

Ny dansk geoide tilpasset revideret GPS og DVR90 – DKGEOID12

Rene Forsberg
 Geodynamikafdelingen, DTU-Space
 August 2012
rf@space.dtu.dk

Baggrund

Kort og Matrikelstyrelsen har for nylig revideret de danske GPS koordinater og DVR90 koter, og derfor er der foretaget en ny geoidtilpasning, således at relationen

$$H = h^{\text{GPS}} - N \quad (1)$$

er konsistent (h^{GPS} er GPS ellipsoide højden, og H nivellements højden i DVR90). Tilpasningen er udført således at der fra de opgivne koter og ellipsoidehøjder er fundet "GPS geoidehøjder"

$$N^{\text{GPS}} = h^{\text{GPS}} - H \quad (2)$$

og der er herefter lavet en model for for differencen

$$\varepsilon = N_{\text{NKG04}} - N^{\text{GPS}} \quad (3)$$

Denne difference er modelleret med et *bias* og et *residualt signal* bestemt med *mindset kvadraters kollokation*. Der er til kollokationen brugt en 2.ordens Markov model med korrelationslængde 50 km og apriori varians af GPS-geoidehøjder på 1 cm (svarende til den tilsvarende tilpasning i DKgeoid02 modellen). Detaljer er beskrevet i ref [1]-[3].

Til den nye tilpasning af den danske geoide er der benyttet den gravimetriske NKG04 geoidemodel, som er den seneste NKG model, beregnet for hele det nordiske område baseret på et omfattende materiale af tyngdedata, satellitmålinger og digitale terrænmodeller. En ny geoidemodel – NKG13 – forberedes p.t. som led i det nordiske samarbejde.

Data materialet og GPS-nivellement korrektionerne

Der er fra KMS udnyttet 722 punktinformationer fra de permanente GPS stationer og 10 km-nettet til dannelsen af de observerede geoidehøjder (3); heraf er 2 punkter fjernet p.g.a. kotefejl (den permanente station i Gedser samt 212-00-0001 på Midsjælland).

Fig. 1 (øverst) viser geoide-fit signalet, samt de underliggende punkter. Det kan ses at der er større korrektioner på Bornholm, Samsø og Ærø, samt nord for Hanstholm og på det østlige Sjælland.

Bornholm, Samsø og Ærø må skyldes at øerne har deres eget *højdedatum*. Dette er endnu mere tydeligt i Fig. 1 (nederst) hvor samme flade vises med en modelleret korrelationslængde på 25 km. Afvigelserne ved Hanstholm kan være geoidefejl på grund af fejlbehæftede tyngdedata i Skagerrak, ligesom afvigelserne på Sjælland måske kunne være en afsmitning fra problemer med svenske tyngdedata. Det kan dog også godt skyldes systematiske fejl i nivellement, det kan ikke afgøres fra materialet.

