

## Ortofoto

Søren Buch, BlomInfo A/S

*I Danmark fik ortofotos den rigtig store udbredelse og anvendelse ved Kampsax' landsdækkende digitale ortofotokortlægning fra 1996 med brug af luftfotos i farver fra 1995 og med en opløsning på 80 cm. Tidspunktet passede meget fint sammen med den teknologiske udvikling, hvor programmer og maskiner gjorde det muligt at anvende de store digitale datamængder. Tidligere var digitale ortofotos kun fremstillet i mindre omfang. Men der har dog også været fremstillet analoge ortofotos i S/H, hvor den mest kendte er Matrikeldirektoratets dækning af Fyn i slutningen af 1980'erne.*

### 1. Hvad er et ortofoto?

Ortofotos ligner umiddelbart almindelige luftfotos. Men i virkeligheden er der tale om luftfotos, der er bearbejdet, så de kan anvendes som kort, og derfor kan de også anvendes i kombination med andre kort.

Det er gjort ved:

- at ortofotoet er gjort målfast. Det vil sige, at målforholdet er konstant.
- at ortofotoet er gjort sømløst. Luftfotoene er sat sammen til et sammenhængende ortofoto og som oftest med usynlige grænser.
- at ortofotoet er indplaceret i et koordinatsystem.

For de fleste mennesker er det meget lettere at orientere sig på et luftfoto end på et kort over området. Det skyldes, at alle genstande i terrænet kan genkendes umiddelbart, uden at man har viden om kortsignaturer, målf forhold og farvekoder.

Ofte kan man benytte ortofotoet som et baggrundskort, det er let at orientere sig i. Ved at supplere med andre korttemaer kan man fremhæve og beskrive specielle temaer eller specielle områder. F.eks. kan veje og stier fremhæves, og specielle bygninger



Lokalplanforslag med ortofoto som baggrund

eller arealer kan markeres. Men ortofotoet kan også bruges som et kort til at måle afstande i, til at beregne arealer i osv. takket være målfastheden.

Og derudover kan man trække informationer ud af billedet, som ikke nødvendigvis er registreret i et almindeligt kort. Man kan foretage sin egen tolkning af luftfotoet og dermed registrere informationer i et koordinatsystem efter ens eget behov og til egne formål.

### 2. Fremstilling af ortofotos

For at producere et ortofoto, skal man gennem en række processer, der normalt vil være:

1. Flyvefotografering.
2. Scanning af fotos (ved en analog fotografering)
3. Aero-triangulation (teknik til at få bestemt billeders position og orientering i luften i optagelsesøjeblikket)
4. Etablering af en digital højdemodel (genereret ved hjælp af luftfotoene, eller dannet ud fra eksisterende kortdata). Evt. forefin-

- des der i forvejen en brugbar højdemodel.
5. Generering af ortofoto for de aktuelle fotos.
  6. S sammensætning af ortofoto-billederne fra alle fotos til et samlet ortofoto (mosaik).
  7. Farvejustering (farve- og kontrastudjævning, m.m.)

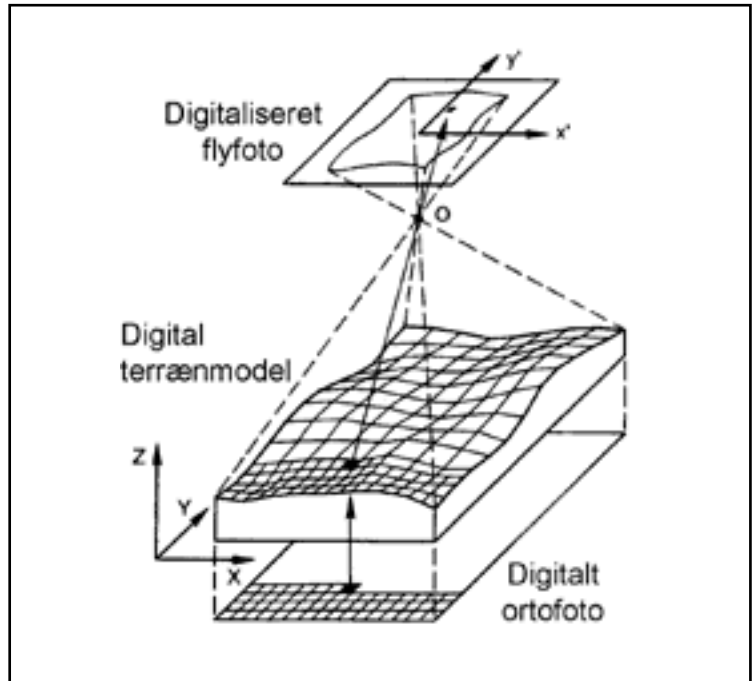
Ortofotos fremstilles ud fra en række luftfotos, der er fotograferet med overlap. Billederne bliver fotograferet i en højde, der er valgt ud fra den detaljeringsgrad (opløsning), der ønskes i det færdige ortofoto.

