

HOVEDPROSJEKT:

**INNFØRING AV UTM_{EUREF89} –
KONSEKVENSER FOR BYGG- OG
ANLEGGSTRANSJEN**

FORFATTERE:

MORTEN AAMODT
JOHN OLE SØRSVEEN
ÅSMUND BRANDVOLD

Dato:

31. Mai 2007



SAMMENDRAG AV HOVEDPROSJEKT

Tittel:	Innføring av UTM _{EUREF89} – Konsekvenser for bygg- og anleggsbransjen	Nr. :
		Dato : 31.05.07
Deltakere:	Morten Aamodt John Ole Sørsveen Åsmund Brandvold	
Veileder:	Bjørn Arild Godager	
Oppdragsgiver:	Høgskolen i Gjøvik	
Antall sider:35	Antall bilag:3	Tilgjengelighet (åpen/konfidensiell):
<p>Kort beskrivelse av hovedprosjektet: Dette hovedprosjektet er utført av 3 studenter i 04HINBL ved Høgskolen i Gjøvik. Prosjektet omhandler problemstillingene bygg- og anleggsbransjen møter ved innføringen av nye referanserammer. Vi har her sett spesielt på konsekvenser ved prosjektering og utføring av bygningsrelaterte prosjekter med tanke på UTM_{EUREF89}.</p> <p>Vi forsøkte å innhente erfaringer, synspunkter og informasjon fra bransjen, men det viste seg her at det ble jobbet i forskjellige retninger med forskjellige interesser. Utgangspunktet for rapporten var løsningen om nytt P/B-datum, dette førte til at vi valgte å fokusere på hvorfor et nytt datum ble innført. Dette innebærer da en beskrivelse av datum, kartprojeksjon og målestokksfeil.</p> <p>Ut ifra egenskapene til UTM-projeksjon og EUREF89 ser vi at det oppstår et målestokksproblem, hovedsakelig på større konstruksjoner og ved store høyder. For å vise dette har vi anvendt illustrasjoner og eksempler. Målestokksproblemet medfører at en meter på kartet nødvendigvis ikke er en meter i virkeligheten. PPM korreksjonen avhenger av hvor i sonene prosjektet er plassert og hvilken høyde som er angitt.</p> <p>Prosessen med å innføre UTM_{EUREF89} i bygg- og anleggsbransjen er i gang, og det jobbes med å utarbeide en løsning som tilfredsstillt krav til nøyaktighet og ønsker fra brukeren. Det skal utarbeides en standard som fornyer gjeldende standard, NS3463. I denne bør det lages retningslinjer og krav forhold til nøyaktighet og gjennomføringsmetoder.</p> <p>Vi har også sett litt på hvordan problemet håndteres i Sverige, og Danmark. Dette er bare et kort lite sammendrag, og går ikke dypt inn i deres metoder for bygg- og anleggsarbeid.</p>		



Forord

Dette prosjektet er en avslutning på Bachelor i Bygg/landmåling utdanningen ved Høgskolen i Gjøvik. Prosjektet omfatter 10 studiepoeng og er utarbeidet våren 2007.

Vi til takke vår veileder ved Høgskolen i Gjøvik, Bjørn Godager for gode råd og innspill under hele prosjektperioden. Vi retter også en takk til GeoForum og BA-nettverket ved Runar Yri som har gitt oss et bedre grunnlag for å løse problemstillingen.

Gjøvik, 31. Mai 2007

Morten Aamodt

John Ole Sørsveen

Åsmund Brandvold

Innholdsfortegnelse

1. Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn for oppgaven.....	1
1.2 Oppgavedefinisjon og avgrensninger.....	1
1.3 Oppbygging av rapport.....	1
1.4 Målgruppe.....	2
1.5 Faglig bakgrunn.....	2
2. Prinsipper/Teori.....	3
2.1 Innføring i EUREF89.....	3
2.1.1 Geoide.....	4
2.1.2 Ellipsoide.....	4
2.1.3 Geoidehøyde.....	4
2.1.4 Halvaksene.....	5
2.2 Kartprojeksjon.....	6
2.2.1 Sylinderprojeksjon.....	6
2.2.2 Gauss Krüger projeksjon.....	7
2.2.3 UTM-projeksjon.....	8
2.3 (UTM) _{EUREF89} i Norge.....	9
2.4 Transformasjon.....	10
3. Teori i praksis.....	11
3.1 Korreksjoner.....	11
3.1.1 Fra terreng til ellipsoide.....	11
3.1.2 Fra ellipsoide til kartplan.....	12
3.1.3 PPM-korreksjoner for større byer i Norge.....	13
3.1.4 UTM-projeksjonens innvirkning på areal og avstand.....	13
3.1.4 UTM-projeksjonens innvirkning på areal og avstand.....	14
3.2 Hvordan håndteres problemet med UTM _{EUREF89} i Norge.....	16
3.3 Hvordan takles problemet i våre naboland?.....	17
3.3.1 Danmark.....	17
3.3.2 Sverige.....	17
4. Konklusjon.....	18
5. Litteraturliste.....	19

Tabelliste

Tabell 1 PPM i utvalgte byer.....	13
Tabell 2 Avstandskorreksjoner.....	14

Figurliste

Figur 1 Illustrasjon geoide og ellipsoide.....	4
Figur 2 Halvakser og rotasjonsellipsoide.....	5
Figur 3 Transversal sylinderprojeksjon.....	6
Figur 4 Gauss Krüger projeksjon.....	7
Figur 5 NGO soner i Norge.....	7
Figur 6 UTM projeksjon.....	8
Figur 7 UTM soner på jorda.....	8
Figur 8 UTM soner i Norge.....	9
Figur 9 Ellipsoidisk høyde.....	11
Figur 10 PPM endringer i en sone.....	12
Figur 11 Utvalgte byer.....	13
Figur 12 Areal.....	14
Figur 13 Geoidehøyder i Danmark.....	17

1. Innledning

1.1 Bakgrunn for oppgaven

Siden det har blitt mer og mer bruk av GNSS-systemer ved stiknings og landmålingsjobber, har det blitt innført et nytt datum som er tilpasset denne teknologien. Dette datum har fått navnet EUREF89 og benytter UTM kartprojeksjon. Innføringen av $UTM_{EUREF89}$ har ført med seg en del utfordringer i forbindelse med betydelig større korreksjoner enn det utgående datum, NGO1948.

1.2 Oppgavedefinisjon og avgrensninger

Prosjektet tar utgangspunkt i innføringen av $UTM_{EUREF89}$ i bygg- og anleggsbransjen, og det vil bli klargjort hvilke problemer bransjen står ovenfor. Oppgaven skal inneholde teori om kartprojeksjon, transformasjon og EUREF89, i tillegg skal det gis eksempler på målestokk-korreksjoner. Det skal også gis eksempler på sammenhengen mellom terreng, ellipsoide og kartplan som vil gi et bilde på hvilke korreksjoner som skal brukes til hva.

