

Aktiv tektonik i Danmark

- der er liv i Sorgenfrei-Tornquist Zonen

Holger Lykke-Andersen, Århus Universitet
og Kai Borre, Aalborg Universitet

Nordjylland hæver sig, men ikke som én blok. En sammenligning af gamle data viser, at hævnningen snarere sker i en håndfuld blokke, der rokker i forhold til hinanden. Der er liv i Sorgenfrei-Tornquist Zonen.

Ud fra gamle målinger af koter i Nordjylland fra Kort- & Matrikelstyrelsen er vi kommet til den konklusion, at der endnu er liv i Sorgenfrei-Tornquist Zonen. I dag er den tilsyneladende under kompression.

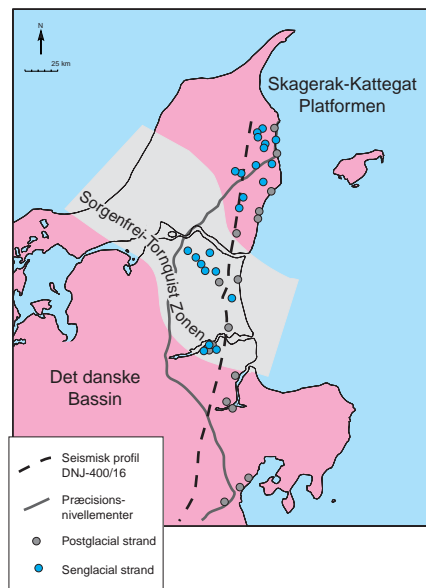
For 26 år siden offentliggjorde det daværende Geodætisk Institut resultaterne af to omfattende præcisionsnivelementer, som var udført i Jylland i perioderne henholdsvis 1885-1894 og 1943-1953. Det er to sæt koter bestemt med 60 års mellemrum for et stort antal fikspunkter langs en god del af de tidligere jyske hovedveje. Hvert fikspunkts koteændring i løbet af de 60 år er beregnet som hævnings- eller sænkningshastigheder. Med afstande mellem fikspunkterne ned til 1-2 kilometer rummer disse data meget detaljerede informationer om niveauforandringer langs hovedvejene. Og takket være udstrækningen kan data også kaste lys over de regionale træk i niveauforandringerne.

Fra geodæternes hånd foreligger der således et omfattende kildemateriale. Vi vil demonstrere den geologiske værdi af dette materiale, og vi vil på den baggrund lægge et godt ord ind for, at der tages initiativ til at bruge moderne GPS-teknik til målrettede studier af jordskorpedeformationer i Danmark.

Et profil fra Frederikshavn til Århus

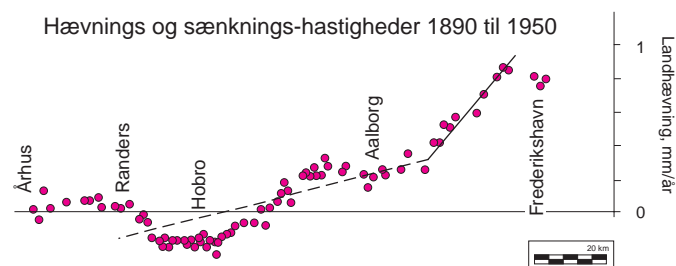
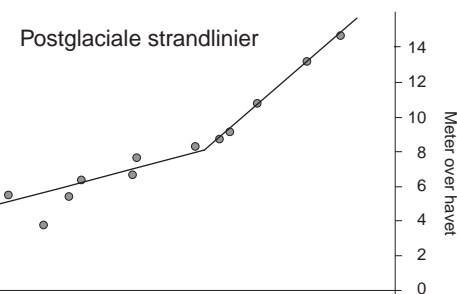
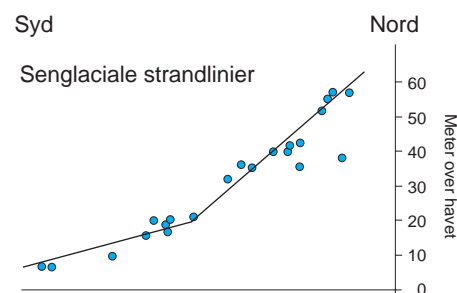
Langs den tidligere hovedvej fra Frederikshavn over Aalborg og videre sydpå gennem alle de østjyske købstæder er niveauforandringerne bestemt i punkter med en gennemsnitlig afstand på omkring 2 kilometer. Vi fokuserer her blot på strækningen mellem Frederikshavn og Århus og søger at demonstrere det geologiske indhold i data fra præcisionsnivelementerne. På strækningen er der relativt store variationer i højdeændringerne i data.

