

Planlægning for bæredygtig arealanvendelse ud fra jordressourcens potentialer

Geotopmodeller som nyt planværktøj i landskabstransformationer

Andreas Aagaard Christensen, Institut for Mennesker og Teknologi, Roskilde Universitet, og Department of Geography, Ghent University, Belgien

Esbern Holmes, Isabella Bugge Nielsen, Thomas Skou Grindsted, Sune Wiingaard Stoustrup, Andreas Dyreborg Martin og Henrik Haugaard Nielsen, Institut for Mennesker og Teknologi, Roskilde Universitet

Abstract

Denne artikel undersøger, hvordan jordressourcens egenskaber kan danne grundlag for en mere differentieret og bæredygtig arealplanlægning i Danmark. Artiklen indledes med et litteraturstudie, der kortlægger potentialer og udfordringer for rumlig planlægning i landzonen. Med udgangspunkt i udviklingen af en ny jordressourcemodel – geotopmodellen – introduceres derefter en ny tilgang til rumlig planlægning, hvor landskabet opdeles i funktionelle enheder, der deler biofysiske karakteristika og opfører sig ens under sammenlignelig arealanvendelse. Modellen gør det muligt at vurdere arealers geobiologiske potentiale på tværs af anvendelser inden for landbrug, skovbrug, naturforvaltning og vandindvinding. Ved hjælp af et nyt planværktøj (LandAllocate) er det afprøvet, hvordan viden om jordressourcens potentialer kan indgå i transparente, datadrevne og lokalt forankrede beslutningsprocesser, som eksempel på en ny tilgang til planlægning for bæredygtig arealanvendelse ud fra jordressourcens potentialer. Det diskuteres, hvordan geotoper kan fungere som meningsfulde planlægningsenheder og skabe en fælles referenceramme for samarbejde mellem fx. myndigheder, lodsejere og civilsamfund. Der argumenteres for, at modellering af jordens ressourcer er en mulig platform for datadrevne jordreformer, hvor arealtransformationer kan planlægges, igangsættes og evalueres med afsæt i landskabets permanente egenskaber og dets langsigtede kapacitet for understøttelse af arealanvendelse.

Keywords: Det åbne lands planlægning, Grøn omstilling, Naturbaserede løsninger, Geoøkologiske potentialer, Permanente potentialer, Jordressourcer, Ontologisk planlægning, Bæredygtigt jordbrug.

1. Introduktion

Rurale landskaber udgør en central samfundsressource, fordi de bidrager med en række økosystemtjenester, som er nødvendige for samfundets reproduktion og velstand. De indeholder eksempelvis levesteder og rekreative arealer for befolkningen og leverer primære ressourcer såsom drikkevand, fødevarer, fibre, byggematerialer og energi (Brandt & Vejre, 2004; Diaz et al., 2018; Ellis, 2019). Samtidig rummer landskaberne habitater for fritlevende dyr og planter, og deres indhold af permanente vegetationsfelter, søer, vandløb og ekstensivt udnyttede arealer udgør den

strukturelle ramme for terrestrisk biodiversitet (Ejrnæs et al., 2021; Johnsen, 2017). De fleste naturarealer er indlejret i rurale landskaber, og forvaltes som en del af jordbrugets ressourcegrundlag (Emanuelsson, 2009; Nielsen & Odgaard, 2010; Renes, 2010). Landskaberne er også en vigtig social og kulturel ramme om menneskers hverdagsliv (Born et al., 2002; Olwig, 2019), hvor tilknytning til steder og deltagelse i lokale fællesskaber er afgørende for oplevelser af meningsfuldhed og forankring i tilværelsen (Hunziker et al., 2007; Stedman, 2003). Samtidig er de historiske spor af samfundets udvikling og enkeltpersoners livsførelse synlige og håndgribelige i landskabet, hvor de deles med andre og er en kilde til kontinuitet og kreativ udfoldelse i hverdagslivet (Nassauer, 1997; Odgaard & Rømer, 2009). Arealanvendelse er forbindelsesleddet mellem disse mange facetter af vores landskaber (Fritzboøger, 2007).

Ved at blive anvendt af mennesker bliver arealer transformeret til funktionelle, meningsfulde helheder: kulturlandskaber (Van Eetvelde & Christensen, 2023). Det sker gennem sociale processer, der griber ind i samfundets fysiske miljø og gradvist omskaber det samtidig med, at samfundet selv omskabes (Christensen & Van Eetvelde, 2024). Derfor er landskaber også politiske fællesskaber og kampladser, hvor målsætninger, planer, ambitioner, sociale roller og identiteter forhandles og virkeliggøres (Gailing & Leibenath, 2017; Jones, 2008). I takt med, at indflydelsen af individer og virksomheders arealanvendelse på fælles ressourcer, miljø, klima og biodiversitet i tiltagende grad er blevet problematiseret og politiseret, har dette fået stigende aktualitet (Primdahl et al., 2018; Waterman et al., 2021). Derfor er det et vigtigt spørgsmål, hvordan vi bruger og planlægger vores landskaber.

Den Grønne Trepert markerer en politisk erkendelse af, at den eksisterende arealanvendelse ikke i tilstrækkelig grad understøtter samfundets behov og ønsker. Aftalen lægger op til en gennemgribende reform, der skal justere den eksisterende arealanvendelse ved at redefinere selve formålet med forvaltningen af vores landskaber. Det er ikke alene et spørgsmål om at reducere tab af biodiversitet og udledninger til miljø og klima – men om at ændre, hvordan vi som samfund organiserer vores brug af jorden. Derfor handler det også om, hvordan vi kategoriserer og tænker Danmarks arealer som en varieret ressource, hvor delarealer tilbyder vidt forskellige potentielle goder til samfundet og jordejeren. Det kræver en ny tilgang til rumlig planlægning og regulering.

I denne artikel beskriver vi et koncept for, hvordan dette kan gøres ud fra en ny rumlig model for Danmarks jordressourcer, som giver viden om, hvordan arealanvendelsen kan optimeres gennem mere transparente, demokratiske og ligeværdige beslutningsprocesser baseret på naturgrundlaget. Artiklen introducerer derudover beslutningsstøtteværktøjet *LandAllocate*, som er udviklet parallelt med det konceptuelle arbejde for at understøtte afprøvning i praksis i to sjællandske casestudier.

1.1 Udgangspunkt: Opgør med det udfladede, ensartede landskab

Danmarks landskaber "har tidligere givet plads til mange forskellige arter af vilde planter og dyr i forhold til landets størrelse" (Wilhelmudvalget, 2001). Det skyldes, at Danmark har meget varierede jordressourcer, som historisk har understøttet mange forskellige typer natur- og jordbrugsarealer (Kristensen et al., 2005; Schou, 1949). Derfor er der grund til at tro, at de arealer, vi har til rådighed i Danmark, fortsat har kapacitet til at understøtte høj biologisk diversitet på baggrund af varierede geoøkologiske miljøer (Adersen, 2017; Nielsen & Odgaard, 2010; Noe-Nygaard et al., 1998). Det aktuelle fravær af denne kapacitet afspejler en bredt funderet, strukturel

forandring af arealanvendelsen, som fandt sted siden begyndelsen af det 20. århundrede (Meeus, 1993; Renes, 2010; Stoate et al., 2009). Her blev arealanvendelsen i tiltagende grad afkoblet fra variationer i naturgrundlaget gennem brug af miljø-harmoniserende teknikker såsom dræning, gødskning med handelsgødning, mekanisk jordbearbejdning, standardiserede afgrødeforløb og kemiske hjælpestoffer. Det var forandringer, der viste sig afgørende for samfundets økonomiske udvikling, vækst og rigdom (Kærgård & Dalgaard, 2014; Pedersen & Møllenberg, 2017), men som var baseret på udbredt intensivering, simplificering og homogenisering af produktionsarealerne (Levin & Normander, 2008; Lohrum et al., 2024) og førte til omfattende tab af biotoper med permanent vegetation indlejret i vores landskaber (Caspersen & Nyed, 2017).

De arealenheder, landskaberne består af, blev i denne proces mere ens, og de blev større og færre. Der er i dag færre forskellige afgrøder, som dyrkes i større felter. Der er mindre plads til varierede, permanente plantesamfund, der kan oppebære høj og stabil biodiversitet (Agger & Brandt, 1988; Brandt & Holmes, 2007; Fredshavn et al., 2015; Levin, 2006). Samtidig er landskaberne blevet affolket, og kapaciteten for demokratisk og deltagende beslutningstagning er blevet bragt under pres (Primdahl, 2018; Ruegaard Petersen, 2024). Derfor har vi i dag simple og mere ensartede landskaber end tidligere, både socialt, økonomisk, teknologisk, politisk og biologisk.

Store dele af landskabet bruges på samme måde uanset, at jorden og hydrologien "nedenunder" arealdækket er meget varieret de fleste steder i landet (Gyldenkerne & Frederiksen, 2015; Jensen & Reenberg, 1986; Odgaard & Rømer, 2009). Resultatet er udfladede landskaber, hvor forskelle i jordressourcen ignoreres. Det er baggrunden for mange af de miljøproblemer, vi i dag oplever, som har motiveret samtidens politiske tanker om reformer på arealområdet (Aftale om et grønt Danmark, 2024; Natur- og Landbrugskommissionen, 2013). Vores arealanvendelse er ikke differentieret nok til effektivt at bruge jordressourcen bedst muligt, og det centrale spørgsmål, der rejser sig, er derfor: Hvordan kan vi i højere grad differentiere arealanvendelsen rumligt og funktionelt, så vi bruger jordressourcen bedst?

1.2 Muligheder: Nye landskaber gennem ændret arealanvendelse?

De forbundne biodiversitetskriser, klimakriser, fødevarekriser og miljøkriser er i høj grad konsekvenser af vores nuværende måde at organisere samfundets arealanvendelse (Diaz et al., 2019; Foley, 2005; Stoate et al., 2009). Derfor er en transformation af samfundets arealanvendelse nødvendig for at opnå de politiske mål, der er lagt frem i den grønne trepartsaftale. Men hvad er det for transformationer, der skal til? Dette viser sig svært at forestille sig for de involverede aktører, fordi samtaler om fremtidens arealanvendelse rammesættes af nutidens anvendelse, planlægning og regulering, som er præget af historiske udviklingsspor. Hastigheden, hvormed arealanvendelse og dermed landskaber forandres, er i dag stigende (Ellis, 2021; McNeill & Engelke, 2014), og talrige internationale eksempler viser, at landskaber forholdsvis hurtigt kan ændres intentionelt gennem reformer og tilsvarende politiske processer (Conzen, 2010; Hoskins, 2013; McPhee, 2025; Pawson & Brooking, 2013).

Det nuværende sprog om landskaber og deres regulering skal derved ses som midlertidigt og foranderligt (Atkins, 1998; Grindsted et al., 2025; Healey, 2006; Mannion, 1997; Padoa-Schioppa, 2023; Simmons, 2008), og de tilhørende rumlige afgrænsninger, vi udtrykker os med, vil ændre sig sammen med brugen af jorden (Antrop, 2005; Hägerstrand, 2001). Kategorierne, som vi i dag

tager for givet i vores samtaler om landskaber, jord, produktion, ejendom, rettigheder, pligter, effektivitet, natur og rekreation, kunne være anderledes, og har været det for forholdsvis nyligt (Fritzbøger, 2004; Glacken, 1967; Svenningsen et al., 2021; Thomas, 1996). De kan derfor udfordres for, at et andet fremtidsbillede kan træde frem (Schama, 1996; Taylor, 2007), og reformer skal forstås som en måde at tage kontrol med igangværende og fremtidige transformationer (Sauer, 1974).