Såfremt man bruger digitale kameraer, vil man umiddelbart have det digitale billede som pixels med en gråtoneværdi, eller som det mest almindelige ved ortofotos, i farve med RGB værdier.

Analoge luftfotos scannes med en opløsning, der afhænger af scannerens indstilling.

Det kan f.eks. være 15  $\mu\text{m}$ , hvilket vil svare til en bestemt opløsning på jorden. Et billede fotograferet i 1:5.000 fra en flyvehøjde på 750 m og derefter scannet med en opløsning på 15  $\mu\text{m}$  vil have en opløsning på 7.5 cm, som efter bearbejdning f.eks. kan ende med et ortofoto med en opløsning på 10 cm.

En fundamental regel ved fremstilling af ortofotos er, at det færdige ortofoto ikke skal være fremstillet ud fra billeder med en dårligere opløsning end det færdige ortofoto.



Den grundlæggende forskel på et luftfoto og et ortofoto er, at et luftfoto er en centralprojektion, mens et ortofoto er en ortogonalprojektion. I en centralprojektion er alle objekterne i billedet registreret igennem ét centralt punkt, projektiionscenteret. Dette medfører, at ændringer i terrænhøjden vil give forskydninger i objekternes placering i billedet. Man skal altså have styr på terrænvariationerne, hvilket fås med en digital terrænmodel (DTM). Derudover skal man have styr på hvert luftfotos placering i optagelsesøjeblikket samt rotationer i forhold til jorden.

Når der er styr på disse forhold, kan man omdanne luftfotoet til en ortogonalprojektion, hvor alle punkter i billedet betragtes, som var de

taget lige oppe fra. Dette sikrer et ensartet målforhold, samt at variationer i højden i landskabet ikke giver fortegninger i billedet.

Til hver pixel i ortofotoet findes først højden i den digitale terrænmodel og ved brug af stråleligningerne positionen i billedet. Ved hjælp af interpolation mellem nabopixler findes gråtonen (eller intensiteter i tre grundfarver) til denne position og dermed også til pixlen i ortofotoet.

O ... projektiionscenter,  
 $x'$ ,  $y'$  ... billedkoordinater  
 XYZ ...referencekoordinater

**3. Kvaliteten af ortofotos**  
 Kvaliteten af et ortofoto kan beskrives på flere måder: Geometrisk kvalitet (nøjagtighed), aktualitet, detalje-

ringsgrad (opløsning) og visuel (radiometrisk) kvalitet.

#### *Geometrisk kvalitet*

Bestemmende for den geometriske kvalitet/nøjagtighed er især fotograferingen, orienteringen af luftfotoene og den bagvedliggende højdemodel. Ved fotograferingen er det vigtigt, at der anvendes et velegnet kamera (et målekamera), men også scanningen (ved analoge optagelser) og den software, der anvendes til beregning af ortofoto og højdemodellen, har stor betydning. Fejl i højdemodellen vil direkte forplante sig til fejl i ortofotoet.

#### *Aktualitet*

Aktualiteten sikres især ved, at der anvendes nyt billedmateriale. Ortofotos er ligesom almindelige kort "forældet" allerede den dag, de er lavet færdige. De er ikke mere opdaterede end alderen af luftfotoene, der danner grundlag for ortofotoet.

#### *Detaljeringsgrad*

Flyvehøjden, kameraets linser og scanningsopløsningen (ved analoge billeder) giver tilsammen opløsningen, hvorved forstås hvor meget en pixel svarer til på jorden, f.eks. 10 cm. Ønsker man eksempelvis at kunne se nedløbsriste i ortofotoet, er det nødvendigt med en større opløsning end hvis dette er uden betydning. Normalt regner man med, at for med sikkerhed at kunne genkende et objekt, så skal objektet have en udstrækning i størrelsesordenen ca. 3 pixel.

