

Biologisk specialiseret GIS til beskrivelse af artsrigdom

Bjørn Hermansen, Københavns Universitet

Dyrearter ændrer udbredelsesområde eller uddør i hastigt tempo i disse år. Det er derfor vigtigt at have redskaber til at følge denne udvikling. På Center for Makroøkologi, Evolution og Klima (KU) anvendes et system til beregning og visualisering af den rumlige fordeling af diversitet af bl.a. fugle, padder og pattedyr ud fra viden om de enkelte arters geografiske udbredelse. Systemet, som har en enkel og effektiv analysefunktion, hedder WorldMap og anvendes af over 100 forskere i makroøkologi verden over. Systemet tænkes nu erstattet af et nyt open-source-system, som vil være kompatibelt med andre systemer (f.eks. ArcGIS) og have en vel-dokumenteret og moderne brugergrænseflade.

Baggrund

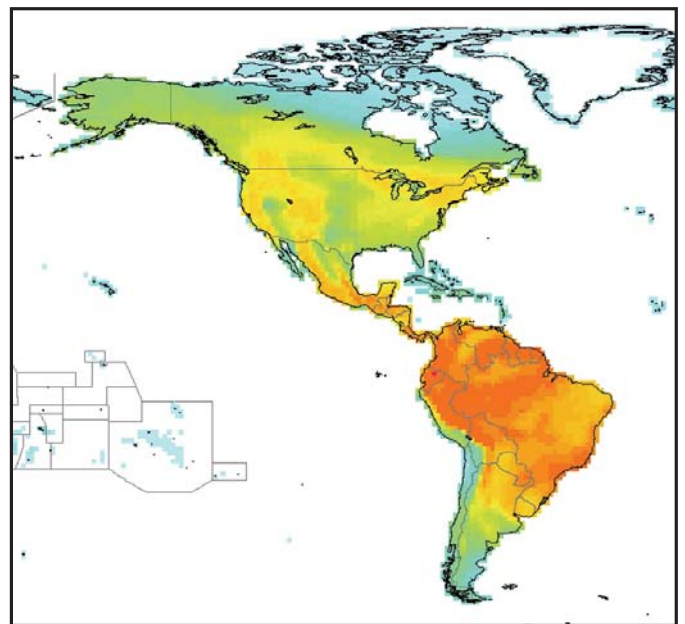
Makroøkologi er meget kort forklaret den fagdisciplin, hvor den rumlige stor-skala fordeling af biologisk diversitet på jorden søges forklaret ud fra principperne om evolution, økologi og historisk tilfældighed. Dette fagområde har et udtalt behov for et analyseværktøj til at finde de mønstre i artsdiversiteten, som kan danne baggrund for forståelse af arternes geografiske udbredelse.

På Center for Makroøkologi, Evolution og Klima (Biologisk Institut og Zoologisk Museum, Københavns Universitet) har man i 16 år anvendt systemet Worldmap til beregning og visualisering af den rumlige fordeling af diversiteten af bl.a. fugle, padder og pattedyr. Undersøgelserne har taget udgangspunkt i vidt forskellige geografiske områder lige fra Danmark, over kontinenter, til ultimativt hele jorden.

WorldMap

WorldMaps analyser bliver naturligvis ikke bedre end de data, man fodrer det med. Derfor er en væsentlig forudsætning for systemets anvendelighed, at tilpas mange og pålidelige data fremskaffes. Da oplysninger om dyrearters udbredelse kun kan skaffes via omfattende feltarbejde, må data til et system som WorldMap møjsommeligt indsamles over en årrække ved eget feltarbejde, litteraturstudier og udveksling af data med kolleger.