Hovedårsagen til valget af denne strækning er, at der langs den findes observationer, som beskriver de nuværende højder af



Profilen langs Kattegatkysten med E.L. Metz's variationer i sen- og postglaciale strandliniers højde over nuværende havniveau. Nederst hævningshastigheder bestemt ved gentagne præcisionsnivelementer af Bedsted Andersen et al. 1974. Knækket i alle tre kurver er ved nordflanken af Sorgenfrei-Tornquist Zonen. (Grafik: Forfatteren og SL)

Kort over steder for præcisionsnivelemeter fra Kort- og Matrikelstyrelsen og for målinger af sen- og postglaciale strandliniers højde over nuværende havniveau for fra GEUS og E.L. Mertz. Samt et seismisk profil fra olieeftersforskning i 1982. (Grafik: Forfatteren og SL)



sen- og postglaciale strandlinier. Der findes dermed et datasæt, som uafhængigt af præcisionsnivelemeterne kan belyse områdets hævningsmønster.

Desuden foreligger der et sammenhængende seismisk profil fra olieeftersforskningen i begyndelsen af 1980'erne. Det dækker undergrundens struktur til dybder på 5-10 kilometer. Profilet viser, at strækningen krydser nogle af de fremtrædende strukturer ved overgangen fra det skandinaviske skjoldområde til det danske bassin. Og det krydser områder med stærkt varierende tykkelse af kvartære aflejringer.

Sen- og postglaciale strandlinier

Højden over nuværende havniveau af strandlinierne for det sen- og postglaciale Yoldiahav og det postglaciale Stenalderhav er illustreret i de to øverste profiler fra Frederikshavn og sydpå. De to forløb indledes med et stærkt fald, som afløses af et mere beskedent fald omkring 40 kilometer syd for Frederikshavn. Det synes at fortsætte så langt sydpå, som data foreligger.

I kurven for de recente hævnings- og sænkningshastigheder, 1890-1950, ligger det samme overordnede forløb. Men derud-

over rummer kurven mange detaljer, som vi kommer tilbage til senere.

Det forhold, at knæpunkterne optræder i alle tre datasæt, tager vi som udtryk for, at der må være en fælles årsag til forløbet, og at årsagen er en tidsmæssig langvarig proces.

Eftersom der er tale om deformationer målt ved jordoverfladen byder der sig to tolkningsmuligheder til:

- niveauændringer fremkaldt af varierende grad af kompaktering i de unge kvartære aflejringer
- niveauændringer som følge af egentlige tektoniske deformationer i undergrunden.

Den tektoniske model er allerede alment accepteret i den forstand, at strandlinjernes generelle hævnings altid har været tilskrevet den isostatisk hævnings af det skandinaviske område efter aflastningen fra Weichsel isen. Denne tolkning vedrører dog kun den generelle tendens til stigende hævnings nord på. Her overvejer vi årsagerne til afvigelserne fra denne generelle tendens.

Hvis dette hævningsbillede er påvirket af forskelle i omfanget af kompakteringen af de kvartære aflejringer, da må vi forvente, at den største reduktion af den isostatisk hævnings ville optræde der, hvor tykkelsen af de kvartære aflejringer er størst. Eftersom tykkelsen af disse aflejringer vokser fra Limfjorden og nordpå til Frederikshavn med ca. 150 meter, vil en eventuel kompaktering reducere hævnings mest mod nord. Men det er jo her hævnings er størst. Vi udelukker dermed kompaktering som den afgørende årsag til det observerede hævningsmønster.

Seismik og præcisionsnivelementer

Tilbage står så at overveje, om en tektonisk forklaring giver mening. Til den ende sammenholder vi tolkningen af det seismiske profil med profilet af de målte hævnings- og sænkningshastigheder. Det

er figuren nedenfor. Når hastighederne for koterne ved målepunkterne tilnærmes med en række rette liniestykker, fremkommer der en opdeling i blokke. Nogle blokke er flyttet lodret op eller ned, mens andre også er roteret. Selvom de to profiler i figuren ligger noget forskudt på landkortet, ser det ud til, at blokopdelingen i koterne hastigheds passer ganske godt med forkastningsblokke i det seismiske profil.

Er denne tolkning rigtig, betyder det, at præcisionsnivelementerne viser, at en del gamle forkastninger stadig er i live. Af lidt større træk viser præcisionsnivelementerne også, at det er Skagerrak-Kattegat Platformen, som er underkastet de største hævningsrater. Og at Sorgenfrei-Tornquist Zonen har sin egen profil. Den er stærkt blokopdelt, men alt i alt kæntres zonen lidt nedad mod syd samtidig med, at de centrale dele hæves i forhold til flankerne. Det kunne være et tegn på, at zonen stadig er under kompression.

Lægges alt dette sammen, er der for os at se ikke tvivl om, at den tektoniske tolkning er i bedste overensstemmelse med alle de foreliggende data. Vi mener derfor, at studier baseret på gentagne, præcise højdebestemmelser rummer et stort potentiale for den geologiske forskning i Danmark. I grundforskningsmæssig henseende kan sådanne studier bidrage med ny indsigt i dannelsesforløbet af regionale og lokale strukturer. Og der vil komme nye bidrag til forståelsen af landskabsdannelsen.

