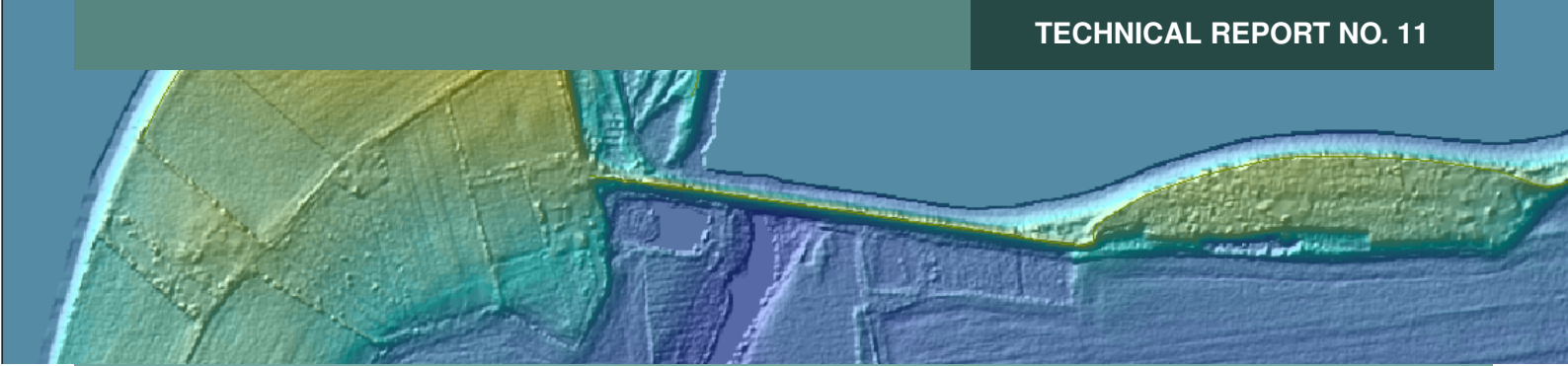




TECHNICAL REPORT NO. 11



# Rettelse af typefejl på diger i Danmarks Højdemodel

Brigitte Rosenkranz (KMS), Simon Lyngby Kokkendorff (KMS), Steffen Svinth Thommesen (DMI)



**Dmi**

.....  
DANISH MINISTRY  
OF THE ENVIRONMENT

National Survey  
and Cadastre

# Indhold

<b>1 Baggrund</b>	<b>3</b>
<b>2 Input data</b>	<b>3</b>
2.1 FOT-data . . . . .	3
2.2 Kort10 diger . . . . .	3
2.3 Kystdirektorats referencepunkter . . . . .	3
<b>3 Processer</b>	<b>3</b>
3.1 Udpegning af huller i diger . . . . .	5
3.2 Rettelse af hullerne . . . . .	5
<b>4 Statistik</b>	<b>7</b>
<b>5 Konklusion</b>	<b>7</b>

---

Brigitte Rosenkranz (KMS), Simon Lyngby Kokkendorff (KMS),  
Steffen Svinth Thommesen (DMI)  
Rettelse af typefejl på diger i Danmarks Højdemodel

National Survey and Cadastre—Denmark, technical report  
series number 11  
ISBN 978-78-92107-37-4  
Technical Report  
Published 2011-01  
This report is available from <http://www.kms.dk>

KMS beregningen med forskellige inputfiler. Inputfilerne er beskrevet i afsnit 2.1 til 2.3 og er todimensionale linjefiler i SHAPE-format.

## 1 Baggrund

Videncenter for Klimatilpasning har i forbindelse med deres arbejde med værktøjet "Havvand på Land", som udpeger områder med risiko for oversvømmelse fra havet på grund af fremtidige klimaforandringer, fundet en række huller i diger i Danmarks Højdemodel (DHM/Terræn). Fejlene i digerne har gjort det umuligt for videncenteret, at benytte DHM/Terræn til realistisk simulering af havvandsstigninger.

Videncenter for Klimatilpasning blev flyttet fra Energistyrelsen (ENS) til Danmarks Meteorologiske Institut (DMI) den 1. januar 2011. I rapporten bliver stadigvæk henvist til ENS, da videncenteret i projektets forløb, tilhørte ENS.

KMS startede i efteråret 2010 en undersøgelse af fejlene. KMS konkluderede, at fejlene kunne betragtes som en typefejl, dvs. at der ikke var tale om enkeltstående fejl, men at hullerne principielt kunne forekomme ved alle lignende landskabstyper. Vandstandssimulationer er en primær anvendelse af DHM/Terræn og med baggrund i KMS' konklusion blev det besluttet, at fejlene skulle rettes hurtigst muligt. Dette selvom der i visse tilfælde ville blive sat højere krav til diger, end det generelt er specificeret i kravspecifikationen for Danmarks Højdemodel. KMS valgte på baggrund af konklusionen om typefejlen at iværksætte et projekt, som skulle undersøge alle i Kort10 registrerede diger for mulige fejl i DHM/Terræn og udfylde alle fremkomne huller. De korrigerede filer skulle leveres til ENS slutningen af december 2010. Som del af dette projekt udviklede KMS et program som finder og udpeger hullerne, og et program som interpolerer værdierne af et manglende dige. Udpegninger og rettelser foregår semiautomatisk. Ved udpegninger og rettelser blev der manuelt taget stilling til alle fremkomne fejl. Figurerne i rapporten (figur 1 til figur 18) viser eksempler på konstaterede fejl og deres rettelser. Til alle figurerne er ortofoto vist fra de samme områder. De fleste eksempler er taget fra testområdet Fyn. Figur 4 viser, at fejlene generelt fordeler sig ensartet i det geografiske område.

