

Atmosfærisk deposition

Se hvad du får tilført af næringsstoffer fra luften

Gødskning udgør den vigtigste næringsstofkilde for flere af de mineralske makronæringsstoffer, navnlig kvælstof. Men som for andre afgrøder får juletræer og klippegrønt tilført 'gratis' næringsstoffer fra andre kilder, blandt andet gennem forvitring af jordens mineraler og mineralisering af jordens organiske stof samt fra luften. Men hvor store mængder tilføres der egentlig til træerne fra luften? Det giver denne artikel et svar på.

Af Lars Bo Pedersen¹⁾, Claus Jerram Christensen¹⁾, Morten Ingerslev²⁾ & Simon Skov²⁾

1) Danske Juletræer, 2) Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet

Hvordan måles og overvåges den atmosfæriske deposition

Atmosfærisk deposition er nedfald fra atmosfæren. Den atmosfæriske deposition af næringsstoffer inddeles normalt i en tør og i en våd deposition. Førstnævnte, tørdepositionen, udgør afsætning af gasser og partikler, mens våddepositionen består af afsætningen af næringsstoffer opløst i nedbøren. Det er vanskeligt at måle disse to former adskilt. Derfor nøjes man ofte med at måle stoftilførslen i standardtragte opstillet i to meters højde i naturen fri af påvirkning fra høje træer og lignende. Denne form

for opsamlingsmetode har kun en engelsk betegnelse: "Bulk deposition". I denne type måling indgår næsten hele våddepositionen samt noget af tørdepositionen. En sådan depositionsmåling kan være meget forskellig fra den sande deposition i træbevoksninger, fordi træerne effektivt filtrerer luftens partikler og gasser. Dette gør sig også gældende i juletræer og klippegrønt. Generelt kan man sige, at jo større og jo tættere træerne er, jo større vil tørdepositionen være. Tørdepositionen vil typisk også være meget større i kantskov og bevoksningsrande (Gundersen, 2000). Læhegn giver altså ikke bare læ for vinden på læsiden, men også en slags læ for afsætning af næringsstoffer. På den udsatte side op mod vinden giver vindens turbulens ofte anledning til afsætning af øgede mængder af næringsstoffer.

I Danmark overvåges og beregnes depositionen i forbindelse med luftovervågningen i "Det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen (NOVANA)". Et af hovedresultaterne af

Tabel 1. Deposition af kvælstof (N), nitrat-kvælstof (NO₃-N), ammonium-kvælstof (NH₄-N), fosfor (P), kalium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), natrium (Na), klorid (Cl) og svovl (S) i pyntegrøntbevoksninger (juletræer og klippegrønt) fra 1993 til 2010.

	Periode	nedbør	pH	NO ₃ -N	NH ₄ -N	N	P	K	Ca	Mg	Na	Cl	S
Clausholm	2006-10	686	5,3	9,9	7,2	17,1	1,2	3,1	10,4	2,9	16,1	32,3	7,5
Hastrup Skov	1993-98	630	4,1	6,4	8,8	15,2	0,0	2,4	3,3	1,6	20,2	29,6	8,4
Klelund	2003-06	775	5,0	6,6	8,4	15,0	0,2	1,4	2,2	2,3	17,9	38,3	7,0
Langesø	2000-03	701	5,9	5,9	9,7	15,6	1,2	3,9	7,5	2,4	14,9	27,4	8,2
Næsbyholm	2006-08	801	5,6	5,4	7,6	13,0	1,0	2,4	7,4	8,5	11,6	21,9	5,2
Paludans													
Planteskole	1993-98	630	4,4	9,0	9,7	18,6	2,1	5,7	4,9	2,2	18,0	31,4	10,7
Nystrup klitplantage	2000-04	860	5,0	3,3	3,6	6,8	0,4	2,8	4,7	6,1	49,5	95,6	8,5
Ry Nørskov	1993-98	555	4,8	9,8	9,1	18,9	3,3	7,2	5,5	2,2	14,5	28,9	11,1
Ry	2006-11	729	5,0	10,6	8,2	18,8	1,0	4,8	8,5	3,3	19,8	33,4	7,6
Salten Langsø	1993-98	725	4,1	13,9	26,8	40,7	1,6	5,2	2,2	2,6	19,5	40,6	8,8
Salten Langsø	1999-03	854	4,7	7,2	7,2	14,4	0,3	2,0	3,0	2,8	19,9	42,0	9,0
Vestjylland	2006-08	1146	5,4	6,0	5,6	11,5	0,5	4,1	12,2	8,5	67,6	126,9	11,4
Gennemsnit	-	752	4,9	7,9	9,4	17,3	1,1	3,7	5,7	3,6	23,6	44,8	8,6
Heraf marin	-	-	-	0	0	0	0	0,9	1,0	3,0	25,4	45,7	2,1
Gødskning*)	-	-	-	-	-	90	11,1	41,2	0	4,3	-	-	15,5

