



Styrelsen for Dataforsyning
og Infrastruktur

DKMSL: Referenceflade for middel havniveau i og omkring Danmark

Geodætisk systembeskrivelse

GeoNotes 8
Version 2
2024-05-01



GeoNotes 8. Version 2, 2024-05-01

Geodætisk systembeskrivelse:

DKMSL: Referenceflade for middel havniveau i og omkring Danmark

Forsiden: Vandstandsbræt på Anholt (Foto: Majbritt Westring Sørensen)

Udarbejdet af: Kristian Evers, SDFI

The *GeoNotes Series* is published by [Styrelsen for Dataforsyning og Infrastruktur/Agency for Data Supply and Infrastructure](#) (SDFI), Copenhagen, Denmark.

The publications in this series include working papers and preliminary reports from ongoing projects.

Hence, results and conclusions reported may be tentative and subject to change. Opinions expressed do not necessarily reflect the position of SDFI.

Indhold

DKMSL	3
Middel havniveau og havoverfladens topografi	3
Geoiden og MSL	3
Hvordan laver man en MSL-model?	4
Systemdefinition	4
Dækningsområde	4
Transformationer	4
Kriterier for nyrealisering	4
Fejlretning	5
Realiseringer af DKMSL	5
DKMSL(2022)	5
DKMSL(2023)	6
Geodætiske registre	7
Governance	7
Licens	7
Litteratur	7



DKMSL

DKMSL er den overordnede betegnelse for modeller af middel havniveau ("Mean Sea Level", MSL eller "Mean Sea Surface", MSS) i og omkring Danmark.

Den aktuelle model, som geodætisk kaldes en *realisering af DKMSL*, betegnes DKMSL(yyyy), hvor yyyy er en firecifret angivelse af en karakteristisk epoke for modelrealiseringen (se i øvrigt afsnittet [Fejlretning](#) nedenfor).

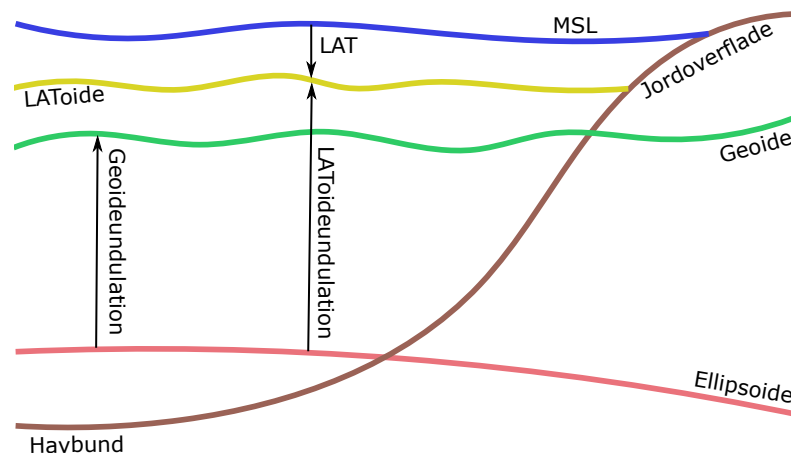
Middel havniveau og havoverfladens topografi

Begrebet MSL refererer til den tidlige middelværdi af havets overflade over en længere periode. Hvis man kunne eliminere fænomener som vindstuvning og havstrømme, der påvirker havoverfladen, så ville MSL være sammenfaldende med den referenceflade vi på landjorden kalder "geoiden" og som udgør udgangspunktet for måling af koter til lands. Det er årsagen til at man i løst sprogbrug ofte omtaler en kote som "højden over havet". Det er ikke helt forkert, men heller ikke helt rigtigt.

Geoiden afspejler først og fremmest jordens tyngdefelt: Hvis jorden var dækket af vand, og hvis vind, vejr og tidevand var væk, så ville den globale vandoverflade indstille sig sådan at den overalt (og altid) var vinkelret på det lokale tyngdefelt.

I den virkelige verden, hvor vi har både vind, vejr, havstrømme og tidevand er det mere kompliceret: Tidevandseffekterne kan vi modellere og fjerne fra vandstandsmålinger, og ved at midle over tilstrækkeligt lange intervaller kan vi også få bugt med *en del af* vejr-, vind-, og strømeffekterne. Men da havstrømme typisk ligger hvor de ligger, og da vinden oftere kommer fra nogle retninger end fra andre, så vil der altid være en rest af disse effekter tilbage, selv om man midler over meget lange intervaller.