Den Grønne Trepert bør netop betragtes som en sådan forandringsproces, hvor det, vi taler om i dag, for de fleste ville have været svært at forestille sig for et årti siden, og det vil være svært at genkende om nogle årtier (Brandt et al., 2011). Men udviklingen af nye visioner for Danmarks arealer kræver nye ordforråd (Joronen & Häkli, 2017; Primdahl & Kristensen, 2019; Raffn et al., 2021), funderet på refleksiv frigjorthed fra eksisterende normer (Christensen & Van Eetvelde, 2024; Unger, 2024; Unger, 2014). Kun derved er det muligt at forestille os hidtil ukendte naturtyper, arealkategorier, jordbrugssystemer, indtægtskilder og landskaber, så intentionelle transformationer kan finde sted (Cosgrove, 2008; Spirn, 2000).

1.3 Arealer: Fra tanker og planer til handlinger og arealtransformationer

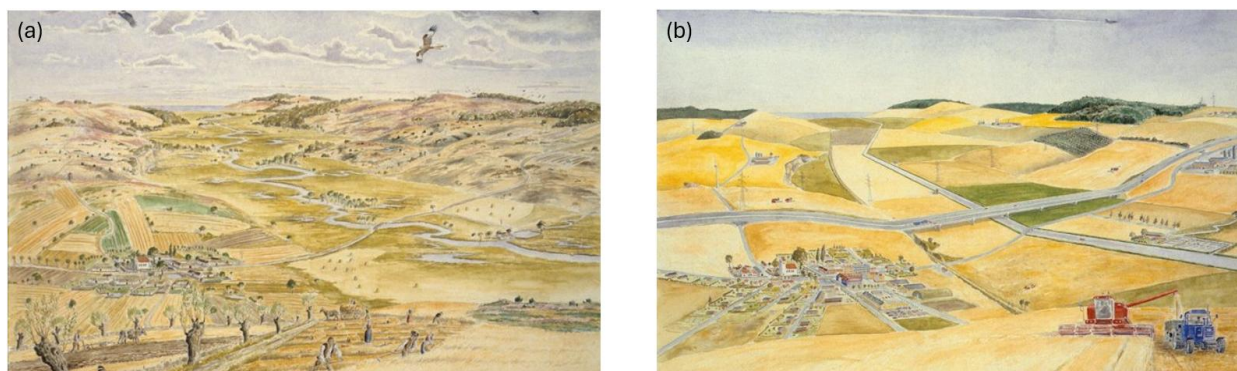
Baggrunden for reformer som Den Grønne Trepert er, at vi som samfund ønsker os en anden brug af jordressourcen med andre gevinster og omkostninger end dem, vi nu oplever (Brandt et al., 2011). Etablerede skel i landskabet – såsom ejendomme og matrikler, bedrifter og markfelter, naturtyper og habitatområder – er således ikke et fundament, der uproblematisk kan indgå i løsninger på samtidens kriser. Dels, fordi de ikke er blivende, og dels, fordi de er opstået sammen med de udfordringer, nutidens reformer sigter på at løse – og derfor i mange tilfælde er en del af problemet, snarere end løsningen. I forbindelse med en reform af arealernes anvendelse er der derfor brug for en ny, økologisk meningsfuld opdeling af vores arealer, som kan bruges som ”puslespilsbrikker” til at organisere fremtidens landskaber.

Fundamentet for vores landskaber er et naturgrundlag, der forandrer sig meget lidt fra generation til generation. Forløb af variation i relief, jordbund og vandets fald gennem landskabet skaber en diversitet af potentielle levesteder og ressourcer for mennesker, afgrøder, dyr og planter i landskabet (Aguilar et al., 2020; Christensen et al., 2017; Forman, 1995). Det udgør en fysisk ramme for livet i landskabet, som er relativt stabil over tid (Giardino & Houser, 2015; Huggett, 2003). Historiske erfaringer viser, at landskabernes absolutte bæredygtighed kan øges, hvis deres anvendelse i højere grad tager udgangspunkt i landskabets blivende naturgrundlag (Bavnshøj & Gormsen, 2025; Dam, 2025). Man kan derfor profitere ved at planlægge fremtidens arealanvendelse ud fra de stedsbestemte potentialer og begrænsninger, der defineres gennem dette (Latour & Weibel, 2020; Selman, 2006; Wu, 2013).

1.4 Potentialer: Jordressourcens variation som grundlag for planlægning af arealanvendelse

De jordressourcer, landskabet tilbyder os i Danmark, er præget af finkornede, nuancerede mønstre af jordbund, hydrologi og topografi. De er formet af årtusinders landskabsdannelse, som er resultatet af både naturprocesser og menneskers aktive landskabsforvaltning (Houmark-Nielsen, 2021; Odgaard & Rømer, 2009). Tilsammen har disse processer dannet et sammenhængende fysisk ressource-grundlag (Fritzbøger, 2007; Sauer, 1925), som ikke meningsfuldt kan opdeles i naturlige og kulturelle bestanddele (Christensen et al., 2017; Troll, 1960; von Humboldt, 1808;

Zonneveld, 1995), men som kan opdeles efter arealernes egenskaber og potentielle funktionsevne – dvs., hvordan arealerne skaber vilkår for liv (Akpoti et al., 2019; FAO, 2007; Fenton, 2020; Rossiter, 1996). Disse vilkår – potentialer for arealanvendelse – varierer i landskaberne over meget små afstande.



Figur 1: Illustration af typiske mønstre i danske landskabers arealanvendelse, i perioden frem til 1800-tallets midte (a) og op til i dag (b). Jordressourcen i de to landskaber er uforandret: En bred ådal med lavbundslande gennemskærer et landskab af højereliggende, veldrænede lerjorde, omgivet af sandede, eksponerede udmarksarealer på bakkepartier mod kysten. Mellem de to tidssnit har anvendelsen af jordressourcen ændret sig markant. På kort tid er landskabet blevet mere ensartet, og højbundslandets arealanvendelse er udbredt til den resterende dyrkningsflade. Gennem dræning, jordbearbejdning gødskning mm. er jordressourcens geoøkologiske variationer blevet udfladet, og arealanvendelsen samlet på store ensartede produktionsenheder. Derved er produktionen af landbrugsvarer øget dramatisk samtidig med, at biodiversiteten er faldet, og emissioner til miljø og klima er steget. Samtidig er arealanvendelsen blevet mindre differentieret og i stigende grad afkoblet fra ressource-grundlaget i landskabet. Kilde: Tegninger udført af Jens Frimer for Danmarks Naturfredningsforening, Europarådet og Naturstyrelsen til brug i kampagnen "Det europæiske naturbeskyttelsesår, 1995". Reproduceret med tilladelse.

I de seneste årtier har dette til en vis grad været skjult for øjet, fordi de geoøkologiske forskelle er usynliggjorte gennem brugen af gødning, dræning, mekanisk jordbearbejdning og kemiske hjælpepestoffer i jordbrugets monokulturer, se figur 1 for en illustration. Men det heterogene naturgrundlag og potentiale, som er iboende det enkelte landskab, kommer til syne, så snart jorden efterlades uden indgreb og udnyttelse. Så står der på kort tid siv i markens udrænede lavninger, og tuer med græs og urter indfinder sig langs de tidvis våde zoner omkring vandspejlet. Pionerarter overtager arealet og fordeler sig efter voksesteder, distribueret efter geoøkologi: jordbund, solindstråling, stejlehed, vådhed, temperatur, eksponering for vejret, etc. (Huggett, 2003; Kruckeberg, 2004, 1991; Nielsen & Odgaard, 2010).

De samme strukturer har også indflydelse på arealanvendelsen bredt set. Når en mose eller ådalsbund fx. anvendes "som om", den var højbundsjord, og derfor drænes og dyrkes med kornafgrøder, fører det til risiko for øgede udledninger til både atmosfæren (klimagasser) og til vandmiljøet (næringsstoffer). Dette gælder mange arealanvendelser, der i dag lokaliseres uden hensyn til jordens egnethed, potentialer og begrænsninger. Det gælder fx, når man udleder pesticider ovenpå vigtige grundvandsmagasiner, gødsker på steder, hvor næringsstoffer nemt transporteres videre i vandmiljøet, eller opdyrker jorde, der er sårbare overfor erosion. Det gælder også den anden vej rundt. Mange robuste arealer kunne gødes mere og have større udbytte, og

mere differentierede afgrødevalg ville kunne forbedre udnyttelsen af jordens varierede vilkår for dyrkning.

Overordnet set har den samme arealanvendelse vidt forskellige effekter på miljøet alt efter, hvor den placeres. Tilpasser man landbrugspraksis til egnede arealer, kan man derfor i mange tilfælde opnå en mere bæredygtig produktion af hovedafgrøden med reduceret belastning af klima og miljø. Hvis man i højere grad tog højde for dette, ville man potentielt kunne løse udfordringerne med grøn omstilling af jordbruget langt nemmere og billigere, fordi man kunne opnå samme udbytte med et lavere niveau af investeringer i at ændre jordens egenskaber. Det rejser spørgsmålet: Hvordan kan vi transformere vores arealanvendelse, så vi bedre tager højde for jordressourcens potentialer?

1.5 Transformationer: En ny tilgang til planlægning ud fra jordressourcen

En transformation adskiller sig fra en simpel omlægning eller forandring ved, at den tager udgangspunkt i landskabets iboende, blivende egenskaber – især dem, der ændrer sig langsomt og vanskeligt, og som derfor i særlig grad kendetegner arealernes potentialer på langt sigt. Transformativ arealplanlægning kræver derfor tre centrale forudsætninger:

1. **Viden om jordens permanente potentialer.** Det kræver praksis-relevant viden om jordens egenskaber at kunne planlægge ud fra, hvad arealerne faktisk kan understøtte uden, at der opstår negative miljø- og klimaeffekter, og i stedet for blot hvad, vi ønsker os af arealerne. For at undgå cirkelslutninger mellem jordreformers baggrund, sigte og estimerede effekter, kræver det data, der er opstillet uafhængigt af den nuværende arealanvendelse. Ved at tage udgangspunkt i, hvad de enkelte arealer kan levere under forskellige anvendelser, kan konkurrerende arealanvendelser sammenlignes på et faktisk grundlag for de samme arealer, og samtaler, som ellers ville foregå værdibaseret ud fra partsindlæg, kan informeres fagligt gennem estimering af sandsynlige effekter.
2. **Helhedsorienteret inddragelse af hele landskaber.** For at arealanvendelser kan lokaliseres på de bedst egnede arealer, og for at trade-off's med andre arealanvendelser minimeres, kræver det, at hele jordressourcen tages i betragtning. Inddrager man kun projektområder, der er besluttet på forhånd, eller delarealer med særligt gode datakilder, udvikler man systematisk suboptimale løsninger, fordi en reel differentiering af ressourcegrundlaget ikke synliggøres.
3. **Fælles datagrundlag og høj transparens.** For at understøtte demokratiske og effektive forhandlinger om bedre arealanvendelse er det nødvendigt med et fælles datagrundlag, som ikke ændrer sig i takt med forhandlingernes forløb. Demokratiske samtaler er kendetegnet ved, at alle kan ytre sig ligeværdigt. For at opnå dette i praksis i miljø- og klimaspørgsmål er det nødvendigt med data-demokrati – dvs. transparent, lige og fælles adgang til fælles data og estimeringsredskaber, som gør det muligt for lokale aktører at fortolke og anvende data om lokale problemer. Kun derved kan der skabes stabile samtaler, forhandlingsforløb og løsninger, som alle parter kan blive medejere af på et oplyst grundlag (se Ruijter et al. 2024).

