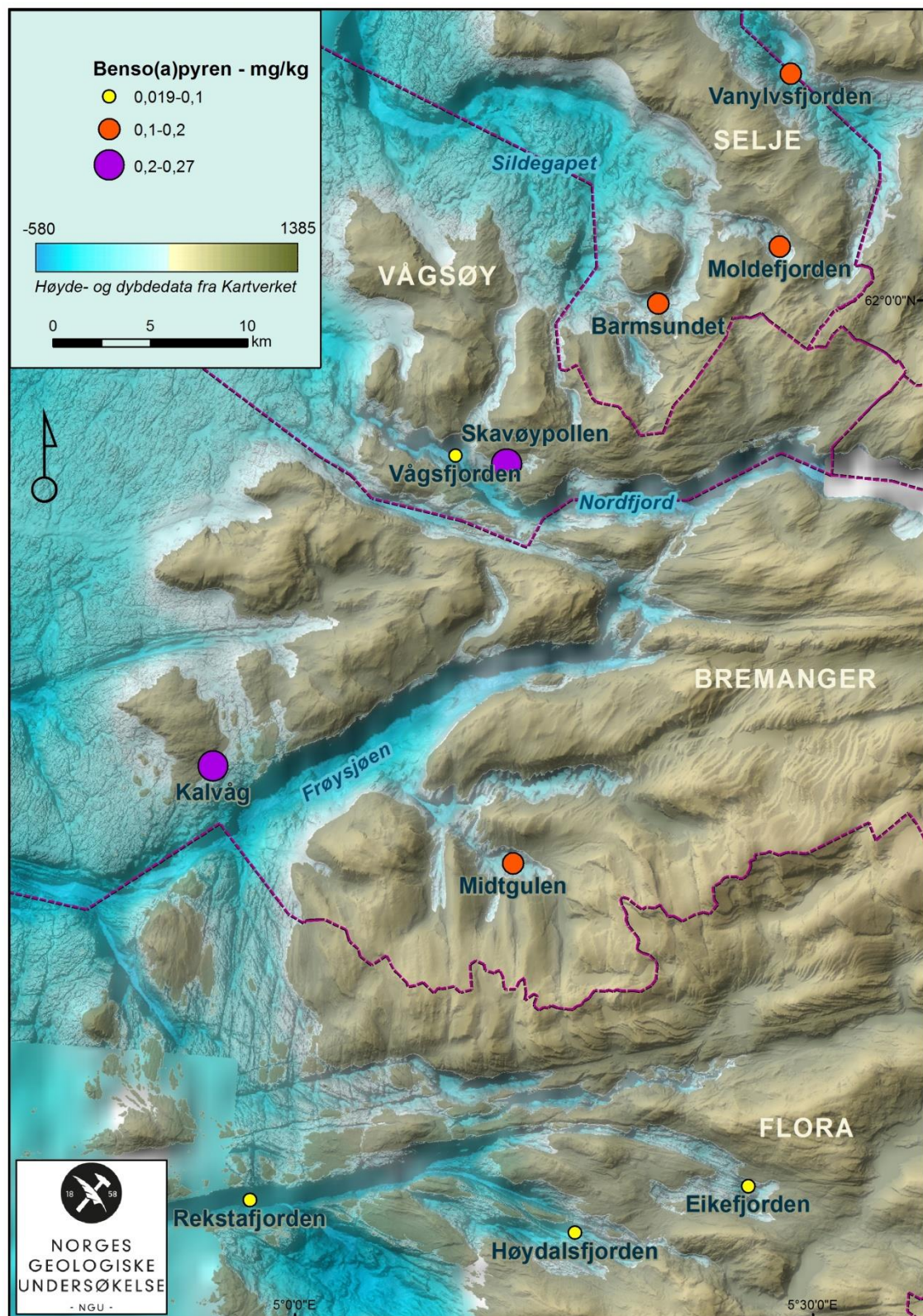
Figur 17a. PAH<sub>16</sub>-konsentrasjon i overflatesedimentene.





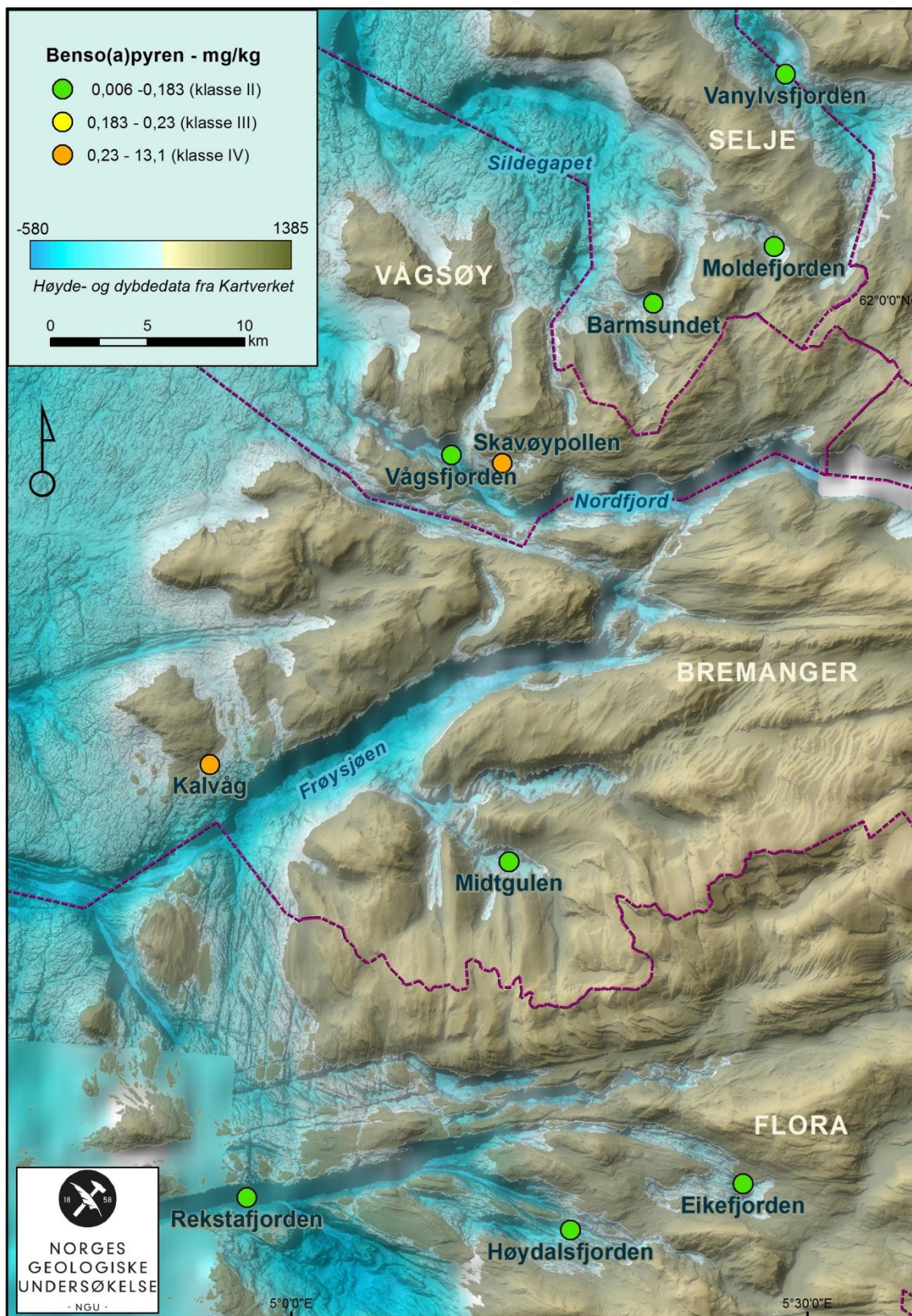
Figur 17b. PAH<sub>16</sub>-konsentrasjon i overflatesedimentene klassifisert i henhold til Miljødirektoratets veileder TA-2229/2007 (2007).