Denne rest kaldes "middel dynamisk topografi" og betegnes kort MDT. Det vi står tilbage med når vi har korrigeret vores vandstandsmålinger for tideeffekter og har midlet over lange intervaller, det er summen af geoidehøjden og MDT.



Figur 1: Fortegnet overblik over vertikale referenceflader.

Til lands er man ikke nødvendigvis interesseret i at have MDT-effekter med i sin referenceflade for koter, men til vands er det ganske praktisk at referere sine dybdemålinger til den faktiske middelvandstand. Derfor er der behov for en MSL-referencemodel, som kan spille samme rolle som geoidmodellen gør til lands: At være et praktisk anvendeligt udgangspunkt for målinger af dybder (og højder).

Geoiden og MSL

På land gør man GNSS-målte højder praktisk anvendelige ved at regne dem om til koter (ofte kaldet "højden over havet"). Det gør man ved at fratrække en modelværdi fra den GNSS-målte højde. Modelværdien findes ved interpolation i en geoidemodel (et grid der ofte blot kaldes "geoiden"). På havet vil forskellen mellem geoidmodellen og MSL afspejle MDT, bortset fra en konstant værdi, der repræsenterer nulpunktet for det gældende kotesystem (p.t. DVR90).

Hvordan laver man en MSL-model?

Typisk vil MSL-modeller været baseret på årtiers målinger fra højdemålende satellitter. Men i øvrigt forholder denne systembeskrivelse sig ikke til hvilke metoder der bør anvendes i tidevandsmodelleringen bag en given MSL-model, men specificerer udelukkende kriterierne for udvælgelse af kandidater til nye realiseringer af DKMSL (jf [Kriterier for nyrealisering](#) nedenfor).

Systemdefinition

Højdereferencesystemet er defineret som middelvandstand i de danske farvande. Da den globale vandstand generelt er stigende forholder systemdefinitionen sig ikke til middelvandstanden på et bestemt tidspunkt og overlader i stedet dette aspekt til den enkelte realisering. Det vil sige at en ny realisering af DKMSL vil afspejle middelvandstanden i de danske farvande på realiseringstidspunktet. Formålet er at DKMSL til enhver tid afspejler de faktiske forhold til søs så godt som muligt.

DKMSL er et højdereferencesystem til brug på havet og højder angives derfor som dybder i meter under referencefladen.

Plane koordinater i MSL-modellen angives i den til enhver tid aktuelle terrestiske referenceramme i Danmark (i skrivende stund ETRS89).

Dækningsområde

Realiseringer af DKMSL er juridisk gældende for den danske eksklusive økonomiske zone (EEZ). For at kunne dække denne med et regulært grid kommer realiseringen også til at dække områder uden for den danske EEZ. Gridværdier i disse områder skal anses for rent regnetekniske elementer.

Transformationer

Referencefladen DKMSL er relateret til den aktuelle spatiale referenceramme og udgør dermed en direkte transformation til aktuelle ellipsoidehøjder fra højder og dybder i forhold til DKMSL.

Transformationer til og fra DKMSL udføres ved hjælp af en MSL-model, der, som beskrevet i afsnittet [Hvordan laver man en MSL-model?](#), relaterer sig til ellipsoiden (se figur 1). Transformationer med MSL-modellen er givet ved følgende forhold:

$$D_{\phi,\lambda} = M_{\phi,\lambda} - h_{\phi,\lambda} \quad (1)$$

hvor, $h_{\phi,\lambda}$ er højden over ellipsoiden, $M_{\phi,\lambda}$ er MSL-værdien og $D_{\phi,\lambda}$ er dybden under MSL for en koordinat med breddegrad ϕ og længdegrad λ . MSL-værdien for en given koordinat (ϕ, λ) bestemmes ved hjælp af bilinear interpolation i MSL-griddet tilhørende DKMSL. I tabellerne under beskrivelserne af de enkelte realiseringer af DKMSL ses eksempler på ellipsoidehøjder og DKMSL-dybder for udvalgte lokationer, der kan bruges til at verificere implementering af transformationer til og fra DKMSL.

Den inverse transformation er givet ved

$$h_{\phi,\lambda} = M_{\phi,\lambda} - D_{\phi,\lambda} \quad (2)$$

Transformation mellem realiseringer foretages ved først at transformere dybder givet ved fx DKMSL(2022) til ellipsoidehøjder (formel 2) og derefter at transformere disse ellipsoidehøjder til fx DKMSL(2023)-dybder (formel 1).

