

Høgskolen i Gjøviks rapportserie, 2009 nr. 7

**En metode for å produsere
3D-kart med 3D-printer**

Magnar Eikerol og Erling Onstein

Gjøvik 2009

ISSN: 1890-520X

ISBN: 978-82-91313-26-9



Innhold

1	Bakgrunn	2
2	Hensikt med modellen.....	2
3	Innledende arbeid	3
3.1	Geografisk område	3
3.2	Tilgang på geografiske data.....	4
4	Beskrivelse av prosessen.....	5
4.1	Høydemodellen	5
4.2	Kartbilde til overflaten	6
4.3	Fra overflate-modell til modell med vegger.....	7
4.4	Fremgangsmåte i selve 3D printeren.....	11
4.5	Etterarbeid med bitene.....	13
4.6	Fra hvit gips til fargelagt overflate	13
5	Vurdering av resultatet	Feil! Bokmerke er ikke definert.
6	Referanser.....	18

1 Bakgrunn

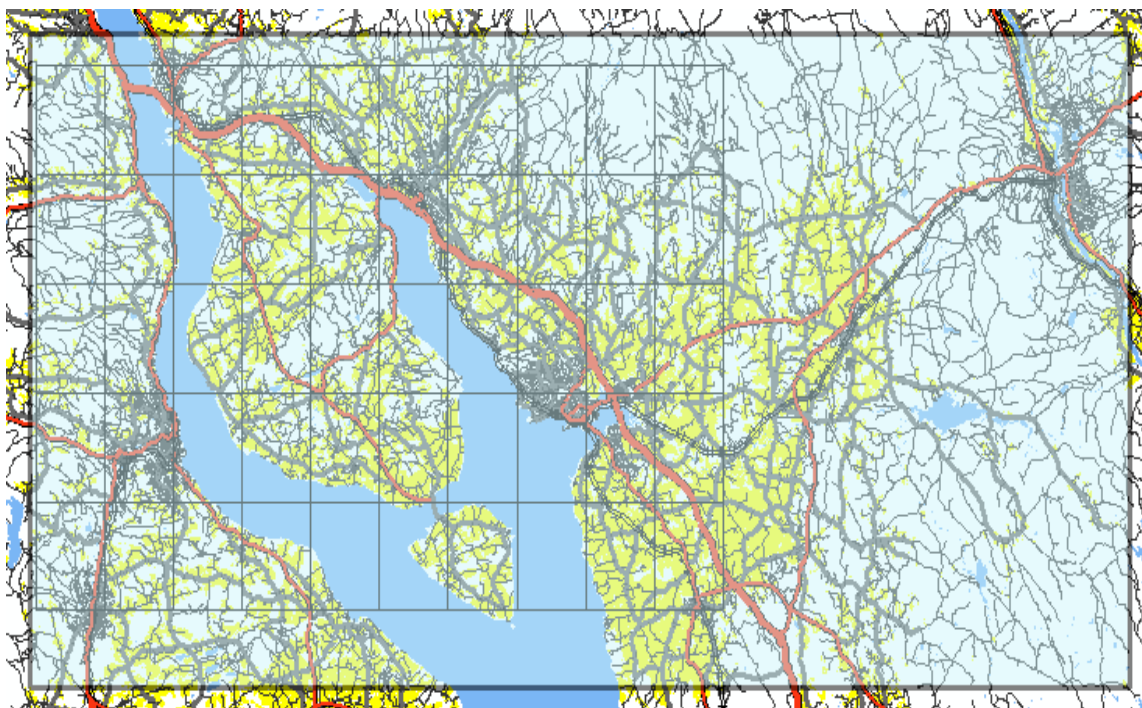
Høgskolen i Gjøvik ble i 2007 oppfordret til å lage et 3 dimensjonalt kart over området fra Hamar til Gjøvik i forbindelse med Mjøskonferansen dette året. Hensikten var å vise hvordan veien i dag går i forhold til hvordan den kunne ha gått dersom den fikk gå den korteste veien tvers over Nes. Traseen ville da blitt redusert til 20km kontra de 50km som det er i dag. Høgskolens oppdrag var å synliggjøre dette, ikke konstruere bruer og eventuelle andre forbindelser.

Blant mange kunnskapsområder skolen besitter, så var det i forbindelse med at geomatikk- og teknologilærere pratet sammen om en slik mulighet etter at vi hadde fått en 3D-printer i hus at dette kunne bli en realitet.

Det er benyttet gips som produksjonsmateriale og det er begge byene ved ordførerene (2007) og A-pressen ved sjefsredaktør Jenssen i Oppland Arbeiderblad som har betalt for råstoffet og fargelegging av kartet i 2009.

2 Hensikt med modellen

Hensikten med 3D-kartet var å vise hvordan området fra Raufoss til Elverum ser ut. Samtidig skulle det vises hvor dagens veier går. Det skulle være et 3D-kart som flere personer skulle kunne se på samtidig.