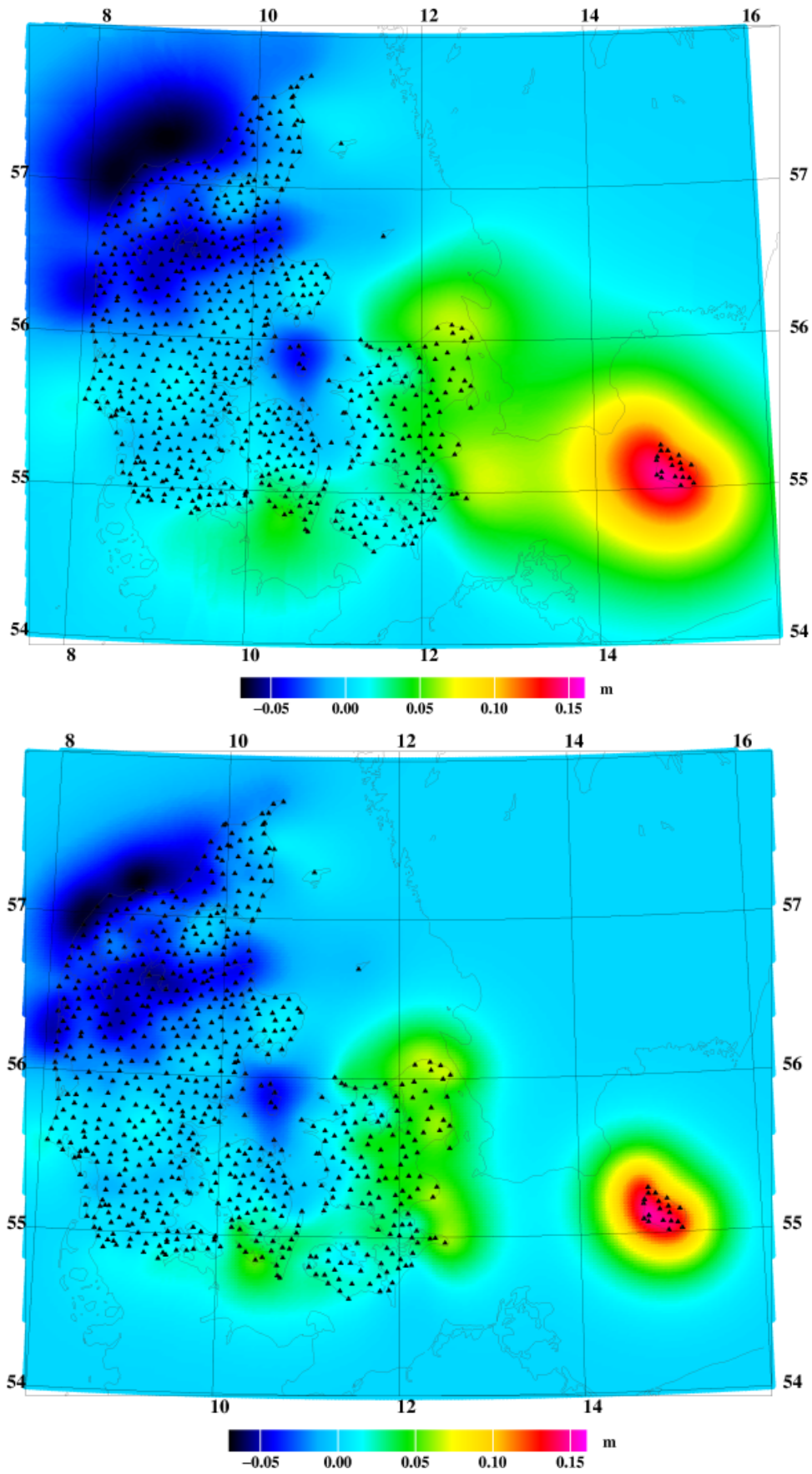


Fig. 1. Tilpasningsflader med to forskellige korrelationslængder: 50 km (top) og 25 km (bund).

Da Bornholm, Ærø og Samsø DVR90 ikke er i samme system som resten af landet, vil en sammenligning med den *gravimetrisk* NKG04 geoidemodel ikke være korrekt. Der er derfor til geoidesammenligningen i Tabel 1 med NKG04 alene brugt punkter som ikke ligger på de mindre øer (Fig. 2). Den statistiske sammenligning mellem GPS punkterne og NKG04-geoiden er vist i Tabel 1, hvor der også er vist estimerede *datum* forskelle for Samsø, Ærø og Bornholm.

