

# Magnetisk Misvisning

## Data & Algoritmer



Kartverket

| Dokument-informasjon |                       |
|----------------------|-----------------------|
| Skrevet av           | Knut Stanley Jacobsen |
| Versjon              | 1.0                   |
| Dato                 | 2021-03-11            |

| <b>Endringslogg</b> |                             |             |
|---------------------|-----------------------------|-------------|
| <b>Versjon</b>      | <b>Beskrivelse</b>          | <b>Dato</b> |
| 0.1                 | Første utkast               | 2020-11-18  |
| 0.2                 | Andre utkast                | 2020-12-08  |
| 0.3                 | Tredje utkast               | 2021-02-18  |
| 1.0                 | Versjon 1, for publisering. | 2021-03-11  |

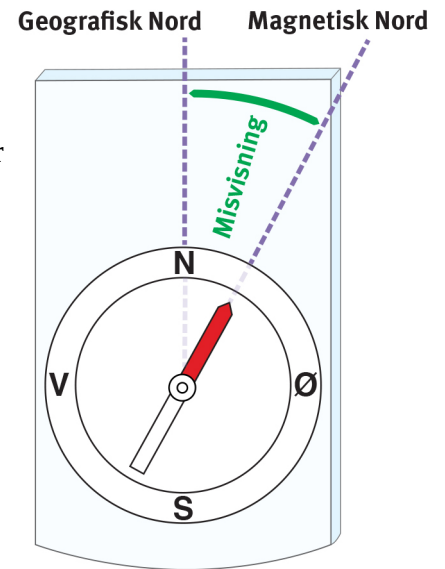
# Innhold

|     |                                      |    |
|-----|--------------------------------------|----|
| 1   | Introduksjon.....                    | 4  |
| 1.1 | Nettside.....                        | 4  |
| 1.2 | API.....                             | 4  |
| 2   | Algoritmer.....                      | 5  |
| 2.1 | Generelt for alle algoritmene.....   | 5  |
| 2.2 | År 1600 - 1869.....                  | 6  |
| 2.3 | År 1870 - 1984.....                  | 7  |
| 2.4 | År 1985 og senere.....               | 8  |
| 2.5 | NB!.....                             | 8  |
| 3   | Data - Oversikt.....                 | 9  |
| 3.1 | Historiske data - 1600 til 1869..... | 9  |
| 3.2 | Historiske data - 1870 til 1984..... | 10 |
| 3.3 | Rutenett av deklinasjon i 1985.....  | 11 |
| 3.4 | Nyere data - 1985 til nå.....        | 12 |
| 4   | Data - Observatorie-målinger.....    | 13 |
| 4.1 | Historiske data - 1600 til 1869..... | 13 |
| 4.2 | Historiske data - 1870 til 1984..... | 15 |

# 1 Introduksjon

Kompassets nordpil peker mot den magnetiske polen, mens informasjon på kart gjerne er oppgitt i forhold til geografisk nordpol. Vinkelen mellom geografisk nord og magnetisk nord kalles misvisning eller deklinasjon.

Misvisningen er ulik avhengig av hvor du befinner deg. Den er heller ikke konstant i tid. Den magnetiske polens beliggenhet og Jordens magnetfelt endrer seg, og dermed vil også misvisningen på de enkelte steder endre seg.



## 1.1 Nettside

Kartverket har en nettside der man kan få beregnet den magnetiske misvisningen: <https://kartverket.no/til-lands/kart/turkart/magnetisk-misvisning>

Figur 1: Skjerm bilde av kalkulatoren på nettsiden for magnetisk misvisning

## 1.2 API

Utrekningen er også tilgjengelig via et API. Dette er oppført i Geonorge (<https://kartkatalog.geonorge.no/metadata/3ee97721-4c90-465d-9b00-0c9fae83a8ff>). Tjenesten fungerer ved at man gjør et https-kall til en nett-tjeneste, og får returnert data som strukturert tekst i JSON-format.

