

Biologisk mangfold i kulturlandskapet - eksempler på analyser ved bruk av GIS

Anders Johansen

Anders Johansen: Biodiversity in the culture landscape - examples on analysis where GIS is used.

Artikkelen tar for seg det arbeidet som ble gjort i forbindelse med en prosjektoppgave ved Påbygningsstudium i geografiske informasjonssystemer, Høgskolen i Telemark. Her er geografiske informasjonssystemer (GIS) benyttet som et verktøy for å utføre landskaps-økologiske analyser. Ny informasjon er utledet fra et område kartlagt etter naturtype, og resultatene er generalisert slik at de egner seg for framstilling på kart. Arbeidet, som er utført av Hans Petter Dahlslett, Finn-Arne Haugen og Anders Johansen, viser en ny innfallsvinkel for bruk av GIS til miljømodellering.

In this studentwork a Geographical Information System (GIS) has been used as a tool in landscape ecological analysis. New information is deduced from an area where vegetation classification has been done. The result from the analysis is generalised and presented on a map. This work shows a new way of using GIS in environmental modeling. The students; Hans Petter Dahlslett, Finn-Arne Haugen and Anders Johansen, were working with this project during the one year course in Geographical Information Systems at Høgskolen i Telemark.

Nøkkelord: Biologisk mangfold, kulturlandskapet, landskapsøkologi, analyser, GIS.

Key words: Biodiversity. Culture landscape. Landscape ecology. Analysis. GIS.

Anders Johansen, avdelingsingeniør, Lier kommune, Plan- og byggesaksavdelingen, 3401 Lier.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Bakgrunnen for arbeidet er landbruks- og miljøvernmyndighetenes program for miljøovervåkning og tilstandskontroll i landbrukets kulturlandskap. Hovedelementene i dette programmet er å følge landskapsutviklingen i utvalgte referanseområder for å kunne evaluere virkemiddelbruken i landbruksnæringen. Telemarksforskning Bø er engasjert for å gjennomføre sentrale deler av prosjektet. Det er bygget opp kart- og egenskapsdatabaser (Kulturlandskapsdatabasen) som er integrert i et Geografisk informasjonssystem (GIS). Nyetablering av data i Kulturlandskapsdatabasen (KLB) er begrenset til flybildetolking av naturtilstand i to forsøksområder (Hoff og Sandefjord). Flybildetolkingene er overført til digital form (kart- og egenskapsdata). Naturtilstanden er klassifisert etter et eget system utviklet av Telemarksforskning, med temakoder for ulike naturtyper. De øvrige data hentes i hovedsak fra eksisterende dataregister og kartdatabaser som produseres og vedlikeholdes av offentlige institusjoner.

Vårt arbeid har utgangspunkt i Telemarksforskningens ønske om å undersøke mulighetene for å avlede informasjon om biologisk mangfold fra Kulturlandskapsdatabasen (KLB), ved bruk av analysefunksjoner i et GIS. Problemstillingene i arbeidet har vært hvordan datagrunnlaget i KLB-Sandefjord kan brukes til å utvikle slike analysemetoder, og hvordan analyseresultatene kan framstilles på kart. Arbeidet ble utført av studentene Hans Petter Dahlslett, Finn-Arne Haugen og Anders Johansen.

1.2 Landskapsøkologiske prinsipper

Under utvikling av analysene er prinsipper fra fagområdene landskapsøkologi og øybiografi tatt i bruk. I landskapsøkologi beskrives biologisk mangfold som en funksjon av en rekke variabler knyttet til romlige egenskaper i landskapet. Sentrale begreper er landskapselementene *øy*, *korridor* og *matrix* (dominerende landskapstype) samt *kanteffekt*. Faglitteraturen gir ikke et entydig sett variabler og det legges også noe ulik vekt på variablene. En del prinsipper virker likevel etablert:

For landskapselementet *øy* synes store arealer å være bedre enn mange små. Mest mulig sirkulær form synes å være fordelaktig. Antall forekomster av hver naturtype er viktig for biologisk mangfold i et område. Minst mulig grad av isolasjon er viktig for artenes spredningsmulighet mellom habitatene. Variasjon av landskapselementer innenfor et område bedrer muligheten til å ta vare på en arts samlede habitatkrav.

Det primære målet for *korridorstruktur* i et landskap kan uttrykkes:

$$C = \frac{\text{Antall brudd i korridoren}}{\text{Lengdeenhet}} \quad \text{hvor } C \text{ er ledbarhet (conductivity).}$$

En viktig landskapsvariabel refereres ofte til som *kanteffekt*. Kanteffekten er summen av økologiske mekanismer som finnes der ulike landskapstyper møtes. I overgangen mellom to ulike landskapstyper vil økologiske egenskaper fra begge typer gli over i hverandre og lokalt skape økt variasjon, også i det biologiske mangfoldet. I kulturlandskapet bidrar kantsoner med en relativt stor del av landskapsvariasjonen.

2. Metode

2.1 Programvare og datagrunnlag

Analysearbeidet er utført ved bruk av Arc/Info, ArcView og MS Access, eksempler på presentasjon av statistikk er utført ved hjelp av MS Excel og kartene er plottet fra ArcView. Det er benyttet PC versjonen av nevnte programvare bortsett fra i øyeffekt-analysene og i produksjon av kart, hvor det er brukt arbeidsstasjon med UNIX operativsystem. Når det refereres til datasett (eller temalg) er dette det samme som *cover* i ArcInfo-terminologien.