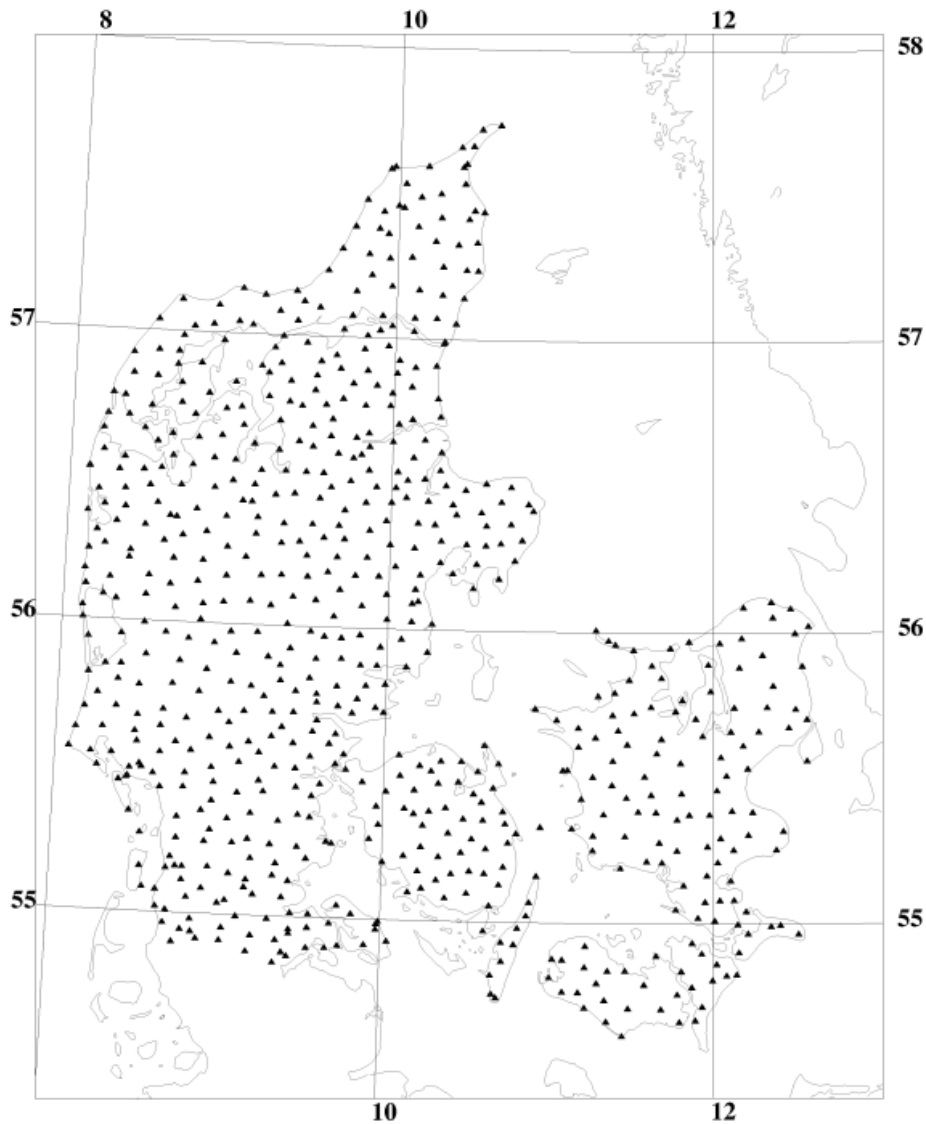


Fig. 2. Sammenligningspunkter i DVR90 (tætliggende øer: Mandø, Fanø, Venø og Fur er medtaget)

Tabel 1. Sammenligning mellem GPS-nivellementsdata og geoiden

<i>Geoide data (sammenligning) – Enhed m</i>	<i>Antal punkter</i>	<i>Middel-værdi</i>	<i>Standard-afvigelse</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
Alle GPS punkter – NKG04	720	0.001	0.035	-0.074	0.158
Alle punkter, efter tilpasning	720	0.000	0.006	-0.021	0.035
GPS punkter i nivellementsnet (mindre øer undtaget)	677	-0.004	0.027	-0.074	0.074
Bornholm	20	0.134	0.014	0.107	0.158
Ærø	4	0.048	0.009	0.039	0.058
Samsø	4	-0.044	0.003	-0.048	-0.041

Sammenligningerne i Tabel 1 viser at både NKG04 geoiden og KMS's nivellements- og GPS-data har en utrolig høj kvalitet. Den viser også et GPS-geoiden på Bornholm ligger *over* DVR-90 geoiden, i overensstemmelse med at middelhavniveau på Bornholm er højere end i resten af landet. Tilsvarende ligger Ærø over DVR90 niveuet, om Samsø under.

Sammenligning med tidligere geoider

Nedenfor (Fig. 3) vises sammenligning med den tidligere GPS-tilpassede DKgeoid02 og DKgeoid12. Der ses ændringer op til 5 cm i det danske område og større ændringer i Sverige, som primært skyldes forskelle i de underliggende gravimetriske geoider. Der ses også et systematisk mønster, som sandsynligvis stammer fra den gravimetriske geoidemodel bag DKgeoid02 (opdateret NKG96 model). At fejlen ligger i 2002 modellen, og ikke 2012 modellen, kan ses ved sammenligning med den nylige Fehmarn Belt 2010 gravimetriske geoider (Fig. 3). Der ses ikke noget systematisk mønster her.