Avgrensninger på oppgaven baseres på faglig bakgrunn og fagets omfang på 10 studiepoeng. Det blir ikke satt noen fokus på utstyr eller programvare i vesentlig grad.

1.3 Oppbygging av rapport

Rapporten er oppbygd etter gjeldende retningslinjer for rapport gitt av Høgskolen i Gjøvik. Rapporten består av fem deler;

- Innledende del
- Hoveddel/Rapport
- Vedlegg
- CD-ROM
- Internettside

1.4 Målgruppe

Denne oppgaven er rettet mot personer med grunnleggende kunnskaper om landmålings- og stikningsfaget, og det forutsettes at leseren har kjennskap til datum og kartprojeksjoner.

1.5 Faglig bakgrunn

Gruppemedlemmene har en grunnleggende teoretisk innsikt i landmåling og geodesi. Vi har ingen praktisk bakgrunn i stikningsfaget, derfor vil oppgaven bli bygd med teoretisk synsvinkel istedenfor praktiske erfaringer. Siden gruppemedlemmene har 2 år med konstruksjonsrettet utdanning og 1 år med landmålingsrettet utdanning, anser vi oppgavedefinisjonene som mer realistisk enn om vi skulle ha fokusert mer på nøyaktighetskrav og innvirkninger i stikningsarbeide.

2. Prinsipper/Teori

2.1 Innføring i EUREF89

Frem til 1993 var NGO1948 og ED50 de to eneste offisielle geodetiske datum i Norge, men pga GNSS's inntog og høyere nøyaktighetskrav valgte man å innføre et nytt datum. Ved GNSS benytter man seg av satellittdatumet WGS84, dette er et globalt datum og det medfører at det vil gi en dårligere lokal tilnærming av jordoverflaten pga den globale tilpasningen av ellipsoiden. Dette medfører blant annet et havnivå i Oslo på 40m. For å få et bedre lokalt referansesystem har det blitt utarbeidet et regionalt datum for Europa, dette fikk navnet EUREF89 og er en europeisk versjon av WGS84. Siden GNSS blir anvendt mer og mer både til militært og sivil bruk, er det en stor fordel å benytte seg av EUREF89. Dette er et fleksibelt datum med en nøyaktighet som tilfredsstiller fremtidige kvalitetskrav og det er også homogent. EUREF89 sikrer varige koordinatverdier i grunnlaget, dette vil være ressursbesparende for drifting av grunnlagsnettene siden man slipper små justeringer ved nye utjevninger. Med satellittmåling gjøres jobbene mer effektivt og med høyere kvalitet, derfor benytter man nå satellittmåling ved flere og flere måleoppdrag.

EUREF89 ble utviklet ved å danne en låsning på punkter ved hjelp av en GPS-målekampanje på satellittsystemet WGS84 slik det var i 1989, her inngikk det 93 europeiske målepunkt og sju av disse i Norge. Koordinatene til disse punktene ble i ettertid beregnet, og punktene ble satt som fastmerker i EUREF89. Dette er en forenklet versjon av det egentlige utviklingssystemet. Det er koordinatene til disse fastmerkene som er med på å definere EUREF89. I senere tid har det blitt utviklet nye norske EUREF89-punkt med endelige verdier, disse ble innmålt og nyberegnet i 1996 og 1997.

Koordinatene som ble beregnet ut til fastmerker ansees for å være fastlåste, siden disse er knyttet opp mot den stabile delen av den Europeiske tektoniske platen (kontinentaldriften forårsaker en økende avstand mellom Europa og Amerika, 1-3cm per år). Den stabile platen har man forutsatt at beveger seg med jevn hastighet mot nordøst i forhold til gjennomsnittet av samtlige tektoniske plater på jorda. Denne hastigheten er satt til ca. 17 mm/år.

Med EUREF89 følger det en del målestokksfeil i forhold til NGO1948, dette pga projeksjonen og ellipsoiden som blir benyttet, det vil alltid forekomme målestokksfeil når man bretter ut en dobbeltkrum flate til et plan. EUREF89 benytter seg av samme ellipsoidmodell som WGS84 (GRS80), og høydene i EUREF89 refererer til denne ellipsoiden. I NGO1948 benyttes en høydemodell som viser til en norsk versjon av Bessel-ellipsoiden, og denne gir en geoidehøyde på ca 0-10m. Geoidehøyden til EUREF89 vil i Norge være på ca. 17-48m, noe som er vesentlig større enn geoidehøyden i NGO1948. Den store forskjellen i geoidehøyder skyldes projeksjonene til de forskjellige datum

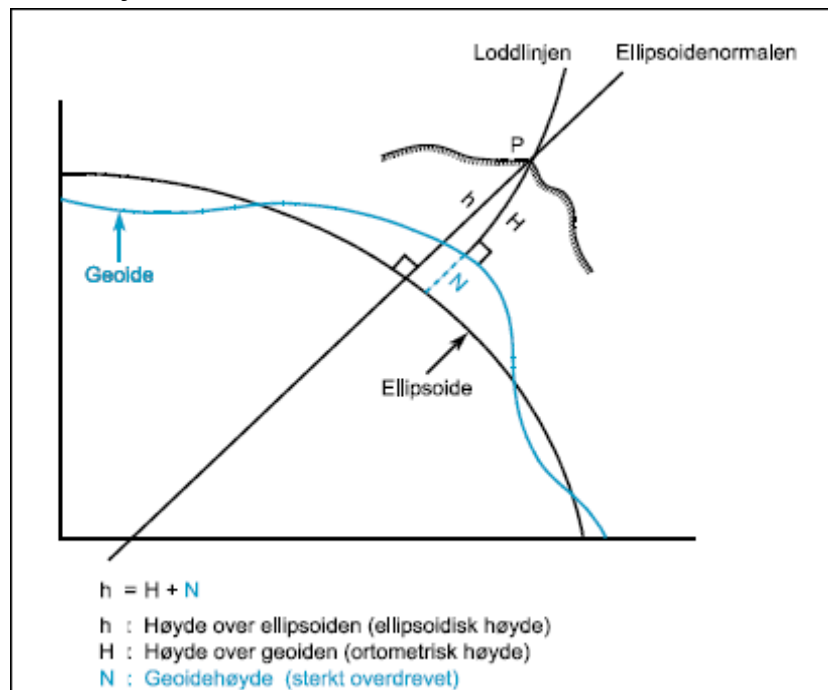
2.1.1 Geoide

Når man snakker om geoiden, mener man en nivåflate som hele tiden står vinkelrett på loddlinjen (dette er tyngdekraftens retning i dette punktet). En vannflate som er upåvirket av himmellegemer, vind, strøm, temperaturforskjeller og lignende kan vi kalle en naturlig nivåflate, en likevektsflate. Geoiden er definert som en nivåflate med høyde $H=0$, og denne høyden kan sees på som verdenshavenes middelvannstand. Ved hjelp av automatiske vannstandsmålere kan man måle vannstanden rundt kysten og senere utarbeide en middelverdi av disse.

