

Får vi mere vand, når nåleskov bliver til løvskov?

Vandressourcen på Sjælland er under pres. Oppumpning af drikkevand giver bl.a. for lav vandføring i vandløbene. Da nåleskov har større vandforbrug end løvskov, kan konvertering fra 'nål til løv' måske bidrage til at øge vandressourcen på Sjælland. Vi har udført modelberegninger på oplandsskala for at illustrere træarternes betydning for grundvandsstand og vandløbsvandføring.

JESPER R. CHRISTIANSEN,
PER GUNDERSEN &
TORBEN O. SONNENBORG

Vandrammedirektivet stiller krav om god økologisk tilstand i vandløb, men det kan være svært at opnå i områder hvor der indvindes drikkevand, når vandløbene tørrer ud om sommeren. Vi ville derfor undersøge om ændringer i skovene måske kunne være med til at afhjælpe nogle af problemerne ved at øge vandressourcen. Omtrent en tredjedel af skovarealet på Sjælland er nåleskov, der har en markant højere fordampning og dermed meget lavere nedsvining end løvskov. Forskellen mellem 'løv' og 'nål' er i størrelsesorden 115 mm/år, så hvis alle nåleskove på Sjælland på en gang blev konverteret til løvskove ville man få omkring 40 mill. kubikmeter mere vand at gøre godt med, svarende til 80% af vandforbruget i Hovedstadsområdet /1/.

Spørgsmålet er dog dels om nåleskovene ligger der, hvor der mangler vand, og dels om det ekstra vand vil bidrage til grundvandsdannelse eller blot løbe ud gennem vandløbene om vinteren uden at forbedre vandføringen om sommeren. For at kunne svare på dette er der brug for hydrologiske modeller, der kan beregne sæsonvariationen i fordampning, nedsvining, grundvandsstand og vandløbsvandføring i større oplande med forskellig arealanvendelse. Vi fik støtte til et projekt "Mere vand fra Skove" /2/ med fokus på modellering af vandbalance i skovoplande /2/.

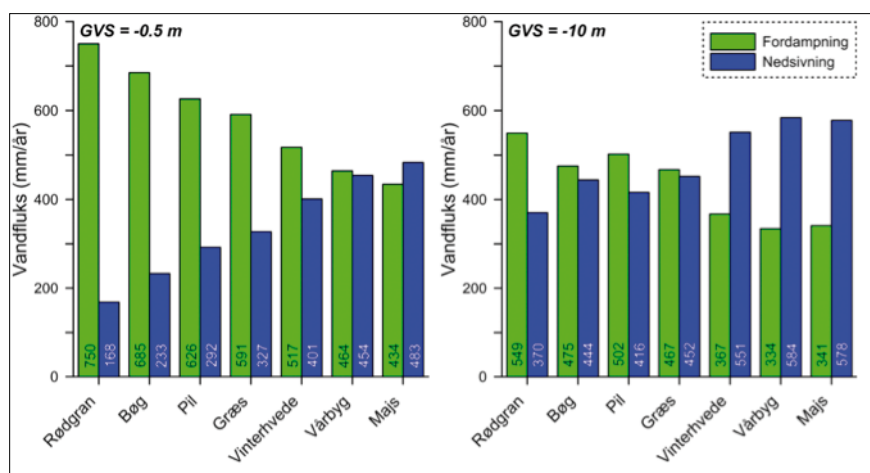
Udvikling af modelværktøj

Hidtil har oplandsmodellerne ikke kunnet beregne fordampningen fra skov tilfredsstillende, især ikke den høje fordampning fra nåleskov /2/. Den seneste version af oplandsmodellen MIKE SHE er blevet kombineret med en forbedret fysisk baseret fordampningsmodel (SVAT) /3/, som vi med tilfredsstillende resultater udviklede og testede for rødgran og bøg. Vi sammenlignede resultaterne for bøg og rødgran med landbrugsafgrøder (græs, vinterhvede, byg og majs) samt pil (som eksempel på en flerårig energiafgrøde).