Disse forudsætninger har dannet baggrund for udvikling og afprøvning af en ny planlægningsmetode ud fra en ny jordressourcemodel, som i det følgende præsenteres og diskuteres. For at adressere behovet for viden om jordens egenskaber og potentialer blev en rumligt eksplicit jordressourcemodel udviklet for Region Sjællands areal (7.226 km²) (Geotop-modellen) (Christensen & Holmes, 2025). På den baggrund blev et beslutningsstøtteværktøj (LandAllocate) udviklet og afprøvet, som ud fra jordens egenskaber kan identificere potentialer for

arealanvendelse (Christensen et al., 2025). Redskabet blev brugt til at udarbejde fladedækkende kort over potentialer for forbedret arealanvendelse for hele regionens areal. I øjeblikket dækker modellen Region Sjælland og testes i to lokale cases ved Kimmerslev i Køge Kommune (se <https://www.urland.dk/projekter/kimmerslev-multifunktionel-drikkevandsbeskyttelse>) og i Hornsherred i Lejre Kommune (se: <https://www.urland.dk/projekter/hornsherred-multifunktionel-drikkevandsbeskyttelse>). De to casestudier er beskrevet i selvstændige udgivelser (Urland arkitekter 2025a, 2025b), og en landsdækkende version af model og planredskab er under udvikling (se: <https://landscapesolutions.ruc.dk/research-solutions/rt3>). Den nye tilgang til planlægning, der er udviklet i projektet, beskrives nedenfor med vægt på det konceptuelle bidrag til debatten om implementering af den grønne trepartsaftale og fremtidige reform- og planlægningstiltag.

2. Metode: Geotopmodellen som grundlag for differentieret arealplanlægning

Geotopmodellen er en sammenstilling og videreudvikling af eksisterende nationale datasæt, herunder information om jordbundsforhold, topografi, hydrologi, eksponering for vejr og solindstråling. Modellen beskriver – for første gang i Danmark – landskaber og deres delarealer ud fra vilkårene for plantevækst, som er et afgørende parameter både for landbrug og naturforvaltning. Eksisterende nationalt data er typisk produceret i adskilte siloer, og er ikke tidligere sammenstillet til en sammenhængende model for den kombinerede funktionelle variation i vilkårene for plantevækst og biotopudvikling. Der findes enkelte undtagelser til dette, men disse er udarbejdet til mere specialiseret anvendelse inden for eksempelvis forstlig lokalitetskortlægning, estimering af kvaliteter ved specifikke afgrødegropper mm. (Peng et al. 2021, Roell et al. 2020, 2022).

Geotopmodellen har et bredt sigte på vegetationens funktionalitet – og inddrager derfor de faktorer, der har betydning for jordens egnethed for forskellige plantesamfund. På den baggrund adskiller modellen sig fra andre kort som eksempelvis jordartskort og geomorfologiske kort, som fokuserer på arealernes genese (dannelsehistorie) (Andersen et al., 2023; Jakobsen, 2022), og specialiserede kort, der beskriver enkeltparametre af betydning for arealernes brug – fx jordbundskort, topografiske og hydrologiske kort (Henriksen et al., 2020; KDS, 2024a, 2024b; Møller et al., 2024). Hverken genese eller enkeltparametre giver et godt indtryk af arealers potentiale for arealanvendelse (Bastian et al., 2006; Fairclough et al., 2020; Farina, 2022; Huggett, 2003). Til det kræves en beskrivelse af den funktionelle samvariation af faktorer for plantevækst med lang permanens – dvs. en bredere, mere generel beskrivelse af geoøkologisk variation i jordressourcen (Bailey et al., 2017; Kruckeberg, 1991; Sayre et al., 2014; Stein et al., 2014; Valdés et al., 2015).

Modellen opdeler hele landskabet i geotoper, som er delarealer på minimum 600 m², der internt har relativt ensartede biofysiske forhold, og eksternt adskiller sig fra deres omgivelser. Det kan være en lavning med organisk jord og højtstående grundvand, et sydvendt bakkedrag med lerjord, eller en grusryg med hurtig afstrømning. Geotoper er afgrænset fra hinanden der, hvor de største skift i vækstbetingelser forekommer – samlet set. Det betyder, at grænser mellem geotoper i landskabet ikke er dannet ud fra enkeltfaktorer (vådhed, jordbund, etc.), men ud fra den samlede variation i de miljøforhold, der kendetegner arealernes evne til at understøtte plantevækst og

dermed liv. Tilsammen danner geotoper gentagne rumlige mønstre – geosystemer – som udgør danske landskabers ressourcegrundlag.

2.1 Udvikling af en generel jordressourcemodel: Geotopmodellen

Udgangspunktet for modellen var en omfattende screening af nationale og internationale datasæt med relevans for vegetationens vækstbetingelser og beskrivelse af landskabets geoøkologiske struktur. Datasæt blev udvalgt ved gennemgang af metadata, teknisk dokumentation og grå litteratur fra forskningsinstitutioner og myndigheder med henblik på at identificere kontinuære variable, der var både tematisk og rumligt præcise. Variable blev vurderet og udvalgt ud fra kriterier for datakvalitet med afsæt i Allard et al. (2023), herunder dækning, fuldstændighed, opløsning, varians, aktualitet, redundans og bias. Kun variable med lav afhængighed af nutidig arealanvendelse og høj temporal permanens relativt til arealanvendelse og vegetationsudvikling blev medtaget. Udvælgelsesprocessen blev kvalificeret gennem ekspertvurderinger fra et panel bestående af syv specialister inden for agronomi, hydrologi, vandforvaltning, jordbundskemi, naturforvaltning og planlægning, som bidrog med vurderinger af datas kvalitet og økologiske relevans ved to seminarer afholdt i 2024 og 2025.

De udvalgte variable blev inddelt i to hovedkategorier: (1) afgrænsende variable, som udviser markant rumlig variation ved skalaer under 2 km, og som derfor er velegnede til at identificere og inddele geotoper; og (2) beskrivende variable, som varierer over større afstande og anvendes til tematisk berigelse efterfølgende. De afgrænsende variable blev rasteriseret til et fælles 10 × 10 meter *grid* og blev normaliseret. På den baggrund blev indeks og indikatorer for relevante parametre beregnet, herunder topografisk position, dræning, hældning, indstråling og grundvandskontakt samt jordbundens sammensætning. For at sikre repræsentation af de tre sfærer, der blev inddraget – toposfære, pedosfære og hydrosfære – blev der gennemført separate Principal Component Analyser (PCA) for hver sfære. Denne fremgangsmåde gjorde det muligt at vægte hver sfæres bidrag til den samlede variation i modellens arealenheder, uafhængigt af antallet af bidragende variable i hver, og derved sikredes en tematisk balanceret modelstruktur. Det betyder også, at modellen er forholdsvis robust overfor valg af variable.

De første hovedkomponenter fra hver sfære blev anvendt som input til en *k-means clustering*-algoritme, der identificerede klasser af rumligt sammenhængende geotoper i et multidimensionalt variabelrum. Antallet af klasser blev fastlagt gennem en kombination af *elbow*-analyse og *silhouette*-vurdering for at sikre både intern homogenitet og ekstern differentiering. Efterfølgende blev klassifikationen projiceret tilbage til det geografiske rum ved at tildele hver *gridcelle* en geotopklasse. For at afhjælpe problemer relateret til varierende polygonstørrelser (det såkaldte *modifiable areal unit problem*) blev større geotoper yderligere opdelt i interne delområder gennem en metode baseret på *cost-surface*-analyse. For en nærmere beskrivelse af metode og inddata, se Christensen & Holmes (2025).

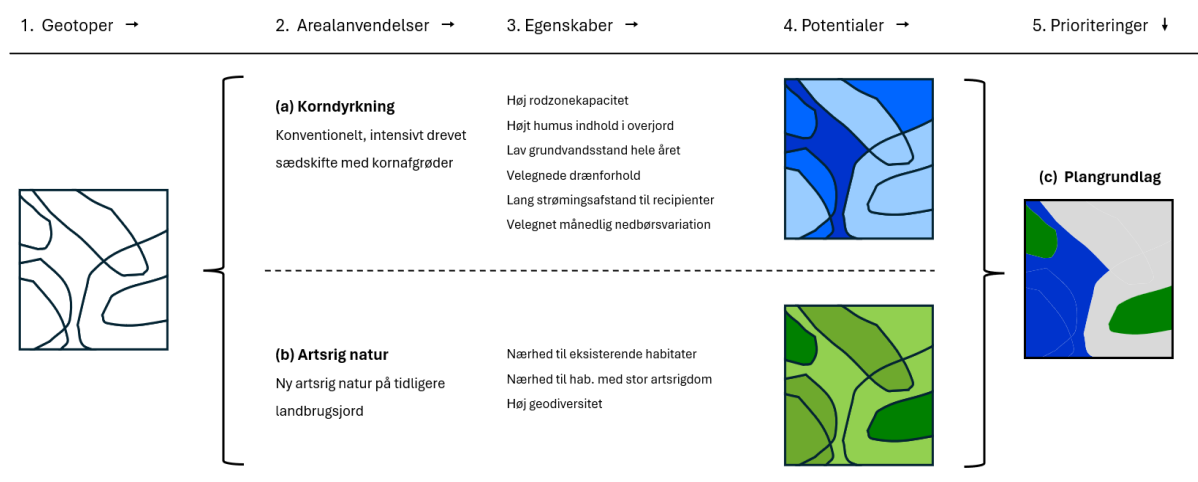
Den endelige klassifikation blev valideret i forhold til inddata ved at analysere variationen i afstande mellem hver celle og den tilhørende klasses centroide i det multidimensionale variabelrum. Vi fandt en signifikant faldende afvigelse fra klassens normal med øget afstand fra geotopens kant mod midten, hvilket indikerer, at datastrukturen indeholder felter af samvarierende geoøkologiske faktorer (geotoper), og at modellen har identificeret de rumlige grænser mellem disse (økotoner). Dette blev tolket som en indikator for validitet.

Afslutningsvist blev hver geotop tematisk beriget med deskriptiv statistik over alle variable med henblik på videre analyser og anvendelse i planlægningsmæssige sammenhænge.

Kendte begrænsninger ved den anvendte metode omfatter (1) begrænsninger vedrørende input datas opløsning og kompleksitet, særligt for parametre vedrørende grundvand, (2) repræsentation af jordens egenskaber i mange kystnære områder, som ikke er lige så godt repræsenteret for nuværende som de resterende arealer, samt (3) modellering af områder med store arealer påvirket af råstofgravning og jordflytning, hvor vi har begrænsede informationer om jordbundens egenskaber. En fuldstændig beskrivelse af metoden er under udgivelse andetsteds parallelt med denne artikel (Christensen & Holmes, 2025). Her fokuserer vi på koncepterne bag modellen og dens potentiale for at understøtte en ny tilgang til planlægning for bæredygtighed i forbindelse med reformer af jordbrugets arealanvendelse.

2.2 Understøttelse af planlægning og reformprocesser med viden: LandAllocate-værktøjet

Geotopmodellen danner grundlag for det digitale beslutningsstøtteværktøj *LandAllocate*, som estimerer arealers egnethed til forskellige anvendelser, fx naturgenopretning, landbrugsproduktion, skovrejsning og grundvandsbeskyttelse. Værktøjet faciliterer opstilling og visualisering af potentialer for arealanvendelse ud fra jordens egenskaber, og giver mulighed for at opstille scenarier, hvor forskellige anvendelser prioriteres og lokaliseres i landskabet. Denne form for beslutningsunderstøttelse muliggør potentielt en mere datadreven, transparent og fleksibel planlægningsproces, hvor beslutninger ikke baseres på historisk praksis eller sektoraftgrænsede hensyn, men på en helhedsorienteret vurdering af landskabets funktionelle kapacitet.



Figur 2: Princip for datadrevet planlægning af arealanvendelse ud fra jordressourcens potentialer. Figuren viser et eksempel på et workflow ved brug af *LandAllocate*-værktøjet: (1) Økologisk relevante arealenheder (geotoper) for et landskab hentes ind fra jordressourcemodellen; (2) Påtænkte arealanvendelser, der skal indgå i analysen, beskrives; (3) Egenskaber, der gør arealer egnede / uegnede for hver arealanvendelse, beskrives og optegnes som kriterier, udtrykt som funktionsgrafer; (4) Værktøjet producerer potentialekort for de forskellige arealanvendelser, for samme arealenheder; (5) Dette danner mulighed for en datadrevet, transparent, politisk prioritering. De arealanvendelser og egenskaber, der nævnes i figuren, er eksempler, og skal ikke tages for pålydende.

