

# AALBORG UNIVERSITET

INSTITUT FOR SAMFUNDSUDVIKLING OG PLANLÆGNING

Fibigerstræde 11, 9220 Aalborg Ø



**Titel:** GPS til matrikulær måling

**Tema:** Afgangspjekt – Geoinformatik

**Periode:** Februar 2003 – juni 2003

**Gruppe:** L10gi-01

## **Deltagere:**

Anders Birk Jensen

Jim Nielsen

## **Vejledere:**

Mads Hvolby

Jens Juhl

**Oplagstal:** 8

**Sidetal:** 113

**Bilag:** 5

**Appendiks:** 3

**Afsluttet:** 12. juni 2003

## **Synopsis**

Dette afgangspjekt tager udgangspunkt i brugen af matrikelkortet som GIS-kort. Matrikelkortet besidder i dag ikke en ensartet god absolut nøjagtighed, hvilket gør sammenstillingen med andre kortværker problematisk.

Projektgruppen har gennem denne rapport set nærmere på, hvordan den absolutte nøjagtighed i kortet kan forbedres, samtidigt med at der opretholdes en høj relativ nøjagtighed. Nøglen til denne forbedring er en revision af "Bekendtgørelse om matrikulære arbejder" (BMA), således at kravene om opmåling bliver tidssvarende i forhold til GPS-teknologien.

Efter en gennemgang af matrikelkortet, relevante paragraffer i BMA, System 2000 og RTK-tjenester, bliver der i hovedanalysen fremsat forslag til ny måleprocedure og efterbehandling. Der bliver lagt vægt på et fastsat nøjagtighedskrav, en overordnet systemtilknytning til et landsdækkende 3D GPS etableret referencenet og en kvalitetssikring af målingerne. Derudover diskuteres nødvendigheden af indmåling af faste terrængenstande samt punkternes indlægning i matrikelkortet.



### **Abstract**

This master thesis is based on the use of the cadastral map in GIS. The overall absolute accuracy in the cadastral map is often not sufficiently high compared to other maps, which causes problems in their linking together.

Through this thesis the project group has considered how to improve the absolute accuracy in the map while containing a high relative accuracy. The key to this improvement is a revision of the Cadastral Act thus the survey regulations become up-to-date in relation to the GPS technology.

Based on an examination of the cadastral map, relevant sections in the Cadastral Act, System 2000 and RTK-services the main analysis presents suggestions to new surveying and map updating procedures. The main focus is on a fixed accuracy, a connection to a national 3D GPS reference system and a quality control of the surveys. Furthermore, the need of surveying objects connected to the ground and the putting in of boundary points in the cadastral map is discussed.

**Forside:** *Kort over Krungerup By's Jorder, Radsted Sogn, Musse Herred, Maribo Amt.*

Målforhold 1:4000

Kortet har været i brug som matrikelkort 1862-1901. Boniteringstakster og –grænser er angivet med rødt. Skel med grøn skygge angiver en matrikulær ændring foretaget i det tidsrum kortet har været under udarbejdelse, men før det er taget i brug som matrikelkort. Skel med røde skygger er matrikulære ændringer registreret i perioden 1862-1901. Disse farveangivelser har været de gængse for næsten alle håndtegnede matrikelkort fremstillet efter 1844 – matriklens ikrafttræden og er også anvendt for matrikelkort over købstæderne. Registrering af ændringer er ikke foretaget ved udradering af bortfaldne skel og udgåede matrikelnumre, men ved overstregning. I randbeskrivelsen er der arbejdsbemærkninger i forbindelse med omtegning af kortet i 1901. [Den danske Landinspektørforening, 1975]



## **FORORD**

Denne rapport er udarbejdet på landinspektørstudiets 10. semester 2003 af gruppe L10gi-01. Semesterets tema er:

GEOINFORMATIK

I rapporten er litteraturen angivet ved [Forfatterens efternavn, udgivelsesår]. Yderligere information kan findes i litteraturlisten, hvor kilderne er sorteret i alfabetisk orden efter forfatterens efternavn. Ved henvisning til Internetadresser vil forfatterens efternavn erstattes med organisationens navn i de tilfælde, hvor det ikke umiddelbart er muligt at angive forfatteren. Fodnoter nummereres fortløbende gennem rapporten.

I forbindelse med udarbejdelsen af rapporten vil projektgruppen gerne rette en tak til Asger Sonne Kristensen og Anne Marie Jensby Walmar fra Landinspektørgården i Silkeborg samt Ole Bauer Eiersted og Christian Sibbesen fra Kort & Matrikelstyrelsen, som alle har været behjælpelige med inputs til projektet i dettes begyndelsesfase. Derudover vil projektgruppen ligeledes rette en tak til Sigvard Stampe Villadsen fra Kort & Matrikelstyrelsen, der har bidraget med nyttige informationer til projektets foranalyse.

---

Anders Birk Jensen

---

Jim Nielsen



## Indholdsfortegnelse

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Kapitel 1 .....</b>                        | <b>11</b> |
| <b>Indledning.....</b>                        | <b>11</b> |
| 1.1 Matrikelkortets nuværende funktion.....   | 13        |
| 1.2 Udviklingen inden for GPS-måling.....     | 14        |
| 1.3 GPS og matrikulær måling.....             | 15        |
| 1.4 Indledende overvejelser om emnet.....     | 16        |
| 1.5 Rådet.....                                | 17        |
| 1.6 Initierende problemstilling.....          | 18        |
| <b>Kapitel 2 .....</b>                        | <b>19</b> |
| <b>Metodevalg.....</b>                        | <b>19</b> |
| 2.1 Projektstruktur.....                      | 21        |
| 2.2 Vidensindsamling.....                     | 23        |
| <b>Kapitel 3 .....</b>                        | <b>25</b> |
| <b>Foranalyse.....</b>                        | <b>25</b> |
| 3.1 Det digitale Matrikelkort.....            | 27        |
| 3.1.1 Omlægning.....                          | 28        |
| 3.1.2 Topologi.....                           | 30        |
| 3.1.3 Indlægning.....                         | 30        |
| 3.1.4 Nøjagtighed.....                        | 31        |
| 3.2 BMA.....                                  | 34        |
| 3.2.1 Fikspunktnettet.....                    | 36        |
| 3.3 System 2000.....                          | 37        |
| 3.3.1 Baggrunden for omlægningen.....         | 37        |
| 3.3.2 3D referencenet.....                    | 38        |
| 3.3.3 Kortprojektioner tilpasset EUREF89..... | 40        |
| 3.3.4 Transformation af matrikelkortet.....   | 41        |
| 3.4 RTK-tjenester.....                        | 41        |
| 3.4.1 GPS-Referencen.....                     | 42        |

|                           |  |           |
|---------------------------|--|-----------|
| 3.4.2                     | GPSnet.dk.....   | 44        |
| 3.4.3                     | RTK-tjenesternes nøjagtighed.....                            | 48        |
| <b>Kapitel 4</b>          | .....  | <b>53</b> |
| <b>Problemformulering</b> | .....  | <b>53</b> |
| <b>Kapitel 5</b>          | .....  | <b>59</b> |
| <b>Hovedanalyse</b>       | .....  | <b>59</b> |
| 5.1                       | Overordnede krav til måleprocedure samt efterbehandling..... | 61        |
| 5.2                       | Definition og fastsættelse af nøjagtighed.....               | 62        |
| 5.2.1                     | Fastsættelse af nøjagtighedskrav .....                       | 62        |
| 5.3                       | Systemtilknytning.....                                       | 65        |
| 5.3.1                     | 1. og 2. gangs punkter .....                                 | 66        |
| 5.3.2                     | Etablering af yderligere fikspunkter.....                    | 70        |
| 5.4                       | Skelmålingen .....   | 70        |
| 5.4.1                     | Målerutiner .....  | 70        |
| 5.4.2                     | Indmålingens omfang.....                                     | 72        |
| 5.5                       | Kvalitetssikring.....  | 75        |
| 5.5.1                     | Enkeltstations RTK .....                                     | 76        |
| 5.5.2                     | Netværks RTK.....  | 76        |
| 5.5.3                     | Sammenfatning.....   | 77        |
| 5.5.4                     | Fejl ved RTK-måling.....                                     | 78        |
| 5.6                       | Indlægning i matrikelkortet .....                            | 83        |
| 5.7                       | Ajourføring af matrikelkortet.....                           | 86        |
| 5.7.1                     | Indlægningskort.....   | 86        |
| 5.7.2                     | Måleblad.....  | 86        |
| 5.7.3                     | Tilknytning af attributter .....                             | 87        |
| 5.8                       | Skelpunkthierarki.....                                       | 89        |
| 5.8.1                     | Superdullers signatur.....                                   | 90        |



|  |            |
|--|------------|
| <b>Kapitel 6 .....</b>   | <b>93</b>  |
| <b>Konklusion.....</b>   | <b>93</b>  |
| 6.1    Systemtilknytning.....                                    | 95         |
| 6.2    Fastsættelse af nøjagtighed.....                          | 96         |
| 6.3    Vejledning for fremgangsmåden ved matrikulær måling ..... | 97         |
| 6.3.1    Forberedelse .....                                      | 97         |
| 6.3.2    Måleprocedure.....                                      | 98         |
| 6.3.3    Efterbehandling .....                                   | 99         |
| 6.4    Opsummering af krav og egne valg.....                     | 100        |
| <b>Kapitel 7 .....</b>   | <b>101</b> |
| <b>Perspektivering.....</b>                                      | <b>101</b> |
| 7.1    Afmærkning af skel samt hævdsproblematik .....            | 103        |
| 7.2    Enmandsbetjent måling .....                               | 104        |
| 7.3    Flere lag i matrikelkortet .....                          | 104        |
| 7.4    Mindste enhed i matrikelkortet.....                       | 105        |
| 7.5    3D matrikelkort.....                                      | 105        |
| <b>Litteraturliste .....</b>                                     | <b>107</b> |

## **Bilagsoversigt**

- B1    Medlemmer af Rådet**
- B2    MIA**
- B3    Nøjagtighed og præcision**
- B4    Eksempler på 1. og 2. gangs punkter**
- B5    Transformationsformel**

## **Appendiksoversigt**

- A1    GALILEO**
- A2    Datum og kortprojektioner**
- A3    Transformationsgangen mellem System 34 og  
UTM/EUREF89**



# Kapitel 1

## INDLEDNING

*Projektet omhandler brugen af GPS til matrikulær måling og udspringer af en undren over, hvorfor Bekendtgørelse om matrikulære arbejder (BMA) ser ud som den gør mht. indmåling af skel. Reglen om tilknytning til lokale fikspunkter synes forældet, når nutidens teknologi tages i betragtning.*

*Indledningen har som formål at give en "appetitvækker" til projektets problemstilling og få udstillet projektgruppens umiddelbare synspunkter omkring emnet.*

*I indledningen beskrives således udviklingen inden for GPS-måling sat i forhold til nutidens matrikulære måling, hvilket resulterer i en initierende problemstilling som et oplæg til den efterfølgende foranalyse.*



## 1.1 MATRIKELKORTETS NUVÆRENDE FUNKTION<sup>1</sup>

Grundet omlægningen til digital form, som skete i årene 1990-97, anvendes matrikelkortet i dag til langt flere formål, end det oprindeligt var tiltænkt. Kortet er dog først og fremmest et juridisk kortværk, som viser de registrerede ejendomsgrænser.

Matrikelsystemets grundlæggende funktion er identifikation af de enkelte ejendomme, hvilket primært tjener som sikring af rettigheder gennem tinglysningssystemet samt for vurdering og beskatning af fast ejendom. Derudover er den matrikulære identifikation grundlag for administration af areallovgivning og som ejendomsretligt grundlag i forbindelse med fysisk planlægning, anlæg og drift.

Matrikelkortets funktion i det matrikulære system er et bilag til matrikelregistret og udgør, sammen med de bagvedliggende måloplysninger, det ejendomsretlige udgangspunkt for fastlæggelse af ejendomsskellene. Disse oplysninger skal dog sammenholdes med forholdene i marken, da der af forskellige årsager kan forekomme uoverensstemmelser (fejl, hævde, aftale, labile grænser mv.), hvorefter det er op til landinspektøren at behandle uoverensstemmelsen. Matrikelkortets omlægning til digital form (Det digitale Matrikelkort) har naturligvis ikke afhjulpet disse uoverensstemmelser, der altid vil forekomme. Ved konverteringen af matrikelkortet til digital form måtte der derfor heller ikke ske ændringer i skelbilledet, som ville svare til egentlige ændringer i de ejendomsretlige forhold. Matrikelkortet er et juridisk kortværk, hvorfor indholdet ikke uden videre kan tilpasses bedst muligt til de fysiske grænser. Det er i den forbindelse den relative nøjagtighed, der vægtes højest.

Omlægningen har betydet, at kortet er blevet systemrelateret, men det er stadig den relative nøjagtighed, der er afgørende i den matrikulære proces, og den absolutte nøjagtighed spiller en mindre væsentlig rolle. I og med kortet er lagt på digital form og blevet systemrelateret og i takt med udviklingen af GIS, bliver matrikelkortet i dag anvendt til en lang række andre formål end det egentligt er tiltænkt, hvor den absolutte nøjagtighed i matrikelkortet ikke længere synes tilfredsstillende. Dette gør sig gældende ved sammenstilling med andre kortværk, hvor brugeren skal være opmærksom på matrikelkortets egentlige formål, dets oprindelse og derigennem nøjagtigheden. Det er langt fra alle, der kender til sammenhængen, og der opstår derfor tit forvirring og misforståelser ved brug af matrikelkortet.

Matrikelkortet indtager i dag en central rolle i GIS-sammenhæng, da kortet via matrikelbetegnelsen har en entydig relation til matrikelregistret, hvorved kortet via Krydsreferenceregistret er sikret sammenhæng med øvrige registre på ejendomsom-

---

<sup>1</sup> Afsnittet bygger på [Enemark og Kristensen, 1997].

rådet (BBR, ESR, Planregistret og Tingbogen), og dermed en række øvrige registre, som anvender matrikel- eller adressebetegnelse som grundlæggende identifikation. Problemet opstår dog, som før omtalt, ved sammenstilling med andre korttyper (topografiske og tekniske kort samt ortofotos). I og med matrikelkortet er et juridisk kortværk, og i kraft af matrikelkortets oprindelse, vil der være en nøjagtighedsmæssig forskel fra tekniske/topografiske kort og ortofotos, der med deres typisk fotogrammetriske herkomst har en høj nøjagtighed i forhold til matrikelkortet. Ved arbejdet med Det digitale Matrikelkort – og navnlig ved sammenstillingen med andre digitale kortværk – kræver det derfor at brugeren har en behørig ekspertise/viden til at kunne bedømme, hvad matrikelkortet kan og må bruges til i forskellige situationer.

Det er altså et forhold mellem den relative og den absolutte nøjagtighed, der er problemet, da matrikelkortet i dag i vid udstrækning anvendes til mange andre formål end det oprindelige, og hvor der i disse sammenhænge er brug for en bedre absolut nøjagtighed.

Man har i dag brug for et matrikelkort, der besidder både en god relativ og en god absolut nøjagtighed, og hvor matrikelkortet derved bliver lettere at forstå for udenforstående. Hvordan det så opnås, er det projektgruppen har set nærmere på gennem dette projekt ved at se på nutidens opmålings teknologi i forhold til de krav der er sat til den matrikulære måling.

## 1.2 UDVIKLINGEN INDEN FOR GPS-MÅLING

Siden etableringen af ”The Global Positioning System” (GPS) i halvfjerdserne har GPS spillet en større og større rolle inden for såvel landmåling og kortlægning som helt andre områder, man ikke tidligere forbandt med brug af koordinater. GPS industrien er en mangemilliard-industri, med forskere, udviklere, producenter og frem for alt en brugerverden, der vokser i antal, samtidig med at den umiddelbare anvendelse bliver lettere [Sørensen, 2001].

Der er i dag to satellitsystemer i brug, det amerikanske NAVSTAR og det russiske GLONASS<sup>2</sup> og yderligere et er på vej, nemlig det europæiske GALILEO (se appendiks 1). Også inden for udviklingen af referencenet er der sket fremskridt, således

---

<sup>2</sup> Vedligeholdelsen af dette system har dog været mangelfuld, men udskiftningen af satellitterne er blevet genoptaget, og man regner med fuld dækning (24 satellitter) igen i år 2006. For øjeblikket er der 8-9 operationsdygtige satellitter i omløb. [Dueholm og Laurentzius, 2002]

kender vi i dag EUREF89, som er en europæisk realisering af WGS84, og den danske variant heraf REFDK. Derudover er forskellige private referencenet opstået.

Inden for landmålingen har GPS overtaget mange af de arbejdsopgaver, der tidligere blev løst ved terrestrisk måling pga. det er en hurtig og samtidig nøjagtig målemetode. I forbindelse med fotogrammetrisk opmåling anvendes GPS til bestemmelse af kamerapositionerne under fotoflyvningerne, og laserscanning fra fly til opmåling af højdeforholdene i terrænet er helt afhængig af GPS til en kontinuert meget nøjagtig positionering af flyene [Dueholm og Laurentzius, 2002]. Ved brug af GPS får man således hurtigt en god absolut nøjagtighed. Absolut er i denne sammenhæng selvfølgelig stadig relativt i forhold til satellitterne og til en eller flere eventuelle referencestationer.

Specielt med udviklingen af ”Real Time Kinematic” (RTK), som har været kendt som målemetode i Danmark i omkring ti år, er brugen af GPS steget markant. Inden for de seneste år er forskellige DGPS- og RTK-tjenester dukket op, hvorved landinspektøren sparer brug af egen referencestation. RTK-tjenesterne opererer med så gode nøjagtigheder (1-3 cm), at de anvendes til mange forskellige typer måleopgaver. Mange landinspektørfirmaer abonnerer da også efterhånden på én af de to RTK-tjenester: GPS-Referencen (enkeltstations RTK) eller GPSnet.dk (netværks RTK), og meget tyder på, at tjenesterne i fremtiden vil ”udkonkurrere” den traditionelle RTK-metode til mange måleopgaver, og kun hvor der kræves særlig høj nøjagtighed, vil man opstille egen referencestation.

Idéen bag enkeltstations RTK er at opbygge et net af referencestationer, således at nøjagtigheden holder sig på et acceptabelt niveau inden for nettet, selv når afstanden til den nærmeste referencestation er størst [Dueholm og Laurentzius, 2002].

Ved netværks RTK tillades større afstand mellem referencestationerne. Der integreres løbende målinger fra flere referencestationer til en korrektionsflade (eller virtuel referencestation), som så kan anvendes til en interpolation af restfejlene mellem stationerne i referencenet [Dueholm og Laurentzius, 2002].

### **1.3 GPS OG MATRIKULÆR MÅLING**

På trods af dette ”GPS-boom” og anvendelse inden for en række områder i forbindelse med landmåling er GPS-måling på landjorden mest koncentreret om tekniske opgaver og bliver kun i mindre omfang anvendt til matrikulære sager, selvom en undersøgelse har vist at dette trods alt er stigende. Denne stigning er dog udelukkende baseret på GPS anvendt til indmåling af fikspunkter [Villadsen og Madsen, 2002]. I dag anvendes GPS således med fordel til matrikulære sager ved indmåling

af fikspunkter, som oftest kan være en omstændelig opgave ved indmåling med totalstation, da det kan kræve lange polygontræk.

Grunden til at GPS endnu ikke anvendes i større omfang ved matrikulære målinger hænger i høj grad sammen med regelsættet i BMA. *”Som landinspektør undgår man tit at måle med GPS i forbindelse med ejendomsdannelsen, fordi kravene er for besværlige”* [Rådet 1 – Asger Sonne Kristensen].

BMA fastsætter regler om, at indmåling af skel skal tilknyttes lokale fikspunkter i det eksisterende fikspunktet (GI- eller MV-nettet), som er koordineret i System 34. Da nabonøjagtigheden mellem GI- og især MV-punkterne ofte ikke er særlig god pga. spændinger i nettet, betyder det, at de nøjagtige GPS-målinger ”ødelægges” ved at blive indpasset i det mindre nøjagtige fikspunktet, hvilket umiddelbart synes irrationelt. *”Historisk set blev matrikelkortene for ringe, hvorfor der blev sat krav om tilknytning til MV-nettet, men kravet er der stadig, selv om der nu kan måles med GPS med overlegen nøjagtighed”* [Rådet 1 – Asger Sonne Kristensen]. Derudover er det et krav i BMA ved indmåling af skel samtidigt at indmåle faste terrængenstande, så det senere kan genafsættes.

## 1.4 INDLEDENDE OVERVEJELSER OM EMNET

Matrikelkortet står over for en implementering af System 2000<sup>3</sup> inden for de kommende år, således at kortet omlægges fra System 34 til UTM/EUREF89, hvormed den absolutte nøjagtighed i kortet vil blive forbedret. Selve omlægningen af matrikelkortet betyder ikke, at problemerne i kortet fjernes, blot bliver den absolutte nøjagtighed bedre, da der transformeres over præcise nymålinger. Transformationen forklares i afsnit 3.3.4. For at matrikelkortet skal opnå en så god absolut nøjagtighed som muligt samtidig med, at der opretholdes en god relativ nøjagtighed, er det nødvendigt med en løbende forbedring af kortet. Denne forbedring må komme ud fra de matrikulære målinger, da det er dem, der dikterer matrikelkortet.

Projektgruppen ønsker med dette projekt derfor, at gå ind i diskussionen omkring brug af GPS, specielt rettet på RTK-tjenesterne, til matrikulær måling og dermed også spørgsmålet om hvorvidt kravet om tilknytning til lokale fikspunkter ved indmåling af skel stadig skal være aktuelt. En ændring af fremgangsmåden ved matrikulær måling vil få indvirkning på matrikelkortet, således at det med tiden vil besidde en bedre absolut nøjagtighed og stadig bibeholde en god relativ nøjagtighed.

---

<sup>3</sup> System 2000 er en modernisering af referencesystemerne og referencenettet i Danmark, som er tiltrængt pga. den stigende og bredere anvendelse af GPS samt øgede krav til sammenhængende data. System 2000 er yderligere uddybet i afsnit 3.3



Indgangsvinklen til projektet ligger derfor i regelsættet i BMA omkring indmåling af skel samt kravet om fikspunkttilknytning. Med dagens teknologi synes det oplagt at få fornyet bestemmelserne omkring den matrikulære måling, så de indpasser sig efter denne.

Rådet for Danmarks Geografiske Referencenet ("Rådet") har ligeledes fremsat ønske om, at sagen angående reglerne for den matrikulære måling tages til diskussion.

## 1.5 RÅDET

Rådet for Danmarks Geografiske Referencenet er et uafhængigt råd af brugere og producenter af referencenet. Rådet arbejder for at fremme tilslutningen til og anvendelsen af det fælles danske geografiske referencenet. Der holdes årligt 2-3 møder. Rådet blev oprettet i 1986 og består af repræsentanter fra betydende interesseorganisationer og statslige institutioner. Rådets virksomhed hviler på et aftalegrundlag mellem de styrelser, foreninger og interessegrupper, der er repræsenteret i Rådet. [Rådet 2]. For en oversigt over Rådets medlemmer se bilag 1.

Det var på Rådets 38. møde d. 6. november 2002, at to af Rådets medlemmer: Asger Sonne Kristensen (Den danske Landinspektørforening) og formand Sigvard Stampe Villadsen (Kort & Matrikelstyrelsen - Referencenetområdet), fremlagde ønsket om, at Rådet skulle gå ind i arbejdet med at få lov til at anvende GPS/RTK direkte til fremskaffelse af koordinater i ejendomsdannelsen; ment således at koordinaterne fremkommer absolut uden direkte reference til det lokale fikspunktnet [Rådet 1].

Det er ikke Rådets traditionelle arbejde, men parterne mener, at Rådet har en rolle at spille i at *"få verden til at hænge bedre sammen"*, og derudover hænger det yderligere sammen med at få System 2000 implementeret i matrikelkortet. Omlægningen af matrikelkortet er på grund af økonomiske forhold udskudt til 2006. [Rådet 1]

Ligeledes har Rådet påtaget sig opgaven, at sikre forbrugerne adgang til brugerinformation om de forskellige tjenester ved at foretage en sammenligning af disse. Ved fremkomsten af RTK-tjenesterne er der kommet en ny teknologi ind i landmålingen, hvor slutproduktet, koordinaten, fremkommer uden at brugeren nødvendigvis er bekendt med kvaliteten. KMS står for beregningen og sikringen af basisstationernes koordinater, hvorved koordinaterne sikres i det godkendte referencesystem (REFDK). Men dermed er der stadig uvished om stabiliteten og nøjagtigheden, som er grunden til at Rådet i samarbejde med KMS har udført forskellige test af RTK systemerne, som nu er sammenfattet i én rapport. Det hedder sig endvidere i en skrivelse omkring rapporten, at testene er udført for at få større kendskab til systemets nøjagtighed, og dermed hvilke krav KMS skal sætte til RTK målinger gennem BMA.

En konklusion og kommentering af rapporten gives i afsnit 3.4.3.

Det er Rådets tanke at udvikle et online system på deres hjemmeside, hvor udbydere løbende specificerer kriterier som nøjagtighed, dækningsgrad, pris mv., da teknikken på disse punkter udvikler sig hurtigt. Der vil i tillæg hertil præsenteres uafhængige testresultater, brugererfaringer o. lign. [Rådet 3].

Det er således i projektgruppens interesse, at følge op på Rådets forslag til ændringer, og der vil derfor gennem projektføreløbet blive taget kontakt til nogle af de implicerede parter. Brugen af denne vidensindsamling er specificeret i afsnit 2.2.

## **1.6 INITIERENDE PROBLEMSTILLING**

Projektgruppen ønsker med projektet at fremkomme med et forslag til en revision af fremgangsmåden ved matrikulær måling med henblik på fremkomsten af RTK-tjenesterne samt overgangen til System 2000, således at matrikelkortet i fremtiden vil fremstå som et kort der, udover at være et ejendoms-juridisk kort og et vejledende oversigtskort, også vil være mere anvendeligt i andre sammenhænge end det er tilfældet i dag.

Revisionen synes for projektgruppen, som andre, yderst aktuel i trit med den nye teknologi samt overgangen til System 2000 i Danmark. En ændring af noget, som har eksisteret i årevis, kræver naturligvis et indgående kendskab til de berørte emneområder samt argumenter for at revisionen synes fornuftig.

Ved omlægningen af matrikelkortet til System 2000 vil der ske en forbedring af den absolutte nøjagtighed, men de store unøjagtigheder i visse områder vil stadig eksistere. Det vil i den forbindelse være på sin plads at få revideret reglerne omkring matrikulær måling, således at der i højere grad kan drages fordel af nutidens teknologi med hensyn til nøjagtigheder og effektivitet.

Projektgruppens hensigt er at sikre et bedre matrikelkort. Dette vil kunne opnås ved en revidering af reglerne i BMA, således at de opbygges med henblik på GPS.

Den initierende problemstilling lyder således:

*Hvilke overvejelser skal der gøres i forbindelse med brug af koordinater indsamlet med GPS til matrikulær måling?*

# Kapitel 2

## METODEVALG

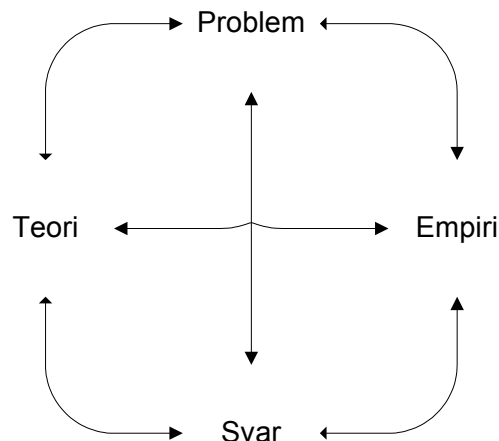
*Inden projektets initierende problemstilling søges besvaret, vil der i dette kapitel kort blive beskrevet efter hvilken videnskabelig arbejdsmetode, dette vil blive foretaget. Formålet hermed er at skabe et overblik over hvorledes projektet er opbygget og struktureret, herunder hvilke emner der indgår i den efterfølgende analyse.*

*Der er gennem projektføreløbet taget kontakt til eksterne kilder for at få professionelle syn på emnet. Kilderne er introduceret under afsnittet "Vidensindsamling", der også klarlægger på hvilket niveau disse synspunkter har indgået i projektføreløbet.*



## 2.1 PROJEKTSTRUKTUR

Den overordnede projektstruktur tager udgangspunkt i en model, der ofte – i projektmæssige sammenhænge på AAU – anvendes til at illustrere de fire grundlæggende delelementer i projektet (problem, teori, empiri og svar), hvor der især mellem teorien og empirien finder en stadig veksel sted. Modellen fremgår af nedenstående figur 2.1, hvor koblingerne mellem de fire delelementer er diverse former for analyse [Andersen, 1990].



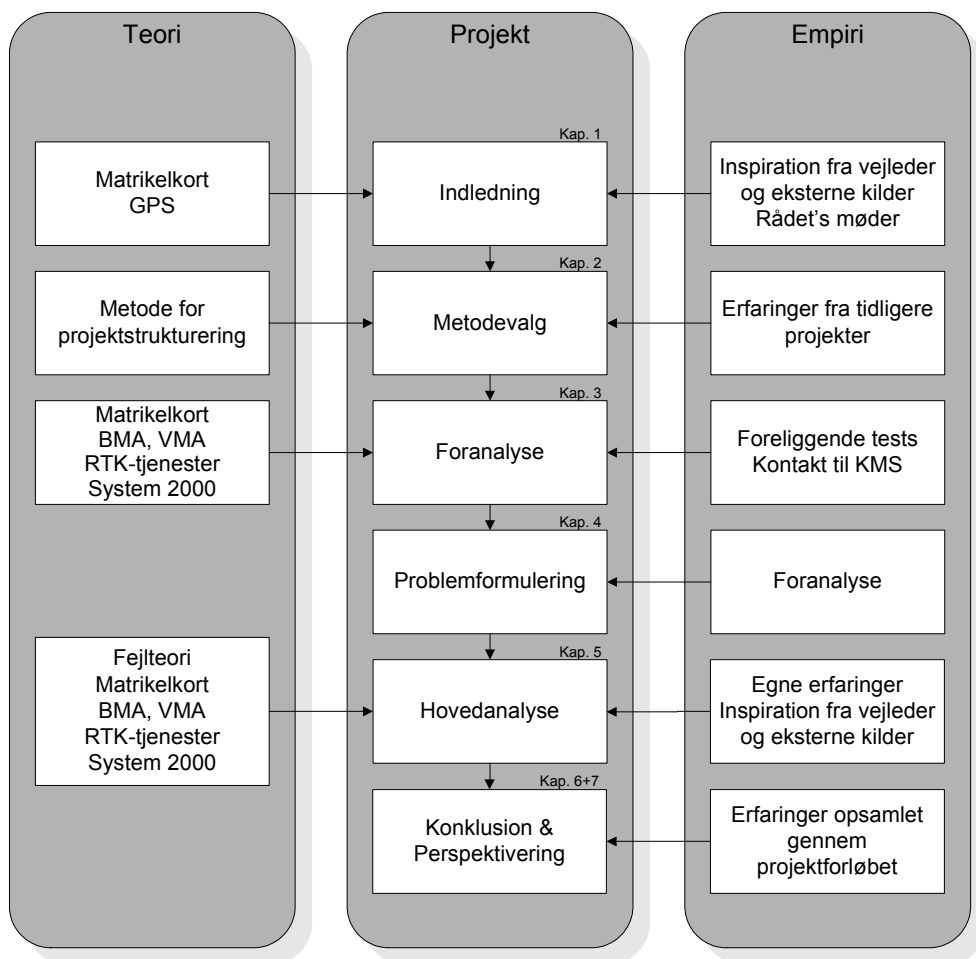
Figur 2.1: Projektets overordnede struktur [Andersen, 1990, s. 23].

I foregående afsnit 1.6 blev det initierende problem opstillet:

*Hvilke overvejelser skal der gøres i forbindelse med brug af koordinater indsamlet med GPS til matrikulær måling?*

Inden dette kan besvares, er det med udgangspunkt i ovenstående model nødvendigt, at forholdet mellem teorien og empirien er afklares gennem projektførelsen, inden der drages nogle endelige konklusioner. For at undersøge den initierende problemstilling nærmere, samt at anskueliggøre baggrunden for det rejste spørgsmål, anvendes foranalysen som et værktøj til dette. Ved en ændring i reglerne omkring den matrikulære måling er der forskellige emneområder, som synes oplagte at tage udgangspunkt i for en nærmere undersøgelse. Det drejer sig om matrikelkortet, BMA, System 2000 og de to RTK-tjenester, som behandles i foranalysen. På baggrund af den indsamlede viden udarbejdes problemformuleringen, som opsummerer en række problemstillinger til den videre behandling af emnet. Dermed er grundlaget for den efterfølgende hovedanalyse dannet, hvor de egentlige besvarelser på projektets problemstillinger findes. Disse opsummeret endeligt i konklusionen, der giver en refleksion over hele projektet, hvorefter der gives en perspektivering herpå.

Vha. figur 2.2 er det på et overordnet niveau illustreret, hvorledes projektet er opbygget samt hvilken teori og empiri, der er anvendt til udarbejdelsen af de enkelte kapitler.