SVAT-beregningerne gælder for et punkt og vedrører processerne i rodzonen. For et helt opland skal beregningen af fordampning og nedsvining foretages i hver enhed (pixel) i

forhold til den vegetation som findes (eller hvis der arbejdes med scenarier, den vegetation man ønsker). Disse SVAT-beregninger i hver pixel kobles til MIKE SHE modellen, der opsættes således at den beskriver vandbevægelserne i jorden under rodzonen, grundvandsstanden og strømmingen i vandløbene. Den samlede MIKE SHE SVAT model kan så for en given længere periode (>10 år) med klimadata kalibreres mod målte data for grundvandsstand og vandløbsafstrømning.

Med viden om de dominerende vegetationstypers fordampning opstillede vi ni arealanvendelsesscenarioer for oplandsmodellen: P1) nuværende arealanvendelse, B1) al nuværende nåleskov konverteres til løvskov, B2) som B1 + fordobling løvskovens areal, B3) hele oplandet dækket af løvskov, S1) al nu-



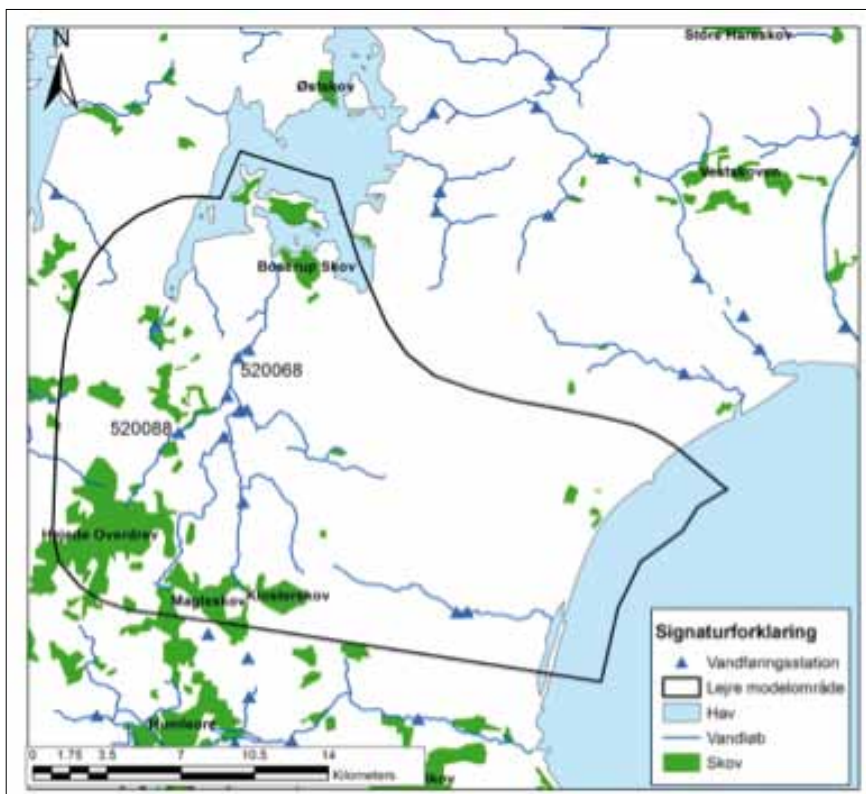
Figur 1. Fordelingen mellem årlig fordampning (grønne søjler) og nedsvining (blå søjler) fra forskellige vegetationstyper beregnet for en 3-årig periode med en gennemsnitlig nedbør på 918 mm/år. Til venstre for et fugtigt lavbundsområde med højt grundvandsspejl (GVS=-0,5 m) og til højre for et højt bunds område med dybt grundvand (GVS=-10 m).

værende løvskov konverteres til nåleskov, S2) som S1 + fordobling af nåleskovenes areal, S3) hele oplandet dækket af nåleskov, W1) P1+pil på lavbundsarealer og A1) hele oplandet som landbrug. Scenarierne dækker fra realistiske forventninger til ændringer i arealanvendelsen (B1 og B2), til ekstreme scenarier (B3, S3 og A1), der er medtaget for at illustrere de store forskelle i vandbalancen og vandføring mellem disse forskellige arealanvendelser.