Kriterier for nyrealisering

De officielle realiseringer udvælges og publiceres af [SDFI](#). To kriterier skal være opfyldt før der publiceres en ny realisering:

1. At den gamle realisering ikke længere anses for tilstrækkelig nøjagtig i praktisk brug, inden for et eller flere af anvendelsesdomænerne, og
2. At der eksisterer en mere nøjagtig, velrenommeret model, der kan kanoniseres som ny realisering.

Fejlretning

Hvis opfyldelsen af første nyrealiseringskriterium skyldes at der konstateres systematiske fejl i dataproduktet, som ikke kan henføres til den bagvedliggende modellering, så rettes disse fejl og modellen genpubliceres med samme navn, blot tilføjet en litrabetegnelse, fx DKMSL(2022), DKMSL(2022a), DKMSL(2022b), etc.

Realiseringer af DKMSL

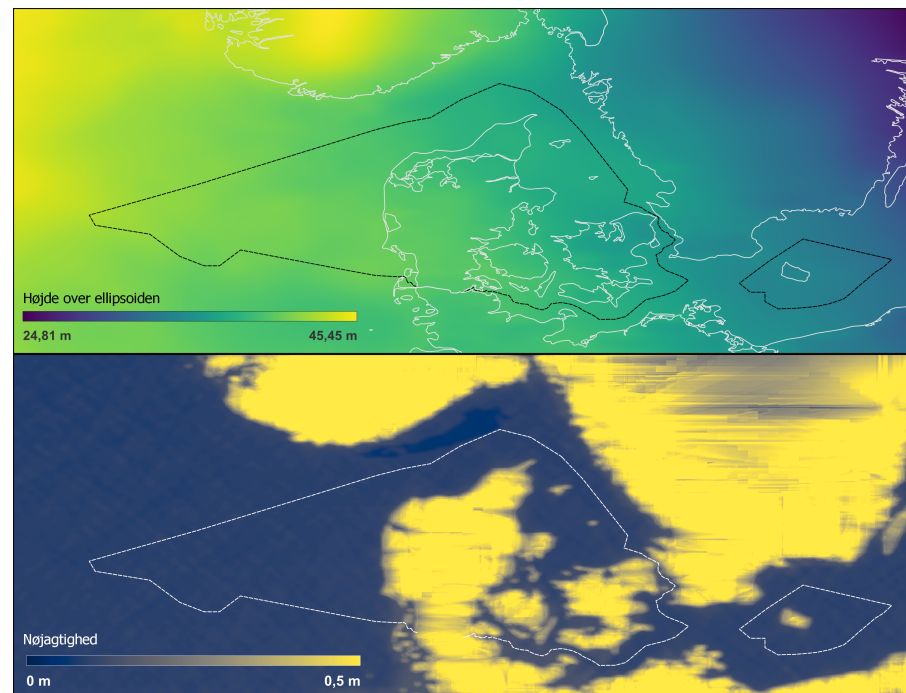
Herunder beskrives de forskellige realiseringer af DKMSL. Tilhørende transformationsmodeller kan downloades via [styrelsens webside](#).

DKMSL(2022)

Første realisering af DKMSL betegnes betegnes DKMSL(2022) og er baseret på modellen DTU22 [Andersen \(2022\)](#), der er en videreudviklet af arbejdet beskrevet af [Cheng and Andersen \(2011\)](#) og [Andersen et al. \(2018\)](#). Den tilhørende transformationsmodel er kendt under navnet **dkmsl_2022.tif**

DKMSL(2022)-modellen og dens nøjagtighed er afbilledet i figur 2.

Tabel 1 indeholder koordinat eksempeler for udvalgte lokaliteter i Danmark og kan bruges til at verificere implementering af transformationer til og fra DKMSL(2022).



Figur 2: Øverst: DKMSL(2022)s referenceflade givet i højder over ellipsoiden. Nederst: Modellens estimerede nøjagtighed. Fuldtroptrukne linjer angiver kystlinje og stiplede linjer angiver Danmarks eksklusive økonomiske zone.

	Breddegrad	Længdegrad	Ellipsoidehøjde	DKMSL(2022) dybde
Aarhus Bugt	56.1434°N	10.3052°E	24.0789 m	14.634 m
Venø Bugt	56.5277°N	8.6826°E	33.2506 m	6.320 m
Drogden Rende	55.5887°N	12.7036°E	27.0668 m	8.841 m
Horns Rev	55.5135°N	7.9870°E	36.1733 m	4.573 m

Tabel 1: DKMSL(2022) koordinateksempler for udvalgte steder i Danmark. Breddegrader, længdegrader og ellipsoidehøjder er refereret til ETRS89.