## 2 Algoritmer

For beregning av deklinasjonen brukes det forskjellige algoritmer, avhengig av hvilken tids-epoke det skal regnes ut for. Dette er hovedsakelig fordi mengden data for de tidlige tidsepokene ikke kan understøtte de samme algoritmene som brukes senere. En sekundær grunn til at algoritmene avviker er at magnetfeltet har utviklet seg forskjellig i forskjellige tidsepoker.

### ***2.1 Generelt for alle algoritmene***

Kartverkets modell for deklinasjon er i hovedsak basert på kampanjemålinger av magnetfeltet utført på 1980-tallet og noe tidligere. På grunnlag av de målingene ble det generert et rutenett med deklinasjonsverdier. Rutenettet har oppløsning 20 ganger 20 km.

Jordas magnetfelt er summen av feltet fra jordens indre geodynamo og bidrag fra magnetiserte bergarter i jordskorpen.

Bidraget fra jordskorpen endres ikke i tid (over geologisk korte tidsskalaer), med mindre en større geologisk hendelse fører til store endringer av jordskorpen.

For å ta hånd om endringene i magnetfeltet fra jordens indre blir det regnet ut en korreksjon. Denne korreksjonen er basert på målinger fra et sett geomagnetiske observatorier. Deklinasjonen som returneres til brukeren er summen av en romlig interpolert rutenett-verdi og korreksjonen regnet ut for brukerens posisjon&tid.

## 2.2 År 1600 - 1869

For denne tidsperioden er det kun data tilgjengelig fra 2 observatorier.

Prosedyre:

- For hvert observatorium:
  - Finn de to målinger som er nærmest i tid før og etter tidspunktet som det skal beregnes for.
  - Interpoler deklinasjonen i tid med et første ordens polynom (en rett linje).
  - Trekk fra deklinasjonen i 1985 for å danne forskjellen fra 1985.
- Interpoler deklinasjonens-korreksjonen i rom:
  - $S_0 = 10.28$  (Avstand mellom de to observatoriene i det lokale X, Y koordinat-system)
  - $\Delta D_{OSL}$  er den tidsinterpolerte deklinasjons-korreksjonen ved observatoriet Oslo.
  - $\Delta D_{SOD}$  er den tidsinterpolerte deklinasjons-korreksjonen ved observatoriet Sodankyle.
  - $\phi_0$  og  $\lambda_0$  er bredde- og lengde-grad til observatoriet i Oslo.
  - $\phi$  og  $\lambda$  er bredde- og lengde-grad som det skal beregnes for.
  - $\Delta \phi = \phi - \phi_0$
  - $\Delta \lambda = \lambda - \lambda_0$
  - $X = \Delta \phi$
  - $Y = \Delta \lambda * \cos(\phi)$
  - $S_1 = \sqrt{X^2 + Y^2}$  (Avstand mellom beregningspunktet og Oslo observatorium)
  - $\alpha = \text{atan2}(X, Y)$
  - $DS = S_1 * \cos(\alpha - 0.8174)$  (NB:  $\alpha$  er i radianer. Tallet 0.8174 er relatert til retningen av vektoren mellom observatoriene.)
  - $\Delta D = \Delta D_{OSL} * \frac{S_0 - DS}{S_0} + \Delta D_{SOD} * \frac{DS}{S_0}$
- Interpoler rutenett-dataene med bi-linear interpolasjon fra de nærmeste 4 punkter i rutenettet for å få deklinasjonen i 1985 for koordinaten det skal beregnes for.
- Legg til korreksjonen (  $\Delta D$  )for å få det endelige svaret.

## 2.3 År 1870 - 1984

For denne tidsperioden er det data tilgjengelig for 3 til 4 observatorier.

Prosedyre:

- For hvert observatorium:
  - Finn den målingen som er nærmest i tid til tidspunktet som det skal beregnes for.
  - Finn de tre nærmeste målingene til den målingen.
  - Ut fra disse 4 målingene, tilpass et tredjegrads polynom.
  - Bruk polynomet for å få en interpolert verdi for deklinasjonen ved observatoriet for tidspunktet som det skal beregnes for.
  - Trekk fra deklinasjonen i 1985 for å danne forskjellen fra 1985.
- Interpoler deklinasjons-korreksjonen i rom ved en minste kvadraters tilpasning til et flatt plan.
- Interpoler rutenett-dataene med bi-linear interpolasjon fra de nærmeste 4 punkter i rutenettet for å få deklinasjonen i 1985 for koordinaten det skal beregnes for.
- Legg til korreksjonen for å få det endelige svaret.