Forskelle i fordampning

En beregning på samme jordbund og med samme klima (Gludsted i Jylland) illustrerer forskellene i fordampning (grøn) og nedsvivning (blå) for hver arealanvendelse/afgrøde, se Fig. 1. I venstre side er vist en beregning med høj grundvandsstand, hvor der således aldrig mangler vand og fordampningen derfor er maksimal, mens der i højre side er vist beregninger med dybt grundvand, hvor fordampning i perioder bliver begrænset af vandmangel i den øverste del af jorden. Ved højt grundvand er fordampningen højest i rødgran, der har 'blade' på hele året, og lavest i majs, der har en ret kort og sen vækstsæson. Nedsvivningen fordeler sig omvendt idet den er nedbøren (918 mm/år) minus fordampningen. Med et dybt grundvandspejl udlignes forskellene mellem plantearterne, mens der synes at være en væsentlig forskel mellem vedvarende plantedække (skov, pil og græs) og afgrøder med kortere vækstsæson (hvede, byg og majs). Rødgran har stadig den højeste fordampning på 549 mm/år mod 475 mm/år i bøg, hvilket er en mindre forskel end, der blev fundet i andre studier, se Fig. 1/1/.

Modellen beregner fordampningen fordelt på tre typer: interceptionstab, transpiration



Figur 2. Lejre-oplandet markeret på kort med skove og vandløb. Trekkanterne med numre markerer de vandføringsstationer hvor effekten af løv for nål blev vurderet.

og jordfordampning. Interceptionstabet udgøres af det vand, som bliver hængende på planteoverflader efter en regnbyge og derefter fordamper, dvs. det aldrig når ned til jorden. Dette tab er højest i rødgran (225 mm/år), der både har et stort overfladeareal i kronen og 'beholder nålene på' hele året. Det store interceptionstab i rødgran (og andre nåletræer) er årsagen til den generelt højere fordampning og lavere nedsvivning fra nåletræer end fra løvtræer. Transpirationen (vand der optages gennem rødderne og for-

damper ud af bladene) varierer ikke så meget for vegetationstyper med vedvarende plantedække og er lavest for byg og majs med den korteste vækstsæson. Omvendt bliver jordfordampningen størst for afgrøder, hvor der er perioder med bar jord.

Lejre-oplandet – Et Østdansk eksempel

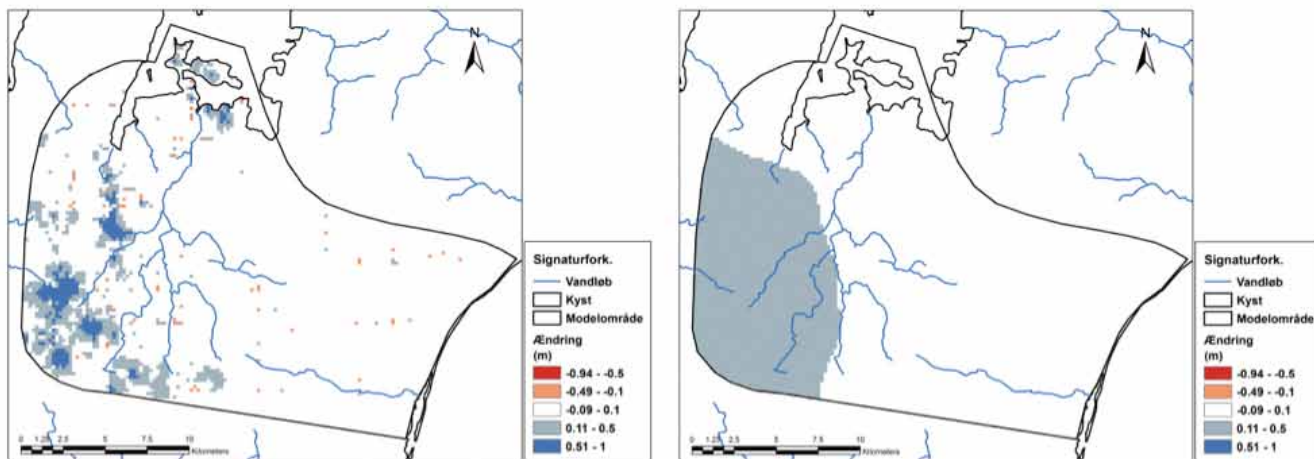
Oplandsmodellen blev sat op for Lejre-oplandet på Midsjælland, se Fig. 2. Skovene (9,3 % af arealet) ligger især i de højere beliggende dele i den vestlige del af oplandet. I beregningerne udgjorde 'nål' 47% og 'løv' 53% af det samlede skovareal. Med den nuværende arealanvendelse er fordampningen 520 mm/år i gennemsnit over oplandet, mens fordampningen fra nåleskov nærmer sig nedbøren på 800 mm/år, se Tab. 1.