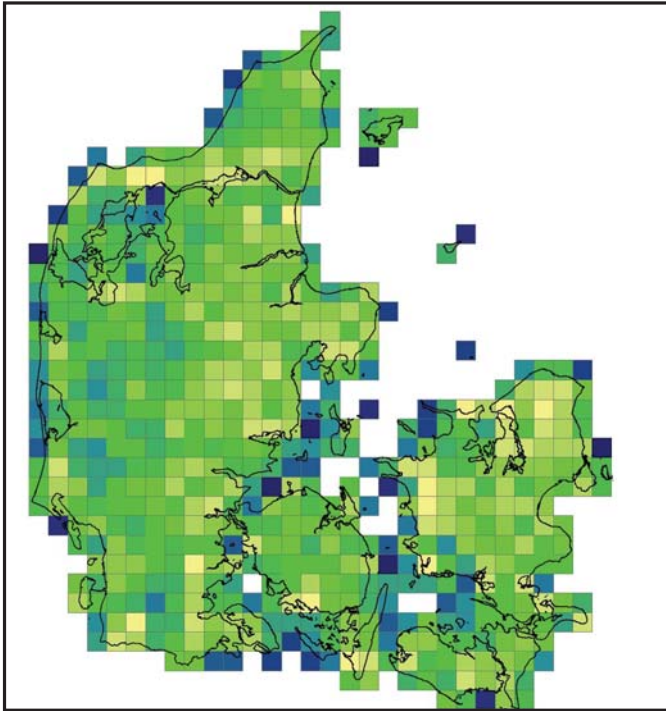
Informationen om de enkelte arters geografiske udbredelse lagres i systemets interne grid-format, der opererer forbløffende hurtigt på disse ofte omfattende datamængder.



Figur 1. Artsrigdom af fugle. Kort fra WorldMap. Rød = mange arter. Blå = få arter.

Systemets svaghed er, at det er et lukket system udviklet af en enkelt person (*Paul Williams ved National History Museum i London*) i første omgang til eget brug. Det er ikke blevet dokumenteret og videreudviklet i længere tid, da det i længden er uoverkommeligt for en enkelt person. Systemet vil her blive kort beskrevet, og visse specielle GIS-funktioner, som er nødvendige for makroøkologien og biogeografien, vil blive omtalt. Williams, Gaston & Humphries (1997).

Se eventuelt Worldmaps hjemmeside:
<http://www.nhm.ac.uk/research-curation/research/projects/worldmap/siteplan.htm>

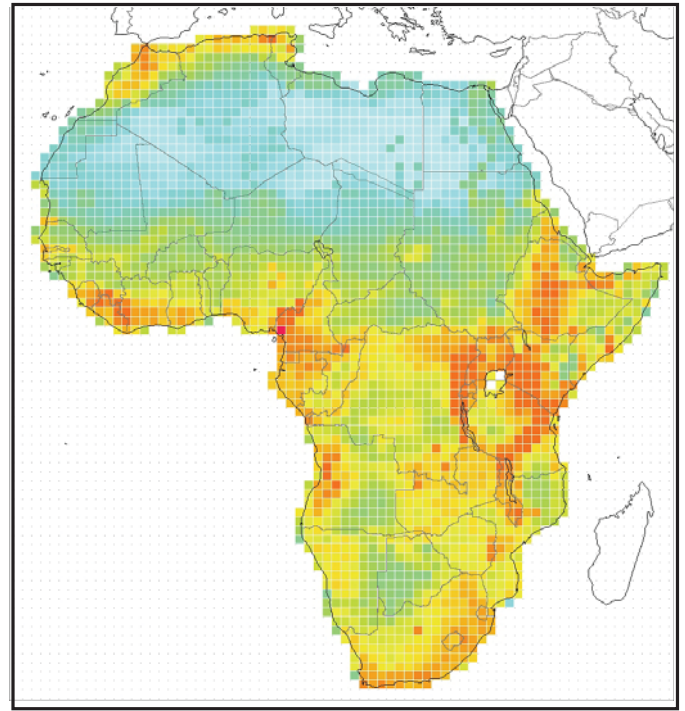


Figur 2. Artsrigdom af fugle i Danmark vist på 10x10 km grid. Gul = mange arter. Blå = få arter.

Systemets opbygning

De centrale data i WorldMap er artsudbredelseskortene, der udgøres af en slags grid for hver art med simple oplysninger i hver celle om arten med sikkerhed er fundet i denne position, eller måske er tilstede. Celler hvor arten ikke findes repræsenteres ikke. Gridlagene lagres samlet som binære filer og indlæses fra start direkte i den aktuelle computers RAM, hvor den kan opfattes som organiseret i en form for 3D grid, som muliggør en meget hurtig søgning gennem lagene. Disse er desuden gennem en brugerbestemt kode ordnet indbyrdes i et fylogenetisk taxonomisk korrekt hierarki¹, som muliggør analyser på artsbeslægtede grupper af dyr f.eks. en orden, familie, slægt eller enkelte arter. Herudover har systemet baggrundskort, som er simple linedata.