#### *Visuel kvalitet*

En forudsætning for en god visuel kvalitet er naturligvis, at billedmaterialet er i orden. Men også gode vilkår under fotograferingen er vigtig, og herunder ikke mindst klart vejr og, at solhøjden ikke er for lav, idet en lav solhøjde giver store slagskygger ved bygninger og andre genstande, der rager op af terrænet. Tilsvarende vil fototidspunktet (årstiden) have stor betydning for den visuelle kvalitet. Men også selve scanningen af fotoene og den software der anvendes under produktionen af ortofotoet har stor betydning for kvaliteten af det færdige ortofoto.

Det samlede ortofoto fremstilles ved sammensætning af alle de nødvendige billeder. Denne sammensætning af de enkelte ortofoto kaldes en mosaik. Det er en kompliceret proces med forskellige former for farve- og kontrasttilpasning, men resultatet har stor betydning for den visuelle kvalitet.

Vurderingen af kvalitet er meget afhængig af brugeren. Nogle brugere har brug for en stor nøjagtighed i ortofotoet og derfor en stor geometrisk kvalitet. Det kan typisk være brugere, der registrerer objekter i ortofotoet og ønsker disse registreret med en stor nøjagtighed. Andre har brug for en stor detaljeringsgrad, hvor nøjagtigheden måske ikke spiller den store rolle.

Atter andre ønsker et flot

ortofoto som baggrundskort og lægger derfor stor vægt på den visuelle kvalitet. Her vil bl.a. resultatet af en god mosaik have stor betydning.



*Ortofotomosaik før kontrast og farvetilpasning*



*Ortofotomosaik efter kontrast og farvetilpasning*

Kravene til de forskellige former for kvalitet har stor betydning for ortofotoets pris. Så afhængig af hvad ortofotoet skal bruges til, kan man vælge at få fremstillet et ortofoto tilpasset ens behov. Dette kan naturligvis være svært med de mange tekniske parametre og valgmuligheder, der indgår ved ortofotofremstilling. Derfor har Geoforum Danmark udarbejdet en "Vejledning om ortofotos", som udkom i november 2004. Den kan frit hentes på Geoforums hjemmeside [www.geoforum.dk](http://www.geoforum.dk)

#### 4. Vejledning om ortofotos

"Vejledning om ortofotos, Orto2004" er udført af en arbejdsgruppe nedsat af Geoforum. Vejledningen er udført som hjælp for brugere og rekvirenter af ortofotos. Hverken de, der anvender ortofotos, eller de der producerer dem, har hidtil haft retningslinier for hvilken kvalitet, der måtte forventes til et givet ortofoto produkt. Vejledningen knytter sig op ad Specifikationer for Tekniske Kort, TK99, således at man kan relatere de forskellige ortofotoprodukter ORTO1, ORTO2 og ORTO3 til de kendte TK99 standarder.

Vejledningen omfatter nogle generelle afsnit om ortofotos og nogle mere tekniske afsnit om vigtige processer og parametre ved ortofotofremstilling. Derudover er der f.eks. en eksempelsamling. I vejledningen gennemgås arbejdsgruppens anbefalinger til forskellige typer ortofotos og de tilhørende kvalitetskrav.

Grundlæggende beskrives 3 ortofotoklasser, og der stilles en række krav til ortofotofremstillingen med tilhørende parametre.

I tabellen på næste side er der opstillet nogle grundlæggende krav, for at man kan kalde et ortofoto ORTO3, ORTO2 eller ORTO1. Der opgives en anbefalet værdi på f.eks. en pixelstørrelse 10 cm for ORTO3, 20 cm for ORTO2 og 40 cm for ORTO1. Dertil angives mindstekravet til nøjagtigheden på højdemodel-

len på henholdsvis 25 cm, 60 cm og 175 cm, som er nøjagtighedskravet for en højdemodel for henholdsvis TK3, TK2 og TK1 i Specifikationer for Tekniske Kort, TK99. Mindstekravet på nøjagtigheden på højdemodelen er bindende, mens andre værdier kan variere. F.eks. kan det accepteres at fotografere med et andet overlap end 20%, så længe det er markeret som en alternativ valgmulighed i tabellen, men det skal af produktbeskrivelsen fremgå, hvorledes specialudgaven afviger fra den anbefalede udgave.

