

Notat.

Blåtop på Flyvestation Karup.

Af

Hans Jørgen Degn,

Degn's Naturconsult

Udarbejdet for Forsvarets Bygnings- og Etablisementstjeneste,
Driftsdivisionen,
2009.

Indledning.

Græsarten blåtop har på heder traditionelt været betragtet som tilknyttet fugtige områder. I forskellige danske floraværker er artens voksested angivet som variationer over temaet ”- tørvebund i hedemoser, fugtige heder, -” (Hansen 1981). I en stor undersøgelse af vegetationen på 400 områder i 50 jyske heder i 1970-1971 blev det konkluderet, at ”- *Molinia* seems to prefer wet and strongly acid sites with - - - a thick mor layer with much accumulation of nutrients, -” (Hansen 1976).

Sådan er det ikke længere. På Randbøl Hede er der over et halvt århundrede sket en stigning fra 28 ha i 1954 til 327 ha blåtop-dominerede arealer i 2006 (Degn 1997, Degn 2006a). Den gror nu også på tørre klitter og andre flyvesandsformationer.

Denne tendens ses også på mange andre indlandsheder i Jylland (HJD, pers. obs.). Men den er kun beskrevet for Randbøl Hede, og en generel ekspansion er ikke erkendt af alle fagfolk. Det er derfor vigtigt for de hedearealer på Flyvestation Karup, som er udpeget som en del af EU-habitatområde nr. 227, Hessellund Hede, at få en nærmere analyse af såvel den hidtidige, langsigtede udvikling som en vurdering af den fremtidige.

Dette behov forstærkes markant af, at blåtop på to fronter er en udpræget ”problem-art”:

1. Den fortrænger egentlige hedeplanter, og kun et beskedent dyreliv er knyttet til den. Og er arten først etableret, kan den ikke fjernes med de traditionelt anvendte metoder til hedepleje (afbrænding, afgræsning, afslåning) (Degn 2006 b).
2. En effektiv metode til bekæmpelse af blåtop er dyr. Den koster mindst 35.000 kr pr. ha (Buttenschøn et al. 2005).

Kortlægningen omfatter såvel våde som tørre blåtop-dominerede arealer, men diskussionen fokuserer på den tørre hede. De våde arealer er en anden naturtype, og den er mere stabil.

Den autoriserede danske naturovervågning , NOVANA, kan – hverken aktuelt eller inden for en overskuelig årrække – bidrage til at belyse den langsigtede udvikling. Der er i det pågældende habitatområde kun udlagt en enkelt overvågningsstation. Den er oven i købet ekstensiv, hvilket betyder, at den kun overvåges hvert 6. år, og der er kun foretaget en overvågning i 2008.

Materiale og metode.

Luftfotos.

Til at sikre en præcis kortlægning af blåtop-dominerede arealer er anvendt tolkning af luftfotos. Metoden er tidligere med succes anvendt på Randbøl Hede (Degn 1997, Degn 2006a). Græs-dominerede arealer er helt lyse på luftfotos. På luftfotos af god kvalitet kan blåtop-dominerede arealer adskilles fra arealer, der er dominerede af den anden dominerende græsart bølget bunke.

På ældre sort-hvide luftfotos kan de to græsarter adskilles ved forskellige gråtoner. Bølget bunke fremtræder som grå på luftfotos, somme tider endda ret mørkegrå. Blåtop fremtræder derimod meget lysere, især i rene bestande er den næsten hvid. Men der er naturligvis forskel fra en optagelse til en anden, måske på grund af forskelle i film, filter, fremkaldelse, vejrforhold, el.a. Måske kan også vegetationens tilstand spille ind (tør/våd, nedbrydningsstilstand, o.s.v.).

På nyere farvefotos er bølget bunke grønlig med et gråligt skær, hvilket giver en meget mørk farvetone. Blåtop derimod er meget lysere, og farven er gullig til cremefarvet. Disse farver gælder for situationen i det tidlige forår, hvor flyfotograferinger normalt gennemføres. Om efteråret får blåtoppen en endnu varmere farve med et orange skær.

De ovennævnte kendetegn er kontrolleret i felten ved at sammenligne tolkningen af luftfotos med de faktiske forhold i felten. Metoden svarer fuldstændig til den, der er anvendt i analyserne af Randbøl Hede, hvorfor resultaterne er direkte sammenlignelige.

Der er analyseret luftfotos fra årene 1954, 1983 og 2006. De ældste fra 1954 er fotograferet af det amerikanske luftvåben. Kvaliteten er fremragende: De oprindelige papiraftryk i målestok 1:10.000 var sort-hvide, meget skarpe og havde stor kontrast. Serien fra 1983 er fotograferet af Kort- og Matrikelstyrelsen. De er i målestok ca. 1:25.000, sort-hvide, og blev ligeledes optaget på analog film. De var et led i de tilbagevendende fotograferinger af hele landet hvert 4.-5. år. Ved optagelsen af de nyeste fotos i farver fra 2006 er anvendt en digital teknik, som tillader høj opløsning. Som en illustration kan nævnes, at den aktuelle fil, som dækker i størrelsesordenen 6x6 km, er på 827 MB. Også de to andre årgange af luftfotos er leveret af Kort- og Matrikelstyrelsen i digital form.