Tabel 1. Ændringer i årlig vandbalance (mm/år) som gennemsnit af 10-års simulering for oplandet til vandføringsstationen 520068 i Langvad Å, Lejre. Absolutte værdier er oplyst for den nuværende arealanvendelse (P1), mens relative ændringer i forhold til P1 er opgivet for de øvrige scenarier. Absolutte ændringer i mm/år står først fulgt af relative ændringer i parenteser. Middeldnedbøren er 801 mm/år. Forskellen mellem nettonedbør og afstrømning udgøres af grundvandsudstrømning fra det topografiske opland til st. 520068 samt oppumpning og eksport af vand.

Scenarie	Arealanvendelse	Fordampning		Nettonedbør		Afstrømning	
P1	nuværende	520		278		190	
B1	'nål' til 'løv'	-5	(-1%)	+5	(+2%)	+5	(+3%)
B2	'løv' x 2	-1	(0%)	+1	(0%)	+1	(+1%)
B3	'løv' overalt	+49	(+9%)	-48	(-17%)	-47	(-25%)
S1	'løv' til 'nål'	+6	(+1%)	-6	(-2%)	-6	(-3%)
S2	'nål' x 2	+17	(+3%)	-17	(-6%)	-15	(-8%)
S3	'nål' overalt	+137	(+26%)	-136	(-49%)	-123	(-65%)
W1	pil på lavbund, 9,3%	+6	(+1%)	-6	(-2%)	-6	(-3%)
A1	landbrug overalt	-12	(-2%)	+12	(+4%)	+11	(+6%)

Mere 'løv', mere grundvand

Når 'nål' konverteres til 'løv' falder fordampningen, se Tab. 1, og grundvandsstanden stiger både i det øvre og det primære (dybere) grundvandsmagasin i områder med skov, se Fig. 3. Stigningen er 0,5-1 m i det øvre grundvand netop på arealer med skov og mere moderat 0.1-0.5 m i det dybe grundvand, men stigningen sker i hele den højere liggende del af oplandet. Så selv om Lejre er et lerjordsoplund vil mindre nåleskov altså medføre en større grundvandsdannelse. På grund af den



Figur 3 Ændringen i grundvandsstanden i det øvre (til venstre) og det primære (til højre) grundvandsmagasin efter konvertering af 'nål' til 'løv' på skovarealet i Lejre området.

dårlige hydrauliske ledningsevne i lerjord vil vi forvente en forholdsvis større effekt på vandløbsafstrømning end på grundvandsdannelse af vegetationsændringer i Lejre-oplandet. Modelberegninger både for scenariet 'nål' til 'løv' (B1) og andre mere skovrige eller skovfattede (A1) scenarier, se Tab. 1, viser da også en direkte sammenhæng mellem ændringer i nettonedbøren og afstrømning. Fx ved konvertering af 'nål' til 'løv' (B1) stiger nettonedbøren med 5 mm/år, hvilket medfører en tilsvarende stigning i afstrømningen på 5 mm/år svarende til 3%.