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





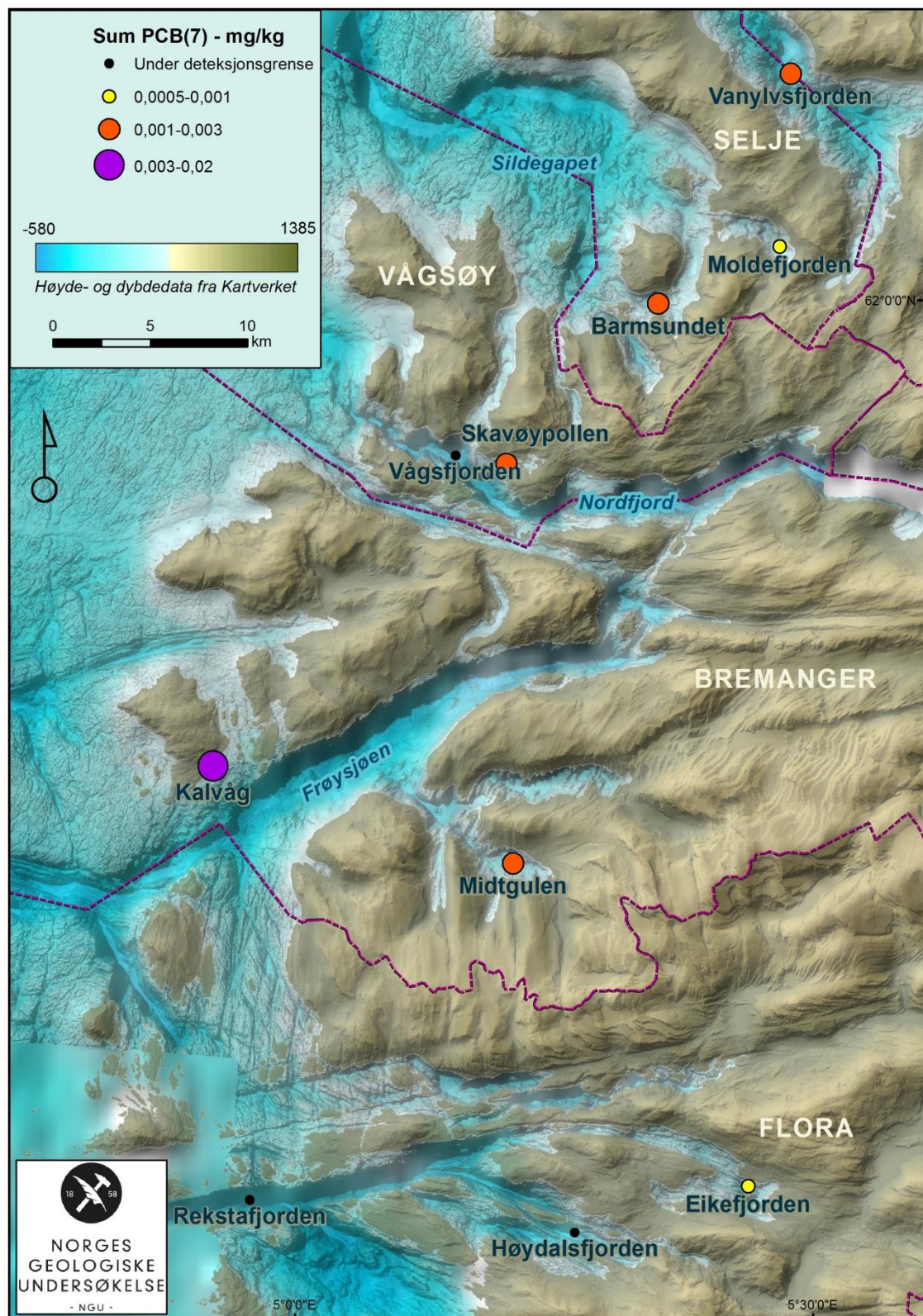
Figur 18b. Benzo(a)pyrenkonsentrasjon i overflatesedimentene klassifisert i henhold til Vannforskriften.

### 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.

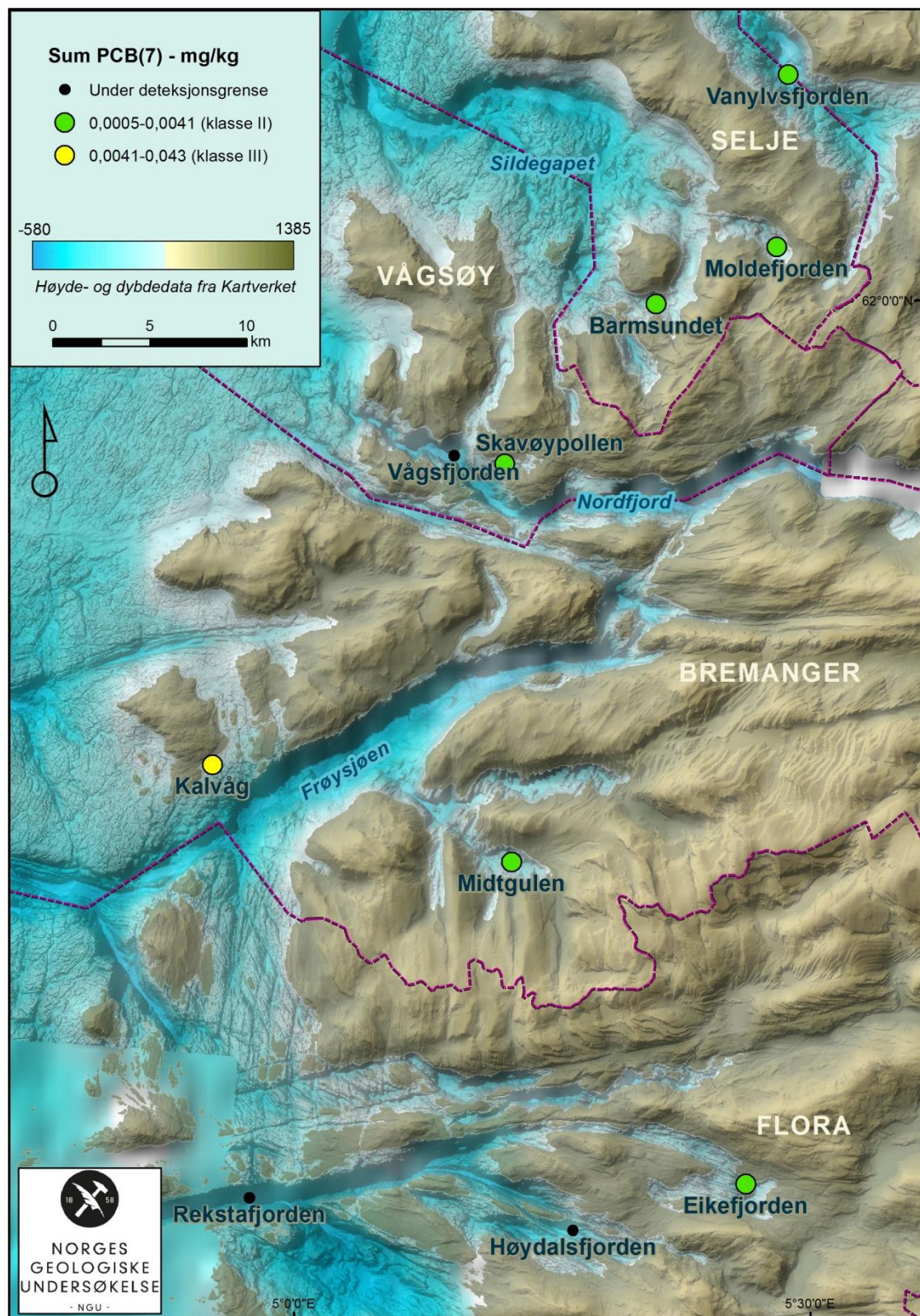
I studieområdet er det registrert målbare konsentrasjoner ( $>0,0005$  mg/kg sediment) av PCB<sub>7</sub> på 7 av 10 stasjoner (Figur 19a). Prøven fra Kalvåg har den høyeste verdien, 0,02 mg/kg. Dette tilsvarer Miljødirektoratets tilstandsklasse III (0,0041-0,043 mg/kg sediment, moderat). Det er ikke fastsatt noen grenseverdi for tilstandsklasse I (bakgrunn), så alle de øvrige 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.

