

Hvor langt bor folk fra hinanden? – Historien om GIS og kommunal udligning

Hans Skov-Petersen, Skov & landskab (KVL), afd. for By- og Landskabsstudier.

Det fremgår af lovgivningen i forbindelse med finansiering af kommuner og regioner efter kommunalreformens ikrafttrædelse, 1. januar 2007 at de gennemsnitlige transporttider for at nå frem til 2.000 medborgere (for kommunerne) og 18.000 medborgere (for regionerne) skal indgå i grundlaget for finansiel udligning/finansieringen. Skov & Landskab har for Indenrigs- og Sundhedsministeriet udviklet en metode der, på baggrund af analyse af et digitalt vejnetværk gør det muligt at udføre beregningen. I artiklen gennemgås teori og fremgangsmåde for metoden. Desuden fremlægges udvalgte resultater.

Netværksanalyse, allokering, kommunal udligning, befolkningsfordeling, GIS

Behovet for investeringer i offentlige service er bl.a. afhængigt af hvor spredt befolkningen bor. I områder hvor befolkningen bor langt fra hinanden kan det være mere udgiftstungt at organisere f.eks. hjemmehjælp, skoler, biblioteker mm. Således vil det, alt andet lige, være mere omkostningsfuldt at opretholde den offentlige service i kommuner med spredt befolkning end i områder, hvor folk bor tættere. Det mest direkte mål for befolkningens fordeling er befolkningstætheden (personer/km²). Det er dog ikke svært at forestille sig situationer hvor f.eks. to kommuner med samme befolkningstæthed kan have forskellige rumlige egenskaber. F.eks. i en situation hvor hele befolkningen bor i én bymæssig struktur, set i forhold til en situation hvor hele befolkningen er jævnt fordelt ud over hele kommunen.

Derfor har Indenrigs- og Sundhedsministeriet i samarbejde med Skov & Landskab (KVL) udviklet en række indikatorer til monitorering af befolkningens rumlige fordeling i henhold til transporttider

indenfor administrative enheder. Indikatorerne er implementeret i to love: 'Lov om kommunal udligning' og 'Lov om regionernes finansiering' der træder i kraft 1 januar 2007. I boks 1 og 2 kan relevante dele af lovene ses.

Med det udgangspunkt, er det artiklens sigte at demonstrere hvordan den metode, der ligger til grund for lovene fungerer.

Metode baggrund

Analyser af rumlige relation-

er med på baggrund af infrastruktur tager ofte sit udgangspunkt i digitale netværk. Netværksanalyser kan f.eks. omfatte

- beregning af korteste rute mellem to lokaliteter (*shortest path*),
- mest effektive rute der besøger en række forudsatte lokaliteter (*the travelling salesman problem*),
- analyse af hvilke områder der optimalt hører til hvilke faciliteter (allokering) samt

Boks 1: Lov om kommunal udligning og generelle tilskud til kommuner. Lov nr. 499 af 07/6 2006

http://www.retsinfo.dk/_GETDOC_/ACCN/A20060049930-REGL

§ 4. En kommunes aldersbestemte udgiftsbehov beregnes som summen af

Stk. 1.

2) den gennemsnitlige rejsetid til 2.000 indbyggere, dog højst kommunens indbyggertal, ganget med kommunens indbyggertal og med et enhedsbeløb. Enhedsbeløbet opgøres som 2 pct. af den del af de samlede kommunale nettodrifts- og anlægsudgifter, som henregnes til de aldersbestemte udgiftsbehov, jf. § 3, stk. 2, divideret med det samlede indbyggertal i hele landet.

Boks 2: Lov om regionernes finansiering.

Lov nr. 543 af 24/6 2005.

http://www.retsinfo.dk/_GETDOC_/ACCN/A20050054330-REGL

Stk. 6. En regions socioøkonomiske indeks efter stk. 5 bestemmes som forholdet mellem henholdsvis summen af regionens vægtede andele af følgende kriterier i hele landet og regionens andel af indbyggertallet i hele landet:

9) Gennemsnitlig rejsetid til 18.000 indbyggere ganget med antallet af indbyggere med en vægt på 5 pct.