**Figur 2.2: Projektets opbygning og samhørigheden med teori og empiri.**

## 2.2 VIDENSINDSAMLING

Som det blev beskrevet i afsnit 1.6 er indgangsvinklen til projektet behovet for en tidssvarende reovering af regelsættet i BMA, hvilket bl.a. skyldes den stadigt stigende anvendelse af RTK-tjenester ved matrikulære sager. Da dette er et højaktuelt emne er vidensindsamlingen i forbindelse med dette projekt derfor besværliggjort ved, at der ikke foreligger konkret litteratur omhandlende problemstillingen. Vidensindsamlingen er derfor baseret på brugen af litteratur inden for de relevante emneområder og samtaler med eksterne kilder, der med deres input har bidraget til opbygningen af projektet og til udarbejdelsen af problemformuleringen.

I projektets indledende fase blev projektgruppen gjort opmærksom på, at problemstillingen vedrørende GPS anvendt til matrikulær måling, på forhånd var bragt til debat i Rådet. Af mødereferaterne fremgik det, at debatten blev ført mellem formand Sigvard Stampe Villadsen (KMS) og medlem Asger Sonne Kristensen (Den danske Landinspektørforening). Projektgruppen kontaktede disse personer med henblik på en videre indføring i emnet, hvilket udover en skriftlig korrespondance førte til to møder gennem projektforløbet. Første møde blev afholdt i Landinspektørgården Silkeborg, med Asger Sonne Kristensen og Anne Marie Jensby Walmar, begge praktiserende landinspektører. Andet møde blev afholdt hos KMS, med Ole Bauer Eiersted (Referencenetområdet) og Christian Sibbesen (Matrikelområdet) – Sigvard Stampe Villadsen kunne beklageligvis ikke være tilstede, men har senere været kontaktet telefonisk. Ved møderne blev de indledende projektidéer præsenteret, og ved samtalerne blev projektgruppen gjort bekendt med de præsenterede personers synspunkter og idéer til bl.a. hvilke elementer, der kunne indgå i dette projekt.





# Kapitel 3

## FORANALYSE

*Foranalysen består af de forskellige emneområder, som projektgruppen har fundet relevante i henhold til den initierende problemstilling. De særskilte afsnit består således af Det digitale Matrikelkort, de relevante paragraffer i BMA, System 2000 samt de to RTK-tjenester.*

*Foranalysen ses i denne sammenhæng mere som en vidensindsamling og et grundlag for udarbejdelsen af selve hovedanalysen end en egentlig analyse.*

*Formålet med foranalysen er, udover at indsamle den fornødne viden, at få opstillet en række spørgsmål til problemformuleringen, som derved fastlægger projektets retning.*



### 3.1 DET DIGITALE MATRIKELKORT

Den grundlæggende funktion ved det matrikulære system er, at få identificeret de enkelte ejendomme; primært til sikring af rettigheder gennem tinglysningssystemet samt for vurdering og beskatning af fast ejendom, men derudover til administration af areallovgivning og som ejendomsretligt grundlag i forbindelse med fysisk planlægning, anlæg og drift. [Enemark og Kristensen, 1997].

Matrikelkortet er en del af det matrikulære system, som består af matrikelarkivet, matrikelregistret og matrikelkortet. Det er et juridisk kortværk, der viser de registrerede ejendomsgrænser og vejrettigheder (private fællesveje). Kortet viser også administrative grænser som eksempelvis ejerlavs-, sogne- og kommunegrænser. I kortet fremgår derudover fredskovsarealer, og KMS er ligeledes i færd med at registrere strandbeskyttelses- og klitfredningszoner samt afgrænsninger af registrerede forureninger.

Kortet viser ikke altid forholdene, som de ser ud i marken. De registrerede ejendomsgrænser kan afvige fra de faktiske af flere årsager, som vil blive beskrevet nærmere i afsnit 3.1.4, og dels kan der forekomme skel i kortet, som ikke ses i marken ("blinde" skel, se figur 3.1). Som matrikelkortet ser ud i dag, indeholder det ikke topografiske oplysninger som eksempelvis bygninger.



Figur 3.1: Skel der er registreret i matrikelkortet, men som ikke er synligt i marken.

### 3.1.1 Omlægning

Matrikelkortene blev i årene 1990-97 omlagt til edb, hvorved det blev et sammenhængende kortværk opbygget på grundlag af det danske referencenet – GI-/MV-nettet. Førhen bestod kortværket af omkring 16.000 gældende matrikelkort på papir og plast (TA-kort).

Det digitale Matrikelkorts udseende grunder i registreringer af ejendomsretslige forhold op gennem tiderne, der bl.a. har taget udgangspunkt i fikspunktkoordinater, måleblade og analoge matrikelkort, herunder økort<sup>4</sup> og rammekort<sup>5</sup> [KMS, 2002]. Ved omlægningen blev der i områder, der førhen bestod af økort, først dannet et ”skeletkort” ud fra vejmålinger, større sammenhængende udstykninger og enkelte strategiske målinger, som er indlagt i matrikelkortdatabasen. Ud fra sådanne skeletkort og andet støttemateriale (digitale tekniske/topografiske kort og ortofotos) blev de resterende ejendomsskel digitaliseret fra økortene og indlagt i matrikelkortet ved en efterfølgende transformation.

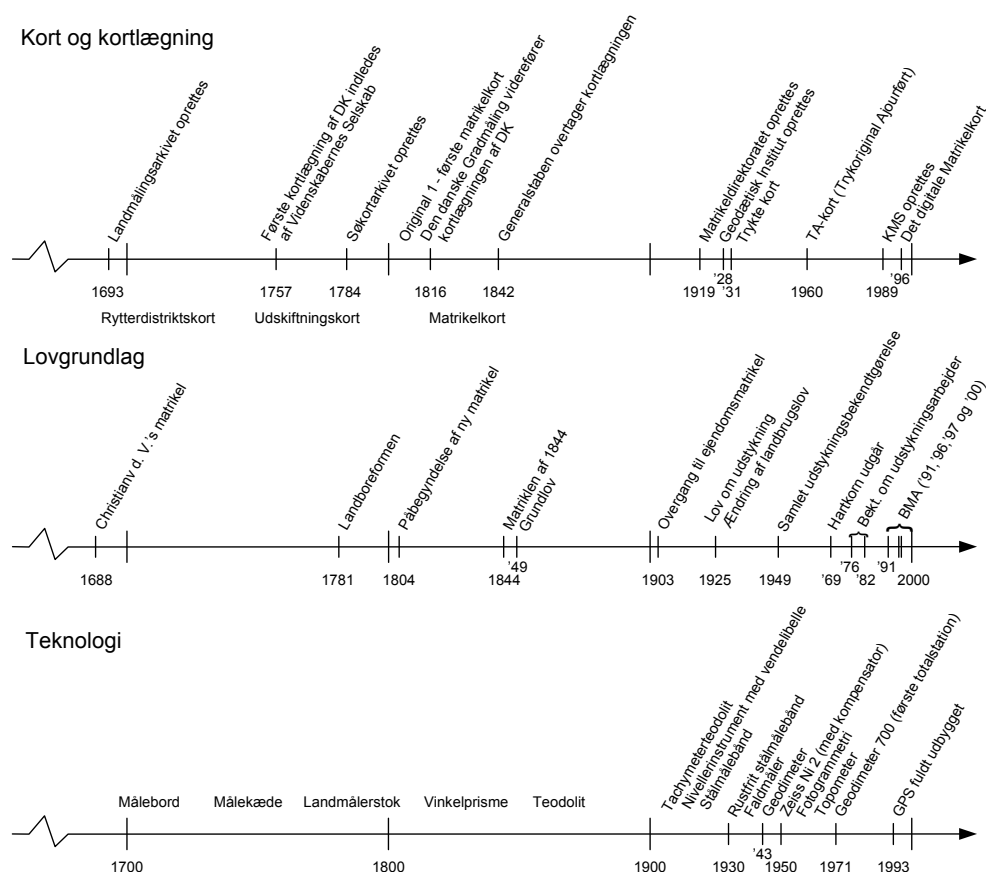
#### Grundlaget for omlægningen og gældende forhold

Tidslinierne i figur 3.2 er fremkommet ved sammenstilling og opsummering af [DDL, 2000 og Hedemann m.fl., 1970] samt tilgængelige data på Internettet. Det skal bemærkes at tidslinierne ikke er fuldstændige, men forsøgt præsenteret således, at de væsentligste tidsskifter/vendepunkter for matrikelkortet er medtaget. Dette skaber et bedre overblik over baggrunden for omlægningen til Det digitale Matrikelkort (gældende fra 1996) og sammenhængen med det juridiske og teknologiske grundlag frem til i dag.

---

<sup>4</sup> Analogt matrikelkort, der oprindeligt blev opmålt ved målebordsmåling. De enkelte ejerlav blev målt hver for sig og ligger som en ø midt i planen – heraf navnet. Efterfølgende er der anvendt målebånd, prismer, samt teodolitter og elektrooptiske afstandsmålere til opmålingerne.

<sup>5</sup> På baggrund af fotogrammetriske opmålinger og målinger fra matrikulære ændringer er nogle af de analoge matrikelkort efterfølgende blevet konstrueret. Disse matrikelkort kaldes rammekort.



**Figur 3.2: Tidslinier vedrørende matrikelkortet og dets lovmæssige og teknologiske baggrund.**

Historisk set er der et misforhold mellem de senest fremkomne opmålingsteknologier (totalstationen og GPS) og ændringsfrekvensen af den matrikulære lovgivning omhandlende brugen af disse. Til trods for totalstationens fremkomst og anvendelse til matrikulære målinger allerede i starten af 70'erne, blev der først fremsat regler om målingernes dokumentation vha. koordinater (polær målsætning) i Bekendtgørelse nr. 604 af 20. december 1976 om udstykningsarbejder m.v., hvilket afløste angivelsen af målene som de fremstår i marken (ortogonal målsætning). Samme forhold gør sig gældende for brugen af GPS, der siden systemets fulde udbygning den 8. december 1993 i stadig stigende grad har været anvendt til matrikulære målinger. Første gang anvendelsen af GPS optræder i BMA er i Bekendtgørelse nr. 1021 af 17. december 1997 omhandlende indmåling af nye fikspunkter. Der har i BMA til dags dato ikke været fremsat regler om anvendelsen af GPS til indmåling af skel punkter. [samtale med Christian Sibbesen]

### 3.1.2 Topologi

Topologisk sammenhæng vil normalt sige, at der er gjort rede for objekternes nabo-skab, dimension og sammenhæng. I matrikelkortet fremtræder den topologiske sammenhæng, dog kun ved hjælp af koordinatsammenfald mellem alle objekter (linier), som består af to koordinatsæt – start- og slutkoordinaterne [vejledermøde med Jens Juhl]. Denne sammenhæng er nødvendig for at kunne danne lukkede flader.

Med muligheden for i Det digitale Matrikelkort at danne lukkede flader af alle lod-der, herunder udskilte veje, er matrikelkortets fladetopologi benyttet sammen med matrikelnummeret derfor anvendeligt til GIS analyser/arealanalyser.

### 3.1.3 Indlægning

Filosofien bag indlægningen af nye mål i matrikelkortet er, at en ny måling er bedre end en gammel måling, hvorfor de bestående skel tilpasses de nye. Nye skel skal som hovedregel indlægges i matrikelkortet på grundlag af målinger, som er tilknyttet System 34 fikspunkter. Denne ajourføring sker løbende på baggrund af matrikulære sager fra praktiserende landinspektører, således at matrikelkortet viser den aktuelle godkendte matrikulære situation. Ajourføringen af matrikelkortet kan foregå vha. systemet MIA (se bilag 2), hvori det er muligt for den praktiserende landinspektør at udarbejde de matrikulære sager digitalt<sup>6</sup> og overføre data via Internettet til KMS.

Som et redskab til tilpasningen af matrikelkortet ved sammenstillingen af gamle og nye skel anvendes korttilpasning eller kortopretning, der er karakteriseret som en teknisk ændring, hvor der ikke ændres på den eller de berørte ejendommens retsforhold samt arealangivelser [KMS].

#### Korttilpasning

Korttilpasning er en udokumenteret grafisk tilretning af skelbilledet i matrikelkortet og er en meget lokal tilpasning af matrikelkortet med risiko for, at der indføres fejl-agtige knæk på rette linier. Korttilpasning bør derfor kun anvendes i forbindelse med mindre afvigelser og ikke på systemrelaterede skelpunkter. [KMS]

---

<sup>6</sup> Med MIA er det muligt at udarbejde matrikulære sagsdokumenter digitalt, hvor der dog skal anvendes et eksternt CAD-program til fremstillingen af måleblade, ændringskort mv.

## Kortopretning

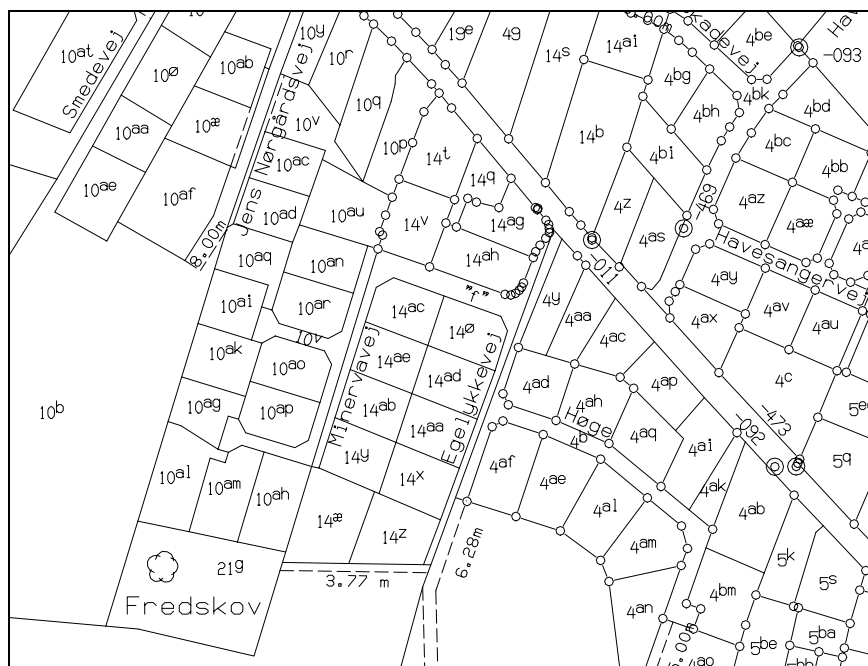
Kortopretning benyttes til at udjævne forskellen mellem indmålte skelpunkter og matrikelkortet over et større område ved en affin transformation med restfejlfordeling (residualspredning). Øvrige skelpunkter i det pågældende område ændres ligeledes, hvorved det visuelle billede af rette linier i matrikelkortet ikke forstyrres. Ved en kortopretning er det ikke påkrævet, at der foreligger målinger til samtlige involverede skelpunkter, da det er tilstrækkeligt med måling til udvalgte (og velvalgte) paspunkter. En kortopretning vil i højere grad end en korttilpasning forbedre den absolutte nøjagtighed af matrikelkortet i området omkring målingen. [KMS]

### 3.1.4 Nøjagtighed

Som nævnt kan de registrerede ejendomsgrænser afvige fra de faktiske. I Det digitale Matrikelkort er alle skelpunkter angivet vha. af et koordinatsæt i System 34, men dette koordinatsæt er ikke et udtryk for skelpunkternes nøjagtige placering i terrænet. Dette skyldes, at matrikelkortet er etableret på grundlag af terrestriske målinger tilbage fra 1700-tallet<sup>7</sup> og frem til i dag, og derfor vil Det digitale Matrikelkort variere meget i nøjagtighed fra sted til sted. Det er kun når et skelpunkt er indlagt i databasen i overensstemmelse med en matrikulær opmåling, at koordinatsættet udtrykker en nøjagtighed, der svarer til målingens nøjagtighed [Daugbjerg og Hansen, 2000]. Generelt er kredse, der markerer skelpunkterne, i matrikelkortet dog en indikation af, at punktet har en vis kvalitet og er indlagt over System 34, men det er ikke tilladt at afsætte skelpunkter alene ud fra disses foreliggende koordinatsæt.

---

<sup>7</sup> Beslutningen om 1844-matriklen blev truffet i begyndelsen af 1800-tallet og medførte en ny bonitering og opmåling, men på dette tidspunkt forelå der eksisterende kortmateriale fra de store udskiftninger i slutningen af 1700-tallet.



**Figur 3.3:** Analogt udtræk fra Det digitale Matrikelkort over en del af Grindsted By, Hammer. Skelpunkter uden kredse er punkter, der er digitaliseret fra analoge matrikelkort.

Ved arbejdet med Det digitale Matrikelkort bør man være opmærksom på, at der kan påregnes følgende nøjagtigheder for kredsede skelpunkter [Daugbjerg og Hansen, 2000, s. 39]:

- Når målingen er indtastet direkte fra målebladet, vil nøjagtigheden normalt være bedre end 20 cm.
- Når målingen er indlagt i matrikelkortdatabasen ved digitalisering af konstruktionen (skelbilledet) på målebladet, kan nøjagtigheden forventes at være bedre end 50 cm.
- Når målingen ikke er knyttet til fikspunktnettet, men indlagt over fællespunkter i støttemateriale, kan nøjagtigheden forventes at være bedre end 2 m. (digitale/analoge skelkort – lokale målinger indlagt over teknisk kort)

Derudover skal der tages hensyn til enkelte områder, hvor matrikelkortet er etableret på baggrund af analoge matrikelkort og hvor skelpunkter er angivet uden kredse. I sådanne tilfælde er nøjagtigheden varierende og afhængig af hvilken type analogt matrikelkort, der udgjorde digitaliseringsgrundlaget.



Såfremt det anvendte digitaliseringsgrundlag var et rammekort i 1:1000, skal der ikke påregnes en bedre nøjagtighed end 50 cm på skelpunkterne og tilsvarende kan der for rammekort i 1:2000 og 1:4000 ikke forventes en bedre nøjagtighed end henholdsvis 1 m og 2 m [Daugbjerg og Hansen, 2000].

I tilfælde af at digitaliseringsgrundlaget er økort, vil nøjagtigheden veksle meget fra område til område grundet kvaliteten af de forskellige opmålingsmetoder, der har været anvendt til fremstillingen/ajourføringen af økortet, siden dets oprindelse tilbage til 1700-tallet. Generelt kan det ikke forventes at nøjagtigheden er bedre end 4 m i områder, hvor økort i 1:4000 har dannet digitaliseringsgrundlaget. [Daugbjerg og Hansen, 2000]

Ovenstående nøjagtigheder er sammenstillet i nedenstående tabel 3.1.

| Forventet nøjagtighed | Grundlaget for indlæggelsen af skelpunktet | Målforhold i det digitaliserende grundmateriale |
|-----------------------|--|---|
| < 20 cm               | inddaterede mål                            |   |
| < 50 cm               | digitaliseret måleblad                     | 1:1000  |
| < 1 m                 | Rammekort                                  | indtil 1:2000                                   |
| < 2 m                 | Rammekort                                  | 1:4000  |
| 4 – 5 m               | Økort                                      | 1:4000  |

**Tabel 3.1: Oversigt over de forventede nøjagtigheder i Det digitale Matrikelkort [KMS]. Af databaseoplysningerne (attributter) til de enkelte skelpunkter fremgår det, hvilket grundmateriale, der er anvendt ved indlægningen.**

Endvidere bør man ved arbejdet med Det digitale Matrikelkort være opmærksom på, at der i visse tilfælde kan forekomme anseelige uoverensstemmelser, der skyldes lokale unøjagtigheder, og at der ligeledes kan være uoverensstemmelser ved labile grænser, da disse ikke gennemgår en løbende berigtigelse i matrikelkortet.

## 3.2 BMA

Udstykningsloven er det basale fundament for ejendomsregistreringen, og gennem registreringskravet i lovens §§ 14-17 er det fastlagt, hvornår der skal foretages matrikulær registrering [Ramhøj, 1993].

BMA indeholder bestemmelserne om dokumentationen for matrikulære forandringer og de tekniske udførelsesbestemmelser om den matrikulære sagsfremstilling. BMA rummer således det egentlige regelsæt for den matrikulære sagsudarbejdelse, bl.a. om skels indmåling [Ramhøj, 1993].

Indgangsvinklen til projektet udspringer af to paragraffer i BMA: § 28, omhandlende indmåling af skel, samt § 29, omhandlende fikspunkttilknytning og fikspunkt-etablering.

*§ 28. Skel, der registreres i matriklen, og skellene om et offentligt vejareal, der udskilles i matriklen, skal være fastlagt ved mål, jf. dog stk. 4. Målingen skal være så omfattende, at skellet kan indlægges på matrikelkortet og genafsættes ud fra målene.*

*Stk. 2. Hvis et skelpunkt afmærkes, og det ikke tidligere er fastlagt ved mål, skal det indmåles. Landinspektøren skal indberette afmærkningen og målingen til Kort- og Matrikelstyrelsen.*

*Stk. 3. Ved indmåling af skel skal målingen omfatte fikspunkter, hegn, bygninger og andre terrængenstande af varig karakter nær det skel, som indmåles.*

*Stk. 4. Kravene i stk. 1 om fastlæggelse af skel ved mål gælder ikke*

- 1) skel i søer, når grænsen mellem land og vand er fastlagt, og*
- 2) skel i vandløb med en bredde af 3 m og derover, når øverste kant af skråning mod vandløbet er fastlagt.*

*§ 29. Skelmålingen skal knyttes til eksisterende fikspunkter inden for en afstand af 1500 m eller til nye fikspunkter, der etableres i området, når målingen omfatter*

- 1) nye skel, der er beliggende inden for en afstand af 300 m fra et eksisterende fikspunkt, eller*
- 2) udstykning af mere end 4 nye ejendomme til bebyggelse, eller*
- 3) vej-, vandløbs-, jernbanestrækninger og lign. på mere end 300 m.*

*Stk. 2. Når skelmålingen omfatter en vejstrækning på mere end 2000 m, skal der i eller i nærheden af vejarealet etableres nye fikspunkter for hver 1000 m, medmindre et sådant net af fikspunkter allerede findes.*

Ved en matrikulær måling skal følgende betingelser altså være opfyldt, jf. § 28 og § 29:

1. skelpunkter skal senere kunne genafsættes,
2. nye skel skal kunne indlægges i matrikelkortet, og
3. målingen skal som regel tilknyttes fikspunktnettet

[VMA].

#### Ad. 1

Skelmålingen skal omfatte nogle faste terrængenstande (veldefinerede skelpunkter, fikspunkter, hegn, bygninger m.v.) således, at skelpunkter senere kan genafsættes, hvis afmærkningen er tabt gået eller til kontrol af, at genfundne skelmærker er rigtigt placeret. Det er ikke et krav, at målingen skal angives i referencesystemet, men i den udstrækning målingen tilknyttes referencenettet, beregnes de indmålte koordinater almindeligvis i systemet. [Ramhøj, 1993]

#### Ad. 2

Ved indlægning af skel på matrikelkortet bør man så vidt muligt også have målt til eksisterende skelpunkter, der ligeledes overføres til matrikelkortet. Hvis punkterne er koordineret i referencesystemet indlægges punkterne direkte eller ved transformation alt afhængigt af, om de anvendte fikspunkter svarer til fikspunktskoordinaterne i matrikelkortet. Er målingerne derimod udført i lokalt system, kan indlægningen ske i forhold til bestående skel, hvorved der tages hensyn til de nye skels relative nøjagtighed frem for deres absolutte nøjagtighed, eller indlægningen kan ske på grundlag af udvalgte indmålte punkter og støttemateriale som ortofoto, teknisk kort eller TOP10DK. Ved indlægningen af systemkoordinater kan der normalvis konstateres uoverensstemmelser mellem de indmålte eksisterende skel og skellets beliggenhed ifølge matrikelkortet. Der kræves derfor en stillingtagen til, hvordan dette skal afhjælpes i form af en tilpasning af det omkringliggende skelbillede i matrikelkortet. [KMS]

#### Ad. 3

Kravet om fikspunkttilknytning skal sikre, at skelpunkter kan reableres, og at der løbende kan ske forbedring af matrikelkortet i forbindelse med den matrikulære sagsbehandling, da skelpunkter knyttet til fikspunktnettet i Det digitale Matrikelkort besidder den højeste kvalitet.

§ 29 dikterer at skelmålinger, der omfatter nye skel, skal tilknyttes fikspunktnettet, hvis der findes fikspunkter inden for 300 m fra de skelpunkter, der indmåles. Hvis dette er tilfældet, skal skelmålingen enten knyttes til de nærmeste fikspunkter eller til fikspunkter, der ligger inden for en afstand af 1500 m fra de nye skel [VMA].

Baggrunden for kravet i § 29, stk. 2 om etablering af nye fikspunkter i forbindelse med skelmåling af en længere vejstrækning er ønsket om en fortsat forbedring af matrikelkortet.

Som bestemmelserne ser ud i dag, indeholder BMA altså ikke noget bestemt krav til nøjagtigheden af målingen, som derimod er overladt til den enkelte landinspektør at afgøre. Den relative nøjagtighed på de indmålte punkter fastlægges almindeligvis ud fra ”god opmålingsskik” med en punktspredning på 1-2 cm. [Ramhøj, 1993].

Det fremgår endvidere at bestemmelserne ikke er opbygget med henblik på GPS (jf. afsnit 3.1.1).

### **3.2.1 Fikspunktnettet**

Fikspunktnettet der refereres til i BMA består af det grundlæggende GI-net, der er etableret af staten, og vedligeholdes af KMS, samt MV-nettet, der igennem tiden er etableret i forbindelse med matrikulære målinger.

#### **GI-fikspunktnettet**

GI-punkterne er såkaldte geodætiske fikspunkter. Geodæterne har etableret punkterne og foretaget beregninger af datum og projektionsflader, således at den tekniske landmåling kan foregå på en projektionsflade orienteret i forhold til den fysiske jord. Det er et system af fysisk etablerede punkter og indmålte punkter, hvortil der er knyttet et informationssystem, som præsenterer punkternes relative placering i et koordinatsystem. [Jacobi, 1993]

GI-nettet består i dag af ca. 22.000 punkter og er fordelt over hele landet, hvilket giver en punkttæthed på ca. 2 km (også kaldet 2-km nettet). Nettet er blevet renoveret ved en nyberegning og delvis nymåling i årene 1970-1992 [VMA]. Resultatet af den nye beregning viser en nabonøjagtighed på omkring 2 cm/km mellem de omregnede punkter, mens ikke omregnede punkter kan afvige op til 50 cm fra de omregnede [Jacobi, 1993].

Nettet vil i fremtiden ikke blive vedligeholdt pga. for store omkostninger og derudover etableres/er etableret det nye GPS-egne 10-km net, som beskrives nærmere i afsnit 3.3.2.

#### **MV-fikspunktnettet**

Foruden GI-punkterne findes MV-punkter, som er etableret og indmålt af de praktiserende landinspektører i forbindelse med indmåling af ejendomsgrænser. De er planlagt, målt og beregnet i små særskilte net, og kunne derfor oprindeligt ikke ses

som et homogent net. MV-punkterne blev ikke medtaget i nyberegningen af GI-nettet. [Jacobi, 1993]

MV-nettet består af ca. 300.000 punkter. På grund af omlægningen af matrikelkortet fra et analogt til et digitalt kortværk blev MV-nettet renoveret ved en nyberegning af stort set alle foreliggende målinger og supplerende nymåling i årene 1986-1997 [VMA], således at matrikelkortet fremstilles på basis af dette net (det såkaldte M3-matrikelkort). Man har herved fået et homogent og landsdækkende referencesystem; dog med variabel kvalitet. MV-nettet skulle have fået en punktmiddelfejl bedre end 12-15 cm [Enemark og Kristensen, 1997], men det har vist sig i flere tilfælde i praksis ikke at være tilfældet [Asger Sonne Kristensen - møde], ligesom mange af punkterne er tabt gået samt fremstår ustabil i marken.

Hverken GI- eller MV-punkterne er naturligvis blevet etableret med henblik på GPS, hvilket vil sige at ikke alle punkter er egnede til GPS-måling. Ligeledes er der spændinger i begge net, som influerer negativt på de ellers meget nøjagtige GPS-målinger. Med GPS-teknikken kan der opnås nøjagtigheder på 1-2 cm over 50-100 km, hvilket understreger at nøjagtigheden i det traditionelle net er utilstrækkelig [Madsen, 2001]. GPS er da også den primære årsag til, at man har ønsket at indføre et nyt referencesystem og referencenet i Danmark – System 2000.

### **3.3 SYSTEM 2000**

Igennem en årrække er der arbejdet på en modernisering og internationalisering af det danske referencesystem og referencenet, som har været nødvendig pga. en stadig større og bredere anvendelse af GPS. Formålet er en fælles europæisk standard – EUREF89. Det nye system kaldes System 2000 og består af et nyt koordinatsystem, et nyt højdedatum og etablering af et nyt fikspunktnet med X,Y,Z koordinater til alle punkter.

I skrivende stund er man inde i overgangsperioden mellem det gamle og det nye referencesystem og –net.

#### **3.3.1 Baggrunden for omlægningen**

Det fysiske referencenet består af fikspunkter med tilhørende koordinater i forskellige systemer – referencesystemer. Fikspunkterne i Danmark inden omlægningen er opdelt i plane punkter typisk koordineret i System 34 og højdefikspunkter i et af højdesystemerne – typisk DNN, men med brug af GPS er der behov for 3D punkter. Grundet den stadig stigende og bredere brug af GPS er det nødvendigt med et referencesystem og –net, som skal kunne understøtte dette, og hvor der er et øget krav til kvalitet, rationalitet samt en lettere sammenstilling af data. [Bahl, 2001]

En GPS-position foreligger direkte i EUREF89 geografiske koordinater, hvorfor det ville være fornuftigt at basere et referencesystem på dette. Også andre lande er i gang med denne omlægning, hvorved en sammenstilling af data på tværs af landegrænserne bliver lettere. Ved at kortværket bliver baseret på samme system, som GPS-målingerne foregår i, vil man opnå en større nøjagtighed og sammenhæng.

Omlægningen til System 2000 indebærer:

- Etablering af et nyt fysisk GPS-egnet referencenet i 3 dimensioner.
- Introduktion af et nyt højdesystem (DVR90) samt tilpasning af geoiden.
- Introduktion af kortprojektioner repræsenterende EUREF89 (UTM og Kp2000).
- Ny forbedret transformation til/fra nye og gamle systemer.

Introduktionen af det nye højdesystem vil ikke blive yderligere beskrevet, da det ikke umiddelbart har relevans for projektet.

Appendiks 2 omhandler en nærmere beskrivelse af EUREF89 og UTM, samt definitioner på grundlæggende begreber der indgår i forbindelse med GPS og kortlægning.

Rådet nedsatte en arbejdsgruppe, som havde til formål, at designe en ny kortprojektion til EUREF89.

### 3.3.2 3D referencenet

Arbejdsgruppen besluttede mht. netspørgsmålet, at anvendelse af GPS kræver et referencenet, som har en større nøjagtighed end System 34, og der skal gennemføres nye målinger for at sikre tilstedeværelse af et referencenet, der modsvarer den nøjagtighed, som moderne opmålingsinstrumenter kan yde [Rådet 4].

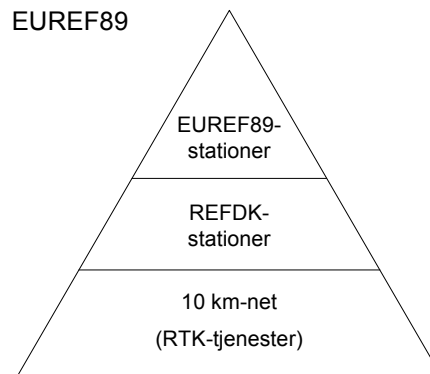
KMS er i øjeblikket ved at opbygge et GPS-egnet 3D fikspunktnet med en punktafstand på ca. 10 km (nettet kaldes også for 10-km nettet). Nettet opbygges med stabil punktafmærkning, fri horisont, let tilgængelighed til punkterne og med målte X,Y,Z koordinater i EUREF89 samt en terrestrisk bestemt kote i DVR90 [KMS 1]. Opbygningen af nettet sker i årene 2000-2003 – Sjælland er færdigmålt.

Nettet er bygget op på baggrund af seks grundlæggende EUREF89-stationer, som er bestemt i forhold til de internationale definerede stationer. Disse seks stationer er en officiel del af EUREF89-nettet og er klassificeret til en nøjagtighed på 1 cm. De seks stationer er fortættet til et landsdækkende net, der består af 90 stationer – kaldet REFDK-nettet. [Madsen, 2001]

10-km nettet er en fortætning af REFDK-nettet, der med sine 90 stationer definerer EUREF89 i Danmark. Det færdige 10-km net vil bestå af ca. 500 punkter koordine-

ret i EUREF89. Med basis i et fikspunkt vil der kunne måles direkte i EUREF89 eller en af de tilhørende kortprojektioner, hvorimod nettet ikke er velegnet til koordinering i System 34, da punkterne udelukkende er opmålt og beregnet i EUREF89 og har derfor ingen beregnet koordinat i System 34 [KMS 1].

De seks overordnede EUREF89-stationer, hvis nøjagtigheder er klassificeret til 1 cm, har ved daglige gentagelsesnøjagtigheder fra beregningen vist en spredning på ca. 2 mm i planen og mindre end 10 mm i højden. De 90 REFDK-stationer er gennem en samlet udjævning, hvor de seks EUREF89-stationer er fastholdt, bestemt med en spredning på 2 mm på koordinaterne. Efterfølgende er der foretaget uafhængige stikprøvekontroller over lange afstande på op til 150 km, der viser en overensstemmelse mellem de beregnede koordinater på omkring 1 cm i planen og 2 cm i ellipsoidehøjden. [Madsen, 2001]. Da 10-km nettet endnu ikke er færdigetableret, og der derfor ikke er foretaget en samlet udjævning af dem, kendes spredningen på disse punkter endnu ikke.