Vandføring i vandløbene

For at undersøge effekten på afstrømningen nærmere blev der trukket data ud af modellen for vandløbsafstrømningen i et mindre vandløb, der har sit udspring i den mere skovdominerede del af oplandet (st 520088), og i Langvad Å (st 520068), se Tab. 2. Minimumsvandføringen har væsentlig betydning for den økologiske tilstand bl.a. fordi højere minimumsvandføring reducerer risikoen for

udtørring. Minimumsvandføringen stiger med 1.2 l/s svarende til 7% i det mindre vandløb ved konvertering af 'nål' til 'løv' (B1, se Tab. 2) mens det har mindre betydning i Langvad Å, hvor skov kun udgør en lille del af oplandet.

Mere drastiske arealanvendelses ændringer (B3, S3 og A1) har selvsagt store konsekvenser for vandføringen, se Tab. 2. Modellens beskrivelse af afstrømningen inkluderer dræning (med rør og/eller grøfter) fordi dette er det normale på markerne, der dominerer oplandet. Dette gælder i mindre grad i skov, selv om der kan være grøfter, derfor undervurderer modellen skovarealernes virkninger på vandføringen. Mindre dræneffekt betyder langsommere afgivelse af vandet, så den maksimale vandføring bliver mindre, mens minimumsvandføring øges mere end modellen forudsiger /5/.

Sammenligning af arealanvendelser

Som det fremgår af Tab. 1, blev der gennemregnet flere forskellige scenarier for skovtype, skovareal og energiafgrøder (pil). Fordobling

af skovarealet (til 18.6%) udelukkende med bøg (B2) og pileydrkning på våde arealer (W1) så skov og pil tilsammen udgør 18.6% er måske realistiske scenarier for fremtiden, mens fuldstændig dække med bøg (B3), rødgran (S3) eller landbrugsafgrøder (A1) illustrerer de store forskelle i vandbalancen og vandføring mellem disse kontrasterende arealanvendelser, se Tab. 1 og 2. Et interessant resultat i forhold til skovrejsning er, at vandbalance og vandføring er uændret ved fordobling af skovarealet (B2), idet øget fordampning fra det større skovareal med bøg bliver kompenseret af reduceret fordampning fordi rødgran samtidig også er erstattet med bøg. Tilsvarende er der også kun en marginal påvirkning af vandbalance og vandføring med pil på våde arealer, formentlig fordi pil erstatter græs eller lign. som har tilsvarende høj fordampning på lavbund, fordi der ikke mangler vand.

Scenarie B3 med fuldstændigt dække med løvskov (bøg), kan ses som en repræsentation af hvordan vandbalancen kan have været før jernalderbønderne begyndte at fælde skovene på Sjælland. Fordampningen fra disse urskove har været højere end i dag (måske 50 mm højere, se Tab. 1), men om minimumsvandføringen ville være mindre, som modellen beregner, er nok mere tvivlsomt, idet vi i modellen ikke har kunnet rulle dræning og udretning af å'er m.v. tilbage.

Vandbalance på sandjord – Skjern Å-oplandet

MIKE SHE SVAT modellen blev også sat op for en del af Skjern Å-oplandet, som har sandede jorde og bl.a. inkluderer Gludsted Plantage i den højest beliggende del mod øst, se Fig. 4 (venstre panel). Modellen blev kørt med tilsvarende beregninger og scenarier som gennemgået ovenfor for Lejre. Selv om nedbøren

Tabel 2. Ændringer i median-minimumsafstrømningen i et mindre relativt skovdomineret vandløb (st. 520088) og i Langvad Å (st. 520068) ved forskellige arealanvendelsesændringer. Placeringen af stationerne fremgår af Figur 2.