Figur 1. Område Raufoss – Elverum (rektangel, 58km ØV, 29km NS)

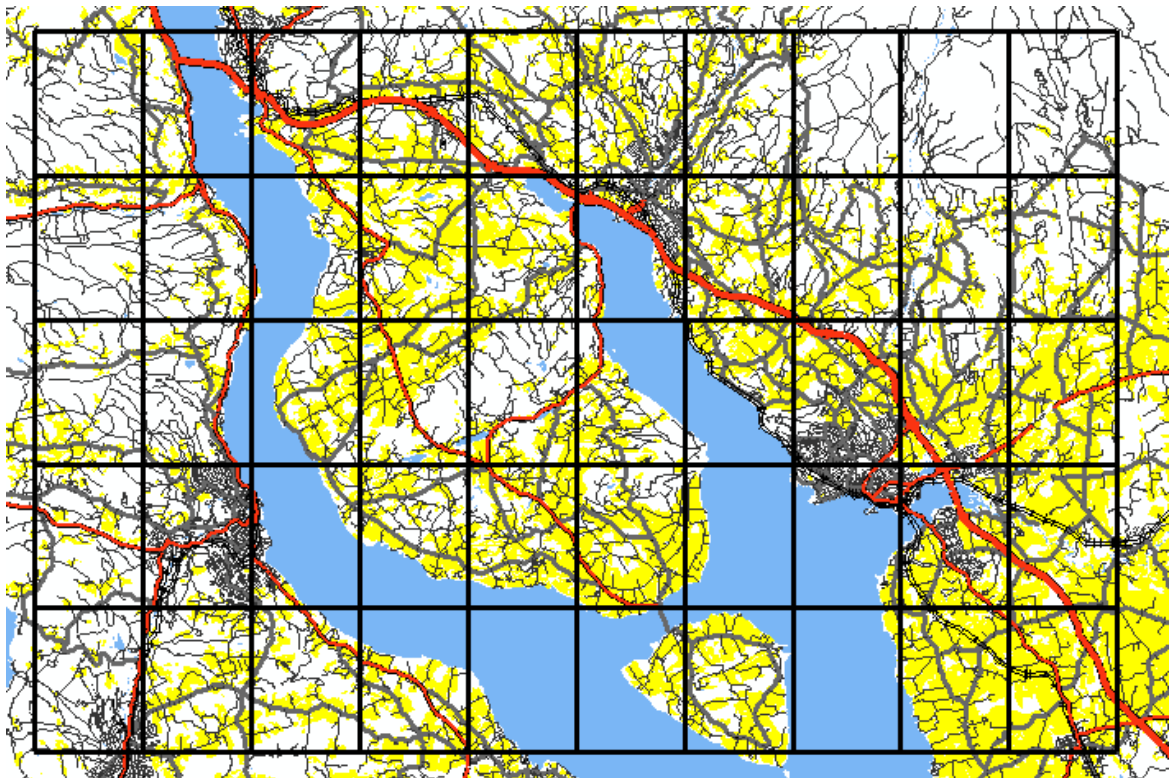
3 Innledende arbeid

3.1 Geografisk område

Området som var ønsket var i utgangspunktet Raufoss – Elverum i øst-vest-retning, og så mye i nord-sør at dagens hovedveier kunne vises. Dette gir et rektangel på ca 58km i øst-vest og 29 km i nord-sør. (se Figur 1). Området ble etter noe overveielse redusert til Raufoss - Hamar (36km øv og 24km ns), se smårutene på se Figur 1. For at et 3D-kart over dette området skulle dekke et bord, ble målestokk 1:20000 valgt. Det gir et 3D-kart på $36\text{km} / 20000 = 1,8\text{ m}$ i øst-vest og $24\text{km} / 20000 = 1.2\text{ m}$ i nord-sør.

3D-printeren klarer å lage gips-modeller opp til A4-størrelse (21cm x 29,7cm). For å ha litt klaring/marger, ble området delt opp i kartbiter på netto 18 cm x 24 cm. Dette tilsvarer i terrengmål 3600m x 4800m for hver kartbit. Området Raufoss – Hamar dekkes av 50 slike kartbiter, se Figur 2. Av disse 50 kartbitene ble kun 40 produsert. Den vestligste rekka (Raufoss) og den østligste (øst for Hamar) ble kuttet ut. Endelig nettoformat på 3D-kartet ble derfor $18\text{cm} \times 8 = 1,44\text{ m}$ i øst-vest og $24\text{cm} \times 5 = 1,20\text{m}$ i nord-sør. Dette tilsvarer et område i terrenget på 28,8km x 24km.

Alt arbeidet foregikk i UTM32/Euref89-kordinatsystemet.

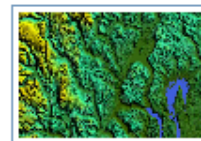


Figur 2. Område Gjøvik - Hamar (rektangel, 36km øst-vest, 24km nord-sør), med de 50 kartbitene markert.

DTM 25

Sammendrag:

Digital terrengmodell med høyder i et rutenett på 25 x 25 meter. Laget primært på grunnlag av høydeinformasjon fra N50. Høydebærende tema er: høydekurver, høydepunkt, trigpunkt, kyst, innsjøer, veger. Lagret som ruter "tiles") på 100 x 100 km. Navnet på rutene gjenspeiler UTM-koordinatene i nedre venstre hjørne, to siffer for nord- og to siffer for øst-koordinaten.