Siden tyngdekraftens retning ikke bestandig går direkte inn mot jordsentrumet, pga påvirkning fra andre faktorer som blant annet massekonstrasjoner, gir dette geoiden en litt uregelmessig form. Dette er en teoretisk jordoverflate.

2.1.2 Ellipsoide

Siden geoiden er en fysisk overflate som er problematisk å forklare matematisk, må en ved beregninger erstatte geoiden med en matematisk flate som best mulig samsvarer med geoidformen. I praksis vil dette si at man benytter seg av en omdreiningsellipsoide som er symmetrisk om nord-sør-aksen, mens den får en flattrykning ved polene.



Figur 1 Illustrasjon geoide og ellipsoide

Størrelsen og formen til denne ellipsoiden bestemmes av hvilket geografisk område vi skal se på. Man kan benytte seg av en ellipsoide som er godt egnet for Norge, Europa eller hele verden, jo mindre område man skal vurdere desto lettere er det å få en god tilpasning mellom ellipsoide og geoid.

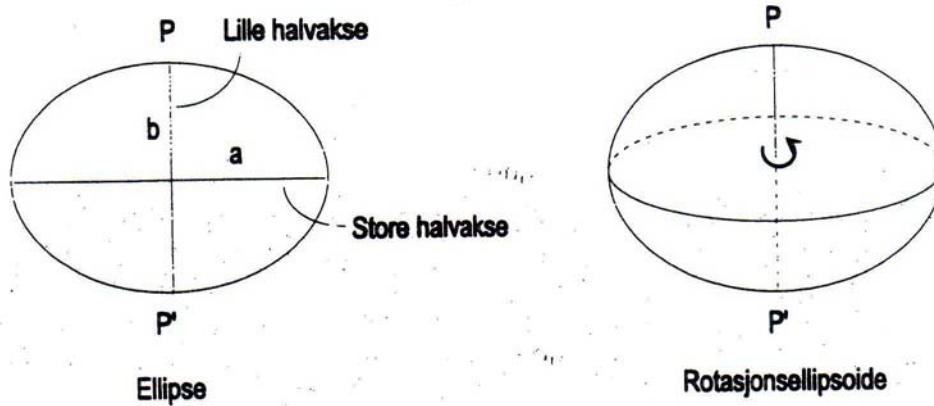
2.1.3 Geoidehøyde

Geoidehøyde er høydeforskjellen mellom ellipsoiden og geoiden. Geoidehøyden brukes til å regne om fra ortometrisk høyde (geoid) til ellipsoidisk høyde (ellipsoiden).

2.1.4 Halvaksene

Siden jordas form blir godt beskrevet av en matematisk overflate til en ellipsoide, får man to avstander ut fra sentrumet til denne ellipsoiden. Disse avstandene kalles store og lille halvakse. En rotasjonsellipsoide blir utformet ved at ellipsen blir rotert om sin lille halvakse.

Den lille halvaksen betegnes som avstanden på de punkter på ellipsoiden som har minst avstand fra sentrumet, for en rotasjonsellipsoide er lille halvakse lik polradius. Mens den store halvaksen betegnes som avstanden fra sentrum i en *ellipsoide* til de punkter på ellipsoiden som har størst avstand fra sentrum, for en rotasjonsellipsoide er store halvakse lik ekvatorradius.



Figur 2 Halvaksler og rotasjonsellipsoide

2.2 Kartprojeksjon

Når vi snakker om kartprojeksjon, mener vi ulike metoder for å overføre en dobbeltkrum flate (ellipsoiden) til et plan. Det man hele tiden prøver å oppnå er å få størst mulig sammenhengende område uten at fortegningsene i avbildningen blir sjenerende stor. Ved rene avbildningsformål betyr de geometriske feilene oftest svært lite, de blir her underordnet det grafiske bildet. For planlegging, prosjektering og navigering er det veldig viktig at avbildningen er geometrisk riktig. Dette vil si at avbildningen har riktige vinkler, avstander og lik målestokk over alt. Ut fra erfaringer viser det seg at det ikke er mulig å oppnå en slik ideell avbildning av en dobbeltkrum flate som dekker et område av en viss størrelse. Når man da skal velge kartprojeksjon må man da tenke på hvilke fortegningsene som kan aksepteres, og hvor store de skal være. Jo større område av jorda man skal avbilde på et plan, jo større blir projeksjonsfortegningsene.

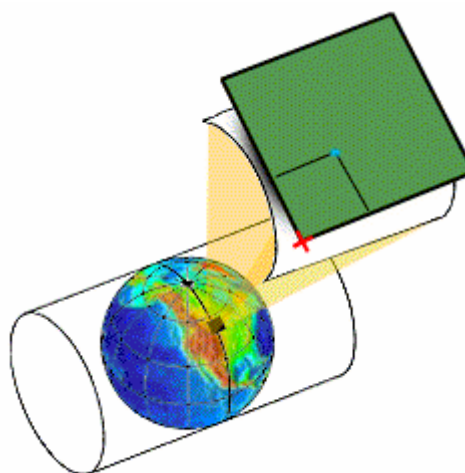
Vi velger her å gå inn på sylinderprojeksjon siden det er denne som benyttes både ved Gauss Krüger- og UTM-projeksjon. Det finnes for øvrig mange måter å inndele kartprojeksjon på, projeksjonsprinsippet:

- Planprojeksjoner (asimutale projeksjoner)
- Kjegleprojeksjoner (koniske projeksjoner)
- Sylinderprojeksjoner

2.2.1 Sylinderprojeksjon

Ved sylinderprojeksjon ”bretter” man ut ellipsoiden på en sylinder som legges rundt jorda sånn at denne sylindere tangerer eller skjærer ellipsoiden langs en storsirkel. En normal sylinderprojeksjon vil tangere jorda langs ekvator sånn at sylindere aksel faller sammen med jordas rotasjonsakse. Denne projeksjonen egner seg bra for områdene rundt ekvator. Her vil ekvator avbildes rettlinjet og i riktig målestokk, samtidig vil også parallellsirkelene avbildes som rette linjer(parallele med ekvator).

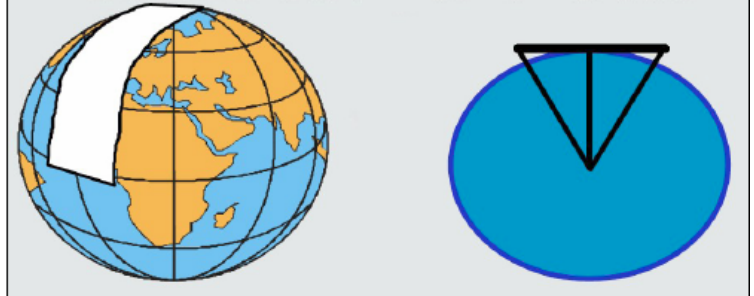
En transversal sylinderprojeksjon utføres ved at sylindere tangerer jordas overflate langs en meridian (i nord-syd retning). Transversal vil si tverrstilt og henspeler på en liggende sylinder. Fram til 1998 benyttet man seg i Norge av en tangerende transversal sylinderprojeksjon, Gauss Krüger med datum NGO1948. I 1998 begynte man også å benytte seg av EUREF89-koordinater i UTM projeksjon. UTM er en skjærende transversal sylinderprojeksjon og er laget for å være et verdensomspennende system.