Scenarie	Arealanvendelse	Skovdomineret vandløb		Langvad Å	
		Median min. (l/s)	Ændring (%)	Median min. (l/s)	Ændring (%)
P1	nuværende	18	-	164	-
B1	'nål' til 'løv'	19	+7	168	+2
B2	'løv' x 2	18	+1	163	-1
B3	'løv' overalt	13	-26	126	-23
S1	'løv' til 'nål'	17	-4	162	-1
S2	'nål' x 2	16	-10	152	-7
S3	'nål' overalt	8	-57	92	-44
W1	pil på lavbund, 9,3%	17	-2	163	-1
A1	landbrug overalt	24	+38	177	+8

er højere i Skjern end i Lejre (1063 mod 801 mm/år i simuleringerne), var fordampningen fra oplandet med den nuværende arealanvendelse den samme (520 mm/år), hvilket hænger sammen med at lerjorden i Lejre holder bedre på vandet end sandjorden i Skjern. Så selv om det regner mindre i Lejre, er der ligeså meget vand til rådighed til fordampning i oplandet.

Konvertering af 'nål' til 'løv' i dette opland medførte større påvirkning af grundvandstanden end i Lejre, se Tab. 3. Således viser modelberegningerne at grundvandsstanden i det primære grundvandsmagasin stiger med op til 3 meter med bøg i stedet for rødgran, se Fig. 4 (højre panel). Dette skyldes dels at et større skovareal konverteres og dels at nedbøren (og dermed forøgelsen i nettonedbør) er højere. Desuden er nedsivningen til grundvandet større i sandjord, hvilket også betyder, at vandføringen fra skovområdet i Skjern som forventet blev væsentligt mindre påvirket end i Lejre, se Tab. 3.

Konklusion

Konvertering af eksisterende 'nål' til 'løv' på lerjord i Lejre-oplandet (og således formentlig også på resten af Sjælland) gav både højere grundvandsdannelse og en forøgelse af minimumvandføringen i mindre vandløb. Det primære grundvandspejl steg med op til 50 cm over et større område med spredte skove. Hvorvidt den øgede grundvandsressource fra konvertering kan nyttiggøres til drikkevand eller bedre tilstand i vandløbene, kræver en nærmere konkret analyse i forhold til placeringen af borer m.m. i Lejre-oplandet (og på Sjælland i øvrigt). Med de udviklede modeller er det muligt at vurdere tiltag i skovrige oplande til drikkevandsboringer eller at vurdere den hydrologiske effekt af større skovrejs-

Tabel 3. Ændringer i årlig vandbalance (mm/år) som gennemsnit af 10-års simulering for oplandet til vandføringsstationen 250082 ved udløbet af Skjern Å. Absolutte værdier er oplyst for den nuværende arealanvendelse (P1), mens relative ændringer i forhold til P1 er opgivet for de øvrige scenarier. Absolutte ændringer i mm/år står først fulgt af relative ændringer i parenteser. Middelnedbøren er 1061 mm/år. Forskellen mellem nettonedbør og afstrømning udgøres af grundvandsudstrømning fra det topografiske opland til st. 250082 samt op-pumpning og eksport af vand

Scenarie	Arealanvendelse	Fordampning		Nettonedbør		Afstrømning	
P1	nuværende	519		547		515	
B1	'nål' til 'løv'	-23	(-4%)	+23	(+4%)	+18	(+3%)
B2	'løv' x 2	-11	(-2%)	+11	(+2%)	+7	(+1%)
B3	'løv' overalt	+63	(+12%)	-61	(-11%)	-65	(-13%)
S1	'løv' til 'nål'	0	-	-1	-	-3	(-1%)
S2	'nål' x 2	+36	(+7%)	-37	(-7%)	-37	(-7%)
S3	'nål' overalt	+189	(+36%)	-185	(-34%)	-182	(-35%)
W1	pil på lavbund, 9,3%	+17	(+3%)	-17	(-3%)	-20	(-4%)
A1	landbrug overalt	-37	(-7%)	+36	(+7%)	+31	(+6%)

ningsprojekter. Repræsentation af dræning i modellen bør forbedres for bedre at kunne simulere dræningsforholdene i skove.