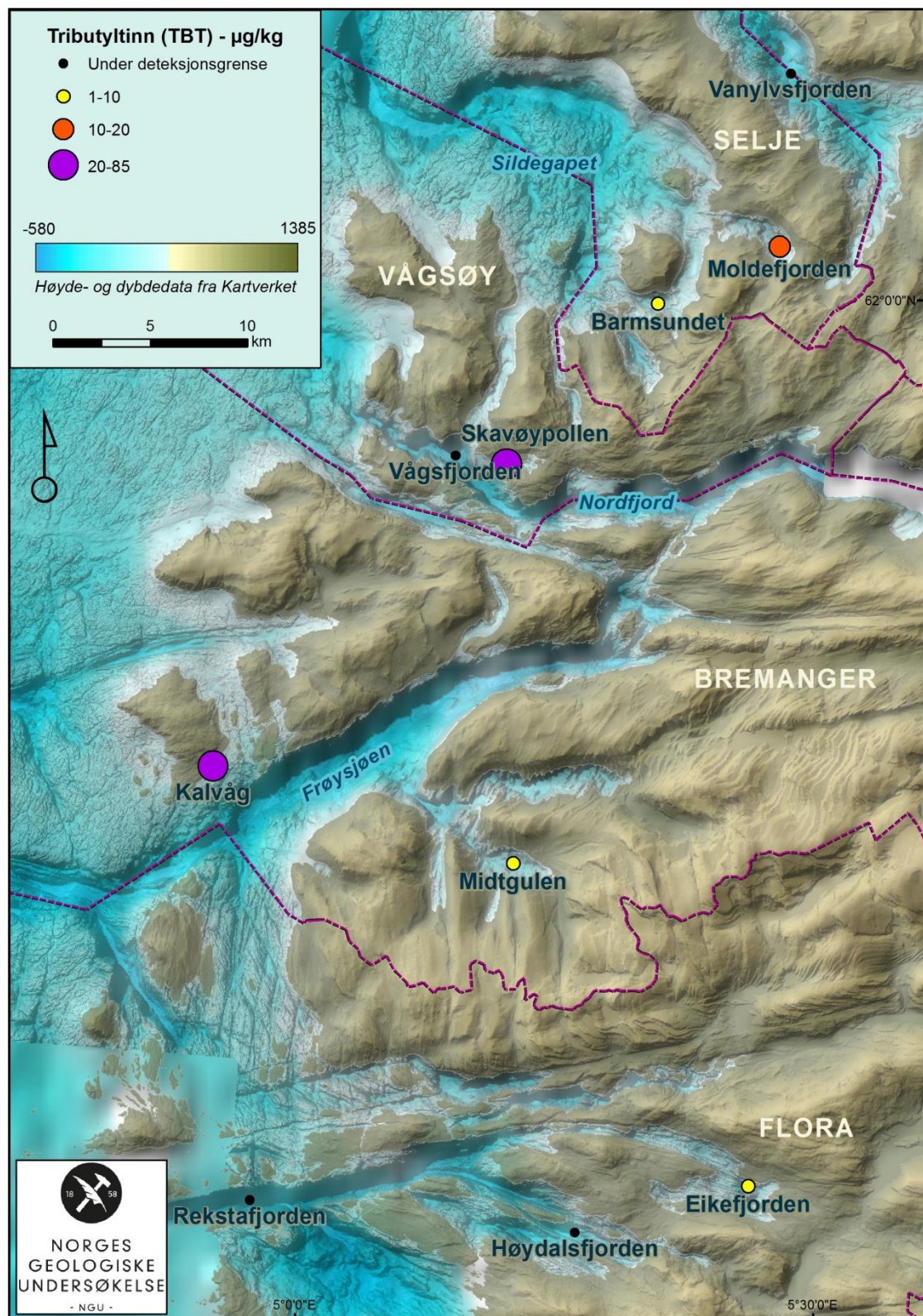


### 3.2.13 Tributyltinn (TBT)

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 fire prøver med TBT-konsentrasjon lavere enn laboratoriets deteksjonsgrense på 1 µg/kg stasjon. Høyeste TBT-konsentrasjon er registrert i Kalvåg (85 µg/kg) og Skavøypollen (41 µg/kg) (Figur 20a).

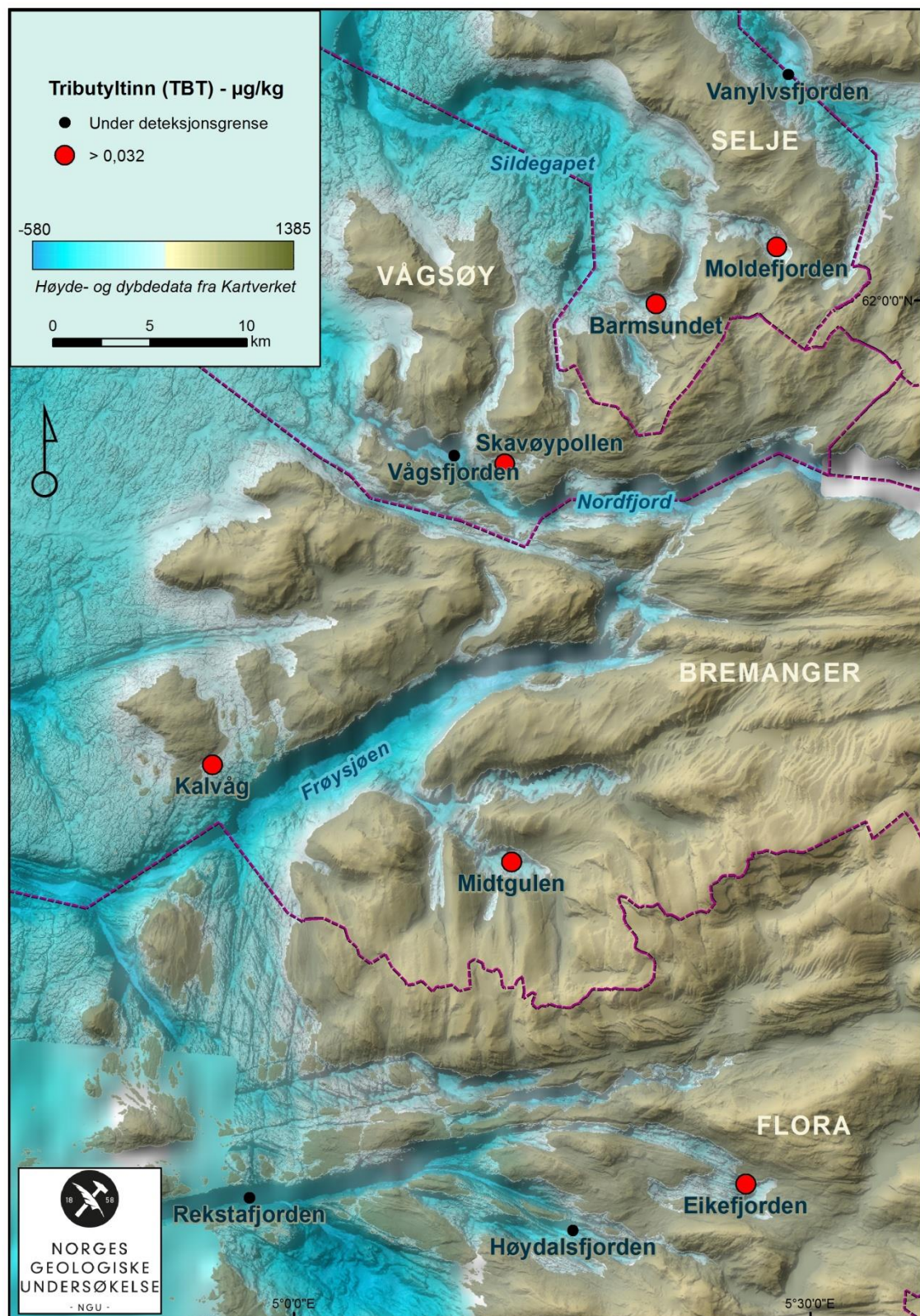
Figur 20b viser at alle stasjoner med målbar konsentrasjon av TBT havner i klasse V (>0,032 µg/kg sediment, svært dårlig). Vi har ikke grunnlag for å klassifisere noen av de øvrige prøvene.

Miljødirektoratet har i henhold til EUs Vanndirektiv satt alle grenseverdiene for klassifikasjon 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 (Statens forurensningstilsyns veileder TA-2229/2007). Ved bruk av disse grenseverdiene vil prøver fra Kalvåg og Skavøypollen plassere seg i klasse IV (dårlig) mens de øvrige fire målbare TBT verdier vil tilhøre klasse III (moderat) (se Tabell 3).