**Figur 3.4: Oversigt over opbygningen af referencegrundlaget for EUREF89 i Danmark.**

Hidtil er WGS84<sup>8</sup> (se endvidere appendiks 2) i Danmark blevet defineret ved hjælp af en transformation fra ED50<sup>9</sup>. Herved kunne der fastlægges koordinater i WGS84 med en nøjagtighed på 1-2 m i hver koordinat. Transformationsformlen for overgangen mellem WGS84 og ED50 blev fastlagt ved at sammenligne koordinater i ED50

---

<sup>8</sup> Globalt datum defineret som et referencesystem, hvori både GPS-modtagernes og satelliternes positioner kunne repræsenteres. EUREF89 er den europæiske realisering af WGS84. [Jensen og Engsager, 2001]

<sup>9</sup> European Datum af 1950 - 3 dimensionalt europæisk datum, som er defineret ved en kombination af astronomiske observationer samt afstands- og retningsmålinger mellem en række fundamentalstationer fordelt over hele Europa. [Jensen og Engsager, 2001]

med predikterede koordinater i WGS84 – altså en indirekte metode. I stedet kan man nu med EUREF89 bestemme koordinater direkte i det koordinatsystem, som er knyttet til GPS. [Rådet 4]

Oprindeligt var nettet af militær interesse og var planlagt før fremkomsten af de to RTK-tjenester [møde med Asger Sonne Kristensen]. 10-km nettet kan ses som en fastlåsning af System 2000 på jorden i tilfælde af, at GPS af en eller anden grund skulle blive afskaffet.

### 3.3.3 Kortprojektioner tilpasset EUREF89

Et flertal i den nedsatte arbejdsgruppe blev enige om, at der i tilknytning til EUREF89 oprettes to projektioner:

- en standard UTM projektion (zone 32 og 33) og
- en tilpasset konform transversal mercatorprojektion (TM) med en skala på højst 5 cm pr. kilometer.

[Rådet 4].

Der vil derfor, udover UTM projektionen, blive oprettet en specifik dansk tilpasset udgave af UTM projektionen - Kp2000. Forskellen på de to projektioner er således afstandskorrekturen, hvor der ved UTM projektionen maksimalt skal korrigeres for afstanden med -40 cm pr. km (ved midtermeridianen), mens den i Kp2000 kun varierer mellem +/- 5 cm pr. km.

UTM projektionen anbefales som den fælles nordiske og europæiske standard for alle georelaterede data (er i EU-regi anbefalet som standardprojektion til brug ved lagring og udveksling af data), hvorimod Kp2000 introduceres af hensyn til opmålingsbranchen pga. den lille og mindre varierende afstandskorrektion. Det anbefales fra KMS's side at UTM anvendes som den primære projektion, hvilket vil sige til lagrings-, bearbejdnings- og udvekslingsformål, og Kp2000 anvendes som den sekundære, hvilket vil sige, at den anvendes internt i de organisationer, hvor der er behov for at veksle mellem kortdata og opmålingsdata. [KMS 2]

Begge projektioner er transversale mercatorprojektioner, som kan bruges af alle GIS-systemer og GPS-modtagere.

Selve koordinatskiftet mellem UTM og Kp2000 svarer til et koordinatskift mellem to UTM-zoner.

Matrikelkortet omlægges, som de topografiske kort, til UTM/EUREF89 af KMS. Dette står dog foreløbigt først klar i år 2006 grundet økonomien.



### 3.3.4 Transformation af matrikelkortet<sup>10</sup>

Transformationen mellem System 34 og UTM32/EUREF89 er baseret på en Helmert transformation (7 parameter transformation) suppleret med polynomietransformationer.

Helmert transformationen indgår for at tage vare på skiftet fra Hayford ellipsoiden til GRS80 ellipsoiden. Transformationen bringer System 34 koordinaterne over i et såkaldt teknisk koordinatsystem i ED50. Middelfejlen på denne transformation er ca. 20 cm, men der er regionale forskelle op til 1 m.

For at komme ned på en middelfejl under 2 cm, er der så oveni Helmert transformationen lagt reelle landsdækkende polynomietransformationer af hhv. 9. og 13. grad (Sjælland/Jylland-Fyn). For Bornholms vedkommende benyttes en 6. grads polynomietransformation til overgangen fra System 45 til UTM33/EUREF89.

Disse polynomietransformationer er fremstillet på grundlag af en omregning af hele det grundlæggende GI-referencenet i EUREF89. Ca. 100 GI-punkter er blevet indmålt i EUREF89, hvorefter samtlige observationer mellem GI-nettets punkter (vinkler, afstande og GPS-målinger) er benyttet til en nyberegning i EUREF89, således at 22.000 punkter i Jylland og 11.000 punkter i Sjælland foreligger i både System 34 og EUREF89. I alt er der i beregningen af EUREF89 koordinaterne til punkterne brugt 255.000 retninger, 28.000 afstande og 8.500 nyere GPS målinger.

Ved transformationen over de 33.000 fællespunkter fjernes de lokale spændinger, som er i MV-nettet, da disse ikke fastholdes, men bliver flyttet sammen med det resterende skelbillede [møde Eiersted og Sibbesen].

Baggrunden for, at man først nu har introduceret de nye kortprojektioner, har været, at man ville afvente at transformationerne mellem System 34 og EUREF89 kortprojektionerne var så gode, at skift mellem systemerne kunne lade sig gøre uden tab af nøjagtighed.

Transformationsgangen beskrives nærmere i appendiks 3.

## 3.4 RTK-TJENESTER

Med anvendelsen af permanente referencestationer, hvor der i Danmark er mulighed for at vælge mellem to RTK-tjenester, kan der opnås en række fordele i forhold til traditionel GPS/RTK-måling. Heraf kan nævnes tidsbesparelsen ved ikke at skulle

---

<sup>10</sup> Afsnittet bygger på [Jensen og Engsager, 2001], [mailudveksling med KMS] og [samtale med Sigvard Stampe Villadsen]

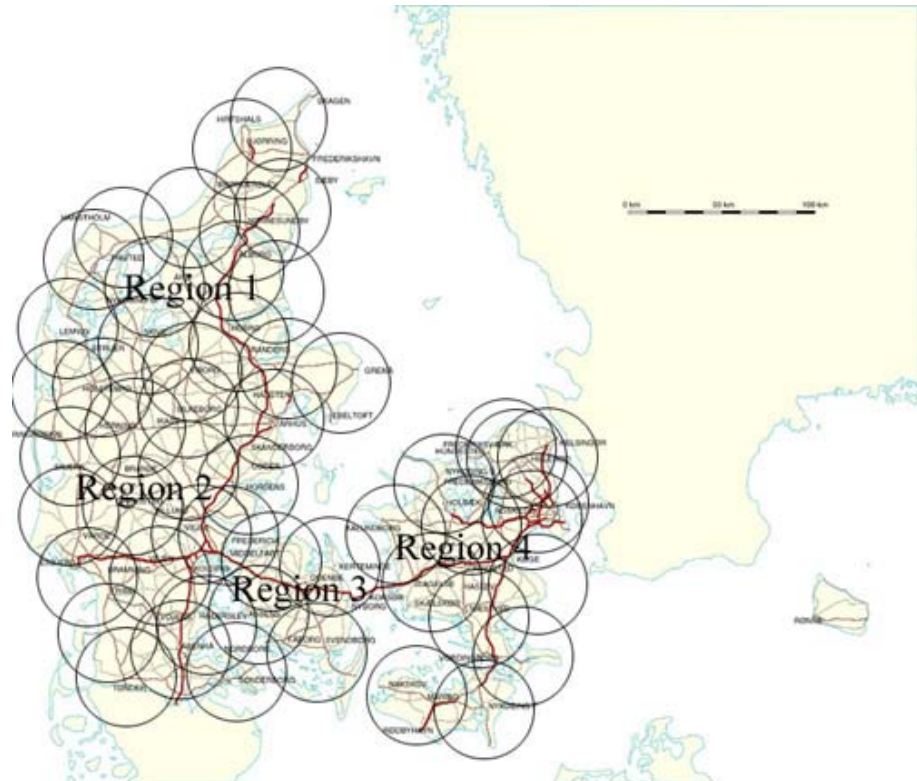
opstille egen referencestation, og der skal derfor kun benyttes ét instrument til opmålingen, som dermed reducerer den nødvendige investering i udstyr. Valget og anvendelsen af den ene RTK-tjeneste frem for den anden er desuden ikke begrænset af et bestemt mærke udstyr.

Udviklingen af de permanente referencestationer skal ses som et supplement til opbygningen af det tættere 10-km net [Rådet 5], og ved anvendelsen af de to RTK-tjenester lover begge en målenøjagtighed på centimeterniveau. Tjenesterne udbydes under navnene GPS-Referencen og GPSnet.dk, der følgende vil blive beskrevet nærmere, herunder hvordan systemerne fungerer.

### **3.4.1 GPS-Referencen**

GPS-Referencen er en andelsforening, der er startet af Leica Geosystems. Tjenesten fungerer således, at de enkelte andelshavere i foreningen stiller en referencestation til rådighed for de øvrige andelshavere og brugere af tjenesten med abonnement, hvorefter andelshaverne har fri adgang til benyttelse af referencenetet. Dette medfører at jo flere andelshavere i foreningen desto bedre en dækning vil det være muligt at opnå. P.t. (juni 2003) råder tjenesten over 60 sande (fysiske) referencestationer [GPS-Referencen1] og antallet af referencestationer bevirker, at GPS-Referencen stort set er landsdækkende, se figur 3.5.

For at blive optaget som andelshaver i andelsforeningen [GPS-Referencen2], er det nødvendigt at bidrage med mindst én referencestation, der opstilles og vedligeholdes efter de af foreningen fremsatte krav. Derudover forpligter andelshaverne sig til at stille korrektionssignaler til rådighed overfor de andre andelshavere og abonnenter i minimum fire år. På nuværende tidspunkt (juni 2003) er der 34 medlemmer i andelsforeningen, såsom adskillige landinspektørfirmaer, flere kommuner, en række el-selskaber og andre ledningsejere, amter mv.



Figur 3.5: GPS-Referencens dækning i Danmark [GPS-Referencen3].

### Teknikken bag

GPS-Referencens teknik er grundlæggende baseret på traditionel RTK-måling, hvor hver referencestation i referencenetet fungerer som basisstation, hvorfra rovere kan modtage korrektionsdata – også kaldet enkeltstations RTK. Ved enkeltstations RTK er målenøjagtigheden afhængig af afstanden til den nærmeste referencestation, hvorfor et net bør opbygges således at nøjagtigheden er acceptabel, når afstanden til den nærmeste referencestation er størst [Dueholm og Laurentzius, 2002].

Mht. opstillingen af referencestationerne oplyser GPS-Referencen [GPS-Referencen1], at disse er placeret med størst mulig hensyntagen til brugernes arbejdsområde og til at nettet er tæt og landsdækkende. Som før nævnt består dette net af 60 permanent opstillede referencestationer, og som det fremgår af figur 3.5, bevirker overlappene mellem referencestationernes dækningsområder, at det er muligt at overbestemme ens målinger ved at foretage opkald til en eller flere omkringliggende referencestationer.

For opstillingen af referencestationerne forefindes en række retningslinier, hvoraf der kan nævnes, at GPS-antennen placeres med frit sigte horisonten rundt, radioantennen placeres højt og selve radioen placeres nær antennen for at mindske støj og forsinkelse af signalet. Mht. servicering og reparation af referencestationerne foretages dette af Leica. KMS sikrer tilknytningen til REFDK vha. indmåling og udjævning af GPS-Referencen i forhold til det nationale net, hvortil KMS skal bruge syv dages observationer. [Andersen og Andersen, 2001].

Leica Geosystems forestår kvalitetssikringen af referencenet, hvilket sker ved, at der dagligt ringes op til alle referencestationer, som kontrolleres og tømmes for data, hvorefter alle basislinier mellem referencestationerne kan efterprocesseres. Data indsamlet fra referencestationerne placeres ligeledes på hjemmesiden, hvor de er tilgængelige for tjenestens andelshavere og abonnenter [GPS-Referencen1]. En gang om året, samt når referencenet udvides med ekstra referencestationer, bliver nettet ligeledes kvalitetssikret af KMS, der kontrollerer tilknytningen til det nationale referencenet REFDK.

### Overførsel af faseobservationer

Til overførslen af faseobservationer benyttes formatet RTCM<sup>11</sup> SC 104. Der benyttes både radiolink (UHF link med et output på 2 watt) og mobiltelefoni til overførslen. Radiolinket rækker ca. 10 km – med frit sigte – og uden for radiolinkets dækningsområde sker opkoblingen til tjenesten vha. GSM. [GPS-Referencen1]

## 3.4.2 GPSnet.dk

I foråret 2001 blev GPSnet.dk oprettet som det første landsdækkende referencenet i Danmark. Teknologien bag GPSnet.dk bygger på andre principper, som vil blive beskrevet nærmere senere i afsnittet, end dem der sædvanligvis benyttes ved RTK, og idéen med tjenesten er, at det skal være muligt at måle med en ensartet nøjagtighed i hele landet, hvor den afstandsafhængige fejl ikke vil influere målingerne. Tjenesten er tilgængelig for abonnenter og samarbejdspartnerne bag GPSnet.dk.

Bag GPSnet.dk står Trimble Center Danmark i samarbejde med Vejdirektoratet, Kampsax, Dansk Total Opmåling og Danmarks Tekniske Universitet. Samarbejdspartnerne er alle organisationer, der har et bredt vidensgrundlag inden for GPS-måling og varetager forskellige opgaver i forbindelse med vedligeholdelsen af referencenet. Det landsdækkende referencenet består af 26 faste stationer (se figur

---

<sup>11</sup> Udviklet af Radio Technical Commission for Maritime Services, Special Committee 104 – anvendes ved RTK til at overføre masterens faseobservationer til roveren, hvorved der i sand tid kan foregå en positionsbestemmelse af roveren.

3.6), hvis koordinater månedligt kontrolleres af KMS, som sikrer referencestationernes tilknytning til REFDK ved at supplere data fra GPSnet.dk med målinger fra KMS's tre permanente referencestationer<sup>12</sup>, der er koordineret i EUREF89 [GPSnet.dk1].



Figur 3.6: Dækningskort fra GPSnet.dk [GPSnet.dk2].

### Teknikken bag

Som nævnt er teknologien bag GPSnet.dk baseret på andre principper end ved brugen af enkeltstations RTK. Ved traditionel RTK er nøjagtigheden afhængig af, at afstanden mellem master og rover er begrænset, da de systematiske fejl (ionosfære- og troposfærefejl) vil influere målingerne jo mere afstanden øges. For at begrænse påvirkningen af atmosfæriske forhold på GPS-målingerne i et referencenet bestående af enkeltstationer, er det derfor nødvendigt at stationerne er meget tæt beliggende.

<sup>12</sup> De tre permanente referencestationer ved Buddinge, Suldrup og Smidstrup danner grundlaget for korrektionsberegningerne til DGPS-tjenesterne Spot-FM og NAV-DK og indgår ligeledes i det europæiske net af EUREF-stationer, der benyttes til vedligeholdelsen af EUREF89.

GPSnet.dk er bygget op på princippet ved anvendelsen af netværks RTK, hvor et netværk af 26 permanente referencestationer (jf. figur 3.6) simultant indsamler rå GPS data. Disse data transmitteres online til et centralt beregningscenter, der efterfølgende foretager en udjævning af de indkomne data, således at korrektionsgrundlaget for de afstandafhængige fejl er skabt. Korrektionsgrundlaget fremstår i form af en korrektionsflade, der er en modellering af de atmosfæriske forhold mellem de respektive referencestationer i den pågældende region, hvortil det vha. rovere er muligt at interpolere – i områder uden for nettet sker korrektionsbestemmelsen ved ekstrapolering, hvor nøjagtigheden i en afstand op til 15 km fra en netværkstrekanter side er den samme, som ved interpolation inden for trekkanterne [Andersen og Andersen, 2001]. Ved brugen af netværks RTK afhjælpes dermed ovenstående problemstilling, der kendetegner traditionel RTK, og det tillader derfor større afstande mellem referencestationerne. En anden fordel ved brugen af netværks RTK er, at der er mulighed for at foretage en løbende systemovervågning og kvalitetskontrol af referencenettet, hvilket foretages af kontrolsoftwaren.

Software, der anvendes i GPSnet.dk's kontrolcenter i Ballerup, hedder GPS-Network og er udviklet af Spectra Precision Terrasat GmbH, der ejes af Trimble. Kontrolsoftwaren er forbundet med alle referencestationerne i nettet og udfører følgende opgaver [GPSnet.dk3]:

- *Rå dataimport og løbende kvalitetskontrol.*
- *Lagring af RINEX data.*
- *Korrektion af antennefasecentervandring.*
- *Modellering og estimering af systematiske fejl.*
- *Beregning af virtuelle korrektionsdata i RTCM formatet til brugerne.*
- *Transmission af data til brugerne i marken.*

Til beregningerne benytter kontrolsoftwaren sig bl.a. af ultrahurtige efemerider<sup>13</sup>, hvorved positioneringen yderligere forbedres. Ved overførslen af korrektionsdata til roveren benyttes konceptet Virtuel Reference Station (VRS), der i det følgende afsnit vil blive beskrevet nærmere.

## VRS

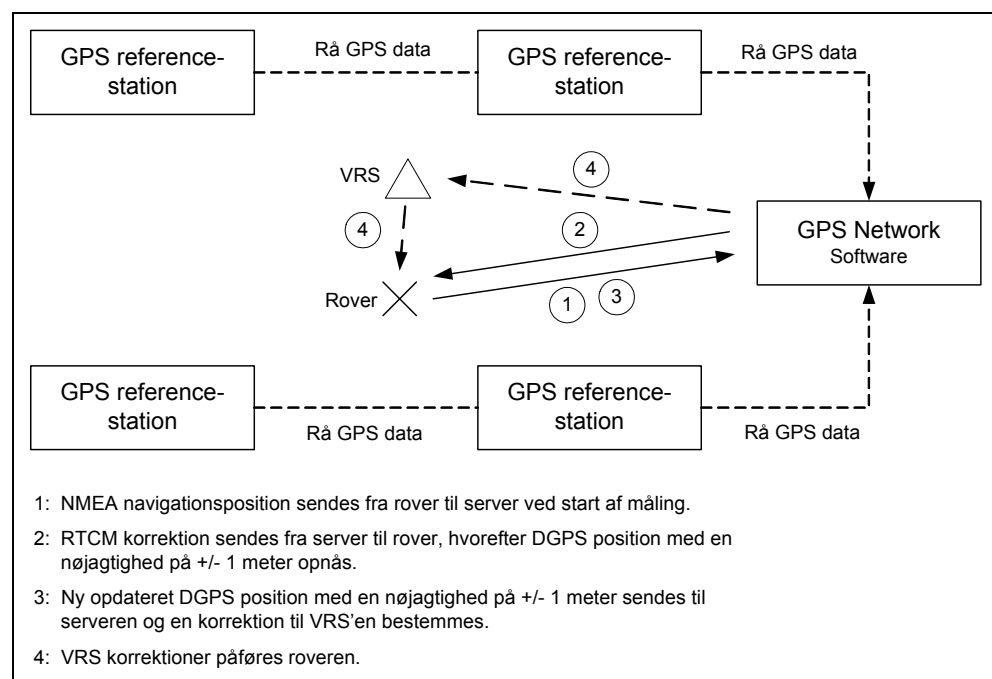
Inden kontrolcenteret kan påbegynde overførslen af korrektionsdata, er det nødvendigt at roverens omtrentlige position er kendt.

---

<sup>13</sup> Ultrahurtige efemerider (ultra rapid orbits) er præcise banebeskrivelser, der er baseret på kontinuerte målinger i IGS-stationer [Dueholm og Laurentzius, 2002], som udgør det internationale net af permanente referencestationer.

Indledningsvist kalder roveren kontrolcenteret op vha. et GSM datamodel og sender den omtrentlige position (med en nøjagtighed på ca. 5 meter [Andersen og Andersen, 2001]) til kontrolcenteret i standardformatet NMEA<sup>14</sup>. Kontrolcenteret efterser at positionen ligger inden for nettets dækningsområde og beregner korrektionsdata i RTCM formatet, der herefter sendes til roveren. Ud fra de indkomne korrektionsdata beregner roveren en forbedret DGPS position med en nøjagtighed inden for +/- 1 meter, der sendes til kontrolcenteret. Denne nøjagtighed er tilstrækkelig for en interpolation af de systematiske fejlbidrag fra atmosfæren og efemeriderne og den fremsendte DGPS position anvendes til frembringelsen af en virtuel referencestation (VRS). Efterfølgende overføres korrektionsdata ud fra VRS'ens position i RTCM formatet fra kontrolcenteret til roveren, som kom de fra en nærliggende referencestation [Landau].

Princippet ved anvendelsen af VRS er illustreret vha. figur 3.7.



**Figur 3.7: VRS princippet illustreret på diagramform [Andersen og Andersen, 2001, s. 32].**

<sup>14</sup> Udviklet af National Marine Electronics Association – indeholder data såsom positioner, klokkeslæt, hastighed, synlige satellitter, nøjagtighed og DOP-værdier [Dueholm og Laurentzius, 2002].

### 3.4.3 RTK-tjenesternes nøjagtighed

KMS står for at opmåle og beregne de grundlæggende koordinater for både GPS-Referencen og GPSnet.dk, ved at modtage data fra de to tjenesters referencestationer og supplere med samtidige målinger i styrelsens egne permanente referencestationer. Koordinaterne, der tilsammen udgør rammen for positionsbestemmelsen i hele landet, beregnes således på baggrund af et solidt datasæt. For at sikre konsistensen i referencen foretager KMS månedlige kontrolberegninger af GPSnet.dk's koordinater, mens GPS-Referencen bliver kontrolberegnet årligt. Internt gennemgår referencestationerne herudover en løbende kontrol, og på GPSnet.dk's hjemmeside er det ligeledes muligt at se driftsmeddelelser for referencestationerne.

Ved en opkobling til RTK-tjenesternes referencestationer oplyser begge tjenester, at positionsbestemmelsen kan ske med en nøjagtighed på få cm. Mere specifikt opgiver GPS-Referencen, *at nøjagtigheden i planen er bedre end en spredning på 1-1,5 cm op til ca. 10 km fra en basestation og 1,5-2,5 cm mellem 10 og 30 km fra basestationen* [Dueholm og Laurentzius, 2002, s. 97]. GPSnet.dk oplyser, at *den horisontale positions middelfejl er 1 cm og den vertikale middelfejl er bedre end 2 cm* ved anvendelsen af tjenestens VRS [GPSnet.dk3].

#### KMS test

KMS udførte i samarbejde med Rådet fire tests af de to RTK-tjenester i efteråret 2000 og i midten af 2001. Der er efterfølgende blevet udarbejdet en rapport, der samlet beskriver erfaringerne herved og sammenligner de to tjenesters forskellige målemetoder og nøjagtigheder i åbent land og i byområder, hvor de fire tests blev udført (to tests i åbent land og to tests i byområde). Rapporten er tilgængelig world wide web: [Villadsen og Madsen, 2002], men der vil i dette afsnit blive vist uddrag fra rapportens opsummering af de fire test.

I det åbne land blev 16 godt bestemte fikspunkter besøgt over flere dage, hvor der ved hvert besøg blev foretaget koldstart, initialisering og én indmåling. Dette skulle sikre uafhængighed ved sammenligningen mellem de officielle koordinater og de GPS målte koordinater i EUREF89.

I byområde blev der kun sammenlignet koter, hvilket blev gjort på baggrund af en række kloakbrønde. Kloakbrøndene blev indmålt minimum to gange vha. tjenesterne og sammenlignet med nivellerede koter.

Ved afprøvningen af GPS-Referencens system viste dette sig at være meget effektivt på korte afstande, med en kort opstartstid og stabil initialisering på trods af dårlige modtageforhold.



GPS-net.dk udmærkede sig ved at holde en stort set landsdækkende ensartet god nøjagtighed (specielt plannøjagtighed).

### Tests i åbent land

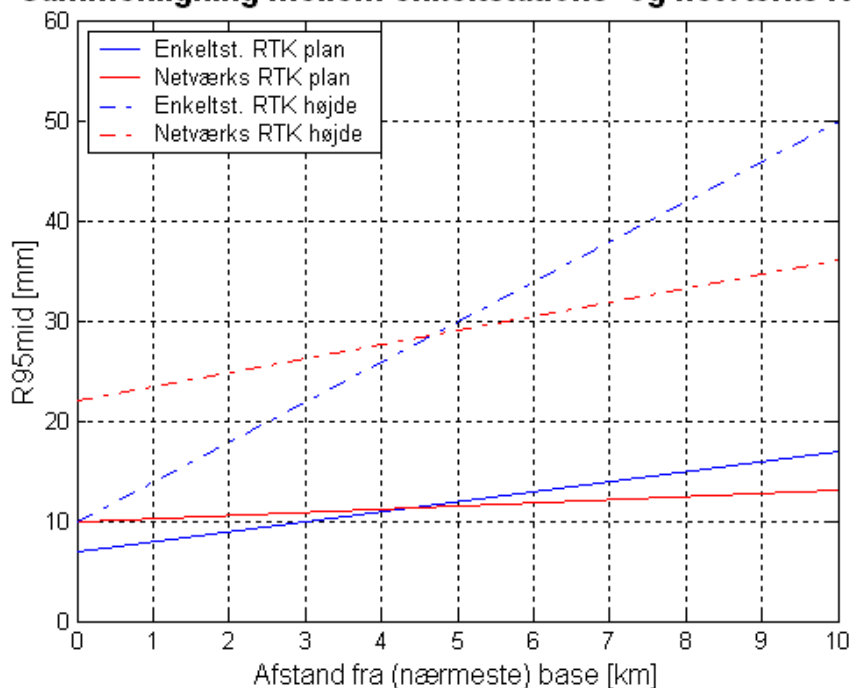
Erfaringerne med de to systemers nøjagtighed i åbent land er sammenholdt i tabel 3.2 hvor nøjagtighederne er angivet ved  $1.96\sigma$  ( $R95_{mid}$ ), hvilket svarer til at 95 % af målingerne ligger inden for en cirkel med denne radius. I bilag 3 er opstillet formler for henholdsvis  $\sigma$  og RMS, samt illustrationer af forskellen på nøjagtighed og præcision.

| $R95_{mid}$          | Grundfejl (mm) |       | Afstandsafhængig fejl (ppm) |       |
|----------------------|----------------|-------|-----------------------------|-------|
|                      | Plan           | Højde | Plan                        | Højde |
| Enkelstations<br>RTK | 7              | 10    | 1                           | 4     |
| Netværks<br>RTK      | 10             | 22    | 0,3                         | 1,4   |

**Tabel 3.2: Ekstrakt fra de to rapporter vedrørende RTK i åbent land [Villadsen og Madsen, 2002, s. 6].**

Til en bedre illustration af de to tjenesters afstandsafhængige fejl, fremstilles tabel 3.2 ligeledes vha. nedenstående figur.

### Sammenligning mellem enkeltstations- og netværks RTK



**Figur 3.8: Sammenligning af enkeltstations RTK og netværks RTK [Villadsen og Madsen, 2002, s. 7].**

Som det fremgår af ovenstående figur, er der en nøjagtighedsforskel mellem de to tjenester afhængigt af afstanden til nærmeste referencestation. Skæringspunktet ligger mellem 4 og 5 km, hvor GPS-Referencen er bedst på kortere afstande og GPSnet.dk udmærker sig på distancen, men resultatet afhænger af forhold som instrumentering, sidelængden i det aktuelle netværk og atmosfæriske forhold på måletidspunktet [Dueholm og Laurentzius, 2002].

#### Tests i byområde

Ved den ene test af de to tjenester i byområde var det ikke muligt at overføre resultaterne til et billede af den landsdækkende nøjagtighed.

Ved den anden test antydede koterings af kloakbrøndene at nøjagtigheden er ca. 1,5 gange lavere ved måling i byområde end ved måling i åbent land. Dette skyldes, at satellitdækningen i byområder er dårligere og, at der hér vil være en stærkere indflydelse af multipath. Derudover var det i visse tilfælde ikke muligt at indmåle kloakbrøndene vha. GPS pga. deres beliggenhed.

**Testens kvalitet**

Udstyret, der blev anvendt til indsamling af målingerne, er med forældet firmware, og desuden havde KMS på det pågældende tidspunkt ikke fastlagt koordinaterne til referencestationerne i GPSnet.dk endeligt [Dueholm og Laurentzius, 2002].

Testens resultater giver derfor ikke et pålideligt billede af de nøjagtigheder tjenerne kan yde landsdækkende, men resultaterne giver et fingerpeg om forskellen mellem de to tjenester, herunder indflydelse af den afstandsfhængige fejl.

Rådet oplyser på deres hjemmeside at de to tests i åbent land skulle gentages i løbet af 2002, men p.t. (juni 2003) foreligger der endnu ikke resultater af dette [Rådet 3].



# Kapitel 4

## PROBLEMFORMULERING

*Problemformuleringen skal ses som koblingen mellem foranalysen og hovedanalysen.*

*Med udgangspunkt i den initierende problemstilling, er der gennem foranalysen blevet belyst de forskellige emneområder som projektgruppen finder relevante i forbindelse med de overvejelser, der skal tages i betragtning ved en fremtidig ændring af reglerne omkring den matrikulære måling.*

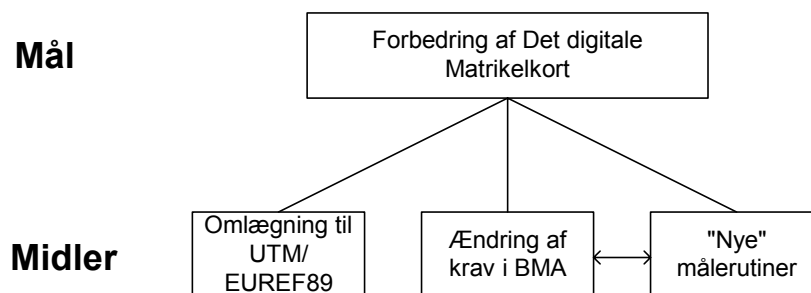
*Problemformuleringen har derfor som formål, at få opstillet spørgsmål som projektgruppen har fundet centrale at få besvaret, på baggrund af den vidensindsamling, der er opnået i forbindelse med arbejdet med foranalysen og gennem synspunkter fra eksterne kilder, i forbindelse med emnet "GPS til matrikulær måling".*



På baggrund af foranalysen er der dannet den baggrundsviden og det fundament, der er nødvendigt for at behandle emnet ”GPS til matrikulær måling”, og dermed et grundlag for at få opstillet de problemstillinger, der vil blive taget op i hovedanalysen.

I afsnit 3.2 fremgik de gældende paragraffer vedrørende indmåling af skel samt fikspunkttilknytning. § 29 i BMA omhandler reglen om lokal fikspunkttilknytning, og det er den regel, der efter projektgruppens opfattelse skal ændres, for at opnå et matrikelkort, der besidder nogle gode absolutte koordinater, således at det i fremtiden med fordel kan anvendes som GIS-kort. Ændringen må derfor bygges op omkring, at GPS-teknologien er til rådighed. Ønsket om et bedre matrikelkort er et overordnet ønske, og hvordan det så skal opnås, må man se på efterfølgende.

Produktet er matrikelkortet. Det er et krav, at matrikelkortet skal have en bedre absolut nøjagtighed, således at det, udover at danne grundlag for den ejendomsretlige proces, er velegnet til brug som GIS-kort. Herefter er der så set på hvilke midler, der er til rådighed for at opnå en forbedring, hvilket kan illustreres ved nedenstående figur 4.1.



**Figur 4.1: Projektets mål samt de midler der anvendes til at opnå målet.**

Rapporten tager afsæt i, at matrikulære målinger skal tilknyttes net, hvis koordinater er bestemt på baggrund af REFDK-nettet. Hvilken metode, der anvendes til selve skelmålingen, afhænger af situationen og skal være op til den enkelte, blot kravet overholdes. Målingerne skal dog overholde en nærmere bestemt kvalitetssikring (herunder en vis nøjagtighed), som vil blive fastlagt i rapportens følgende del.

Fremkomsten af de to danske RTK-tjenester: GPS-Referencen og GPSnet.dk er den primære årsag til, at diskussionen vedrørende fornuftigheden om den lokale fikspunkttilknytning tages op netop nu. Med disse tjenester opererer man med to meget nøjagtige landsdækkende referencenet (koordineret i EUREF89), hvorpå man kan opkoble sig overalt i landet. Det er derfor muligt at gå ud med en enkelt GPS-modtager og måle med en absolut nøjagtighed på cm-niveau.

Endvidere står man overfor en omlægning fra System 34/DNN til System 2000, som først og fremmest er blevet aktuel i forbindelse med brugen af GPS, da der derved vil være direkte sammenhæng mellem punkter opmålt i marken, og det der fremkommer på kortet uden yderligere tab af nøjagtigheden, end det der skyldes projektionen.

Matrikelkortet står således over for en implementering af System 2000, ved at det omlægges fra System 34 til UTM/EUREF89. I den forbindelse fjernes nogle af de lokale spændinger, der er i det gamle fikspunktnet, og kortet vil ligge i et system, der bygger på GPS-teknologien. Det kunne i samme henseende være passende med en revision af bestemmelserne omkring den matrikulære måling, så kortet med tiden vil besidde den nøjagtighed, som modsvarer nutidens teknologi.

Projektgruppens overordnede krav er, at reglerne omkring skelmåling i BMA revideres, så de bygges op med henblik på GPS og det nye referencesystem og -net. Når først omlægningen af matrikelkortet er foretaget, og BMA er blevet fornyet, er der gjort de tiltag, som er mulige i dag for at gøre matrikelkortet så godt absolut som realistisk muligt. Målet med indeværende projekt er, at fremkomme med en vejledning til, hvordan den matrikulære måling skal forløbe i fremtiden og dermed et forslag til en paragraf-ændring uden dog at opstille en decideret paragraf.