## 2.4 År 1985 og senere

For denne tidsperioden er det data tilgjengelig for opptil 8 observatorier.

Prosedyre:

- Ut fra alle tilgjengelige data, beregn et oppdateringspolynom via minste kvadraters metode. Oppdateringspolynomet (uten koeffisienter) er:

$$\Delta D = (\Delta t + (\Delta t)^2)(1 + \Delta \phi + \Delta \lambda \cos(\phi) + \Delta \phi \Delta \lambda \cos(\phi) + (\Delta \phi)^2 + (\Delta \lambda \cos(\phi))^2)$$

Skrevet ut med koeffisienter er det:

$$\Delta D = \Delta t (C_0 + C_1 \Delta \phi + C_2 \Delta \lambda \cos(\phi) + C_3 \Delta \phi \Delta \lambda \cos(\phi) + C_4 (\Delta \phi)^2 + C_5 (\Delta \lambda \cos(\phi))^2) \\ + (\Delta t)^2 (C_6 + C_7 \Delta \phi + C_8 \Delta \lambda \cos(\phi) + C_9 \Delta \phi \Delta \lambda \cos(\phi) + C_{10} (\Delta \phi)^2 + C_{11} (\Delta \lambda \cos(\phi))^2)$$

(mao. beregnes det 12 koeffisienter for å spesifisere polynomet)

$t$  er tid,  $\phi$  er breddegrad og  $\lambda$  er lengdegrad.

Delta-verdiene er i forhold til null-punktet:

$$\Delta \phi = \phi - \phi_0 \quad \Delta \lambda = \lambda - \lambda_0 \quad \Delta t = t - t_0$$

$$\phi_0 = 65$$

$$\lambda_0 = 15$$

$$t_0 = 1985$$

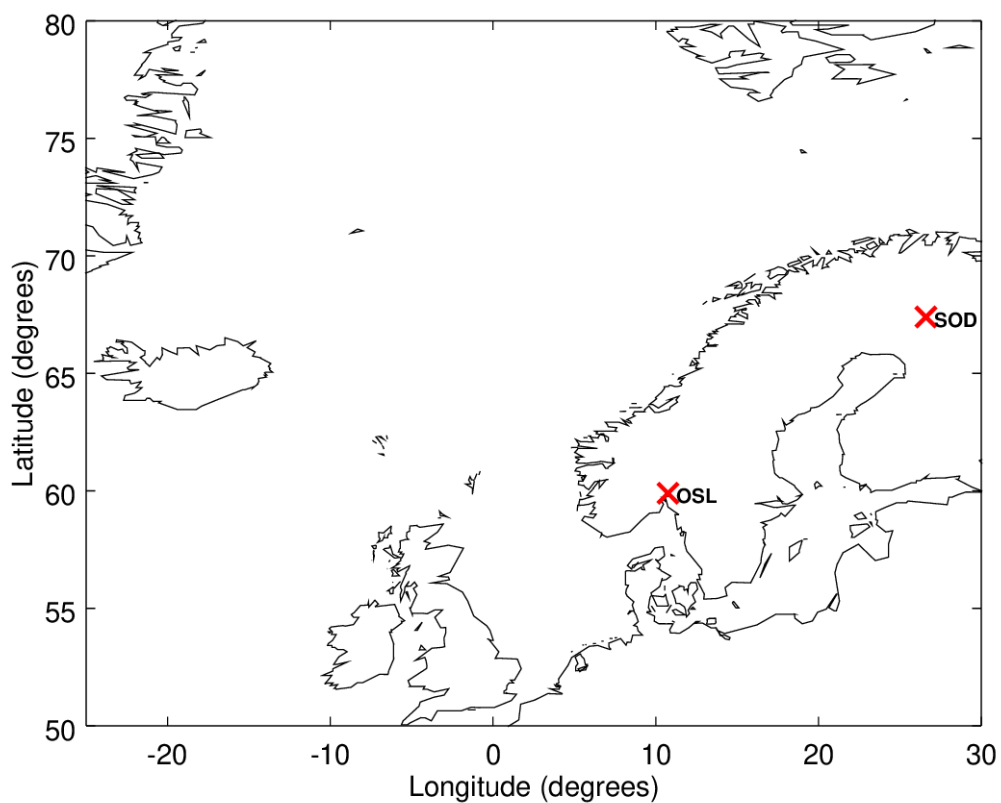
- Evaluer polynomet ved beregnings-koordinat og tidspunkt for å få deklinasjons-korreksjonen.
- Interpoler rutenett-dataene med bi-linear interpolasjon fra de nærmeste 4 punkter i rutenettet for å få deklinasjonen i 1985 for koordinaten det skal beregnes for.
- Legg til korreksjonen for å få det endelige svaret.