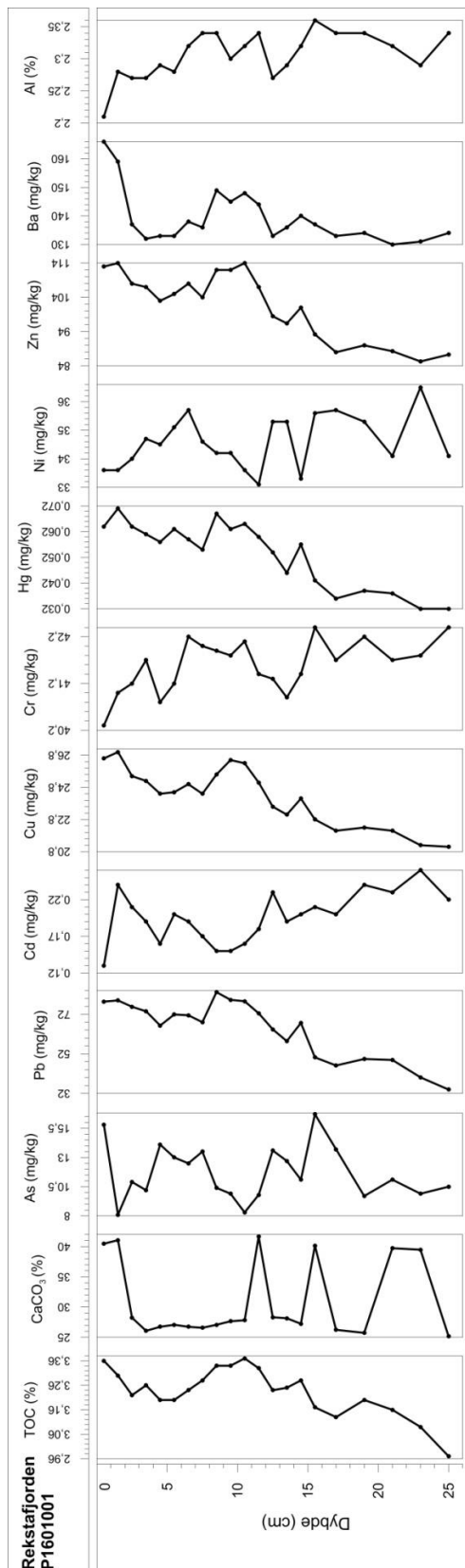


Figur 20a. Tributyltinnkonsentrasjon i overflatesedimentene.



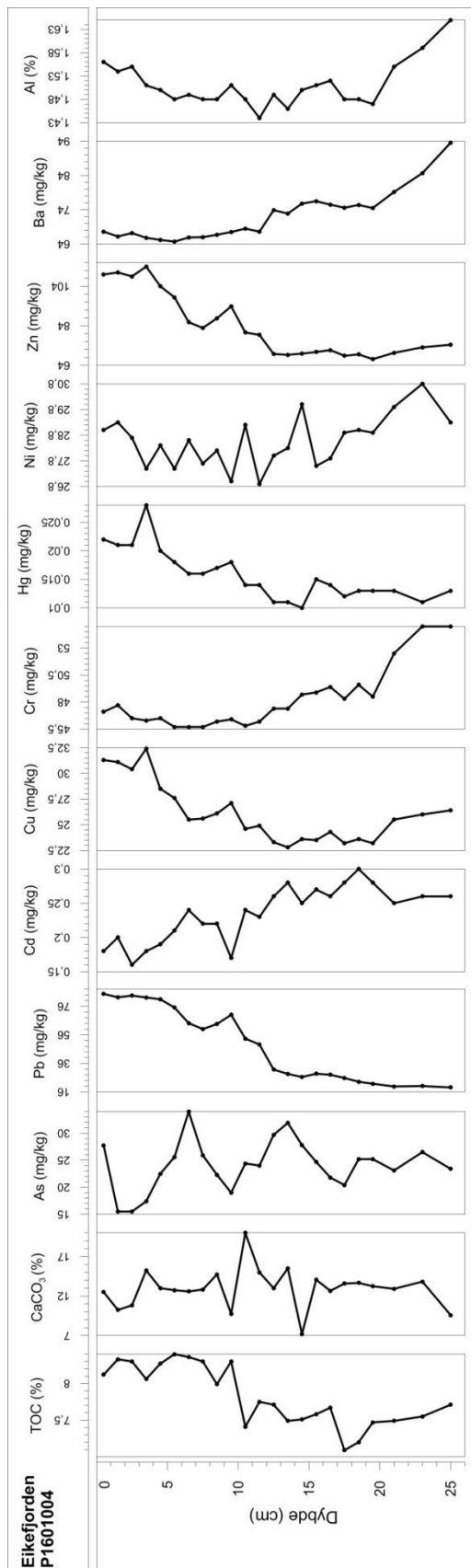


Figur 20b. Tributyltinnkonsentrasjon i overflatesedimentene klassifisert i henhold til Vannforskriften.

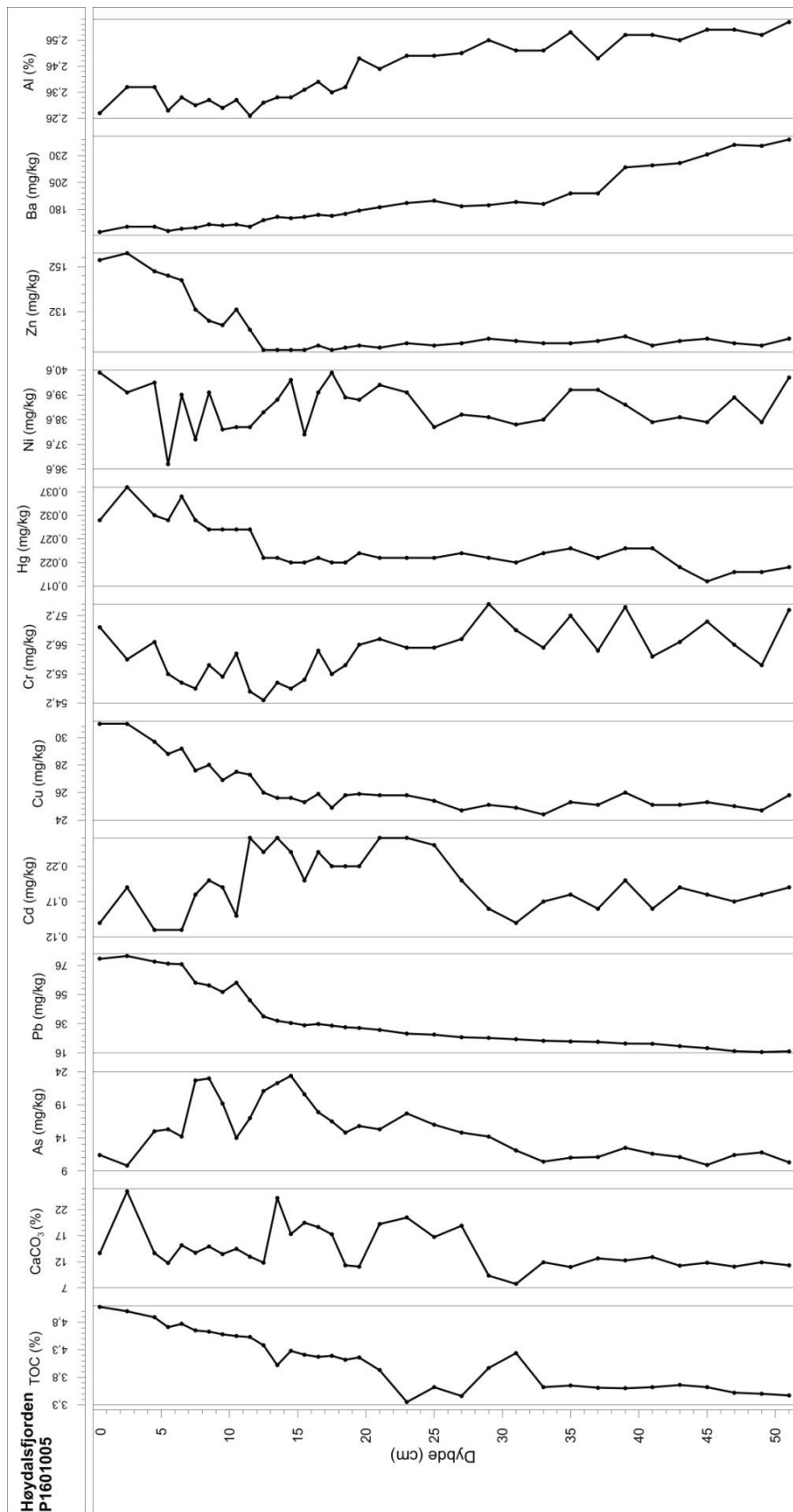


Figur 21. Stratigrafiske profiler av totalt organisk karbon (TOC), karbonat (CaCO<sub>3</sub>), arsen (As), bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu), krom (Cr), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni), sink (Zn), barium (Ba) og aluminium (Al) i kjerne P1601001 fra Rekstafjorden.