## 2 Input data

For en gennemgående landsdækkende undersøgelse af diger blev KMS' registreringer af diger og dæmninger brugt som input. For at få det bedst mulige resultat, var det afgørende, at inputdata til rettelsesprocessen havde en god kvalitet. Når der tales om diger menes der ofte ikke kunne diger, men også andre objekttyper som dæmninger og skrænter. Nogle af objektregistreringerne afhænger desuden af andre objekter f.eks. veje. Alle disse objekter ligner hinanden fysisk og forårsager dermed potentielt den samme typefejl i en automatisk klassificering af en laser-scannet punktsky. Ved at undersøge fejl i objekter af samme landskabstype - nemlig terræn som stiger meget stejlt, for efter et kort vandret stykke, at falde stejlt igen - udførte

### 2.1 FOT-data

FOT registrerer ikke diger særskilt. Diger og dæmninger indgår i objektklassen skrænter. DHM data, som er opmålt i perioden fra 2005-2007, har næsten den samme aktualitet som historisk Kort10 data. Projektet om digeretelser kunne derfor med fordel benytte Kort10 data.

### 2.2 Kort10 diger

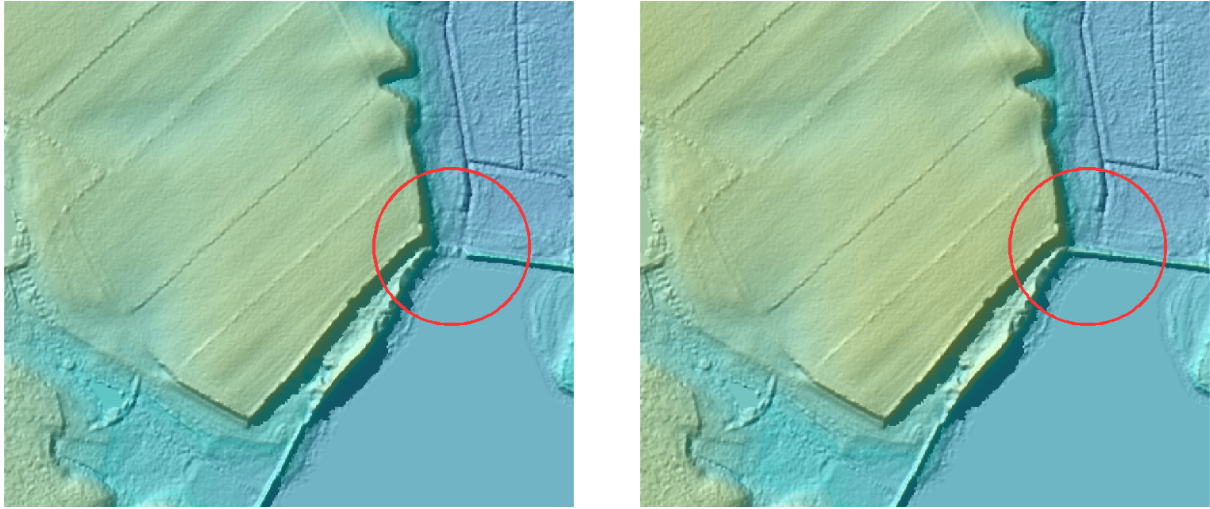
Det blev hurtigt konstateret, at det ikke er tilstrækkeligt kun at fokusere på dæmninger, da diger (som generelt ikke er så høje) kan have lige så stor betydning for at tilbageholde vand og dermed have lige så stor betydning for Energistyrelsens værktøj. I KMS' datasæt er mere end 100.000 diger registreret. De fleste af dem er små markdiger, og de har ingen betydning for tilbageholdelse af havvand. Det blev betragtet som urealistisk at gennemgå alle landets diger for mulige huller. Desuden har de fleste diger en højde på mindre end 1 m og potentielle hullerne ville dermed have en dybde som er tæt på nøjagtighedsgrensen for DHM/Terræn. I stedet for at gennemgå alle 100.000 diger fra Kort10, udpegede KMS medarbejdere med lokalkendskab og kartografisk baggrund diger med relevans for havvandsstigninger. Desuden blev enkelte objekter, som ikke er registreret som diger, men som viser den samme fysiske landskabstype (op-lige-ned), digitaliseret ved hjælp af ortofotos og tilføjet manuelt til inputfilen.

### 2.3 Kystdirektorats referencepunkter

Ved den første mistanke om at enkelte diger kunne være fejlbehæftet, afleverede ENS en fil med over 50.000 referencepunkter fra Kystdirektorat til KMS. Referencepunkterne var opmålt på diger i tidsrummet fra 1990 til 2010. Punkterne blev transformeret til en linjefil med 1092 linjer (diger). Filen blev sammen med de andre linjefiler, nævnt i afsnit 2.1 og 2.2, og anvendt i beregningen.