- undersøgelse af hvor faciliteter optimalt burde placeres (lokalisering).

I sin mest basale form repræsenteres lokaliteter af netværkets knudepunkter (også kaldet noder). Noderne er forbundet med kanter, der repræsenterer, hvor let eller hvor hurtigt man kan transportere sig fra den ene lokalitet til den anden. For en nærmere gennemgang af digitale netværks opbygning og analysemuligheder se Skov-Petersen (2006).

Data

Som det fremgår er en grundforudsætning for beregningen viden om gensidige transporttider mellem lokaliteter. Transporttiderne modelleres som attributter til kanterne i netværket. Befolkningen er attributter til lokaliteterne – modelleret som netværkets knuder. Datagrundlaget fremgår af tabel 1.

Som det første led i analysen beregnes transporttider langs vejnettet. Det gøres med udgangspunkt i de angivne, tilladte hastigheder og længden på den enkelte vejstrækning.

Resultatet bliver en attribut på strækningen, der angiver hvor mange minutter minimalt det tager et gennemkøre den, hvis man holder sig indenfor lovens rammer.

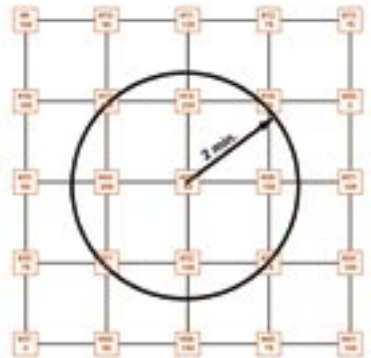
For at overføre befolkningstallene fra kvadratcellerne til knudepunkterne i vejnettet undersøges hvilke knudepunkter den enkelte celle ligger tættest på. Derefter summeres der over knuden og resultatet overføres til knudernes attributtabel.

Metode

Det der ønskes i nærværende sammenhæng er en undersøgelse af hvor lang transporttid der skal til, for at en given mængde medborgere kan nås. Hvis ikke der havde været tale om et transportnet kunne spørgsmålet formuleres 'Hvor stor skal en cirkels radius være, for at der bor 1.000 mennesker indenfor den' (se figur 1). Med udgangspunkt i et netværk kunne det f.eks. formuleres 'Hvor lang transporttid i alle retninger langs vejnettet skal der til, for at omfatte 1.000 mennesker'. Formelt foregår det ved fortløbende at vælge

den rute, der kræver mindst ekstra transporttid at nå tilbage til, fra udgangspunktet indtil den givne ressource (f.eks. 1.000 mennesker) er opnået. Se figur 2.

I tabel 2 ses hvordan søgningen af transporttiden med udgangspunkt i node nr. 25 fo-



Figur 1: Allokering af et fiktivt område hvori der bor 1.000 mennesker uden hensyn til vejnettet. Kantnumre, transporttider, nodenumre samt befolkningstal fremgår af figuren.



Figur 2: Allokering af et fiktivt område hvori der bor 1.000 mennesker på baggrund af vejnettet. Området er angivet som de røde fremhævnninger i netværket. Numre for kanter og lokaliteter, samt transporttider og befolkningstal svarer til tabel 2. Se i øvrigt teksten.

Navn	Kilde	Kommentar
VejnetDK	KMS	Vejnet i 1:200.000 med tilladte kørselshastigheder på de enkelte kanter (vejstrækninger)
Adresser på boliger	OIS (adresseregisteret)	Er nødvendige for at hjemtage kvadratnetsdata fra Danmarks Statistik.
Befolkning på 100x100 m kvadratnetsceller	Danmarks Statistik	Leveres som tekstfil. Identen for den enkelte celle kan tolkes geografisk (Danmarks Statistik 2006)

Tabel 1: Data anvendt i projektet.