WorldMap er opbygget med tre hovedmoduler: 1) Databasemodul til import, lagring, redigering og eksport af data, 2) Analysemodul med et væld af analysemuligheder på tværs af gridlagene dvs. arterne og 3) Visualiseringsmodul med et mere begrænset antal muligheder for præsentation af data.



Figur 3. Kort visende antallet af fuglearter i Afrika med et lille udbredelsesområde dvs. de arter som må antages at være mest følsomme over for miljøændringer. Rød = mange arter.

Data kan inddateres og redigeres direkte fra skærmen celle for celle eller importeres i et meget enkelt grid i ASCII-format. Tilsvarende kan eksport af data foregå i dette eller enkelte andre simple formater.

Resulterende grid efter en analyse ("scores") kan enten eksporteres som kort i bitmap-format eller som celler med centroider og resultatværdier i ASCII-format.

Systemet kan ikke håndtere ændringer over tid, så den eneste måde at lave temporale analyser er ved visuelt eller med skræddersyede programmer at sammenligne ældre og nyere versioner af databasen.

Databaserne

WorldMap-databaserne på Biologisk Institut og Zoologisk Museum omfatter alle klodens registrerede fuglearter, padder og pattedyr (>20.000 arter) samt et stort antal andre dyre- og plantearter med mindre dækningsgrad. Data omfatter mere end 10.000.000

datapunkter (celler med positiv information om forekomst af en given art), som for 2/3-dels vedkommende stammer fra egne inddateringer – både de geografiske griddata og de fylogenetiske oplysninger om arternes indbyrdes slægsskab. Denne inddateringsproces har stået på i op mod 16 år og fortsætter stadig, da oplysningerne konstant skal ajourføres og suppleres med nye data. Således inddateres til stadighed oplysninger om "nye" arter og data for "eksisterende" arter kompletteres.

Databaserne findes i WorldMaps interne format og er typisk opdelt i filer både efter geografisk område (f.eks. et kontinent) og efter fylogenetiske dyre/plante-grupper. Trods filernes relativt store størrelse (100 – 500 MB) tilgås data hurtigt, og sammensmeltning eller opsplitning af filerne kan let foretages.

Ved opstart af WorldMap oplyser man, hvilken database som skal tilknyttes kørslen f.eks. Sydamerikas fugle. De efterfølgende analyser foretages herefter udelukkende på disse data.

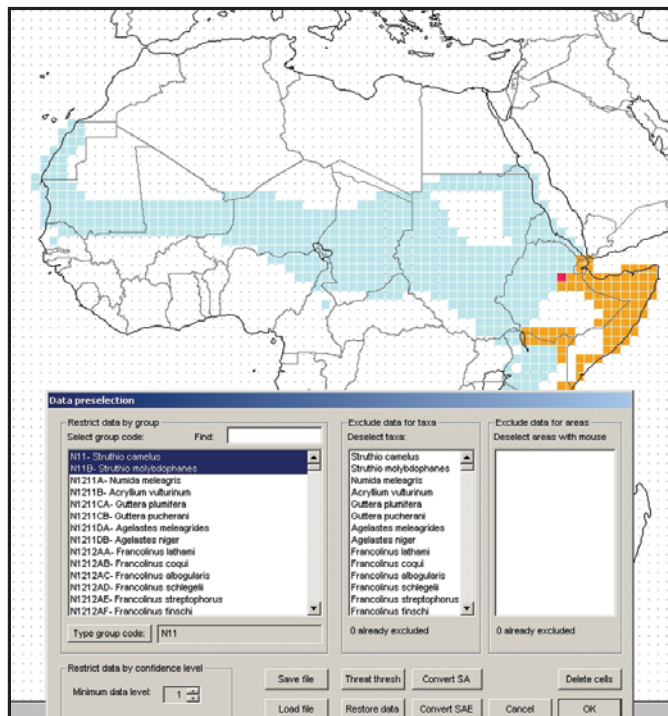
Biologisk relevante analyser

Den væsentligste fordel ved WorldMap er dets talrige muligheder for at udføre analyser af central betydning for biogeografien/makroøkologien.