## 3 Processer

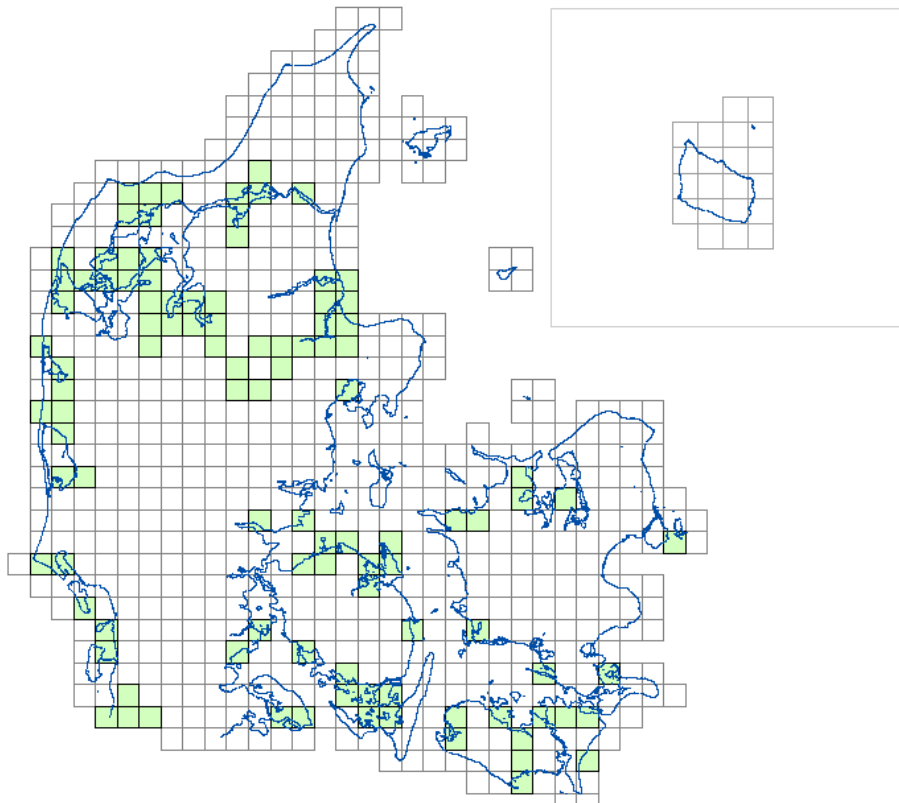
Processerne som KMS har udviklet er semiautomatiske. Den semiautomatiske fremgangsmåde er valgt, da en fuldautomatisk proces vil føre til unødvendige eller forkerte rettelser f.eks. lapning hvor hullet er reelt. En manuel proces ville højst sandsynlig overse en del fejl, samt være meget tidskrævende. Kombinationen af en automatisk og manuel proces ses som den mest kvalitative og effektive metode. Den semiautomatiske proces foretager en helt nøjagtig og streng defineret gennemgang af hele landet og samtidig bliver den faglige interpretation af landskabet inddraget.



Figur 1: Fyn (6115.887\_569.664): Eksempel på manglende dige (venstre side) og rettet dige (højre side) i DHM/Terræn, visualiseret som hillshaded grid.



Figur 2: Fyn (6115.887\_569.664): Ortofoto af samme område som i figur 1.



Figur 3: Blokke som blev rettet

### 3.1 Udpegning af huller i diger

Første skridt i udpegningsprocessen blev en automatisk generering af profiler over alle diger både i DHM/Terræn- og DHM/overflade. Profilerne blev gemt i \*.hdf5-format til senere brug og kan f.eks. printes i pdf-format.

Hvert enkelt digeprofil blev gennemgået for huller ved hjælp af det automatiske programmel. Den matematiske definition af huller i programmet er følgende:

- Profiler med stor varians (stejlt minimum) med dybder større end 0.5 m i forhold til den resterende digehøjde og med en maksimal længde af 200m
- Et tværprofil over digeprofilen viser ingen markant maksimum, dvs. ingen dige
- DHM/Terræn viser hul, mens DHM/overflade viser digehøjde