*) tilførsel ved gødskning med 90 kg N/ha/år, handelsvaren NPK 21-3-10.



Forsøg (1993-2012) med måling af den atmosfæriske stoftilførsel ("bulk-deposition") til juletræs- og klippegrøntbevoksninger.

den nationale overvågning er en konstatering af, at kvælstofnedfaldet til landområderne er reduceret med omtrent 30 % siden 1989, som følge af et fald i kvælstofudledningen fra både danske og udenlandske kilder. Kvælstofdepositionen til landområder er beregnet til at være omtrent 14 kg N/ha/år i gennemsnit. Den lokale husdyrproduktion har meget stor betydning for nedfaldet af kvælstof. Således har danske kilder størst betydning (over 40 %) i Nord- og Midtjylland, hvor antallet af husdyr er stort og mindst i hovedstaden (cirka 22 %), hvor udenlandske kilder dominerer. I løbet af de sidste 20 år har bedre røgræsning og afsvovlung af brændstof ført til, at også nedfaldet af svovl er faldet ganske betydeligt. I overvågningsprogrammet konstateres det også, at fosfordanfaldet fra luften er ubetydeligt.



Den metrologiske målestation på Ry-lokaliteten (2007) i Agenda-projektet. I baggrunden ses flere målestationer, hvor der indsamles nedbør til efterfølgende måling og beregning af næringsstoftilførsel. Fra forsøg med behovsbestemt gødskning (Nåledrys 78 og 79), flisaske og gyllefibre (Nåledrys 80) samt forsøg med mærket kvælstof.

Måling af deposition i pyntegrøntkulturer

Ofte klinger atmosfærisk deposition negativt, fordi denne er så tæt knyttet til luftforeningen, men med den atmosfæriske deposition får vi også tilført mange vigtige næringsstoffer til både

Ekspertise og tæt samarbejde

Vi garanterer den genetiske og tekniske kvalitet hver gang



JOHANSSENS PLANTESKOLE

Damhusvej 103, 7080 Børkop, Tlf. +45 75 86 62 22, Mobil 40 40 70 48
plj@johanssens-planteskole.dk, www.johanssens-planteskole.dk

SUSÅ PLANTESKOLE

Borupvej 62, 4683 Rønnede, Tlf. +45 56 32 60 52, Mobil 20 14 60 52
jho@susaaplanteskole.dk



Den meteorologiske målestation på Langesø, 2002. Forsøg med delt gødskning. (Christensen & Pedersen 2004).



Den meteorologiske målestation i Nystrup klitplantage, Thy, 2002. Forsøg med organiske gødskninger. (Christensen & Pedersen 2004).

juletræer og klippegrønt. Siden 1993 er den atmosfæriske tilførsel af næringsstoffer blevet målt i juletræer og klippegrønt i skiftende forsøg og bevoksninger.

Typisk er depositionen (bulk deposition) af næringsstofferne kvælstof (N), fosfor (P), svovl (S), calcium (Ca), magnesium (Mg), kalium (K), jern (Fe) og mangan (Mn) målt mellem tre og seks år. De sidste målinger er fra 2012.