Når der angives eksempler på alternative valgmuligheder, er de ikke angivet i intervaller, da det kan blive lidt uoverskueligt. Når der under ORTO3 angives billedmålforholdet 1:3.000 som alternativ værdi til de anbefalede værdier 1:5.000 og 1:8.000, så kan hele skalaen fra 1:3.000-1:4.999 være alternative værdier og hele skalaen fra 1:5.000-1:8.000 være anbefalede værdier.

De alternative udgaver skal desuden overholde andre specifikke krav. Det kan således ikke accepteres, at et farvebillede i 1:5.000 der er scannet med 12 µm svarende til 6 cm, subsamples til 5 cm til ORTO3. Disse krav samt andre generelle krav gennemgås i det følgende.

#### *Krav til fotografering m.m.*

Tidspunkt for fotografering: Ortofotos uden vegetationsdækning: 15. marts – løvspring (ca. 5. maj).

Ortofotos til f.eks. vegetationsanalyser og som baggrundskort: Løvspring – 31. juli.

#### *Kameralinse*

Vidvinkel kan generelt anvendes i alle 3 klasser.

Normalvinkel kan med fordel anvendes ved fremstilling af almindelige og true ortofotos i tæt by. Men man skal være opmærksom på, at såfremt billederne også skal anvendes til almindelig kortfremstilling, kan man normalt ikke overholde TK specifikationernes krav til højdenøjagtighed.

#### *Optagelseskvalitet m.m.*

TK99 specifikationens krav om bl.a minimum 30' solhøjde. Desuden bør der være et krav om maksimal skyggedækning fra skyer på 3%. Der må ikke være områder i ortofotoet, der er dækket af skyer. Normalt skal der anvendes luftfotos optaget i farver.

#### *Billedoverlap m.m.*

Længdeoverlap og sideoverlap skal vælges til minimum 20%. Men et overlap på 25% eller 30% vil dog oftest være en fordel ved fremstilling af ortofotos. Normalt vil længdeoverlapet være 60% ved almindeligt fotogrammetrisk arbejde.

#### *Scanning*

Billederne skal så vidt muligt være fri for hår og andet snavs.

Der må ikke være striber og andre fejl fra scanningen.

Den geometriske nøjagtighed fra scanningen skal være bedre end eller lig 5 µm.

## Krav til ortofotofremstilling

 Anbefalet værdi  
 Alternative valgmuligheder inden for ortofotoklassen

| ORTO3                                |         |          |  |                          |                         |
|--------------------------------------|---------|----------|--|--------------------------|-------------------------|
| Opløsning (pixelstørrelse) i cm      | 5       | 7,5      | 10                                       |                          |                         |
| Ortofotots nøjagtighed i cm          | 10      | 20       | 30                                       |                          |                         |
| Højdemodellens nøjagtighed i cm      |         |          | 25                                       |                          |                         |
| Billedmålforhold                     | 1:3.000 | 1:5.000  | 1:8.000                                  |                          |                         |
| Scanningsopløsning i µm              |         | 7-12     | 12-18                                    | 18-25                    |                         |
| Fotograferingstidspunkt              |         |          | 15/3-løvspring<br>løvspring-31/7         |                          |                         |
| Seamlines – udjævningsmetode         |         |          | Manuel efter-<br>behandling<br>"Usynlig" | Fuldt, far-<br>veudjævn. | Ingen far-<br>veudjævn. |
| Seamlines – synlighed                |         |          |  | Næsten usynlig           | Oflest synlig           |
| Geometrisk nøjagtighed ved Seamlines | 1 pixel | 2 pixels | 3 pixels                                 |                          |                         |
| Sideoverlap 1 % (+/- 5 %)            | 30      | 25       | 20                                       |                          |                         |