Værktøjet lader involverede aktører og/eller inviterede fagspecialister opstille selvvalgte kriterier for jordens egnethed til at understøtte en påtænkt arealanvendelse i form af funktionsgrafer, der prioriterer udfaldsrummet for variable i jordressourcemodellen. Udkommet er et automatisk genereret geoøkologisk potentialekort, som muliggør sammenligning af jordens egnethed for alternative arealanvendelser på tværs af hele landskabet, se figur 2.

Derved understøttes en mere gennemsigtig og datadrevet arealplanlægning, hvor beslutninger kan tilpasses arealernes kapaciteter til at understøtte den påtænkte anvendelse – frem for, at anvendelser presses ind i eksisterende rumlige og tematiske strukturer og enheder. Samtidig skabes der mulighed for, at forskellige, komplementære faglige perspektiver kan sammenlignes systematisk og transparent som led i en flersidig afvejning af beslutningsgrundlag for udarbejdelse af planer. Modellen tilbyder et stabilt, sammenligneligt og tværfagligt datagrundlag, som gør det muligt at tænke rumlig planlægning ud fra landskabets muligheder frem for sektorernes behov.

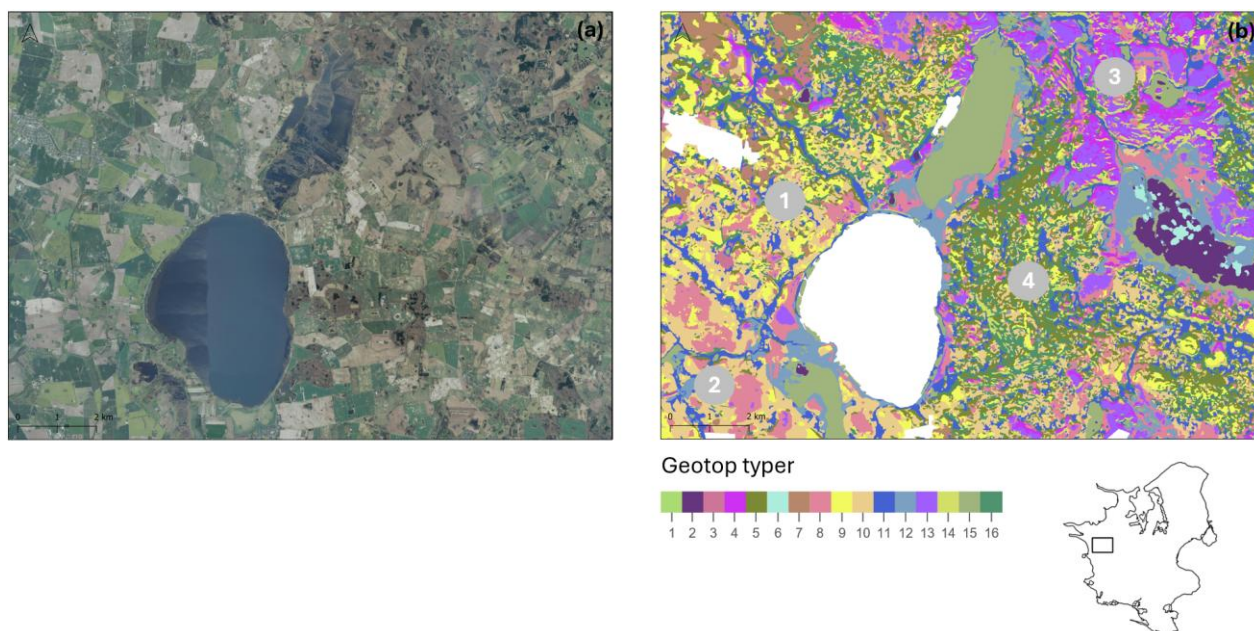
3. Resultater: Erfaringer med brug af det nye beslutningsgrundlag

De første erfaringer med jordressourcemodellen og det tilhørende planlægningsværktøj *LandAllocate* er indsamlet gennem case-projekter i Køge og Lejre kommuner i Region Sjælland (Urland arkitekter 2025a, 2025b) og igennem en række ekspertworkshops, hvor kommunale planlæggere og fageksperter kommenterede på datagrundlag, modelresultater og design af planværktøj (møder afholdt i 2023, 2024 og 2025). I disse testforløb er geotopmodellen anvendt til at identificere potentialer for landbrugsproduktion, vandindvinding og beskyttelse af biodiversitet. Prototype-potentialer er opstillet ud fra litteraturstudier og i samråd med et panel af eksperter og fagspecialister inden for områderne landbrug, vandressourceforvaltning samt natur og biodiversitet.

De foreløbige resultater viser, at der i store dele af landskabet findes betydelige forskelle mellem den nuværende arealanvendelse og jordens underliggende potentialer. Fx fremstår arealer med højt potentiale for beskyttelse af eksisterende biodiversitet opdyrkede, fragmenterede og intensivt drænede, og områder med stort potentiale for vandindvinding anvendes til landbrugsproduktion med risiko for tab af næringsstoffer og sprøjtemidler til vandmiljøet. Omvendt findes der mange steder højbundsområder med lav miljøsårbarhed, som rummer potentialer for intensiveret fødevarerproduktion. Resultaterne understreger således relevansen af re-allokering af arealanvendelse til mere egnede arealer, og peger konkret på hvilke arealer, der kunne være egnede. Jordressourcemodellen og det tilhørende planværktøj muliggør, at forskelle mellem eksisterende arealanvendelse og jordens potentialer kan indgå som beslutningsgrundlag i planlægning og arealforvaltning.

Foreløbige evalueringer peger på, at model og værktøj opleves som en anvendelig ramme for tværsektoriel og transparent planlægning (Urland arkitekter 2025a, 2025b). I særdeleshed fremhæves geotop-begrebet som et brugbart redskab til at etablere en fælles videnshorisont for landskabets variation og muligheder for anvendelse – en form for "fælles spilleplade" for lokal og regional arealforvaltning, som funderes i en nyopnået forståelse for landskabets naturgrundlag.

Figur 3 viser et udsnit af data fra jordressourcemodellen, som blev brugt i samtaler med de involverede.

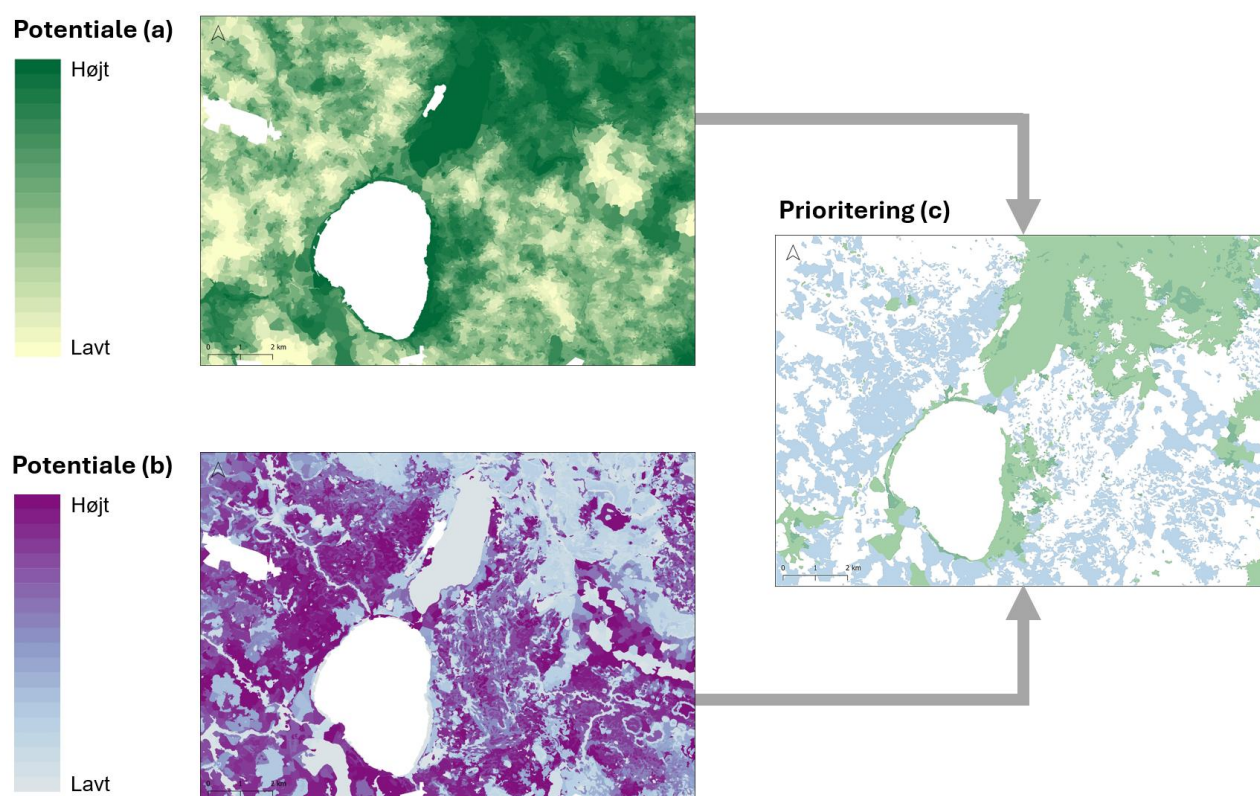


Figur 3: Geotoper og geosystemer på Vestsjælland i området omkring Åmosen og Tissø. Figuren viser geotoper på det centrale Vestsjælland (farverne 1-16, panel (b)). Hver farve angiver en type geotop, der er opdelt efter forhold for plantevækst og tilhørende potentialer for arealanvendelse. Den samme arealanvendelse vil have forskellig virkning alt efter hvilken af de 16 geotop-typer, den lokaliseres i. Geotoperne har internt ensartede vilkår for arealanvendelse. Grænserne mellem dem (farveskift i figuren) angiver de grænser i landskabet, der udgør de største lokale skift i vilkår for arealanvendelse. Geotoperne danner mønstre kaldet geosystemer (1-4, panel (b)), som udgør varierede ressourcegrundlag, for hvilke planlægning og regulering kan målrettes. Kilder: GeoDanmark Ortofoto 2024 og Geotopmodellen (Christensen & Holmes, 2025).

3.1 Erfaringer med brug af Geotopmodellen som grundlag for planlægning

Et centralt resultat fra afprøvning af værktøjet er, at potentialeberegninger – når de anvendes på tværs af mange arealer og interesser – medvirker positivt til at skabe overblik over, hvor de største synergieffekter eller konflikter opstår, fx mellem naturhensyn og produktionsinteresser. Det understøtter udforskning og konkretisering af nye muligheder for multifunktionalitet og identifikation af rumlige trade-off's og synergier mellem funktioner, samt prioritering og fravalg af bestemte arealanvendelser ud fra, hvad arealerne bedst kan understøtte. Samtidig peger de indledende afprøvninger på behov for videreudvikling og validering.

Modellen dækker p.t. kun Region Sjælland, og estimeringerne af potentialer bygger på litteraturstudier og kriterier defineret af eksperter (herunder praksis-eksperter fra landbruget, vandforsyningssektoren og kommuner), som endnu ikke er testet i bredere forvaltningspraksis. Et vigtigt næste skridt er derfor at udvide og kvalitetssikre modellen nationalt og samtidig indsamle og opstille flere og bedre brugerdefinerede potentialekort, der tillader lokal tilpasning og medejerskab i vurderingen af jordens potentialer. Figur 4 viser, hvordan værktøjet kan bruges til at opstille sideordnede potentialekort for et sæt af geotoper, hvilket danner baggrund for udarbejdelse af planer for fremtidig arealanvendelse.