Navn på organisasjon:

Statens kartverk

Innholdstype:

Nedlastbare data

[Vis mer informasjon](#)

[Vis all informasjon](#)

[Gå til nettsted](#)

Figur 3. DTM25-beskrivelse fra www.geonorge.no

3.2 Tilgang på geografiske data

Geografiske data for området er tilgjengelig gjennom Norge digitalt (www.norgedigitalt.no) der Høgskolen i Gjøvik har full tilgang til dataene gjennom partsavtalen Utdanningsdirektoratet har med Norge digitalt. Denne avtalen dekker bruk av data til undervisnings-, forsknings- og utviklingsaktivitet. Dette prosjektet kommer inn under denne kategorien.

Til modellen trengs to typer data:

1. en høydemodell som beskriver terreng-formene
2. kartbilder som viser hva som finnes på overflaten.

I Norge digitalt tilbyr i alle fall to ulike høydemodeller, DTM25 (se Figur 3) og DTM50. Begge er grid-basert, dvs består av xyz-punkt i regulære rutenett med hhv 25x25m og 50x50m rutenett. DTM25 ble valgt, ut fra ønske om at i alle fall store veier skulle være til en viss grad synlige på høydemodellen.

Ut fra kart-målstokken (1:20000) og forutsetningene om at den skulle plasseres på et bord, og betraktes av personer ved siden av bordet, ble N50 kartdata valgt for å lage kartbilde til overflata. N50 er kartdata tilpasset presentasjon i målestokk 1:25 000 til 1:100 000. Ut fra dette datasettet ble følgende brukt:

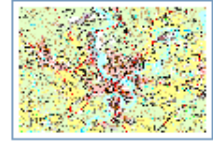
1. veinett
2. vannsystem (innsjøer og bekker/elver) og
3. arealbruk (først og fremst dyrkamark) brukt.
4. store bygninger

3D-kart-området er dekket av til dels store områder med skog. Datasettet N50 Kartdata har ingen detaljer i skogen. For å få litt mer "liv" i skogs-områder, er ortofoto fra www.norgebilder.no benyttet.

N50 Kartdata

Sammendrag:

Kartdata tilpasset målestokkområdet 1:25000 til 1:100000. Produktet har et innhold som tilsvarer kartserien Norge 1:50 000 med unntak av bathymetri(dybder). N50 Kartdata skal dekke fastlands-Norge og er begrenset av riksgrensen mot nabolandene og territorialgrensen i havet. Produktet er kartografisk redigert med tanke på presentasjon i målestokk 1:50 000.



Navn på organisasjon:

Statens kartverk

Innholdstype:

Nedlastbare data

[Vis mer informasjon](#)

[Vis all informasjon](#)

[Gå til nettsted](#)

Figur 4. N50 Kartdata, beskrivelse fra www.geonorge.no

4 Beskrivelse av prosessen.

4.1 Høydemodellen

Høydemodellen ble laget i program ArcScene 9.2 fra ESRI. Det ble ut fra den opprinnelige sømløse deknningen laget 40 biter, en for hver av gips-bitene. Høyde-overdrivelse er en vanlig (og nødvendig?) teknikk når terreng skal visualiseres. I dette prosjektet ble en høydeoverdrivelse på 1:3 benyttet. Høydemålestokken er derfor $3 \times (1:20000) = 1:6667$.

ArcScene har mulighet for eksport av terrengmodeller i VRML-format (Virtual Reality Modelling Language dokumentert i ISO/IEC 14772). Dette er et format som ble utviklet på slutten av 1990-tallet. Den siste versjonen (versjon 2.0) er fra 1997. Siden den tid har andre format overtatt.

VRML ble likevel valgt fordi det var den eneste muligheten for eksport fra ArcScene, og fordi en import-funksjon for VRML fantes i 3D-printer-programvaren.

VRML-formatet beskriver kun overflater uten tykkelse. VRML-eksport-funksjonen i ArcScene benyttet terreng-meter som enhet for koordinatsystemet, samme koordinatsystem på VRML-filene som på geodataene.