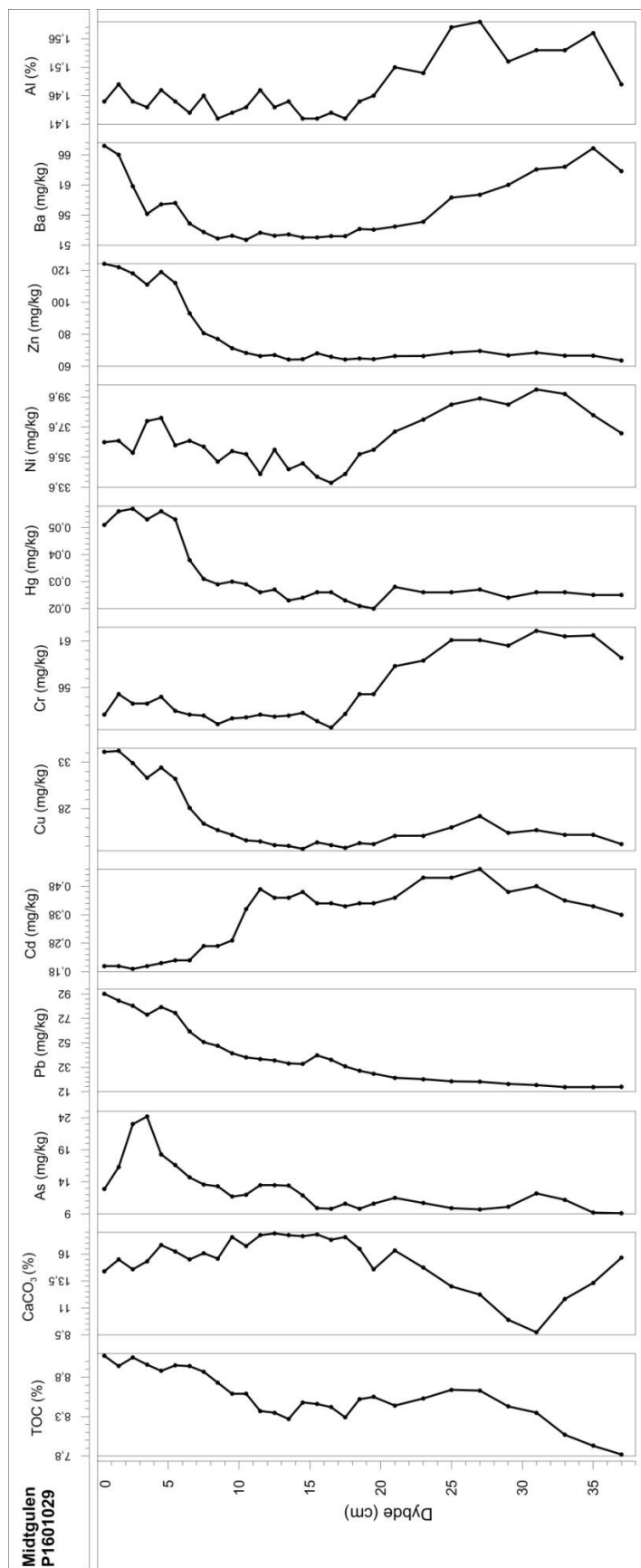


Figur 22. Stratigrafiske profiler av totalt organisk karbon (TOC), karbonat (CaCO<sub>3</sub>), arsen (As), bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu), krom (Cr), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni), sink (Zn), barium (Ba) og aluminium (Al) i kjerne P1601004 fra Eikefjorden.

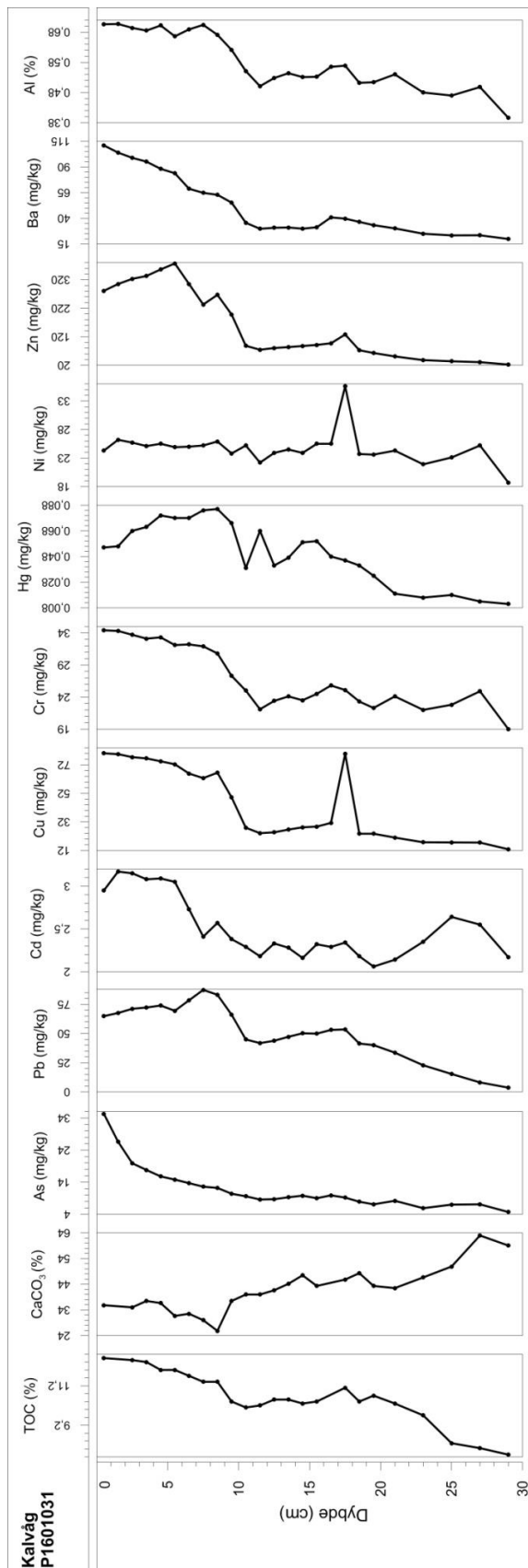


Figur 23. Stratigrafiske profiler av totalt organisk karbon (TOC), karbonat (CaCO<sub>3</sub>), arsen (As), bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu), krom (Cr), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni), sink (Zn), barium (Ba) og aluminium (Al) i kjerne P1601005 fra Høydalsfjorden.



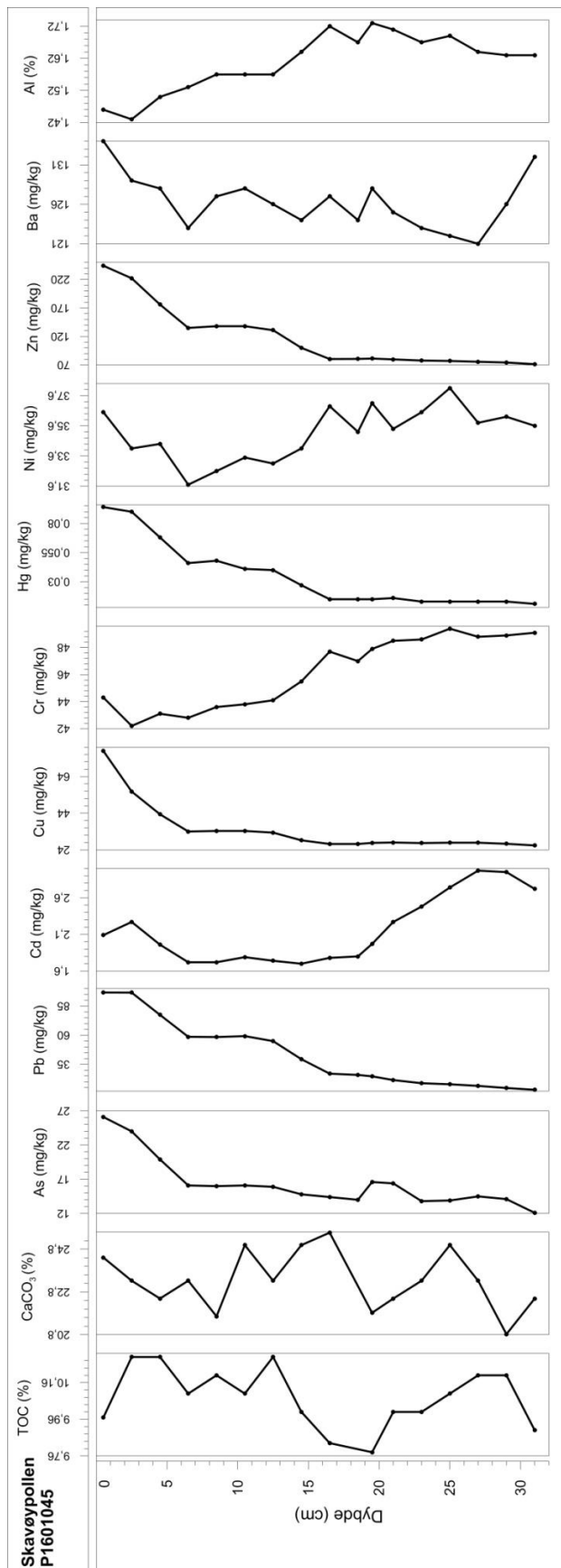


Figur 24. Stratigrafiske profiler av totalt organisk karbon (TOC), karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), arsen (As), bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu), krom (Cr), kvikksølv (Hg), nikkell (Ni), sink (Zn), barium (Ba) og aluminium (Al) i kjerne P1601029 fra Midtgulen.