## 2.5 NB!

Angående interpolasjon i utkanten av området med grid-data: 4-punkts-interpolasjonen vil naturlig gå over til 3-punkts og 2-punkts interpolasjon i grenseområdet. For punkter utenfor grid-området, vil det innenfor en toleransegrense brukes nærmeste nabo. Dette medfører potensielt noe mindre nøyaktighet, men toleransegrensen er valgt slik at det kvaliteten bør være akseptabel.

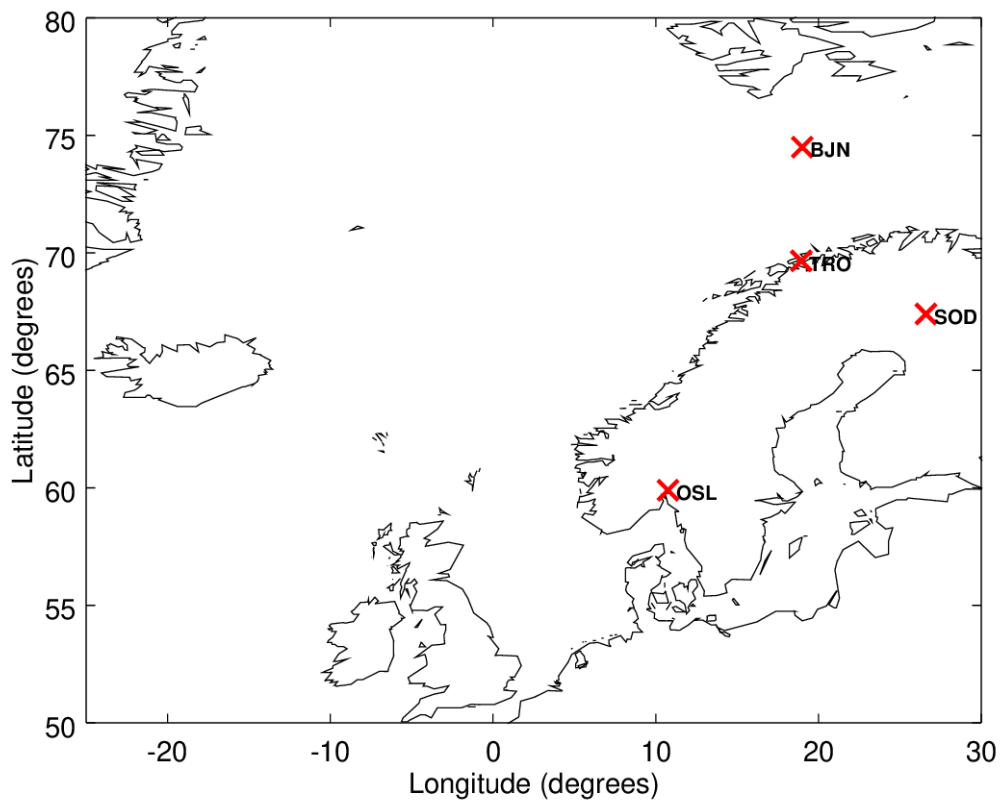
# 3 Data - Oversikt

## 3.1 Historiske data - 1600 til 1869



| Navn      | Kode | Koordinat       |
|-----------|------|-----------------|
| OSLO      | OSL  | 59N 54' 10E 45' |
| SODANKYLA | SOD  | 67N 24' 26E 36' |