Det overordnede spørgsmål til projektets hovedanalyse lyder derfor således:

*Hvordan skal den matrikulære måling forløbe i fremtiden?*

Ved en ændring af reglerne, vil der naturligvis være en del faktorer, der spiller ind, og som skal være på plads og undersøgt nøje inden ikrafttrædelsen. Som udgangspunkt har projektgruppen valgt at slette § 29 i BMA, da den retter sig mod den lokale fikspunkttilknytning og –etablering, som netop er kernen i projektet. Denne ophævelse vil derved også automatisk indvirke på andre paragraffer – bl.a. § 28 omhandlende indmåling af skel.

For at kunne udarbejde en sådan vejledning, kræver det besvarelse af en række spørgsmål, som berører de forskellige emneområder, der blev behandlet i foranalysen. Disse spørgsmål er formuleret efterfølgende:



**Uddybende spørgsmål:**

- Hvilket nøjagtighedskrav skal der sættes til målingerne?

Der er i den nuværende udformning af BMA ikke angivet et nøjagtighedskrav til målingerne i form af en punktspredning. Projektgruppen ønsker med den nye udformning, at der fastsættes et nøjagtighedskrav, da målet er, at landinspektørerne, gennem deres målinger, skal sikre en høj ensartet nøjagtighed i matrikelkortet.

- Hvordan sikres en pålidelig systemtilknytning?

Målingerne skal fremover tilknyttes punkter, der er målt og koordineret i EUREF89. Med tiden vil flere og flere punkter være målt i det system, men ikke alle med samme kvalitet, der må derfor sættes nogle retningslinier angående systemtilknytningen.

- Hvilke krav vil en ny bestemmelse sætte til landinspektøren?

En ny type matrikulær måling vil sætte andre krav til landinspektøren, da bestemmelsen netop skal bygges op omkring den nuværende teknologi. Alle landinspektører har dog ikke GPS, og der må tages stilling til, hvorvidt der skal tages højde for det i de nye retningslinier.

- Hvor meget skal indmåles?

I BMA § 28 er der som bekendt krav om, at der ved en skelmåling skal indmåles nogle faste terrængenstande for senere at kunne genafsætte skelet. Det er et spørgsmål, om det fremover skal være nødvendigt at indmåle andre faste terrængenstande, da det ikke umiddelbart vil være nødvendigt ved GPS-måling, hvor den absolutte koordinat kan afsættes direkte. Derudover vil der være diskussionen om, hvor meget der skal indmåles udover selve sagen, for at få et bedre tilpasset skelbillede. Samtidigt er der jo ingen rimelighed i at fordyre den aktuelle sags omkostninger, som jo egentlig er tilfældet i dag.

- Hvordan skal målingerne kvalitetssikres?

Da projektgruppen ønsker, at fremtidens matrikelkort besidder en god og ensartet kvalitet, er det vigtigt at målingerne sikres mht. nøjagtighed og pålidelighed. Nøjagtigheden skal, som førnævnt, fastsættes gennem et krav, men pålideligheden i målingen vil være ligeså vigtig, da de nye skelkoordinater i matrikelkortet sammenholdt med forholdene i marken vil være de juridisk gældende. Man skal derfor kunne stole på den koordinat, der ligger i matrikelkortet.

- Kan de to RTK-metoder (enkeltstations- og netværks RTK) ”behandles” ens?

Som det ses i afsnit 3.4 fungerer de to metoder på hver deres måde, og der er, specielt ved enkeltstations RTK, en afstandsafhængig fejl, der skal tages højde for. Man vil derfor måle med varierende nøjagtighed alt efter, hvor man befinder sig i landet. Der skal derfor tages stilling til, hvorvidt begge RTK-tjenester vil kunne overholde det fastsatte nøjagtighedskrav overalt i landet. Der kræves derudover en stillingstagen til, om der skal bruges ressourcer på sikring mod grove fejl ved brug af tjenesterne, eller om pålideligheden her er tilstrækkelig.

- Hvordan skal indlægningen i matrikelkortet foregå?

Der vil komme en ny type skelpunkter i matrikelkortet, som vil være have en overlegen absolut nøjagtighed sammenlignet med de eksisterende punkter i kortet. Man vil sandsynligvis her komme ud for store uoverensstemmelser i skelbilledet, og der må tages en stilling til, hvordan det eksisterende skelbillede skal indrette sig efter de nye målinger (kortilpasning/-opretning). Ligeledes vil omfanget af en kortopretning skulle overvejes. Når først der er påbegyndt kortopretning i et område, skal dette fortsættes, hvilket efter al sandsynlighed skal være landinspektørens job, men i hvor stort et omfang?

- Hvordan skal målingernes kvalitet komme til udtryk i matrikelkortet?

De ”nye” skelpunkter adskiller sig fra de nuværende i matrikelkortet ved, at de besidder en overlegen nøjagtighed. Disse skal fremover have en særlig status i matrikelkortet, og det er et spørgsmål, hvordan disse informationer skal komme til udtryk i matrikelkortet. Der vil således fremstå et nyt skelhierarki i matrikelkortet, hvor det skal gøres klart, hvordan de forskellige koordinater må håndteres.

Hermed er problemformuleringen for projektet opstillet, således at grundlaget for den kommende hovedanalyse er på plads.

# Kapitel 5

## HOVEDANALYSE

*Hovedanalysen består af det essentielle i projektet, nemlig hvordan projektgruppen kunne forestille sig den matrikulære måling skal forløbe fremover samt, hvordan ajourføringen i matrikelkortet skal ske.*

*Kapitlet vil være bygget op omkring underspørgsmålene i problemformuleringen, således vil der indledningsvist blive defineret et nøjagtighedskrav samt argumentation for dette valg. Herefter behandles tankerne for den egentlige måleprocedure og hvordan denne skal kvalitetssikres. Sidste del af kapitlet omhandler projektgruppens idéer til de nye målingers indlægning i matrikelkortet samt respekten omkring deres kvalitetsstatus, og hvordan denne skal fremtræde i matrikelkortet.*



## 5.1 OVERORDNEDE KRAV TIL MÅLEPROCEDURE SAMT EFTERBEHANDLING

Projektets overordnede ønske er, at få fastlagt nye måleprocedurer til forbedring af den absolutte nøjagtighed i matrikelkortet. Problemformuleringen havde til formål at samle op på foranalysen samt ligge op til hovedanalysen, der har til formål at fastlægge de nye måleprocedurer, som projektgruppen forestiller sig dem. Det følgende er derfor projektgruppens idéer og forslag til måleprocedure og efterbehandling.

Udgangspunktet for hovedanalysen er, at matrikelkortet *er* omlagt til UTM/EUREF89. Omlægningen til EUREF89 medfører en række betragtninger og visioner samt vurderinger af problemområder, der vil blive gennemgået i dette kapitel.

Ved stillingtagen til en ny opmålingsprocedure til matrikulær måling er det nødvendigt, at få fastsat nogle regler, så de nye målinger kan kvalitetssikres i en sådan grad, at de besidder en høj nøjagtighed og pålidelighed og derigennem opnå et forbedret og troværdigt matrikelkort. I den forbindelse rejser sig endvidere spørgsmålet om, hvor meget der skal være regelsat – altså hvor stort et ”spillerum” den enkelte land-inspektør skal have, samt om det stadig skal være en nødvendighed at indmåle faste terrængenstande for at sikre målingen yderligere lokalt.

For at besvare ovenstående spørgsmål, tages der afsæt i de forgående undersøgelser. Ud fra den indsamlede viden gennem foranalysen har projektgruppen kunne formulere en række spørgsmål i problemformuleringen, som ligger til grund for indholdet af hovedanalysen. Grundlæggende ønskes en række overordnede krav til måleprocedurer, efterbehandling og informationer i bestræbelserne på et bedre matrikelkort:

- Et nøjagtighedskrav
- Systemtilknytning til EUREF89
- Direkte indlægning i matrikelkortet
- Sikring mod grove fejl
- Skel skal kunne genafsættes
- Flere informationer tilknyttet skelpunkter i matrikelkortet
- Attributter tilknyttet til alle skelpunkter i matrikelkortet
- Hierarkisk orden af skelpunkter

De opstillede krav betragtes af projektgruppen som værende helt essentielle i forbindelse med de betragtninger og vurderinger, der skal gøres i henhold til omlægningen af matrikelkortet, og vil derfor danne grundlaget for den videre hovedanalyse, herunder opbygningen af denne.

## **5.2 DEFINITION OG FASTSÆTTELSE AF NØJAGTIGHED**

Inden selve gennemgangen af forslag til ny måleprocedure vil dette afsnit forsøge at klarlægge hvad der forstås ved absolut og relativ nøjagtighed i denne sammenhæng samt fastsætte et mål for den absolutte nøjagtighed af de nye målinger, da dette er vigtigt at få fastlagt inden behandlingen af måleproceduren.

Der skal skelnes mellem den absolutte og den relative nøjagtighed i matrikelkortet. Ved absolut forstås i denne sammenhæng i forhold til et overordnet landsdækkende 3D GPS-etableret net, som repræsenterer EUREF89 på jorden. Fikspunkterne i dette net er ikke fejlfrie (den beregnede spredning på de enkelte punkter i planen er, som beskrevet i afsnit 3.3.2 på få mm), men usikkerheden er så lille, at der kan ses bort fra den ved matrikulære målinger. Disse punkter forudsættes derfor at definere den præcise absolutte position.

Den relative nøjagtighed er et udtryk for nabonøjagtighed eller sammenhængen mellem lokale målinger.

Projektgruppen ønsker med den nye måleprocedure at forbedre den absolutte nøjagtighed i matrikelkortet, mens den gode relative nøjagtighed skal bevares. Det er således stadig den relative nøjagtighed, der er vigtigst i den matrikulære proces, men ved en forbedret absolut nøjagtighed vil matrikelkortet også være anvendeligt i andre sammenhænge (fortrinsvis til GIS-brug), som det blev beskrevet i indledningen. Ved at alle punkter tildeles en god absolut nøjagtighed, vil der samtidigt opnås en god relativ nøjagtighed. De afgørende faktorer for at forbedre kortets absolutte nøjagtighed er selve systemtilknytningen og de hertil anvendte målemetoder, men før end dette fastlægges, er det nødvendigt at have opstillet et retningsvisende krav til nøjagtigheden.

### **5.2.1 Fastsættelse af nøjagtighedskrav**

En af de indledende baggrunde for ønsket om en forbedring af den absolutte nøjagtighed i matrikelkortet er, at der ved sammenstillingen med andre digitale kortværker vil forekomme færre uoverensstemmelser. Udgangspunktet for fastsættelsen af en generel nøjagtighed i matrikelkortet, der herefter vil danne rammen for de øvrige opstillede krav, er følgelig, at der skal opnås en nøjagtighed modsvarende de omtalte

kortværker. Da kortværkerne almindeligvis har en fotogrammetrisk herkomst, vil der i kortene kunne opleves plane nøjagtigheder bedre end 10 cm (spredningen, TK3-standard [Brandt-Lavridsen, 1997]). Ved sammenstillingen med disse kortværker er det derfor indledningsvist påkrævet, at matrikelkortet ligeledes skal kunne overholde en nøjagtighed på minimum 10 cm.

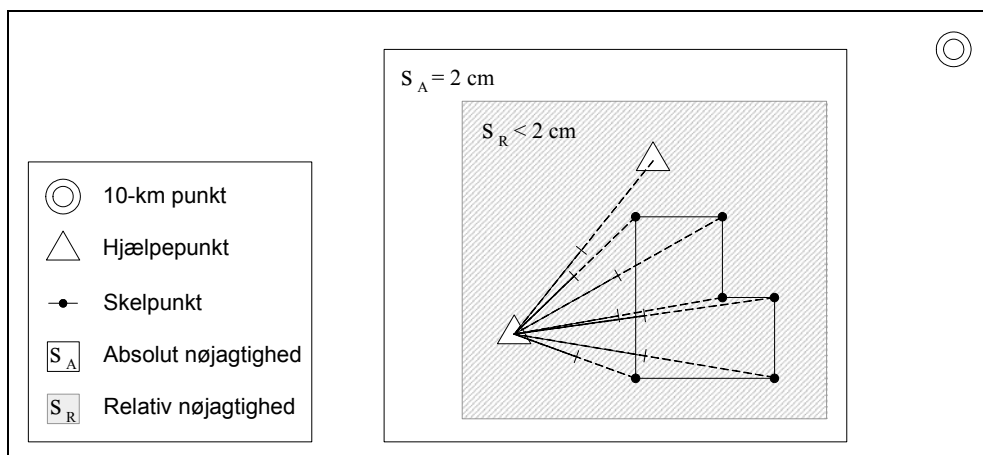
Med anvendelsen af GPS i dag er det muligt at opnå helt andre nøjagtigheder på et landsdækkende plan, jf. afsnit 3.4.3, hvor den plane spredning ud fra foreliggende tests samt erfaringer med brugen af RTK med rimelighed kan anslås til at ligge et sted mellem 1-3 cm. Matrikulært set er det udelukkende skelpunkternes plane position, der er interessant, hvorfor det er denne, der relateres til i det videre forløb.

Fastsættelsen af et krav til målingernes nøjagtighed afhænger ikke alene af, hvad der er muligt at opnå ved brugen af en bestemt teknologi. Det omfatter også en afvejning af, hvad der rimeligt at forvente og kræve i henhold til, at målingerne foretages i overensstemmelse med ”god opmålingsskik” og ikke mindst gældende forhold.

Som nævnt er systemtilknytningen en af de væsentligste faktorer for en god absolut nøjagtighed, hvor målingerne i dag knyttes til de eksisterende GI- og MV-fikspunkter. I GI-nettet, som er koordineret i System 34 samt UTM/ED50, skønnes nøjagtigheden at være på 1-2 cm over 1-2 km (nabonøjagtigheden), mens nøjagtigheden over længere afstande er betydeligt ringere [Madsen, 2001]. Det samme gælder MV-nettet, hvis nabonøjagtighed ikke kan forventes bedre end 1-6 cm [Jensen, 2003] og i nogle tilfælde dårligere. Med andre ord har det hidtil været opmålingsmæssigt og matrikulært acceptabelt at arbejde med de nøjagtigheder, som var mulige at opnå ved tilknytning til GI-/MV-nettet, hvilket svarer til en anslået gennemsnitlig spredning for skelpunkterne på 2-3 cm. Dette er ligeledes i overensstemmelse med [Ramhøj, 1999, s. 23] omhandlende matrikulær sagsudarbejdelse og måling: *I almindelighed må de indmålte punkter derfor fastlægges med en nøjagtighed på få cm.* De her angivne nøjagtigheder er dog et udtryk for en opnåelig lokal nøjagtighed, da de store netspændinger i fikspunktnettet bevirker, at nøjagtigheden vil være betydeligt dårligere ved sammenholdelse af flere ”lokale” områder imellem.

Efter omlægningen af matrikelkortet til UTM/EUREF89 skal systemtilknytningen ske i forhold til et landsdækkende 3D GPS-etableret fikspunktnet. Med anvendelsen af GPS vil det herefter være muligt at holde nøjagtigheden af systemtilknytningen på få cm – den landsdækkende absolutte nøjagtighed vel at mærke – og med afsæt i det hidtidige acceptable niveau, må dette siges at være mere end tilfredsstillende. Under hensyntagen til den nutidige teknologi, de matrikulære målingers hidtidige og fremtidige anvendelse, hvad der må kunne forventes at være muligt at opnå og rimeligt at kræve, vælger projektgruppen at fastsætte punktspredningen på **2 cm**.

Det er i denne sammenhæng vigtigt at understrege, at der fortsat skelnes mellem absolut og relativ nøjagtighed. Ved systemtilknytning vha. GPS vil resultatet af den matrikulære måling være, at de implicerede punkter har samme absolutte nøjagtighed med en punktspredning på 2 cm, mens den relative nøjagtighed punkterne imellem sandsynligvis vil være bedre, da GPS-målinger foretaget umiddelbart efter hinanden er korrelerede (mere om det i afsnit 5.5.4), og måling med totalstation etc. typisk vil besidde en høj nøjagtighed. Dette forhold mellem absolut og relativ nøjagtighed ved en matrikulær måling er illustreret ved et tænkt eksempel i figur 5.1.



**Figur 5.1:** Til en matrikulær sag, måles de viste skelpunkter ind med en totalstation, der systemorienteres ud fra to GPS-indmålte hjælpepunkter. I forhold til det nationale referencenet, hér angivet ved et 10-km punkt, vil alle punkterne have en absolut (anslået) nøjagtighed på 2 cm grundet systemtilknytningen vha. GPS. Da selve indmålingen af skelpunkterne bliver foretaget med en totalstation, hvor de systematiske fejl (under hensyntagen til opmålingens geometri) er lave, vil den relative nøjagtighed derfor være bedre end den absolutte. Skelpunkterne er her angivet med en sort dulle for at skelne mellem "gamle" skelpunkter og skelpunkter indmålt i EUREF89 (se afsnit 5.8).

De 2 cm er et regulært krav, men projektgruppen forudser dog, at det i visse enkeltstående situationer kan være problematisk at overholde den fastsatte nøjagtighed. Projektgruppen har selv erfaret problemer i tæt bebyggede områder, hvor målingerne præges af en dårlig satellitgeometri (høje PDOP-værdier), som vil påvirke nøjagtigheden af positionsbestemmelsen negativt. Denne faktors indflydelse er ikke klarlagt, hvorfor det vil være svært at forudsige den præcise forringelse af nøjagtigheden, men projektgruppen anser fastsættelsen af et overordnet krav for vigtigere. Projektgruppens opfattelse er, at omhu er nøgleordet i forbindelse med at holde en spredning på 2 cm ved systemtilknytningen, og at nøjagtigheden i hovedparten af tilfældene kan holdes. Bevæggrunden for projektet er, at der skal opnås en høj absolut



nøjagtighed i *hele* matrikelkortet, hvorved det ville repræsentere den matrikulære situation, som den kan måles i marken, og fastsættelsen af de 2 cm er ligeledes præget af dette ønske. Det synes ikke hensigtsmæssigt, at lade enkeltstående tilfælde præge fastsættelsen af en fejlgrænse, da denne grænse utvivlsomt vil influere den enkelte landmålernes tankegang under planlægningen og udførelsen af de matrikulære målinger, hvorfor løsningen på problemet skal findes andetsteds. For at imødegå tænkelige situationer, hvor det ikke er muligt at overholde nøjagtighedskravet, skal der i regelsættet derfor indgå muligheden for at matrikelmyndigheden kan give dispensation i henhold til nærmere fastsatte retningslinier. Denne dispensation skal baseres på et solidt fundament i form af en entydig identifikation af specifikke problemområder (nøjagtighedstest foretaget for sådanne områder) og vil afhænge af, at retsforholdene for den enkelte ejendom ikke krænkes og målingernes derfor sikres på anden vis (mere herom i afsnit 5.4.2).

Efter fastsættelsen af nøjagtighedskravet følger herefter kravene til selve måleproceduren i marken, som netop er fastlagt på baggrund af ovenstående.

### 5.3 SYSTEMTILKNYTNING

Det overordnede krav for en matrikulær måling skal i fremtiden være, at den er tilknyttet et 3D GPS-net koordineret i EUREF89. Hvordan dette krav så skal opfyldes skal være op til den enkelte landinspektør. Målingen skal tilknyttes et af følgende tre net:

- 10-km nettet
- GPSnet.dk
- GPS-Referencen

Det er intet krav, at man skal abonnere på en RTK-tjeneste blot man knytter sin måling op på 10-km nettet. Det er således op til den enkelte landinspektør at bestemme, hvordan og ud fra hvilken målemetode tilknytningen til et af ovenstående tre net skal ske. Set fra et økonomisk perspektiv forudsætter anvendelse af RTK-tjenesterne: abonnement, opkaldsafgift og én GPS-modtager, hvorimod anvendelse af 10-km nettet forudsætter: to GPS-modtagere samt en ekstra investering i tid pga. opstilling af egen referencestation. Angående opmålingsmetoden ønskes ikke fastsat en specifik regel om, at opmålingen *skal* foretages med GPS, blot skal den førnævnte oplyste nøjagtighed overholdes. Umiddelbart er det dog svært at se, at andre målemetoder kan svare sig til den overordnede systemtilknytning. Fremtiden ligger uden tvivl i GPS og efter projektgruppens formodning, har de fleste landinspektører efterhånden også en GPS-modtager eller har adgang til en, da de er nede i en pris (ca. 150.000 kr.), hvor de fleste firmaer kan være med. Endvidere er udgiften for en GPS-

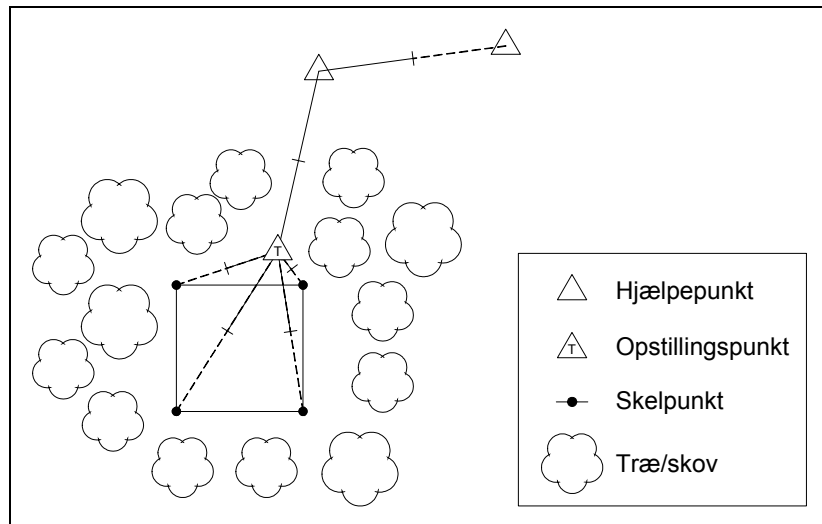
modtager i dag langt lavere, end hvad firmaerne førhen har måtte investere for en totalstation. Der bør derfor ikke tages yderligere hensyn for firmaer, som endnu ikke anvender GPS i bestræbelserne på at opnå et bedre matrikelkort, da reglerne netop skal bygges op omkring den nye teknologi.

En stor del af GI-punkterne er blevet opmålt i forbindelse med omlægningen af matrikelkortet til UTM/EUREF89 og dermed blevet nykoordineret i EUREF89, hvorfor de besidder en god absolut nøjagtighed. Disse punkter indgår fremover i 10-km nettet. Fællespunkterne, som er koordineret i såvel System 34 som EUREF89, danner grundlag for polynomietransformationerne af matrikelkortet til UTM/EUREF89, som beskrevet i afsnit 3.3.4. Efter transformationen vil alle punkter være koordineret i UTM/EUREF89, men GI- og MV-punkterne, der ikke er transformeret over, vil stadig have en dårlig nøjagtighed (jf. afsnit 3.3.4) sammenlignet med punkterne i 10-km nettet, hvorfor de ikke må anvendes som referencegrundlag for en matrikulær måling, der skal besidde en absolut nøjagtighed på 2 cm.

Ved retablering af gamle skel vil GI- og MV-punkterne, udover de faste terrængenstande, stadig have en relation til de dertilhørende måleblade, da der ved en transformation af koordinater fra System 34 over i EUREF89 ikke opnås en absolut god nøjagtighed, og i denne sammenhæng er de gamle fikspunkter vigtige. Økonomisk set skal der i fremtiden ikke bruges ressourcer på at vedligeholde GI- og MV-nettet, men grundet deres anvendelighed ved retablering af skel, skal punkterne dog forblive i marken, hvorfor der omvendt ikke skal bruges ressourcer på at nedlægge det gamle fikspunktnet.

### **5.3.1 1. og 2. gangs punkter**

Efterhånden som der bliver foretaget opmålinger med tilknytning til det nye referencenet, vil flere og flere skelpunkter være bestemt med en god kvalitet. Disse skelpunkter kan være bestemt ved direkte GPS-indmåling i punkterne eller indirekte ved supplerende terrestriske målinger udfra andre GPS-etablerede punkter (fremover kaldet hjælpepunkter) jf. figur 5.2 – naturligvis under hensyntagen til nøjagtighedskravet på 2 cm.



**Figur 5.2: Eksempel på indirekte GPS-indmåling: En totalstation opstilles i et hjælpepunkt og med udgangssigte til et andet hjælpepunkt, etableres et nyt opstillingspunkt til totalstationen, hvorefter skelpunkterne kan indmåles og hermed systemtilknyttes.**

Hvorvidt disse punkter (1. gangs punkter) efter registrering og indlægning i matrikelkortet må danne systemgrundlag for en følgende uafhængig måling (2. gangs punkter) har været til diskussion i projektgruppen. Det kunne komme til udtryk i områder, hvor det mest fordelagtige ville være, at opstille sin totalstation og bestemme dens position ud fra et antal 1. gangs punkter. Hvis dette skal være tilladt, skal det da også være tilladt at tilknytte sig 2. gangs punkter og så fremdeles? Resultatet af diskussionen er blevet, at matrikelkortet i fremtiden skal besidde to typer ”nye skelpunkter”: 1. og 2. gangs punkter, således at man har 1. gangs punkter, der ved sammenhængende målinger er knyttet til et af førnævnte tre net (primær systemtilknytning) og 2. gangs punkter, der er knyttet op på 1. gangs punkter (sekundær systemtilknytning). På grund af fejlforplantningen skal det ikke være muligt at foretage systemtilknytning på grundlag af 2. gangs punkter, men de kan anvendes som en kontrol mod grove fejl. En egentlig fejlforplantning vil dog være svær at forudsige, da det afhænger af instrument, målemetode og geometri brugt til indmåling af henholdsvis 1. og 2. gangs punkterne. Der vil således kunne opstå tilfælde, hvor 2. gangs punkter er bedre bestemt end 1. gangs punkter, og der vil ligeledes kunne opstå situationer, hvor man vil opnå en bedre geometri ved at bestemme sin opstilling ud fra 2. gangs punkter frem for 1. gangs punkter, men det ses som en nødvendighed at fastsætte en generel grænse. I bilag 4 er illustreret en række situationer på 1. og 2. gangs punkter.

Reglen om anvendelse af 2. gangs punkter er primært minded på brug af totalstation i områder, hvor dette vil være den mest fordelagtige målemetode. Det udelukker dog ikke måling med GPS, da det også vil være en mulighed med opstilling af referencestation i et 1. gangs punkt. Projektgruppens mening er dog, at man skal tilstræbe 1. gangs punkter i matrikelkortet, og vejledningen til den ændrede BMA skal derfor indeholde retningslinier om, at opstilling af referencestation i et 10-km punkt har første prioritet ved brug af GPS og bør anvendes. En undtagelse kan være, at det påtænkte 10-km opstillingspunkt er optaget, og der findes 1. gangs punkter i nærheden, hvorved det vil være for tidskrævende at køre til et nyt 10-km punkt. Brug af GPS bør derfor som udgangspunkt medføre 1. gangs punkter.

Anvendelse af 1. gangs punkter som systemtilknytning kræver, at de er stabile, hvilket skelrør ikke nødvendigvis kan opfylde, men en vurdering heraf tilfalder landinspektøren, da han ofte ”kender” sine punkter i området. Tilknytningspunkterne (1. gangs punkterne) kan være andet end skelrør, hvis der eksempelvis er foretaget mål til andre terrængenstande så som brønddæksler, søm, brandhaner mv. Problematikken herved er dokumentationen til KMS, som skal kunne acceptere 2. gangs punkter ud fra godkendte 1. gangs punkter. KMS vil umiddelbart kunne kontrollere tilknytning til 1. gangs *skel*punkter, da der ligger information om disse i matrikelkortet. Problemet er andre 1. gangs punkter, som kun landinspektøren har kendskab til, og KMS derfor ikke er i stand til at kontrollere kvaliteten af. Imidlertid må man forvente, at sådanne punkter er godt bestemte og endda bedre veldefinerede end skelrør, hvorfor man må stole på landinspektørens arbejde, om at sikre en pålidelig og nøjagtig måling.

For dog at sikre at KMS kan foretage en overordnet vurdering af, om indmålingen af 2. gangs punkter er sket i overensstemmelse med de udstukne retningslinier, er det projektgruppens forslag, at der formuleres en regel om, at målinger med totalstation minimum skal være knyttet op på to 1. gangs *skel*punkter og måling med GPS minimum skal være knyttet op på et 1. gangs *skel*punkt. Dette medfører dog spørgsmålet, om matrikelkortet skal besidde flere informationer i form af objekter i flere lag, således at øvrige 1. og 2. gangs punkter ville være registreret i matrikelkortet. Denne betragtning diskuteres nærmere i afsnit 7.3

Projektgruppen ønsker dog at fastslå, at accepten af 2. gangs skelpunkter i matrikelkortet i vid udstrækning hænger sammen med en forventning om, at man under målingernes udførelse er agtpågivende over for, at alle skelpunkter skal kunne genaf-sættes ud fra deres koordinater og overholde en spredning på 2 cm. Det skal derfor tilstræbes, at den gode absolutte nøjagtighed, som 1. gangs punkter pr. definition forudsættes at have, så vidt muligt skal overføres til 2. gangs punkter med henblik på, at der ved en senere retablering af skelpunkter ikke skal tages hensyn til de bag-

vedliggende målingers oprindelse. Hermed menes, at der ikke skal være forskellige fremgangsmåder ved en skelretablering, da alle skelpunkter i teorien til enhver tid skal kunne genafsættes ud fra deres koordinater i UTM/EUREF89 og at brugen af 2. gangs punkter, derfor ikke skal give anledning til, at der hersker en unødigt tvivl om et skels faktiske placering i marken grundet en diffus grænse for, hvornår en uoverensstemmelse kan tilskrives en systematisk eller en grov fejl.

Med afsæt i ovenstående skal landinspektøren derfor, ved tilknytning til 1. gangs punkter, have nøjagtigheden for øje, hvad angår geometrien i målingen. Ved brug af totalstation og med en fornuftig geometri vil det således være muligt at opfylde ønsket om, at den gode absolutte nøjagtighed fra 1. gangs punkterne overføres til 2. gangs punkterne, da måling med totalstation besidder en høj relativ nøjagtighed. Hvis der anvendes GPS (gælder kun ved opstilling af egen referencestation) ved tilknytning til 1. gangs punkter, er det dog nødvendigt at være agtpågivende over for andre forhold end netop målingernes geometri.

GPS-måling foregår i tre dimensioner, hvorfor der skal angives en højde til det kendte punkt, hvorover referencestationen opstilles. Det er dog ikke sikkert, at der på forhånd foreligger en højde til det pågældende punkt, hvilket afhænger af, om punktet er indmålt direkte (GPS) eller indirekte. I tilfælde af, at 1. gangs punkterne f.eks. er indmålt med et målebånd ud fra hjælpemålepunkter, vil der ikke nødvendigvis være overført/beregnet en højde, hvorfor højden må bestemmes på anden vis, såfremt punktet skal udgøre referencen. Angives en forkert højde til referencestationen, vil dette influere vektorberegningerne mellem referencestationen og roveren og kan derfor i større eller mindre grad påvirke roverens positionsbestemmelse.

I en test blev indsamlede hurtig statiske målinger beregnet med henblik på, at indikere størrelsen af roverens plane fejlpositionering i UTM/EUREF89 ved en ændring af referencestationens højde. Beregningerne er foretaget på grundlag af en afstand på 1,2 og 2,4 kilometer mellem referencestation og rover.

| Test af højdeangivelsens betydning | Højdeforskel referencestation |         |         |         |
|------------------------------------|-------------------------------|---------|---------|---------|
|                                    | ±2 m                          | ±5 m    | ±20 m   | ±100 m  |
| Planafvigelse rover (1,2 km)       | 0,001 m                       | 0,001 m | 0,004 m | 0,022 m |
| Planafvigelse rover (2,4 km)       | 0,002 m                       | 0,002 m | 0,009 m | 0,046 m |

**Tabel 5.1: Test af ukorrekt højdeangivelse i referencestationen og dennes indflydelse på den plane positionering af en rover.**

Som en ”tommelfingerregel” kan der altså siges, at højdeangivelsen i referencestationen skal passe indenfor få meter, således at indflydelsen på vektorberegningerne minimeres. Såfremt der til et 1. gangs punkt, hvorover referencestationen skal opstilles, ikke forefindes en højde ud fra dets koordinater, vil det være muligt at benytte højdeinformationer fra et topografisk kort eller under opmålingerne benytte referencestationens egen højdebestemmelse.

For at kunne anvende 1. gangs punkter til systemtilknytning må det sikres, at de ikke er fejlbehæftede, som eksempelvis et flyttet skelrør. Det er derfor nødvendigt at sikre sine målinger – både 1. og 2. gangs punkter, således at de besidder en god nøjagtighed og pålidelighed. En generel sikring af skelmålingerne bliver behandlet nærmere i afsnit 5.5. Da punkternes opmålingsgrundlag kan anvendes som et udtryk for kvaliteten, skal oplysninger herom være tilgængelige i matrikelkortet, hvorfor der skal tilknyttes attributter til de enkelte punkter, hvilket vil blive behandlet i afsnit 5.7.3.