Figur 3 Transversal sylinderprojeksjon

2.2.2 Gauss Krüger projeksjon

”Mercators transversale sylinderprojeksjon” blir også kalt ”Gauss’ konforme sylinderprojeksjon”, for at denne skulle benyttes i land med stor utstrekning i både nord-sør og øst-vest, ble det bearbeidet av Krüger slik at en kan legge opp en rekke parallelle nord-syd-gående projeksjonsstriper som til sammen dekker landet uten at en får for store fortegninger. Dette kalles også for ”Gauss Krüger” projeksjon og dette er en konform projeksjon. Det vil si at

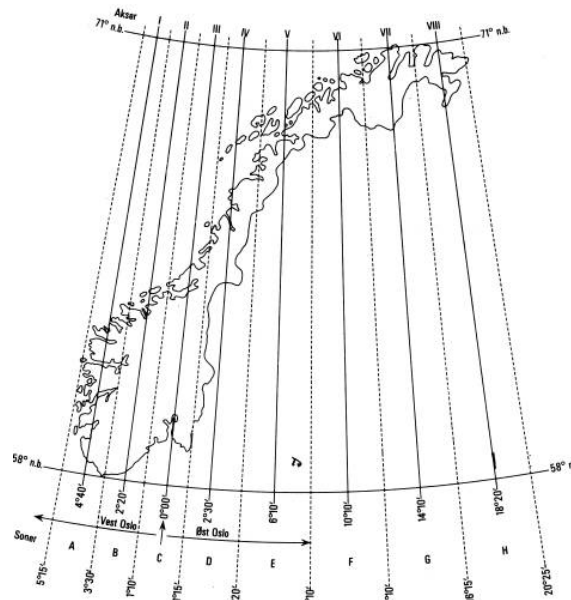


Figur 4 Gauss Krüger projeksjon

avbildningen er vinkelriktig og at målestokken i ethvert punkt er den samme i alle retninger. For øvrig kan målestokken endre seg fra å være korrekt ved tangeringsmeridianen til å gi en økende fortegnelse ved økende avstand fra sentermeridianen.

Gauss Krüger projeksjon har et snitt vinkelrett på tangeringsmeridianen, dette viser at tangeringslinjen er i samsvar med jordoverflaten. Denne vil derfor få riktig målestokk. Hvis man flytter seg ut fra tangeringsmeridianen, blir det større og større avstand fra jordkula til projeksjonsplanet, og dette medfører at avbildningen må gis en større og større målestokkskorreksjon. Projeksjonen er laget slik at avbildningen i projeksjonsplanet skal være konform, det vil da si at den må ha samme målestokk i begge retninger, både i X-retning og Y-retning. Dette medfører da at målestokkskorreksjonen må øke med økende Y-koordinat.

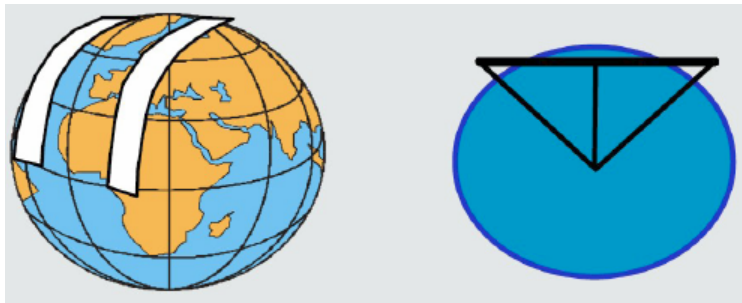
Kravet i det norske Gauss-Krüger-systemet er satt til en maks målestokkfeil på 1/10000 eller 100ppm, dette gir faste Y-verdier på 90000m. Siden Y er null i aksens sentrum og Y-koordinatene er positive mot øst og negative mot vest, vil dette si at vi har en bredde på projeksjonssonene våre på 180km. Siden vi bor i et så langstrakt land som gir en stor utstrekning øst-vest vil dette si at vi må ha 8 projeksjonssoner for å få full dekning av landet. Disse sonene er nummerert fra vest mot øst med romertall fra I til VIII, også kalt akser.



Figur 5 NGO soner i Norge

2.2.3 UTM-projeksjon

UTM (Universal Transverse Mercator) er et universalt system og det ble opprinnelig utviklet for militære formål, men det er også for sivile formål. Som Gauss Krüger er også UTM en sylinderprojeksjon, forskjellen er at ved UTM benyttes en skalafaktor på 0,9996 som krymper nord og øst-koordinaten ved sentralmeridianen. Denne faktoren

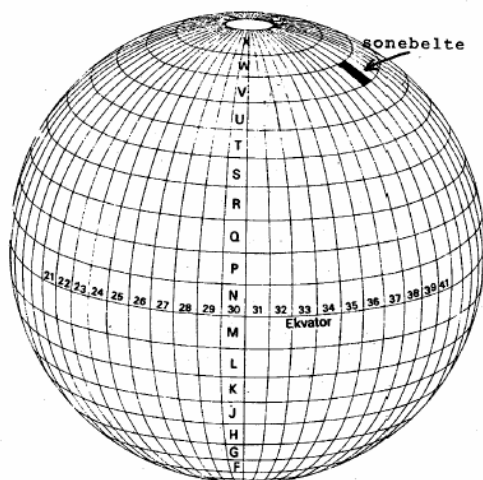


Figur 6 UTM projeksjon

gjør at vi kan sammenligne det med en sirkel som skjærer jordoverflata istedenfor å tangere den ved sentralmeridianen. Området som blir ”skjært ut” av sylinderen kalles en sone. Det er delt opp i 60 soner, hvor hver sonebredde er 6°, og hver av disse har sitt eget koordinatsystem med origo på ekvator. UTM sone 1 er referansen i UTM systemet og denne ligger 183° øst for Greenwich meridianen.

I UTM sonene har koordinatsystemet positiv X-akse nordover langs sentralmeridianen med null i verdi for ekvator og enhetsverdi i meter. Denne verdien øker nordover. På den sørlige halvkulen starter X-verdien på 10 000 000 ved ekvator og synker jo lenger syd man kommer. Y-aksen i koordinatsystemet ligger langs ekvator, og verdien for denne starter på 500 000 ved sentralmeridianen i hver sone. Dette for å unngå negative koordinatverdier. I stedet for å kalle disse koordinatverdiene for X og Y kalles de ”Northing” (X) og ”Easting” (Y).