Referencer

- /1/ Christiansen, J.R. og Gundersen, P. 2011: Increased freshwater and groundwater regeneration by conversion of coniferous forests to deciduous forests on Zealand, Denmark. Abstracts proceedings of the 5th Annual Meeting of The Danish Water Research Platform (DWRP), 27. – 28. Januar, GEUS, København, p. 3-4.
- /2/ Sonnenborg, T.O., Christiansen, J.R. og Gundersen, P. 2014: Mere Vand fra Skove. Rapport, p. 21. Naturstyrelsen, Miljøministeriet, København.
- /3/ Gundersen, P., Sonnenborg, T.O. og Refsgaard, J.C. 2008: Nye skove ændrer ikke grundvandsdannelsen på lerjord. SKOVEN 8, 361-363.
- /4/ Overgaard, J. 2005: Energy-based land-surface modelling: new opportunities in integrated hydrological modelling. PhD-afhandling, Danmarks Tekniske Uni-

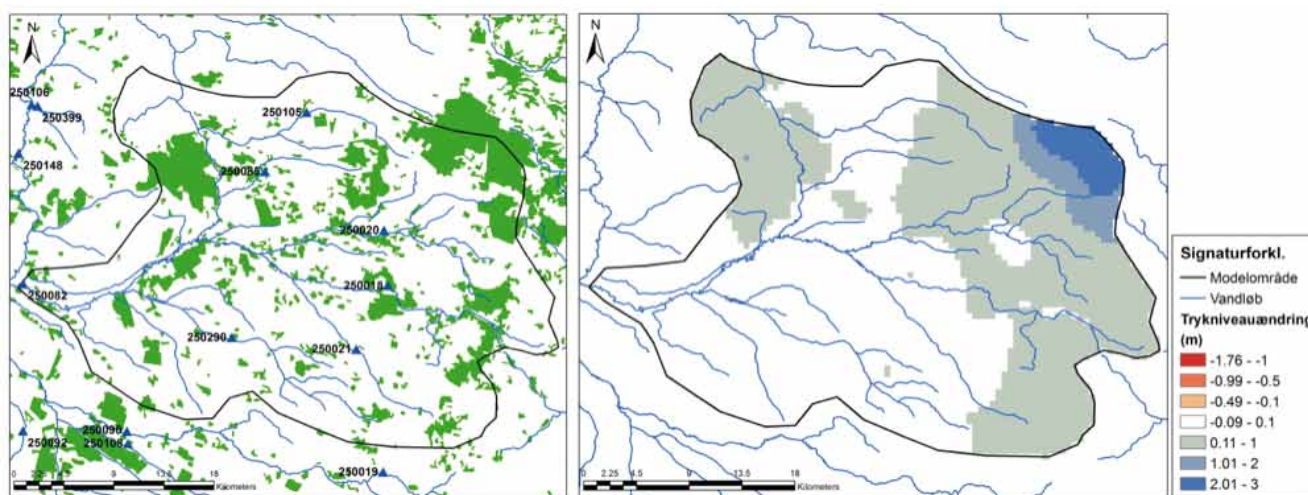
versitet, Kongens Lyngby, Danmark.

- /5/ Sonnenborg, T.O., Gundersen, P., Refsgaard, J.C. 2009: Sammenligning af vandbalancer for mark og løvskov tre steder på Sjælland – Hvordan påvirker skovrejsning med løvtræer grundvandsdannelsen kvantitativt på lerjorder? GEUS, København.

JESPER RIIS CHRISTIANSEN, Forsker, Institut for Geovidenskab og Naturressourcer, KU. E-mail: jrc@ign.ku.dk

PER GUNDERSEN, Professor, Institut for Geovidenskab og Naturressourcer, KU. E-mail: pgu@ign.ku.dk

TORBEN OBEL SONNEBORG, Seniorforsker, GEUS, Klima-, Energi- og Bygningsministeriet. E-mail: tso@geus.dk



Figur 4. Den øverste del af Skjern Å oplandet (Ahlergaarde-oplandet) med 17,4 % skov, fortrinsvis 'nål' (venstre panel) og ændringen i grundvandsstand for det primære grundvandsmagasin efter konvertering af denne nåleskov til løvskov (højre panel).