### **5.3.2 Etablering af yderligere fikspunkter**

I dag er det muligt, og i visse tilfælde et krav, for den enkelte landinspektør at etablere nye MV-fikspunkter i forbindelse med en matrikulær sag, såfremt disse er kvalitetssikret og veldokumenteret, hvorefter de indsendes til KMS, så de derved indgår i det samlede MV-net. Med revideringen af BMA skal det ikke længere være muligt at oprette yderligere fikspunkter til fortætning af 10-km nettet, da det ses som en unødvendig ekstra omkostning i betragtning af GPS-teknologien, hvormed der kan måles præcist over lange afstande. Etablering af ekstra fikspunkter er selvfølgelig et nøjagtighedsspørgsmål, da nøjagtigheden af en GPS måling er afstandsafhængig. Projektgruppen anser det dog ikke som en fordel, da landet er bredt dækket med fikspunkter/referencestationer, og man ikke vil opleve afstande til fikspunkt/referencestation, der er så lange, at det vil blive et problem nøjagtighedsmæssigt (se afsnit 5.5). Ligeledes vil det kræve ekstra vedligeholdelse.

## **5.4 SKELMÅLINGEN**

Selve skelmålingen kræver overvejelser om, hvordan og ikke mindst hvor meget der skal indmåles. Derudover skal der tages stilling til, hvilke forholdsregler man må gøre sig i marken med henblik på en evt. senere kortopretning.

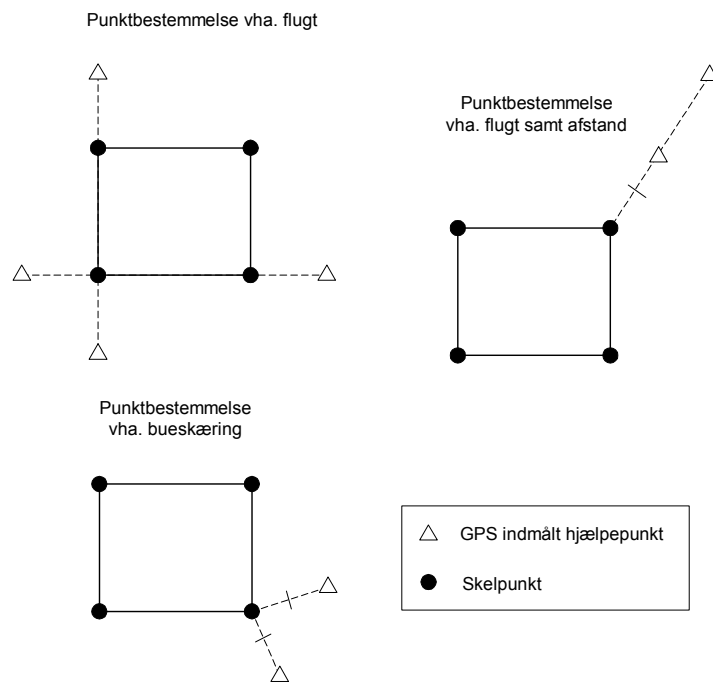
### **5.4.1 Målerutiner**

Hvilket instrument og hvilken målemetode, der skal anvendes til selve skelmålingen, skal være op til den enkelte landinspektør, blot målingen overholder det overordnede krav om systemtilknytning og nøjagtighed.

GPS vil i mange tilfælde være den foretrukne form for opmåling, men det er langt fra alle steder, det er muligt at måle med GPS i selve skelpunktet, hvorfor der må tages andre målerutiner i brug. De supplerende målinger skal foretages med tilknytning til hjælpepunkter, men hvordan og med hvilke hjælpemidler den supplerende måling foretages, skal være op til den enkelte landinspektør at vurdere. Indmåling af skel på baggrund af hjælpepunkter kan således ske ud fra målinger med totalstation, vinkelprisme, målebånd mv. Metoderne kan være polære skud, bueskæring, ortogonal måling eller flugt alt afhængigt af den enkelte situation, og hvor veldefineret skellet er. Her kommer landinspektørens ekspertise og erfaring ind i billedet, da han i den givne situation skal kunne vurdere den mest fordelagtige metode.

Angående målerutiner er det af projektgruppens opfattelse, at der stadig arbejdes meget konservativt frem for at udnytte GPS'ens muligheder. Mange mål vil kunne klares udelukkende med hjælpepunkter (flugt) eller med hjælpepunkter og målebånd (flugt eller bueskæring). Dette leder tanken hen på enmandsopmåling, der dog er en helt anden problematik, som vil blive berørt i perspektiveringen.

Figur 5.3 viser nogle eksempler på indmåling af skel ud fra mere utraditionelle metoder, hvor man i højere grad udnytter GPS-teknologien.



**Figur 5.3: Alternative målemetoder til totalstation ved udnyttelse af GPS.**

### 5.4.2 Indmålingens omfang

Omfanget af den matrikulære måling er nok et af de emner, der står til størst diskussion.

Ved en matrikulær måling skal der tages hensyn til nedenstående tre faktorer [Ramhøj, 1999]:

1. Skelpunkterne skal senere kunne genafsættes.
2. Nye skelpunkter skal kunne indlægges i matrikelkortet.
3. Arealer for parceller til intensiv udnyttelse skal kunne beregnes.

Til matrikulært formål er det udelukkende skelkoordinaterne, der har interesse. Reglen om faste terrængenstande indgår i dag i BMA § 28, som fastslår, at *”målingen skal være så omfattende, at skellet kan indlægges på matrikelkortet og genafsættes ud fra målene”*.

Med brug af GPS er det muligt, at opfylde kravene blot ved indmåling af selve skellene, hvorfor reglen om yderligere indmåling af hegn, bygninger og andre terrængenstande af varig karakter nær det indmålte skel synes overflødig. Det vil således altid være muligt, at komme ud og genafsætte skellet på baggrund af de foreliggende koordinater vha. sin GPS uden først at optage mål til andre terrængenstande. En skelmåling vil ligeledes kunne indlægges direkte i matrikelkortet. Det skulle således være tilstrækkeligt udelukkende at indmåle skelpunkter.

Synspunktet blev dog modtaget med en vis skepsis gennem interviews med praktiserende landinspektører og folk fra KMS, som ikke mente det ville være tilrådeligt at droppe tilknytningen til faste terrængenstande.

En del af argumentationen herfor er, at man derved i højere grad sikrer målingen lokalt. Det kan være i områder, hvor det er problematisk at måle med GPS, hvorfor det vil være fornuftigt at sikre målingen vha. indmåling af faste terrængenstande enten i form af bygninger eller andre ting såsom brønddæksler, brandhaner mv. Derved vil man hurtigt kunne genetablere målingen i området i forbindelse med en genafsætning, og punkterne vil være til gavn til brug for andre målinger. Desuden er sådanne terrængenstande mere stabile end et skelrør.

Indmåling af skel første gang i et ”GPS-problematisk” område (eksempelvis tæt skov) ud fra den nye metode vil selvfølgelig kræve lidt ekstra tid, da hjælpepunkterne givetvis må etableres et godt stykke væk fra den aktuelle matrikel, hvorefter der må foretages polygontræk ind i området. I den forbindelse kan det være tilrådeligt samtidigt at tage mål til andre faste terrængenstande placeret i området, da det vil lette arbejdet betydeligt ved en evt. senere genafsætning.



Projektgruppens synspunkt på dette er, at det vil være i meget få områder, hvor GPS-måling er problematisk, og at indmåling af faste terrængenstande derfor ikke længere skal være regelsat. Det vil betyde at indmålingen kun *skal* omfatte det absolut nødvendige – nemlig skelpunkterne, men landinspektøren *kan* tage yderligere mål, hvis han ønsker og/eller vurderer det er nødvendigt. Den matrikulære måling vil dermed forløbe væsentlig hurtigere, end man hidtil har været vant til.

Der vil naturligvis opstå tilfælde som beskrevet ovenfor, hvor genafsætningen vil gå betydeligt hurtigere, hvis der er indmålt faste terrængenstande. Det vil dog være et fåtal af sager i forhold til de sager, der vil forløbe hurtigt og smertefrit, hvorfor det ville være urimeligt, at generalisere målingerne til at omfatte faste terrængenstande.

Ved opmåling i by er den relative nøjagtighed vigtigere end den er på landet. I by kan det derfor være en god idé, at foretage nogle ekstra målinger for yderligere at sikre målingen lokalt. Ligeledes vil man i by sandsynligvis tit komme ud for at foretage skelmålinger med totalstation, hvorfor man samtidig med fordel kan tage målinger til en række andre faste terrængenstande i området. Endvidere kan multipath ved brug af GPS være et problem i bebyggede områder, og det er derfor endnu et vigtigt argument for at foretage nogle relative målinger. Multipath er dog efter sigende ikke et så stort problem, som det ofte bliver gjort til. Det største problem ved brug af GPS i tæt by er PDOP-værdien, som dog i fremtiden vil blive forbedret, da der med det nye europæiske GALILEO-projekt vil komme 30 yderligere satellitter i omløb og antallet af tilgængelige satellitter derfor vil stige (se endvidere afsnit 5.5.3 og appendiks 1). Der vil derfor i fremtiden være færre områder, hvor det vil være problematisk at måle med GPS, men udnyttelsen kræver instrumenter, der er i stand til at kombinere de to systemer.

I figur 5.4 er illustreret et typisk problemområde i tæt by.



**Figur 5.4: Område i Aalborg midtby hvor der kan være vanskeligheder med GPS-måling. GPS-zonerne er de steder, hvor det kunne formodes at opnå god nøjagtighed med GPS, og derved oprette hjælpemarker til en evt. matrikulær måling i Søndergade.**

En yderligere argumentation fra ”folkene i praksis” for at indmåle faste terrængenstande gik på, at det ses som en hjælp for landinspektøren til at orientere sig såvel ved forberedelsen på kontoret som i marken. I situationer hvor et skelrør skal genfindes, og det korrekt står forskudt i forhold til det levende hegn, vil det være en fordel, også at have indmålt det levende hegn og vise det på målebladet. I modsat fald vil eftersøgningen af skelrøret, givetvis ske i det levende hegn. Det ville selvfølgelig være muligt vha. sin GPS at finde den korrekte placering, men i mange tilfælde vil man inden selve målingen påbegynde genfindingen af skelrør vha. en skel søger. [samtale med Anne Marie J. Walmar]

Projektgruppens mening hertil er, at man i fremtiden må tænke i nye rutiner, således vil GPS'en være et nyttigt redskab i forbindelse med skelrekognoscering, da det er muligt at afsætte en præcis koordinat, og derved relativt nemt lokalisere skelrør. Derudover kan man udnytte de digitale kortværker til sammenstilling af matrikelkortet med ortofoto/teknisk kort/TOP10DK, hvorved man kan orientere sig ved forberedelsen på kontoret og samtidigt få en idé om skellet i forhold til hegn.

Der kan argumenteres for og imod indmåling af faste terrængenstande, men meget vil afhænge af den enkelte situation. Det er derfor projektgruppens forslag, at det ikke længere skal være et krav at indmåle faste terrængenstande, men at landinspektøren selv må tage stilling til, om han vil måle mere end nødvendigt med henblik på en senere sag i området. En landinspektør kan således fortsætte med at foretage mål til terrængenstande, som han gør i dag, hvis det er det han ønsker, men det er ikke et krav, blot en yderligere sikring til en evt. senere sag.

Til matrikulært brug er skelpunktskoordinaterne det centrale, og alle andre mål vil blot være merarbejde. En kunde vil naturligvis kunne rekvirere ekstra mål på målebladet, hvis han ønsker dette. Målebladets omfang vil dermed i højere grad afhænge af kundens ønsker, som dog i de fleste tilfælde vil kunne blive tilfredsstillet ved at supplere målingen med et teknisk kort.

Projektgruppen ønsker altså at tage skridtet videre i forhold til de interviewede parter. Betragtningen er selvfølgelig fortrinsvist gjort ud fra et teoretisk synspunkt af, hvad der burde kunne lade sig gøre, men også ud fra egne erfaringer med GPS anvendt i bymæssig bebyggelse. Det er dog tilrådeligt også at forholde sig til den praktiske synsvinkel på emnet, da folk der til dagligt arbejder med matrikulære sager måske i højere grad kan overskue konsekvenserne. Ud fra projektgruppens umiddelbare overbevisning kan det dog fremstå, som man er lidt konservativ på det punkt, og måske ikke helt tør springe ud i en så drastisk ændring.

## 5.5 KVALITETSSIKRING

I foranalysen blev opstillet nøjagtighederne ved de to RTK-metoder, enkeltstations RTK (GPS-Referencen samt RTK med egen referencestation) og netværks RTK (GPSnet.dk). Nøjagtighedsundersøgelserne, som er forestået af KMS og Rådet, er testet for afstande op til 15 km fra nærmeste referencestation med en to-frekvent modtager. Som beskrevet er undersøgelserne ikke udført under optimale betingelser, hvorfor nøjagtighederne ikke nødvendigvis er 100% korrekte, men dog det mest pålidelige bud, der findes i øjeblikket efter projektgruppens mening. Nøjagtighederne er angivet som  $1,96 \cdot \sigma$ , svarende til at 95% af målingerne ligger inden for en cirkel med denne radius.

| $R95_{\text{mid}}$   | Grundfejl (mm)<br>plan | Afstandsafhængig fejl (ppm)<br>plan |
|----------------------|------------------------|-------------------------------------|
| Enkelstations<br>RTK | 7                      | 1                                   |
| Netværks<br>RTK      | 10                     | 0,3                                 |

**Tabel 5.2: Den forventede nøjagtighed i planen ved en RTK-måling ved de to metoder [Villadsen og Madsen, 2002].**

Enkelstations RTK er således den mest nøjagtige inden for en afstand af ca. 4 km fra referencestationen, hvorefter netværks RTK (GPSnet.dk) må betragtes som den mest nøjagtige målemetode ifølge de tests tabel 5.2 er bygget på. Hvad dette vil få af betydning, er der nedenfor givet et teoretisk bud på.

### 5.5.1 Enkelstations RTK

Ved enkelstations RTK er afstanden til referencestationen vigtig pga. den afstandsafhængige fejl. GPS-Referencen opererer med cirkler med en radius på 25 km, hvor indenfor de lover en nøjagtighed på 2-3 cm ( $\sigma$ ). Testen foretaget af KMS og Rådet forudser en plan nøjagtighed ved en afstand på 25 km på:

$$\sigma_{25km} = \frac{0,7cm + 25km \cdot 0,1cm / km}{1,96} \approx 1,6cm$$

Som det ser ud i dag dækker GPS-Referencen ikke områderne: Læsø, Anholt, Samsø, Syd-Langeland og Bornholm [Leica – mail fra Brian Hansen].

Hvis der opereres med egen referencestation, vil der teoretisk set ikke være længere end 5 km til det nærmeste fikspunkt.

Ved brug af enkelstations RTK burde man derfor teoretisk set kunne overholde en punktspredning i planen på 2 cm, der blev fastsat som en krav til skelmålingerne i afsnit 5.2.1.

### 5.5.2 Netværks RTK

GPSnet.dk opererer som omtalt i afsnit 3.4.2 med et trekantsnet, hvori de oplyser nøjagtigheden til en spredning på 1 cm i planen. Den største trekant i GPSnet.dk (bortset fra Hornbæk – Hals – Skagen, som stort set kun dækker Læsø og Anholt) findes i Sønderjylland hvor siderne er 75x75x80 km, hvorved man vil kunne befinde sig i en afstand af 44 km til de tre referencestationer, og nøjagtigheden vil derved ifølge KMS og Rådets test være på:

$$\sigma_{25km} = \frac{1,0cm + 44km \cdot 0,03cm / km}{1,96} \approx 1,2cm$$

Positionsbestemmelsen i GPSnet.dk baseres på en udjævning og en vægtning afhængig af afstanden til de tre stationer, der danner den aktuelle trekant.

Også ved brug af netværks RTK i form af GPSnet.dk burde man teoretisk set kunne overholde en punktspredning i planen på 2 cm.

### 5.5.3 Sammenfatning

Nøjagtighederne vil naturligvis afhænge af hvor mange satellitter, der observeres simultant (god indikation: minimum 5 satellitter mere end 15° over horisonten), hvor frit udsynet er til satellitterne (PDOP-værdi, f.eks. om der måles på landet eller i byen, god indikation: PDOP<5), og hvor lang tid der bruges på målingen i det enkelte punkt (antal epoker), hvilket selvfølgelig også er et økonomisk spørgsmål.

Man regner med en løbende forbedring af nøjagtigheden, efterhånden som softwaren til beregning af atmosfærekorrektionerne forfines [Dueholm og Laurentzius, 2002]. Endvidere vil der med det nye satellit-navigationssystem, Galileo, komme 30 yderligere satellitter i omløb, hvorfor der vil være bedre satellitdækning og lavere PDOP-værdier. En rapport udarbejdet af Peter Cederholm, Aalborg Universitet, dokumenterer denne forbedring. Rapporten er udfærdiget på baggrund af en undersøgelse, hvori den færdigt designede GPS-konstellation og den planlagte GALILEO-konstellation indgår som et kombineret system. Dette system er simuleret ud fra to konstruerede almanak filer, som beskriver henholdsvis GPS konstellationen og GALILEO konstellationen. Antallet af synlige satellitter samt PDOP-værdier er beregnet for 4140 lokaliteter fordelt på Jorden for hvert 10. minut i 72 timer med en elevationsmaske på 15°. Resultatet viser en signifikant forbedring.

Middelværdi for antal synlige satellitter i Danmark (GPS): 5-7

Middelværdi for antal synlige satellitter i Danmark (GPS+GALILEO): 13-15

Middel PDOP-værdi i Danmark (GPS): 4-5

Middel PDOP-værdi i Danmark (GPS+GALILEO): 1,4-1,6

[Cederholm, 2003]

Med en kombineret GPS og GALILEO modtager (og evt. GLONASS) vil man således kunne opnå en langt bedre satellitdækning og en højere nøjagtighed grundet PDOP-værdien. Betydningen af dette vil specielt have stor betydning i bebyggede og bevoksede områder, hvor der er snævert udsyn til himlen.

Et af spørgsmålene i problemformuleringen var, om der ville opstå problemområder ved brug enkeltstations RTK pga. den afstandsafhængige fejl. Der vil ved brug af GPS-Referencen samt egen referencestation være større forskel i nøjagtigheden afhængigt af, hvor i landet man befinder sig, i forhold til GPSnet.dk, hvor man vil opleve en mere ensartet nøjagtighed. Det ses dog ikke som noget problem, jf. nøjagtighederne ovenfor, og projektgruppen ser derfor ikke grund til at tage særlige forholdsregler til den ene metode frem for den anden.

Der er dog stadig få problemområder, hvor de to tjenester ikke dækker. GPS-Referencen dækker ikke Bornholm, Læsø, Samsø, Anholt og Sydlangeland med en tilfredsstillende nøjagtighed, da afstanden til den nærmeste derfor vil være for stor. Ved GPSnet.dk er der dækning indtil 100 km fra nærmeste referencestation, hvilket betyder at hele landet er dækket ind. Dog ligger Læsø og Anholt indenfor en meget stor trekant (Hornbæk – Hals – Skagen, 167x82x215 km), men nærmeste referencestation ligger inden for en afstand af max 60 km. Nøjagtighederne vil givetvis være forringet på de to øer, men da den afstandsafhængige fejl er meget lille, vil dette sandsynligvis ikke få den store betydning.

For til stadighed at bevare en god pålidelighed til tjenesterne er det vigtigt, at der fortsat foretages uvildige undersøgelser, som skal være tilgængelige, også i erkendelse af udviklingen af teknikken. Rådet ser det da også som sin opgave, at sikre forbrugerne adgang til brugerinformation om tjenesterne. Det er tanken, at udbydere løbende specificerer systemerne inden for kriterier som nøjagtighed, dækningsgrad, pris mv. Herudover ønskes, udover udbydernes egne skøn over tjenesternes ydeevne, at præsentere uafhængige testresultater, brugererfaringer o. lign. Dette vil i fremtiden være tilgængeligt på Rådets hjemmeside.

#### **5.5.4 Fejl ved RTK-måling**

Brugeren må være bevidst om de faktorer, der påvirker resultatet ved en RTK måling, det være sig faktorer der påvirker GPS-systemet, faktorer der kommer fra omgivelserne, samt faktorer der stammer fra opmålerens kunnen og definition af ”god opmålingsskik”. Der er således ved RTK, som ved andre type målinger, systematiske fejl, tilfældige fejl og grove fejl. En stor del af de systematiske fejl elimineres ved dannelse af enkelt- og dobbeltdifferenser mellem samtidige faseobservationer indsamlet med to GPS-modtagere. Bidragene fra de tilfældige fejl vil kunne nedbringes ved at udvise passende omhu. De grove fejl kan man eliminere ved at tage sine forholdsregler.

## Grove fejl

I forbindelse med skelmålingen vil der kunne optræde grove fejl. Ofte kan det være vanskeligt umiddelbart at se, om en RTK-måling er behæftet med en grov fejl.

Grove fejl skyldes typisk:

- skrive-/læsefejl i marken i forbindelse med indtastning af diverse data
- fejl ved betjening af udstyr
- skrive-/læsefejl vedrørende supplerende terrestrisk måling bogført i målebog eller i GPS'ens software

[Jensen, 2003]

Fejl i forbindelse med indtastning af data kan forekomme i situationer, hvor der anvendes egen referencestation opstillet i et 10-km punkt eller et 1. gangs punkt, og der indtastes forkerte koordinater og/eller antennehøjde. Dette vil herefter påvirke alle positioner indsamlet med den mobile enhed. Ved brug af en af tjenesterne vil der her være en fejlkilde mindre, hvor sikringen af pålidelighed og nøjagtighed derimod er lagt i hænderne på den enkelte tjeneste, hvori der ikke må formodes at være fejl på koordinaterne til referencestationerne.

Fejl ved betjening af udstyr kan være ved centreringen af GPS-antennen i referencestationen, som også her begrænser sig til anvendelse af egen referencestation.

Ved brug af en RTK-tjeneste vil man således mindske risikoen for at lave grove fejl, da færre menneskelige fejl vil gøre sig gældende.

Fejl vedrørende bogføring af supplerende terrestrisk måling kan forekomme ved eksempelvis brug af målebånd ved bueskæring ud fra to GPS-punkter, hvor der foretages en aflæsningsfejl eller en fejl i indtastning af afstanden i GPS-softwaren eller målebogen.

## Sikring mod grove fejl

Spørgsmålet er nu, hvordan man kan sikre sig mod grove fejl i marken. Som ovenfor nævnt kan der opstå grove fejl i forbindelse med GPS-målingen og i forbindelse med en evt. efterfølgende terrestrisk måling. Projektgruppen ønsker fastsat regler om sikring mod grove fejl ved systemtilknytningen, det være sig den primære systemtilknytning (1. gangs punkter) som den sekundære systemtilknytning (2. gangs punkter). Begrundelsen herfor tager udgangspunkt i ønsket om, at der skal være overensstemmelse mellem koordinaterne på et registreret skelpunkt i matrikelkortet og samme punkts koordinater målt i marken, således at skelpunkter kan afsættes direkte ud fra oplysningerne i matrikelkortet. Derudover ønskes især en god sikring af 1.

gangs punkter, da de har en potentiel mulighed for danne grundlaget for den sekundære systemtilknytning. Til den matrikulære sag er det således projektgruppens forslag, at der skal foreligge en sådan sikring, hvorfor der i beregningerne skal indgå et eller flere punkter til sikring mod grove fejl.

### GPS-måling

Antallet af grove fejl vil være nedbragt ved anvendelsen af RTK-tjenester, da der ikke opsættes egen referencestation, men de grove fejl vil hermed ikke være elimineret. Det må antages, at der trods tjenesternes løbende monitorering af referencestationerne kan forekomme fejlbehæftede målinger og under opmålingen vil der stadig være mulig for at begå grove fejl.

For at afsløre grove fejl skal der derfor udføres bestemte rutiner til at identificere fejlbehæftede målinger til brug under selve målingen og ved efterbehandlingen af de indsamlede data.

Der kunne f.eks. være tale om, at:

- indmåle et 1. eller 2. gangs punkt,
- indmåle et 10-km punkt
- eller foretage en reinitialisering.

Målingen kan sikres ved at foretage en kontrolmåling til et registreret 1. eller 2. gangs punkt, hvorefter de målte koordinater sammenholdes med koordinaterne i matrikelkortet. Der vil sandsynligvis oftest konstateres en lille uoverensstemmelse grundet de systematiske fejl ved en RTK-måling, som derfor ikke skal betragtes som en grov fejl. Hvis der registreres en større uoverensstemmelse, må baggrunden herfor undersøges.

Den forventede spredning ved kontrolmåling af registrerede 1. eller 2. gangs punkter opstilles på baggrund af den simple fejlteori:

$$\sqrt{\sigma_{1.måling}^2 + \sigma_{2.måling}^2} = \sqrt{2}\sigma, \text{ da } \sigma_{1.måling} = \sigma_{2.måling}$$

Grænsen for en grov fejl er dermed:  $3\sqrt{2}\sigma$

Ved anvendelse af det fastsatte krav med en maksimal spredning på 2 cm, vil en afvigelse på 8,5 cm således indikere, at der er tale om en grov fejl.

Ved kontrolmåling til et skelpunkt skal man være opmærksom på, at et skelpunkts koordinater ofte er baseret på et spinkelt grundlag (en enkelt måling), endvidere kan der være tale om, at det kontrolmålte skelrør er flyttet i marken og en udledning om, at de senest foretagne målinger er fejlbehæftede vil derfor være forkert. Ved konsta-



tering af uoverensstemmelser, der ikke umiddelbart kan tilskrives de systematiske fejl, bør der således foretages yderligere kontrolmålinger, i det omfang det skønnes nødvendigt. Det vil dog altid være fornuftigt, at foretage en ekstra kontrolmåling til et kendt punkt for at sikre målingens kvalitet.

Er det i det pågældende område ikke muligt at foretage kontrolmålinger af 1. eller 2. gangs punkter, enten pga. disse ikke findes i området eller er tabt gået, eller ønskes målingen at sikres yderligere, kan en koordinatsammenligning bero på en kontrolmåling af et 10-km punkt. Da fikspunktet er godt bestemt og besidder den "sande" værdi, vil fejlen udelukkende være placeret på målingen. En afvigelse på 6 cm ( $3\sigma$ ) i planen vil derfor indikere en grov fejl.

Ved anvendelse af en RTK-tjeneste kan et alternativ til kontrolmåling af kendte punkter være at foretage en reinitialisering, hvorved f.eks. en fejlberedning af periodekonstanterne kan undgås, og genindmåle udvalgte punkter – dog under hensyntagen til at GPS-målinger foretaget inden for et tidsrum på 40-60 minutter er korrelerede. Projektgruppen anser de to tjenester for værende pålidelige, hvorfor en reinitialisering bør kunne anvendes som dokumentation for at målingerne er sikret. Man skal dog være opmærksom på det forhold, at der kan være driftsforstyrrelser forbundet med brugen af tjenesterne, og dette bør derfor kontrolleres inden målingernes påbegyndelse. Af hensyn til sikringen mod grove fejl vil det dog til hver en tid være hensigtsmæssigt at kontrolmåle kendte punkter.

Ved anvendelse af egen referencestation er reinitialisering ikke ensbetydende med, at der er sikret mod grove fejl, da de indtastede koordinater til referencestationen kan være forkerte. En reinitialisering og overbestemmelse vil imidlertid altid sikre målingernes kvalitet ved anvendelse af såvel en RTK-tjeneste som egen referencestation.

### **Terrestrisk måling**

Terrestrisk måling defineres her som måling med totalstation, målebånd etc.

For at forbedre kvaliteten af de terrestriske målinger og dermed medvirke til sikringen mod grove fejl, skal de terrestriske målinger, som det er tilfældet i dag, foretages med omhu og naturligvis gerne med overbestemmelse. Dette vil især være hensigtsmæssigt i forbindelse med indmåling af 1. gangs punkter, da der ikke umiddelbart bør skelnes mellem 1. gangs punkter, hvad enten de er indmålt direkte med GPS eller indirekte ud fra hjælpepunkter.

Med anvendelse af en totalstation er det muligt at kontrollere nøjagtigheden af opstillingens absolutte position ved, at der efter orienteringen af instrumentet foretages en afsætning af øvrige kendte punkter i området og uoverensstemmelser iagttages.

Dette vil i særdeleshed være aktuelt i forbindelse med indmåling af 2. gangs punkter.

### **Andre fejl**

Selvom man har sikret sig mod grove fejl, vil der kunne indvirke andre fejl, som kan være svære at gardere sig imod. Som beskrevet i afsnit 5.4.2 kan et modtaget signal fra en satellit være reflekteret via en terrængenstand (multipath), som kan betyde fejl på positionen op til flere decimeter. Multipath er svært at forudsige og detektere i marken, men erfaringer viser, at fejlene hyppigst optræder i bebyggede områder eller områder med befæstede arealer (veje, lufthavne). Fabrikkerne forsøger at imødegå problemet ved at afskærme GPS-antennen. Målingerne kan til en vis grad sikres mod denne fejl ved at foretage dobbeltmålinger. Det kræver dog at disse er forskudt tidsmæssigt, da målingerne bør foretages under forskellige betingelser, når det gælder de implicerede satellitter. [Jensen, 2003]

Af erfaring fra tidligere semestre samt fra opmålingstestene foretaget af KMS og Rådet ses det, at RTK-målinger generelt er meget korrelerede. Det vil sige, målinger udført hurtigt efter hinanden ofte giver samme resultat. Forsøg med reinitialisering viser samme resultat. Forsøget foretaget af KMS og Rådet viser, at fuld sikkerhed med kvaliteten på et sæt koordinater kun fås ved gentagelse af målingen efter et vist tidsinterval (australske forsøg indikerer 40 minutter, en anden kilde siger mindst 1 time [Jensen, 2003]). [Villadsen og Madsen, 2002]

Landinspektøren må derfor afgøre i den enkelte situation, om han er i "farezonen" og bør måle punktet igen efter det angivne tidsinterval, eller opgaven må løses på anden vis. Problemet er, som beskrevet i afsnit 5.4.4, ikke noget, som erfares ofte.

En anden fejlkilde der kan være til gene for GPS-måling er, når der er en forøget solpletaktivitet. Solpletaktiviteten forårsager større elektronmængder i ionosfæren, som derved påvirker GPS-signalerne. Ved brug af differentiell GPS inden for korte afstande skulle man dog kunne komme ionosfæreforstyrrelserne til livs, men meget store udsving i ionosfæren kan betyde, at GPS-modtagere til landmåling ikke er i stand til at producere en koordinat med en normal præcision på samme tid [GPS-Referencen5]. Solpletaktiviteten er et fænomen, der kører i ring og topper hvert 11-12 år og nåede sit seneste maksimum i 2000-2001, hvorfor der er ca. 10 år til næste maksimum. I det tidsrum sker der i givet fald meget med teknologien, og det er således ikke sikkert, at solpletaktiviteten vil give problemer i fremtiden.

## 5.6 INDLÆGNING I MATRIKELKORTET

Da der sandsynligvis kræves opretninger af matrikelkortet i en del områder ved omlægningen til den nye type måling, vil der her blive gjort rede, for de forholdsregler man kan gøre sig i marken med henblik på en evt. kortopretning.

Inden de matrikulære målinger påbegyndes bør kvaliteten af matrikelkortet i området undersøges, så der på forhånd er dannet et billede af omfanget af nye målinger, som udover forbedring af kortet skal sikre at matrikelkortets harmoniske billede ikke forstyrres væsentligt. Undersøgelsen af omfanget kan gøres ved at sammenstille matrikelkortet med et andet kortværk (ortofoto eller teknisk kort) samt kontrollere matrikelkortets oprindelse for det aktuelle område. Med ”forstyrres væsentligt” menes der, at der ikke opstår skarpe knæk i matrikelkortet, som ikke fremgår i marken, men som umiddelbart vil kunne opstå i matrikelkortet ved en indlægning af en ny måling i et område i matrikelkortet, der stammer fra en digitalisering. Det kræver således at man har indlægningen i betragtning, når der skal udføres en matrikulær måling.

Særlige problemområder i matrikelkortet er skellene i landsbykerne, som ved matrikuleringen ofte blev registreret uden egentlig opmåling, og nøjagtigheden i disse områder er derfor meget svingende. I en række landsbykerner er der dog efterfølgende blevet foretaget nymåling, men i de resterende har man efterfølgende, ved matrikulære sagsbehandling, været nødsaget til at indlægge nye skel i forhold til det eksisterende skelbillede, uden at kunne foretage en opretning af kortet. Man har således bygget videre på unøjagtighederne. [KMS]

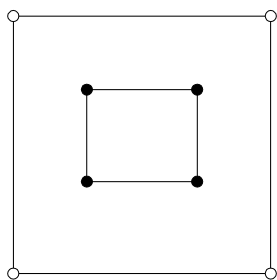
Ved omlægningen af matrikelkortet til digital form kom opretningen af skelbilledet i stort omfang til at foregå på baggrund af støttemateriale, overvejende i form af tekniske kort. Her var divergensen, specielt i landsbykerne, mellem det analoge matrikelkorts udvisende og situationen på det tekniske kort, så stor, at det ikke umiddelbart var muligt at tilpasse matrikelkortets skelbillede efter det tekniske kort. Nøjagtighederne i landsbykerne er derfor af meget varierende kvalitet, og i nogle tilfælde så dårlig, at metoden til dynamisk ajourføring (tilpasse gamle skel efter nye målinger) ikke uden videre kan foretages. [KMS]

Da de nye målinger vil besidde et godt kvalitetsstempel, som skal fremgå af matrikelkortet, og at de som formål har at forbedre den absolutte nøjagtighed i kortet, *skal* alle nye målinger indlægges *direkte*. I modsat fald vil man næppe komme de store uoverensstemmelser til livs. Betydningen af dette vil være, at der i nogle områder må foretages yderligere opmålinger, end der er til gavn for den aktuelle sag, for at imødekomme problemer i matrikelkortet. Ved større problemområder, som eksempelvis landsbykerner, skal der, som i dag, kunne rettes henvendelse til KMS med

henblik på, at KMS kan foretage en kortopretning af området forud for sagens gennemførelse [KMS].