| ORTO2                                |         |          |  |                          |                         |
|--------------------------------------|---------|----------|--|--------------------------|-------------------------|
| Opløsning (pixelstørrelse) i cm      | 10      | 15       | 20                                       |                          |                         |
| Ortofotots nøjagtighed i cm          | 20      | 40       | 60                                       |                          |                         |
| Højdemodellens nøjagtighed i cm      |         |          | 60                                       |                          |                         |
| Billedmålforhold                     | 1:5.000 | 1:10.000 | 1:16.000                                 |                          |                         |
| Scanningsopløsning i µm              |         | 7-12     | 12-18                                    | 18-25                    |                         |
| Fotograferingstidspunkt              |         |          | 15/3-løvspring<br>løvspring-31/7         |                          |                         |
| Seamlines – udjævningsmetode         |         |          | Manuel efter-<br>behandling<br>"Usynlig" | Fuldt, far-<br>veudjævn. | Ingen far-<br>veudjævn. |
| Seamlines – synlighed                |         |          |  | Næsten usynlig           | Oflest synlig           |
| Geometrisk nøjagtighed ved Seamlines | 1 pixel | 2 pixels | 3 pixels                                 |                          |                         |
| Sideoverlap 1 % (+/- 5 %)            | 30      | 25       | 20                                       |                          |                         |

| ORTO1                                |          |          |          |  |                          |
|--------------------------------------|----------|----------|----------|--|--------------------------|
| Opløsning (pixelstørrelse) i cm      | 20       | 25       | 30       | 40                                       |                          |
| Ortofotots nøjagtighed i cm          | 40       | 80       | 120      | 160                                      |                          |
| Højdemodellens nøjagtighed i cm      |          |          |          | 175                                      |                          |
| Billedmålforhold                     | 1:10.000 | 1:15.000 | 1:25.000 | 1:33.000                                 |                          |
| Scanningsopløsning i µm              |          |          | 7-12     | 12-18                                    | 18-25                    |
| Fotograferingstidspunkt              |          |          |          | 15/3-løvspring<br>løvspring-31/7         |                          |
| Seamlines – udjævningsmetode         |          |          |          | Manuel efter-<br>behandling<br>"Usynlig" | Fuldt, far-<br>veudjævn. |
| Seamlines – synlighed                |          |          |          |  | Næsten usynlig           |
| Geometrisk nøjagtighed ved Seamlines | 1 pixel  | 2 pixels | 3 pixels |  | Oflest synlig            |
| Sideoverlap 1 % (+/- 5 %)            | 30       | 25       | 20       |  |                          |

Dyrere ortofotos

Scanning af billeder i farver til ortofotos skal helst udføres i en opløsning med en pixelstørrelse større end eller lig 12 µm.

*Ortofotoets plane nøjagtighed*  
Ortofotoets nøjagtighed i planen skal måles i forhold til veldefinerede objekter i billedet.

Fejlbidragene kommer primært fra billedorienteringen (10 µm - 20 µm) og højdemodellen. Fejlbidraget fra højdemodellen varierer afhængig af den aktuelle pixels afstand fra nadirpunktet i det billede, hvor den er interpoleret.

Såfremt man fremstiller en højdemodel, der kun skal bruges til ortofotofremstilling, vil det være langt mere økonomisk, hvis man nøjes med at overholde den fulde nøjagtighed ved veldefinerede punkter og linier i ortofotoet frem for den fulde nøjagtighed i hele billedet. Eksempelvis vil det være helt unødvendigt med en god højdemodel for skovområder, hvor man i ortofotoet kun kan se trætoppe. Så hvis der er et krav om den fulde nøjagtighed i hele billedet skal det direkte fremgå ved bestillingen af et ortofoto.

Ellers må man forvente, at højdemodellen overholder den foreskrevne nøjagtighed i TK99 ved alle de temaer, der er beskrevet for den enkelte standard for TK1 (ved ORTO1), TK2 (ved ORTO2) og TK3 (ved ORTO3) og som skal registreres på jorden. Der ved vil der altid være en stor

overensstemmelse mellem et eventuelt teknisk kort og det tilsvarende ortofotoprodukt.

I andre områder som f.eks. i det indre af skove, store homogene marker uden hegn, brugsgrænser eller markveje vil der kunne anvendes højdemodelsmålinger med den halve nøjagtighed af hvad vejledningen siger. Dermed vil den plane nøjagtighed af ortofotoet kunne være halvt så god.