Figur 4: Brug af potentialekort til datadrevet planlægning for arealanvendelse. Figuren viser to potentialer for hhv. kornproduktion (a) og ny artsrig natur (b) for de samme arealer på Vestsjælland. Figur 2 indeholder en nærmere beskrivelse af de to potentialer. Kortene viser jordens potentiale for de to anvendelser angivet på en skala fra meget anvendelig (højt potentiale) til uanvendelig (lavt potentiale). Ved at sammenligne de to (og eventuelt flere) potentialer, kan en datadrevet prioritering af arealerne udvikles (c). Det resulterende prioriteringskort (c) viser her de 20% bedst egnede arealer inden for Region Sjællands samlede areal (modellens geografiske udfaldsrum), for hver af de to potentialer (blå og grønne farver hhv.) samt overlap mellem disse (mørk grøn farve). Andre tærskler og prioriteringer kunne have været anvendt. Figuren viser eksempler, der illustrerer brugen af *LandAllocate*-værktøjet, og skal ikke tages for pålydende Kilde: Geotopmodellen og *LandAllocate* (Christensen et al., 2025; Christensen & Holmes, 2025).

Det er vigtigt at understrege, at *LandAllocate* er designet til at opstille biblioteker af komplementære potentialekort, der er defineret ud fra varierede faglige perspektiver og forudsætninger fra forskellige afsendere, i det samme system. Ved at opstille forskellige faglige perspektiver på jordens egnethed for arealanvendelser i det samme datarum, kan forskelle i faglige perspektiver indgå konstruktivt i et samlet beslutningsgrundlag, der stilles til rådighed for beslutningstagere og offentlighed. Brugere (planlæggere, jordejere og andre interessenter) får på den måde adgang til en bred vifte af (nationale) potentialer udarbejdet af eksperter, og som kan tilpasses og udvides ud fra lokale hensyn, således at yderligere (lokale) potentialekort dannes.

Derved skabes bedre overblik og adgang til at sammenligne komplementære og konkurrerende faglige vurderinger af jordens egnethed og potentialer, da disse er tydeligt deklareret. De foreløbige resultater viser, at tilgangen understøtter konstruktive debatter om uenigheder, og på den måde kan belyse og begrunde faglige perspektiver og uenigheder. Redskabet kan derved

flytte (ofte implicitte) uenigheder ud i et åbent debatrum, hvor beslutninger kan baseres på transparente afvejninger mellem både forskellige faglige overvejelser og legitime interesser.

En central ambition i Den Grønne Trepert er, at omlægning sker med lokal forankring. Dette kræver, at man i de lokale forhandlingsrum arbejder ud fra en fælles forståelsesramme. Afprøvningen af værktøjet har her vist, at geotoperne i jordressourcemodellen tilbyder en egnet rumlig ramme for dette: De er biologisk, miljømæssigt og produktionsmæssigt meningsfulde rumlige enheder, som kan fungere som reference i både tekniske vurderinger og lokale drøftelser (Urland arkitekter 2025a, 2025b). Erfaringerne fra de afholdte workshops viser, at planlægning ud fra på forhånd definerede fladedækkende arealenheder understøtter en smidigere progression fra samtaler om "hvad, et areal er", til at diskutere "hvad, det kan bruges til". Dette skaber grundlag for mere løsningsorienterede samtaleformer, hvor fokus flyttes fra sektorinteresser til prioriteringer ud fra et fælles arealgrundlag. Dvs., at i stedet for at tale om forskellige arealer på forskellige måder, kan der tales om de samme arealer ud fra komplementære, legitime interesseforskelle.

4. Diskussion: Arealtransformation som national udfordring

Med Den Grønne Trepert er der sat gang i et reformarbejde, der på langt sigt kan omskabe, hvordan vi bruger de jordressourcer, som er iboende i Danmarks areal. Reform er det rigtige ord her, fordi det, der beskrives i den foreliggende politiske aftale, er et kvalitativt skift i, hvad vi forventer af vores landskaber, og hvordan vi ser på jordbrugets rolle i samfundet. En ny samfundskontrakt. I modsætning til at ville mere eller mindre af det samme, rummer reformen en ambition om at realisere noget andet. Hvor tidligere planlægning har fokuseret på at opretholde et konkurrencedygtigt landbrug og gode forhold for landbefolkningen, ofte med accepterede negative bivirkninger for miljøet, kan ambitionen nu være at udvikle et landskabssystem, som ikke alene understøtter fødevarerproduktion og landdistriktsudvikling, men også klimatilpasning, biodiversitet, rent vand og en vifte af andre hensyn.

Det kræver lovgivning, som ikke blot styrer efter produktion og ejendomsret, men efter potentialer for at levere funktioner af værdi for samfundet. Efterspørgslen efter sådan et skift er i dag ikke kun teoretisk forankret. Det italesættes og efterspørges også i jordbruget og blandt planlæggere i den offentlige og private sektor, som i stigende grad oplever, at de mangler ord og rammer til at håndtere de transformationer, som de selv står midt i.

4.1 Transformativ planlægning ud fra landskabets potentialer og permanente egenskaber

Selvom arealerne vil forblive de samme med de samme ressourcer og egenskaber, kan deres måde at virke på søges forandret gennem transformation af vores måde at bruge dem. Reformen af arealanvendelsen er derfor udtryk for arealtransformationer i ordets egentlige betydning – dvs. forvandlinger af det eksisterende landskab, så det benyttes på en mere optimal måde.

Derfor giver det mening at se på hvilke potentialer for transformation, vores landskaber og deres delarealer tilbyder. Her er det afgørende at tage udgangspunkt i landskabernes mest stabile egenskaber – dvs. dem med størst permanens – hvilket omfatter deres form (topografi), jordbund (pedologi) og faldet af vand gennem dem (hydrologi). Ved at tilpasse brugen af jorden til sådanne geoøkologiske egenskaber, som medbestemmer miljøeffekterne af vores arealanvendelse, kan vi basere vores rumlige planlægning på blivende strukturer, der omfatter de facetter af

naturgrundlaget, det vil være suverænt mest omkostningsfuldt at lave om på. Det er et reelt alternativ til fortsat at lade planlægning og politik læne sig op ad mere flygtige fænomener såsom eksisterende arealanvendelse og tilhørende administrative strukturer, som ændrer sig langt hurtigere og mere agilt end det underliggende naturgrundlag.

Tidligere har udfladende teknologier – som dræning, gødskning og pesticider – gjort det muligt midlertidigt at tilsidesætte landskabernes geoøkologiske struktur. Men i takt med den grønne omstilling og ændrede og stadigt mere uforudsigelige klima- og miljøvilkår, bliver det sandsynligvis både nødvendigt og mere økonomisk rationelt at tage højde for de egenskaber ved landskabernes geoøkologi, der har høj permanens. Når man begrænser de energimæssige og kemiske input, træder de underliggende, permanente egenskaber tydeligere frem. Det er her, at geotoperne kan fungere som nøglen til at forstå, estimere og planlægge for jordens funktionelle kapacitet under fremtidige betingelser for arealforvaltning.

4.2 Konstruktive møder mellem nationale politiske mål og lokale realiteter

Der er et voksende behov for at skabe bedre overensstemmelse mellem det niveau, hvor politiske mål formuleres (ofte i internationale og nationale fora), og det niveau, hvor de skal implementeres – hvilket altid vedrører lokale landskaber. Dette kaldes ofte for skala-match eller social-økologisk tilpasning (Everard, 2020; Selman, 2006). Det handler ikke kun om administrative strukturer, men om at sikre, at de enheder og grænser, vi anvender i planlægningen, afspejler både de sociale systemer, hvor der tages beslutninger, og de økologiske processer, de skal regulere. For at dette kan lade sig gøre, må planlægning ske på det niveau, hvor mennesker træffer beslutninger, og hvor naturens dynamikker kan forstås og forvaltes: *Landskabsskalaen* (Christensen et al., 2019; Primdahl et al., 2018; Vejre et al., 2015).

De gængse arealenheder – matrikler, markblokke, naturområder – afspejler i høj grad historisk arealanvendelse og institutionelle opdelinger snarere end landskabets funktionelle og økologiske egenskaber. Ved at fastholde disse som grundlag for fremtidig planlægning, risikerer vi at reproducere præcis de praksisser, der har skabt nutidens miljøproblemer. Det indebærer en form for planlægningsmæssig sporafhængighed, hvor beslutninger kan låses i strukturer, der ikke længere understøtter samfundets langsigtede mål. Som alternativ til dette udgør Geotopmodellen og det tilhørende LandAllocate-planværktøj et forsøg på at konstruere arealenheder baseret på jordens egenskaber, opstillet så vidt muligt uden bias til den nuværende arealanvendelse. Det gør det muligt at etablere beslutningsgrundlag og planlægningsscenarier, som ikke er bundet af fortiden, men orienteret mod det, jorden faktisk kan understøtte.

Denne tilgang er ikke uden metodiske og tekniske udfordringer. En fuldstændig neutralisering af historisk sporafhængighed i data er næppe mulig. Men ved at søge tilnærmelsesvis rensede input og arbejde ud fra landskabets permanente, funktionelle egenskaber – dets geoøkologiske struktur – skabes mulighed for en mere målrettet, omkostningseffektiv og langsigtet arealforvaltning. Det er netop dette skifte i skala og logik, der er nødvendigt, hvis de store samfundsmæssige ambitioner om grøn omstilling skal realiseres lokalt.

4.3 Samarbejdende demokratiske processer

Den Grønne Trepert er ikke alene et politisk projekt, men også et demokratisk eksperiment i kollektiv forvaltning af fælles ressourcer. I reformens første faser har det været en central erfaring, at planlægnings- og beslutningsprocesser forudsætter adgang til et fælles og forståeligt vidensgrundlag. Men meget af den eksisterende miljø- og arealrelaterede viden er fragmenteret, designet til specialiseret sektorspecifik brug, eller er svær at oversætte til praktisk forvaltning. Det gælder eksempelvis forsknings- og myndighedsbaserede modeller og data, der ikke uden videre understøtter helhedsorienterede beslutninger ud fra flersidige hensyn. Ud fra et ideal om data-demokrati – som fremhæver det demokratiske potentiale i fælles adgang til viden – kan det på den baggrund diskuteres, om den nuværende videns-infrastruktur på arealområdet er tilstrækkelig. Vores resultater peger på, at dette ikke er tilfældet.

Derfor er der behov for en ny tilgang til brug og produktion af data i planlægningen. I den traditionelle tematiske tilgang til planlægning i Danmark lægges forskellige interesser, vidensformer og hensyn oven på hinanden – som lag på et kort, eller som gardiner med adskilte areal-logikker. Det resulterer i komplekse, udokumenterede afvejninger mellem mange adskilte faktorer, hvor de arealer, der planlægges for, typisk opstår (afgrænses og optegnes) som led i selve analysen. På den baggrund er det ofte uklart, om de resulterende enheder matcher de økologiske og funktionelle realiteter, eller om de er forceret ned over arealet grundet andre hensyn.

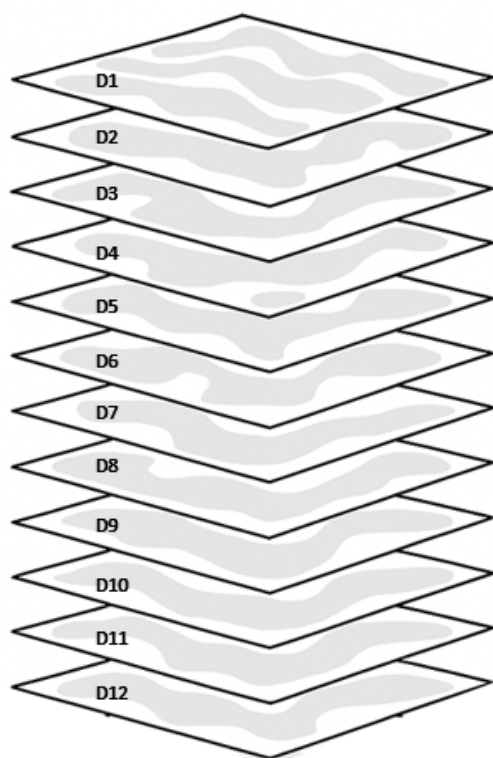
Derudover, er det svært at sammenligne mellem planer, fordi de typisk tager udgangspunkt i forskellige arealenheder. En '*ontologisk*' tilgang til arealplanlægning gør det omvendte: Den tager udgangspunkt i landskabets egenskaber – i det, det faktisk er – og opstiller derefter mulige temaer og interesser for disse enheder. Det skaber klarhed og transparens i planlægningsprocessen og fremmer reel tværfaglighed, hvor forskellige fagligheder kan mødes i samtale om de samme grundlæggende objekter (snarere end buketter af adskilte data-lag).