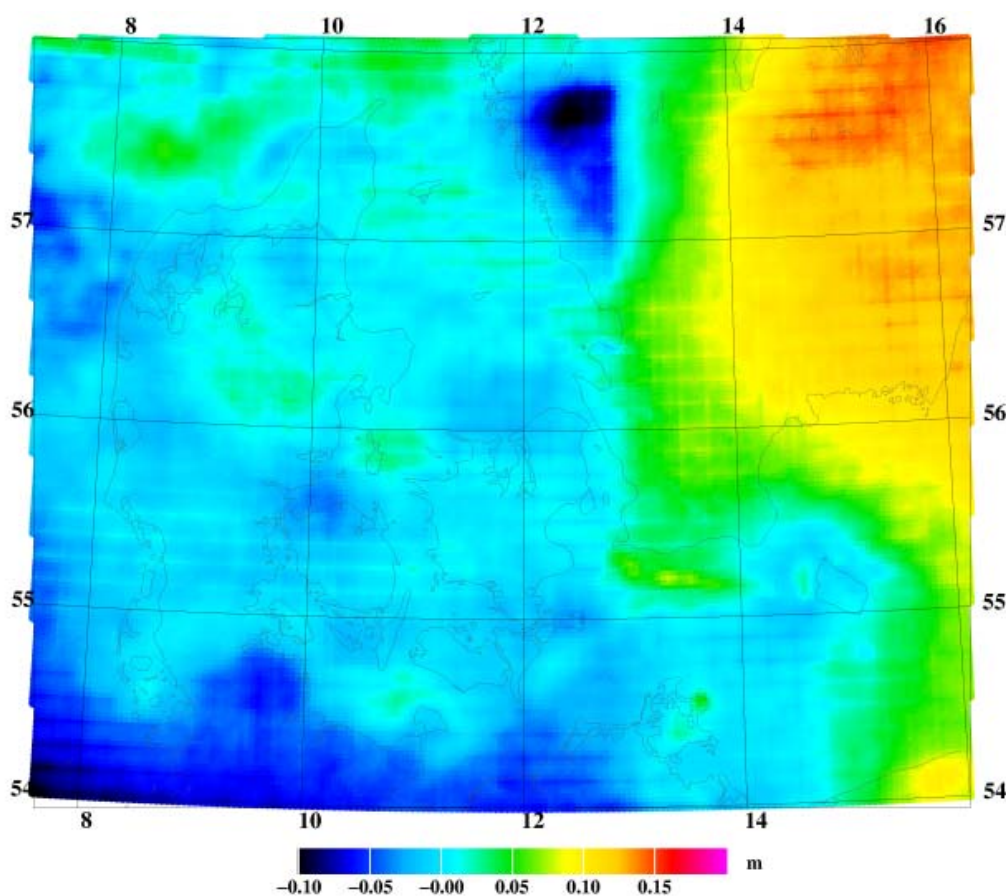


Fig. 3. Forskel mellem DKgeoid02 og DKgeoid 12. Farveskala i meter.

DKGEOID12 modellen

Den endelige DKgeoid12 model er givet i et *gravsoft* grid format med $0.01^\circ \times 0.02^\circ$ spacing, dækkende området 54° - 58.5° N, 6° - 17° E. Det skal bemærkes at alle øer er fastholdt med deres tilsyneladende GPS koter. *Det marine kotesystem vil derfor være en "glat" sammenblanding af de forskellige kotesystemer.* Fig. 5 viser den endelige tilpassede *DKGEOID12*.