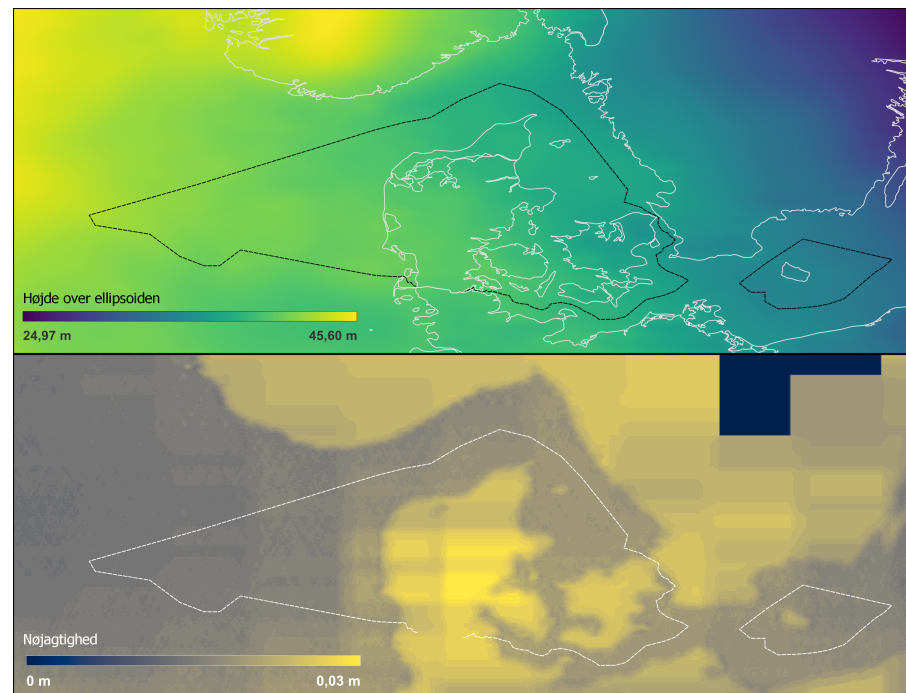
Efter offentliggørelsen af DKMSL(2022) er der identificeret en fejl i det programmel, der er brugt i tilblivelsen af modellen der ligger til grund for DKMSL(2022). Specifikt drejer det sig om en fejlforklaring af hvilket tide-system data fra satellitmålinger befinder sig i. Dette resulterer i at modellens nøjagtighed i kystnære områder er forringet. Ved en sammenligning med data fra udvalgte vandmålere i Danmark ses det, at der er en middelfejl på -15 cm. Desuden er der identificeret en fejl i Lillebælt, hvor modellen viser yderligere ca. 10 cm forkert.

Grundet disse fejl i den første realisering af DKMSL anbefales det at bruge nyere realiseringer af systemet. Data indsamlet i DKMSL(2022) kan transformeres til nyere realiseringer (mere herom i afsnittet [Transformationer](#)) hvorved fejlen udbedres i disse data.

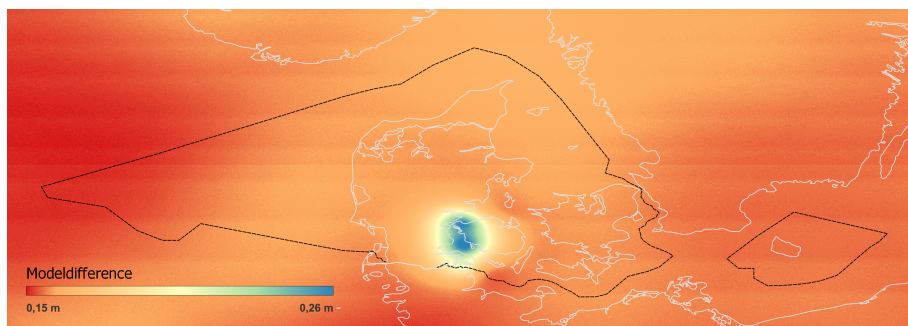
DKMSL(2023)

DKMSL(2023) er baseret på modellen DTU23, der er en videreudvikling grundlaget for den forrige realisering. Den tilhørende transformationsmodel er kendt under navnet **dkmsl_2023.tif**. Modellen og dens nøjagtighed er afbilledet i figur 3. I tabel 2 ses eksempler på koordinater, der kan bruges til verifikation af implementering af transformationer til og fra DKMSL(2023).