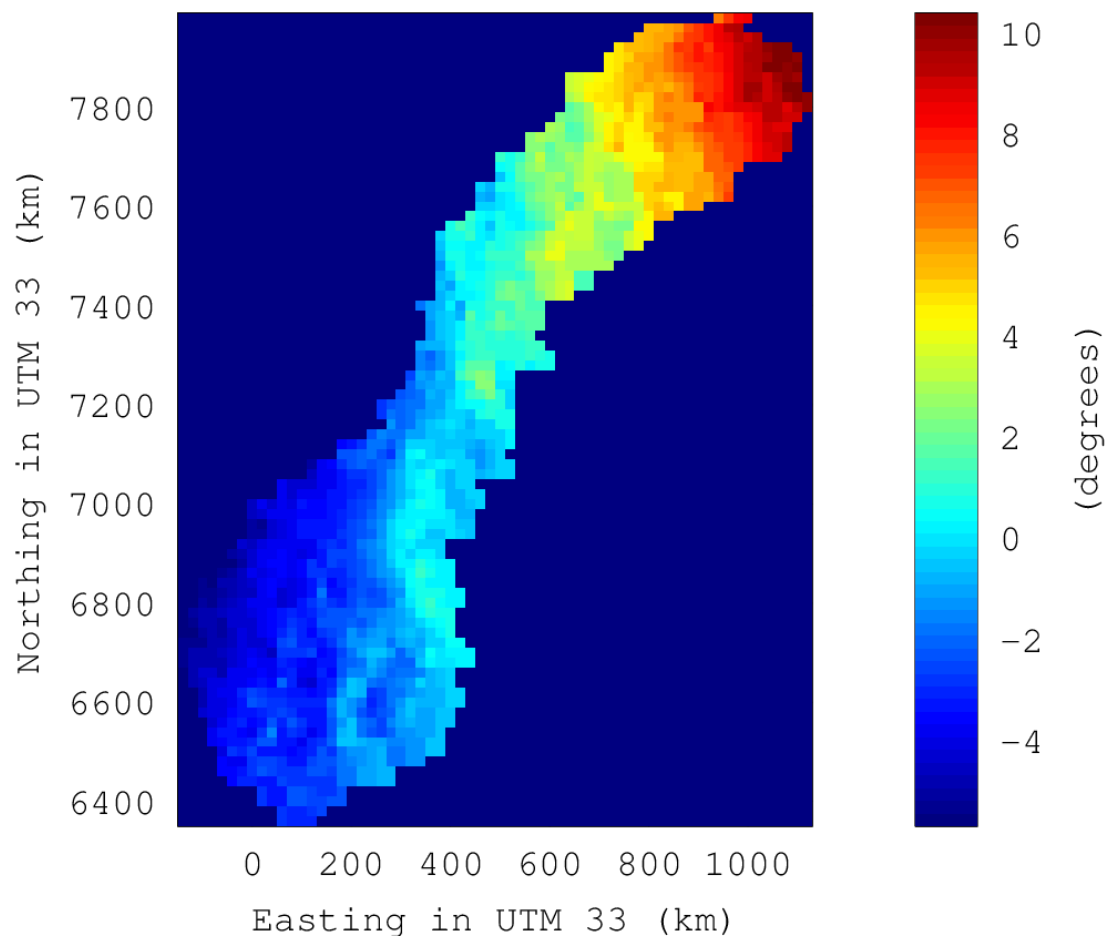
### 3.2 Historiske data - 1870 til 1984



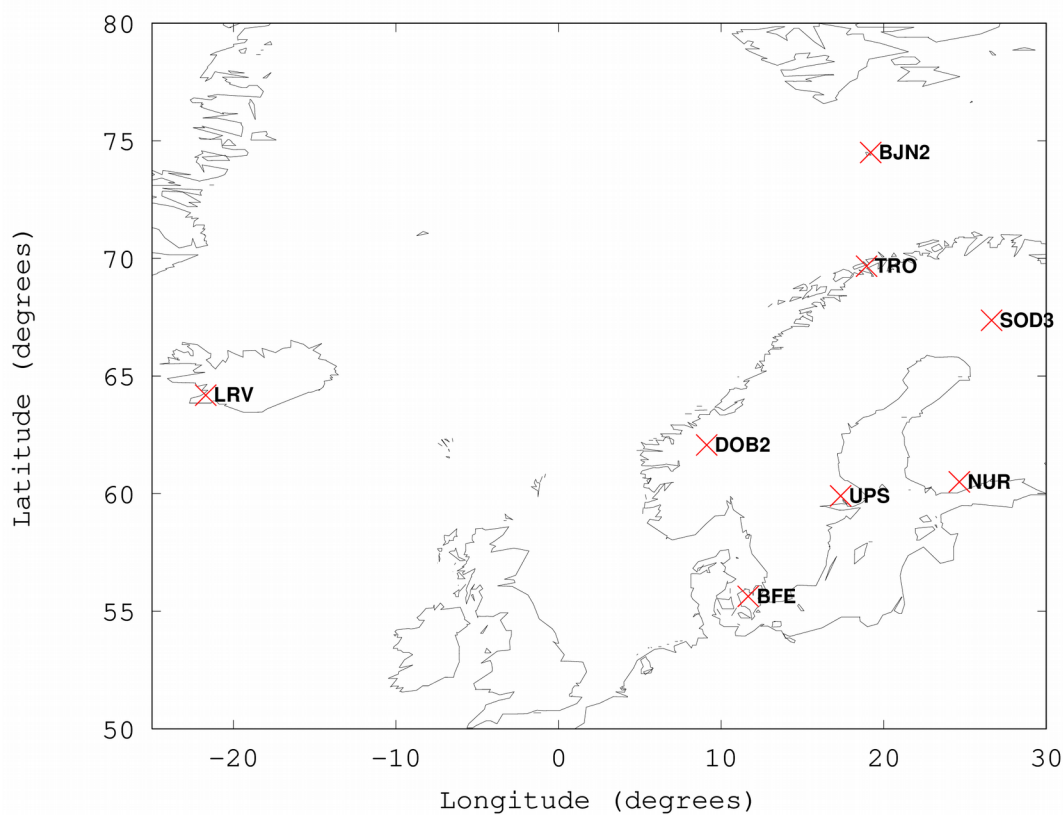
| Navn                      | Kode | Koordinat       |
|---------------------------|------|-----------------|
| BEAR ISLAND<br>(BJORNOYA) | BJN  | 74N 30' 19E 00' |
| OSLO                      | OSL  | 59N 54' 10E 45' |
| SODANKYLA                 | SOD  | 67N 24' 26E 36' |
| TROMSO                    | TRO  | 69N 40' 18E 56' |

### 3.3 Rutenett av deklinasjon i 1985

Magnetic declination in 1985



### 3.4 Nyere data - 1985 til nå



| Navn                     | Kode | Koordinat       | Data finnes for disse år |
|--------------------------|------|-----------------|--------------------------|
| BEAR ISLAND 2 (BJORNOYA) | BJN2 | 74N 30' 19E 12' | 1951 - 2017              |
| BRORFELDE                | BFE  | 55N 38' 11E 40' | 1980 - 2008              |
| DOMBAS 2                 | DOB2 | 62N 4' 9E 7'    | 1952 - 2018              |
| LEIRVOGUR                | LRV  | 64N 11' 33E 18' | 1957 - 2019              |
| NURMIJARVI               | NUR  | 60N 30' 24E 39' | 1953 - 2017              |
| SODANKYLA 3              | SOD3 | 67N 22' 26E 38' | 1946 - 2017              |
| TROMSO                   | TRO  | 69N 40' 18E 57' | 1930 - 2018              |
| UPPSALA (FIBY)           | UPS  | 59N 54' 17E 21' | 1998 - 2018              |

Data, av typen "World Observatory Annual Means", blir lastet ned fra data-arkivene til "the British Geological Survey" (BGS). Data sjekkes manuelt før det integreres inn i systemet. Per nå er data tilgjengelig på nettsiden [http://www.geomag.bgs.ac.uk/data\\_service/data/annual\\_means.shtml](http://www.geomag.bgs.ac.uk/data_service/data/annual_means.shtml)