Dette har betydning på langt sigt, idet arealtransformationer næppe bliver gennemført på én gang, men vil være gradvise, og derfor kræver, at man vender tilbage til beslutninger, evaluerer dem og inddrager nye arealer løbende. I den proces er det afgørende at arbejde med permanente, diskrete og økologisk meningsfulde arealer – enheder, man kan vende tilbage til og vurdere over tid. Her er geotoper relevante, fordi de tilbyder en konsistent enhedsstruktur på tværs af funktioner, sektorer og tid. Det er væsentligt lettere at vende tilbage til beregninger og estimater inden for et fælles datagrundlag (i en ontologisk planlægningspraksis), end at skulle rekonstruere analysen hver gang, at en ny vurdering skal foretages (i en tematisk planlægningspraksis).

Figur 5 illustrerer forskellene mellem de to tilgange til planlægning for arealanvendelse.

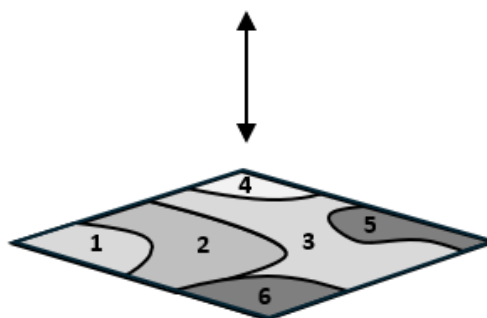
(1) Traditionel tematisk planlægnings-metode

Manuel sammenligning af mange uafhængige data-lag (D1-12) ud fra overlap. Arealenheder varierer og defineres løbende.

**(2) Ontologisk planlægning ud fra jordressourcen**

Flersidige, sammenlignelige egnetheds-vurderinger (E1-3) opstilles ud fra ét sæt af arealenheder. Arealenheder er faste.

Nr	Type	E1	E2	E3
1	A	....	....	....
2	B	....	....	....
3	A	....	....	....
4	C	....	....	....
5	D	....	....	....
6	D	....	....	....



Figur 5: Principper for planlægning: (1) ud fra en sektoropdelt tematisk tradition med flydende arealenheder, og (2) ud fra en ny tilgang til ontologisk planlægning med faste geøkologiske arealenheder og fokus på landskabets potentialer og strukturelle permanens. Sidstnævnte er afprøvet for første gang i denne artikel.

4.4 Planlægning for hele landskaber

Tidligere politiske tiltag har over en bred kam overset og eksternaliseret vigtige elementer af arealanvendelsens konsekvenser for miljø, klima og biodiversitet, og har ad den vej bidraget til de udfordringer, vi i dag står overfor. Det skyldes til dels, at arealerne er blevet betragtet ligeværdigt, som om de var ens, og ofte også uden hensyn til betydningen af deres beliggenhed i landskabssystemet. Derfor kan der være grund til i højere grad at forstå arealer som funktionelle dele af hele landskabssystemer.

Landskaber kan forstås som komplekse adaptive systemer, der ligesom samfund, økosystemer og organisationer er præget af feedback-mekanismer og uforudsigelighed (Buckley, 2008; Rescia et al., 2012). I sådanne systemer opstår effekter, som ikke kan forudsiges ud fra enkeltdeles karakter alene, men som opstår i kraft af relationer, feedback og rumlig konfiguration (Christensen & Van Eetvelde, 2024). Det betyder, at landskabsplanlægning må forholde sig til mere end blot

afgrænsede områder – den må tage højde for relationer og mønstre, som muliggør funktioner som vandregulering, biodiversitetsnetværk, eller synergier mellem produktionssystemer og rekreative værdier. Derfor er det nødvendigt med et holistisk perspektiv, hvor planlægning sker på baggrund af viden om landskabets virkemåde som et sammensat system (Antrop & Van Eetvelde, 2017).

5. Konklusion

Den Grønne Trepert har synliggjort behovet for en ny tilgang til arealforvaltning i Danmark – en tilgang, der ikke blot justerer eksisterende praksis, men gentænker forholdet mellem landskabets egenskaber og samfundets anvendelse af jorden. Denne artikel har argumenteret for, at en sådan gentænkning forudsætter en ny type ontologisk planlægning, der tager udgangspunkt i landskabets funktionelle potentialer snarere end i dets historiske anvendelse eller administrative opdeling.

Samtidig peger artiklen på, at realiseringen af denne tilgang kræver mere end nye modeller. Det forudsætter en reform af planlægningens begreber, kategorier og institutionelle rammer – herunder udviklingen af nye måder at tale om arealer, nye typer beslutningsenheder og nye former for demokratisk deltagelse. Borgerinddragelse, lokalt ejerskab og funktionelle samtaler om potentialer er afgørende for, at reformer forankres og får virkning i praksis. Derfor er det vigtigt, at arbejdet med Den Grønne Trepert udføres i sammenhæng med (ud)dannelsesprocesser for de involverede mht. geografisk og geologisk viden.

Jordressourcemodellen og geotop-begrebet tilbyder et konkret bud på, hvordan dette skifte kan operationaliseres. Ved at definere nye, stabile og økologisk relevante arealenheder – geotoper – skabes grundlag for en planlægning, der er både demokratisk, datadrevet, lokalt forankret, funktionelt differentieret og matcher naturgrundlaget. Modellen muliggør vurdering af arealers egnethed til forskellige formål, understøtter gennemsigtighed i beslutningsprocesser og åbner for en mere helhedsorienteret, holistisk forståelse af landskabets virkemåde. Den fungerer således både som analyseværktøj og som fælles referencepunkt i forhandlinger mellem forskellige interesser og aktører.

Kun ved at planlægge for det landskab, vi faktisk har – og de funktioner, det kan understøtte – kan vi bevæge os fra regulering og afværgeforanstaltninger til reel transformation af arealer og økosystemer. Geotopmodellen og den nye *LandAllocate*-tilgang til planlægning, tilbyder et væsentligt skridt henimod en konkretisering af, hvordan vi kan transformere vores landskaber gennem udarbejdelse af helhedsløsninger for arealanvendelse.

Informationer om finansiering:

Artiklen bygger på resultater fra forskningsprojektet "Helhedsløsninger for arealanvendelse", som er udført i samarbejde mellem Roskilde Universitet, Danske Vandværker, SEGES Innovation og Region Sjælland. Projektet er finansieret af Partnerskabet for Bæredygtig Vandforsyning og Region Sjælland. Roskilde Universitet leder den videnskabelige del af projektet. Opskalering af projektets resultater til en national jordressourcemodel er finansieret i regi af projektet "TRANSFORM - Living Labs Supporting the Transformation of the Danish Landscapes", som er støttet af Novo Nordisk Fonden under *grant number* NNF25SA0103726 og 15. Juni Fonden under *grant number* 2023-0562.

6. Referencer

- Adersen, H., 2017. Mønstre i det åbne land, in: Sand Jensen, K., Fenchel, T., Vestergaard, P., Møller, P.F. (Eds.), *Naturen i Danmark: Det åbne land*. Gyldendal, København, pp. 553–582.
- Aftale om et grønt Danmark, 2024. Aftale om et Grønt Danmark: Aftale mellem regeringen, Landbrug & Fødevarer, Danmarks Naturfredningsforening, Fødevareforbundet NNF, Dansk Metal, Dansk Industri og Kommunernes Landsforening. Regeringen og aftaleparterne, København, Danmark.
- Agger, P., Brandt, J., 1988. Dynamics of small biotopes in Danish agricultural landscapes. *Landsc. Ecol.* 1, 227–240. <https://doi.org/10.1007/BF00157695>
- Aguilar, R.G., Owens, R., Giardino, J.R., 2020. The expanding role of anthropogeomorphology in critical zone studies in the Anthropocene. *Geomorphology* 366, 107165. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2020.107165>
- Akpoti, K., Kabo-bah, A.T., Zwart, S.J., 2019. Review - Agricultural land suitability analysis: State-of-the-art and outlooks for integration of climate change analysis. *Agric. Syst.* 173, 172–208. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.02.013>
- Allard, A., Christensen, A.A., Brown, A., Van Eetvelde, V., 2023. Managing hybrid methods for integration and combination of data, in: *Monitoring Biodiversity*. Routledge, London, pp. 174–201. <https://doi.org/10.4324/9781003179245-9>
- Andersen, L.T., Anthonsen, K.L., Jakobsen, P.R., 2023. Danmarks Digitale Jordartskort 1:25.000. Version 7.0. <https://doi.org/10.22008/GPUB/34696>
- Antrop, M., 2005. Why landscapes of the past are important for the future. *Landsc. Urban Plan.* 70, 21–34. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.10.002>
- Atkins, P.J., 1998. *People, land and time: an historical introduction to the relations between landscape, culture and environment*. Arnold, London ; New York.
- Bailey, J.J., Boyd, D.S., Hjort, J., Lavers, C.P., Field, R., 2017. Modelling native and alien vascular plant species richness: At which scales is geodiversity most relevant? *Glob. Ecol. Biogeogr.* 26, 763–776. <https://doi.org/10.1111/geb.12574>
- Bastian, O., Krönert, R., Lipský, Z., 2006. Landscape Diagnosis on Different Space and Time Scales – A Challenge for Landscape Planning. *Landsc. Ecol.* 21, 359–374. <https://doi.org/10.1007/s10980-005-5224-1>
- Bavnshøj, P., Gormsen, G., 2025. "Hvor rig jorden end af naturen er...": – om bæredygtighed i dansk landbrug i 1800-tallet. *Landbohistorisk Tidsskr.* 2024, 39–75.
- Born, R.J.G. van den, Lenders, R.H.J., Groot, W.T. de, Huijsman, E., 2002. The new biophilia: an exploration of visions of nature in Western countries. *Environ. Conserv.* 28. <https://doi.org/10.1017/S0376892901000066>
- Brandt, J., Christensen, A.A., Svenningsen, S.R., Ritter, E., Svalgaard Nielsen, S., Tjørning, L., Kristensen, L.S., Olafsson, A.S., Laustsen, L.K., Ovesen, C.H., Hemmingsen, F., Caspersen, O.H., 2011. Behov for en ny landboreform? *Jord Og Viden* 156, 14–16.
- Brandt, J., Holmes, E., 2007. Roskilde Universitetscenters Landskabsdatabase. : En introduktion med vægt på RUC's småbiotopovervågning (Working paper). Roskilde University, Roskilde.
- Brandt, J., Vejre, H., 2004. Multifunctional landscapes - motives, concepts and perceptions, in: Brandt, J., Vejre, H. (Eds.), *Multifunctional Landscapes, Advances in Ecological Sciences*. WIT Press, Southampton, pp. 3–32.
- Buckley, W., 2008. *Society As A Complex Adaptive System*, 1968. (With an introduction by David Schwandt & Jeffrey A. Goldstein). E:CO 10, 86–112.
- Caspersen, O.H., Nyed, P.K., 2017. *Udvikling i agerlandet 1954-2025: kortlægning af markstørrelse, markveje og småbiotoper*. Københavns Universitet, Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning.

Christensen, A.Aa., Holmes, E., 2025. A general spatial model of conditions for plant growth and associated land use potential in terrestrial landscapes. *Nat. Sci. Rep.* In Review.