Disse omfatter bl.a. analyser af

- 1) Diversiteten (bl.a. artsrigdom).
- 2) Udbredelsen af arter - herunder størrelsen af udbredelsesområdet (range size), centre for arters udbredelse og hotspots med særlig tæthed.
- 3) Sjældenhed – f.eks. hotspots for endemiske arter. (Se figur 5).
- 4) Klynger o.l. rumlige strukturer i artsudbredelsen.

Forud for analyserne kan man udvælge dele af databasen, som opfylder visse geografiske eller fylogenetiske kriterier. Analyserne vil herefter blive udført på den eller de udvalgte arter i det udvalgte område. I den forbindelse benyttes oplysningerne om den fyloge-

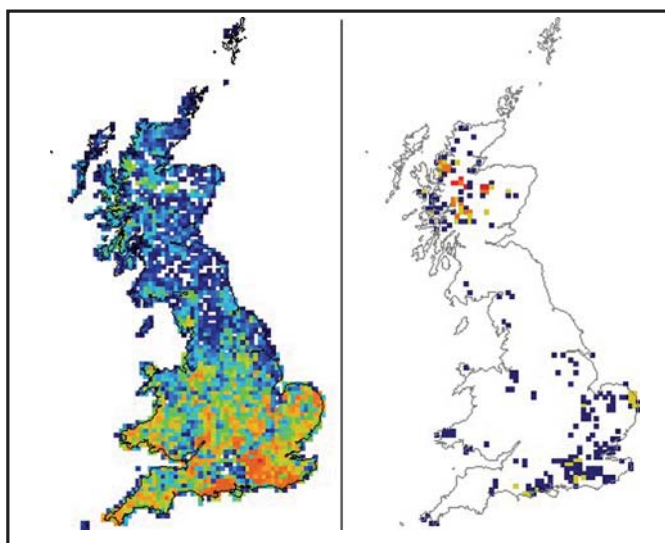


Figur 4. To beslægtede fuglearter (strudse) udvalgt fra databasen. Deres geografiske udbredelse vises på kortet med hver sin farve. Overlap i én celle.

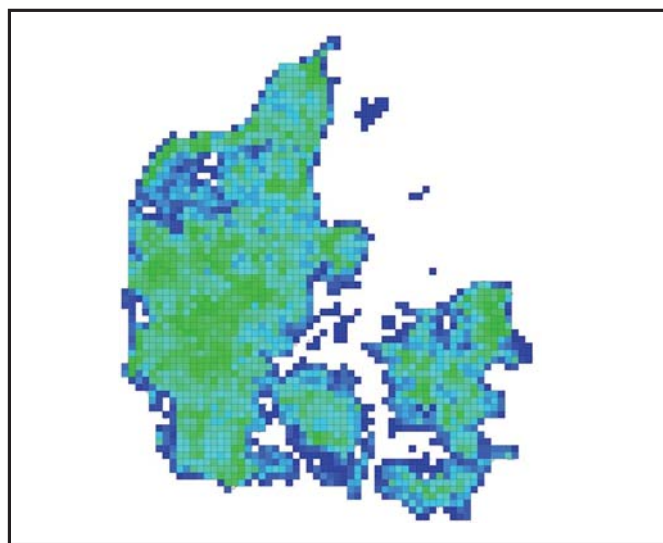
netiske placering af de forskellige arter, så også slægsskabsforholds geografiske fordeling kan vises på kortene. (Se figur 4).

Worldmap har været et helt centralt software i de sidste ti års forskning med henblik på at forstå, hvilke miljø- og klimafaktorer der bestemmer fordelingen af liv på jorden. Programmet har været brugt til bl.a. artikler i de prestigefyldte tidsskrifter *Science*, *PNAS* og *Royal Proceedings B* om fordeling af artsrigdom af dyr, mennesker og kulturelle sprog i hhv. Afrika og Sydamerika (Balmford et al 2001; Graves & Rahbek 2005, Jetz & Rahbek 2002; Moore et al 2002; Rahbek et al 2007).