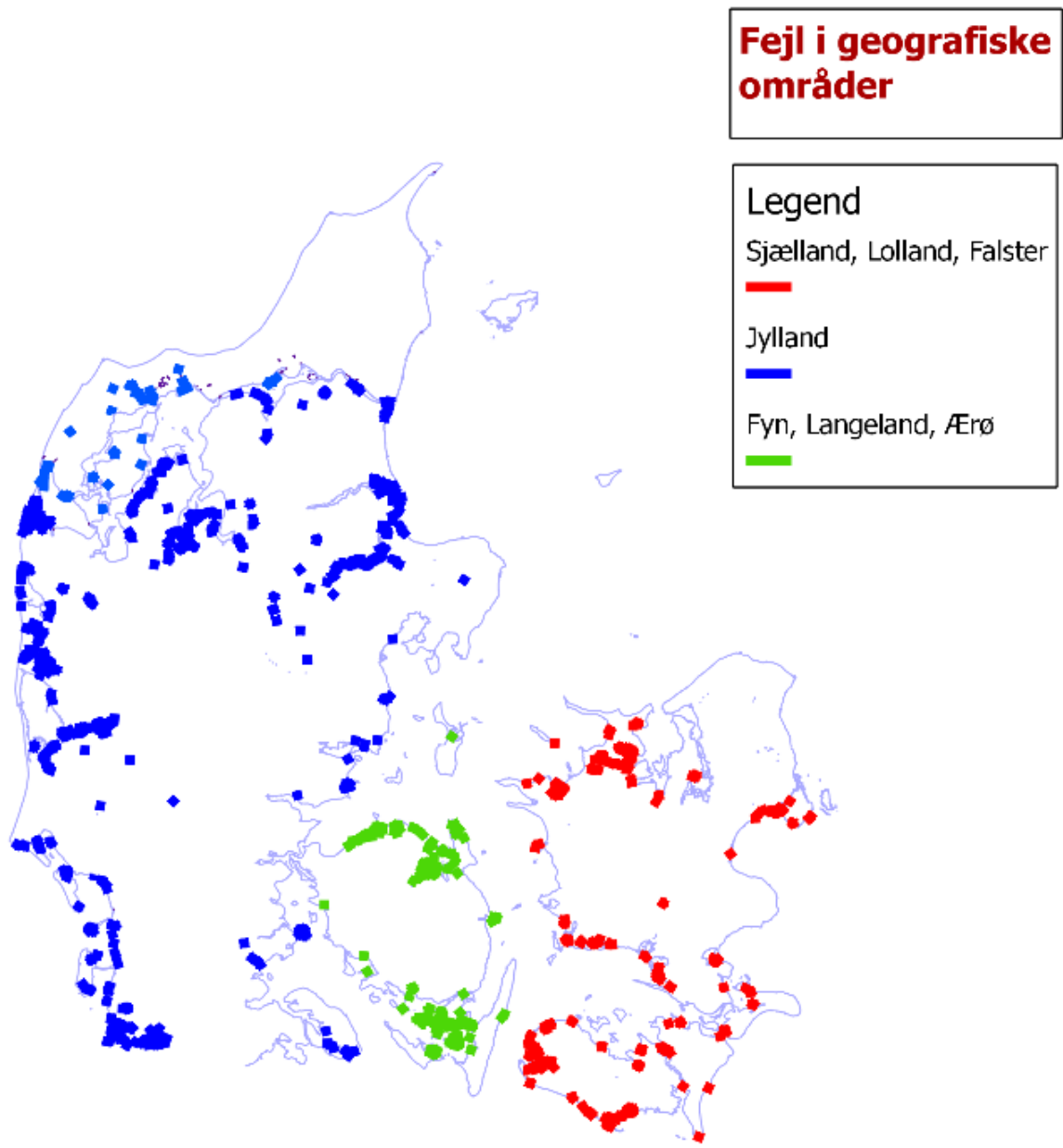
Linjestykker som programmet interpreterer som hul blev skrevet som linjer i en ny SHAPE-fil (fejlfilen). En tilføjet COMMENT-attribut blev efterfølgende brugt til at verificere eller afvise udpegningen i en manuel proces. Den visuelle verificering blev altid gennemført ved hjælp af 3D-modellerne (DHM/Terræn og DHM/overflade) og ortofotos. Hvis verificeringen ikke kunne afgøres ved hjælp af dette, blev den normaliserede DSM (nDSM) og et hædningskort beregnet og benyttet. Udpegninger, som ikke blev betragtet som reelle fejl, blev frasorteret og indgik ikke i selve rettelserprocessen.

Det viste sig, at kun ca. 15 % af udpegningerne var reelle huller. De resterende udpegninger var falske alarmer. Dette bekræfter os i valget af den semiautomatiske fremgangsmåde.

### 3.2 Rettelse af hullerne

Inden linjefilen blev brugt til fejlrettelsen, blev de udpegede linjestykker automatisk forlænget med 30m. Forlængelsen skulle gøre det muligt, at automatisk definere en digehøjde. Det viste sig dog, at forlængelsen ikke kunne stå alene, da udpegningerne resulterede i mange korte hulstykker. For at undgå sammenstykkede diger, blev en samling af korte linjestykker samlet manuelt til længere linjestykker. Antallet af udpegninger blev på den måde reduceret til ca. en tredjedel. Det skal dog understreges, at alle mindre huller stadigvæk blev inkluderet i linjestykkerne.

Programmet arbejder iterativt og benytter sig af manuelt input. I første omgang prøver programmet at interpolere en værdi til diget, ud fra den forlængelse som er tilføjet i fejlfilen. Ved programmets afslutning bliver et nyt ESRI-ascii grid, som indeholder de rettede diger, udskrevet. Originalfilen forbliver uændret. Der vil dog altid restere huller i diger, hvor en højde ikke kan interpoleres ud fra den forlængede linje. Dette sker f.eks. når hele diger mangler i data. I disse tilfælde blev programmet kørt semiautomatisk og iterativt. Digerne, hvor højden ikke kunne interpoleres blev efterfølgende målt manuelt i 3D-terrænmodellen eller overflademodellen. Den målte højde blev noteret i fejlfilen og



Figur 4: Inddeling i geografiske områder

Huller fundet i	Antal
Matematisk søgning	5465
Verificeret som fejl i visuel kontrol	887
Efter samling af korte hulstykker	357
Interpolerede digehøjder	298
Målte digehøjder	59

Tabel 1: Iterativ reduktion af antal af fejl

Fejl fundet i	Antal
Jylland	257
Sjælland, Lolland, Falster	340
Fyn, Langeland, Ærø	290

Tabel 2: Fejl opdelt efter geografisk område

benyttet i en ny rettelsesiteration.