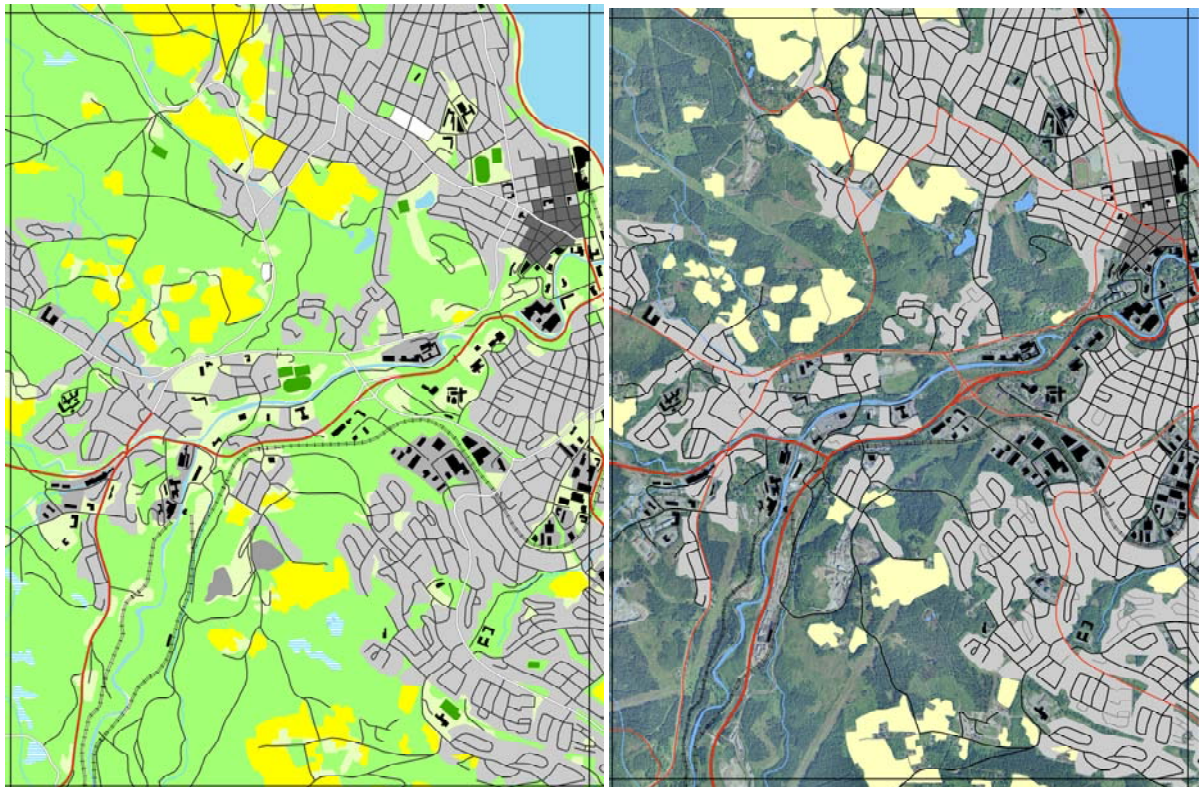
4.2 Kartbilde til overflaten

Som beskrevet tidligere, ble N50 Kartdata brukt. Hensikten med kartbildet er først og fremst er å vise ”menneskelig aktivitet”, dvs hvor det bor mennesker. I N50 Kartdata vises menneskelig aktivitet som veier, jernbane, tettbebyggelser og (for mindre tett befolka områder) som dyrka mark. Dette ble derfor vist i kartbildet.

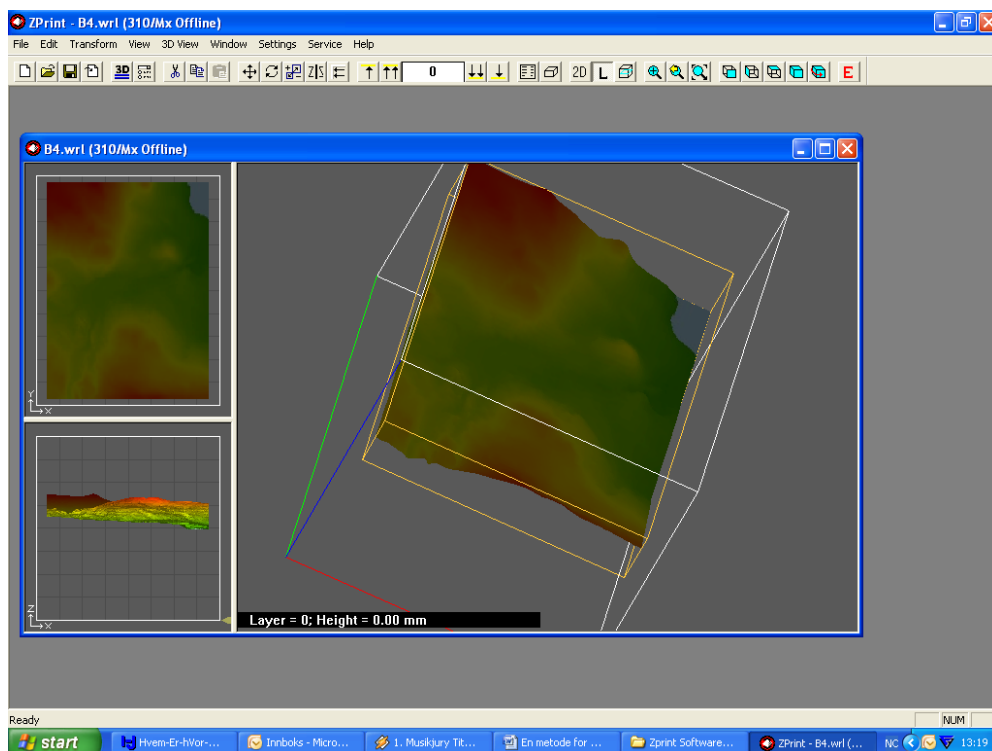
I 2007-versjonen av modellen ble kartbildet basert på kun disse dataene. Et eksempel på resultatet finnes til venstre i Figur 5.

I 2009-utgaven ble fargevalgene noe endret, og det ble supplert med ortofoto for å gi mer liv til skogsområdene. Eksempel på hvordan dette ble seende ut finnes til høyre i Figur 5.