Worldmap rummer også avancerede analytiske værktøjer til at lave strategier for forvaltning af biodiversitet, herunder optimering, cost-effektivitet, og cost-benefit redskaber. Programmet har således været brugt til baggrundsanalyse for Det Økonomiske Råds evaluering af den danske naturforvaltning (Lund og Rahbek 2000), samt analyser til Friluftsrådet om den mulige effekt af de danske nationalparker til



Figur 5. Artsrigdom og "hotspots" af endemiske arter i Storbritannien. (fra WorldMaps hjemmeside). Rød = mange arter. Blå = få arter. Det ses at Skotland har mindre artsdiversitet men er højt repræsenteret med arter, som kun findes i Storbritannien (Williams et.al. 1996).



Figur 6. Habitatsdiversiteten vist i 5x5 km grid over Danmark. Grøn = stor diversitet.

beskyttelsen af dansk biodiversitet (Petersen et al. 2005, Larsen et al. 2008)

Kobling til andre systemer

En af svaghederne ved WorldMap er den begrænsede mulighed for at eksportere og importere data direkte til og fra andre systemer - f.eks. til/fra GIS som ArcGIS eller IDRISI - i shape-, grid- eller image-formater.

En del typiske GIS-analyser - så som nærhedsanalyser (f.eks. bufferberegning) og afstands-beregninger kan man ikke påregne at kunne udføre i WorldMap.

Ligeledes kan WorldMap heller ikke resample et grid eller ændre projektionen på et kort, så man f.eks. kan få et grid i længde-bredde-grader over i en arealtro projektion. Denne type opgaver må klares i et GIS. Derfor er det ofte påkrævet at kunne eksportere data til GIS eller f.eks. statistiske beregningssystemer - evt. til senere returnering af resultaterne til WorldMap igen.

I dag kan dette kun ske via simple filtyper som ASCII-tekstfiler. Det er dog fuldt muligt med lidt "håndarbejde" at importere f.eks.

resultater fra klimamodeller og eksportere WorldMap "scores" til videre bearbejdning i statistiske eller grafiske programmer.

Mulighederne i et nyt system

Makroøkologien, hvis betydning i disse år aktualiseres af de til stadighed større menneskelige indgreb i naturen, har et behov for et rumligt analyseværktøj, der som WorldMap enkelt kan analysere og visualisere dybt komplicerede forhold i den levende natur.

Imidlertid er WorldMap ikke generelt tilgængeligt - kun udvalgte forskere har adgang til det i forskellige versioner - og da det ikke opdateres længere, og programkoden ikke er offentlig kendt, kan systemet ikke videreudvikles.

Det er derfor besluttet at udvikle et nyt system, som arvtager for WorldMap. Dette system vil blive et mere brugervenligt og veldokumenteret open-source-system med de mange avancerede analyse-faciliteter fra WorldMap og flere visualiseringsfunktioner samt mulighed for data-eksport og -import i gængse GIS-formater.

Systemet vil blive udviklet af Biodiversity and Global Change Lab under det Naturhistoriske Museum i Madrid i samarbejde med Center for Makroøkologi, Evolution og Klima ved Københavns Universitet over de næste par år, så en alfa-version forventes klar allerede

i slutningen af 2010, mens betaversionen vil blive klar i løbet af 2011.

Perspektiver

Systemets anvendelsesmuligheder bliver talrige både for forskere og beslutningstagere, da det – som WorldMap – skal evne at bygge bro mellem den teoretiske forskning i makroøkologi og den praktiske udførelse af miljø- og naturbeskyttelse.

Open source filosofien åbner for et miljø, hvor brugerne – uanset hvor i verden de befinder sig – kan udvikle nye faciliteter til systemet og lægge dem på et fællessite, hvor de bliver tilgængelige for alle andre. Herved kan man håbe på, at systemet fremover bliver videudviklet og ajourført uden særlige driftsomkostninger.

En udfordring vil blive, hvordan man sikrer sig at flest muligt af de potentielt mange nye brugere af systemet får den fornødne forståelse for de mange ofte vanskeligt tilgængelige analysefunktioner, så makroøkologien får et skub fremad fremfor at blive udsat for en mængde uforståede og fejltolkede analyser, som i givet fald risikerer at sætte denne type analyser i et generelt dårligt lys.