Således vil det gælde, at alle koordinaterne i matrikelkortet fra de nye målinger, sammen med forholdene i marken, vil være de juridisk gældende. Man kan således sige at målebladet i fremtiden er indbygget i matrikelkortet. Det er altså *matrikelkortet* samt forholdene i marken, der fremover vil være gældende, hvad angår nyindmålte skel. Ved de ”gamle skel” vil det stadig være *målebladene* sammenholdt med forholdene i marken, der vil være juridisk gældende.

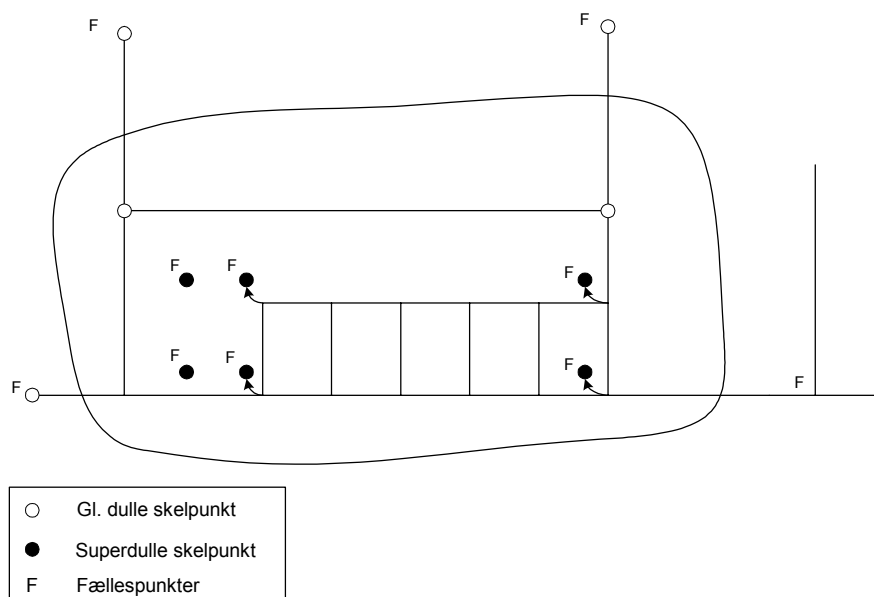
Den fremtidige indlægning i matrikelkortet skal efter projektgruppens mening baseres på en transformation kaldet residualspreddning (restfejlsfordeling), hvor fællespunkterne fastholdes og disses restfejl, som er fremkommet ved eksempelvis en konform eller affin transformation, fordeles på de resterende punkter, der indgår i en ændringspolygon (se figur 5.6). I polygonen skal indgå de nyindmålte skelpunkter samt de skel, der ønskes påvirket af målingen, så der opnås et harmonisk skelbillede i matrikelkortet. Omfanget af polygonen er derfor afhængig af, kvaliteten af matrikelkortet i det pågældende område samt antallet af omkringliggende parceller, der vil blive berørt. Ved en udstykning der ikke berører eksisterende skel, indlægges koordinaterne naturligvis i matrikelkortet uden nogen form for yderligere tilpasning. Dette vil gælde for en udstykning indenfor en parcel (figur 5.5).



**Figur 5.5: Ny udstykning indenfor en parcel. Udstykningen vil ikke influere yderligere på det eksisterende matrikelkort i området, da det ikke berører andre skel.**

Mere specifikt foregår transformationen på den måde, at restfejlene påføres punkter, der ikke er fællespunkter, med størrelser, der aftager med afstanden fra fællespunkterne. Punkter, der er beliggende tæt på et fællespunkt, tilføres en rettelse, der næsten svarer til restfejlen i fællespunktet. Ved større afstand mindskes indflydelsen fra restfejlen i fællespunktet og indflydelsen fra andre fællespunkter stiger. [KMS] Hvordan indflydelsen af afstanden fra fællespunkterne skal influere på de enkelte punkter kan matematisk set foregå på flere måder, eksempelvis lineært, eksponentielt og gaussisk. I bilag 5 er angivet den formel, der anvendes i GeoCad (eksponentiel funktion).

Alle punkter indenfor polygonen bliver således påvirket af de nye målinger – også kredsede punkter (System 34 relaterede punkter), der ikke længere skal være hellige. Udenfor polygonen fastholdes nærmeste skelpunkter på de skellinier, der skæres af polygonen (se figur 5.6). Disse punkter indgår derved som fællespunkter i transformationen. Det er altså eksisterende skelpunkter, som forbliver fastholdt i matrikelkortet. Punkterne skal ikke nødvendigvis være systemrelaterede skelpunkter (skelkredse eller punkter efter den nye metode), men disse er at foretrække for at opnå en god kvalitet. Ligeledes vil det være fornuftigt at lade polygonen skære forholdsvis lange skel for at undgå større knæk.



**Figur 5.6:** Der udstykkes en parcel i et område, der i matrikelkortet er digitaliseret på baggrund et rammekort/økort. Landinspektøren har målt yderligere et par punkter ind for at styrke transformationen. Polygonen angiver hvad der transformeres. Alle nyindmålte punkter (superduller) samt de 4 ”gamle” duller udenfor polygonen fastholdes i transformationen. Ordet superduller anvendes i denne sammenhæng for at navngive skellen mellem nye og gamle skelpunkter (se afsnit 5.8).

Der skal således ikke længere være skellen mellem korttilpasning og kortopretning. Inden opmålingen kontrollerer landinspektøren kvaliteten af matrikelkortet for det aktuelle område, som sammenholdes med et ortofoto og/eller et teknisk kort, for at danne sig et overblik over omfanget af polygonen. På den baggrund vil det kunne afvejes, hvorvidt det vil være fornuftigt at foretage yderligere mål i marken for at støtte transformationen.

## 5.7 AJOURFØRING AF MATRIKELKORTET

Den nye målemetode og efterbehandling vil have indvirkning på henholdsvis indlægningskort og måleblad. Andre korttyper, såsom ændringskort (overblik over matrikulære ændringer efter kortopretning/korttilpasning), udstykningskort (udarbejdes i forbindelse med udstykning og matrikulering) og oversigtskort (udarbejdes i sager om arealoverførsel mellem landbrugsejendomme), vil ikke påvirkes yderligere ved overgangen til ny målemetode.

### 5.7.1 Indlægningskort

Når der ønskes foretaget ændringer i matrikelkortet skal der, ifølge BMA § 39, foreligge et digitalt indlægningskort. På indlægningskortet tager landinspektøren stilling til, hvilke ændringer der skal ske i matrikelkortet som følge af den matrikulære sag. Indlægningskortet er landinspektørens indlægning af skelmålingen og øvrige ændringer i matrikelkortet [KMS].

Indlægningskortet skal fremstilles på grundlag af et udtræk fra matrikelkortet, og skal indeholde nye skel samt den korttilpasning og/eller kortopretning, som sagen giver anledning til. Indlægningskortet viser således matrikelkortets udvisende efter den aktuelle matrikulære sag [KMS].

Som beskrevet i afsnit 5.6 skal der ikke længere skelnes mellem korttilpasning og kortopretning. Oprettningen/tilpasningen vil ske ved en transformation indenfor en polygon hvori den nye måling indgår. Alle punkterne i polygonen bliver transformeret afhængig af afstanden til de fastholdte punkter, som vil være de nye målinger samt endepunkterne på de skellinier polygonen skærer (altså punkter udenfor polygonen). Der vil derved ske forbedringer af mange skelpunkter i matrikelkortet uden, at der foretages mål til dem. Ajourføringen af matrikelkortet vil ske ved at polygonen indlægges direkte i matrikelkortet over de fastholdte punkter udenfor polygonen.

### 5.7.2 Måleblad

Når der er foretaget en matrikulær indmåling, skal der i henhold til BMA § 36 indsendes et måleblad med tilhørende koordinatliste.

Projektgruppens mening er, at der ikke længere er behov for et måleblad, som man kender det i dag. Faste terrængenstande er ikke længere et krav, og skelpunkterne til den matrikulære sag er indeholdt i indlægningskortet, som indlægges direkte i matrikelkortet.

Det er dog projektgruppens formodning, at det er fornuftigt at bibeholde målebladet, så målingen kan lagres under det aktuelle journalnummer. Målebladet skal dog

fremover blot bestå af en koordinatfil (fremover bruges blot betegnelsen måleblad). Forskellen på målebladets koordinatfil og indlægningskortets koordinatfil er således, at målebladet kun indeholder punkter indmålt i den aktuelle sag, hvorimod indlægningskortet indeholder skelpunkternes koordinater fra målebladet samt de resterende punkters koordinater indeholdt i polygonen. Hvis en måling har omfattet faste terrængenstande skal disse ligeledes fremgå af målebladet, men ikke i indlægningskortet (medmindre matrikelkortet udvides til at indeholde flere lag, som der reflekteres nærmere over i perspektivering). Informationerne i målebladet er således nyttige i forbindelse med eksempelvis genafsætning af skel i ”svære” GPS-områder, hvis der er taget mål til bygninger mv.

Fremover vil målebladet (eller dele deraf) således være en integreret del af matrikelkortet, da skelpunkternes koordinater i målebladet er identiske med disses koordinater i indlægningskortet.

Koordinaterne skal være i UTM/EUREF89. I målebladets koordinatfil skal indgå:

- punkter der er anvendt til systemtilknytningen (opkobling på RTK-tjeneste, 10-km punkter eller 1. gangs punkter),
- nye skelpunkter (1. eller 2. gangs punkter),
- eventuelle anvendte hjælpepunkter af varig karakter,
- indmålte skel hvis koordinater ikke skal ændres i matrikelkortet (dette vil kun være ved mål til skelpunkter, der i forvejen er indmålt ud fra den nye metode, da alle andre punkter ellers skal opgraderes med de nye koordinater).

Det er en nødvendighed med tilknytning af attributter og koder til de enkelte punkter, som kendetegner deres status.

### **5.7.3 Tilknytning af attributter**

Sideløbende med en absolut forbedret nøjagtighed i matrikelkortet er det vigtigt at informationen i matrikelkortet skærpes. Matrikelkortet i dag indeholder attributter til alle kredsede skelpunkter som vist i tabel 5.3.

| <b>Oplysninger for indmålt skelpunkt:</b> |                       |
|---|-----------------------|
| Journalnummer                             | <b>U1999/06632</b>    |
| Ændringsdato                              | <b>04-okt-1999</b>    |
| Produktionsmetode                         | <b>MI</b>             |
| Indlægningstype                           | <b>FP</b>             |
| Indlagt i kortet                          | <b>01-mar-2000</b>    |
| X-koordinat                               | <b>146589.90499 m</b> |
| Y-koordinat                               | <b>25757.82201 m</b>  |

**Tabel 5.3: Nuværende udformning af attributter.**

Alle nye skelpunkter (superduller) skal have tilknyttet følgende attributter:

- Journalnummer
- Punktstatus (1. eller 2. gangs punkt)
- Indmålingsdato
- Indmålingsgrundlag
- Dato for indlægning i kortet
- Northing, Easting koordinat
- Evt. højde (DVR90/ellipsoidehøjde)

Ændringsdato vil ikke være aktuelt, da de nye skelpunkter ligger ”fast” i matrikelkortet. Produktionsmetode og indlægningstype er heller ikke interessant, da indlægningen foregår direkte.

Punkternes indmålingsgrundlag er et udtryk for den forventede kvalitet af de enkelte målinger. Indmålingsgrundlaget kan følgelig repræsentere nøjagtigheden således, at der kan foretages en skelnen mellem punkterne i matrikelkortet. Af punkternes indmålingsgrundlag bør der fremgå, om punktet er bestemt vha. direkte GPS-måling, GPS kombineret med terrestrisk måling eller udelukkende terrestrisk måling.

Ved tilknytning af informationer til skelpunkterne vedrørende deres nøjagtighed, vil det f.eks. i forbindelse med en konstatering af uoverensstemmelser mellem de registrerede koordinater og koordinaterne målt i marken, være en hjælp til at vurdere skellets faktiske placering sammen med forholdene i marken. Som udgangspunkt bør GPS-målinger foretaget på forskellige tidspunkter være lige nøjagtige, men ved uoverensstemmelser skal der dog altid ske en afvejning af de systematiske fejls ind-



flydelse og grænsen for en grov fejl. Med angivelse af datoen ville dette ligeledes være en hjælp til at skønne pålideligheden af de foreliggende koordinater, hvis der var forhold som skulle afvejes grundet ændringer over tid f.eks. atmosfæriske forstyrrelser af GPS-signalerne i et vist tidsrum (øget solpletaktivitet), fremkomsten af et bedre referencegrundlag eller indførelsen af forbedrede målerutiner.

Højdeangivelsen afhænger af om punktet er blevet lagret med en højde.

### **Punkter i indlægningspolygonen**

I forbindelse med indlægningen af et transformeret område (indlægningspolygon) i matrikelkortet får de målte skelpunkter tilknyttet attributter som ovenfor beskrevet. Alle andre punkter, der er indeholdt i polygonen, skal have tilknyttet en attribut om, at de har været igennem en transformation, og dermed besidder en forbedret absolut nøjagtighed.

Alle ikke kredsede skelpunkter ligger dog ikke med attributter, som i stedet er tilknyttet skelliniere. Af praktiske årsager vil det derfor være hensigtsmæssigt, at sådanne skelpunkter ligeledes får tilknyttet attributter.

### **Punkter i målebladet**

Udover skelpunkterne der indlægges i matrikelkortet, kan målebladet indeholde punkter, som opstillet i afsnit 5.7.2. Disse punkter skal have tildelt forskellige koder samt eventuelle attributter.

## **5.8 SKELPUNKTHIERARKI**

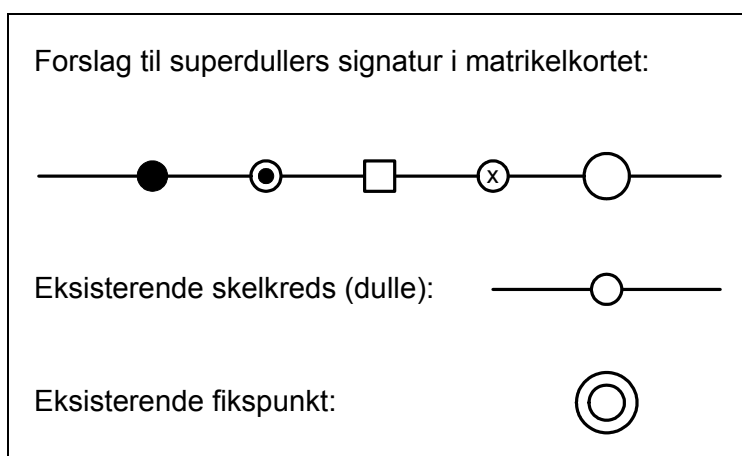
Punkter indmålt ”direkte” i matrikelkortets koordinatsystem UTM/EUREF89, er som udgangspunkt i besiddelse af en overlegen nøjagtighed i forhold til skelpunkter, der oprindeligt er målt i System 34 og efterfølgende transformeret. Ved arbejdet med matrikelkortet er det derfor vigtigt, at der foretages en skelnen mellem de forskellige typer skelpunkter. I det nuværende matrikelkorts udformning markeres systemrelaterede skelpunkter med kredse (duller) som en indikation af, at punktet har en vis kvalitet. Med afsæt i nøjagtigheden af 1. og 2. gangs punkter, kan disse benævnes ”superduller” således, at der er en begrebsmæssig forskel på skelpunkter indlagt direkte i UTM/EUREF89 og skelpunkter indlagt ved transformation. Efter omlægningen af matrikelkortet vil der overordnet set være tre typer skel, der kan opstilles i en hierarkisk orden ud fra deres nøjagtigheder.

- 1) Superduller
  - a. 1. og 2. gangs punkter
- 2) Kredsede skelpunkter transformeret fra System 34
  - a. Punkter indlagt på baggrund af inddaterede målinger
  - b. Punkter indlagt ved digitalisering af måleblade
- 3) Ikke kredsede skel transformeret fra System 34
  - a. Punkter indlagt på baggrund af rammekort eller økort

### 5.8.1 Superdullers signatur

At 1. og 2. gangs punkter betegnes superduller skyldes ligeledes, at nyere indmålte skelpunkter bør have en anden fremtræden i matrikelkortet end skelpunkter etableret på grundlag af System 34, hvorfor de skal markeres med en anden signatur i forhold til de transformerede kredsede skelpunkter (gamle duller). Ved at angive skelpunkterne med forskellige signaturer, kan der ligeledes hurtigt dannes et overblik over den generelle nøjagtighed i udvalgte områder i matrikelkortet, herunder omfanget af en kortopretning hvis dette er nødvendigt.

Superduller kunne eventuelt angives med en sort dulle eller en firkant [Asger S. Kristensen] og af nedenstående figur 5.7 ses øvrige bud på, hvorledes en signatur for den nye type skelpunkter kunne udformes.



Figur 5.7: Oversigt over forslag til superdullernes signatur. Til sammenligning er der ligeledes vist signaturen for de nuværende skel- og fikspunkter i matrikelkortet.

Af ovenstående bud favoriserer projektgruppen en sort dulle til at markere den nye type skelpunkter. Mindre signaturer indeholdt i en dulle kan være svære at se, og store duller vil ikke være hensigtsmæssige i områder, hvor de ligger tæt. Firkanten synes ikke god visuelt.



# Kapitel 6

## KONKLUSION

*Med afsæt i det gældende regelsæt for matrikulære arbejder, har dette afgangsprøve omhandlet betragtninger og vurderinger i forbindelse med omlægningen af matrikelkortet til UTM/EUREF89 og den fremtidige anvendelse af GPS til matrikulære målinger. Dette på baggrund af en indledende betragtning om problemerne ved matrikelkortet som GIS-kort ved sammenstillingen med andre kortværker pga. en dårlig absolut nøjagtighed.*

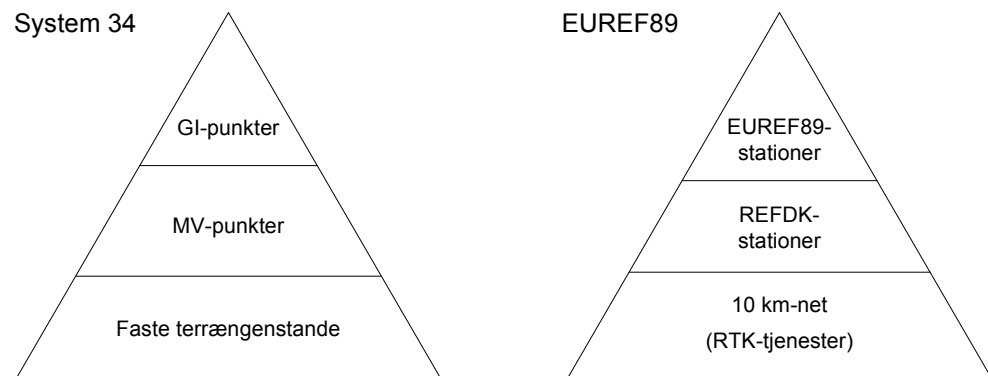
*I hovedanalysen blev projektgruppens forslag til forbedring af den absolutte nøjagtighed i matrikelkortet bearbejdet. Konklusionen sammenfatter forslagene til en ny fremgangsmåde ved matrikulære målinger.*



## 6.1 SYSTEMTILKNYTNING

Ved opmålingerne til matrikulære sager er det i dag muligt at bruge GPS, men i henhold til den nuværende udformning af BMA kræves det, at målingerne tilknyttes de lokale fikspunkter, som oftest er behæftede med netspændinger. Herved forringes de gode GPS-målinger, da disses nøjagtigheder som regel er fikspunkterne overlegne. For at udnytte de gode nøjagtigheder, der kan opnås ved anvendelsen af med GPS, er det altså nødvendigt, at kravet om den lokale fikspunkttilknytning bortfalder og erstattes af noget mere ”GPS-venligt”.

I forbindelse med omlægningen af matrikelkortet imødekommes ovenstående ønske imidlertid. Det fremtidige EUREF 89 referencenet er etableret på baggrund af GPS-målinger, og det vil derfor være muligt at foretage en direkte systemtilknytning af de matrikulære målinger i ”sand tid” ved anvendelsen af GPS. Ved systemtilknytningen til EUREF89 vil det på landdækkende plan enten ske ud fra 10-km nettet eller ved opkobling til en af de to RTK-tjenester, jf. figur 6.1



**Figur 6.1: Opbygningen af den fysiske realisering af det nuværende referencegrundlag System 34 og det fremtidige EUREF89.**

Som det fremgår af ovenstående figur, er der ikke medtaget de faste terrængenstande som et grundlæggende element i opbygningen af EUREF89, der jf. den nuværende udformning af BMA er en nødvendighed ved sikringen af skelpunkter og hermed en integreret del af System 34. Begrundelsen herfor er, at systemtilknytning vha. GPS sker på et overordnet landsdækkende plan og den lokale tilknytning til terrængenstande som følge heraf ikke umiddelbart er nødvendig.

Ved anvendelsen af GPS er det altså muligt direkte at fremskaffe koordinater til den matrikulære proces, hvorved man vil få nogle gode absolutte koordinater i matrikelkortet. På sigt vil matrikelkortet opnå en mere ensartet nøjagtighed i

modsatning til i dag, hvor nøjagtigheden veksler en hel del i kortet. Denne revision er dog ikke, efter projektgruppens opfattelse, betinget af omlægningen af matrikelkortet, hvorfor der gennem rapporten er fremsat en række krav til den fremtidige matrikulære sagsgang.

## 6.2 FASTSÆTTELSE AF NØJAGTIGHED

Udgangspunktet for nærværende projekt var, at matrikelkortet udover dets juridiske funktion i vid udstrækning anvendes som et GIS-kort, men ved sammenstillingen med andre kortværker er matrikelkortet nøjagtighedsmæssigt ikke tilfredsstillende. Dette faktum nødvendiggør en behørig faglig indsigt for at kunne bedømme, i hvilke sammenhænge matrikelkortet med rette kan og må anvendes, men da dette ikke nødvendigvis er tilfældet i kraft af den offentlige adgang til GIS-databaser (primært vha. Internettet), vil en umiddelbar løsning af denne problemstilling være at forbedre nøjagtigheden af matrikelkortet. Redskabet hertil er anvendelsen af GPS til de matrikulære målinger, da der, som før nævnt, med denne opmålingsteknik er muligt at opnå en forbedret absolut landsdækkende nøjagtighed i matrikelkortet.

Da nøjagtigheden af matrikelkortet er så væsentlig en faktor for, at der kan fremkomme et tilfredsstillende resultat både ved sammenstillingen med andre kortværker men ligeledes i juridisk henseende, fandt projektgruppen det nødvendigt at fastsætte et krav om, at matrikulære målinger skal overholde en vis nøjagtighed. Ved fastsættelsen af denne nøjagtighedsgrænse var der en række forhold, som havde indflydelse på kravet.

Der blev ved fastsættelsen af nøjagtighedskravet taget udgangspunkt i de gældende forhold, og med hvilken nøjagtighed der hidtil har været opereret med i matrikulære sammenhænge, for at danne et billede af den hidtidige acceptable matrikulære nøjagtighed. Dette blev sammenholdt med den opnåelige nøjagtighed ved brugen af RTK og navnlig de to RTK-tjenester. Til vurderingen heraf blev der inddraget resultater fra en foreliggende test af de to RTK-tjenesters nøjagtighed udført af KMS. Denne test giver langt fra et fuldstændigt billede af med hvilken nøjagtighed, der kan måles på landsplan, men da testen i større eller mindre grad stemmer overens med flere lokalt udførte tests, blev den følgende brugt som en retningsviser. Herudover blev projektgruppens egne erfaringer med brugen af RTK i åbent land og by taget med i betragtningerne.

Fastsættelsen af nøjagtighedskravet afhæng ikke kun af nøjagtigheden af GPS, da bl.a. muligheden for at efterfølgende terrestriske målinger anvendes til systemtilknytningen foreligger. Fastsættelsen involverede ligeledes en stillingtagen til, hvad der var rimeligt at forvente og kræve under hensyn til, at målingerne foretages i overensstemmelse med god opmålingsskik, da et for højt sat krav sandsynligvis vil



medføre utilsigtede omgøelser af reglerne. Projektgruppen antog dog, at såfremt de terrestriske målinger udføres med omhu, vil dette ikke influere nøjagtigheden af systemtilknytningen negativt, hvorfor dette forhold ikke bevirkede, at der blev slækket på nøjagtighedskravet. Ud fra disse ovenstående betragtninger valgte projektgruppen at fastsætte den maksimale punktspredning ved matrikulære målinger til **2 cm**.

## **6.3 VEJLEDNING FOR FREMGANGSMÅDEN VED MATRIKULÆR MÅLING**

På baggrund af de i projektet gennemgåede betragtninger og opsamlede erfaringer, opstilles en overordnet vejledning for fremgangsmåden ved en matrikulær opmåling efter omlægningen af matrikelkortet. Arbejdsgangen omfatter i denne sammenhæng følgende:

1. Forberedelse
2. Måleprocedure
3. Efterbehandling

### **6.3.1 Forberedelse**

For at give et overblik over omfanget af den matrikulære måling, undersøges kvaliteten af matrikelkortet indledningsvist i det pågældende område, med henblik på at identificere eventuelle problemstillinger, der påkræver ekstra indmålinger.

I det nuværende matrikelkort, kan der i visse områder, hvor digitaliseringsgrundlaget f.eks. var økort, forventes at forekomme lave nøjagtigheder. Ved omlægningen af matrikelkortet vil disse unøjagtigheder overføres, således at den absolutte nøjagtighed, i forhold til EUREF89-referencenettet, i disse områder vil være tilsvarende lave eller eventuelt dårligere. Når nye målinger indlægges i sådanne områder kan der ved sammenligningen med det eksisterende skelbillede opleves en fordrejning/forskubning af matrikelkortets fremtoning, hvorfor skelbilledet skal tilpasses og det er derfor nødvendigt at målingerne er planlagt og udført således, at dette kan lade sig gøre.

En undersøgelse af omfanget af målingen kan gøres ved at sammenstille matrikelkortet med et andet kortværk, som indeholder topografiske oplysninger, og derudfra konstatere, om der fremtræder åbenlyse uoverensstemmelser i området. Hertil kan der eksempelvis anvendes et ortofoto, TOP10DK og/eller et teknisk kort. Derudover bør matrikelkortets oprindelse i området kontrolleres for at imødekomme fornævnte problematik.

### 6.3.2 Måleprocedure

Efter omlægningen af matrikelkortet anser projektgruppen det som en nødvendighed og kræver, at *alle* matrikulære målinger skal systemtilknyttes EUREF89. Fremgangsmåden ved en matrikulær opmåling er fastlagt ud fra dette synspunkt og forudsætter brugen af GPS til den primære systemtilknytning og hensyntagen til den fastsatte punktspredning på 2 cm. Omfanget af en opmåling vil variere fra sag til sag, men vil på baggrund af forberedelsen og hensynet til indlægningen af nye målinger på forhånd være planlagt med forbehold for komplikationer i marken.

#### Indmåling af 1. gangs skelpunkter

Den primære systemtilknytning og hermed bestemmelsen af 1. gangs skelpunkter kan ske ved GPS-måling direkte i skelpunktet eller ved terrestrisk måling ud fra hjælpepunkter, etableret vha. GPS.

Med hensyn til de supplerende terrestriske målinger ud fra hjælpepunkter, er der ikke fastsat krav vedrørende valg af instrument, og indmålingen af skelpunkter kan således ske ud fra målinger med totalstation, vinkelprisme, målebånd mv. De anvendte metoder hertil kan være polære skud, bueskæring, ortogonal måling eller flugt alt afhængigt af den enkelte situation, og hvor veldefineret skellet er. Eneste krav der stilles i den forbindelse er, at den fastsatte nøjagtighed holdes, hvorfor landinspektørens fejlteoretiske vidensgrundlag skal inddrages i disse overvejelser.

Da der ved indmålingen af skelpunkterne anvendes GPS (direkte eller indirekte) vil den fremtidige systemrelation af punkterne være sikret og det vil umiddelbart ikke være nødvendigt at indmåle yderligere sikringspunkter i form af faste terrængenstande. Hvorvidt der bør indmåles faste terrængenstande vil afhænge af opmålingssituationen og landinspektørens vurdering. I byområder, hvor den absolutte nøjagtighed i visse tilfælde kan variere væsentligt, bør målingerne dog sikres ved indmåling af faste terrængenstande, således at der fremkommer en anden samhørighed mellem skelpunkterne end den absolutte nøjagtighed.

Udover kravet om systemtilknytning er der i rapporten ligeledes fremsat et krav om en kvalitetssikring af opmålingens systemtilknytning, der kan ske ved:

- Indmåling af et 1. eller 2. gangs punkt
- Indmåling af et 10-km punkt
- Reinitialisering (ved anvendelse af en RTK-tjeneste)

I rapporten er der ikke opstillet bestemmelser om en kvalitetssikring af de enkelte punkter, hvilket overlades til landinspektøren at vurdere, men det bør tilstræbes, at opmålingen foretages med omhu. Pga. fejlforplantningen bør det ligeledes tilstræ-

bes, at 1. gangs skelpunkter så vidt muligt indmåles direkte med GPS, hvorved der kun skal tages hensyn til fejlbidragene ved brugen af GPS.

### **Indmåling af 2. gangs skelpunkter**

På grundlag af eksisterende EUREF89-indmålte punkter (1. gangs punkter) skal det efter projektgruppens opfattelse være muligt at foretage en sekundær systemtilknytning. Tilknytningen kan enten ske ved brugen af GPS eller terrestriske målinger, men reglen er primært møntet på brugen af en totalstation.

Da den sekundære systemtilknytning skal kunne kontrolleres af KMS på baggrund af registrerede skelpunkter, er der fremsat et krav om, at terrestriske målinger minimum skal være knyttet op to 1. gangs skelpunkter og måling med GPS minimum skal være knyttet op på et 1. gangs skelpunkt.

Herudover er der fremsat et krav om, at den sekundære systemtilknytning ligeledes skal sikres mod grove fejl og i beregningerne skal der således indgå minimum et yderligere 1. eller 2. gangs punkt. Antallet af ekstra medtagne 1. eller 2. gangs punkter vil være overladt til landinspektøren at vurdere, men i disse overvejelser skal det fremsatte nøjagtighedskrav indgå.

### **6.3.3 Efterbehandling**

Efter endt beregning og kontrol af systemtilknytningens nøjagtighed kan punkterne indlægges direkte i matrikelkortet. Da matrikelkortet udover dets juridiske funktion ligeledes anvendes til at give et grafisk billede af sammenhængen mellem og fremtoningen af skelsituationer, er det derfor samtidig vigtigt, at de indlagte skelpunkter ikke forstyrrer matrikelkortets udseende grundet uregelmæssigheder ved sammenstillingen af gamle og nye skel. Såfremt indlægningen af nyindmålte skelpunkter skaber uoverensstemmelser i matrikelkortet, skal det eksisterende skelbillede tilpasses/oprettes i større eller mindre omfang på baggrund af de nye målinger. Denne korttilpasning/-opretning skal ske ved en residualspretnings transformation. I matrikelkortet defineres, hvor stort et område der skal korttilpasses/-oprettes i henhold til at bibeholde et forholdsvis harmonisk skelbillede.

I forbindelse med efterbehandlingen skal der ligeledes tages stilling til, om fremkomsten af en uoverensstemmelse, mellem koordinaterne til en superdulle grundet en nyindmåling, skal medføre en ændring af de registrerede koordinater i matrikelkortet. Efter omlægningen af matrikelkortet, og ved anvendelsen af GPS til indmåling af skelpunkter, vil der i teorien ikke være en nøjagtighedsmæssig forskel mellem en ny og en gammel måling. Af praktiske årsager og med udsigten til forbedringer af opmålingsgrundlaget (opstilling af nye referencestationer, nyberegninger af referencegrundlaget, forbedret opmålingshardware mm.) vil det dog af denne årsag

være fornuftigt at fastholde princippet om, at en ny måling er bedre end en gammel. Dette skal selvfølgelig ske efter en afvejning af de lovmæssige fejls indflydelse i den pågældende situation, hvorfor de eksisterende koordinater til en superdulle i høj grad bør respekteres.

## 6.4 OPSUMMERING AF KRAV OG EGNE VALG

I denne rapport er der fortløbende blevet fremsat betragtninger i forbindelse med en matrikulær opmåling og efterbehandling, der enten er stillet som krav eller tilkendegivelser om, at en stillingtagen ligger hos den enkelte landinspektør. For at lette overskueligheden af de fremsatte krav/egne valg er disse opsummeret i nedenstående tabel 6.1.

|   | Krav | Eget valg |
|---|------|-----------|
| Systemtilknytning til EUREF89                       | √    |           |
| Overholdelse af en maksimal punktspredning på 2 cm  | √    |           |
| Anvendte instrumenter/målemetoder                   |      | √         |
| Anvendelse af RTK-tjeneste                          |      | √         |
| Sikring af systemtilknytningen                      | √    |           |
| Indmåling af faste terrængenstande                  |      | √         |
| Kortopretning/korttilpasning                        | √    |           |
| Ændring af superdullers koordinater ved nyindmåling |      | √         |

**Tabel 6.1: Skema med opsummering af krav og landinspektørens eget valg.**

Med denne rapport er der i henhold til projektgruppens indledende overvejelser behandlet relevante og tidssvarende emner og betragtninger, der kunne gøre sig gældende ved en ændring af BMA – primært møntet på §§ 28 og 29. Således er det af projektgruppens opfattelse, at de i tabel 6.1 opstillede krav bør indgå i formuleringen af et nyt regelsæt på dette område.