Alle bildene som ble designet i ArcMap og eksportert som georefererte (dvs har medfølgende koordinater som sier hvor de passer inn i kartet) jpeg-bilder. Siden ”mottakende programvare” ikke støttet georefereringen, ble alle bildene manuelt innpasset på gipsmodellen. Bildene som ble laget dekket litt større område enn hver enkelt gips-bit. Netto-området ble markert med rektangel, se Figur 5.



Figur 5. N50 Kartbilde til 3D-kartet. 2007-utgaven til venstre og 2009-versjonen til høyre.



Figur 6. VRML-fil fra Gjøvik vist i ZPrint

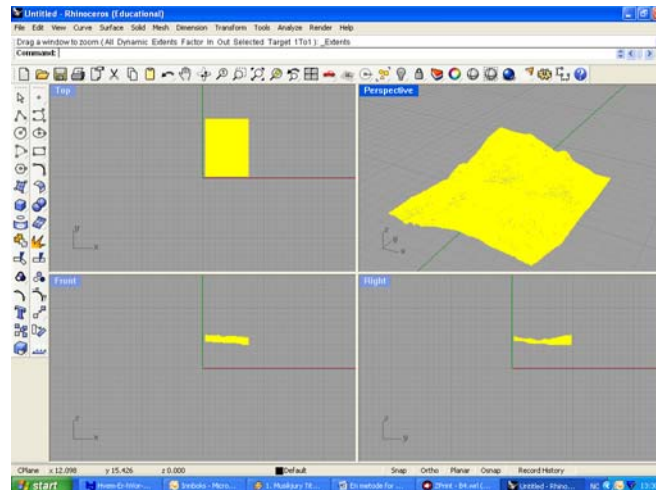
4.3 Fra overflate-modell til modell med vegger/tykkelse

Overflate-modellen fra GIS-programvaren må gjøres om til en "figur" med tykkelse. Dette gjøres ved å legge en tykkelse (satt til 1/10 tomme) på selve terrengoverflata for å lage kartplater. For å få disse til å ligge i rett posisjon i forhold til hverandre, lages også en undersøttelse (i ZPrint-software kalt *fixture*) Understøttelsen er en slags stativ for de tynne kartplatene. Ved å produsere kartbitene som (overflate-) kartplater som viser detaljert overflate og mindre detaljerte understøttelser vil det være lettere/billigere å bytte ut kartdesign. Selve kartdesignet er "angår" kun (overflate-) kartplatene

Målestokken i 3D-kartet ble satt til 1 : 20000. Det betyr 1 cm på kartet er lik 20000 cm i virkeligheten (200 m). For å få litt høydeforskjeller så ble kotehøydene satt til det tredoble av dette igjen, slik at 1 cm opp i høyden tilsvarer 66.6 m i høydeforskjell over laveste punkt. I vårt tilfelle var vannoverflaten på Mjøsa (123 moh) det laveste i kartet.

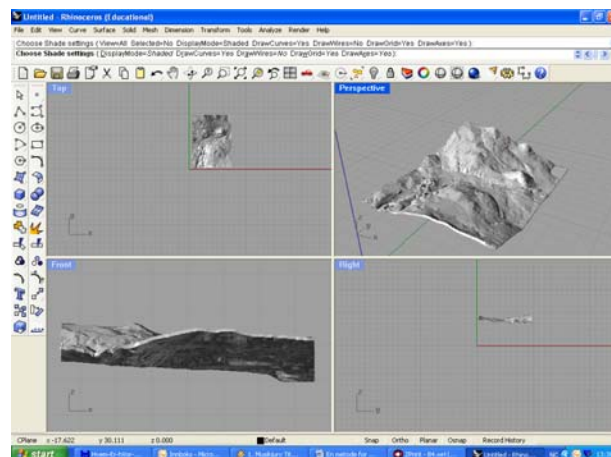
Kartområdet er delt inn i kart-biter som gjorde at det kunne bli behandlet i 3D-printeren. Ved import til 3D-printer-software (ZPrint) var det nødvendig å skalere VRML-filene ned fra det originale 3600x4800 (meter i terrenget) til 180 x 240 (mm i printer-målestokk 1:20000). Derfor ble datarutene skalert ned til 5 % via ZPrint. Data ble tatt inn som VRML -filer (virtuelle figurer på skjerm uten tykkelse), se Figur 6 med Innlastet VRML- fil fra Gjøvik med Hovdetoppen i midten og nordre del av Mjøsa til høyre i hjørnet. ZPrint bruker filtype .wrl for filer i VRML-format.

Kartmodellen har nå fått riktig størrelse på 18 x 24 cm som passer inn i vår maskin. (maks. 20 x25 cm i xy retning) Det man nå gjør, er følgende: Man går inn i ZPrint under eksporter fil i STL-format¹ og lagre denne i en filmappe. Så åpner man et annet program, Rhinoceros, og som er frivare i en begrenset periode. Dette er et avansert flatemodelleringsprogram som kan behandle STL-filer. Under File importer man så STL-filen fra sin mappe og merker den i programmet slik at figuren blir gul, se Figur 7.