Vurderingen af arealerne er primært sket på PC, hvor der let kan skaleres op eller ned. Med en papirudskrift som forlæg er der for hvert enkelt foto fremstillet en kalke over de blåtop-dominerede arealer. For 1954 og 1983 skal flere fotos sættes sammen for at dække undersøgelsesområdet. Da der ofte er forskelle i målestokken fra foto til foto – eller fra kant til kant – er de enkelte kalker derefter rettet til i målestok og overført til et samlet kort.

Arealberegning er sket med Tamaya Planix 500 planimeter. Rigtigt håndteret er præcisionen med denne analoge teknik fuldt på højde med digitale metoder ved hjælp af MapInfo o.l.

Arealerne.

Habitatområde nr. 227, Hessellund Hede, er administrativt fremkommet som en tilføjelse til det ældre habitatområde nr. 40, som er en lang strækning af Karup Å med omgivende eng-arealer. De to områder er kun forbundet ved et langstrakt område på sydsiden af Karup Å. Det udgøres af en utypisk blanding af marker, plantager, små hedearealer, enge o.l. En del af hedearealerne er endda tidligere marker.

Det område, som indgår i denne undersøgelse, udgøres af den del af EU-habitatområdet, som ligger vest for vejen Karup-Aulum (ldv. 467). Grænsen fra Jagerbanen til landevejen følger adgangsvejen til feltskydebanen. Størstedelen af området er dækket af den habitat-naturtype, som hedder 4030, europæiske tørre heder.

Blåtop-dominerede arealer i det pågældende område kan terrænmæssigt opdeles i to forskellige typer natur: Dels de fugtige, lavtliggende, moseagtige arealer, dels blåtop-dominerede arealer i tørre hedearealer. Deres placering i forhold til EU-habitatdirektivets definitioner af naturtyper diskuteres senere (p. 9).

De fugtige arealer findes 2 steder: Donsø Mose (på Fig. 1 markeret med A) og et areal vest og nordvest for Sprængningsområdet (markeret med B).

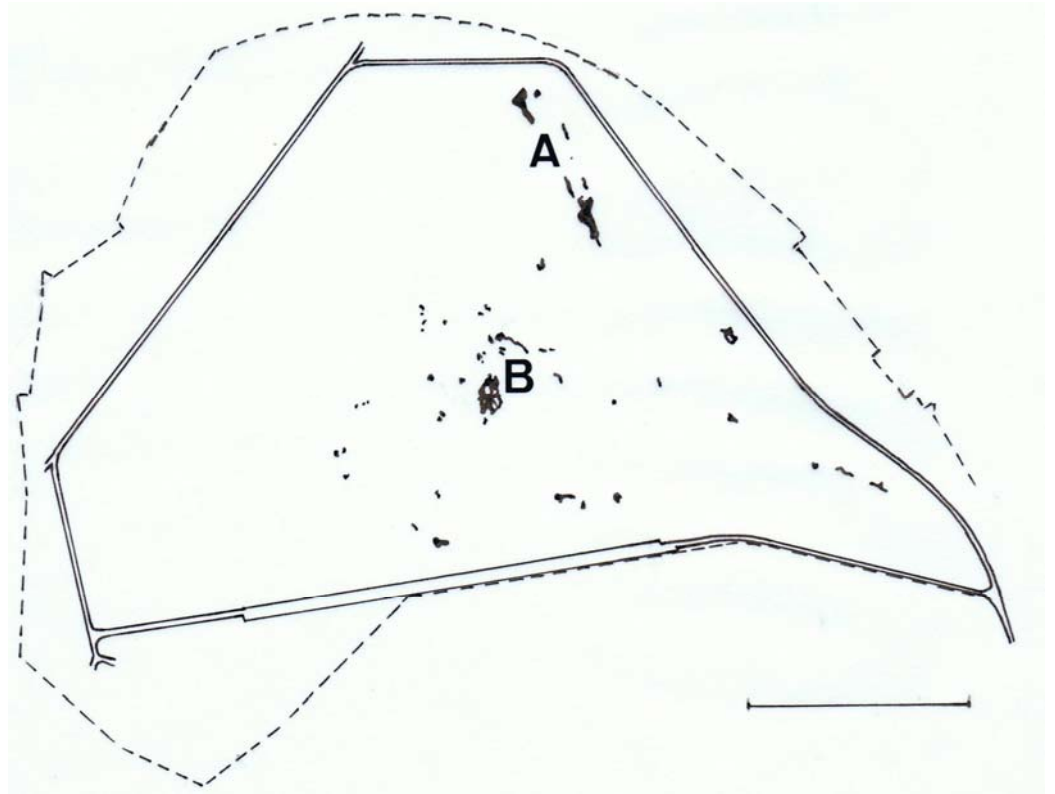
Donsø Mose ligger i bunden af en sidedal til Karup Ådal. Taget i betragtning, at der er tale om et hedeslette-landskab, er det en relativt snæver erosionsdal med stejle sider.