Ved analysearbeidet er det bare benyttet deler av dataene fra Kulturlandskapsdatabasen. Analysene er i hovedsak basert på data innsamlet ved flybildetolking (to datasett/temalag, se figur 2.1). Det er analysert på romlige egenskaper og egenskaper knyttet til naturtilstand. Vi har kun brukt data fra referanseområdet i Sandefjord kommune.

Datasettet <i>KULT</i>	Datasettet <i>LINJER</i>
Resultater fra flybildetolkingen - kun flater (polygoner)	Resultater fra flybildetolkingen - kun linjer og punkt
Egenskaper som er benyttet i våre analyser: For polygone: Areal, omkrets og naturtype For linjene som avgrenser polygone: Lengde, polygon til h. og v. og naturtype	Egenskaper som er benyttet i våre analyser (kun for linjene): Lengde og naturtype

Fig. 2.1: Resultatet av flybildetolkingen med de egenskaper som er benyttet i våre analyser.

2.2 Tildeling av verdier/indekser

Analyseresultatene er lagret som nye egenskaper for alle geometriske elementer (her polygoner og linjer) og utgjør relativt store datamengder. For at dette skal kunne sammenstilles og presenteres på en enkel og oversiktlig måte er resultatene for hver analyse generalisert. Hver klasse er videre gitt en verdi/indeks etter antatt betydning for biologisk mangfold, der det også er gjort en innbyrdes rangering av de ulike økologiske variabler for hvert landskapselement.

Klassifisering og verdisetting/indeksering er utført etter ekspertsystem-metoden. Dvs. at en ekspert på det fagfelt som behandles foretar faglige vurderinger og ut fra dette legger inn kriterier for behandling av dataene i systemet ("intelligens"). I dette arbeidet har vi selv stått for disse vurderingene.

2.3 Analyser av øyeffekter

Utgangspunktet her er at de enkelte polygoner med tilhørende egenskaper fra flybildetolkingen (datasettet *KULT*) representerer øyer. Unntatt her er dyrka mark i omløp som regnes som *matrix* (dominerende naturtype). Resultatet av analysene ble videre verdsatt og slått sammen med verdi for naturtype, til det vi har kalt Målte øyeffekter. Vi har også sett på variasjon, men denne analysen er ikke tatt med i Målte øyeffekter.

Størrelse

Størrelsen i m² genereres automatisk i Arc/Info. Disse arealene ble delt inn i arealklasser og verdsatt etter deres antatte betydning for biologisk mangfold på lik linje med de andre analysene.

Form

Formen på øyene er gitt ved forholdet mellom areal og omkrets. Omkrets genereres i likhet med areal automatisk av Arc/Info. Forholdstallet mellom areal og omkrets sier noe om hvor sirkulær form et polygon har.

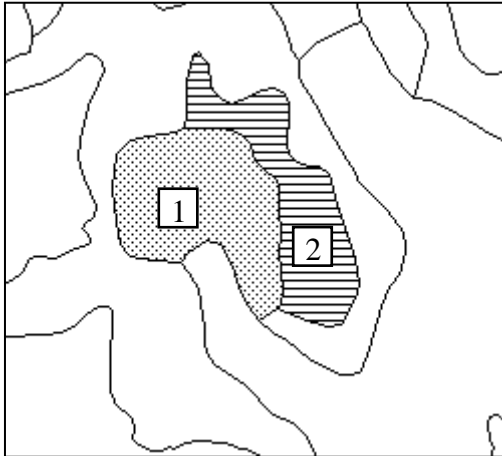


Fig. 2.2: Eksempel på analyse av areal og form. Polygon 1 har et areal på 17379m² og en omkrets på 580m. Formen kan da uttrykkes som $17379:580 = 30$. Formklassen blir "fjernsirkulær". Polygon 2 har et areal på 13185m² og en omkrets på 712m. Formen uttrykkes som $13185:712 = 18.5$ og klassifiseres "middels fjernsirkulær". Begge blir klassifisert til arealklasse "middels liten". Polygon 1 antas m.a.o. å være gunstigere for biologisk mangfold enn polygon 2 m.h.p. form og areal.

Sjeldenhet

Sjeldenhet har vi definert som antall forekomster av hver naturtype (kommandoen FREQUENCY). Resultatet er koblet (kommandoen JOINITEM) til egenskapstabellen. Antall forekomster av hver naturtype er generalisert til tre klasser og hver klasse er videre tildelt verdi på samme måte som for de andre analysene.

Isolasjon

Isolasjon har vi definert i forhold til *matrix* ved at øyer som kun har naboskap med *matrix* blir kalt isolerte. For å finne isolerte polygoner i *matrix* har vi merket *matrix* med en "kontrastfarge". Deretter har vi plukket ut de isolerte øyene interaktivt på skjermen og verdsatt polygonene.