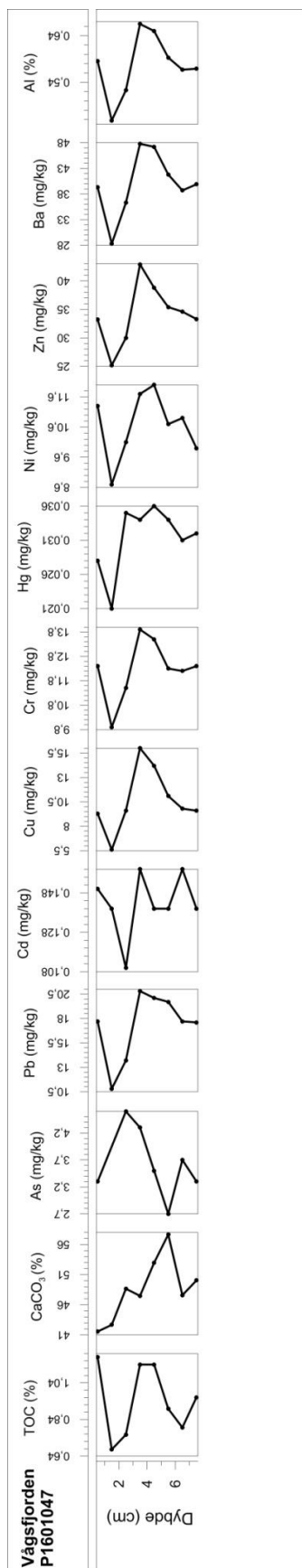


Figur 25. Stratigrafiske profiler av totalt organisk karbon (TOC), karbonat (CaCO<sub>3</sub>), arsen (As), bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu), krom (Cr), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni), sink (Zn), barium (Ba) og aluminium (Al) i kjerne P1601031 fra Kalvåg.



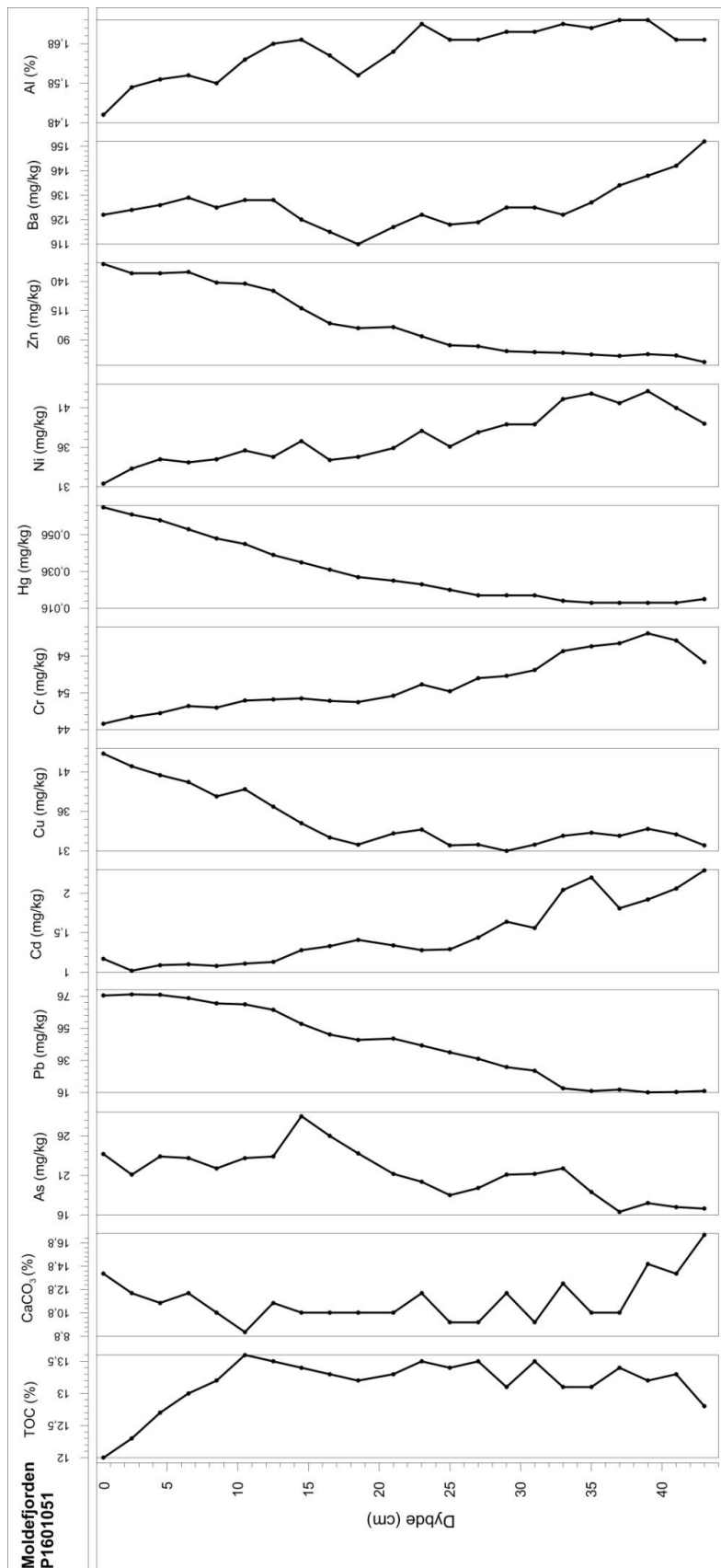


Figur 26. Stratigrafiske profiler av totalt organisk karbon (TOC), karbonat (CaCO<sub>3</sub>), arsen (As), bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu), krom (Cr), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni), sink (Zn), barium (Ba) og aluminium (Al) i kjerne P1601045 fra Skavøypollen.