De fugtige arealer ved Sprængningsområdet derimod ligger i en meget bredere sænkning i landskabet uden antydning af skrænter. Da sænkningen endvidere ligger lavere end det egentlige hedeslette-landskab, som falder svagt mod vest fra Karup Ådalens skrænt, skyldes oprindelsen formentlig forekomst af dødis under afsmeltningssfasen (Vagn Jensen, mdtl. medd. 18.11.2009). Fugtighedsforholdene har åbenbart været noget varierende. På de gamle målebordsblade fra 1877 og 1916 er der mosesignatur. På luftfotografierne er der hede i 1954, men flere søer i 1983 og 1995. Og i dag er det åbne vand igen forsvundet.

De tørre hedearealer ligger for det meste på det, som geologisk kaldes Karup Hedeslette, d.v.s. sand og grus aflejret af smeltevand vest for hovedstilsandslinjen, som lå kun omkring 10 km mod øst. Det undersøgte område bærer kun i beskedent omfang præg af sandflugt.

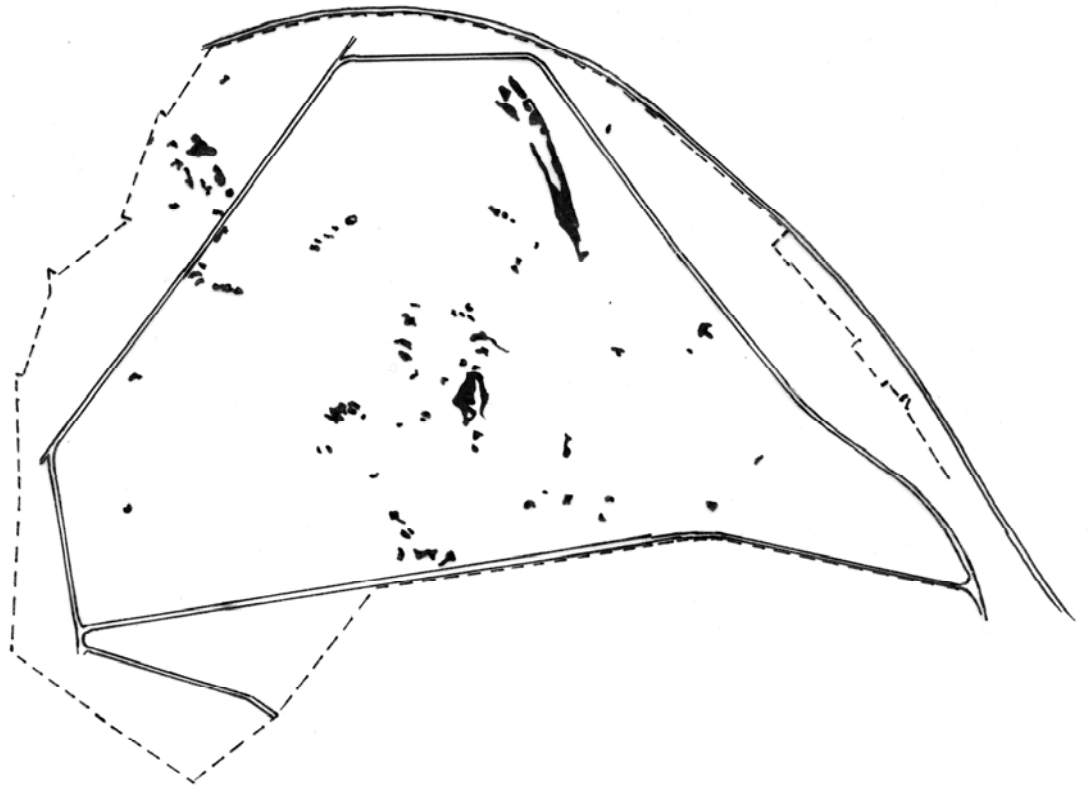
Resultater.

På Figurene 1-3 ses registreringen af blåtop-dominerede arealer på Flyvestation Karups hedearealer i det nævnte undersøgelsesområde, primært nord for Jagerbanen. Registreringerne er foretaget for de 3 tidspunkter 1954, 1983 og 2006.