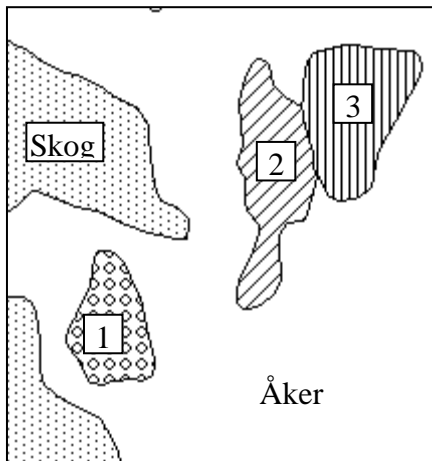


Fig. 2.3: Figuren viser tre øyer som ligger omsluttet av *matrix*. I isolasjonsanalysen vil polygon 1 klassifiseres som isolert og få verdien 2, mens polygon 2 og 3 vil klassifiseres som ikke isolert og få verdien 5. Dette er fordi isolasjon bestemmes etter om polygonet kun har naboskap til *matrix*. Et polygon som ligger helt isolert i *matrix* antas m.a.o. å være mindre gunstig for biologisk mangfold enn når annet naboskap er tilstede.

Naturtype

Det ble også tildelt verdi til de ulike naturtypene ut fra deres antatte betydning for biologisk mangfold i referanseområdet. Utgangspunktet her var en generalisert inndeling som var utført av oppdragsgiver. Klassene i denne inndelingen ble verdsatt på en slik måte at denne verdi-settningen skulle kunne slås sammen med de analysene som allerede var utført for øyeffekter.

Naturtype	Verdi
Vann	9
Våtmark	9
Kratt, løvskog og hagemark	8
Barskog	5
Tresatt innmark og eng	4
Åpen gjødslet innmark	2
Impediment	1

Tabell 2.1: Ulike naturtyper og deres verdi for biologisk mangfold i referanseområdet.

Målte øyeffekter

En sammenslåing av resultatene fra analysene størrelse, form, sjeldenhet, isolasjon og naturtype ble gjort. Metoden kan framstilles som en formel, slik som vist under. Her er de enkelte analysene ført opp i prioritert rekkefølge etter deres antatte betydning for biologisk mangfold (S).

$$S = f(\text{ naturtype} + \text{ sjeldenhet} + \text{ størrelse} + \text{ isolasjon} + \text{ form})$$

De nye verdiene/indeksene ble så gruppert slik det kommer fram av tabellen under.

Biologisk mangfold-klasse	Verdi / Indeks
Stor	24 - 28
Middels stor	21 - 23
Middels liten	18 - 20
Liten	11 - 17
Matrix	2
Hav	0

Tabell 2.2: Målte øyeffekter. Verdi/indeks over øyenes antatte betydning for biologisk mangfold i referanseområdet.

Variasjon

For variasjon har vi sett på antall ulike naturtyper innenfor den enkelte landbrukseiendom. Her startet vi med overlaging (*overlay*) av Digitalt eiendomskartverk (*DEK*) og resultatet fra flybildetolkningen (*KULT*), (kommandoen *IDENTITY*). Egenskapstabellen fra dette datasettet (temalaget) ble importert til et databaseprogram der søk ble utført for å finne antall naturtyper innenfor den enkelte eiendom. Spørringen ble lagret som en tabell og deretter lagt inn i egenskapstabellen (*JOINITEM*).

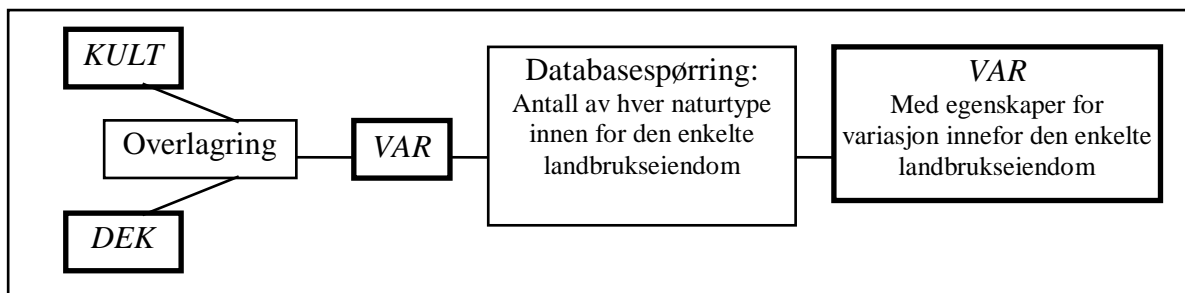


Fig. 2.4: Gangen i variasjonsanalysen. Boksene med tykk ramme er datasett og tynn ramme er analysene.

2.4 Analyser av kanteffekter

Utgangspunktet for kantanalysene er de linjene som bygger opp polygonene (se kap. 2.3). Også her er analyseresultatene slått sammen med verdier for naturtype. Vi har også sett på lengdeklasser, som gir et uttrykk for mosaikken i landskapet, men denne analysen er ikke tatt med i Målte kanteffekter.

Total lengde

Ved å se på den totale lengden for linjer som har samme kode for naturtype, vil en finne hvilken kanttype som dominerer i utstrekning. Den totale lengden for alle linjer med samme egenskapsverdi er lagt inn i egenskapstabellen. Disse er videre generalisert i fire lengdeintervaller og gitt verdi etter antatt betydning for biologisk mangfold i referanseområdet.

Sjeldenhet

Sjeldenhetsanalysen er utført på samme måte som for øyanalysen (se kap. 2.3).