Figur 7. Virtuell STL-fil over Gjøvik

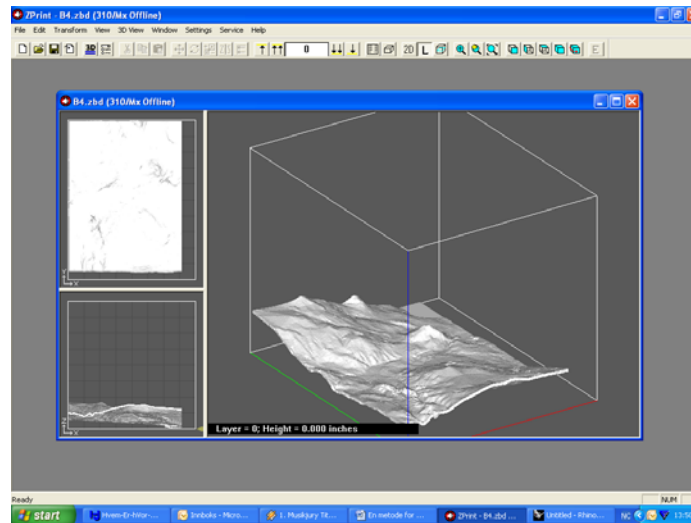
Så kommer det avgjørende. Under fanen *Mesh* finner man kommandoen *Offset mesh*. Man trykker på den og setter offset til 0.1 tomme og haker av for *solidify*. Dataprogrammet beregner og lager tykkelse på kartplaten. Denne sjekkes for at tykkelsen kommer på undersiden av kartet. Dette sees under skjermbildet Front nede til venstre i Figur 8.



Figur 8. Offset mesh (ekte STL)

¹ **STL** is a file format native to the stereolithography CAD software created by 3D Systems. This file format is supported by many other software packages; it is widely used for rapid prototyping and computer-aided manufacturing. STL files describe only the surface geometry of a three dimensional object without any representation of color, texture or other common CAD model attributes. The STL format specifies both ASCII and binary representations. Binary files are more common, since they are more compact. (www.wikipedia.org)

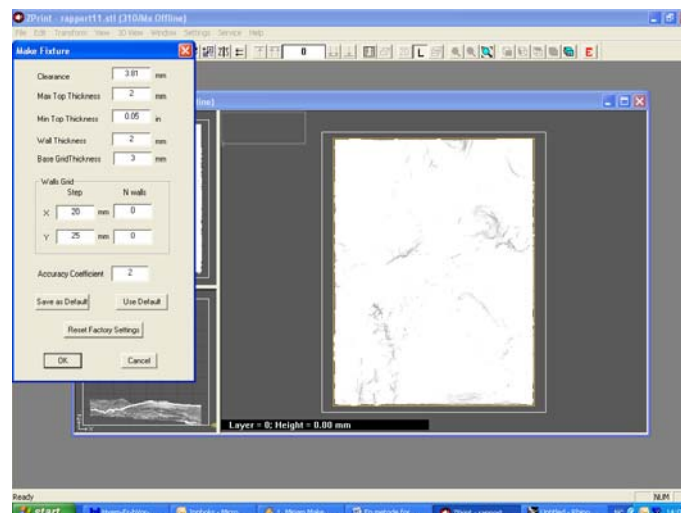
Denne kartbiten har nå fått tykkelse på 0.1 ” (2.5 mm). Dette lagrer man i en ny mappe som STL-fil med tykkelse. Man lagrer det som binær fil uten *Eksporterer som open objects* ruten er avhaket. Deretter starter man ZPrint igjen og åpner filen. Den skal nå se ut som i Figur 9.



Figur 9. STL-fil plassert i 3D-printer

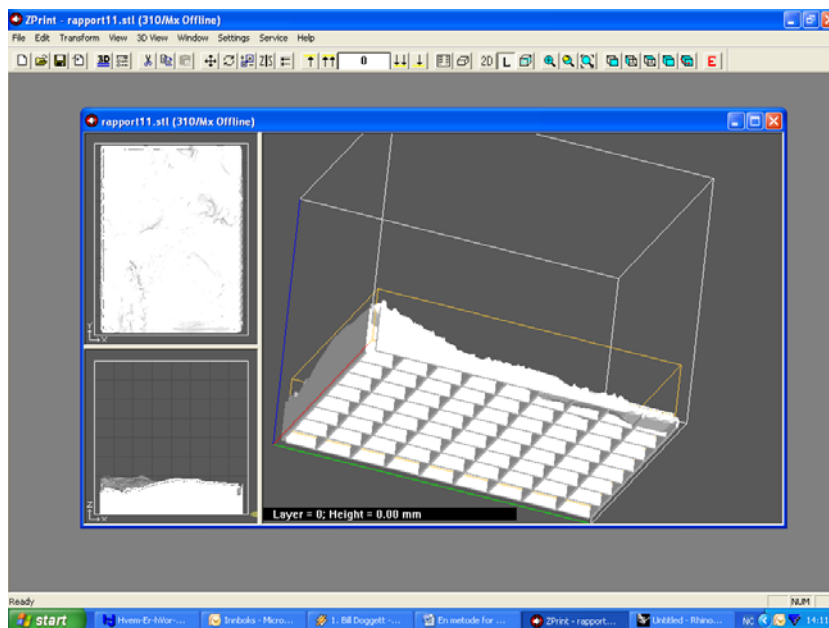
Det som skjer her er at filen ikke blir åpnet med det metriske system mer. Men filen åpnes med visning av dimensjonen i tommer (inches). Hvorfor det er slik har vi en teori om, men som i denne sammenheng ikke er av viktighet, vi trykker neste og får det inn i printereren. Vi har nå fått laget skallet av kartet (overflata eller kartbladet), men kartet trenger også litt støtte under seg slik at det ikke bare ligger der. Vi må derfor bygge en understøttelse og den må lages slik at terrenget (kartplatene) ligger riktig i forhold til hverandre.