Den nye iterative rettelse erstatter berørte celler fra den første iteration i det genererede ESRI-ascii grid.

## 4 Statistik

KMS gennemførte en grundig kontrol af alle registrerede dæmninger og diger, som har betydning for tilbageholdelse af havvand. Enkelte "dige-lignende" landskabstyper, som af forskellige årsager (f.eks. registrering som vej) ikke er registreret som dige eller dæmning, blev tilføjet manuelt. Desuden blev referencedata fra Kystdirektorat (1990-2010) tilføjet i inputfilen. I alt blev 1657 diger kontrolleret og deres profil beregnet. Profilerne blev undersøgt for matematiske huller, hvilket resulterede i 5465 mulige fejl. En visuel kontrol reducerede de mulige fejl til 887 reelle fejl i diger. Når et helt dige manglede, lå fejlene ofte med meget korte afstande. I disse tilfælde var det en fordel, at samle de enkelte fejlstykker til et længere stykke, som blev rettet på en gang. Derfor blev antallet af de reelle fejl i digerne minimeret til 357 reelle digestykker, som skulle udskiftes med en interpoleret eller målt værdi. Der kunne automatisk interpoleres en digehøjdeværdi til 298 rettelser, mens der skulle måles 59 diger manuelt i DHM/Terræn- eller DHM/overflademodellen.

Udpegningen og rettelsen af digefejl blev opdelt i forskellige geografiske områder (Jylland, Sjælland/Lolland/Falster, Fyn/Langeland/ærø). Den geografiske fordeling af alle fejlene kan ses i figur 2. Statistikkerne er samlet i tabellerne 1 og 2.

## 5 Konklusion

Da KMS fik den første henvendelse fra ENS om mulige fejl i diger i DHM/Terræn, blev en visuel stikprøvekontrol igangsat. Stikprøvekontrollen viste, at omfanget af fejl i diger var meget større end først antaget. Fejlene skulle rettes hurtigst muligt, da en genberegning af tærskelgriddet til ENS skulle gennemføres og værktøjet "Havvand på Land" skulle sættes i drift. Det blev vurderet af KMS, at vi selv hurtigst og bedst kunne rette fejlene i DHM/Terræn-griddet. Derfor

Ændrede blokke Northing_Easting				
6330_540	6320_480	6320_490	6320_500	6320_530
6320_540	6320_560	6310_480	6310_490	6310_530
6300_530	6290_450	6290_470	6290_480	6290_490
6280_450	6280_460	6280_470	6280_480	6280_490
6280_570	6280_580	6270_450	6270_490	6270_500
6270_510	6270_520	6270_570	6270_580	6260_490
6260_500	6260_510	6260_520	6260_570	6260_580
6250_440	6250_490	6250_520	6250_540	6250_550
6250_560	6250_570	6250_580	6240_450	6240_530
6240_550	6230_450	6230_530	6230_540	6230_580
6220_440	6220_450	6210_450	6190_450	6190_460
6190_660	6180_660	6180_680	6170_540	6170_560
6170_630	6170_640	6160_570	6160_580	6160_600
6160_730	6150_440	6150_450	6150_560	6150_570
6150_590	6150_600	6140_590	6130_460	6120_470
6120_540	6120_610	6120_640	6110_470	6110_530
6110_560	6100_580	6100_670	6100_700	6090_480
6090_580	6090_590	6090_600	6080_470	6080_480
6080_490	6080_550	6080_560	6080_590	6080_600
6080_630	6080_650	6080_670	6080_680	6080_690
6070_630	6070_660	6060_660	6060_690	6050_660

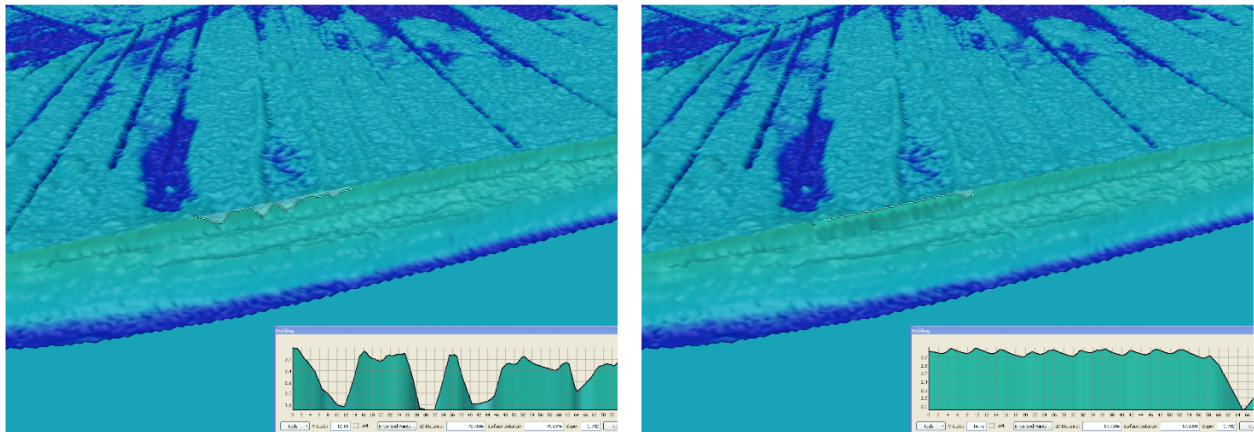
Tabel 3: Blokke som indeholdt fejl i digerne

valgte KMS ikke, at lade leverandørerne rette fejlene inden for garantiperioden, der løber frem til december 2011.