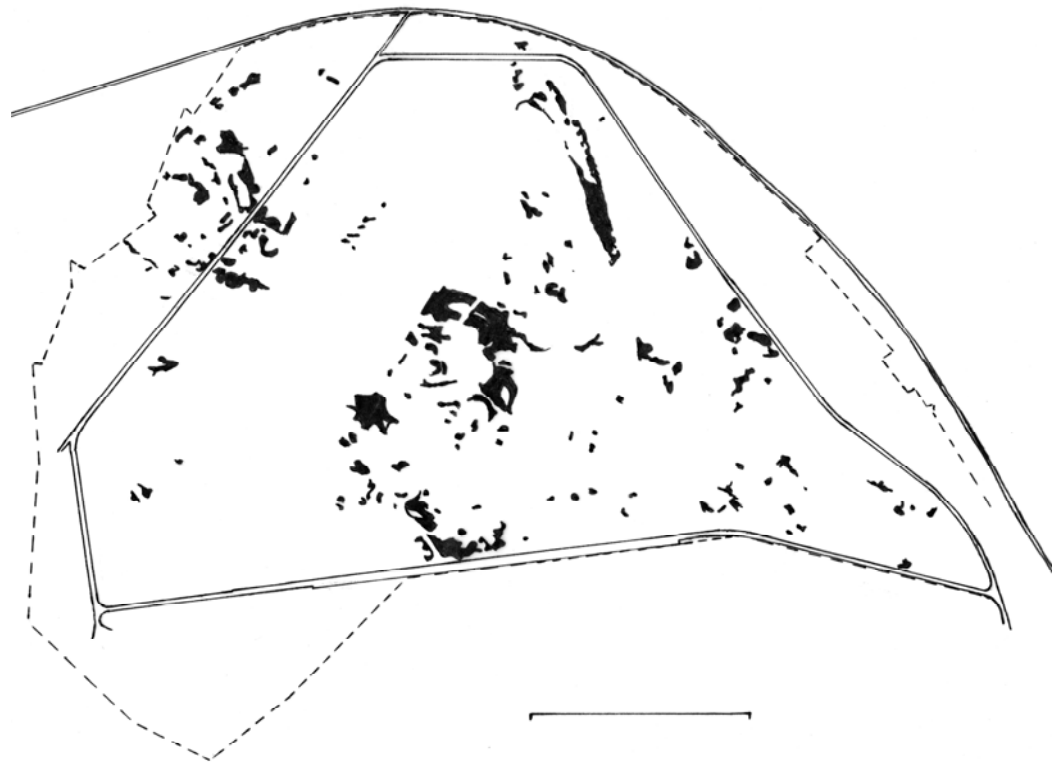


Figur 1. Udbredelsen af blåtop-dominerede arealer på Flyvestation Karups hedearealer i 1954.

Grænsen for Natura-2000 området er angivet med stiptet linje. Målestokken forneden til højre angiver 1 km.



Figur 2. Blåtop-dominerede arealer på Flyvestation Karups hedearealer i 1983.



Figur 3. Blåtop-dominerede arealer på Flyvestation Karups hedearealer i 2006.

Arealet med blåtop i fugtige områder (ved A og B) har været stigende, men der er tale om to forskellige udviklinger. I Donsø Mose har udviklingen været en stigende mætning/udfyldning inden for den skarpt afgrænsede dal. Derimod har de blåtop-dominerede arealer rent geografisk kunnet brede sig ud over tidligere grænser i sænkningen ved Sprængningsfeltet, hvor niveauforskellene ikke på samme måde har været begrænsende.

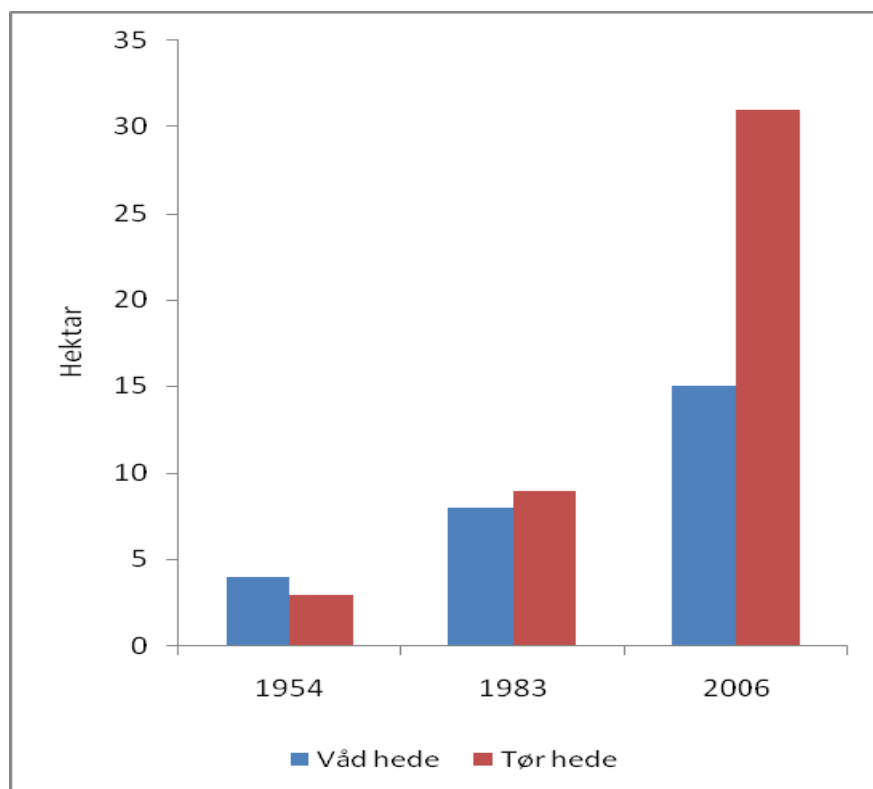
På tørre hedearealer fandtes i 1954 kun få blåtop-dominerede arealer, og de var alle af ganske beskeden udstrækning (Fig. 1). I 1983 er der kommet flere, og nogle af dem er af nogen udstrækning (Fig. 2). Den største ændring er dog sket op til 2006. Blåtoppens spredning er fortsat, og der findes nu flere områder, hvor blåtop-dominerede arealer udgør et væsentligt islæt i landskabet (Fig. 3).