For å finne posisjonen sin på verdenskartet må man vite hvor man befinner seg på jorden (nordlige eller sørlige halvkule), samt hvilken sone man er i. UTM systemet er også oppdelt i belter, disse beltene blir avgrenset av parallelle sirkler på 8° nord/sør, og er navngitt med bokstaver fra C til X fra sør til nord. Sonebelte 32V er da Sone 32 og belte V.

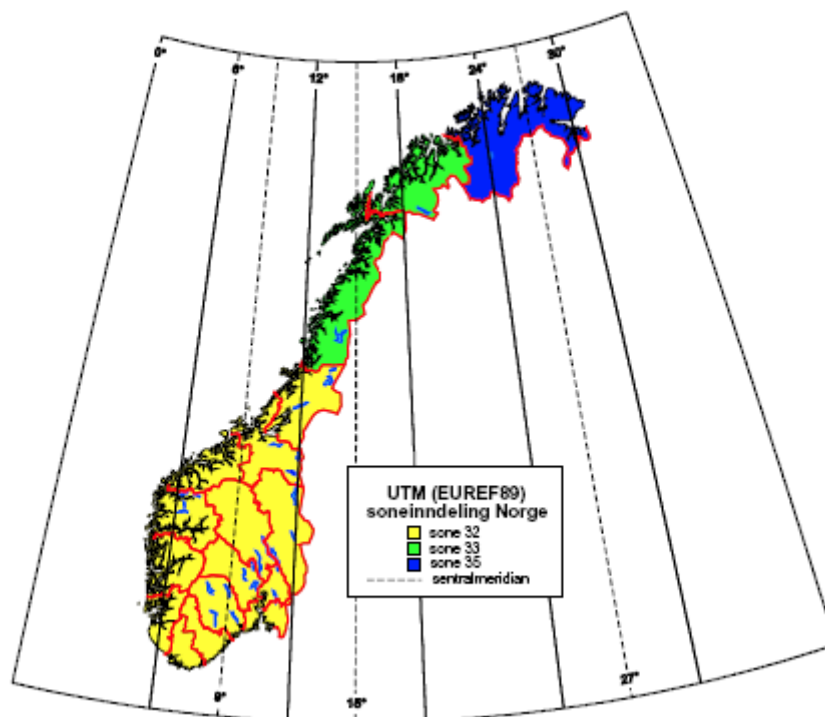


Figur 7 UTM soner på jorda

2.3 $UTM_{EUREF89}$ i Norge

Norge er i følge UTM delt inn i 6 soner, men for å forenkle det hele har man valgt å utvide 3 av sonene og bare bruke disse. Det som har blitt utført er at sonebelte 32 er utvidet vestover slik at det dekker østre halvdel av det som ville vært sone 31. Deretter har man halvert soneantallet i Svalbard-området ved å øke sonebredden til sone 33 og 35 fra 6° til 12° . Dette lar seg gjøre siden Svalbard ligger så langt mot nord. Og jo lenger mot nord man kommer jo tettere ligger meridianene sammen, noe som medfører at de sammenslåtte sonene her ikke vil bli noe bredere enn sonebreddene ved ekvator.

Norge er nå godt i gang med å innføre EUREF89, og pr 1.mai 2007 er det 111 kommuner som har innført datumet. Videre pågår det prosjekter i 170 kommuner med å få innført EUREF89.



Figur 8 UTM soner i Norge

2.4 Transformasjon.

Å transformere betyr at en tar koordinater på et punkt fra en referanseramme for så å finne koordinatene på det samme punktet i en annen referanseramme. F.eks. fra NGO1948 til EUREF89. Slike transformasjoner er ikke eksakte, mellom nyere referanserammer som ITRF og EUREF89 er det greit å transformere, da dette er referanserammer som har god nøyaktighet. Mens når en transformerer mellom eldre referanserammer som NGO1948 og ED50 eller fra slike til nyere referanserammer som EUREF89 og ITRF blir selve transformasjonen vanskeligere og resultatet blir ofte deretter. Dette er på grunn av at de eldre referanserammene er mindre nøyaktige en de nye, dette gjør også at resultatet kan bli forskjellig ved bruk av forskjellige transformasjonsmetoder.

Statens kartverk har utviklet rutiner for transformasjon som er utgitt i form av transformasjonsbiblioteker som blir omtalt som kommune-, fylkes- og landsformler, disse bibliotekene blir benyttet ved transformasjon av koordinater mellom de ulike referanserammene (spesielt tilpasset transformasjon mellom NGO1948 og EUREF89). For å kunne benytte seg av disse bibliotekene må en ha et transformasjonsprogram som for eksempel WSKTRANS dette er statens kartverk sitt program, eller andre tilsvarende programmer.

De forskjellige bibliotekene har forskjellig bruksområder med hensyn til nøyaktighet. Gammel landsformel som dekker hele fastlands Norge pluss nære deler av Nordsjøen og Norskehavet, har en nøyaktighet på 0,5 – 1m.

Ny landsformel dekker bare fastlands Norge og har felles punkter med fylkesformlene, noe som gjør at sentrale deler i fylkene har en nøyaktighet på 3 – 10cm mens mindre sentrale deler har en nøyaktighet på 10 – 20cm.

Fylkesformelen som er for hvert enkelt fylke har en nøyaktighet på 3 – 10cm.

Kommuneformlene er utviklet for å passe spesielt til det kommunale NGO – grunnlaget, dette gir ofte en nøyaktighet på 3 – 7cm, men dette avhenger av kvaliteten på NGO – grunnlaget i kommunen.

3. Teori i praksis

3.1 Korreksjoner

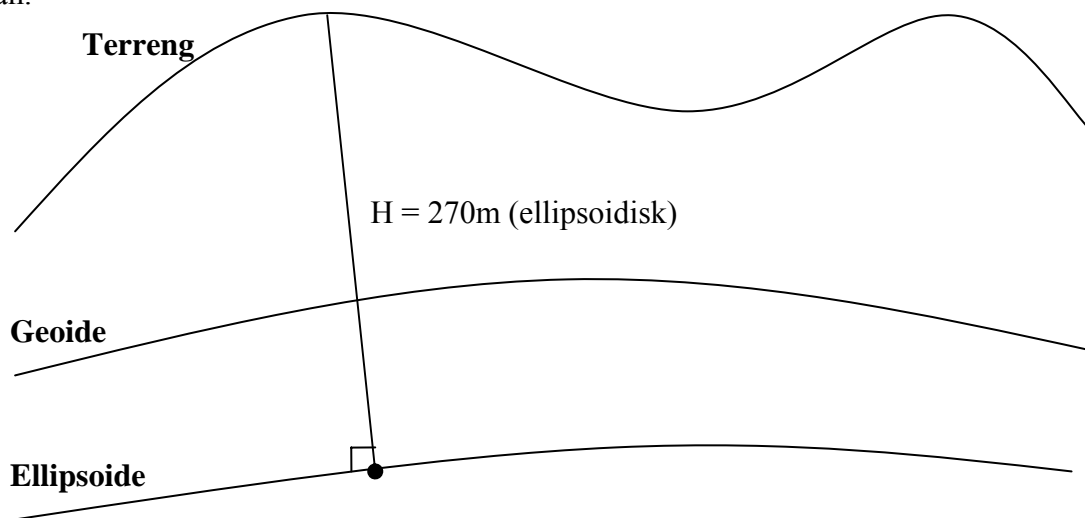
De landmålte observasjonene og utstikningsdata må påføres korreksjoner for å ivareta riktige verdier. Korreksjonene som påføres deles opp i to segmenter. I siste avsnitt i dette kapitlet er det gitt et eksempel på en eiendomstomt og hvilke konsekvenser for arealet UTM gir.