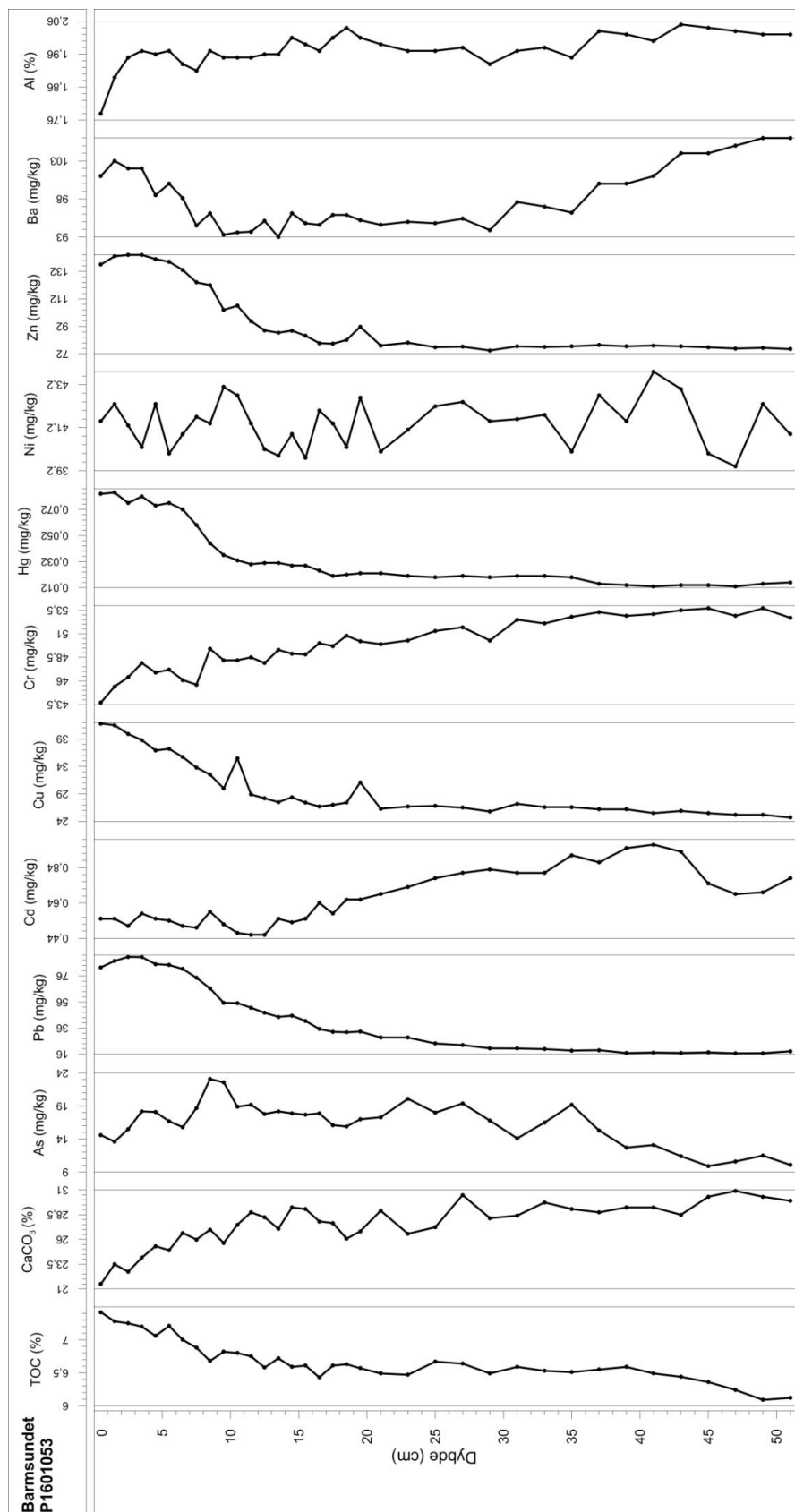


Figur 27. Stratigrafiske profiler av totalt organisk karbon (TOC), karbonat (CaCO<sub>3</sub>), arsen (As), bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu), krom (Cr), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni), sink (Zn), barium (Ba) og aluminium (Al) i kjerne P1601047 fra Vågsfjorden.



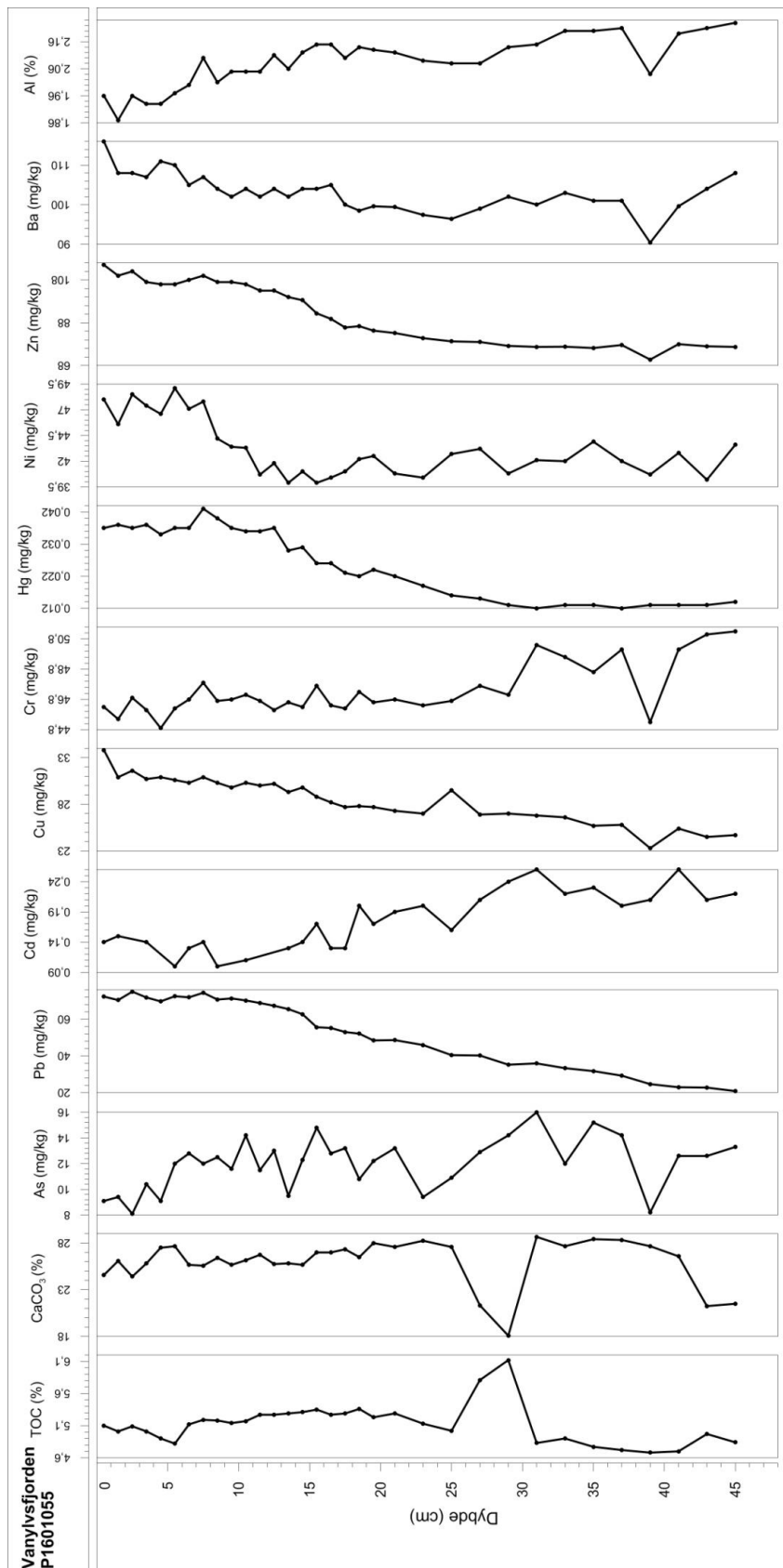


Figur 28. Stratigrafiske profiler av totalt organisk karbon (TOC), karbonat (CaCO<sub>3</sub>), arsen (As), bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu), krom (Cr), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni), sink (Zn), barium (Ba) og aluminium (Al) i kjerne P1601051 fra Moldefjorden.



Figur 29. Stratigrafiske profiler av totalt organisk karbon (TOC), karbonat (CaCO<sub>3</sub>), arsen (As), bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu), krom (Cr), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni), sink (Zn), barium (Ba) og aluminium (Al) i kjerne P1601053 fra Barmsundet.





Figur 30. Stratigrafiske profiler av totalt organisk karbon (TOC), karbonat (CaCO<sub>3</sub>), arsen (As), bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu), krom (Cr), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni), sink (Zn), barium (Ba) og aluminium (Al) i kjerne P1601055 fra Vanylvsfjorden.

**Tabell 2. Minimums- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen, barium og litium (dybdeintervallet 0-1 cm) og organiske miljøgifter (dybdeintervaller 0-9 cm) i overflateprøver av marine sedimenter i kommunene Flora, Bremanger, Vågsøy og Selje.**

| Kjemisk stoff              | Minimum  | Maksimum |
|----------------------------|----------|----------|
| Arsen (As) [mg/kg]         | 3,3      | 35,3     |
| Bly (Pb) [mg/kg]           | 17,7     | 96,6     |
| Kadmium (Cd) [mg/kg]       | 0,13     | 2,95     |
| Kobber (Cu) [mg/kg]        | 9,3      | 80,1     |
| Krom (Cr) [mg/kg]          | 12,4     | 56,8     |
| Kvikksølv (Hg) [mg/kg]     | 0,028    | 0,094    |
| Nikkel (Ni) [mg/kg]        | 11,3     | 48       |
| Sink (Zn) [mg/kg]          | 33,2     | 281      |
| Barium (Ba) [mg/kg]        | 39,3     | 166      |
| Litium (Li) [mg/kg]        | 8,75     | 31,4     |
| THC [mg/kg]                | < 20     | 100      |
| PAH <sub>16</sub> [mg/kg]  | 0,34     | 3,4      |
| B(a)p [mg/kg]              | 0,05     | 0,27     |
| PCB <sub>7</sub> [mg/kg]   | < 0,0005 | 0,02     |
| Tributyltinn (TBT) [µg/kg] | < 1      | 85       |