De opmålte arealstørrelser af blåtop-dominerede arealer for de 3 årstal ses i Tabel 1, opdelt på tørre og våde arealer.

	Tør hede	Våd hede
1954	2,9	3,7
1983	9,1	8,1
2006	30,7	14,7

Tabel 1. Antal hektar blåtop-dominerede arealer i 1954, 1983 og 2006, opdelt på tørre og våde arealer.

I Figur 4 er arealstørrelsen i ha af de blåtop-dominerede arealer vist som søjler, fordelt på våd og tør hede. Den omtalte øgning af arealerne træder her tydeligt frem, og det ses også, at øgningen har været langt kraftigere på de tørre hedearealer end på de våde arealer. På de tørre hedearealer er der sket en 10-dobling på et halvt århundrede.



Figur 4. Antallet af hektar blåtop-dominerede arealer i 1954, 1983 og 2006, opdelt på henholdsvis våde og tørre hedearealer.

Stigningens forløb antyder en eksponentiel vækst, men de kun 3 punkter gør, at man må være tilbageholdende med at afgøre, om væksten er linear eller eksponentiel. Konklusionen er dog i begge tilfælde, at man i de kommende år vil se en kraftig vækst i de blåtop-dominerede arealer. Forskellen er groft sagt, om man om 25 år vil have 2 eller 3 gange så stort et areal domineret af blåtop. Hvis man ikke standser denne udvikling, vil det medføre en reduktion for den naturtype på udpegningsgrundlaget, som arealmæssigt er langt den vigtigste: 4030 europæisk tør hede.

Diskussion og konklusion.

Stigningen af våde blåtop-dominerede arealer er mere behersket end for de tørre. Og for Donsø Moses vedkommende er stigningen formentlig forklarlig. På de ældste luftfotos fra 1954 ses der meget tydelige spor af tørvegravning med bl.a. ikke tilgroede jordoverflader. Det har ikke kunnet opspores, hvorvidt der er gravet tørv under 2. verdenskrig, men det ser sådan ud. Øgningen af det blåtop-dominerede areal her kan således sandsynligt blot være en retablering af den vegetation, som er blevet forstyrret ved tørvegravning.

Disse våde, blåtop-dominerede arealer kan efter den danske beskrivelse af naturtyperne i EU-habitatdirektivet karakteriseres som 6410 "tidvis våde enge på mager eller kalkrig bund, ofte med blåtop" (Buchwald & Søgaard 2000). Men de er langt fra så artsrige som angivet i beskrivelsen. Ud af de 14 typiske arter kan næppe findes mere end 3-5 arter.

Det primære formål med denne undersøgelse er at se på blåtoppens forhold på den tørre hede. Den efterfølgende del af diskussionen vil derfor ikke omfatte de våde blåtop-arealer.

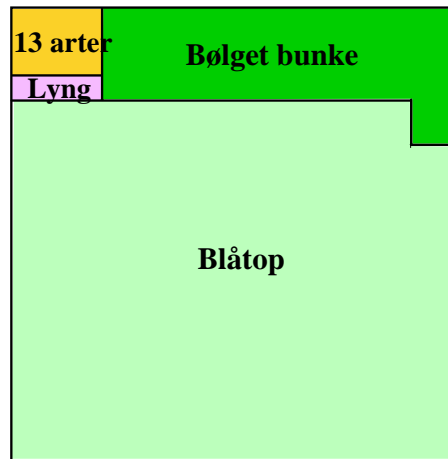
Langt den største interesse knytter sig til de tørre hedearealer, som er domineret af blåtop. Stigningen er ikke uventet. Man kan iagttage den også på mange andre tørre heder. Men den er kun dokumenteret for Randbøl Hede (Degn 1997, 2006a). Den er især bekymrende, fordi vegetationstypen nu kan ses på tørre biotoper, hvor dens forekomst for blot få årtier siden var helt utænkelig.

Ser man på det nyeste luftfoto over EU-habitatområdet, har blåtop nu etableret sig mange steder på hedearealerne. Ud over de arealer, hvor den er dominerende (Fig. 3), findes den i underordnede mængder mange andre steder. Med den hidtidige udvikling, som er beskrevet oven for, må det forventes at arten fremover vil brede sig over yderligere arealer. Med mindre naturligtvis, at der iværksættes en effektiv naturpleje.

Er det hede ?