3.1.1 Fra terreng til ellipsoide

Landmålte observasjoner måles i terrenget og omregnes til horisontalavstand. Denne avstanden påføres korreksjoner når den føres ned på geoiden. Korreksjonen som påføres er 1ppm/6m.

Geoiden er på havnivå. I NGO48 er ellipsoiden såpass sammenfallende med ellipsoiden at en ser bort fra korreksjoner på grunn av geoid høyde. EUREF89 har en ellipsoide som har et avvik fra geoiden i Norge at en må ta hensyn til geoid høyden. Geoid høyden i Norge varierer fra 18 – 48m.

I EUREF89 er det viktig å forstå at det benyttes ellipsoidiske høyder før utbretting til kartplan.



Figur 9 Ellipsoidisk høyde

På denne figuren er det målt et punkt i terrenget, dette har en middelhøyde over havet på 240m, geoid høyden i området er 30m. Dermed blir den ellipsoidiske høyden 270m.

Total korreksjon: $270\text{m}/6\text{m} = 45\text{ppm}$, $45\text{mm}/\text{km}$.

3.1.2 Fra ellipsoide til kartplan

I overgangen fra ellipsoide til kartplan vil forskjellen mellom $\text{UTM}_{\text{EUREF89}}$ og Gauss-Kruger $_{\text{NGO48}}$ synliggjøres. Viser til forklaring om datum og projeksjoner i rapporten.

UTM er som kjent en skjærende projeksjon. Det vil altså innebære at målestokken på sentralmeridianen i sonen er på -400ppm , en forminskning. Se figur [10]. Videre beregnes korreksjonen/målestokkfortegningen ut fra sentralmeridianen etter følgende formel:

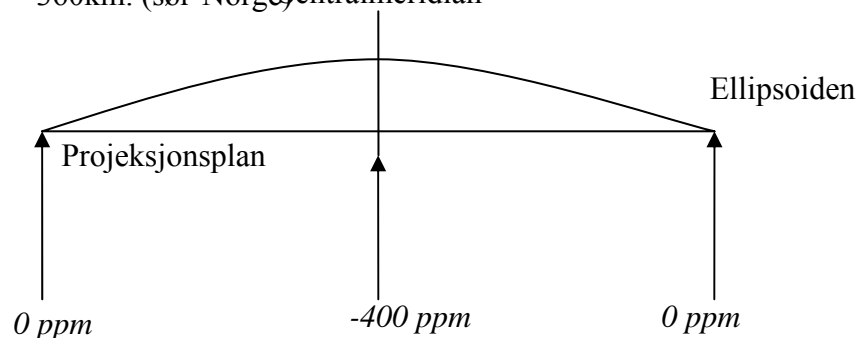
$$m = 0,9996 \times \left(1 + \frac{y^2}{2R^2} \right), k = 0,9996 \text{ (skalafaktor } \text{UTM}_{\text{EUREF89}}) \quad \text{formel [1]}$$

y: avstand fra sentralmeridian avbildet i kartplan

R: jordradius $\approx 6390\text{km}$

Målestokken som påføres observasjonene angir forholdet mellom en avstand på ellipsoiden og avstand i kartplan.

Figur [10] viser hvordan målestokkkorreksjonen endrer seg med avstanden fra sentralmeridian. Hver sone er $6^\circ = 360\text{km}$. (sør-Norge)



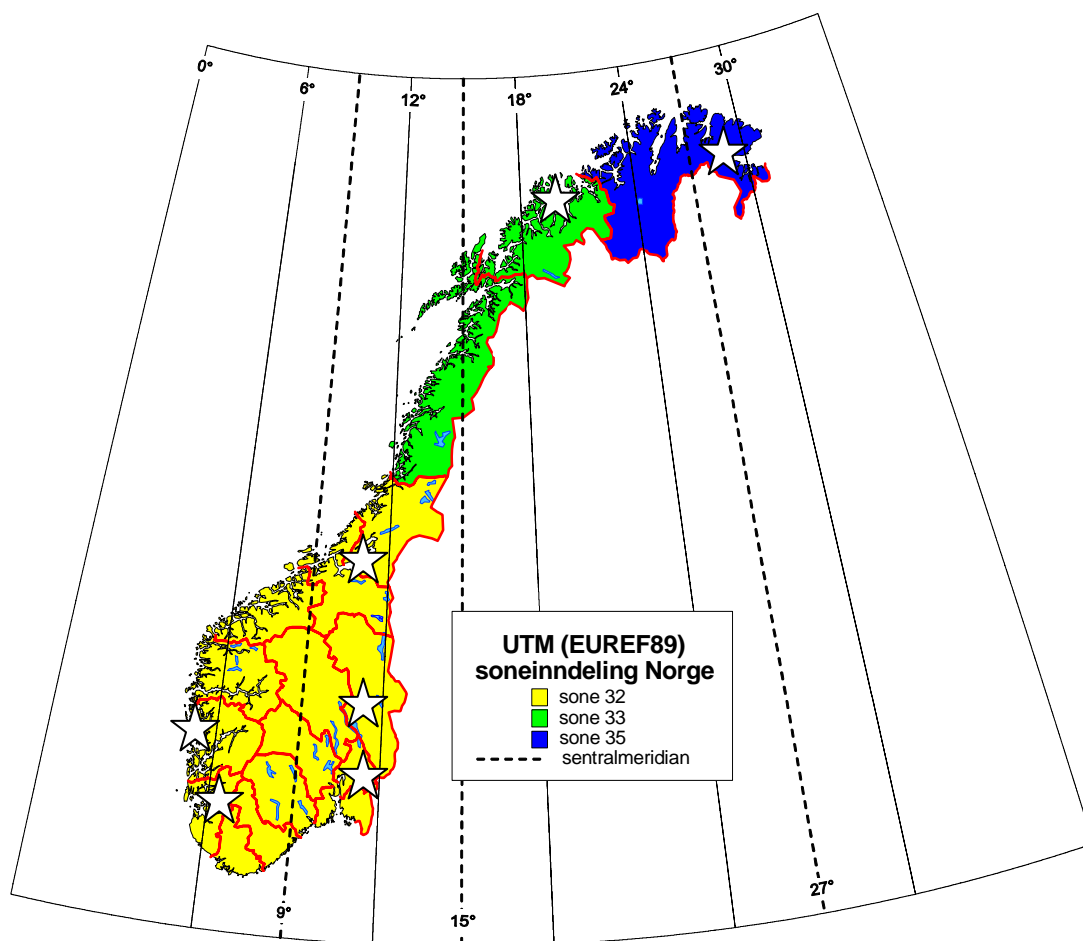
Figur 10 PPM endringer i en sone

3.1.3 PPM-korreksjoner for større byer i Norge

	Avstand sentralmeridian [km]	Målestokkkorreksjon [ppm]	
Oslo	98	-283	Domkirken
Bergen	-202	102	Bryggen
Trondheim	70	-341	Domkirken
Kirkenes	-114	-240	Sentrum
Stavanger	-188	32	Sentrum
Lillehammer	79	-324	Sentrum
Tromsø	-79	-323	Sentrum