KMS fandt en metode til at udskifte griddet i en buffer omkring de udpegede linjestykker. Diget blev efterfølgende modelleret fra en interpoleret værdi fra det resterende dige eller fra en manuelt målt værdi. Modelleringen er foretaget sådan, at diget indpasses bedst muligt i det oprindelige grid. Da udskiftningen foregår i en buffer omkring det udpegede linjestykke, kan det forekomme, at et lille hul opstår ved bufferkanten. Hullet er dog meget mindre end det oprindelige hul, som er forårsaget af en fejlklassificering i selve punktskyen.

Der er desværre også en teoretisk mulighed for, at enkelte reelle huller i landskabet er blevet fyldt op i DHM/Terræn. Den semiautomatiske fremgangsmåde skulle dog minimere denne risiko. Da rettelsen er blevet gennemført med henblik på simulering af havvandsstigninger, ses risikoen for at introducere nye fejl som mindre alvorlige end at bibeholde digetypefejlen.

Der skal stadigvæk tages stilling til, om rettelserne skal indgår i selve DHM'en, eller om det er en særlig rettelse til den hydrologiske DHM (DHym).

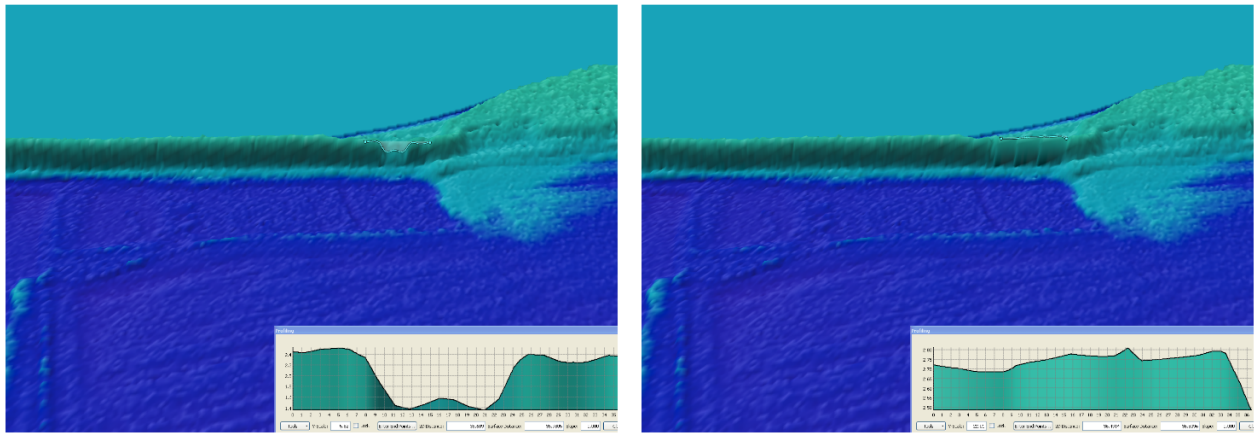


Figur 5: Nordfyn (6157.035\_565.255): Billedet til venstre viser et hul i DHM/Terræn, visualiseret i Fledermaus. Huller i diget ses tydeligt i DHM/Terræn. Profilen over diget viser store afvigelser. Til højre vises det rettede dige. Højden er interpoleret fra det resterende dige og indsat direkte i DHM/Terræn.

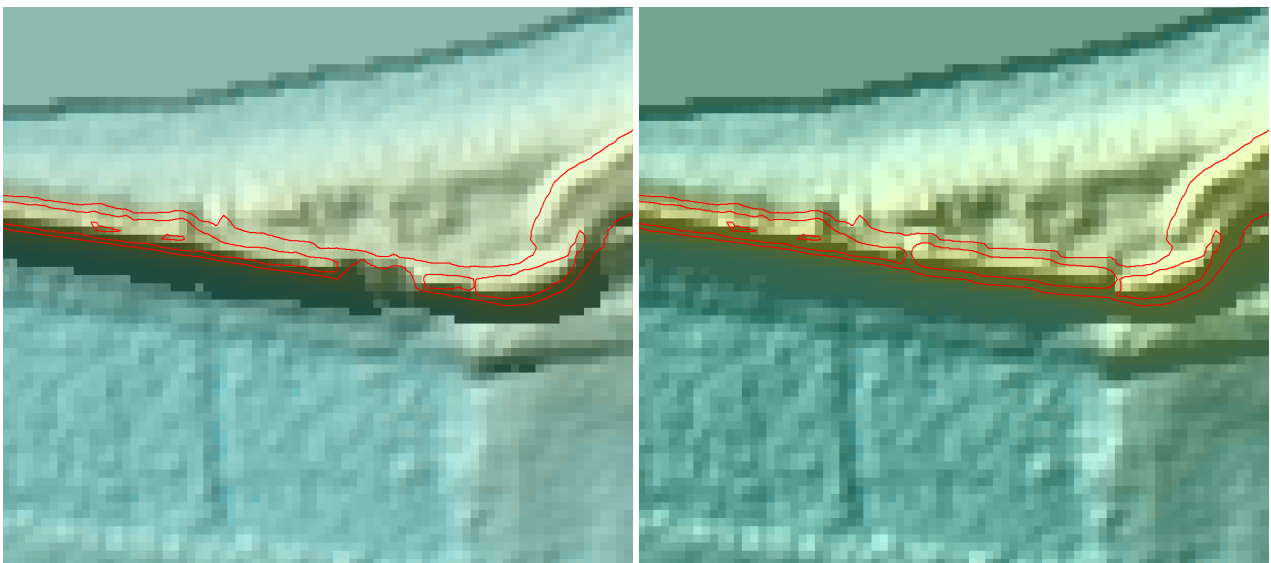


Figur 6: Nordfyn (6157.035\_565.255): Ortofoto af samme område som i figur 5.