Mange vil sikkert sige, at tørre blåtop-dominerede arealer ikke længere er hede. Det argument finder megen støtte, hvis man ser på en skematisk præsentation af planternes relative dækningsgrad (Figur 5). I forbindelse

med forsøget med bekæmpelse af blåtop på Randbøl Hede (Buttenschøn et al. 2005) blev der udregnet værdier for planternes dækningsgrad på en ”standard-kvadratmeter” af de 170 blåtop-dominerede (dækningsgrad >50 %) prøvefelter a` 1 m² (Degn 2006a). Som det ses på Figur 5, var der en total dominans af græsserne, især blåtop. Hedelyng og de resterende 13 andre plantearter dækkede tilsammen kun 4 % af overfladen.



Figur 5. Den relative dækningsgrad for hedeplanter på de prøvefelter i blåtop-forsøget på Randbøl Hede (Buttenschøn et al. 2005), der var domineret af blåtop (dækningsgraden >50 %). ”13 arter” omfatter typiske hedeplanter, der oftest kun var til stede i et enkelt eksemplar.

Naturtypen er ikke let at slå op i en nøgle. Meget tyder på at det, som vil sætte standarden for vor opfattelse af naturtyper i de kommende år, er det system af naturtyper som ligger til grund for den terrestriske del af NOVA-NA-programmet til naturovervågning. Opfattelsen af naturtyper i dette program er baseret på CORINE (Anon. 2003). Hvis den tørre hede (4030) udvikler sig til blåtop-vegetation, finder man overhovedet ikke denne naturtype i CORINE.

Også hvis man ser på disse arealer på det landskabelige plan, må der hos mange mennesker forventes en modvilje eller reservation mod at bruge ordet heder for større sammenhængende arealer af den karakter, som er vist på Figur 6.



Figur 6. Et landskab, som over store flader er helt domineret af blåtop.

Arealet af blåtop-dominerede arealer på undersøgelsesområdet på Flyvestation Karup er i 2006 beregnet til i alt 46 ha. Heraf er 31 ha på tør hede. Dette tal dækker ikke al blåtop, men kun de arealer som er defineret som dominerede af denne art, jævnfør afsnittet om metoder og materialer. Blåtop groer også i blanding med andre arter, især bølget bunke.

Hvorfor ekspanderer blåtop ?

Ekspansionen for blåtop-dominerede arealer skyldes, at arten er begyndt at vokse under vækstforhold, hvor den tidligere ikke fandtes. Denne beskrivelse er ikke nogen forklaring, men måske et skridt på vejen til at identificere en forklaring. Når man skal lede efter en årsag til denne ændring, skal man finde en påvirkning, som har været jævnt stigende i det halve århundrede, som kurven over blåtop i Figur 4 viser. En oplagt kandidat er nedfaldet af kvælstof fra atmosfæren. Ellermann (2007) viser for landet som helhed en jævn stigning i depositionen af kvælstof fra ca. 10 kg N omkring 1950 til den maksimale værdi på ca. 20 kg N omkring 1980. Herefter falder depositionen en smule.

En lang række hollandske undersøgelser fra 1980-erne og begyndelsen af 1990-erne peger på, at kvælstofnedfaldet fra atmosfæren er årsag til blåtoppens succes.

En intakt og livskraftig lyngvegetation kan faktisk klare sig i konkurrencen med blåtop selv ved ret højt nedfald af kvælstof, d.v.s. 20-25 kg N pr. ha pr. år (Aerts et al. 1990, Aerts 1993 a).

Men der sker fra tid til anden sammenbrud i lyngvegetationen af forskellige årsager. Det er velkendt, at lyngen i en alder af 25-40 år dør af alderdom (bl.a. Gimingham 1972). Fysiologiske stress-påvirkninger som for eksempel tørke og frost kan også slå lyngen ihjel eller svække den (Caporn et al. 1994, Power et al. 1998, Berdowski 1993, Van der Eerden et al. 1991). Her kommer den øgede deposition af kvælstof både i jord og luft ind i billedet, idet den gør planterne mere følsomme over for sådanne påvirkninger (Berdowski 1993). Endelig kan angreb af lyngens bladbille slå lyngen ihjel (Brunsting & Heil 1985, Heil & Diemont 1983). Også denne bille favoriseres af øget kvælstofnedfald, idet koncentrationen af kvælstof i bladene bliver højere (Bobbink & Heil 1993, Heil & Bruggink 1987). Den bedre kvalitet af føden medfører bedre overlevelse for larverne, og øget vægt og æglægning hos de voksne biller (Brunsting & Heil 1985, Power et al. 1998, Van der Eerden et al. 1991). Angrebene bliver derfor både hyppigere og kraftigere (Brunsting & Heil 1985).