Kant mellom

Denne analysen tar sikte på å finne hvilke arealer som er knyttet til kanten, for videre å knytte arealenes egenskaper til de respektive kanter. Egenskapstabellen til linjene inneholder opplysninger om hvilke polygoner som ligger til høyre og venstre for hver linje (egenskapene *Rpoly_* og *Lpoly_*). Totalverdien for biologisk mangfold (Målte øyeffekter) som disse polygonene har fått i øyeffekt-analysene (se kap 2.3) er overført til de respektive linjene. Dette er gjort ved å koble (JOINITEM) egenskapene polygonnr (*Kult_*) fra egenskapstabellen til polygonene (*kult.pat*), og med henholdsvis polygonnr. til høyre og venstre for linja (*Rpoly_* og *Lpoly_*) fra egenskapstabellen til linjene (*kult.aat*) som koblingsfelt.

Naturtype

Kantene ble også tildelt verdi ut i fra deres antatte betydning for biologisk mangfold på samme måte som for øyene (kap. 2.3), men med en annen inndeling (se tab. 2.3).

Naturtype	Verdi
Tresatt bekk, smal elv	9
Skoggrense, løvtredominert	8
Åpen grøft	7
Skoggrense, bartredominert	5
Tresatt vegetasjonskant	4
Vegetasjonskanter	3
Smale vegetasjonskanter	3
Hogstflate	2

Tabell 2.3: Kanter klassifisert etter naturtype med tilhørende verdier etter antatt betydning for biologisk mangfold.

Målte kanteffekter

Linjene har nå egenskaper som viser verdier for biologisk mangfold funnet ved analysene total lengde, sjeldenhet, kant mellom og naturtype. Disse verdiene er summert til en totalindeks som indikerer kantens betydning for biologisk mangfold (S).

$$S = f(\text{total lengde} + \text{sjeldenhet} + \text{naturtype})$$

Totalsummene er generalisert og klassifisert i fire klasser, slik det er illustrert i figur 2.5.

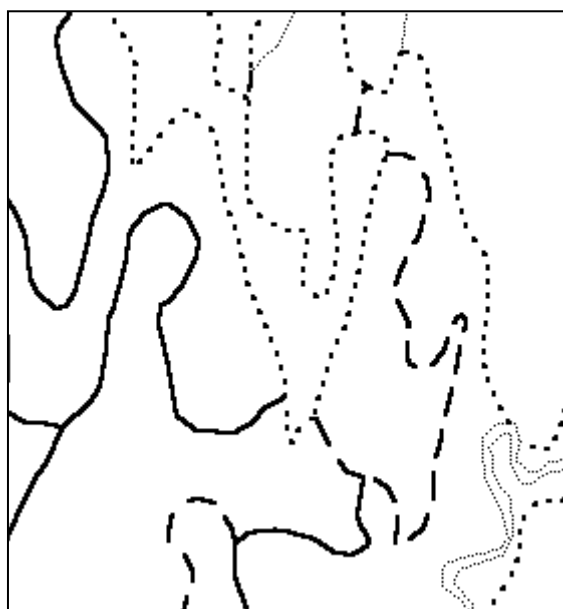


Fig. 2.5: Generalisert resultat av analysen Målte kanteffekter (utsnitt).

- Stor kanteffekt
- - - Middels stor kanteffekt
- Middels liten kanteffekt
- · - · - Liten kanteffekt

2.5 Analyser av korridoreffekter

Under arbeidet med korridoreffekter har vi tatt utgangspunkt i et datasett (temalag) som inneholder kanter i åpent landskap (*LINJER*). Analyser av brudd, endetilknytning, lengde og dominerende naturtype ble utført som beskrevet under.

Klargjøring for analyser

Vi startet arbeidet her med å skille *matrix* (åkerland/monokultur) fra *nomatrix* (de resterende naturtypene) (*RESELECT*), slik at vi fikk to nye datasett (*MATRIX* og *NOMATRIX*). Neste skritt var å finne linjer som ligger i *matrix*. Dette ble utført ved overlagingsteknikk (*INTERSECT*) mellom de to datasettene *LINJER* og *MATRIX*. Vi sitter nå igjen med et datasett som kun består av linjer som ligger i *matrix* (*LINMATR*).

Linjene i datasettet *LINJER* er konkrete landskapselementer digitalisert inn fra flyfoto. For å beskrive en funksjonell (økologisk) korridor, avledes et 5 meters bufferpolygon rundt de utvalgte linjer (*BUFFER*). Bufferpolygonet representerer den romlige fordelingen av linjene og beskriver en funksjonell korridor. Det nye datasettet ble kalt *BRUDD*.