#### *Pixelstørrelse*

Pixelstørrelsen skal ses i relation til kvaliteten, man kan forvente ved en normal scanning. Jo mindre pixelstørrelse, jo mere støj i billedet. Man kan foretage følgende gruppering

Scanningsopløsning 1: 7-12 µm

Scanningsopløsning 2: 12-18 µm

Scanningsopløsning 3: > 18 µm

Den anbefalede mindste opløsning for S/H er 7 µm og for farve 12 µm. Scanning med en opløsning større end 18 µm vil ofte skyldes anvendelsen af luftfotos i et stort målforhold i forhold til opgaven. Det medfører anvendelsen af mange billeder og metoden vil derfor være uøkonomisk.

Ortofotoets pixelstørrelse skal altid være større end eller lig den scannede pixelstørrelse.

Ortofotoets pixelstørrelse skal være mindst 0,3 gange størrelsen af det mindste objekt,

man ønsker at kunne identificere.

Ved mange anvendelser vil det være acceptabelt med en pixelstørrelse på en tredjedel af den plane nøjagtighed i ortofotoet. Man kan også sige, at den tilstrækkelige nøjagtighed for ortofotoet bør være 3 gange pixelstørrelsen. Men til visse formål kan det være ønskeligt med en stor plannøjagtighed f.eks. svarende til pixelstørrelsen. Dette vil imidlertidig medføre en væsentlig prisforhøjelse p.gr.a kravene til en mere nøjagtig højdemodel. Eksempel jævnfør tabellen: ORTO3, opløsning 10 cm, ortofotoets nøjagtighed 10 cm.

Til andre formål vil det være mere vigtigt med en stor opløsning men uden krav til en stor nøjagtighed. Eksempel: ORTO2, opløsning 10 cm, ortofotoets nøjagtighed 40 cm.

#### *Krav til billedbehandling, seamlines (sømlinier), efterbehandling m.m.*

Den visuelle kvalitet skal være et klart og skarpt ortofoto. Der skal være jævn tone og kontrast over hele ortofotoet. Der skal være et minimalt tab af billedkvalitet i forhold til det originale billede.

Kontrastregulering og lys/farvejustering af enkeltbilleder foretages på de enkelte luftfotos før fotomosaikdannelsen og ofte før ortofotodannelsen. Ofte vil en del af billedbearbejdningen blive udført af scannersoftwarens under scanning af luftfotoene.



Ensidig belysning



Efter kontrast og farvetilpasning (dodging)

I en mosaik sammensættes flere billeder (ortofotos) til et billede. Sammensætningen sker efter en opskæring i en fælles grænse: *Seamlines* (*sømlinier*).

I det sammensatte billede kan farve, lys og kontrast reguleres meget ved billedbehandlingen. I overgangen mellem billederne ved de anvendte *seamlines* kan der ved hjælp af *feathering* (overgangsudjævning) skabes forskellige kvaliteter i synligheden af overgangen:

- "Usynlige" *seamlines*. *Feathering* foretages efter at *seamlines* er manuelt efterbearbejdet. Det vil f.eks.

være tilfældet hvor automatisk genererede *seamlines* går gennem bygninger.

- Næsten usynlige *seamlines*. Fuldautomatisk *seamline-generering* med *feathering*. Som oftest usynlige undtagen ved bebyggelse.
- Ingen *feathering*. Kun geometrisk tilpasning. Ofte er *seamlines* identiske med kortbladsopdelingen.



Automatisk genereret *seamline* igennem en bygning



*Seamline* manuelt korrigeret

Ved *seamlines* skal tværgående elementer som f.eks. kørebaneanter "passe sammen" inden for 3 pixels.



Fejl ved billedsammensætningen i *seamline*

#### *Dataformater m.m.*

Dataleverancen skal være tilpasset brugerens anvendelse, således at data kan indgå i brugerens anvendte software og kan anvendes til det ønskede formål.

Ønsket om en høj performance kan medføre en kombination af tabsgivende kompression i et pyramideformat som MrSID eller ECW.

Omvendt kan kravet til data i f.eks. arealklassifikationer medføre levering af data i en tabsfri komprimering. Ved en tabsgivende kompression kan også indgå overvejelser om komprimeringsgrad, men ved en reduktion på op til 80-90% vil man sjældent kunne se fejl i komprimeringen med det blotte øje.

#### **5. Anvendelse af ortofotos**

Informationsindholdet i et ortofoto er i høj grad afhængig af, hvilket tidspunkt på året fotograferingen udføres. Brugen af det færdige ortofoto er således den afgørende faktor for valg af optagelsestidspunkt. Før fotograferingen udføres, bør den kommende bruger derfor stille spørgsmål som: Hvad skal det færdige ortofoto bruges til? Hvad skal det være muligt at identificere i ortofotoet? Og på baggrund heraf kan fotograferingstidspunkt vælges.