Deposition

Selvom forsøgsstationerne ikke er valgt tilfældigt ligger den gennemsnitlige nedbør (tabel 1) kun lidt højere end den danske normal på 712 mm. Dette kunne pege på, at den målte gennemsnitlige deposition (bulk deposition) er tæt på, hvad vi som gennemsnit ser i danske juletræsbevoksninger og klippebevoksninger. Det skal dog fremhæves, at de angivne stoftilførsler i tabel 1 ikke er lig den samlede tilførsel fra atmosfæren. Træer virker som beskrevet som filtre, der filtrerer luftens partikler.

pH

Den gennemsnitlige pH i nedbør i juletræsbevoksninger er tæt på 5,0. Især tidligere målinger trækker gennemsnittet ned. Selv uforurenede nedbør er svagt sur, med en pH tæt på 5,6. Det er luftens indhold af kuldioxid, der bestemmer pH i uforurenede nedbør. Luftforurening med svovl- og kvælstofforbindelser er som regel årsag til, at nedbøren bliver væsentlig mere sur.

Kvælstof

Der er masser af kvælstof i naturen. Luften indeholder cirka 78 % kvælstof, men det meste er biologisk inaktivt, - såkaldt frit kvælstof (N₂). Depositionen af kvælstof opdeles i principielt tre bidrag: 1) Bidrag fra lokale kilder, for eksempel store husdyr-

bedrifter (< 2 km afstand), 2) regionale bidrag, der afspejler områdets husdyrtæthed, samt 3) langdistancebidrag.

Danmark eksporterer ammoniak (NH₃), - cirka seks gange så meget kvælstof, som vi får fra andre lande. Den andel af ammoniakken, der ikke afsættes umiddelbart, bliver omdannet til partikler i luften, som indeholder ammoniak og netop disse partikler afsættes meget langsomt og transporteres over lange afstande. En del af den danske udledning af kvælstof afsættes derfor i lande, som for eksempel Norge og Sverige, mens vi modtager kvælstof fra udlandet, især Holland og Tyskland.

Kvælstoftilførsel til danske juletræs- og klippebevoksninger er på cirka 17 kg N/ha/år, lidt over det opgivne gennemsnit i Danmark, - men især tidlige målinger på forsøglokaliteten på Salten Langesø trækker gennemsnittet meget op. Tilførslen af kvælstof er næsten ligeligt fordelt mellem de to former, nitrat-kvælstof og ammonium-kvælstof. Det er typisk, at den mindste deposition af kvælstof (knap 7 kg N/ha/år) er på skovlokaliteten i Nystrup klitplantage i Thy (tabel 1), til trods for den store nedbør, der falder i denne egn af landet. Pakket ind i granskov tilføres der ikke meget atmosfærisk kvælstof til denne juletræslokalitet. Og der kommer næsten ingen kvælstof fra Vesterhavet, som ikke ligger langt væk fra dette forsøg.

Den største tilførsel af kvælstof forekommer typisk i områder med store dyreenheder. Den største deposition er målt i et af forsøgene på Salten Langesø, ca. 40 kg N/ha/år. Målingerne viser således, at luftbidraget ligger mellem 7 og 45 % af gødningsnormen med et gennemsnit på 17 % set i forhold til N-normen på 90 kg N/ha/år. Kvælstoftilførslen er således ofte af betydelig størrelse. Men modsat gødningstilførslen er depositionen spredt ud over alle årets måneder, også vintermånederne, hvor træerne er i dvale. Det er nu ikke sikkert, at denne vinterdeposition af kvælstof er spildt for træerne, fordi kvælstof kan bindes til jordens mineralske og organiske partikler for senere at frigives.

Til juletræsfældning

**Brug den blå maskine
– skån dit helbred og
bevar dit humør!**

SE HER!

Også god
til skrottræer

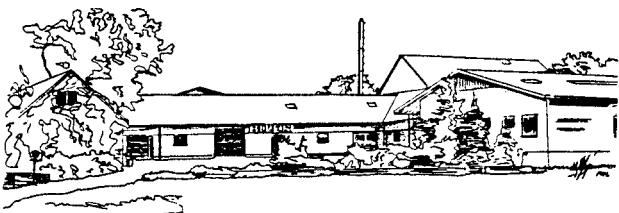


CE-mærket og brugsmodelbeskyttet.