# 4 Data - Observatorie-målinger

## ***4.1 Om data-kilder for historiske data***

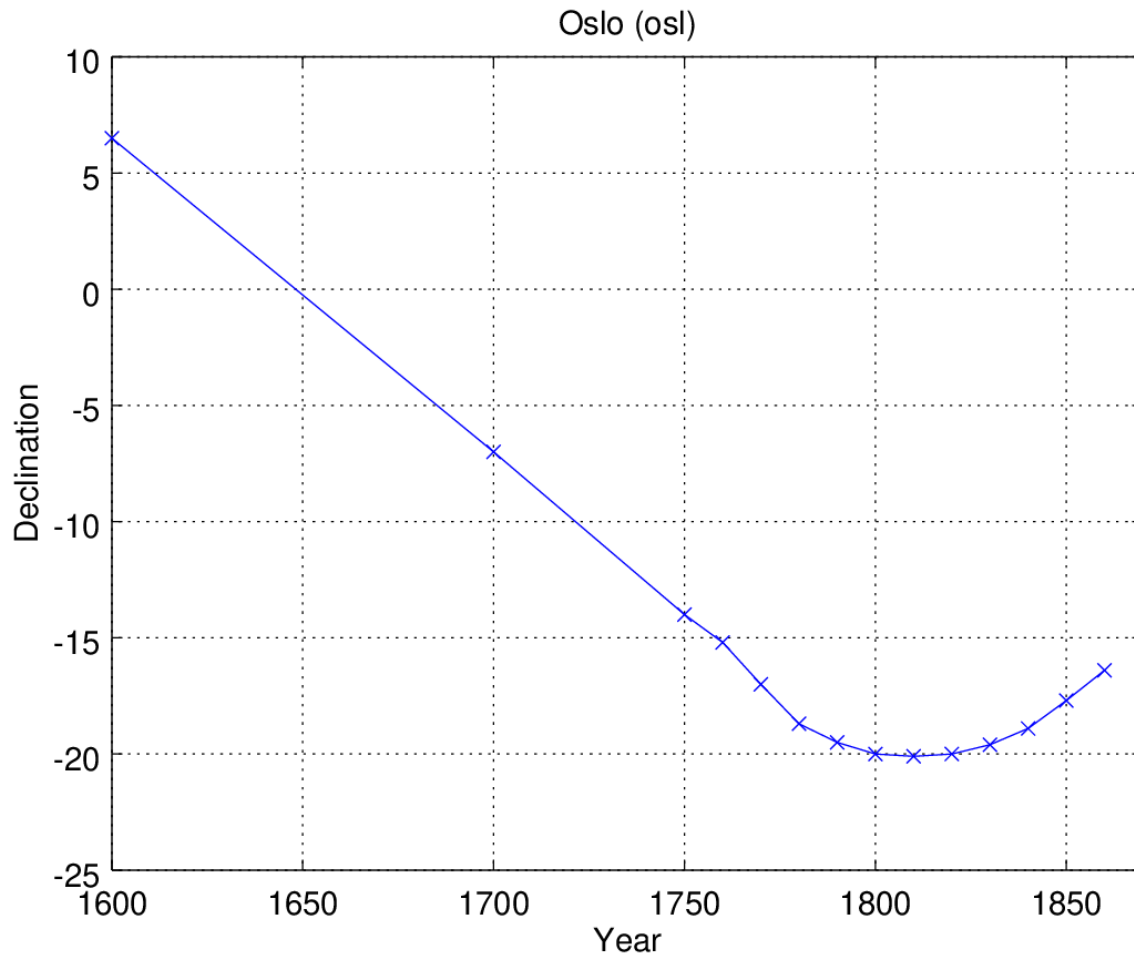
Mens data for nyere tid (1985 og senere) kan lastes ned fra BGS' arkiver, er eldre data anskaffet via kontakter de som arbeidet med dette tidligere hadde. Dokumentasjonen av datakildene er ikke komplett.