Christensen, A.A., Andersen, P.S., Pii, K., Andersen, E., Vejre, H., Graversgaard, M., 2019. Pursuing implementation solutions for targeted nitrogen management in agriculture– a novel approach to synthesize knowledge and facilitate sustainable decision making based on collaborative landscape modelling. *J. Environ. Manage.* 246, 679–686. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.107>

Christensen, A.A., Brandt, J., Svenningsen, S.R., 2017. Landscape Ecology, in: Richardson, D., Castree, N., Goodchild, M.F., Kobayashi, A., Liu, W., Marston, R.A. (Eds.), *International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology*. John Wiley & Sons, Ltd, Oxford, UK, pp. 1–10. <https://doi.org/10.1002/9781118786352.wbieg1168>

Christensen, A.Aa., Holmes, E., Grindsted, T.S., Dyreborg, A., Nielsen, I.B., Stoustrup, S.W., Nielsen, H.H., 2025. Planning with the Land: Geoecological Models as a Framework for Sustainable Landscape Transitions. *Landsc. Ecol.* In Review.

Christensen, A.A., Van Eetvelde, V., 2024. Decision making in complex land systems - Outline of an integrative theory of agency. *Landsc. Ecol.* 39.

Conzen, M.P. (Ed.), 2010. *The making of the American landscape*, 2nd ed. ed. Routledge, New York.

Cosgrove, D.E., 2008. *Geography and vision: seeing, imagining and representing the world*, International Library of Human Geography. I.B. Tauris; In the United States of America and Canada distributed by Palgrave Macmillan, London; New York: New York.

Dam, P., 2025. Bæredygtighed i dansk landbrug ca. 1100-1800? *Landbohistorisk Tidsskr.* 2024, 9–37.

Diaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martin-Lopez, B., Watson, R.T., Molnar, Z., Hill, R., Chan, K.M.A., Baste, I.A., Brauman, K.A., Polasky, S., Church, A., Lonsdale, M., Larigauderie, A., Leadley, P.W., van Oudenhoven, A.P.E., van der Plaats, F., Schroter, M., Lavorel, S., Aumeeruddy-Thomas, Y., Bukvareva, E., Davies, K., Demissew, S., Erpul, G., Failer, P., Guerra, C.A., Hewitt, C.L., Keune, H., Lindley, S., Shirayama, Y., 2018. Assessing nature's contributions to people. *Science* 359, 270–272. <https://doi.org/10.1126/science.aap8826>

Diaz, S., Settele, J., Brondizio, E.S., Ngo, H.T., Agard, J., Arneeth, A., Balvanera, P., Brauman, K.A., Butchart, S.H.M., Chan, K.M.A., Garibaldi, L.A., Ichii, K., Liu, J., Subramanian, S.M., Midgley, G.F., Miloslavich, P., Molnar, Z., Obura, D., Pfaff, A., Polasky, S., Purvis, A., Razzaque, J., Reyers, B., Chowdhury, R.R., Shin, Y.-J., Visseren-Hamakers, I., Willis, K.J., Zayas, C.N., 2019. Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change. *Science* 366, 1327–+. <https://doi.org/10.1126/science.aax3100>

Ejrnæs, R., Nygaard, B., Kjær, C., Baattrup-Pedersen, A., Brunbjerg, A.K., Clausen, K., Fløjgaard, C., Hansen, J.L.S., Hansen, M.D.D., Holm, T.E., Johnsen, T.J., Johansson, L.S., Moeslund, J.E., Sterup, J., Hansen, R.R., Strandberg, B., Søndergaard, M., Wiberg-Larsen, P., 2021. Danmarks biodiversitet 2020. Tilstand og udvikling (No. 465). Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus.

Ellis, E.C., 2021. Land Use and Ecological Change: A 12,000-Year History. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 46, 1–33. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-012220-010822>

Ellis, E.C., 2019. Sharing the land between nature and people. *Science* 364, 1226–1228. <https://doi.org/10.1126/science.aax2608>

Emanuelsson, U., 2009. *The rural landscapes of Europe: how man has shaped European nature*. Formas, Stockholm.

Everard, M., 2020. Managing socio-ecological systems: who, what and how much? The case of the Banas River, Rajasthan, India. *Curr. Opin. Environ. Sustain.*, Resilience and complexity: Frameworks and models to capture social-ecological interactions 44, 16–25. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2020.03.004>

Fairclough, G., Herlin, I.S., Swanwick, C. (Eds.), 2020. *Routledge Handbook of Landscape Character Assessment: Current Approaches to Characterisation and Assessment*. ROUTLEDGE, Place of publication not identified.

FAO, 2007. Land evaluation: towards a revised framework (LE Rev) | Land & Water | Food and Agriculture Organization of the United Nations | Land & Water | Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Farina, A., 2022. Principles and Methods in Landscape Ecology: An Agenda for the Second Millennium, Landscape Series. Springer International Publishing, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-96611-9>

Fenton, T.E., 2020. Land Capability Classification, in: Landscape and Land Capacity. CRC Press.

Foley, J.A., 2005. Global Consequences of Land Use. Science 309, 570–574. <https://doi.org/10.1126/science.1111772>

Forman, R.T.T., 1995. Land mosaics: the ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press, Cambridge; New York.

Fredshavn, J.F., Levin, G., Nygaard, B., 2015. Småbiotoper 2007 og 2013.

Fritzbøger, B., 2007. Det åbne lands kulturhistorie, in: Vestergaard, P. (Ed.), Naturen i Danmark: Det Åbne Land. pp. 27–68.

Fritzbøger, B., 2004. “A windfall for the magnates”: the development of woodland ownership in Denmark c. 1150-1830. University Press of Southern Denmark, Odense, Denmark.

Gailing, L., Leibenath, M., 2017. Political landscapes between manifestations and democracy, identities and power. Landsc. Res. 42, 337–348. <https://doi.org/10.1080/01426397.2017.1290225>

Giardino, J.R., Houser, C., 2015. Introduction to the Critical Zone, in: Developments in Earth Surface Processes. Elsevier, pp. 1–13. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63369-9.00001-X>

Glacken, C.J., 1967. Traces on the Rhodian Shore - Nature and Culture in Western Thought from Ancient Times to the End of the Eighteenth Century. University of California Press, Berkeley.

Grindsted, T.S., Almlund, P., Holm, J., Lyngsie, G., Banta, G., Syberg, K., Hauggaard-Nielsen, H., Herzog, S.D., 2025. Citizens and Scientific Perceptions of Ecosystem Services – Assessing Local Controversies over Climate Mitigation Efforts in Drained Wetlands. Climate 13. <https://doi.org/10.3390/cli13060112>

Gyldenkærne, S., Frederiksen, P. (Eds.), 2015. The Danish SINKs project: final report on the Danish monitoring project for land use, land use change and forestry under the Kyoto Protocol. DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi.

Hägerstrand, T., 2001. A Look at the Political Geography of Environmental Management, in: Buttner, A. (Ed.), Sustainable Landscapes and Lifeways - Scale and Appropriateness. Cork University Press, Cork, Ireland, pp. 35–58.

Healey, P., 2006. Relational complexity and the imaginative power of strategic spatial planning. Eur. Plan. Stud. 14, 525–546. <https://doi.org/10.1080/09654310500421196>

Henriksen, H.J., Kragh, S.J., Gotfredsen, J., Ondracek, M., van Til, M., Jakobsen, A., Schneider, R.J.M., Koch, J., Trolborg, L., Rasmussen, P., Pasten-Zapata, E., Stisen, S., 2020. Udvikling af landsdækkende modelberegninger af terrænnære hydrologiske forhold i 100m grid ved anvendelse af DK-modellen: Dokumentationsrapport vedr. modelleverancer til Hydrologisk Informations- og Prognosesystem [Development of national coverage models of terrain hydrology in 100 meter resolution using the National Water Resource Model: Documentation Report concerning model deliverables to the Hydrological Information- and Prognosis System]. GEUS - The National Geological Survey for Denmark and Greenland, Copenhagen.

Hiedanpää, J., Bromley, D.W., 2018. Environmental Heresies the Quest for Reasonable. Palgrave Macmillan, London.

Hoskins, W.G., 2013. The making of the English landscape, Paperback edition. ed. Little Toller Books, Toller Fratum, Dorset.

Houmark-Nielsen, M., 2021. Istiden i det danske landskab. Lindhardt og Ringhof, København.

Huggett, R., 2003. *Geoecology: An Evolutionary Approach*. Routledge, London.
<https://doi.org/10.4324/9780203138717>

Hunziker, M., Buchecker, M., Hartig, T., 2007. Space and Place – Two Aspects of the Human-landscape Relationship, in: Kienast, F., Wildi, O., Ghosh, S. (Eds.), *A Changing World: Challenges for Landscape Research*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 47–62. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4436-6_5

Jakobsen, P.R., 2022. Geomorfologisk kort over Danmark, 1:200 000, version 3.
<https://doi.org/10.22008/FK2/0U6ERA>

Jensen, K.M., Reenberg, A., 1986. *Landbrugsatlas Danmark*. Københavns Universitet, København.

Johnsen, I., 2017. Menneskets påvirkning af naturtyperne i det åbne land, in: Sand-Jensen, K., Fenchel, T., Vestergaard, P., Møller, P.F. (Eds.), *Naturen i Danmark: Det åbne land*. Gyldendal, København, pp. 515–552.

Jones, M. (Ed.), 2008. *Nordic landscapes: region and belonging on the Northern Edge of Europe*. Univ. of Minnesota Press, Minneapolis, Minn.

Joronen, M., Häkli, J., 2017. Politicizing ontology. *Prog. Hum. Geogr.* 41, 561–579.
<https://doi.org/10.1177/0309132516652953>

Kærgård, N., Dalgaard, T., 2014. Dansk landbrugs strukturudvikling siden 2. verdenskrig. *Landbohistorisk Tidsskr.* 1, 9–33.

KDS, 2024a. Danmarks højdemodel - Terræn.

KDS, 2024b. Hydrologisk informations- og prognose-system: Dokumentation [Hydrological Information- and Prognosis System: Documentation]. The Climate data agency (KDS) of the Danish Government, Copenhagen, Denmark.

Kristensen, I.T., Rasmussen, B.M., Staunstrup, J.K., Mouritsen, A.K.M., Bøcher, P.K., Hansen, J.F., 2005. Geografisk variation i nøgleparametre for dansk landbrug - Metoder og hovedresultater [Geographical variation in key parameters for Danish agriculture - Methods and main findings] (No. 222), Intern rapport [Internal Report]. Danmarks Jordbrugsforskning, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, Tjele, Denmark.

Kruckeberg, A.R., 2004. *Geology and plant life: the effects of landforms and rock types on plants*, 1. paperback ed. ed. Univ. of Washington Press, Seattle.

Kruckeberg, A.R., 1991. An Essay: Geoedaphics and Island Biogeography for Vascular Plants. *Aliso* 13, 225–238. <https://doi.org/10.5642/aliso.19911301.11>

Latour, B., Weibel, P. (Eds.), 2020. *Critical zones: The Science and Politics of Landing on Earth*. The MIT Press, Cambridge.

Levin, G., 2006. Farm size and landscape composition in relation to landscape changes in Denmark. *Geogr. Tidsskr.-Dan. J. Geogr.* 106, 45–59. <https://doi.org/10.1080/00167223.2006.10649556>

Levin, G., Normander, B., 2008. Arealanvendelse i Danmark siden slutningen af 1800-tallet (No. 682), Faglig rapport fra DMU. Danmarks Miljøundersøgelser Aarhus Universitet, Roskilde.

Lohrum, N., Normand, S., Dalgaard, T., Graversgaard, M., 2024. Unveiling the frontiers: Historical expansion and modern implications of agricultural land use in Denmark. *J. Environ. Management.* 359, 120934.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120934>

Mannion, A.M., 1997. *Global environmental change: a natural and cultural environmental history*. Longman, Harlow.