Vi holder oss nå i ZPrint og under en fane (*Edit*) der finner man et alternativ som heter *Make fixture*. Der setter man avstand (klaring) til undersiden på kartet og tykkelse på fixture / understøttelse som kartet skal ligge på. Vi har benyttet det som kan sees på Figur 10.



Figur 10. Fixture setting

Nå så dette er bestemt, vi satte tykkelsen på basen til 3 mm, dette er de benene vi ser under på bildet og det må være den korteste avstanden til det punktet som er nærmest vårt nullnivå (Mjøsa). Vi får resultat som vist i Figur 11.



Figur 11. Understøttelse (Fixture)

Nå er kartbiten klar til å bli skrevet ut i 3D-printeren. Fordelen med denne metoden (ikke massiv understøttelse) er at man sparer masse råstoff (95%) ved å gjøre støtten under kartet som et rutenett og dermed gjenvinne den gips som ikke medgår i produksjonen av kartet (Figur 12).



Figur 12. Understøttelse fra undersiden

4.4 Fremgangsmåte i selve 3D printeren.

Når alle data er kommet opp på skjerm med kartplate og understøttelse, så setter man maskinen til å arbeide. Man ser underveis at væske kommer på gipsen på de angitte steder (der gipsen skal være hard), men ellers er det lite å se. Når det er ferdig, bør bitene ligge i maskinen noen timer slik at væsken (binder) for tid til å herde ut litt. Maskinen ble startet etter arbeidstid og kjørt over natten. De største figurene tok 6 timer å produsere, og med noen timers herding etterpå fram til morgenen, kunne bitene graves fram med kost. Se Figur 13 og Figur 14 (bilde 8 og 9.)



Figur 13. Kartmodell i 3D printer med understøttelse/ fixture



Figur 14. Byggeprinsippet

Som man ser av disse bildene (Figur 13 og Figur 14), så er dette biter i område utenfor Mjøsa. Derfor må man benytte seg av målestokk når man produserer understøttelse. Man vet at vårt null-nivå for 3D-kartet er 123 m over havet. Laveste høyden på hver kartbit er kjent (fra ArcScene). Ut fra disse opplysninger går man fram på dette vis: Beregner (*Oppgitt laveste høyde*) – (null-nivåhøyde (123m)). Dette tallet divideres med målestokk for høyden. I tilfelle fra Figur 13 og Figur 14 ble dette (334 -

Produksjon av 3D-kart

123)/ 6.667. Dette gir en understøttelses-høyde på 31.6 mm, men så må man huske på at vi la 3 mm understøttelse under vårt nullnivå også, slik at total understøttelses-høyde for denne kartbiten blir 34.6 mm (dvs 31.6 mm + 3 mm)

Disse tunge bitene, de er fylt med gips inni, ligger på ei plate slik at de løftes ut på den. Det ble valgt å fortsette herdingen noen timer i varmeskap med en temperatur på 70 grader. Etterpå ble platene satt inn i et støvsugerskap for å trekke ut overflødig/løs gips, som går til gjenvinning. Til slutt ble kartplatene preparert med 2 komponent lim for hardhet. Understøttelsen ble preparert med voks som er godt nok og mye billigere enn lim. Til slutt har man 40 kartbiter (kartplater med understøttelse) som viser terrenget mellom Hamar og Gjøvik i målestokk 1:20000 og med høyder som er forstørret 3 ganger det vil si 1:6667 i målestokk.

4.5 Etterarbeid med kartbitene

Tilpassning av størrelse på kartplatene skjer med sandpapir på kantene. Grunnen til dette er at en ved overgang fra overflatefigur til massiv figur vil figuren ”gro” like mye i alle retninger. Groingen i sideretningen må fjernes for at bitene skal passe sammen. Dette kan gjøres med forsiktig bruk av passe sandpapir.



Figur 15. Kart med plast-overflate (2007)

4.6 Fra hvit gips til fargelagt overflate

Gips er i utgangspunkt hvit. HiG's 3D-printer lager alle biter uten å tilsette noen farge. I 2007 ble derfor kartbildene til overflaten skrevet ut på bil-dekor-plast og manuelt innpasset på de ferdig produserte kartplatene.

Ett bilde fra produksjonen i 2007 hvor vi la på bil-dekorplastikk i kartblad for prøve, se Figur 15.