Studier af denne art kan måske også få betydning i forbindelse med større anlægsarbejder, for eksempel brobyggerier og kloakanlæg. Identifikation af områder, hvor for eksempel kalk er under ekstension og derfor permeabel, vil måske kunne få betydning i hydrogeologisk sammenhæng.

Men det kræver målrettede, præcise og gentagne målinger. Og her kommer moderne GPS-teknik ind i billedet.

GPS

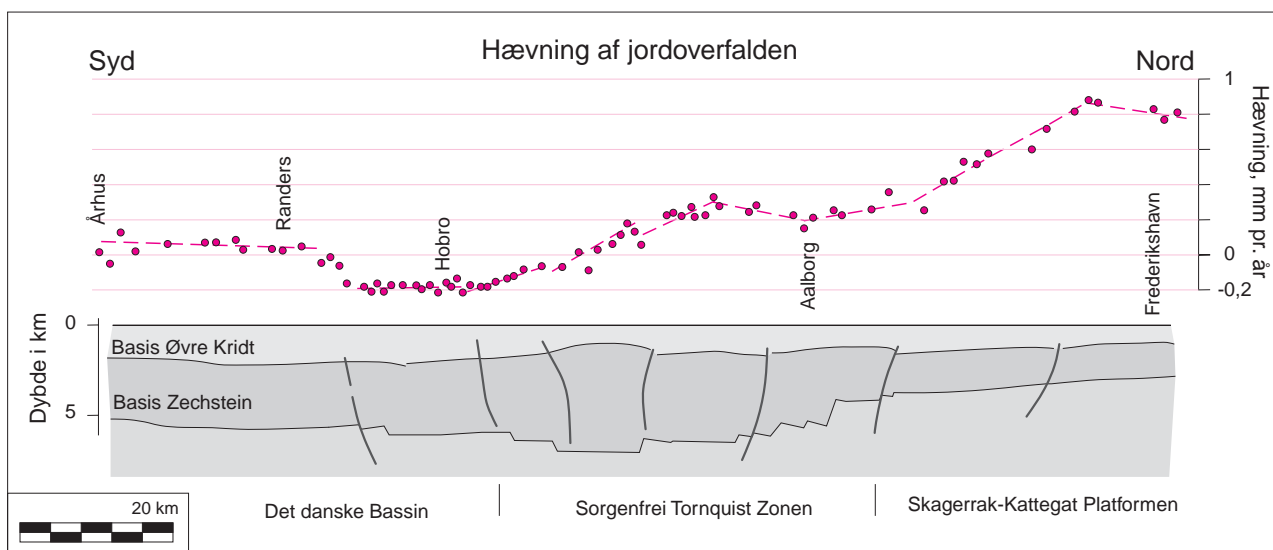
I de senere år er der sket en rivende udvikling af den satellitbaserede bestemmelse af koordinater. I dag er man i stand til ved brug af flere modtagere, differentiell GPS, at måle x, y og z-koordinater med nøjagtigheder på nogle få mm. Og det tegner til, at muligheder for endnu større nøjagtigheder er lige om hjørnet. GPS-teknikken kan dermed træde i stedet for det klassiske nivellement.

Med GPS opnår man altså ikke blot højdebestemmelser som med nivellementerne. Der åbnes helt nye perspektiver for afprøvning af teorier om aktive horisontalforskydninger, som dem der er fremsat til forklaring af geologiske forhold i Midtjylland.

Måling af deformationerne i et område forudsætter, at der indledningsvis etableres et system af målepunkter i form af velfunderede, holdbare betonfundamenter. Målepunkterne skal placeres optimalt i forhold til de strukturer, man ønsker at undersøge, og man behøver ikke at tage hensyn til direkte sigte mellem punkterne. Koordinaterne for målepunkterne skal bestemmes gentagne gange over en passende årrække. Med den nuværende præcision og på baggrund af ændringerne i Kort- & Matrikelstyrelsens data, ser det ud til, at målingerne bør strække sig over en periode på 5-10 år.

GPS anvendes i dag som det primære værktøj til måling af aktive jordskorpebevægelser verden over. Udstyret er relativt billigt. Det er let håndterligt og driftsomkostningerne er moderate sammenlignet med omkostningerne ved et klassisk nivellement.

Vi håber derfor, at der i de kommende år kan skabes økonomiske muligheder for at iværksætte systematiske GPS-baserede undersøgelser af udvalgte geologiske strukturer i Danmark. ■



Øverst hævningshastigheder nord langs den gamle hovedvej 10 bestemt ved præcisionsnivelementer fra 1890 og 1950 af Bedsted Andersen. De indlagte rette linier fremhæver en blokopdeling, som ser ud til at svare til forkastningsblokkene i det seismiske profil, DNJ-400/16, nederst. Den angivne tolkning af profilet er efter Vejrbæk 1997. (Grafik: Forfatteren og SL)