McNeill, J.R., Engelke, P., 2014. *The great acceleration: an environmental history of the anthropocene since 1945*. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.

McPhee, P., 2025. *An environmental history of France: making the landscape, 1770-2020*. Bloomsbury Academic, London; New York.

Meeus, J.H.A., 1993. The transformation of agricultural landscapes in Western Europe. *Sci. Total Environ.* 129, 171–190. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(93\)90169-7](https://doi.org/10.1016/0048-9697(93)90169-7)

Møller, A.B., Greve, M.H., Beucher, A., 2024. Opdateret jordbundstypekort [Updated soil type map], Journal number 2023-0626709. ed. Rådgivningsnotat fra DCA. Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus & Foulum, Denmark.

Nassauer, J.I. (Ed.), 1997. *Placing nature: culture and landscape ecology*. Island Press, Washington, D.C.

Natur- og Landbrugskommissionen, 2013. *Natur og landbrug - En ny start (Final report)*. Natur- og landbrugskommissionen [The Commission on Nature and Agriculture], Copenhagen, Denmark.

Nielsen, A.B., Odgaard, B.V., 2010. Quantitative landscape dynamics in Denmark through the last three millennia based on the Landscape Reconstruction Algorithm approach. *Veg. Hist. Archaeobotany* 19, 375–387. <https://doi.org/10.1007/s00334-010-0249-z>

Noe-Nygaard, N., Albrechtsen, T., Abildtrup, C.H., Gotfredsen, G., Richter, J., 1998. Palæobiologiske, sedimentologiske og geokemiske undersøgelser af Sen Weichsel og Holocene aflejringer i Store Åmose. *Geol. Tidsskr.* 2, 1–65.

Odgaard, B., Rømer, J.R. (Eds.), 2009. *Danske landbrugslandskaber gennem 2000 år: fra digevoldinger til støtteordninger*. Universitetsforlag, Aarhus.

Olwig, K., 2019. *The meanings of landscape: essays on place, space, environment and justice*. Routledge, Abingdon, Oxon; New York, NY.

Padoa-Schioppa, E., 2023. *Storia ecologica dell'Europa: un continente nell'Antropocene*. Società editrice il Mulino, Bologna.

Pawson, E., Brooking, T. (Eds.), 2013. *Making a new land: environmental histories of New Zealand*, New edition. ed. Otago University Press, Dunedin, New Zealand.

Pedersen, H.B., Møllenberg, S., 2017. *Landbrugsregnskaber i 100 år: 1916-2015*. Danmarks Statistik, København.

Peng, Y., Roell, Y.E., Odgers, N.P., Møller, A.B., Beucher, A., Greve, M.B., Greve, M.H., 2021. Mapping and describing natural terroir units in Denmark. *Geoderma* 394, 115014. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115014>

Primdahl, J., 2018. The Contested Nature of the Farmed Landscape, in: *The SAGE Handbook of Nature: Three Volume Set*. SAGE Publications Ltd, 1 Oliver's Yard, 55 City Road London EC1Y 1SP, pp. 1468–1487. <https://doi.org/10.4135/9781473983007.n73>

Primdahl, J., Kristensen, L., 2019. Fremtidens landskaber på dagsordenen, in: Kristensen, L.S., Primdahl, Jørgen, Vejre, H. (Eds.), *Fremtidens landskaber: visioner og planer for det åbne land*. Bogværket, Nykøbing Sjælland, pp. 224–239.

Primdahl, J., Kristensen, L.S., Arler, F., Angelstam, P., Christensen, A.A., Elbakidze, M., 2018. Rural landscape governance and expertise: on landscape agents and democracy, in: Egoz, S., Jørgensen, K., Ruggeri, D. (Eds.), *Defining Landscape Democracy*. Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781786438348>

Raffn, J., Christensen, A.A., de Witt, M., Lewis, C., Büchner-Marais, C., 2021. Introducing a flat ontology into landscape research: a case study of water governance experiments in South Africa. *Landsc. Ecol.* <https://doi.org/10.1007/s10980-021-01374-9>

Renes, H., 2010. Grainlands. The landscape of open fields in a European perspective. *Landsc. Hist.* 31, 37–70. <https://doi.org/10.1080/01433768.2010.10594621>

- Rescia, A.J., Pérez-Corona, M.E., Arribas-Ureña, P., Dover, J.W., 2012. Cultural landscapes as complex adaptive systems: the cases of northern Spain and northern Argentina, in: Bieling, C., Plieninger, T. (Eds.), *Resilience and the Cultural Landscape: Understanding and Managing Change in Human-Shaped Environments*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 126–145. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139107778.011>
- Roell, Y.E., Peng, Y., Beucher, A., Greve, M.B., Greve, M.H., 2020. Development of hierarchical terrain workflow based on gridded data – A case study in Denmark. *Computers & Geosciences* 138, 104454. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2020.104454>
- Roskilde Universitet, 2025. Sustainable land use transitions. Hjemmeside tilgængeligt 19. oktober 2025. <https://landscapesolutions.ruc.dk/research-solutions/rt3/>
- Rossiter, D.G., 1996. A theoretical framework for land evaluation. *Geoderma* 72, 165–190. [https://doi.org/10.1016/0016-7061\(96\)00031-6](https://doi.org/10.1016/0016-7061(96)00031-6)
- Ruegaard Petersen, L., 2024. Democratising local values and priorities in regional landscape planning: a Danish strategy-making case. *Landsc. Res.* 49, 652–667. <https://doi.org/10.1080/01426397.2024.2352459>
- Ruijter, E., Dymanus, C., van Kesteren, E. J., Boeschoten, L., & Meijer, A., 2024. Open data work for empowered deliberative democracy: Findings from a living lab study. *Government Information Quarterly*, 41(1), 101902. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2023.101902>
- Sauer, C.O., 1974. *Land and life: a selection from the writings of Carl Ortwin Sauer*, 5. print. ed, California library reprint series. Univ. of California Press, Berkeley.
- Sauer, C.O., 1925. *The Morphology of Landscape*. University of California Press, Berkeley (Calif.), United States.
- Sayre, R., Dangermond, J., Frye, C., Vaughan, R., Aniello, P., Breyer, S., Cribbs, D., Hopkins, D., Nauman, R., Derrenbacher, W., Wright, D., Brown, C., Convis, C., Smith, J., Benson, L., VanSistine, D.P., Warner, H., Cress, J., Danielson, J., Hamann, S., Cecere, T., 2014. *A New Map of Global Ecological Land Units — An Ecophysiological Stratification Approach*. Association of American Geographers, Washington DC, United States.
- Schama, S., 1996. *Landscape and memory*, 1. Vintage Books ed. ed. Vintage Books, New York, NY.
- Schou, A., 1949. *Atlas over Danmark: bd. 1: Landskabsformerne*. Det Kongelige Danske Geografiske Selskab, Bianco Lunos bogtrykkeri., København, Danmark.
- Selman, P., 2006. *Planning at the Landscape Scale*, 0 ed. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203696903>
- Simmons, I.G., 2008. *Global environmental history: 10,000 BC to AD 2000*. Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Spirn, A.W., 2000. *The language of landscape*. Yale University Press, New Haven.
- Stedman, R.C., 2003. Is It Really Just a Social Construction?: The Contribution of the Physical Environment to Sense of Place. *Soc. Nat. Resour.* 16, 671–685. <https://doi.org/10.1080/08941920309189>
- Stein, A., Gerstner, K., Kreft, H., 2014. Environmental heterogeneity as a universal driver of species richness across taxa, biomes and spatial scales. *Ecol. Lett.* 17, 866–880. <https://doi.org/10.1111/ele.12277>
- Stoate, C., Báldi, A., Beja, P., Boatman, N.D., Herzog, I., van Doorn, A., de Snoo, G.R., Rakosy, L., Ramwell, C., 2009. Ecological impacts of early 21st century agricultural change in Europe – A review. *J. Environ. Manage.* 91, 22–46. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.07.005>
- Svenningsen, S.R., Christensen, A.A., 2021. Economic structuring of land as a blank space – the development of cadastral cartography in Denmark. *Norwegian Journal of Geography* 75, 291–305. <https://doi.org/10.1080/00291951.2020.1866064>

- Taylor, C., 2007. *Modern social imaginaries*, 4. print. ed, Public planet books. Duke Univ. Press, Durham.
- Thomas, K., 1996. *Man and the natural world: changing attitudes in England, 1500-1800*. Oxford University Press, New York.
- Troll, C., 1960. The work of Alexander von Humboldt and Carl Ritter. A centenary address. *Adv. Sci.* 16, 441–452.
- Unger, R.M., 2024. *The world and us*. Verso, London; New York.
- Unger, R.M., 2014. *The religion of the future*. Harvard University Press, Cambridge (Mass.).
- Urland arkitekter, 2025a. Kimmerslev. Multifunktionel drikkevandsbeskyttelse. Rapport udgivet online på: https://sub.urland.dk/Region-Sjaelland/2517_Booklet_Kimmerslev_LowRes_D.pdf
- Urland arkitekter, 2025b. Hornsherred. Multifunktionel drikkevandsbeskyttelse. Rapport udgivet online på: https://sub.urland.dk/Region-Sjaelland/2518_Booklet_Hornsherred_LowRes_A.pdf
- Urland Arkitekter, Roskilde Universitet, Envidan, 2025a. Kimmerslev multifunktionel drikkevandsbeskyttelse. Resultater fra planprojekt i Kimmerslev, Køge kommune. Hjemmeside tilgået 19. oktober 2025 <https://www.urland.dk/projekter/kimmerslev-multifunktionel-drikkevandsbeskyttelse>
- Urland Arkitekter, Roskilde Universitet, Envidan, 2025b. Hornsherred multifunktionel drikkevandsbeskyttelse. Resultater fra planprojekt i Kimmerslev, Køge kommune. Hjemmeside tilgået 19. oktober 2025 <https://www.urland.dk/projekter/hornsherred-multifunktionel-drikkevandsbeskyttelse>
- Valdés, A., Lenoir, J., Gallet-Moron, E., Andrieu, E., Brunet, J., Chabrierie, O., Closset-Kopp, D., Cousins, S.A.O., Deconchat, M., De Frenne, P., De Smedt, P., Diekmann, M., Hansen, K., Hermey, M., Kolb, A., Liira, J., Lindgren, J., Naaf, T., Paal, T., Prokofieva, I., Scherer-Lorenzen, M., Wulf, M., Verheyen, K., Decocq, G., 2015. The contribution of patch-scale conditions is greater than that of macroclimate in explaining local plant diversity in fragmented forests across Europe. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 24, 1094–1105. <https://doi.org/10.1111/geb.12345>
- Van Eetvelde, V., Christensen, A.A., 2023. Theories in landscape ecology. An overview of theoretical contributions merging spatial, ecological and social logics in the study of cultural landscapes. *Landsc. Ecol.* 38, 4033–4064. <https://doi.org/10.1007/s10980-023-01736-5>
- Vejre, H., Vesterager, J.P., Andersen, P.S., Olafsson, A.S., Brandt, J., Dalgaard, T., 2015. Does cadastral division of area-based ecosystem services obstruct comprehensive management? *Ecol. Model.* 295, 176–187. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.09.027>
- von Humboldt, A., 1808. *Ansichten der Natur*. Tübingen, Germany.
- Waterman, T., Wolff, J., Wall, E. (Eds.), 2021. *Landscape citizenships*. Routledge, Taylor & Francis Group, London New York.
- Wilhelmudvalget, 2001. *En rig natur i et rigt samfund*. Wilhelmudvalget, København, Danmark.
- Wu, J., 2013. Landscape sustainability science: ecosystem services and human well-being in changing landscapes. *Landsc. Ecol.* 28, 999–1023. <https://doi.org/10.1007/s10980-013-9894-9>
- Zonneveld, I.S., 1995. *Land Ecology. An introduction to landscape ecology as a base for land evaluation, land management and conservation*. SPB Academic Publishing, Amsterdam.