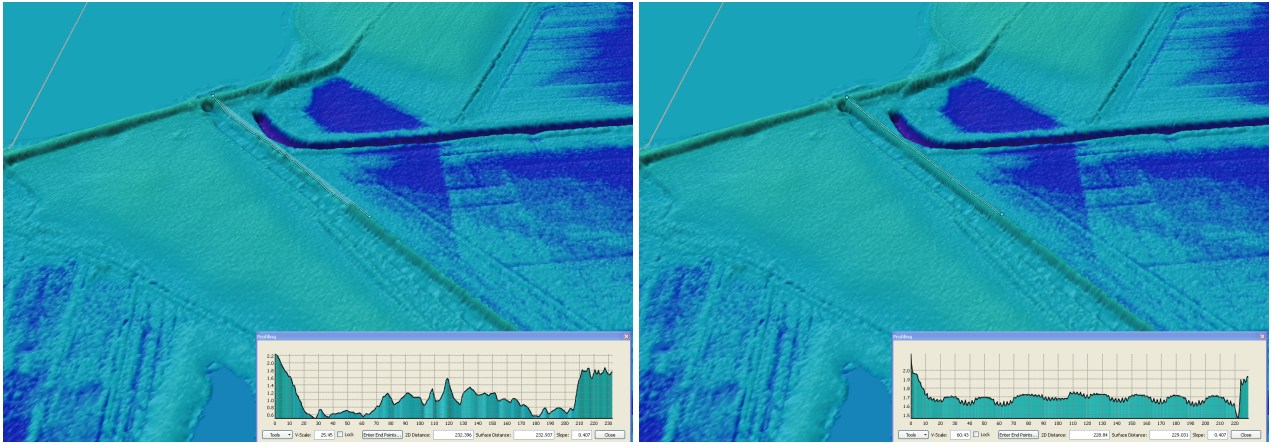
Figur 7: Nordfyn (6159.481\_571.230): Eksempel på et hul i DHM/Terræn visualiseret i Fledermaus. Til venstre ses hullet i diget, mens der til højre vises det rettede dige.



Figur 8: Nordfyn (6159.481\_571.230): Eksempel fra samme område som i figur 7, visualiseret som hillshaded grid med 0.5 m højdekurver.



Figur 9: Nordfyn (6159.481\_571.230): Ortofoto af samme område som i figur 7 og figur 8



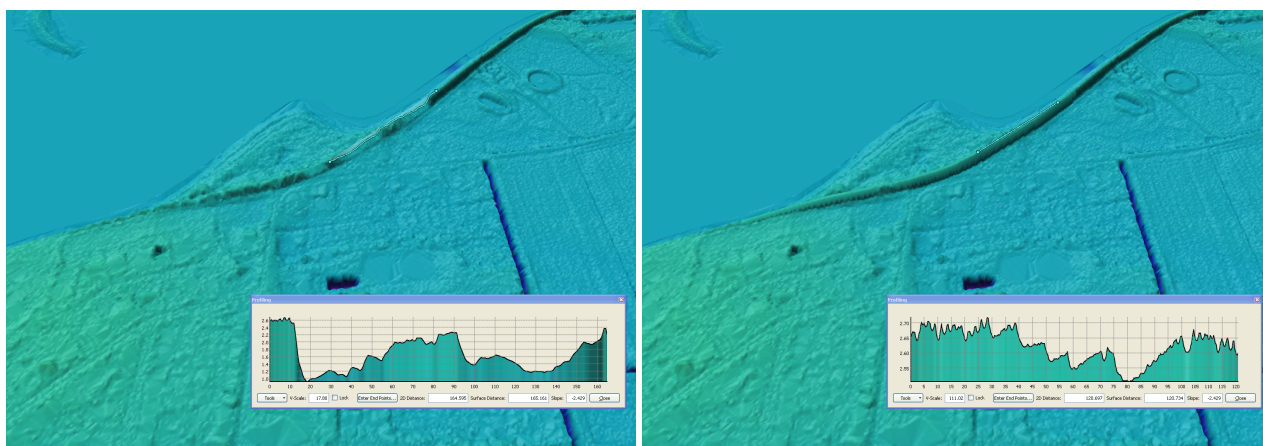
Figur 10: Nordfyn (6159.090\_570.245): Eksempel på et hul (venstre side) og et rettet dige (højre side) i DHM/Terræn, visualiseret i Fledermaus.