Referencer

Balmford, A., Moore, J.L., Brooks, T., Burgess, N., Hansen, L.A., Williams, P. and Rahbek, C. (2001). Conservation conflicts across Africa. *Science* 291:1591-1592

Graves, G. R. and Rahbek, C. (2005). Source pool geometry and the assembly of continental avifaunas. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102: 7871-7876

Jetz, W. and Rahbek, C. (2002). Geographic range size and determinants of avian species richness. *Science* 297: 1548-1551

Larsen F.W., Petersen, A. H., Strange, N., Lund, M- P. and Rahbek, C. (2008). A quantitative analysis of biodiversity and the recreational value of

potential national parks in Denmark. *Environmental Management* 41: 685-695

Lund, M. and Rahbek, C. (2000). A quantitative biological analysis of the efficiency of Danish nature management– with emphasis on biological diversity (in danish). Working paper no. 2000:1. Danish Economic Council 65 pp.

Moore, J.L., Manne, L., Brooks, T., Burgess, N.D., Davies, R., Rahbek, C., Williams, P. and Balmford, A. (2002). The distribution of cultural and biological diversity in Africa. *Proceedings of the Royal Society of London series B-Biological Sciences* 269: 1645-1653

Petersen, A.H., Larsen, F.W., Rahbek, C. Strange, N. og Lund, M.P. (2005) Naturværdier i Danske Nationalparker. En kvantitativ analyse af den biologiske mangfoldighed i potentielle danske nationalparker. 136 sider. Center for Makroøkologi, Københavns Universitet.

Rahbek, C., Gotelli, N.J., Colwell, R. K., Entsminger, G L., Rangel T.F.L.V.B. and Graves, G.R. (2007). Predicting continental-scale patterns of bird species richness with spatially explicit models. *Proceedings of the Royal Society: Biological Sciences* 274: 165-174

Williams, Gibbons, Margules, Rebelo, Humphries and Pressey. (1996). A comparison of richness hotspots, rarity hotspots and complementary areas for conserving diversity using British birds. *Conservation Biology* 10: 155-174.

Williams, P. H., Gaston, K. J. & Humphries, C. J. (1997). Mapping biodiversity value worldwide: combining higher-taxon richness from different groups. *Proceedings of the Royal Society, Biological Sciences*, 264: 141-148

Fodnoter

¹ Fylogenetisk systematik er en taksonomisk klassifikationsmetode, der bruges indenfor biologien. Fylogenetikken beskriver organismernes afstamning og indbyrdes slægtsskabsforhold således at nært beslægtede organismer kan grupperes.

Om forfatteren

Bjørn Hermansen er GIS-manager ved Center for Makroøkologi, Evolution og Klima, Biologisk Institut, Københavns Universitet, e-mail: (BHermansen@bio.ku.dk)



Hellere ét godt kort på hånden
end 10 fugle på taget..