# Kapitel 7

## PERSPEKTIVERING

*Dette kapitel er opdelt i fem korte selvstændige afsnit, som alle har udsprunget i forbindelse med arbejdet med projektet. Det er således nogle fremtidsperspektiver projektgruppen har gjort sig, om henholdsvis det matrikulære regelsæt, opmålingsrutiner og matrikelkortet.*

*De fem afsnit består af "Afmærkning af skel samt hævdspromblematik", "Enmandsbetjent opmåling", "Flere lag i matrikelkortet", "Mindste enhed i matrikelkortet" og "3D matrikelkort". Afsnittene er korte og beror på projektgruppens umiddelbare tanker inden for områderne.*



## 7.1 AFMÆRKNING AF SKEL SAMT HÆVDSPROBLEMATIK

I BMA §27 hedder det sig, at skel der registreres i matriklen skal være afmærket. Et fremtidsperspektiv kunne være, at afmærkningen af skel undlades, eller i det mindste skulle være en valgmulighed. Således at GPS-målingen til enhver tid vil kunne fastsætte det retslige skel ud fra de registrerede koordinater i matrikelkortet.

Hvorvidt man vil have et synligt bevis på grænsen i marken, kan da være op til den enkelte lodsejer. Den overordnede tanke med dette er, at der kunne slækkes på en række af nutidens krav for at gøre landinspektørbranchen mere ”konkurrence dygtig”, således at der vil kunne ydes forskellige services. Dette vil dog betyde en radikal holdningsændring mht. selve landinspektørvirksomheden, som man kender den i dag, og dette vil sandsynligvis ikke ske.

Nyindmålte skelpunkter er indmålt med en absolut nøjagtighed på 2 cm og er derefter indlagt direkte i matrikelkortet, hvor de er ”hellige” (flyttes ikke ved en evt. opretning/transformation). Punkterne ligger altså ligeledes med en absolut nøjagtighed på 2 cm i matrikelkortet. Der er dermed direkte sammenhæng mellem koordinaterne på punktet i kortet og samme punkts koordinater i marken, hvorfor det vil kunne afsættes inden for 2 cm med GPS.

Muligheden er da, at når et skel er registreret i matrikelkortet efter den nye metode, vil det være den juridisk gældende grænse. Det vil sige, at GPS-målingen til enhver tid vil definere den retsgældende grænse uanfægtet af en evt. ændring af forholdene i marken, hvilket berører spørgsmålet om ophævelse af hævdsreglen.

Hvis reglen om hævd skal ophæves vil det dog kræve afmærkning i marken, da der ellers kan blive tale om problematiske situationer, hvis en lodsejer gennem længere tid har rådet over et areal, der ikke er hans pga. manglende afmærkning i marken (ageret i god tro). Ved en tydelig og nøjagtig afmærkning i marken, som vil kunne genafsættes direkte med GPS, vil der kunne sættes tvivl om, hvorvidt erhververen af arealet har været i god tro.

Hævd afspejler dog en afvejning mellem den passive ejers ret på den ene side og den faktiske besidders forventninger på den anden, og for denne retskonflikt er det ligegyldigt, om landinspektøren er i stand til at fastlægge det oprindelige skel meget nøjagtigt [Ramhøj, 1997b].

*”Muligheden for hævds erhvervelse afspejler det retsprincip, at langvarig brug/besiddelse kan føre til rettigheds erhvervelse – langvarig brug/besiddelse skaber en ret, der fortrænger den oprindelige ejers ret.”* [Ramhøj, 1997a]

Det kræves altså at der gøres op med dette retsprincip for at ophæve hævdsreglen, og man derved tilgodeser den oprindelige ejer (det registrerede skel i matrikelkortet) frem for den nuværende besidder (forholdene i marken).

## 7.2 ENMANDSBETJENT MÅLING

Med mulighederne der ligger i den fremtidige anvendelse af GPS, vil det i mange tilfælde være nok at have én mand til at udføre opmålingerne. Skel er dog generelt ensbetydende med et hegn eller en hæk, hvori det kan være svært at måle med GPS, hvorfor de terrestriske metoder må tages i brug. I mange sammenhænge vil det også kunne klares med en enkelt mand, eksempelvis ved flugtning, brug af målebånd samt stikker, robotteodolit mv. Dette vil dog kræve en omfattende ændring af sædvanlige målerutiner ved matrikulær måling. Ligeledes er der flere praktiske hensyn, der gør, at det ofte er fordelagtigt at være to i marken.

Meget afhænger selvfølgelig af situationen. Ved en udstykning på åben mark vil det være tilstrækkeligt med én mand, hvor det i ”besværligere” områder ofte vil være fordelagtigt at være to. Ligeledes har den enkelte landinspektørs erfaring meget at sige med henblik på brug af eksempelvis vinkelprisme.

Det er selvfølgelig også op til det enkelte firmas traditioner mht. opmåling.

På dette punkt kunne det være interessant med en undersøgelse, som tog udgangspunkt i målinger udelukkende foretaget med brug af en GPS-modtager. Undersøgelsen kunne gå på rimeligheden i brugen af GPS til eksempelvis indmåling af bygninger og andre ”ikke tilgængelige GPS-punkter” vha. flugt og se på fejlforplantningen heraf.

## 7.3 FLERE LAG I MATRIKELKORTET

Projektgruppen har gennem hovedanalysen opsat regler for systemtilknytningen, hvor det er muligt at anvende såkaldte 1. gangs skelpunkter til systemtilknytning, hvorpå de følgende målinger vil resultere i 2. gangs punkter. Kravet til, at de benyttede 1. gangs punkter skal være skelpunkter, bunder i, at KMS skal kunne acceptere målingen, og da matrikelkortet er begrænset til kun at indeholde skel og grænser, vil en systemtilknytning til andre type 1. gangs punkter ikke kunne kontrolleres. Ofte vil sådanne punkter dog være bedre bestemt end et skelrør, hvorfor 2. gangs punkter ville kunne blive bedre bestemt, men det er alene udfra kontrolmæssige hensyn, at der skal indgå to *skelpunkter* (totalstation) ved systemtilknytningen.

2. gangs punkter vil typisk komme på tale i byområder, og det er netop her, der må formodes tit at være indmålt andre terrængenstande, som med fordel ville kunne benyttes til en bedre systemtilknytning.



Dette leder projektgruppen hen på tanken om flere lag i matrikelkortet. Det kunne således indbefatte lag, der kunne slås til og fra, indeholdende eksempelvis teknik og bygninger. Fuldstændigheden ved de ny temaer i matrikelkortet vil naturligvis ikke være høj, da det afhænger af, hvad landinspektøren indmåler og indsender på målebladet, men meningen er også, at det bare skal ligge som eventuelt supplerende information.

Hvis sådanne lag vil blive inkorporeret i matrikelkortet, må der tages stilling til en evt. definitionsændring mht. 1. og 2. gangs punkter, da en måling med systemtilknytning til stabile 1. gangs punkter vil være lig situation 2 i bilag 4, som medfører 1. gangs punkter.

## **7.4 MINDSTE ENHED I MATRIKELKORTET**

Der er brug for en mindre enhed end matriklen i matrikelkortet. Administrative grænser såsom fredskov og jordforurening der er hængt på en skellinie bør ligge med et punkt på skellinien, således at skellinien opdeles i to. Dette er ikke tilfældet i dag, hvorfor en flytning af en skellinie ud fra en transformation, vil bevirke at den administrative grænse ikke følger med.

## **7.5 3D MATRIKELKORT**

Da GPS-måling foregår i 3 dimensioner vil skelpunkter indmålt direkte med GPS automatisk få tildelt en højde, og det er projektgruppens mening, at man med fordel kan lagre denne værdi. Højden har betydning for en evt. overbyggende GPS-måling, hvor det er nødvendigt at kende denne – dog ikke nødvendigvis den eksakte jf. afsnit 5.3.1.

I flere forbindelser vil det være en fordel at kunne håndtere matrikler i 3D, dvs. et matrikelbegreb der håndterer etagebygninger (ejerlejligheder), broer mv. som selvstændige matrikler. Et eksempel er også det aktuelle metro byggeri i København.

I intensive bebyggelsesområder er der en voksende interesse i at anvende rummet over og under terræn. For at kunne definere og administrere den juridiske situation tilfredsstillende, er 3D information derfor uundværligt i registreringen.

På baggrund af dette kan det være fornuftigt at lagre højder til skelpunkter. En direkte GPS-måling vil automatisk lagre højden. Mange skelpunkter vil ikke kunne indmåles direkte med GPS, hvorfor højden ville skulle overføres ved de terrestriske målemetoder. Ved måling med totalstation vil højden nemt kunne overføres ved at måle instrument- og prismet højde. Projektgruppen forudser dog, at brug af GPS i stort omfang vil medføre brug af andre terrestriske målemetoder såsom bueskæring og flugt, hvorfor en højde ville skulle overføres med brug af faldmåler alt afhængig

af nøjagtigheden. I størstedelen af tilfældene vil højden være ubetydelig, hvorfor det vil være et nytteløst merarbejde at påføre målingerne, og et krav om højdeinformation synes derfor urimeligt.

# Litteraturliste



- Bahl, Lolita, 2001, System 2000, Landinspektøren Nr. 1-01.
- Brande-Lavridsen, O., 1997, Digitale tekniske kort, GIS i Danmark.
- Borre, Kai, 1993, Landmåling, DK.
- Borre, Kai, 1995, GPS i Landmålingen, DK.
- Borre, K. m.fl., 1996, Rapport fra arbejdsgruppen om design af ny kortprojektion til EUREF89. Tilgængelig World Wide Web:  
URL: <http://www.kms.dk/referencenet/Ptag1ske.htm>  
(Besøgt 22/3 2003)
- Den Danske Landinspektørforening, 2000, Ejendomsændringer i det 20. århundrede.
- Dueholm, Keld og Laurentzius, Mikkel, 2002, GPS, 2. udgave.
- Enemark, Stig og Kristensen, Asger Sonne, 1997, Digitale matrikelkort, GIS i Danmark.
- Hedemann, Holger m.fl., 1970, Kortblade og flyvefotos, Aschehoug dansk forlag, ISBN 8711000457.
- Hvolby, Mads, 2000, Universal Mercator Projektion, noter.
- Hvolby, Mads, 2002, Datumtransformation, noter.
- Jacobi, Ole, 1993, Digital Kortlægning.
- Jensen, Anna B. O., 1998, GPS og koordinattransformationer, Landinspektøren Nr. 3-97
- Jensen, Anna B. O. og Engsager, Karsten, 2001, GPS og koordinattransformationer II, Landinspektøren Nr. 1-01.
- Jensen, Karsten
- Jensen, Karsten, 2001, Transversal afbildning, noter.
- KMS, 2002, Matrikelkortet, Brugervejledning.

Landau, Herbert, GPS-Vermessung mit Hilfe von Virtueller Referenzstationen – Theorie, Analyse und Applikationen, Spectra Precision Terrasat GmbH.

Madsen, Finn Bo, 2001, Landinspektøren – 1-01, REFDK – fremtidens referencenet i Danmark.

Madsen, Finn Bo og Jensen, Anna B. O., 1999, Nye koordinatsystemer i Danmark, GIS i Danmark 2.

Ramhøj, Lars, 1997a, Kommentar til Staunskjærs forslag om at udelukke hævde i visse tilfælde, Landinspektørens Meddelelsesblad, 5/3.1997.

Ramhøj, Lars, 1997b, Kommentar til Per Als's indlæg om hævde, tekniske forteelser og landinspektørprofessionens interesser, Landinspektørens Meddelelsesblad, 5/5.1997.

Ramhøj, Lars, Matrikulær sagsudarbejdelse, 1999.

Stampe, Mia, GPS, GLONASS og GNSS. Tilgængelig World Wide Web:

URL:[http://gammel.rummet.dk/4\\_DanskIndsats/GPS-intro/GPS-GLONASS/body\\_gps-glonass.html](http://gammel.rummet.dk/4_DanskIndsats/GPS-intro/GPS-GLONASS/body_gps-glonass.html)

(Besøgt 1/6 2003)

Sørensen, Esben Munk, 2001, Globale Positionerings Systemer - 2000, Landinspektøren Nr. 1-01.

Villadsen, Sigvard Stampe og Madsen, Kurt, 2002, RTK test udført ved Kort og Matrikelstyrelsen. Tilgængelig World Wide Web:

URL:[http://www.kms.dk/referencenet/RTKsamlerap/RTKtest\\_samlerapport.pdf](http://www.kms.dk/referencenet/RTKsamlerap/RTKtest_samlerapport.pdf)

(Besøgt 23/3 2003)

#### **Internetadresser:**

GPSnet.dk1, Om GPS.net. Tilgængelig World Wide Web:

URL:<http://www.gpsnet.dk/omgpsnet.php>

(Besøgt d. 20/3 2003)

GPSnet.dk2, Dækningskort. Tilgængelig World Wide Web:

URL:<http://www.gpsnet.dk/daekning.php>

(Besøgt d. 12/3 2003)

GPSnet.dk3, Idéen bag GPSnet.dk er enkel - VRS er genialt. Tilgængelig World Wide Web:

URL:<http://www.gpsnet.dk/VRSteknik.php>

(Besøgt 23/3 2003)

GPS-Referencen1, Bagom teknikken i GPS-Referencen, Tilgængelig World Wide Web:

URL:[http://www.gps-referencen.dk/support/teknikken\\_bag.htm](http://www.gps-referencen.dk/support/teknikken_bag.htm)

(Besøgt d. 4/3 2003)

GPS-Referencen2, Vedtægter for andelsselskabet GPS-referencen A.m.b.a. Tilgængelig World Wide Web:

URL:<http://www.gps-referencen.dk/andelsforeningen/information/vedtaegter.htm>

(Besøgt d. 10/3 2003)

GPS-Referencen3, Stationsdata – GPS-Referencen. Tilgængelig World Wide Web:

URL:<http://www.gps-referencen.dk/maaledata/index.htm>

(Besøgt 5/3 2003)

GPS-Referencen4, Nyhed – Landsdækkende GPS-Reference. Tilgængelig World Wide Web:

URL:[http://www.gps-referencen.dk/andelsforeningen/nyheder/nyhedsbrev\\_1.htm](http://www.gps-referencen.dk/andelsforeningen/nyheder/nyhedsbrev_1.htm)

(Besøgt 15/3 2003)

GPS-Referencen5, GPS - Solpletaktivitet. Tilgængelig World Wide Web:

URL:[http://www.gps-referencen.dk/brugerservice/solplet\\_aktivitet.htm](http://www.gps-referencen.dk/brugerservice/solplet_aktivitet.htm),

(Besøgt 16/5 2003)

KMS, Kort & Matrikelstyrelsen, Det digitale Matrikelkort – Ajourføringsvejledning. Tilgængelig World Wide Web:

URL:<http://www.plf.dk/ajourvej/>

(Besøgt d. 10/4 2003)

KMS 1, Kort & Matrikelstyrelsen, Nyt 3D fikspunktnet. Tilgængelig World Wide Web:

URL:[http://www.kms.dk/C1256AED004E87BA/\(AllDocsByDocId\)/0206D7A1555C735DC1256BC7002A5A51?open&page=referencenet&omr=ERVGRUNDLAG](http://www.kms.dk/C1256AED004E87BA/(AllDocsByDocId)/0206D7A1555C735DC1256BC7002A5A51?open&page=referencenet&omr=ERVGRUNDLAG)

(Besøgt d. 22/4 2003)

KMS 2, Kort & Matrikelstyrelsen, De nye kortprojektioner. Tilgængelig World Wide Web:

URL:[http://www.kms.dk/C1256AED004E87BA/\(AllDocsByDocId\)/295C9FFE1B537789C1256BC600407E59?open&page=referencenet&omr=ERVGRUNDLAG](http://www.kms.dk/C1256AED004E87BA/(AllDocsByDocId)/295C9FFE1B537789C1256BC600407E59?open&page=referencenet&omr=ERVGRUNDLAG)

(Besøgt d. 26/4 2003)

KMS 3, Kort & Matrikelstyrelsen, GALILEO. Tilgængelig World Wide Web:

URL:[http://www.kms.dk/C1256AED004E96E3/\(AllDocsByDocId\)/979F1E5603858A40C1256BBC0046DA98?open&omr=FORSK\\_OMRAADER](http://www.kms.dk/C1256AED004E96E3/(AllDocsByDocId)/979F1E5603858A40C1256BBC0046DA98?open&omr=FORSK_OMRAADER)

(Besøgt 22/5 2003)

KMS 4, Kort & Matrikelstyrelsen, GALILEO – nyt satellitsystem på vej. Tilgængelig World Wide Web:

URL:[http://www.kms.dk/C1256ADF004C9677/\(AllDocsByDocId\)/07A2B6BD320F0196C1256BC1003EFD1B?open&omr=OMNYHEDSARKIV](http://www.kms.dk/C1256ADF004C9677/(AllDocsByDocId)/07A2B6BD320F0196C1256BC1003EFD1B?open&omr=OMNYHEDSARKIV)

(Besøgt 5/6 2003)

KMS 5, Kort & Matrikelstyrelsen, Referencenet. Tilgængelig World Wide Web:

URL:[http://www.kms.dk/C1256AED004E87BA/\(AllDocsByDocId\)/9D5208D9BD E7CCC3C1256BC6004E1F90?open&omr=ERVGRUNDLAG](http://www.kms.dk/C1256AED004E87BA/(AllDocsByDocId)/9D5208D9BD E7CCC3C1256BC6004E1F90?open&omr=ERVGRUNDLAG)

(Besøgt 1/4 2003)

PM-ESIP center. Tilgængelig World Wide Web:

URL:<http://pm-esip.msfc.nasa.gov/images/hydro/utmmmap-541x286.gif>

(Besøgt 18/5 2003)

Rådet 1, Rådet for Danmarks Geografiske Referencenet, Godkendt referat fra det 38. møde. Tilgængelig World Wide Web:

URL:<http://www.kms.dk/referencenet/PT38REF.htm>

(Besøgt d. 4/3 2003)

Rådet 2, Rådet for Danmarks Geografiske Referencenet. Tilgængelig World Wide Web:

URL:[www.kms.dk/referencenet/](http://www.kms.dk/referencenet/)

(Besøgt d. 24/3 2003)

Rådet 3, Rådet for Danmarks Geografiske Referencenet, Det sker i rådet. Tilgængelig World Wide Web:

URL:<http://www.kms.dk/referencenet/PS03SKE.htm>

(Besøgt d. 27/03 2003)



Rådet 4, Rådet for Danmarks Geografiske Referencenet, Rapport fra arbejdsgruppen om design af ny kortprojektion til EUREF89. Tilgængelig World Wide Web:

URL:<http://www.kms.dk/referencenet/PTag1ske.HTM>

(Besøgt d. 22/3 2003)

Rådet 5, Rådet for Danmarks Geografiske Referencenet, Godkendt referat fra det 30. møde. Tilgængelig World Wide Web:

URL:<http://www.kms.dk/referencenet/PT30REF.htm>

(Besøgt 28/3 2003)



# Bilag

B1 MEDLEMMER AF RÅDET

B2 MIA

B3 NØJAGTIGHED OG PRÆCISION

B4 EKSEMPLER PÅ 1. OG 2. GANGS PUNKTER

B5 TRANSFORMATIONSFORMEL



**B1 MEDLEMMER AF RÅDET**

|                   |                               |  |
|-------------------|-------------------------------|--|
| <b>Medlemmer:</b> | Svend Åge Sørensen            | Amtsrådsforeningen   |
|                   | Asger Sonne Krisensen         | Den danske Landinspektørforening                           |
|                   | Jørgen Eeg                    | Farvandsvæsenet  |
|                   | Jesper Kristensen             | Fællesudvalget vedrørende<br>Ledningsejersamarbejde (FULS) |
|                   | Claudio Pannicelli            | Kommunalteknisk Chefforening                               |
|                   | Olav Nørgaard                 | Københavns og Frederiksberg kommu-<br>ner                  |
|                   | Niels J. Vinther              | Private opmålingsfirmaer                                   |
|                   | Torben Weinkouff<br>Rasmussen | Vejdirektoratet  |
| <b>Formand:</b>   | S. Stampe Villadsen           | Kort & Matrikelstyrelsen                                   |
|                   | Per Knudsen                   | Kort & Matrikelstyrelsen                                   |
| <b>Sekretær:</b>  | Lolita Bahl                   | Kort & Matrikelstyrelsen                                   |



## **B2 MIA**

Følgende beskrivelse af MIA er et uddrag af programmets onlinemanual, som den er tilgængelig på landinspektørstudiet, Aalborg Universitet.

### **B2.1 Om MIA**

MIA, Det Matrikulære Informations- og Ajourføringssystem, er et nyt windows baseret program, der vil gøre det nemmere at udarbejde matrikulære dokumenter, og som vil lette adgangen til ajourførte data.

Den nærværende version 1. af MIA, blev i februar 2000, lanceret på Landinspektørforeningens årlige faglige møde på Hotel Nyborg Strand.

Konceptet og systembeskrivelsen for MIA er udviklet i et samarbejde mellem Praktiserende Landinspektørers Forening, kommunale repræsentanter og Kort & Matrikelstyrelsen.

Programudviklingen er foretaget af LEC i Risskov. Landinspektørfirmaet Nellemann & Bjørnkjær I/S i Aalborg og Informi GIS i Lyngby har medvirket ved udviklingen.

### **Baggrund og formål**

MIA er udsprunget af den teknologiske udvikling. Dette gælder bl.a. indenfor Internetteknologi og kommunikation, PC og software og indenfor GIS, hvor de offentlige registre indenfor ejendomsdataområdet spiller en væsentlig rolle. De tre store registre i Kort & Matrikelstyrelsen, som danner grundlag for de matrikulære registreringer er blevet moderniseret og alle er således konverteret til digital form. Det er matrikelregisteret, matrikelkortet og fikspunktsregisteret.

Ligeledes har den teknologiske udvikling hos landinspektøren medført, at stort set alle de data, der indgår i udarbejdelsen af de matrikulære sager, i dag udarbejdes på digital form.

Indenfor IT området, med bl.a. Internettets stigende udbredelse, har datatransmission udviklet sig til at blive en meget væsentlig måde at udveksle digitale dokumenter og data.

Derfor har det været nærliggende at ændre den hidtidige analoge kommunikation mellem praktiserende landinspektører, kommuner og Kort & Matrikelstyrelsen således, at denne også bliver digital. Det er i længden ikke fornuftigt, at landinspektører udarbejder sine data digitalt, derefter udskriver dem og sender dem til Kort & Matrikelstyrelsen, som derefter inddaterer data igen.

I overensstemmelse med regeringens IT-politik og Kort & Matrikelstyrelsens ønsker om samordning mellem udstykningsprocessens parter, har Kort & Matrikelstyrelsen ønsket at skabe en øget automatisering i den matrikulære proces.

Ved en øget automatisering vil som nævnt kunne undgås dobbeltindtastninger og heraf følgende fejl og misforståelser. Endvidere vil en automatisering give mulighed for indførelse af systematiske kontroller, der ligeledes vil kunne medvirke til at reducere antallet af fejl.

Indførelse af elektroniske dokumenter vil desuden medvirke til at skabe elektroniske arkiver med de fordele disse medfører i form af øget tilgængelighed og pladsbesparelser.

I den foreliggende version af MIA er det således muligt at overføre data vedrørende måleblade, skematisk redegørelse, indlægningkort og ændringskort på digital form. Det er endvidere muligt at overføre det nødvendige grundlag for udarbejdelsen af den enkelte matrikulære sag fra Kort & Matrikelstyrelsen på digital form, ved at gøre brug af Internetteknologi. Endelig vil der, udover de nævnte digitale dokumenter, skulle overføres de nødvendige transaktionsdata fra MIA til ajourføring af de relevante registre i Kort & Matrikelstyrelsen.

Det er med andre ord den tekniske side af en matrikulær sag, der med MIA er blevet digitaliseret.

Arbejdet med en modernisering af udstykningsprocessen startede med, at "Samordningsudvalget for ejendomsdata" i marts 1989 besluttede at nedsætte "Arbejdsgruppen vedrørende registeranvendelse og registrering af ejendomsdata i udstykningsprocessen". Arbejdet resulterede i en rapport fra november 1992, hvori gruppen foreslog nogle yderligere undersøgelser. Til at følge op på dette arbejde, blev der i februar 1994 nedsat "Styregruppen vedr. administrative og matrikulære tekniske ændringer i ejendomsdannelsesprocessen". Samtidig blev der nedsat to arbejdsgrupper "Administrationsgruppen" og "Registergruppen", som her kom med en rapport i henholdsvis marts 1995 og december 1996.

Efter at det blev besluttet at sætte udviklingen af MIA i gang, nedsatte Kort & Matrikelstyrelsen "Koordinationsgruppen vedr. modernisering af udstykningsprocessen" som igen nedsatte "Projektgruppen vedr. modernisering af udstykningsprocessen". "Projektgruppen vedr. modernisering af udstykningsprocessen" har bl.a. haft til opgave at udarbejde den kravsspecifikation, der ligger til grund for den udformning MIA har fået. I denne gruppe har udover repræsentanter fra Kort & Matrikelstyrelsen ligeledes siddet repræsentanter for PLF og kommunerne.

## **Systemoversigt**

MIA består af en model for den digitale kommunikation mellem parterne, en fysisk udformning af kommunikationen og en række applikationer til at udføre de funktioner, som systemet skal kunne håndtere.

Den centrale del i MIA er en samling applikationer, som står for import, bearbejdning, udskrift, lagring og eksport af data samt en sagsdatabase, som, når sagen er færdigudarbejdet, indeholder alle data vedr. den tekniske sagsbehandling.

## **MIA hos landinspektøren**

Hos landinspektøren oprettes sagsdatabasen i forbindelse med oprettelse af en ny sag. Landinspektøren indtaster oplysninger om sagens parter og landinspektørkode.

Fra MIA er det muligt at kalde op til distributionsserveren hos KMS og foretage aktuelle forespørgsler på sammenhørende matrikelkort- og matrikelregisterdata for de ejendomme, som skal indgå. Disse data til brug for udarbejdelsen af en matrikulær sag, kan herefter hjem-



tages fra den webside, hvor kommunikationen med distributionsserveren foregår, og overføres til landinspektørens sagsdatabase.

MIA kan danne DSFL-filer til eksport af data til landinspektørens CAD-programmer. Efter at landinspektøren i CAD-programmet har behandlet det digitale matrikelkortudsnit, kan MIA importere DSFL-filen med matrikelkortet, som er blevet oprettet, tilpasset og suppleret med nye skel.

MIA kan endvidere importere en DSFL-fil med den nødvendige måling til udfærdigelse af et måleblad.

MIA sammenknytter kortdata og registerdata, og programmet kommer automatisk med forslag til fordeling af arealer på lodder for de matrikelnumre, som består af flere lodder.

MIA indeholder de typer af matrikulære ændringer, der kan benyttes jf. ”Bekendtgørelse om matrikulære arbejder”. Det vil sige, at landinspektøren kan vælge den nødvendige ændring og knytte den direkte til kortet. Landinspektøren kan f.eks. definere hvilke skel, der skal forsvinde eller opstå og hvilke arealer, der skal flyttes eller ændre status.

Efterhånden som landinspektøren definerer de matrikulære ændringer, som en sag skal indeholde, gemmes sagens data i MIA’s sagsdatabase. Samtidig danner MIA et forslag til skematisk redegørelse, som vises på skærmen og kan udskrives. Desuden kan MIA selv danne ændringskortet, som kan vises på skærmen og udtegnes.

MIA kan danne et måleblad ud fra en importeret DSFL-fil, som importeres fra et CAD-program. Målebladet kan ligeledes vises på skærmen og udtegnes. Endvidere kan MIA danne et fuldstændigt indlægningskort.

Når landinspektøren ønsker at sende en sag til behandling i kommunen, kan han skrive en ansøgning og vedhæfte ændringskort, måleblad og skematisk redegørelse på digital form og fremsende disse pr. e-mail. Dokumenterne kan ligeledes udskrives og fremsendes analogt.

Endelig kan sagens data sendes til Kort & Matrikelstyrelsen med elektronisk post. Af hensyn til landinspektørens underskrift, vil det indtil videre være nødvendigt, at landinspektøren ligeledes fremsender dokumenterne på analog form.

Gennem hele etableringsfasen og inden fremsendelse til Kort & Matrikelstyrelsen foretages der kontroller på data, således at der opnås den størst mulige sikkerhed mod fejl.

### **MIA hos KMS**

Når andre høringer er foretaget og sagen er klar til indsendelse til Kort & Matrikelstyrelsen, giver landinspektøren MIA besked om at sende data til Kort & Matrikelstyrelsen. Dette sker ved at et relevant udtræk af den etablerede sagsdatabase i MIA, overføres til en sagspakke, som sendes til Kort & Matrikelstyrelsen.

I Kort & Matrikelstyrelsen overføres data til MIA, hvorfra de relevante dokumenter kan genereres og den sædvanlige revision af sagen kan foretages.

Når sagen er fundet fri for fejl og den formelle og tekniske sagsbehandling kan afsluttes, forsynes skematisk redegørelse med nye matrikelnumre for senere udskrifter.

Når sagen kan approberes, overføres data fra KMS's MIA klient til det eksisterende sagsbehandlingssystem. Hos KMS ligger matrikelregisteret i et system kaldet SIM (Sagsbehandlings og Informationssystem for Matrikelregister) og matrikelkortene i et system kaldet MK/2. MIA klienten danner inddata til SIM og MK/2 af de administrative data og kortdata fra sagsdatabasen.

Sagsdatabasen lagres hos Kort & Matrikelstyrelsen. Måledata lagres i et måledataarkiv.

SIM er det system, som benyttes i KMS til behandling og registrering af matrikulære ændringer fra landinspektører. Formatet består af et antal lodder, der hver især angiver en handling (funktion). Dette kunne være en handling som "arealoverførsel til matrikelnummer" som oversættes "AOF". På denne måde har alle de mulige handlinger en tilsvarende kode.

MK/2 er det system som KMS bruger til at håndtere det digitale matrikelkort.

### **MIA hos kommunen**

Når landinspektøren ønsker at sende en sag til behandling i kommunen, kan han skrive en ansøgning og vedhæfte ændringskort, måleblad og skematisk redegørelse på digital form. Kommunen kan vælge at behandle sagen digitalt eller udskrive dokumenterne og behandle sagen analogt.

Hvis kommunen ønsker det, kan landinspektøren fra MIA selv udskrive dokumenterne og fremsende disse på traditionel vis.

Kommunen får ligeledes mulighed for at få leveret et indlægningskort, hvor der sammen med de digitale kortdata er mulighed for at tilføje en ajourføringspolygon til brug for ajourføring af kommunens eget kopi af matrikelkortet med bl.a. foreløbige skel.

### B3 NØJAGTIGHED OG PRÆCISION

Formler for nøjagtighed og præcision [Villadsen og Madsen, 2002].

Middel: 
$$d\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (dX_i)$$

Hvor n er antallet af koordinatdifferenser.

Variation af differenserne omkring *sand* værdi (nøjagtighed):

$$RMS_{-dX} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (dX_i)^2}$$

Variation af differenserne omkring *middelværdi* (præcision):

$$\sigma_{dx} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (dX_i - d\bar{X})^2}$$

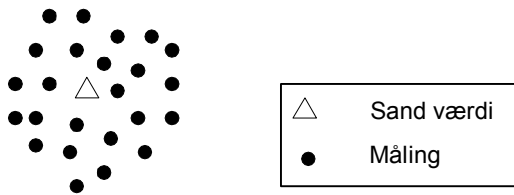
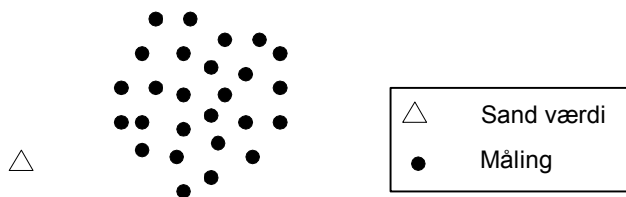
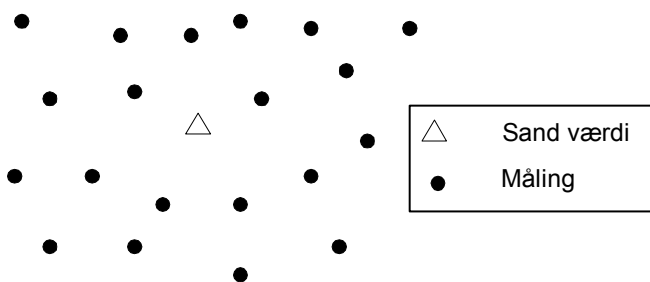
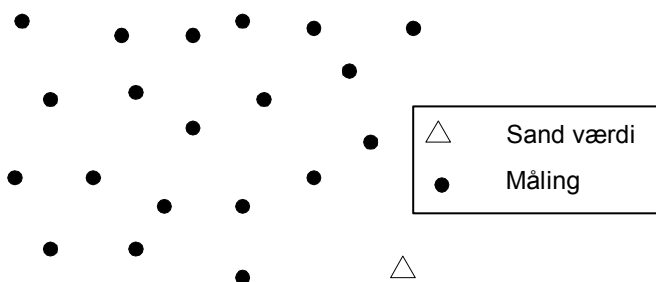
Cirkelradius fra *sand* værdi hvor 95% af målingerne ligger indenfor (2RMS).

$$R95 = 1,96 \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (dX_i)^2}$$

Cirkelradius fra *middelværdi* hvor 95% af målingerne ligger indenfor (2 $\sigma$ ).

$$R95_{mid} = 1,96 \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (dX_i - d\bar{X})^2}$$

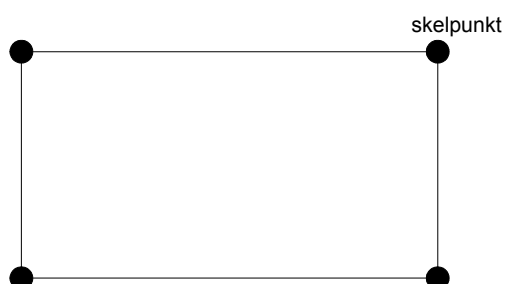
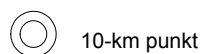
Nedenfor er illustreret forskellen på nøjagtighed og præcision.