- Sparer dig for at stå på hovedet under arbejdet.
- Sparer dine lunger for en masse udstødningssgas.
- Du kan ikke komme til skade ved fældeprocessen.
- Let at bruge – fælder op til 400 træer i timen ved normalt tempo.
- Klipper træer op til 15 cm Ø afhængig af frostgrader.
- Robust og driftssikker – arbejder ved hydraulik.
- Klipper helt ved jorden – kniven tåler jord og sten. Skal ikke files.
- Med hydraulisk træk på hjulene.
- Kræver ikke besværligt sikkerhedstøj.
- 4-takts Honda motor 5,5 hk – ren udstødning og god lyddæmpning.
- Minimale omkostninger til drift og vedligeholdelse.
- Snild og handy – nem at komme rundt med.
- Glade brugere har i år 2011 fældet ca. 10 millioner træer med vore maskiner.
- Miljøet spares nu årligt for ca. 1 tons savkædeolie pr. høstdag.

Efter fældning af ca. 10.000 træer har du tjent maskinen ind ved sparet arbejds løn og ved at sælge den stub du plejer at lade sidde i jorden – og med dit helbred i god behold!

**Kom og prøv
– eller se vores hjemmeside
www.nordmanniana.dk**



Fremstilling og salg: **JØRGEN JENSEN**
Sønderbyen 1 . 9510 Arden . Tlf. 98 56 12 89 . JJ@nordmanniana.dk

Fosfor

Fosfor i atmosfæren stammer både fra menneskeskabte aktiviteter som forbrænding af kul og afbrænding af halm, samt naturlige kilder, især ophvirvling af jordstøv og biologisk materiale. Tilførslen af fosfor til kulturer med juletræer og klippegrønt fra atmosfæren er målt til i gennemsnit at være cirka 1 kg P/ha/år. Dette er givetvis i overkanten af det reelle. Depositionen af fosfor over land er typisk under 0,01 kg P/ha/år. Differencen skal sandsynligvis finde sin forklaring i kontaminering i opsamlingsstragene fra fugleklatte (som traditionelt indeholder meget fosfor). Der er jo velkendt, at fugle typisk søger til høje steder som top-skuddet på juletræer, men opragende nedbørsmåster i juletræskulturer er også attraktive. Tilførslen af fosfor fra atmosfæren er således ubetydelig set i forhold til tilførslen med gødning, som ligger i omegnen af 8-12 kg P/ha/år. Måske har tilførslen med fugleklatte større betydning. Det er tidligere vist, at fugleklatte i forbindelse med fuglenes fouragering på insekter i skov kan bidrage meget til tilførslen af fosfor til skovbunden (Pedersen 1993).

Kalium, kalcium og magnesium

Atmosfærisk deposition af kalium, kalcium og magnesium stammer især fra saltpartikler fra havet og fra jordstøv. Kun en lille del stammer fra den industrielle produktion. Det er især magnesium, som stammer fra afsætning af saltpartikler (tabel 1). Derfor kan depositionen af magnesium alene fra havet udgøre en anseelig mængde sammenlignet med, hvad der tilføres med gødningen. Det er naturligvis typisk i nærheden af havområder, især Vesterhavet, at depositionen af magnesium er stor. Tæt ved Vesterhavet kan der i gennemsnit tilføres op til 11-12 kg Mg/ha/år. Tilførsel af magnesium i form af for eksempel kieserit, er alligevel ofte nødvendig, især i egne langt fra havet, for eksempel på ringere jordbundstyper i det centrale Jylland, hvor tilførslen fra havet er beskednen, men også på lerede jordbundstyper, hvor balancen mellem kalium og magnesium er forskubbet.

Tilførsel af kalcium med den atmosfæriske deposition er normalt meget beskednen set i forhold til den tilførsel, der sker ved forvitring af jordens mineraler. Dette gælder navnlig på de østdanske morænejorde. På mange udvaskede næringsfattige sandjorde fra forrige istid i Vestjylland er indholdet af kalcium særdeles lavt. Her kan tilførslen af kalcium fra atmosfæren være af stor betydning, selvom den kun ligger på cirka 6 kg/ha/år. I gennemsnit er det kun lidt over 15 % af den samlede deposition, der stammer fra afsætning af havsaltpartikler. Tilførslen fra atmosfæren er forsvindende lille set i forhold til den mængde kalcium, der tilføres ved kalkning.