Rute (kant(er))	Transporttid langs ruten	Befolkning	
		Bidrag fra lokalitet	Summeret befolkning for alle valgte ruter
30	0,8	285	285
9	1,2	250	535
29	1,5	100	635
30, 31	1,6	125	760
10	2	150	910
9, 25	2,1	75	985
30, 13	2,1	150	1135

Tabel 2: Skridt-for-skridt angivelse af allokering af et område der omfatter 1.000 beboere. Numre for kanter og lokaliteter, samt transporttider og befolkningstal svarer til figur 2. Resultatet er at der skal 2,1 minutters transport til en sådan allokering. Se i øvrigt teksten.

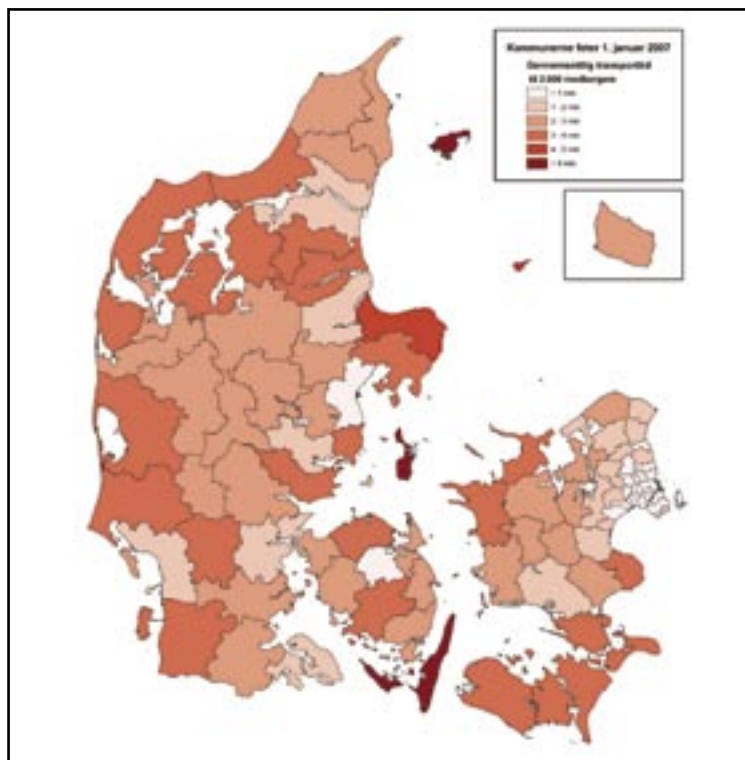
regår skridt for skridt. Fra udgangspunktet skal den rute med den mindste transporttid findes. Det er kant nr. 30 (med en transporttid på 0.8 min), der leder frem til node nr. 18. Nu er der adgang til 285 indbyggere (50 fra node 25 selv og 235 fra node 18). Den næstkorteste rute er kant nr. 9 (transporttid: 1,2 min). Den leder frem til node nr. 24 med 250 beboere. Nu er den samlede indbyggerskare oppe på 535. Således fortsættes med at finde de korteste ruter tilbage til udgangspunktet indtil det ønskede antal indbyggere (i dette eksempel 1.000) er nået. I praksis foregår allokeringen ved en søgning i en tabel med de korteste mulige ruter mellem alle parvise kombinationer af noder – en såkaldt forbindelsesmatrix (se f.eks. Skov-Petersen, 2006).

I denne – relativt simple – sammenhæng allokeres udelukkende ud fra et enkelt knudepunkt. Der hvor allokeringssøgningen træder fuldt i karakter, er i forbindelse med

allokering af områder til flere faciliteter, der skal dele det totale område imellem sig –

f.eks. afgrænsning af skoledistrikter med udgangspunkt i skolernes placering og børnenes bopæl. Det kan i den forbindelse også lade sig gøre at beregne faciliteternes kapacitet – f.eks. hvor mange skolebørn den enkelte skole har plads til (se Møller-Jensen 1998).