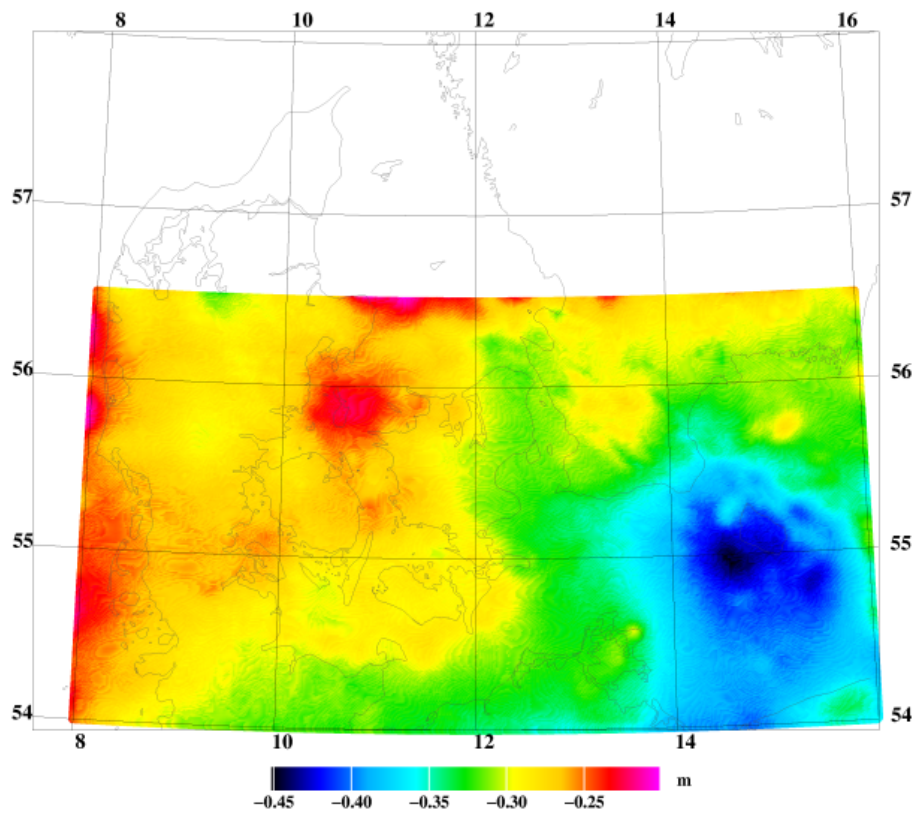


Fig. 4. Forskel mellem Fehmarn Belt geoiden (2010) og DKgeoid12

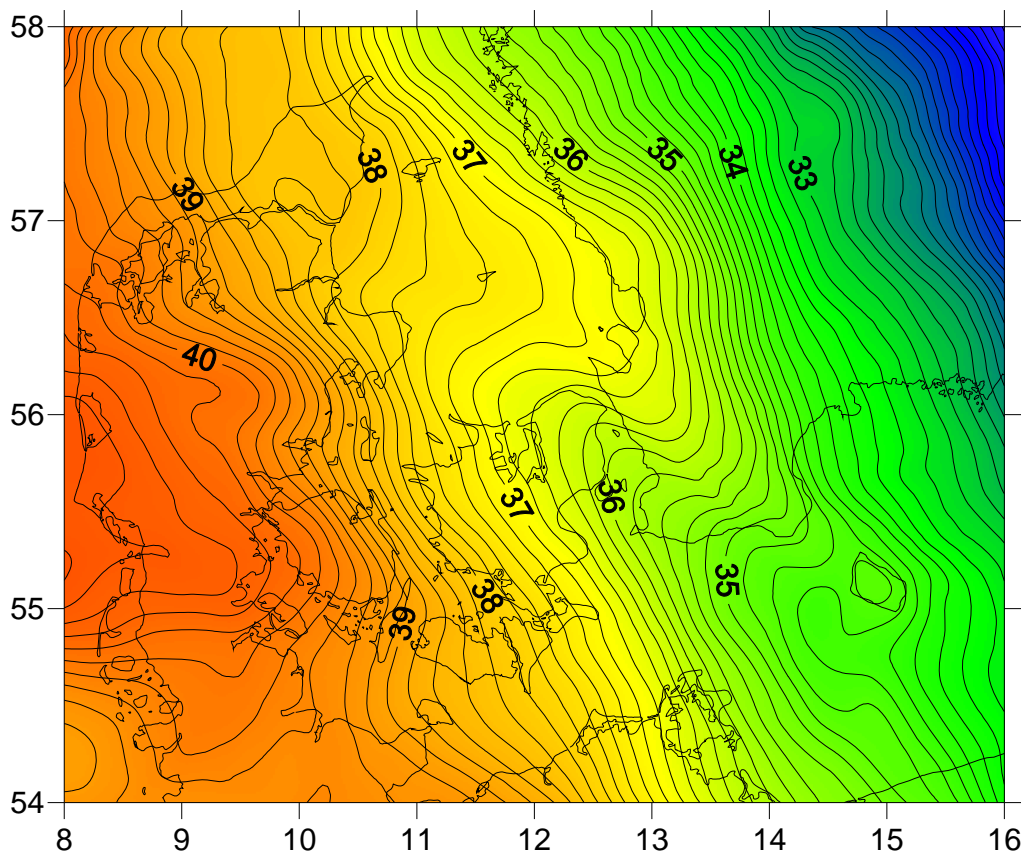
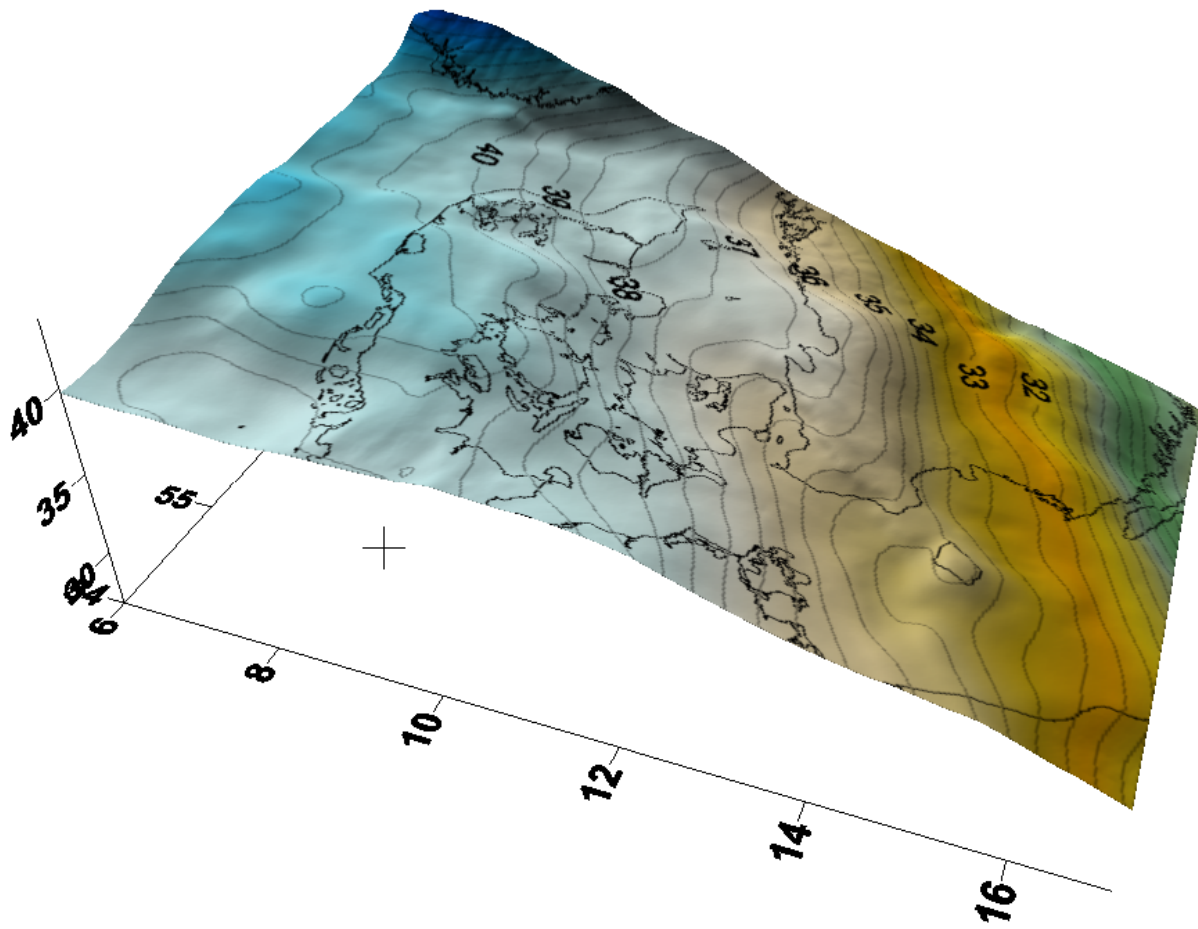


Fig. 5. DKgeoid12 – kontur interval 20 cm

Referencer

- [1] Forsberg, R and C C Tscherning: Overview manual for the GRAVSOFTE Geodetic Gravity Field Modelling Programs, 2nd Ed. Technical report, DTU-Space, August 2008.
- [2] Forsberg, R, D. Solheim and J. Kaminskis: Geoid of the Nordic and Baltic area from gravimetry and satellite altimetry. Proc. Int. Symposium on Gravity, Geoid and Marine Geodesy, Tokyo, Sept. 1996, pp. 540-548, Springer Verlag IAG Series, 1996.
- [3] Forsberg, R., G. Strykowski, J.C. Illife, M. Ziebart, P.A.Cross, C.C. Tscherning , P. Cruddace, K. Stewart, C. Bray and O. Finch: OSGM02: A new geoid model of the British Isles. Proceedings of the 3rd meeting of the International Gravity and Geoid Comission, GG2002, Aug. 26 - 30, 2002, Thessaloniki, I. Tziavos (ed.), Editions Ziti, pp. 132-137, 2003.



DKGEOID12