Berendse (1990) og Bobbink et al. (1992) fandt, at det luftbårne kvælstof som blev afsat på heder med hedelyng eller klokkelyng, blev akkumuleret i planter og lyngtørv (morlag). Frigivelsen af kvælstof fra lyngheden lå på et lavt niveau, så længe lyngen var dominerende. Derfor steg mængden af opkoblet organisk stof i forhold til antallet af år efter at morlaget var totalt fjernet ved afskrælning. I den ældste vegetation (alder ca. 50 år) var blåtop blevet dominerende, og frigivelsen af kvælstof var steget voldsomt, fordi humuslaget blev nedbrudt (mineraliseret). Frigivelsen var mere end 100 kg kvælstof pr. ha. pr. år, hvilket overstiger tilførslen fra atmosfæren selv i Holland. I Jylland ligger den årlige tilførsel på 10->20 kg pr. ha pr. år (Eltermann et al. 2009).

Også en dansk undersøgelse viser årsagssammenhængen i relation til mineraliseringen. Nielsen et al. (2000) fra Hjerl Hede viser, at lyngens død p.gr.a. angreb af lyngens bladbille medfører nedbrydning af morlaget, således at der fra gødskede parceller året efter angrebet udvaskes kraftigt forøgede mængder af bl.a. ammoniak og ammonium. Stofferne udvaskes dog ikke ned til undergrunden, men kun til den øverste del af al-laget. Herfra kan det hentes af rødderne fra nye planter. På denne hede findes ikke blåtop, men bølget bunke (HJD obs.), så det er altså ikke blåtoppens invasion, der er årsagen til nedbrydningen. Men hvis blåtoppen havde været til stede, ville den have kunnet profitere af den øgede mængde tilgængeligt kvælstof.

Ingen regel uden undtagelser.

Så forholdsvis simpel som beskrevet ud fra de hollandske resultater er sammenhængen dog næppe altid. I det mindste her i Danmark viser forskellige observationer i felten, at det ikke altid går så galt, som de hollandske undersøgelser synes at vise. Det er ikke altid sådan, at lyngen dør, og blåtoppen bliver dominerende (endnu da). Der er flere konkrete eksempler på, at lyng kan efterfølge lyng.

Sommetider kommer der en ny generation af lyngplanter i gaps mellem gamle lyngplanter, som dør. Det sker især hvor morlaget er tyndt (Riis-Nielsen & Binding 1996). Sommetider regenererer lyngplanter efter fysiologiske stress-påvirkninger, og sommetider overlever de et angreb af blad-biller, også selvom planterne blev helt afløvede. En af de afgørende faktorer for overlevelsen er l yngens alder. Jo yngre lyng, jo højere chance for overlevelse.

Hvis først blåtop har overtaget dominansen, er der ingen vej tilbage – undtagen ved menneskets aktive indgriben. Blåtoppen har flere egenskaber, som gør at den som dominant art kan holde konkurrenter væk. Den producerer mere dødt og levende plantemateriale end konkurrenterne (Aerts 1989, Aerts 1993). Det gør dækket af levende og døde blade i en sammenhængende blåtopdomineret vegetation så tæt, at der intet lys kommer ned til jordoverfladen til frø eller andre plantearter. Den er også bedre til at holde på næringsstofferne, idet den i september – november trækker den største del af plantens kvælstof og fosfor ned i de løgformede, basale stængeldele samt rødderne (Aerts 1989, Aerts 1993, Morton 1977). Den har endvidere den største biomasse af rødder, hvilket gør den mest effektiv til at udnytte øget tilførsel af næringsstof (Aerts 1993 a). Og endelig er der en høj mineralisering af morlaget under blåtop, som øger tilgængeligheden af kvælstof, som igen giver en højere produktion af biomasse, som igen giver en øget mængde af dødt plantemateriale, som igen giver en øget mineralisering (Berendse et al. 1989, Berendse 1990). Alt dette gør den i stand til at fortrænge mindre effektive arter. Der er tale om en positiv feed-back mekanisme, som gør dominansen af blåtop vedvarende.

De oven for beskrevne forhold vedrørende årsagerne til blåtops ekspansion er naturligvis basale forudsætninger, når metoder til eventuel naturpleje af sådanne arealer skal vurderes. Men disse overvejelser – og konsekvenserne heraf – ligger uden for denne rapports rammer.

Litteratur.

Aerts, R., 1989: Aboveground biomass and nutrient dynamics of *Calluna vulgaris* and *Molinia caerulea* in a dry heathland. – *Oikos* 56:31-38.

Aerts, R., 1993: Biomass and nutrient dynamics of dominant plant species from heathland. – I: *Heathlands. Patterns and Processes in a changing Environment* (eds. R. Aerts & G. W. Heil). – *Geobotany* 20:51-84.

Aerts, R., 1993: Competition between dominant plant species in heathland. – I: *Heathlands. Patterns and Processes in a changing Environment* (eds. R. Aerts & G. W. Heil). – *Geobotany* 20:125-152.

Aerts, R., F. Berendse, H. De Caluwe & M. Schmitz, 1990: Competition in heathland along an experimental gradient of nutrient availability. – *Oikos* 57:310-318.

Anon., 2003: CORINE biotopes manual. Habitats of the European Community. Data specifications – Part 2. – EUR 12587/3, 300 s.