Når den transporttid, der skal til for at opnå adgang til det ønskede antal medborgere, er fundet for alle noder indenfor det undersøgte målområde (f.eks. en kommune), skal den gennemsnitlige transporttid for alle indbyggere i områ-



Figur 3: Den gennemsnitlige transporttid for at nå frem til 2.000 indbyggere inden- og udenfor kommunens grænser. Se i øvrigt de konkrete tal for udvalgte kommuner i tabel 3.

det beregnes. Det gøres ved at multiplicere transporttiden med befolkningen i det enkelte node, summere over alle noder og dividere med den totale befolkning. Se formel 1.

Formel 1: Beregning af gennemsnitlige transporttid indenfor et målområde (f.eks. en kommune).

$$GTT_j = \sum_{i=1}^n (TT_{ij} * Pop_{ij}) / TotPop_j$$

Hvor:

GTT_j er den gennemsnitlige transporttid i målområde j

TT_{ij} er transporttiden beregnet for node nr i, indenfor målområde j

Pop_{ij} er befolkningen i nodet i, indenfor målområdet j

$TotPop_j$ er den totale befolkning for målområdet j
n er antallet af node indenfor målområde j

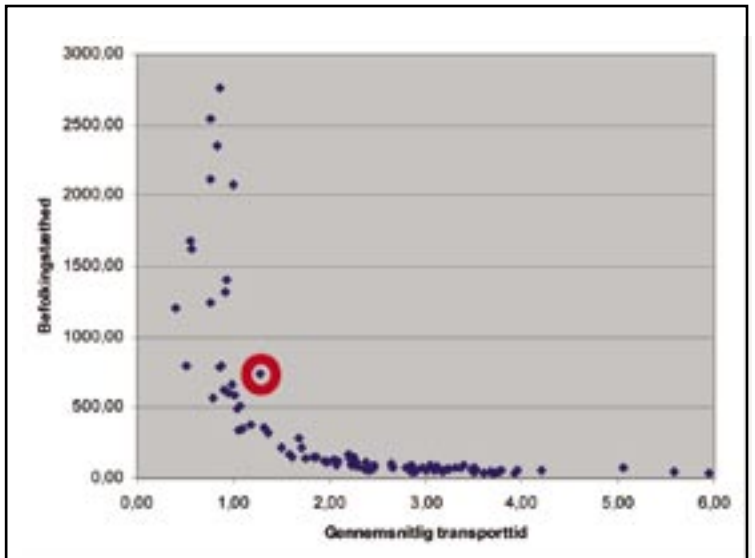
Oprindeligt blev beregninger foretaget med både inklusion og eksklusion indbyggere udenfor det ønskede målområde. Transporttiderne regnes under alle omstændigheder kun fra noder indenfor målområdet, men spørgsmålet er om indbyggere i noder udenfor, skal inddrages i beregningen. I den form, der anvendes i forbindelse med implementeringen af de ovenfor nævnte love inddrager allokeringen indbyggere, der bor udenfor målområdet.

Teknik

Det beregningsmæssige grundlag for analysen er Allocate

Kommune nr.	Kommune	Gennemsnitlig transporttid
147	Frederiksberg	0,17
101	Københavns	0,26
165	Albertslund	0,41
183	Ishøj	0,52
153	Brøndby	0,56
...
707	Norddjurs	4,20
492	Ærø	5,06
482	Langeland	5,58
741	Samsø	5,94
825	Læsø	13,38

Tablet 3: Transporttider for at nå frem til 2.000 indbyggere inden- og udenfor kommunens grænser for de 5 kommuner med kortest henh. længst transporttid. Tilsvarende figur 3 angives transporttider i minutter.