Figur 16. Kart med plast-overflate (2007)

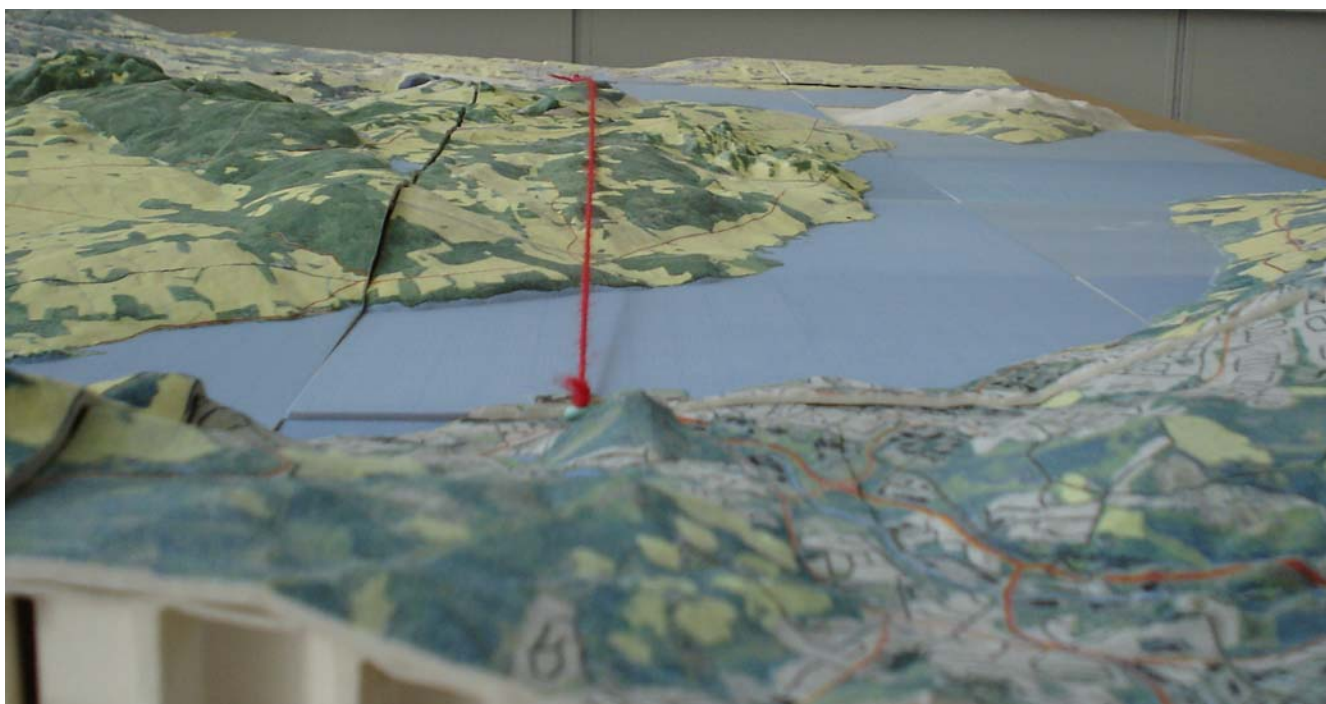
Leverandøren av vår 3D-printer har en annen 3D-printer som kan å legge farger direkte inn i gipsen som benyttes i 3D-printeren. I 2009 ble derfor gipsplatene produsert på en 3D-printer som klarte å overføre bildet med farger direkte til gipsen, se Figur 17.



Figur 17. Kartplate i gips produsert i farge-3D-printer(2009)



Figur 18. Litt egenreklame på understøttelsen.



Figur 19. Fra Gjøvik mot Hamar i rett linje. Når vil dette skje?

Til Mjøskonferansen i 2009 er kartet endret til bildet i Figur 20



Figur 20. Oversiktsbilde over alle 40 kartplatene



Figur 21. 3D-kartet monteres i Vitensenteret like før Mjøskonferansen 2009

5 Oppsummering

Vi har funnet en metode til å produsere reelle modeller / 3D-kart fra kartdata. Dette kan utnyttes kommersielt for firmaer som betaler for lisenser og kan selge modellene til kommuner eller andre som ser behov for slike modeller i sitt planarbeid. Det finnes personer som har problemer med å lese/forstå terrenget fra vanlige kart.

Veien videre er å få laget terrengmodeller med hus på, slik at det kan lages arkitektmodeller inn i et terreng.

Kartdataene, bildene for overflata og STL-filene for styring av 3D-printeren er laget på HiG, mens Minoko as (<http://www.minoko.no>) har produsert kartplatene i gips med farge. Det ferdige 3D-kartet ble stilt ut i Vitensenteret i Gjøvik under Mjøskonferansen den 18 og 19. juni 2009.

6 Referanser

ArcGIS 9.2 (ArcMap og ArcScene) fra ESRI, se <http://www.esri.com>

ZPrinter 310 inkl styresoftware ZPrint 7.4.3 fra Zcorporation. Mer info, se <http://www.zcorp.com/en/Products/3D-Printers/ZPrinter-310-Plus/spage.aspx>

Rhinoceros® versjon 4.0 SR1. Mer info, se http://en.wikipedia.org/wiki/Rhinoceros_3D