De største årstidsvariationer i indholdet af ortofotoet skyldes vegetationens forandringer i løbet af vækstsæsonen og forandringer i jordens fugtighed. Sne, is og smeltevand har



Forår, 4. april 2004



Forår, 10. maj 2004



15. marts 2003. Før løvspring, Lange skygger.



9. maj 2004. Efter løvspring.

selvfølgelig også stor betydning for ortofotoets indhold. Den spektrale sammensætning af det indfaldende sollys samt terrænobjekters spektrale refleksion varierer med årstiden og tidspunktet på dagen. Samtidig har den relative skyggelængde ofte en afgørende indflydelse på identifikationsmulighederne i ortofotoet.

## 6. Fremtiden - den teknologiske udvikling

### *True ortofotos*

Ved fremstillingen af et ortofoto benytter man sig af en almindelig terrænmodel. Det vil sige, at alle punkter, der indgår i højdemodellen, ligger på jorden. Alle objekter som træer, anden bevoksning, bygninger, andre menneskeskabte objekter beliggende over terræn osv. bliver derfor ikke korrigeret rigtigt ved ortofotodannelsen. Dette kan tydeligst ses ved høje bygninger, der i ortofotoet vil kunne ses "hældende" fra siden. Bunden af bygningen ligger korrekt, men man ser forsiden af bygningen, og på bagsiden er objekter på jorden skjult af bygningen.

Såfremt terrænmodellen kan suppleres med en beskrivelse af bygningerne i en 3D bymodel, vil man have en total beskrivelse af bygningens overflade og man kan korrigerede ortofotoet. Bygningen vil blive set oppefra, men i en almindelig ortofotoberegning vil skyggeområdet stadigvæk være dækket af et "spørgelsesbillede" af byg-

ningen. Dette område kan beregnes som angivet med rødt på billedet af Marmorkirken på næste side. Man kan eventuelt give dette område en neutral farve, men den korrekte forbedring af billedet vil være at supplere dette true ortofoto med billedinformationer fra nabobilleder.

Ved luftfotografering tager man billeder med overlap, typisk 60% i længderetningen og 20% i sideoverlap, så mange skjulte områder vil kunne findes i nabobilleder. I områder med høj bebyggelse vil det være en fordel at fotografere med et stort sideoverlap på f.eks. 60%.

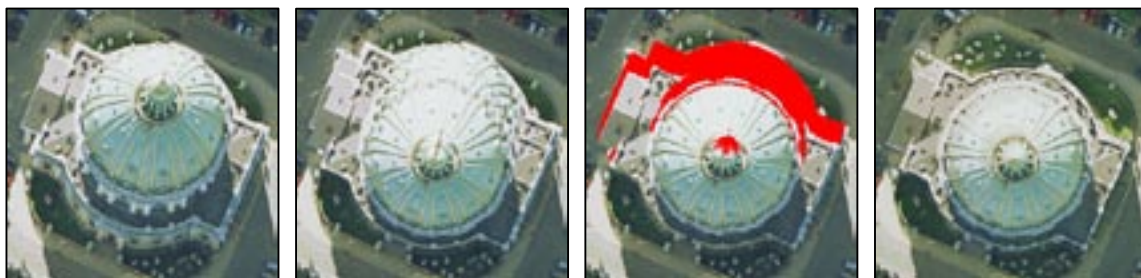
De således fremstillede true ortofotos vil have 3 supplerende fordele i forhold til almindelige ortofotos: Skjulte arealer bag bygninger bliver synliggjort. Mulighederne for at måle i billederne forbedres, da tagene flyttes på plads. Og brugerens fejltolkning af en bygnings placering elimineres. Bygningerne "ligger ikke længere" inde på nabogrunden.

### *Digitale kameraer*

Digitale kameraer vil formentlig inden for en kort årrække overtage det meste af fotograferingen. Og specielt inden for ortofotofremstillingen er de meget velegnede, da de giver en bedre radiometrisk kvalitet end kameraer med traditionelle film.