Tabell IPPM i utvalgte byer

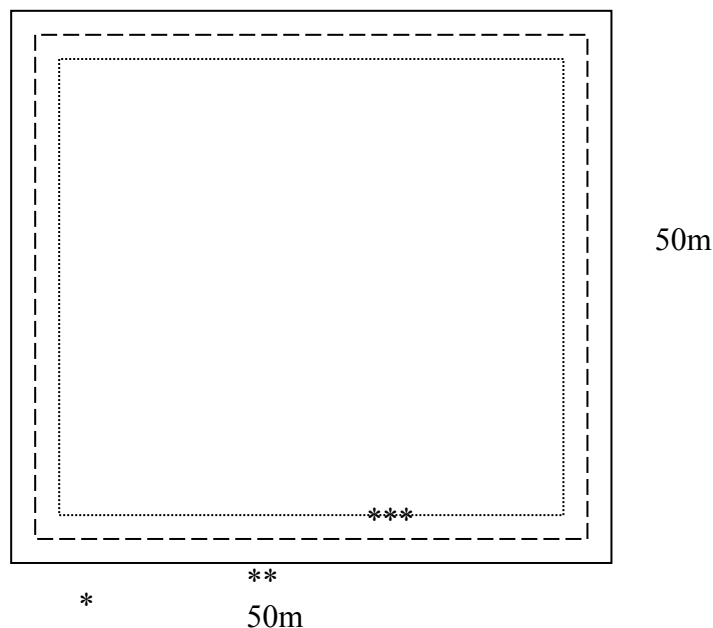
Avstanden til sentralmeridian er hentet ut fra Norgesglasset på www.statkart.no. Korreksjonen er så regnet ut med formelen for målestokk, formel [1]. Resultatet er derfor ikke nøyaktig, men viser hvordan korreksjonen endres i forhold til avstand sentralmeridian. Vist på kartet, figur [11], under er sentralmeridianer benyttet i Norge; 9°, 15° og 27°. Byene i tabellen er markert med stjerne i kartet. Stiplede linjer i kartet er sentralmeridianene i Norge.



Figur 11 Utvalgte byer

3.1.4 UTM-projeksjonens innvirkning på areal og avstand

Gitt en større eiendomstomt i Gjøvik kommune. Se figur [12].
 Arealflatens representasjonspunkt har en middelhøyde på 202m over havnivå.
 Geoidhøyden i området er 38m. Avstand sentralmeridian er 80km.
 Målestokkskorreksjon i Gjøvik er ca 300ppm ($UTM_{EUREF89}$).



Figur 12 Areal

Sidelengdene på arealet er horisontalavstander, korrigeret for zenitvinkel.

Tabell [2] viser sidelengder korrigeret for høyde og avstand.

	Figur [4]	Korreksjon	Sidelengde	Areal	Δ Areal
Terreng	*		50	2500,000	
Ellipsoide	**	-0,003	49,997	2499,700	-0,300
Kartplan	***	-0,011	49,986	2498,600	-1,400

Tabell 2 Avstandskorreksjoner

Terreng => ellipsoide:

Høyde som korrigeres = $202 + 38 = 240\text{m} / 6 = 60\text{ppm} \Rightarrow 0,050\text{km} \times 60\text{ppm} = 3\text{mm}$
 Sidelengden på ellipsoiden = $50,000\text{m} - 0,003\text{m} = \underline{49,997\text{m}}$

Ellipsoide => kartplan:

Korrigerer for UTM fortegnning, $k=-300\text{ppm}$

$$\Delta D_K = D_0 \times (-0,300 + 0,00001225 \times y_m^2) = 0,04998 \times (-0,300 + 0,00001225 \times 80^2) = -0,01096\text{m}$$

Sidelengde på kartplan = $49,997 - 0,011 = 49,986\text{m}$

Ser i tabellen at arealendringen er størst i overgangen fra ellipsoide til kartplan.

Arealberegning kan oppgis på tre måter; terreng, ellipsoide og kartplan. Det er derfor viktig å oppgi hvilke plan det refereres til.

Tips og råd

- målestokkskorreksjoner som påføres observasjoner avhenger av avstand sentralmeridian
- angivelse av flatereferanse må forventes oppgitt
- kjennskap til geoidehøyden
- vurder nøyaktigheten som kreves i prosjektet og størrelse/lengde på konstruksjon
- avstandskorreksjoner gir store utslag på konstruksjoner over lengre spenn, f.eks brukonstruksjoner og demninger vil påvirkes av UTM målestokksfeil
- høydekorreksjon 1ppm/6m påføres ved overgang terreng => ellipsoide
- avstandskorreksjon påføres ved ellipsoide => kartplan etter følgende formel:

$$\Delta D_K = D_0 \times ((k - 1) + 0,00001225 \times y_m^2);$$

ΔD_K :avstandskorreksjon ellipsoide => kartplan [m]

D_0 :avstand på ellipsoiden [km]

k :skalafaktor

y_m :midlere E-verdi [km]

3.2 Hvordan håndteres problemet med $UTM_{EUREF89}$ i Norge

Vi er nå kommet til mai 2007, og det har enda ikke blitt vedtatt noen egnede løsninger på hvordan man skal forholde seg til målestokksfeilene i forbindelse med $UTM_{EUREF89}$. Men det har blitt lagt frem forslag til løsninger. Vi har funnet noen av løsningene som er blitt lagt frem i BA-nettverket, disse er;