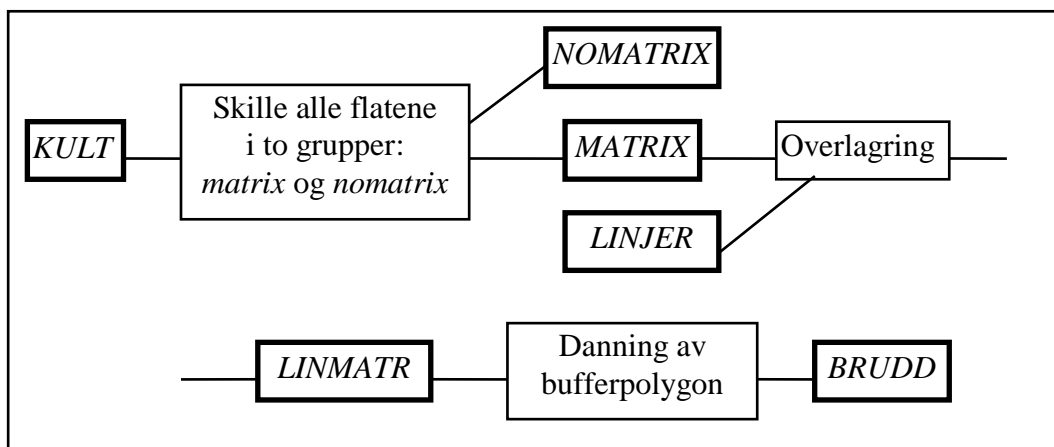


Fig. 2.6: Forberedelser til korridoranalysene, skjematisk.

Brudd

Vi er her ute etter å finne antall linjer innen hvert bufferpolygon dividert på arealet til bufferpolygonet. Dette vil gi et forholdstall som forteller om hvor sammenhengende den enkelte korridor er. Analyseprinsippet går fram av figur 2.7 og 2.8.

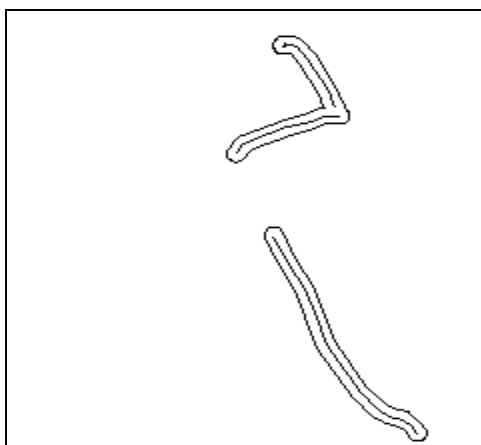


Fig 2.7: Prinsippskisse for Bruddanalysen.

Det øverste bufferpolygonet har 2 linjer og et areal på 1484 m². Forholdstallet blir 742 = verdi 4.

Det nederste har 1 linje og et areal på 1868m².

Forholdstall blir 1868 = verdi 5.

Det nederste bufferpolygonet anses m.a.o. som en bedre korridor p.g.a. den heltrukne linjen.

Vi startet denne analysen med å bruke overlagingsteknikk (UNION) mellom linjene fra *LINMATR* og bufferpolygonene fra *BRUDD* (datasettet kaller vi *LINBRUDD*). Vi får nå informasjon om hvilket bufferpolygon hver linje ligger i (egenskapen *Brudd_id*). Antall linjer i hvert bufferpolygon kan nå summeres opp og denne verdien kalkuleres inn i en nyopprettet kolonne i egenskapstabellen til datasettet *LINBRUDD*. De nyopprettede verdiene (antall linjer i hvert bufferpolygon) legges så inn i egenskapstabellen til *BRUDD* ved å koble denne (JOINITEM) med egenskapstabellen til *LINBRUDD*. Forholdstallet areal/antall linjer kalkuleres så inn i en ny kolonne i egenskapstabellen til *BRUDD*.

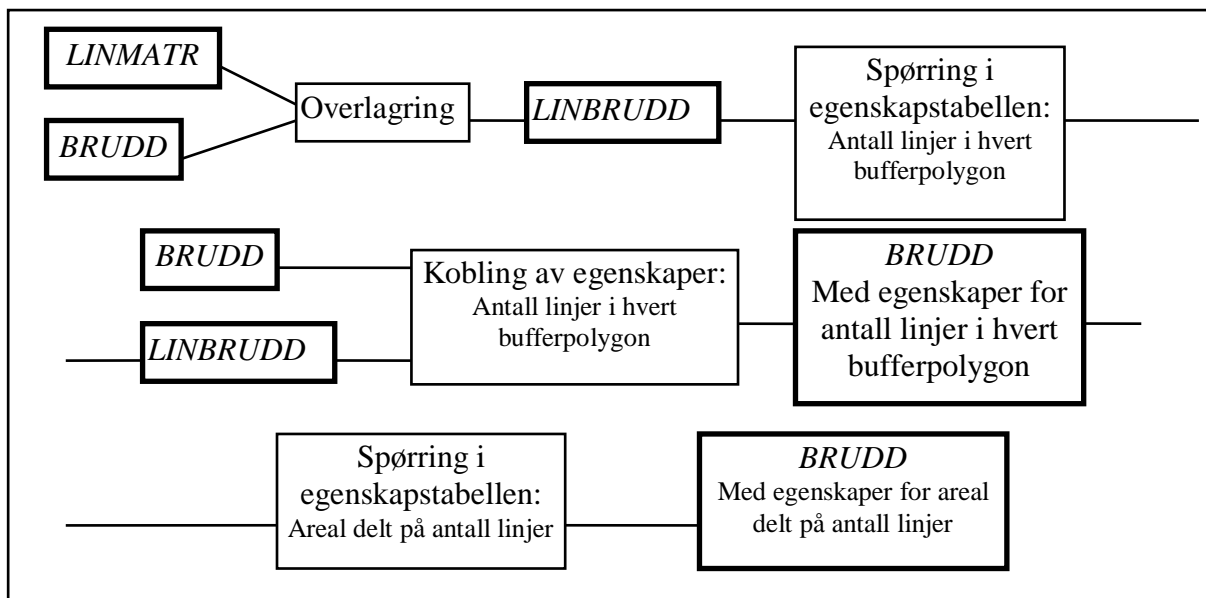


Fig. 2.8: Bruddanalysen vist skjematisk.