Ofte vil en nærinfrarød optagelse kunne laves samtidig





*Marmorkirken*

med den almindelige optagelse. Man kan derfor med et meget lille merarbejde fremstille et nærinfrarødt ortofoto over samme område som det almindelige ortofoto.

#### *Satellitbilleder*

I de senere år er højt opløselige satellitdata blevet tilgængelige for kommercielle brugere. De vigtigste anvendelsesområder er dog områder, hvor luftfotografering med fly er vanskeligt f.eks. på grund af restriktioner. I Danmark har seriøs anvendelse været meget sporadisk, da pris, billedopløsning, kvalitetsgaranti og sikkerheden for at få optagelser "til tiden" endnu ikke er konkurrencedygtig med fotografering. Men engang i fremtiden vil satellitoptagelser ganske givet også få stor betydning i Danmark.

### **7. Konklusion**

Ortofotos er blevet en meget væsentlig del af nutidens kortprodukter. Et let læseligt baggrundskort, utolkede informationer, kombinationsmulighederne med andre kortdata, samt en lav pris p.g.a. en forbedret teknik, har medført ortofotos store udbredelse. I mange lande



*Nærinfrarødt ortofoto, sommerbillede*

*RGB ortofoto, sommerbillede.*

foretages nykortlægning og ajourføring i dag af topografiske kort med brug af registrering i ortofotos med en såkaldt monoplottning.

Andre bruger ortofotoet kombineret med et "tyndt" teknisk kort, idet de fleste informationer kan læses direkte i ortofotoet.

Merprisen ved fremstilling af ortofotos i sammenhæng med almindelig nykortlægning eller ajourføring af kort er i dag meget lille. Billederne er fotograferet, scannet og orienteret. Højdedata findes allerede eller findes i stort omfang fra det tekniske kort.

Processerne med ortofotogenereringen er i dag i høj grad automatiseret. Derfor vælger mange kortbrugere som KMS og Vejdirektoratet altid ortofotos som et billigt tillægsprodukt ved fotogrammetriske kortlægningsopgaver.

Den bedre radiometriske kvalitet fra digitale kameraser kombineret med mulighederne for suppleret med det nærinfrarøde spektrum vil forøge anvendelsesmulighederne, og nye brugertyper vil formodentlig dukke op.

3D visualiseringer af landskaber med brug af ortofotos vil blive lige så almindelige som ortofotos i dag, idet de illustrerer det nuværende terræn og supplerende projekter på en meget let forståelig måde. Allerede i dag kan man lade borgerne vandre og flyve virtuelt gennem landskaberne på en nem og intuitiv måde og lade dem forstå planers betydning for lokalområdet.

True ortofotos kræver en avanceret teknik, og en 3D bymodel som basisdata. Men til gengæld er et true ortofoto et helt naturligt supplement til en 3D bymodel. Denne type ortofotos giver informationer, som selv det bedste fotogrammetriske kort ikke kan give.

### Litteratur

Geoforum Danmark, *Vejledning om ortofotos, ORTO2004*, 1. udgave, november 2004.

Albertz, J., *Einführung in die Fernerkundung - Grundlagen der Interpretation von Luft- und Satellitenbildern*, 2. udgave, s. 158

DIN 18740-3 Photogrammetrische Produkte, Teil 3: *Anforderungen an das Orthophoto*, Oktober 2003

Eija Honkavaara et al: *Quality of FLPIS Orthophotos*, Reports of the Finnish Geodetic Institute, Kirkkonummi 1999.

*Guidelines for Quality Checking of Ortho Imagery*, ISPRA, 18/2/99; ARS REF:sk/104/m1517/99

*LUFTFOTO En test af luftfoto med henblik på at vælge et "generelt amtsfoto"*, Amternes GIS-samarbejde, Kortgruppen, januar 1999.

Orava, E., 1994. *Digitaaletset ortokuvat*. Technical University of Helsinki, Master's Thesis.

*Produktspesifikasjon for ortofoto i Norge*, Statens Kartverk, November 2003.

*Specifikationer for Tekniske kort TK99*, Skrevet af et udvalg under Kommunalteknisk chefforening, januar 1999.

*Specifikation för framställning av digitale ortofoton*, Bilaga 3.6, 2003-09-08, Lantmäteriet

### Om forfatteren

Søren Buch, landinspektør, BlomInfo A/S, Vejlegade 6, 2100 København Ø, sb@blominfo.dk, www.blominfo.dk.