Kortdage 2009

18. - 20. november

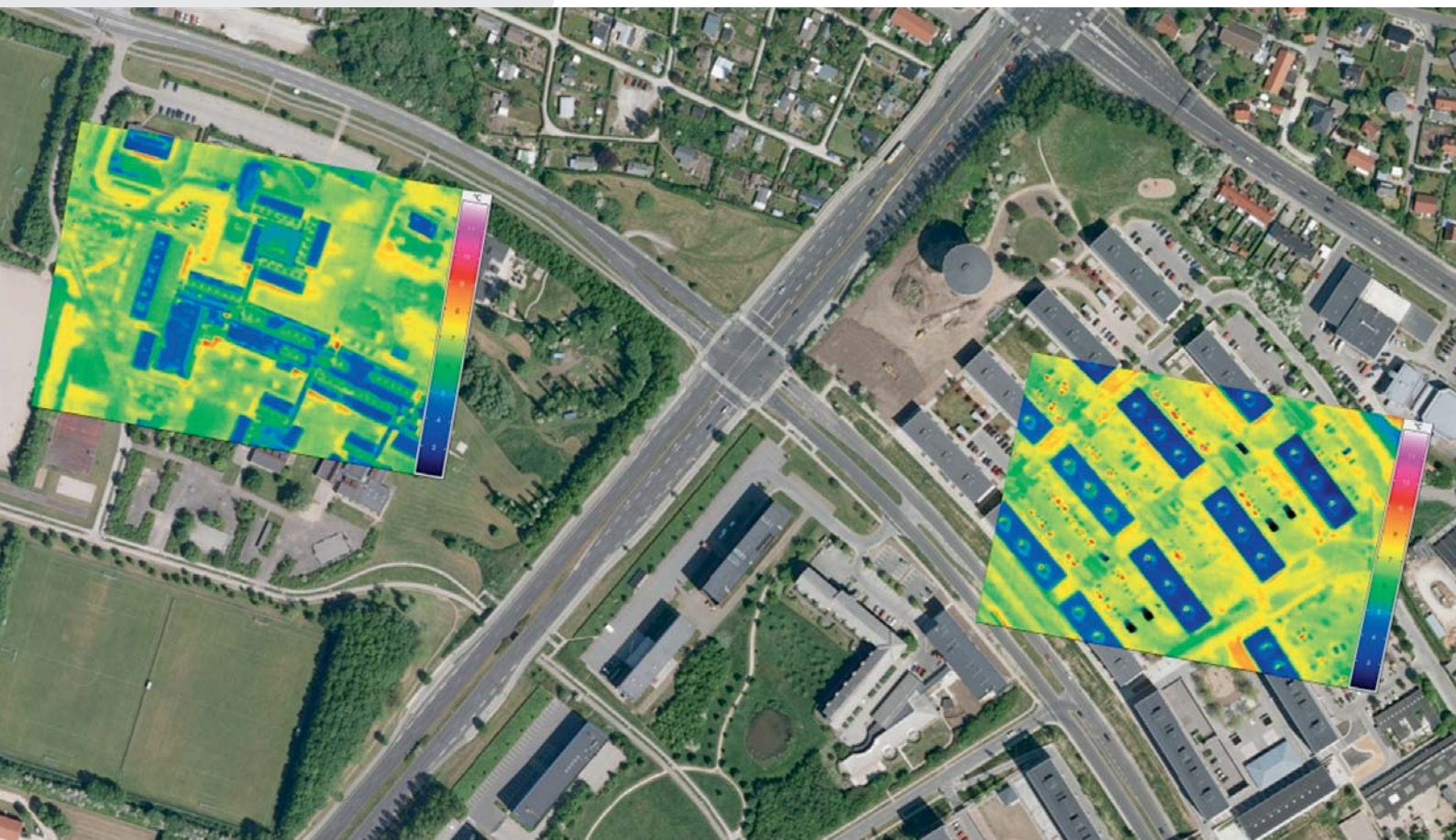
www.kortdage.dk

Geoforums "Kortdage" er samlingsstedet for alle, der interesserer sig for kort, informationsgrafik, geodata, geoinformation og geografiske informationssystemer (GIS).

Geoforum Danmark



Termografisk kortlægning



Termografisk kortlægning fra luften er en metode til at analysere og visualisere f.eks. bygningers varme og -energitab. Ved hjælp af specielt kameraudstyr er det muligt fra luften at identificere f.eks. bygninger og fjernvarmerør, der udstråler for meget varme.

COWI kortlægger varmetab fra luften

Varmetab fra f.eks. bygninger og fjernvarmenetværk kortlægges præcist og effektivt ved hjælp af professionelt udstyr til termografisk måling fra luften. Det termografiske kamerasystem er tilknyttet avanceret GPS, der gør at varmetabet kortlægges med stor præcision. Områder, med store varmetab, udpeges i detaljer ned til 25 cm's pixelstørrelse.

COWI har en dyb faglig viden inden for bl.a. byggeri, fjernvarme og økonomiske samfundsanalyser og med den viden udfører COWI tolkninger og analyser, der sikrer, at beslutninger om renovering kan optimeres.

Kongens Lyngby

Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby
Tlf. 45 97 22 11
Fax 45 97 22 12

www.cowi.dk/varmekort

Odense

Odensevej 95
5260 Odense S
Tlf. 63 11 49 00
Fax 63 11 49 49

Silkeborg

Papirfabrikken 28
8600 Silkeborg
Tlf. 87 22 57 00
Fax 87 22 57 01

Aalborg

Thulebakken 34
9000 Aalborg
Tlf. 99 36 77 00
Fax 99 36 77 01

COWI