- Å opprette lokale ppm frie grunnlagsnett for hvert prosjekt, dette kan føre til misforståelser og rot. Fastmerkene kan heller ikke benyttes ved en senere anledning på et naboprojekt, og man må kanskje operere med flere koordinatsett på samme fastmerke. Hvis man benytter seg av kartkoordinater på et eksisterende bygg, vil det nye bygget få feil avstander i forhold til det som er målt i terrenget.
- At man prosjekterer med EUREF-koordinater i dataprogrammene. Dette medfører da at alle dataprogrammene må kunne skille mellom kart koordinater og avstand i terrenget, samt at landmålingsutstyret må kunne angi terrengavstand og ikke koordinatdifferanse.
- Å opprette et P/B-datum med sonebredder på 1° , dette vil gi da gi en max ppm på 11 istedenfor 400ppm. ($UTM_{EUREF89}$) Dette forslaget vil gi de som prosjekterer en stor fordel siden de ikke trenger å tenke på målestokk hverken i forhold til tegninger eller grunnlagsnett. Man bevarer også homogeniteten og nøyaktigheten til EUREF-koordinatsystemet. Denne metoden blir konsekvent og det vil da bli mindre fare for misforståelser og feil. Denne vil for øvrig ikke gi noen løsning på ppm i forhold til høyde over havet, og man vil fortsatt ha målestokkskorreksjoner i planet.
- Opprette lokale system der tyngdepunktet og middelhøyden i prosjektet danner grunnlaget for det lokale systemet. Dette vil gi mange koordinatsystemer som vil lede til misforståelser og feil.

3.3 Hvordan takles problemet i våre naboland?

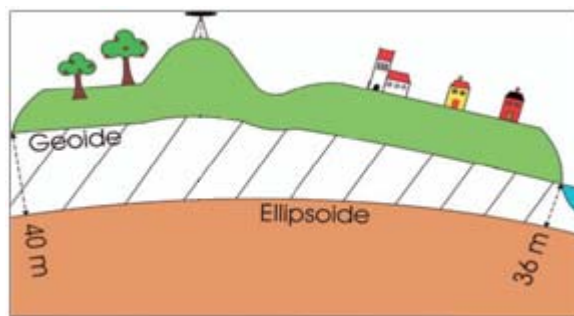
3.3.1 Danmark

Problemene med innføringen av EUREF89 er noe mindre i Danmark enn det de er her i Norge, Danmark dekkes av sone 32 og 33 altså færre soner en Norge. Dette medfører at avstandskorreksjonene er de samme i Danmark som i Norge. Forskjellen er at i Danmark er geoidehøyden bare mellom 36 og 40m i motsetning til i Norge, der den er mellom 17 og 48m. Dette gir da en større variasjon på korreksjonene i Norge, mens de i Danmark kan bruke en fast korreksjon.

En annen faktor som gjør at vi i Norge får større problemer med korreksjoner, er at vi her har en mye større variasjon på høydene over havet. Man kan se den store forskjellen ved at det høyeste punktet man har i Norge er på 2469m, mens det i Danmark bare er på 171m. Dette gjør at

korreksjonene kan bli mye større i Norge enn i Danmark selv om det i praksis ikke bygges så høyt noen av stedene.

Maks høydekorreksjon i Danmark blir da $40\text{m} + 171\text{m} = 211\text{m}$ ellipsoidisk høyde $211 / 6 = 35\text{ppm}$. (1ppm pr 6meter)



Figur 13 Geoidehøyder i Danmark

I Danmark har de også et mye bedre samarbeidsforhold mellom GIS/CAD- programutviklere, konsulenter og "Kort og matrikelstyrelsen" enn det vi har i Norge. Dette medfører da at dataflyt går lettere og problemstillinger blir løst av flere berørte brukere.

3.3.2 Sverige

I Sverige har de valgt å lage et helt eget system som heter SWEREF99, med en egen geoide modell SWEN50LR, det svenske systemet er inndelt i 12 soner. De benytter seg her av UTM når de samarbeider/utveksler data med andre land

4. Konklusjon

Problemet sånn vi ser det ligger ikke i dataverktøyene eller utstyret som blir brukt, men heller på hvor bra innsikt bransjen har på problemet. Ut fra hva vi har sett, burde man heller fokusere på å gi bransjen; konsulenter, byggherrer samt de som prosjekterer, en bedre teoretisk bakgrunn i hva som er problemet og hvordan dette kan takles, les bedre innsikt i bruk av UTM_{EUREF89}. Dette kunne da ha blitt ført inn i en standard hvor man beskrev hvilke krav som stilles i forhold til kunnskap om UTM og EUREF89 ved prosjektering, planlegging, gjennomføring av prosjekter, dokumentasjon og rapporter. Det burde også utarbeides en standard som omhandlet hvilke krav som stilles til dokumentasjon etter endt arbeid, spesielt med tanke på PB-loven. Man kunne også utarbeide en slags "sjekkliste" som man benyttet seg av, for å unngå eventuelle grove brukerfeil. Ved å utarbeide standarder, vil man gjøre så alle ledd i bransjen må følge det samme systemet, en løsning som gjør at alt passer sammen.

Det å innføre nye datum vil bare føre til uttallige datum å forholde seg til, dette vil mest sannsynlig bare føre til forvirring og større sjanse for feil. Man vil heller ikke eliminere problemet med korreksjoner ved å innføre enda et datum og heller ikke feil i høyde, og man vil da være like langt som man ville vært om man valgte å innføre EUREF89 som et standardisert datum.

EUREF89 ble som beskrevet før innført for å danne et mer homogent nett for Europa, og for å få et lokalt referansesystem for Europa med tanke på GNSS.

Hva vi har sett fra det de gjør i våre naboland, har disse et mye tettere samarbeid mellom alle parter i bransjen. Dette burde man kanskje også tenkt litt på i Norge, for vi ser ikke noe tett samarbeid mellom alle partene her, men enkelte prøver (BA-nettverket). BA-nettverket prøver å bidra til å lage et bedre samarbeid mellom partene med tanke på å få utarbeidet en løsning på problemet og en bedre dataflyt mellom partene. Men ut fra hva vi ser, virker det mer som om hver part styrer med den løsningen de synes er best, og så bestemmer Statens Kartverk til slutt om de godtar det som er blitt foreslått eller ikke. Det at man får et samarbeid koster ned tiden på utarbeidingen av løsningen, og man får også alle synspunktene inn samtidig. Når man gjør det på denne måten vil man enklere kunne utarbeide en løsning som gjør alle parter til lags.

Ut fra hva vi ser er blitt lagt frem som forslag, mener vi at bransjen ser seg blind på å finne en løsning i stedet for å egentlig fokusere på hva som er problemet.

5. Litteraturliste

GPS; Keld Duehold, Mikkel Laurentzius, Anna B.O. Jensen

Grunnleggende landmåling, Terje Skogseth

Datum og kartprojeksjoner, Høgskolen i Gjøvik v/høgskolelektor Dag Norberg

NS3462, Norges Byggstandardiseringsråd

Koordinatbasert Referansesystem, Statens Kartverk Geodesi

Diverse forelesningsnotater og lysbildepresentasjoner av Bjørn Godager

www.statkart.no

www.geoforum.no

www.romteknologi.no

www.ba-nettverket.no

www.euref-iag.net

www.wgs84.com

www.swepos.com

www.lantmateriet.se

www.kms.dk