Endetilknytning

Vi ønsker å finne bufferpolygonenes tilknytning til *nomatrix* (*NOMATRIX*). Utgangspunktet for denne analysen er overlaging (*INTERSECT*) mellom datasettene *BRUDD* (bufferpolygon/korridorer) og *NOMATRIX*. I det nye datasettet (*ENDE*) dannes små polygoner der hvor bufferpolygonet overlapper datasettet *NOMATRIX*. Disse polygonene får et sentralpunkt som kan utnyttes på samme måte som for linjene i bruddanalysen.

Ved å benytte overlagingsteknikk (*UNION*) mellom sentralpunktene (i *ENDE*) og bufferpolygonene (i *BRUDD*) viser egenskapstabellen til det nye datasettet (*ENDEBRUD*) hvilke bufferpolygon punktene ligger i. Antall punkt i hvert bufferpolygon kan nå summeres, og denne verdien kalkuleres inn i en nyopprettet kolonne i egenskapstabellen til datasettet *ENDEBRUD*. De nyopprettede verdiene legges inn i egenskapstabellen til *BRUDD* ved å koble denne (*JOINITEM*) med egenskapstabellen til *ENDEBRUD*. Egenskapstabellen til *BRUDD* får nå verdier for om det har sammenheng med *nomatrix* i 0, 1 eller ≥ 2 ender. Prinsippet for tilknytningsanalysen går fram av figur 2.9 og 2.10.

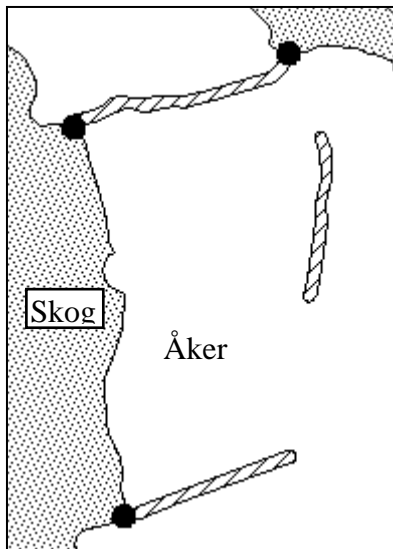


Fig. 2.9: Eksempel på endetilknytning. Det øverste bufferpolygonet har to tilknytninger til *nomatrix* og får verdi 6. Det midterste bufferpolygonet ligger isolert i *matrix* og får verdi 1. Det nederste bufferpolygonet har en tilknytning og får verdi 3. Korridoreffekten antas m.a.o. å øke hvis bufferpolygonet er knyttet sammen med *nomatrix*.

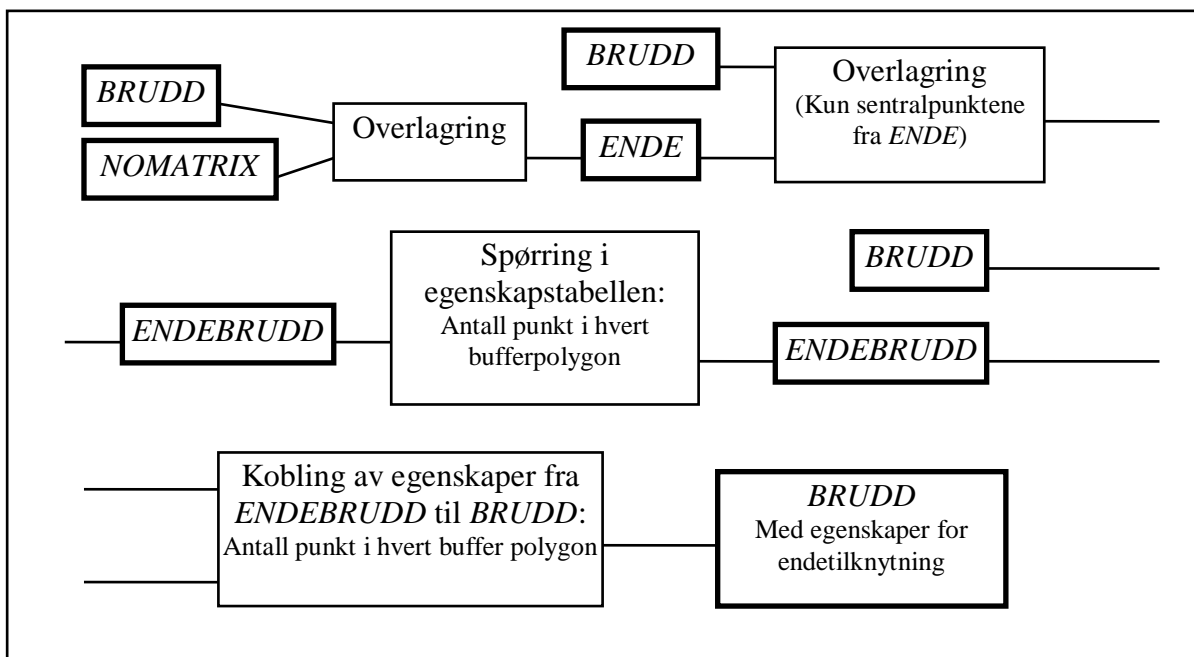


Fig. 2.10: Skjematisk framstilling av analysen Endetilknytning.