Ligesom kalcium varierer depositionen af kalium ikke så meget hen over landet, som depositionen af magnesium. Omtrent 25 % af depositionen af kalium stammer fra afsætning af havsalt. Den totale deposition af kalium er typisk meget beskednen i forhold til gødningsbehovet i juletræer. Typisk tilføres der mellem 5 og 15 % af, hvad der tilføres med gødningen.

Svovl

Det vurderes, at depositionen af svovl er faldet med over 70 % siden 1989 (Ellerman m.fl. 2010). Faldet i svovldepositionen har hovedsageligt foregået frem til 2001. Herefter har depositionen været forholdsvis konstant frem til 2007, hvorefter der har været en tendens til en faldende svovldeposition. Faldet følger udviklingstendensen for de europæiske udledninger af

svovl. I 2010 viser depositionsmodellerne, at tilførsel af svovl fra atmosfæren ligger mellem 3,7 og 5,4 kg S/ha/år. Dette er betydeligt lavere end, hvad det opgivne gennemsnitstal på 8,6 kg S/ha/år i tabel 1 viser. Tørdepositionen af svovl kan være betydelig. Således er der under juletræer målt langt større stofstrømme af svovl end over træerne.

Svovl stammer især fra forurening, men også fra havsalte. Depositionen er mere jævnt fordelt over landet end mange andre næringsstoffer, fordi svovl transporteres over meget lange afstande. Set i forhold til tilførsel med gødskningen, kan svovltilførsel fra atmosfæren være ganske betydelig. Alene "bulk-depositionen" i tabel 1 viser, at svovltilførsel fra atmosfæren kan udgøre 75 % af tilførslen med gødningen. Bekæmpelse af galmider med Kumulus svovl (typisk 4 kg S/ha/år) bidrager også betydeligt.

Natrium og klorid

Natrium og klorid stammer næsten udelukkende fra havsalt. Derfor er tilførslen klart relateret til nærheden af havet, især Vesterhavet. De største tilførsler i tabel 1 stammer da også fra forsøget i Thy. Bevoksninger tæt på veje kan også få tilført anseelige mængder natrium og klorid fra vejsalt. Deres betydning som gødningsstoffer er dog enten ikke eksisterende eller minimal. Det er snarere de negative virkninger i form af blandt andet nålesvidninger, der kan påkalde sig interesse (Nåledrys 74).

Konklusion

Tilførslen af næringsstoffer fra atmosfæren kan være et vigtigt næringsstofftilskud i den danske klippegrønt- og juletræsproduktion. Især tilførslen af kvælstof har større betydning, men også tilførslen af magnesium, kalium og til dels kalcium kan have stor betydning lokalt, men man må regne med at tilførslen af fosfor fra atmosfæren normalt har en ringe størrelse. Tilførslen af næringsstoffer fra atmosfæren kan under ingen omstændigheder dække behovet i intensivt drevne juletræs- og klippegrøntkulturer og kan kun betragtes som et supplement.

Litteratur

- Christensen, C. J. & Pedersen, L. B. 2004.** Sekventiel gødskning af nordmannsgranjuletræer. Skov & landskab (KU), Videnblade Pyntegrønt, 5.9-28
- Ellermann, T., Andersen, H.V., Bossi, R., Christensen, J., Løfstrøm, P., Monies, C., Grundahl, L. & Geels, C. 2011:** Atmosfærisk deposition 2010. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. 109s. – Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 2.
- Gundersen, P. (2000):** Luftforurening i bevoksningsrande, Skov & landskab (KU). Videnblade Skov og natur, 8.4-1.
- Pedersen, Lars Bo (1993):** Stofkredsløb i sitkagran, rødgran og bølgebevoksninger i Danmark. Forskningsserien nr. 1. Skov & Landskab. ■



FOX MOTORI RYGSPRØJTER
Batteri drevne - til udbringning af:

- Ukrudts- & insektmidler
- Omrøring i tanken
- Topskudsregulering af juletræer
- Op til 8 timer på en opladning

(Pris fra: 1695,- ex. moms)

K.S. Jeppesen Tlf/Fax: 86 99 55 21 Bil: 40 52 55 21
www.ks-jeppesen.dk