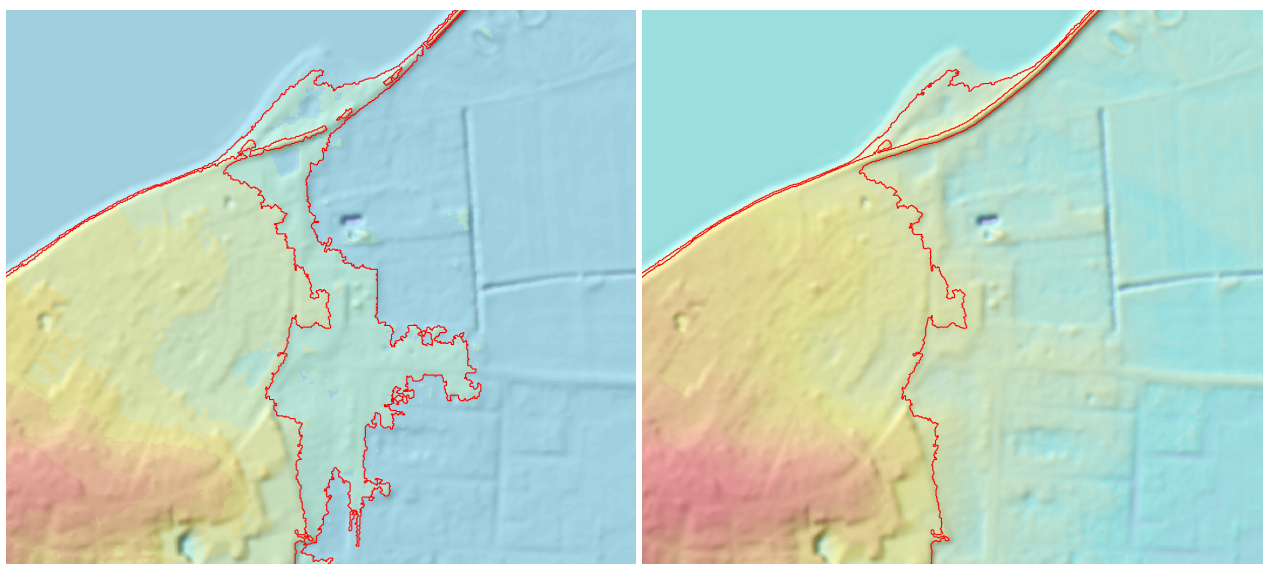
Figur 11: Nordfyn (6159.090\_570.245): Eksempel på et hul i DHM/Terræn(venstre side). Eksempel på et rettet dige (højre side). Begge visualiseret som hillshaded grid.



Figur 12: Nordfyn (6159.090\_570.245): Ortofoto af samme område som i figur 10 og figur 11.



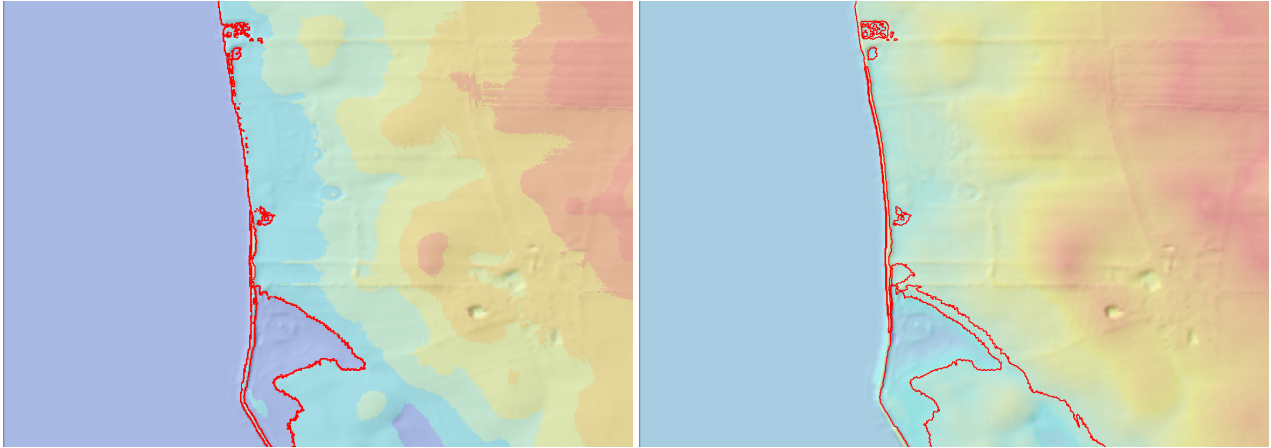
Figur 13: Nordfyn (6158.877\_569.229): Eksempel på manglende dige (venstre side) og rettet dige (højre side) i DHM/Terræn, visualiseret i Fledermaus.



Figur 14: Nordfyn (6158.877\_569.229): Hillshaded grid af det samme område som i figur 13.



Figur 15: Nordfyn (6158.877\_569.229): Ortofoto af samme område som i figur 13 og figur 14.



Figur 16: Sydfyn (6093.804\_597.618): Eksempel på et hul (venstre side) og rettelsen (højre side) af et dige i DHM/Terræn, visualiseret som hillshaded grid.



Figur 17: Sydfyn (6093.804\_597.618): Ortofoto af samme område som i figur 16



Figur 18: Sjælland (6189.571\_664.139): Eksempel på manglende dige i DHM/Terræn (venstre side) og det rettede dige i DHM/Terræn (højre side), visualiseret som hillshaded grid.



Figur 19: Sjælland (6189.571\_664.139): Ortofoto af samme område som i figur 18.