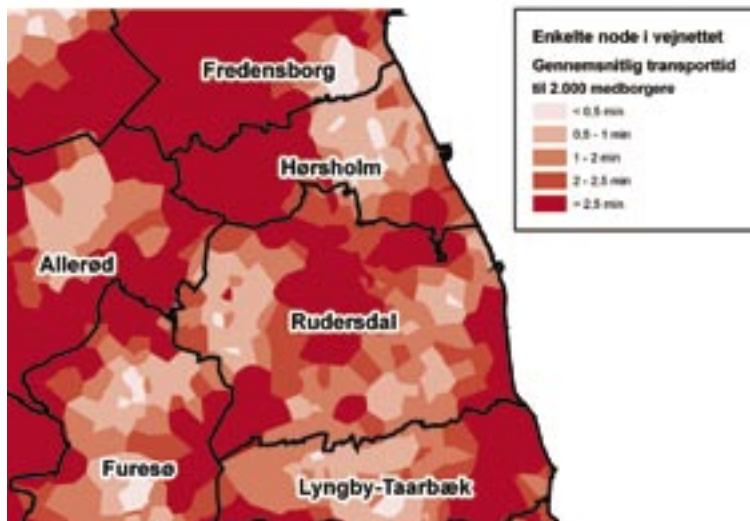
Figuret 4: Skatterplot af kommunernes befolkningstæthed (indbyggere/km²) sat overfor den beregnede gennemsnitlige transporttid. Den markerede kommune er Rudersdal i Nordøstsjælland. Det bemærkes, at transporttiden her ligger over det der eller kan forventes ud fra den generelle trend. Københavns, Frederiksbergs og Læsø kommuner er udeladt af figuren, da de ligger væsentligt udenfor værdierne for resten af landets kommuner. København og Frederiksberg med befolkningstætheder på henh. Knap 5.500 og 10.000 indbyggere/km² og Læsø med en høj transporttid på godt 13 min. da der bor 2.096 på øen og beregningen derfor skal 'helt ud i hjørnerne' af området for at finde 2.000 medborgere..

kommandoen i Network modu-
let i Arc/Info Workstation (ESRI,
2005). Applikationen er skrevet
i Arc Macro Language – AML
(ESRI, 1993). Allocate komman-
doen køres en gang for hvert
node. Resultatet er en tabel, der
angiver det ekstra antal indbyg-
gere, der kommer til for hvert
ekstra 'skridt' der tages 'ud i'
netværket. Ved at gennemløbe
denne tabel kan man finde den
transporttid, hvor netop den
ønskede befolkningsmængde
er omfattet. Ad notum, kan man
man andre sig over at højere
ordens netværksanalyser som
Allokering og Lokalisering ikke
blevet implementeret i Network
Analyst til ArcGIS Desktop. En
årsag kan være at der nu i for-
bindelse med netværksanalyse
satses mere på forsynings-
væsen og logistik og mindre på
arealplanlægning.

Resultater

I det følgende vises nogle del-
resultater af beregningen af
den gennemsnitlige transport-
tid for at nå frem til 2.000 ind-
byggere.

Da metoden er udviklet som
et raffinement i forhold til sim-
pelt hen at bruge befolknings-
tætheder, kan det være inter-
essant at undersøge sammen-
hængen i form af et skat-
terplot (figur 4). Af figuren
fremgår det blandt andet, at
der er en klar sammenhæng,
men at den ikke er en simpel
lineær. Det tyder på at tyndt
befolkede (og dermed formode-
de magaliseringstruede)
områder vil have en udlig-
ningsmæssig fordel af meto-
den. En anden ting, der springer
i øjnene, er de kommuner



Figur 5: Kortudsniit for Rudersdal kommune i Nordøstsjælland. Transport-
tider for at nå frem til 2.000 indbyggere inden- og udenfor kommunens
grænser for udvalgte kommuner. Værdierne er vist disaggregerede for de
enkelte knudepunkter i det anvendte vejnet.

der afviger fra den generel-
le trend. Et sådant eksempel
er Rudersdal kommune, der i
figuren er mærket med en rød
ring. Det fremgår, at kommu-
nen har en højere transport-

tid, end det umiddelbart måt-
te forventes, set i forhold til
tilsvarende kommuner. Årsa-
gerne til en sådan afvigelse
kan undersøges vha. et kort,
der viser transporttiderne



Figur 6: Udsnit af topografisk kort over Rudersdal kommune i Nordøst-
sjælland.

for de enkelte knudepunkter i vejnettet (figur 5). Til støtte for vurderingen findes et topografisk kort for Rudersdal kommune i figur 6.