Dominerende naturtype

Vi ønsker å klassifisere bufferpolygonene etter dominerende naturtype. Dette gjør vi ved å kombinere opplysninger om tresettingsgrad (som ligger inne i datagrunnlaget) og lengde på linjene i bufferpolygonene. Hver linje (i datasettet *LINMATR*) klassifiseres og verdsettes etter lengde og type (tresettingsgrad) som så slås sammen. Ved overlagring av *LINMATR* og *BRUDD* finner vi ut hvilket bufferpolygon hver linje ligger i (datasettet *LINBRUDD*).

Nå adderes “lengdetypeverdien” for linjer med samme *Brudd_id* (samme bufferpolygon) til en ny egenskap ved hjelp av et databaseverktøy. Resultatet av spørringen kobles så med egenskapstabellen til *BRUDD*. Ved å dividere dette resultatet med antall linjer til en ny kolonne dannes en gjennomsnittsverdi for linjekvaliteten i bufferpolygonet. Denne verdien tar hensyn til både tresetting og lengde. Metoden kan beskrives ved hjelp av formelen under og er illustrert i figur 2.11 og 2.12.

Lengdeverdi + Typeverdi
Ant. linjer i bufferpolygonet

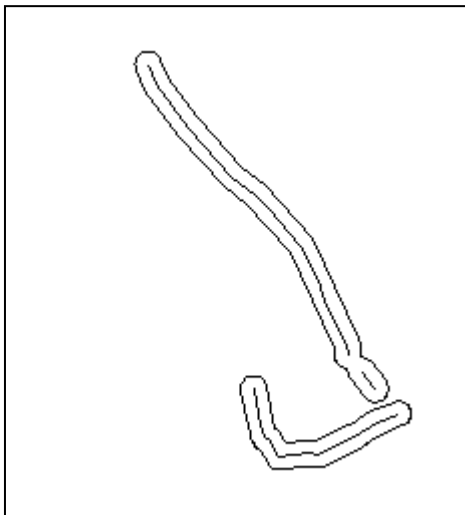


Fig. 2.11: Eksempel på analyse av dominerende naturtype.
Det øverste bufferpolygonet består av to linjer hvor den lange er 151 m (lengdeklasse 4) og den korte er 10 m (lengdeklasse 1). Den lengste er en “vegetasjonskant med spredte trær” (typeklasse 3) og den korte er “annen vegetasjonskant” (typeklasse 1). Uttrykket for dominerende naturtype i bufferpolygonet blir:

$$\frac{\text{Lengdeklasse (4 + 1)} + \text{Typeklasse (3+1)}}{\text{Antall linjer (2)}} = 4.5$$

Det nederste bufferpolygonet består av en linje som er 44 m (lengdeklasse 1) av typen “annen vegetasjonskant” (typeklasse 1). Uttrykket for dominerende naturtype i dette bufferpolygonet blir:

$$\frac{\text{Lengdeklasse (1)} + \text{Typeklasse (1)}}{\text{Antall linjer (1)}} = 2$$

Korridoreffekten antas m.a.o. å øke når andelen av tresetting på linjene i bufferpolygonene øker.