**Tabell 3. Grenseverdier for klassifisering av tungmetaller og organiske miljøgifter i sediment, basert på Miljødirektoratets veileder M-608 (2016) som følger EUs Vanddirektiv 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 (0-1 cm for metaller og ca. 0-9 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 Veileder TA-2229/2007 (Molvær m. fl. 1997; SFT 2007; Bakke m. fl. 2010.)**

| Parameter   |                                | Forurensningsnivå  |                  |                   |                  |                      |
|---|--------------------------------|--------------------|------------------|-------------------|------------------|----------------------|
|   | Under<br>deteksjons<br>-grense | I<br>Bak-<br>grunn | II<br>God        | III<br>Moderat    | IV<br>Dårlig     | V<br>Svært<br>dårlig |
| Arsen (mg/kg TS)<br>As                              |                                | < 15<br>5          | 15-18<br>1       | 18-71<br>4        | 71-580<br>0      | > 580<br>0           |
| Bly (mg/kg TS)<br>Pb                                |                                | < 25<br>1          | 25-150<br>9      | 150-1480<br>0     | 1480-2000<br>0   | 2000-2500<br>0       |
| Kadmium (mg/kg )<br>Cd                              |                                | < 0,2<br>6         | 0,2-2,5<br>3     | 2,5-16<br>1       | 16-157<br>0      | > 157<br>0           |
| Kobber (mg/kg TS)<br>Cu                             |                                | < 20<br>1          | 20-84<br>9       | 84-84<br>0        | 84-147<br>0      | > 147<br>0           |
| Krom (mg/kg TS)<br>Cr                               |                                | < 60<br>10         | 60-660<br>0      | 660-6000<br>0     | 6000-15500<br>0  | 15500-<br>25000<br>0 |
| Kvikksølv (mg/kg )<br>Hg                            |                                | < 0,05<br>4        | 0,05-0,52<br>6   | 0,52-0,75         | 0,75-1,45        | > 1,45               |
| Nikkel (mg/kg TS)<br>Ni                             |                                | < 30<br>3          | 30-42<br>7       | 42-271<br>0       | 271-533<br>0     | > 533<br>0           |
| Sink (mg/kg TS)<br>Zn                               |                                | < 90<br>1          | 90-139<br>5      | 139-750<br>4      | 750-6690<br>0    | > 6690<br>0          |
| PAH <sub>16</sub> (mg/kg TS),<br>forvaltningsmessig |                                | < 0,3<br>0         | 0,3-2<br>5       | 2-6<br>5          | 6-20<br>0        | > 20<br>0            |
| B(a)p (mg/kg TS)                                    |                                | < 0,006<br>0       | 0,006-0,183<br>8 | 0,183-0,230<br>0  | 0,230-13,1<br>2  | > 13,1<br>0          |
| PCB <sub>7</sub> (mg/kg TS)                         | < 0,0005<br>3                  |                    | < 0,0041<br>6    | 0,0041-0,043<br>1 | 0,043-0,43<br>0  | > 0,43<br>0          |
| TBT (µg/kg TS),<br>forvaltningsmessig               | < 1<br>4                       | < 1<br>0           | 1-5<br>0         | 5-20<br>4         | 20-100<br>2      | > 100<br>0           |
| TBT (µg/kg TS),<br>EUs Vanddirektiv                 | < 1<br>4                       |                    | < 0,002<br>0     | 0,002-0,016<br>0  | 0,016-0,032<br>0 | > 0,032<br>6         |

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

| Kjerne   | Lokalitet      | As  | Pb | Cd | Cu | Cr | Hg | Ni  | Zn | Ba  |
|----------|----------------|-----|----|----|----|----|----|-----|----|-----|
| P1601001 | Rekstafjorden  | +/- | +  | -  | +  | -  | +  | -   | +  | +   |
| P1601004 | Eikefjorden    | -   | +  | -  | +  | -  | +  | -   | +  | -   |
| P1601005 | Høydalsfjorden | -   | +  | -  | +  | -  | +  | +/- | +  | -   |
| P1601029 | Midtgulen      | +/- | +  | -  | +  | -  | +  | -   | +  | +   |
| P1601031 | Kalvåg         | +   | +  | +  | +  | -  | +  | -   | +  | +   |
| P1601045 | Skavøypollen   | +   | +  | -  | +  | -  | +  | +/- | +  | +/- |
| P1601047 | Vågsfjorden    | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -  | -   |
| P1601051 | Moldefjorden   | +/- | +  | -  | +  | -  | +  | -   | +  | -   |
| P1601053 | Barmsundet     | -   | +  | -  | +  | -  | +  | -   | +  | +   |
| P1601055 | Vanylvsfjorden | -   | +  | -  | +  | -  | +  | +   | +  | -   |

#### 4. OPPSUMMERING

NGU har utført geokjemiske og sedimentologiske undersøkelser av 10 sedimentkjerner fra ulike sedimentbasseng i kommunene Selje, Vågsøy, Bremanger og Flora. Målet med undersøkelsen har vært å skaffe en oversikt over de naturlige sedimentasjonsprosessene i det marine miljøet, og over en eventuell påvirkning fra menneskelig aktivitet i området.

Resultatene viser at slamfraksjonen (kornstørrelse <0,063 mm) dominerer på alle lokaliteter unntatt Vågsfjorden, der sjøbunnssedimentene har høyt innhold av sand (kornstørrelse 0,063-2 mm). Organisk karboninnhold er generelt høyt (>1 %) på alle lokaliteter, med høyest verdier (>9,5 %) i Kalvåg, Skavøypollen og Moldefjorden. De høyeste konsentrasjonene av arsen, kadmium, kobber, sink og kvikksølv, samt de organiske miljøgiftene THC, PCB<sub>7</sub>, B(a)p og TBT er registrert i Kalvåg. De høyeste verdiene av bly, kvikksølv PAH<sub>16</sub> og PCB<sub>7</sub> (PCB<sub>7</sub> like høy som i Kalvåg) er registrert i Skavøypollen. En mulig årsak til forholdsvis høye verdier i Kalvåg og Skavøypollen 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 Rekstafjorden og Vågsfjorden.

Innholdet av uorganiske miljøgifter i de øverste centimeterne av sedimentene 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 (3 lokaliteter), kadmium (1 lokalitet) og sink (4 lokaliteter).

Kadmium, krom og nikkel i havbunnssedimentene er hovedsakelig bundet til naturlige silt- og leirpartikler, og fordelingen av disse metallene i sedimentene er i stor grad kontrollert av bergarts sammensetningen i regionen. Enkelte forhøyede kadmiumverdier i Kalvåg og



nikkelverdier i Vanylvsfjorden i det øverste 6-7 cm av sjøbunnen kan ikke forklares med naturlig variasjon i sedimenter, og dette tyder på noe kadmium- og nikkelforurensning i disse områdene. Bly, kobber, kvikksølv og sink viser høyere konsentrasjoner i de øverste 20-45 cm i kjerner fra alle lokaliteter (unntatt Vågsfjorden, der sjøbunnssedimenter består av sand og ikke er egnet for tolking av miljøstatus). Dette tyder på utslipp av forurensning i perioden da disse sedimentene ble avsatt (antakelig 50-100 år). Selv om sedimenter 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 ca. 8 cm av sjøbunnssedimentene viser konsentrasjoner tilsvarende klasse II (god) og klasse III (moderat). I enkelte tilfeller er det registrert høyere konsentrasjoner. Det gjelder B(a)p i Kalvåg og Skavøypollen (klasse IV, dårlig) og TBT, som ifølge EUs Vanndirektiv forekommer i konsentrasjoner tilsvarende klasse V (svært dårlig). Klassifisert i henhold til "forvaltningsmessige grenseverdier" for TBT i marine sedimenter (Statens forurensningstilsyns veileder TA-2229/2007) vil TBT-konsentrasjoner i studerte prøver tilsvare klasse III (moderat) og klasse IV (dårlig).

## 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

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 havbunnssedimenter i Ofotfjorden, Tysfjorden og Tjeldsundet. NGU-rapport 2017.047, 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 sjøbunnssedimenter i Astafjordområdet/Sør-Troms. NGU-rapport 2012.002, 37 s.

Miljødirektoratet, 2016. Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota (Veileder M-608). 24 s. <http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M608/M608.pdf>, nedlastet 11. desember 2017.

Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. & Sørensen, J. 1997: Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Veiledning. SFT-rapport 97:03, TA-1467, 36 s.

Statens forurensningstilsyn (SFT) 2007: Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. SFT-veileder 2229, 11 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)