Årsagerne til de relativt høje transporttider i Rudersdal kommune skyldes formodentligt, at befolkningen er spredt mellem mindre samfund (f.eks. Ravnsnæs, Høsterkøb og Skodsborg) med de store skovområder (f.eks. Rude Skov og Jægersborg Dyrehave) imellem som transportmæssige barrierer.

Konklusioner og perspektiver

Der er mange (hidtil uudnyttede) muligheder for at anvende analyse af digitale netværk i forbindelse med fysisk planlægning og offentligt forvaltning. I artiklen demonstreres en lidt utraditionel anvendelse af netværksallokering til beregning af gennemsnitlige transporttider til et givent antal medborgere. De beregnede tal skal ses som alternativ til simpel anvendelse af befolkningstæthed, som mål for befolkningens rumlige fordeling. Den grundlæggende forskel mellem de to metoder er, at man ved brug af netværksanalyse kan tage hensyn til effektiviteten af vejnettet (f.eks. den øgede mobilitet motorveje giver

og barrierer (mest tydeligt for kystlinier og større naturområder).

Det kan undre, at netværksanalyse hidtil ikke har fået en særligt betydende plads i den GIS-værktøjskasse, der anvendes i forbindelse med den offentlige planlægning og forvaltning (hvis der ses bort fra forvaltningsområder i direkte i forbindelse med trafik). Det skyldes nok primært, at de systemer, der anvendes, ikke har de nødvendige faciliteter. På den anden side er der i forbindelse med de nationale bestræbelser på at formulere grundlæggende standarder for geodata – de Fælles Objekttyper (FOT) gjort et stort stykke arbejde for at sikre, at den grundlæggende topologi (sammenknytning af veje (noder) i kryds, udeladelse node ved over-/underkørsel osv.) vil være til stede. Tilsvarende vil de nødvendige nøgler også være sikret, hvilket vil muliggøre sammenknytning med registre hvorfra f.eks. tilladte kørehastigheder kan hentes (Servicefællesskabet for Geodata, 2006).

Referencer

Artikler mm.
Danmarks Statistik, 2006. Kvadratnettet. <http://www.dst.dk/TilSalg/doga/Standard/kvadrat.aspx>. Sidst besøgt juni 2006.

ESRI, 1993, Arc Macro Language – Developing Arc/Info menus and macros with AML. Environmental Systems Research institute.

ESRI. 2005. ArcDOC ver. 9.1 (network analyst) on-line documents. Environmental Systems Research institute.

Møller-Jensen, L. 1998. Assessing spatial aspects of school location-allocation i Copenhagen. Geografisk tidsskrift. Vol 98. Det kongelige geografiske selskab.

Servicefællesskabet for Geodata, 2006. FOTDanmark. <http://www.fotlandmark.dk/>. Sidst besøgt juni 2006.

Skov-Petersen, H. 2006. Indirekte ruter – hvordan man spiller tiden i et digitalt netværk. Perspektiv nr 9. Geoforum.

Lovgrundlaget:

Lov om kommunal udligning og generelle tilskud til kommuner, nr. 499 af 07/6 2006. http://www.retsinfo.dk/_GETDOC_/ACCN/A20060049930-REGL. Sidst besøgt juni 2006.

Lov om regionernes finansiering. Lov nr. 543 af 24/6 2006. http://www.retsinfo.dk/_GETDOC_/ACCN/A20050054330-REGL. Sidst besøgt juni 2006.

Om forfatteren

Hans Skov-Petersen, *Skov og Landskab*, Rolighedsvej 23, DK - 1958 Frederiksberg
E-mail: hsp@kvl.dk