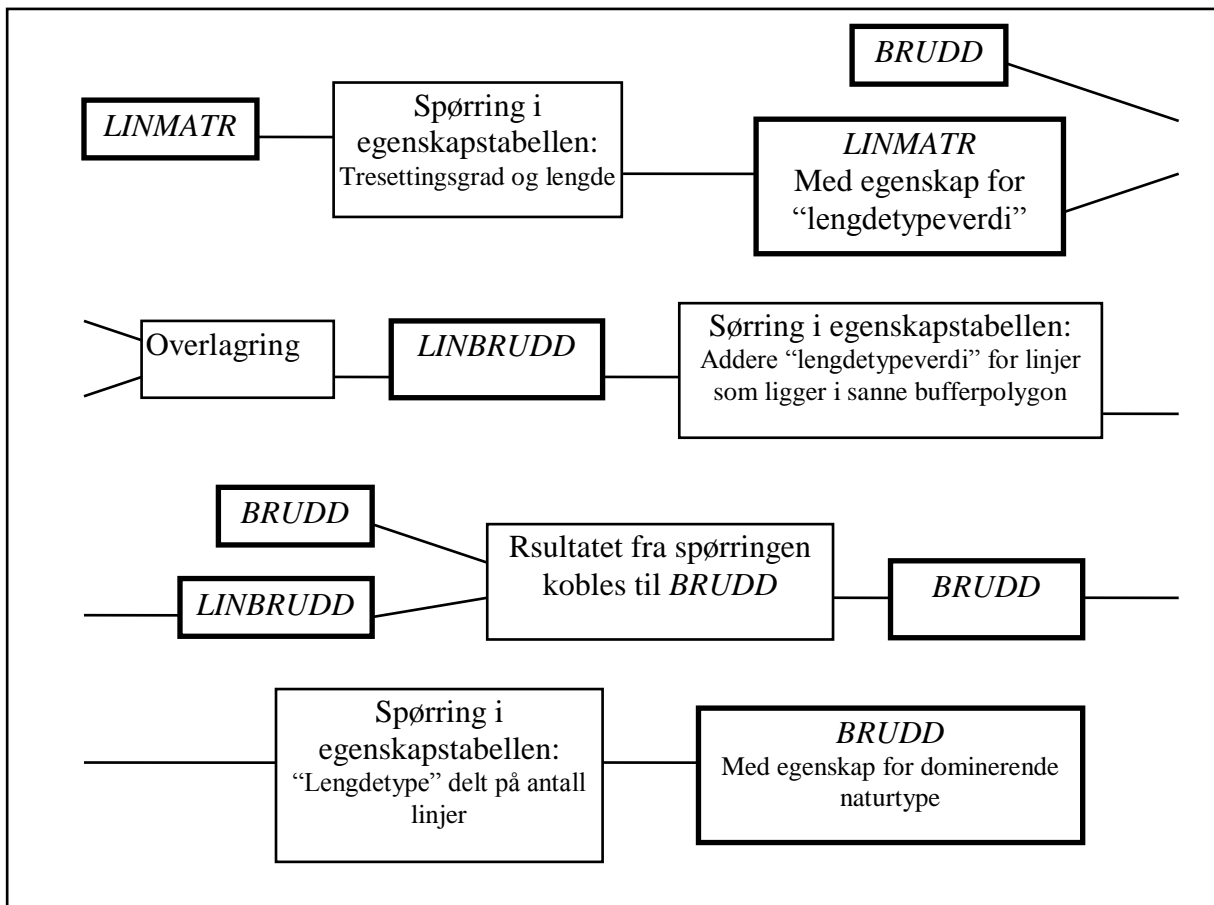


Fig. 2.12: Analyse av dominerende naturtype, skjematisk framstilt

Målte korridoreffekter

Bufferpolygonene i *BRUDD* har nå egenskaper som viser verdier for biologisk mangfold. Verdiene er funnet ved analysene brudd, endetilknytning, lengde og dominerende naturtype.

Disse verdiene er summert til en totalindeks som indikerer korridorens betydning for biologisk mangfold. Metoden kan framstilles som en formel, slik som vist under. C er samlet verdi for linjenes antatte betydning for ledbarhet, som er viktig for biologisk mangfold.

$$C = f(\text{brudd} + \text{endetilknytning} + \text{dominerende naturtype})$$

3. Oppsummering

Prosjektet er gjennomført i grenselandet mellom GIS-faglige og naturfaglige problemstillinger. Vi mener denne koblingen er både viktig og interessant. Skal slike analyser benyttes i praktisk forvaltning kreves det for øvrig en mere fullstendig gjennomgang av hvilke analyser som bør benyttes og hvordan man skal generalisere og verdsette analyseresultatene. Vi mener en slik gjennomgang må være langt mer omfattende enn det som har vært rammene for vårt prosjekt.

Vi mener det er viktig å presisere at resultatene fra analysene ikke skal gi et mål på biologisk mangfold, men si noe om forholdene for biologisk mangfold. Det er spesielt interessant i denne sammenheng å se på endringer av disse forholdene. Datagrunnlaget vi hadde til disposisjon var ikke utformet spesielt med tanke på våre analyser. Dette skapte enkelte problemer og det vil være ønskelig å få en bedre tilpasning av datagrunnlaget i forbindelse med slike analyser.

En viktig erfaring vi har gjort er at sammenslåing av verdier for romlige analyser og verdier for andre egenskaper skjuler informasjon om romlige egenskaper. Å skille disse typene analyser ville være svært aktuelt, men tidsrammene i prosjektet gjorde at dette ikke ble mulig.

Selve resultatet kan nok diskuteres ut fra naturfaglige innfallsvinkler, men det har ikke vært et mål for arbeidet at dette skal være fullstendig gjennomarbeidet. Det vi ønsker å vise er metoder og mulige framgangsmåter ved bruk av GIS til analyser av biologisk mangfold. Vi har omsatt ideer og prinsipper innen landskapsøkologien til konkrete analyseresultater og levert et interessant bidrag til utvikling og utprøving av GIS innen dette fagfeltet.

Fullstendig rapport fra arbeidet kan fås ved henvendelse til Høgskolen i Telemark, 3800 Bø i Telemark.

Referanser:

Andreassen, H.P., Fauske, J. & Steinset, O.K. 1995. Lineære habitater - opprinnelse, struktur og forvaltningshensyn. - Fauna nr. 48.

Forman, R. T. & Godron, M. 1986. Landscape ecology. - John Wiley & Sons, USA.

Haga, A. 1981. Økologisk kunnskap i naturforvaltningen. - Fauna nr.34.

Haines-Young, H. et.al. 1993. Landscape ecology and GIS.

Hjeltnes, A. et.al. 1995. Resultatkontroll og tilstandsovervåking. - Arbeidsrapport 2/95 Telemarksforskning-Bø, Fylkesmannen i Vestfold.

Ims, R. A. 1990. Hva er landskapsøkologi? - Fauna nr. 43.

Solheim, R. 1989. Artsmangfold og økosystemer i kulturlandskapet. - Arbeidsrapport nr.12, Alstadheimutvalget.