**Høj nøjagtighed og høj præcision****Lav nøjagtighed og høj præcision****Høj nøjagtighed og lav præcision****Lav nøjagtighed og lav præcision**

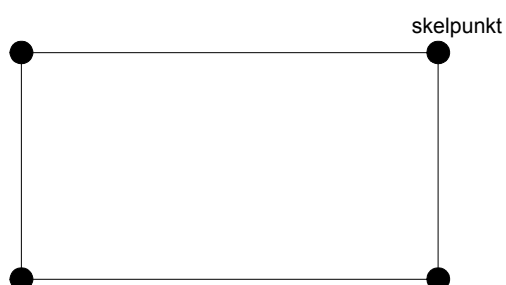
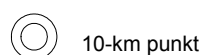
## B4 EKSEMPLER PÅ 1. OG 2. GANGS PUNKTER

Nedenfor er illustreret en række eksempler på, hvad der betegnes som henholdsvis 1. og 2. gangs punkter. De nye skelpunkter er kendetegnet ved en sort dulle.

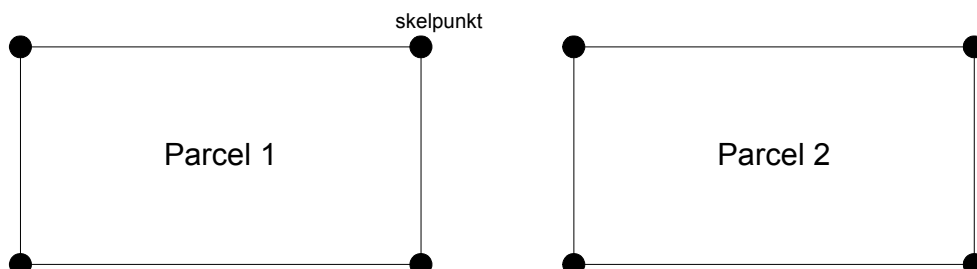
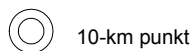
### 1. gangs punkter:



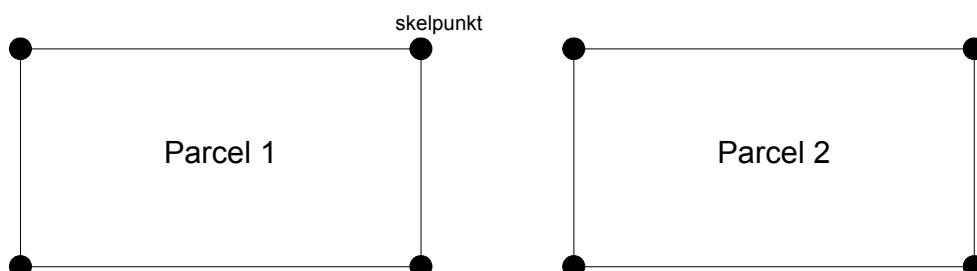
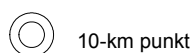
**Situation 1:** Skelpunkterne er indmålt med GPS med direkte tilknytning til det overordnede net (direkte systemtilknytning). Punkterne vil være 1. gangs punkter.



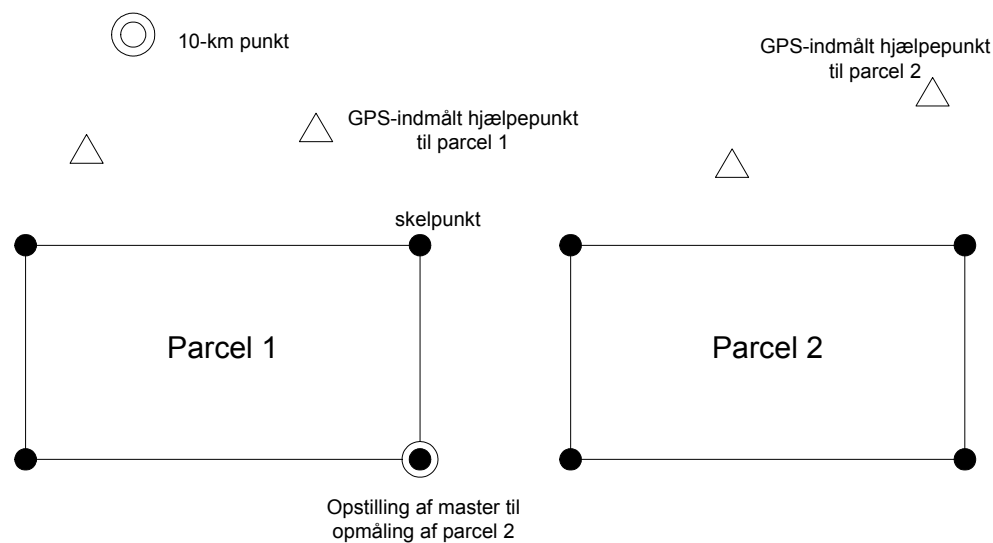
**Situation 2:** Skelpunkterne er indmålt med totalstation på baggrund af hjælpepunkter, som er knyttet direkte op på det overordnede net (indirekte primær systemtilknytning). Punkterne vil være 1. gangs punkter.

**2. gangs punkter:**

**Situation 3:** Parcel 2 er indmålt ved en indirekte systemtilknytning til parcel 1, som er indmålt ud fra situation 1. Da skelpunkterne i parcel 2 er knyttet op på 1. gangs skelpunkter, vil det resultere i 2. gangs punkter for parcel 2 (sekundær systemtilknytning).



**Situation 4:** Parcel 2 er indmålt ved en indirekte systemtilknytning til parcel 1, som er indmålt ud fra situation 2. Da skelpunkterne i parcel 2 er knyttet op på 1. gangs skelpunkter, vil det resultere i 2. gangs punkter for parcel 2 (sekundær systemtilknytning).



**Situation 5: Parcel 2 er indmålt ved en indirekte systemtilknytning til parcel 1, som er indmålt ud fra situation 2. Der er indmålt hjælpepunkter til parcel 2 med GPS, hvorpå der er tilknyttet terrestrisk måling. Da skelpunkterne i parcel 2 er knyttet op på 1. gangs skelpunkter, vil det resultere i 2. gangs punkter for parcel 2 (sekundær systemtilknytning).**

Teoretisk set er situation 3 den samme som situation 2, men punkterne vil have en lavere status. Forskellen på de to situationer vil være at situation 2 er målt ind ved en sammenhængende måling til det overordnede net, hvor hjælpepunkterne er indmålt og anvendt i samme sag, hvorimod der ved situation 3 kan være gået flere år fra parcel 1 er blevet opmålt. Målingen vil da blive hæftet op på gamle punkter (typisk skelrør), der sandsynligvis ikke længere står med tilsvarende nøjagtighed som de er målt.





## B5 TRANSFORMATIONSFORMEL

Formlen for residualspredning i GeoCad:

$$X' = X + \frac{\sum_{i=1}^K \left( \left( \frac{W_i}{R_i^{\text{exp}}} \right) \cdot \left( 1 - \frac{R_i}{R} \right) \cdot rx_i \right)}{\sum_{i=1}^K \left( \frac{W_i}{R_i^{\text{exp}}} \right)}$$

og tilsvarende for Y.

|                 |   |
|-----------------|---|
| X'              | Nytransformeret X-koordinat   |
| X               | Transformeret koordinat uden residualspredning  |
| K               | Antal af benyttede fællespunkter i transformationen   |
| R <sub>i</sub>  | Afstand fra X til det i'te fællespunkt, hvis R <sub>i</sub> =0 sættes R <sub>i</sub> =0,00000000000000000001                      |
| exp             | Brugerdefineret exponent til R <sub>i</sub> . Des større exponent des længere ud får residuallet indflydelse på X'                |
| R               | Største afstand fra det i'te fællespunkt til alle benyttede fællespunkter. Hvis R <sub>i</sub> /R bliver større end 1 sættes X'=X |
| rx <sub>i</sub> | Residuallet i X-retningen efter transformationen i det i'te punkt   |
| W <sub>i</sub>  | Vægt, som blev benyttet ved transformation af det i'te fællespunkt  |



# Appendiks

A1 GALILEO

A2 DATUM OG KORTPROJEKTIONER

A3 TRANSFORMATIONSANGEN MELLE  
STEM 34 OG UTM/EUREF89



## A1 GALILEO<sup>1</sup>

Den 26. marts 2002 vedtog EU's ministerråd at igangsætte udviklingen af GALILEO – et europæisk civilt globalt satellit-navigationssystem (GPS-system), som vil bestå af 30 satellitter i kredsløb om Jorden i en afstand af 23.616 km fordelt i tre planer med en inklinations på 56 grader. GALILEO er designet til at give en bredere dækning på de høje breddegrader. Systemet skal anvende samme tid (UTC) og referenceramme (ITRF) som kendes fra det amerikanske GPS-system NAVSTAR. Nøjagtigheden vil være sammenlignelig med NAVSTAR, men systemet vil være mere pålideligt. I projektet er GPS ensbetydende med det amerikanske NAVSTAR. Derfor er beskrevet definitionerne på henholdsvis GPS og GNSS.

### GPS

GPS står for "Global Positioning System". Et sådant system består af 3 elementer: et rumelement, et kontrolelement og et brugerelement. Rumelementet er et antal satellitter, der kredser omkring Jorden. Kontrolelementet er de stationer på Jorden, som styrer og overvåger satellitterne, og brugerelementet er de forskellige former for GPS-modtagere.

GPS består i dag af både det amerikanske NAVSTAR- og det russiske GLONASS-system, men bruges i daglig tale kun om det amerikanske system, da det er det lettest tilgængelige system. I fremtiden vil følgende systemer være til rådighed:

- NAVSTAR
- GLONASS
- GALILEO

[Stampe]

### GNSS

Global Navigation Satellite Systems. Dette er ikke et GPS-system i sig selv, men en fællesbetegnelse for den type systemer der bruger satellitter til udsendelse af navigationssignaler. NAVSTAR og GLONASS hører ind under denne betegnelse, hvorunder også GALILEO vil høre under. [Stampe]

---

<sup>1</sup> Appendikset bygger på [KMS 3 og KMS 4]

### **Formål med GALILEO**

Der er 2 hovedformål med GALILEO. Det udvikles for at få del i det store og voksende marked GNSS teknikken fører med sig, samt for at skabe et alternativt system, der er uafhængigt af de militært styrede amerikanske og russiske systemer, og hvor forsyningssikkerheden (pålideligheden) er sat i højsædet.

Der vil blive tilbudt 3 forskellige serviceniveauer:

- En gratis tjeneste til den brede befolkning,
- En abonnements-tjeneste for kommercielle brugere og
- En eksklusiv tjeneste med særlig høj forsyningssikkerhed.

### **Tidsplan**

Udviklingsfasen rækker frem til 2005 og dækker både den endelige specifikation af systemet samt bygning af satellitter, jordstationer og modtagere. Fra 2004 testes en prototype af systemet bestående af få satellitter og en minimal infrastruktur på Jorden. Erfaringer fra disse tests skal udnyttes i den endelige udvikling og bygning af systemets komponenter. Efter planerne vil GALILEO blive etableret i 2006-2007, og ventes klar til brug til opmåling og navigation i 2008.

### **Integrationen**

Det forventes at GALILEO bliver integreret med GPS i fremtidens måleinstrumenter, og at rutiner i dataindsamling og -bearbejdning vil blive fælles. GALILEO forventes således at blive integreret i opmålingssystemerne gennem en normal, vedligeholdelsesmæssig udskiftning af instrumenter og programmer i perioden 2006-2008. I denne periode moderniseres GPS-systemet, hvilket ligeledes kræver udskiftning af instrumenter og programmer.

## A2 DATUM OG KORTPROJEKTIONER<sup>2</sup>

### A2.1 Grundlæggende begreber

I forbindelse med GPS og kortlægning indgår en række grundlæggende begreber, som dette appendiks har til formål at skildre. Begrebsbeskrivelsen er baseret på [Madsen og Jensen, 1999].

#### Geodætisk datum

Jordens form og størrelse beskrives analytisk ved hjælp af et geodætisk datum, som består af en omdrejningsellipsoide, som er defineret ved halve storakse, fladtrykning og 3 translationsparametre, der angiver omdrejningsellipsoidens nulpunkt i forhold til Jordens tyngdepunkt.

#### Geodætisk referenceramme

Et geodætisk datum realiseres vha. en geodætisk referenceramme, som består af et sæt koordinater til fysiske stationer på et givet tidspunkt. Det kan således siges at være en mere fysisk beskrivelse af Jorden. Den tidsmæssige dimension er nødvendig at inddrage, da de fysiske stationer er placeret på forskellige kontinentplader og dermed flytter sig både absolut på jordoverfladen og relativt i forhold til hinanden. EUREF89 er et eksempel herpå, der beskriver koordinaterne til tidspunktet 1. januar 1989.

#### Geodætisk referencenet

Et geodætisk referencenet består af en række fysiske fikspunkter, der er forbundet med geodætiske observationer.

#### Kortprojektion

En kortprojektion er en todimensional (plan) afbildning af en dobbeltkrum afbildning af Jorden. Kortprojektionen skal anvendes sammen med et geodætisk datum, og mange projektioner kan anvendes sammen med flere forskellige datums.

---

<sup>2</sup> Afsnittet bygger på [Jensen og Engsager, 2001] og [Madsen og Jensen, 1999].

### Geoiden

Geoiden er en ækvipotentialflade<sup>3</sup> i Jordens potentialfelt, der er tilstræbt sammenfaldende med Jordens middelvandstand. Geoidens form afhænger af tyngdekraftens variation, som afhænger af topografien og af undergrundens massefylde. Da geoiden er en ”fysisk” flade kan den ikke beskrives analytisk, hvorfor der anvendes fysiske modeller til beskrivelse deraf. Geoiden giver således et bedre billede af Jordens faktiske form end en ellipsoide.

### Referencesystem

Referencesystemet er selve koordinatsystemet med fastlagt nulpunkt og retning af koordinataksene, hvad enten det er et koordinatsystem, der er bredt ud over Jorden, eller det er geocentrisk. Referencenettet (fikspunkter i landskabet) og referencesystemet (koordinatsystemet) danner tilsammen grundlaget for opmåling samt opbygning af kort og geodata, og dermed af Geografiske Information Systemer (GIS). [KMS 5]

## **A2.2 EUREF89 og WGS84**

WGS84 er et globalt datum, der i forbindelse med opbygningen af GPS blev defineret som et referencesystem, hvori både GPS-modtagernes og satelliternes positioner kunne repræsenteres. Det er et jordcentreret datum, hvilket vil sige at koordinatsystemets origo er tilstræbt sammenfaldende med Jordens massemidtpunkt. Koordinaterne kan angives enten som geografiske eller kartesiske koordinater.

EUREF89 er en realisering af WGS84 i Europa. WGS84 havde i sin oprindelige tilblivelse ingen fundamentalstationer i Europa. Da der var behov for at anvende GPS og dermed WGS84 i Europa, blev der fastlagt et sæt omregningsparametre, så man i Nordeuropa tilnærmet kunne omregne mellem ED50 og WGS84. Man besluttede dog at indføre en fælles europæisk referenceramme, der beskriver koordinaterne til tidspunktet 1. januar 1989 (EUREF89) for at få en bedre nøjagtighed.

*”Hidtil er WGS84 i Danmark blevet defineret ved hjælp af en transformation fra ED50. Herved var man i stand til at fastlægge koordinater i WGS84 med en nøjagtighed på 1-2 m i hver koordinat. Transformationsformlen for overgangen mellem WGS84 og ED50 blev fastlagt ved at sammenligne koordinater i ED50 med predikterede koordinater i WGS84, dvs. koordinater i WGS84 bestemt ved en indirekte metode. Med EUREF89 har vi fået mulighed for at bestemme koordinater direkte i*

---

<sup>3</sup> En flade hvor tyngdekraften er konstant. Og netop fordi tyngdekraften varierer fra sted til sted, vil en sådan ækvipotentialflade ikke være pænt ellipsoide-formet, men derimod bugte sig op og ned.



det koordinatsystem, som er knyttet til GPS. Per definition vil WGS84 derfor fremover være identisk med EUREF89. Hvilken af de 2 navne, man vil benytte, vil afhænge af sprogbrogeren i det miljø, som man arbejder i” [Borre, K., m.fl., 1996].

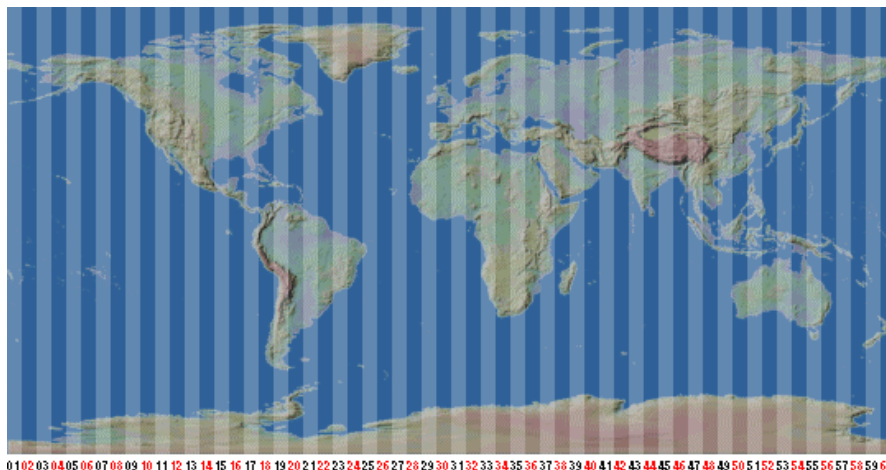
I Kort & Matrikelstyrelsen betragtes EUREF89 og WGS84 som identiske i Europa.

### A2.3 UTM<sup>4</sup>

UTM-projektionen (Universal Transverse Mercator) er en konform afbildning, hvilket vil sige, at den er lokalt vinkeltro og lokalt afstandstro.

En kortprojektion skal anvendes sammen med et datum. UTM kan anvendes sammen med både det ældre ED50 og det nyere EUREF89 datum, hvilket kan medføre noget forvirring. De topografiske kort vil fremover blive produceret i UTM (EUREF89).

Projektionens er opdelt i 60 zoner (jf. nedenstående figur), der hver spænder over 6 længdegrader.

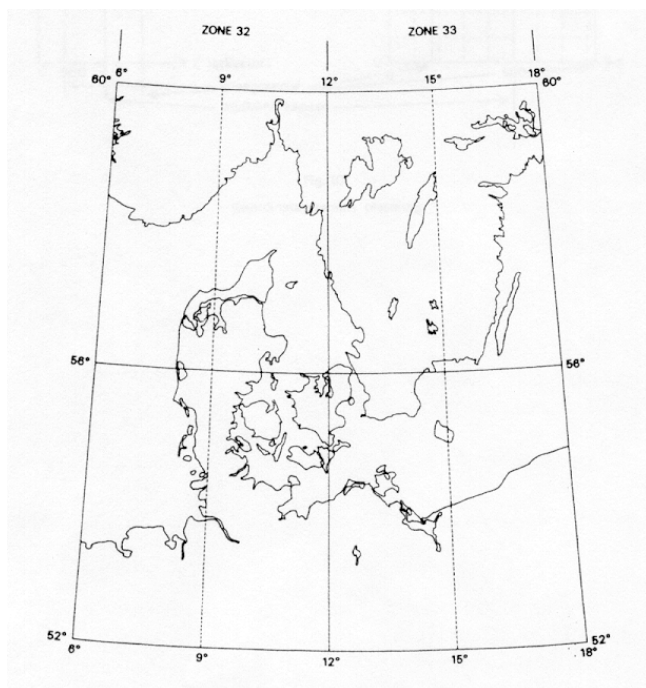


Figur A2.1: UTM's 60 zoner fordelt på kloden [PM-ESIP center].

Hver zone benævnes med zonetal – Danmark ligger i zone 32 (6-12 grader østlig længde) og 33 (12-18 grader østlig længde). Midtermeridianerne til disse to zoner er henholdsvis 9 og 15 grader østlig længde (jf. figur A2.2).

---

<sup>4</sup> Afsnittet bygger på [Jensen og Engsager, 2001] og [Hvolby, 2000].



Figur A2.2: Danmarks placering i zonerne 32 og 33 [Hvolby, 2000, side 6].

Koordinaterne i UTM angives ved Northing og Easting med angivelse af zonenummer og datum. Hver zone har sit eget koordinatsystem, hvori midtermeridianen tillægges en falsk easting på 500.000 m, og ækvator tillægges en falsk northing på 0 m for punkter på den nordlige halvkugle og en falsk northing på 10.000.000 m for punkter på den sydlige halvkugle. Dette sikrer positive koordinatværdier og mindsker forvirring nær ækvator.

Skalaforholdet ved midtermeridianerne er 0,9996, hvilket vil sige en afstandskorrektion på –40 cm pr. km fra den dobbeltkrumme overflade til projektionen.

Skalaforholdet beregnes således:

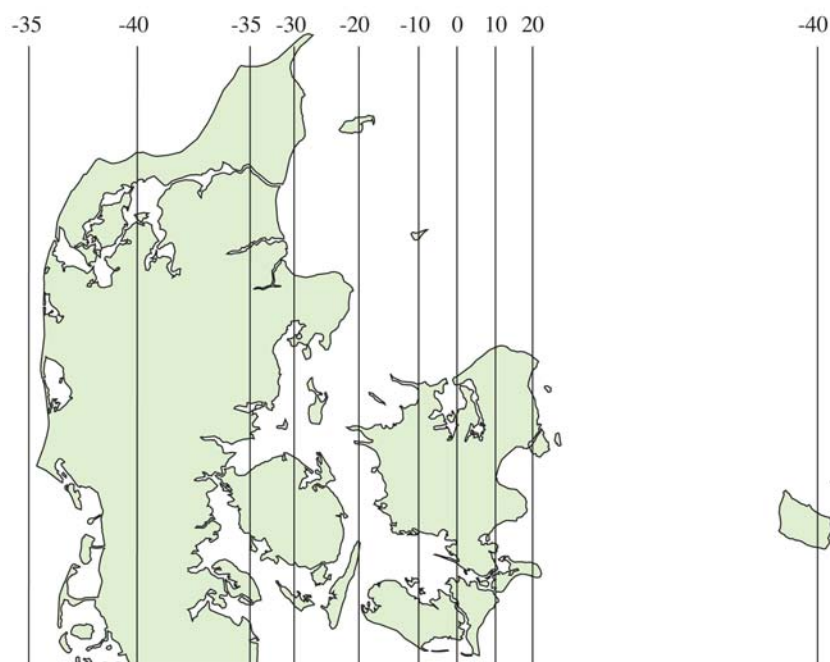
$$M = \frac{0,9996}{\cos\left(\frac{E - 500}{R}\right)}$$

hvor

$E$  = Easting-koordinaten, indsættes i [km]

$R$  = jordradien sættes til 6.378 km.

På figur A2.3 ses afstandskorrekktionerne ved UTM-projektionen i Danmark.



**Figur A2.3: Afstandskorrektion i cm pr. km i henholdsvis UTM32 (EUREF89) og UTM33 (EUREF89) [KMS-2].**



## **A3 TRANSFORMATIONSANGANGEN MELLEM SYSTEM 34 OG UTM/EUREF89**

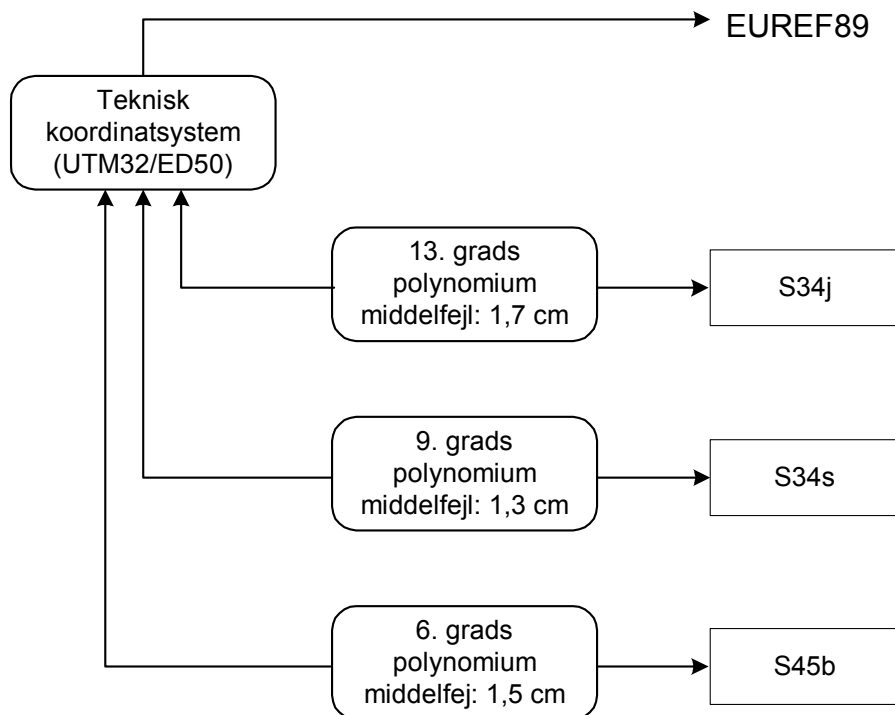
Appendikset har til formål at gennemgå de omregningstrin KMS anvender ved transformationen fra System 34 til UTM/EUREF89. Appendixet bygger dels på [Jensen, 1998], [Jensen og Engsager, 2001], [Jensen, 2001] samt [Hvolby, 2002] og dels på e-mailudveksling med KMS.

Da System 34 ikke kan beskrives analytisk, er det ikke muligt at lave en omregning til UTM/EUREF89, som kan beskrives vha. lukkede udtryk, og som samtidig giver en tilfredsstillende nøjagtighed. Omregningen foretages derfor som en prediktion og foregår ved brug af polynomier.

Beregningsgangen forløber som følgende:

1. System 34/45 => UTM32/ED50 (teknisk koordinatsystem).
2. UTM32/ED50 (teknisk koordinatsystem) => geografiske koordinater (teknisk koordinatsystem).
3. Geografiske koordinater (teknisk koordinatsystem) => kartesiske koordinater (teknisk koordinatsystem).
4. Kartesiske koordinater (teknisk koordinatsystem) => kartesiske koordinater (EUREF89).
5. Kartesiske koordinater (EUREF89) => geografiske koordinater (EUREF89).
6. Geografiske koordinater (EUREF89) => UTM32/EUREF89 eller UTM33/EUREF89.

Dette er forsøgt illustreret vha. figur A3.1 og A3.2.



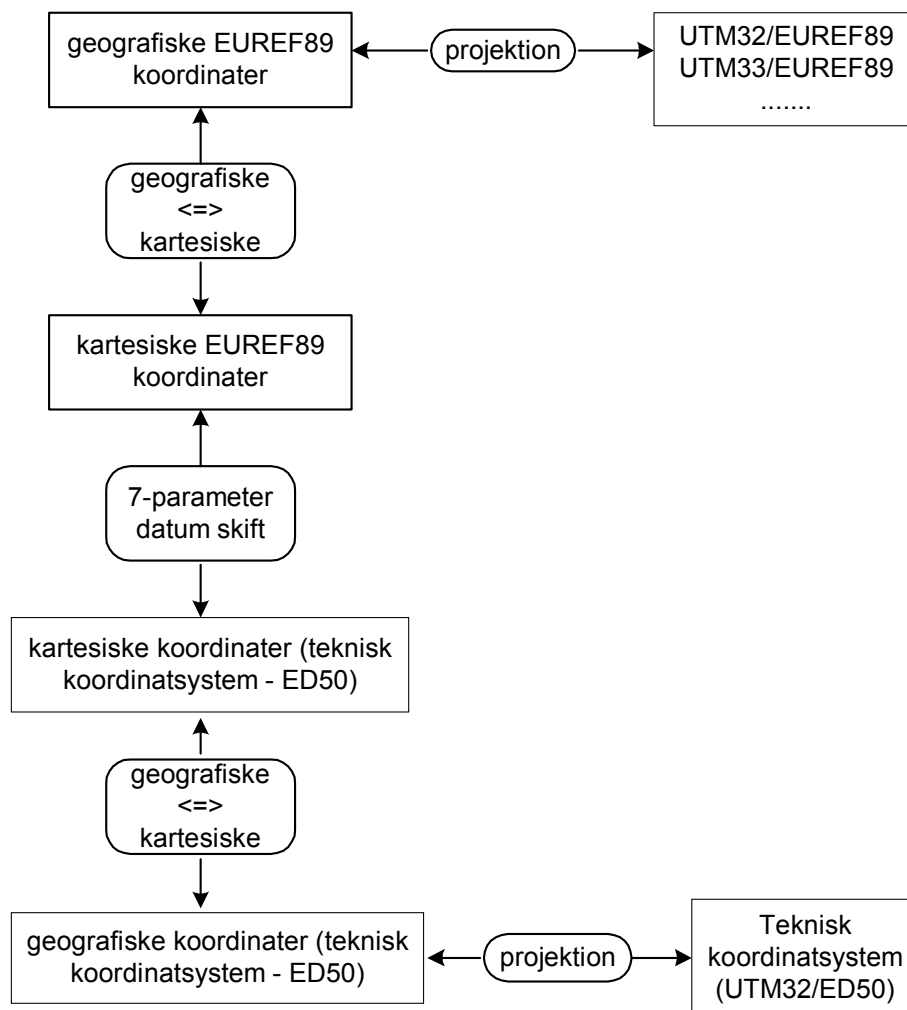
**Figur A3.1: Transformationsgangen mellem System 34 og EUREF89 [mail KMS].**

Transformationen mellem System 34 og EUREF89 bygger KMS på et teknisk koordinatsystem, hvori Hayford ellipsoiden benyttes (som i ED50) samt et sæt polynomietransformationer.

### Teknisk koordinatsystem

EUREF89 og ED50 er begge defineret på grundlag af geodætiske observationer mellem fundamentalstationer. Men mens EUREF89 observationerne er foretaget med de mest moderne opmålingsmetoder i de sidste få år, er ED50 observationerne foretaget gennem de sidste 70 år, hvilket har medført at ED50 indeholder væsentlige spændinger. Primært pga. denne årsag kan koordinater mellem de to systemer ikke omregnes med en tilfredsstillende nøjagtighed ved anvendelse af lukkede udtryk. Det tekniske koordinatsystem er indført for at tage højde for den 3. dimension (ellipsoideskiftet), da der transformeres mellem et todimensionalt og et tredimensionalt koordinatsystem.

Beregningsgangen er illustreret på figur A3.2.



**Figur A3.2: Beregningsgangen fra det tekniske koordinatsystem til UTM32/EUREF89 og UTM33/EUREF89 koordinater [mail KMS].**

Nedenfor beskrives beregningsgangen ved omregningen ud fra de seks opstillede punkter.

Ad 1: *System 34/45 => UTM32 (teknisk koordinatsystem).*

Denne omregning foregår på baggrund af et sæt polynomier, som er forskellig fra, hvor i landet man befinder sig (se figur A3.1).

Ad 2: *UTM32 (teknisk koordinatsystem) => geografiske koordinater (teknisk koordinatsystem).*

Omregningen er identisk med omregningen fra ”almindelig” UTM til geografiske koordinater og foretages ved en overgang til komplekse gaussiske koordinater ved en 4. ordens rækkeudviklingen, en videre overgang til gaussiske koordinater og til sidst endnu en 4. ordens rækkeudvikling til geodætiske koordinater.

Ad 3: *Geografiske koordinater (teknisk koordinatsystem) => kartesiske koordinater (teknisk koordinatsystem).*

$$X = (v + h) \cos \varphi \cos \lambda$$

$$Y = (v + h) \cos \varphi \sin \lambda$$

$$Z = (v(1 - f)^2 + h) \sin \varphi$$

Formlerne vil ikke blive yderligere uddybet, men kan ses i [Hvolby, 2002]. De anvendte parametre er Hayford ellipsoidens.

Ad 4: *Kartesiske koordinater (teknisk koordinatsystem) => kartesiske koordinater (EUREF89).*

Dette skridt består af et 7-parameter datum skift, også kaldet en 3D Helmert transformation. Parametrene (skalafaktoren, translationen og rotationen) er udledt i KMS på grundlag af de overordnede REFDK-stationer.

Ad 5: *Kartesiske koordinater (EUREF89) => geografiske koordinater (EUREF89).*

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{Z + (v \cdot f(2 - f) \cdot \sin \varphi)}{\sqrt{X^2 + Y^2}}$$

$$\lambda = \tan^{-1} \left( \frac{Y}{X} \right)$$

$$h = \sqrt{(Z + (v \cdot f(2 - f) \cdot \sin \varphi))^2 + (X^2 + Y^2)} - v$$

De anvendte parametre er GRS80 ellipsoidens, som benyttes i EUREF89.

Ad 6: *Geografiske koordinater (EUREF89) => UTM32/EUREF89 eller UTM33/EUREF89.*

Denne transformation forløber som punkt 2 blot den modsatte vej og med andre parametre.