Denne realisering af DKMSL udbedrer fejl i DKMSL(2022) som beskrevet i forrige afsnit. Forskellen mellem DKMSL(2023) og DKMSL(2022) er afbilledet på figur 4. For hele modellen ses et niveauskifte på cirka 15 cm. Derudover ses der en ændring på yderligere cirka 10 cm ved Lillebælt, hvor en fejl i bagvedliggende vandstandsdata er blevet udbedret.



Figur 3: Øverst: DKMSL(2023)s referenceflade givet i højder over ellipsoiden. Nederst: Modellens estimerede nøjagtighed. Fuldtroptrukne linjer angiver kystlinje og stiplede linjer angiver Danmarks eksklusive økonomiske zone.



Figur 4: Forskel mellem DKMSL(2023) og DKMSL(2022).

	Breddegrad	Længdegrad	Ellipsoidehøjde	DKMSL(2023) dybde
Aarhus Bugt	56.1434°N	10.3052°E	24.0789 m	14.791 m
Venø Bugt	56.5277°N	8.6826°E	33.2506 m	6.477 m
Drogden Rende	55.5887°N	12.7036°E	27.0668 m	8.997 m
Horns Rev	55.5135°N	7.9870°E	36.1733 m	4.731 m

Tabel 2: DKMSL(2023) koordinat eksempeler for udvalgte steder i Danmark. Breddegrader, længdegrader og ellipsoidehøjder er refereret til ETRS89.

Geodætiske registre

For at lette arbejdet med geodata, der er refereret til DKLAT er systemet og dets realisering registreret hos EPSG. Selve DKMSL-systemet er registreret som et såkaldt "datum ensemble", der dækker over alle realiseringer af DKMSL. De enkelte realiseringer er også registreret individuelt, så det er muligt at angive en specifik realisering som georeference i et datasæt. Desuden er der registreret kombinationer af ETRS89 og DKMSL til anvendelse i 3D datasæt. En oversigt ses i [Tabel 3](#).

Det anbefales i udgangspunktet at angive en specifik realisering af DKMSL når data georefereres, da det, som nævnt i afsnit giver mulighed for på et senere tidspunkt at transformere data til en nyere realisering og dermed

opnå en bedre nøjagtighed af datasættet (under antagelse af at en nyere realisering har bedre nøjagtighed end de foregående).

Kode	Beskrivelse	Type
EPSG:10551	DKMSL dybde	Vertikalt datum ensemble
EPSG:10547	DKMSL(2022) dybde	Vertikalt datum
EPSG:10549	DKMSL(2023) dybde	Vertikalt datum
EPSG:10553	ETRS89 + DKMSL(2022) dybde	Kombineret datum
EPSG:10555	ETRS89 + DKMSL(2023) dybde	Kombineret datum

Tabel 3: EPSG-koder relateret til DKMSL.

Governance

SDFI er myndighed for geodæsi, og dermed for DKMSL. Så SDFI er ansvarlig for valg af nyrealiseringer. Ved beslutning om nyrealisering inddrages holdninger fra først og fremmest søkortmyndigheden og fra marine anlægsaktører. I øvrigt er alle interessenter velkomne til at bidrage med relevant information om eventuelle fejl og mangler via grf@sdfi.dk.

Licens

Denne systembeskrivelse kan frit videredistribueres som dokumentation under CC-BY 4.0 ([Creative Commons, 2013](#)).

Realiseringer af systemet licenseres jævnt før hver enkelt realiserings betingelser. Der lægges ved udvælgelsen af nyrealiseringer vægt på at kunne publicere det relevante materiale i overensstemmelse med EU-kommisionens "Public Sector Information Directive" ([Council of the European Union, 2019](#)).

Litteratur

Andersen, O., P. Knudsen, and L. Stenseng, A new dtu18 mss mean sea surface – improvement from sar altimetry, p. 172, 25 years of progress

in radar altimetry symposium ; Conference date: 24-09-2018 Through 29-09-2018, 2018. ([document](#))

Andersen, O. B., DTU21 Mean Sea Surface, doi:10.11583/DTU.19383221.v1, 2022. ([document](#))

Cheng, Y., and O. B. Andersen, Multimission empirical ocean tide modeling for shallow waters and polar seas, *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 116(C11), doi:<https://doi.org/10.1029/2011JC007172>, 2011. ([document](#))

Council of the European Union, Council regulation (EU) no 2019/1024, 2019. ([document](#))

Creative Commons, Attribution 4.0 International (CC BY 4.0), 2013. ([document](#))

**Styrelsen for Dataforsyning
og Infrastruktur**

Sankt Kjelds Gård, Sankt Kjelds Plads 11
2100 København Ø

<https://www.sdfi.dk>