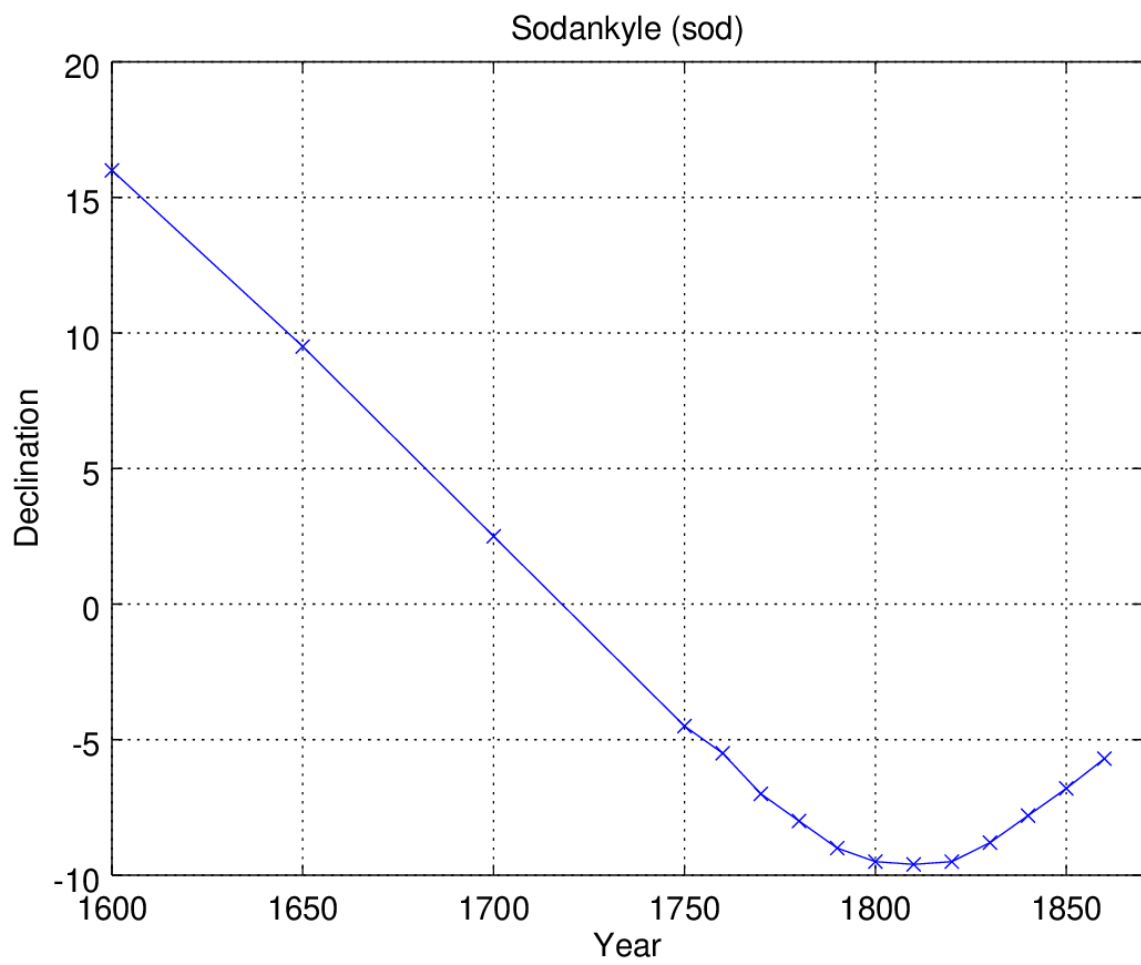
Data-serien for Oslo er med stor sannsynlighet basert på arbeidet til K. F. Wasserfall. En god referanse er:

"A study on the secular variation of magnetic elements based on data for D, I, and H for Oslo, 1820 - 1948", K. F. Wasserfall, Journal of Geophysical Research, Col. 55, No. 3, September 1950

De følgende underkapitlene inneholder plott av alle data som brukes til beregning av historisk misvisning.

## 4.2 Historiske data - 1600 til 1869





### 4.3 Historiske data - 1870 til 1984