Berdowski, J. J. M., 1993: The effect of external stress and disturbance factors on *Calluna*-dominated heathland vegetation. - I: *Heathlands. Patterns and Processes in a changing Environment* (eds. R. Aerts & G. W. Heil). – *Geobotany* 20:85-124.

Berendse, F., 1990: Organic matter accumulation and nitrogen mineralization during secondary succession in heathland ecosystems. – *J. Ecol.* 78:413-427.

Berendse, F., R. Bobbink & G. Rouwenhorst, 1989: A comparative study of nutrient cycling in wet heathland systems. II. Litter decomposition and nutrient mineralization. – *Oecologia* 78:338-348.

Bobbink, R., G. W. Heil & M. Raessen, 1992: Atmospheric deposition and canopy exchange in heathland ecosystems. – *Environmental Pollution* 75:29-37.

Bobbink, R. & G. W. Heil, 1993: Atmospheric deposition of sulphur and nitrogen in heathland ecosystems. – I: *Heathlands. Patterns and Processes in a changing Environment* (eds. R. Aerts & G. W. Heil). – *Geobotany* 20:25-50.

Brunsting, A. M. H. & G. W. Heil, 1985: The role of nutrients in the interaction between a herbivorous beetle and some competing plant species in heathland. – *Oikos* 44:23-26.

Buchwald, E. & S. Sjøgaard, 2000: Danske naturtyper i det europæiske NATURA 2000 netværk. – Miljø- og Energiministeriet, 88 s.

- Buttenschøn, R. M., H. J. Degn & S. Jørgensen, 2005: Forsøg med bekæmpelse af Blåtop på Randbøl Hede. – Arbejdsrapport Skov og Landskab nr. 9-2005:1-64. <http://www.sl.kvl.dk>
- Caporn, S. J. M., M. Risager & J. A. Lee, 1994: Effects of nitrogen supply on frost hardiness in *Calluna vulgaris*. – *New Phytologist* 128:461-468.
- Degn, H. J., 1997: Hedeovervågning 1997. Randbøl Hede. – Arbejdsrapport fra DMU nr. 63, 34 s.
- Degn, H. J., 2006a: Lyng og græs på Randbøl Hede 2005 – de store linier. – Randbøl Skovdistrikt, 12 s.
<http://www.skovognatur.dk/NR/rdonlyres/FE446E28-D4F9-423A-9E80-2A5E5D1ED74C/63761/bltopdvbusk9703.pdf>
- Degn, H. J., 2006b: Forsøg med bekæmpelse af blåtop på Randbøl Hede – status 2006. – Randbøl Skovdistrikt, 21 s.
<http://www.skovognatur.dk/NR/rdonlyres/FE446E28-D4F9-423A-9E80-2A5E5D1ED74C/63757/bltop20069703.pdf>
- Ellermann, T. (red.), 2007: Luftbåren kvælstofforurening. – Viborg, 86 s.
- Ellermann, T., H. V. Andersen, R. Bossi, J. H. Christensen, C. Geels, K. Kemp, P. Løfstrøm, B. B. Mogensen, C. Monies, 2009: Atmosfærisk deposition 2007. – Danmarks Miljøundersøgelser, Faglig Rapport nr. 708, 96 s.
<http://www2.dmu.dk/Pub/FR708.pdf>
- Gimingham, C. H., 1972: Ecology of heathlands. – Chapman & Hall, London, 266 s.
- Hansen, K., 1976: Ecological Studies in Danish Heath Vegetation. – Dansk Bot. Arkiv 31,2:1-118.
- Hansen, K. (red.), 1981: Dansk Feltflora. – Gyldendal, 757 s.
- Heil, G. W. & W. H. Diemont, 1983: Raised nutrient levels change heathland into grassland. – *Vegetatio* 53:113-120.
- Heil, G. W. & M. Bruggink, 1987: Competition for nutrients between *Calluna vulgaris* and *Molinia caerulea*. – *Oecologia* 73:105-108.
- Morton, A. J., 1977: Mineral nutrient pathways in a molinietum in autumn and winter. – *J. Ecol.* 65:993-999.
- Nielsen, K. E., B. Hansen, U. L. Ladekarl & P. Nørnberg, 2000: Effects of N-deposition on ion-trapping by B-horizons of Danish heathlands. – *Plant and Soil* 223:265-276.

Power, S. A., M. R. Ashmore, D. A. Cousins & L. J. Sheppard, 1998: Effects of nitrogen addition on the stress sensitivity of *Calluna vulgaris*. – *New Phytologist* 138:663-673.

Riis-Nielsen, T. & T. Binding, 1996: Heathland succession and management. – I: Hovmand, M. F. (ed.): Mineral cycling and air pollution fluxes in reforested heathland. – Proc. T. Workshop, Ulfborg, NERI.

Van der Eerden, L. J., T. A. Dueck, J. J. M. Berdowski & H. G. & H. F. Van Dobben, 1991: Influence of NH_3 and $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ on heathland vegetation. – *Acta Bot. Neerl.* 40:281-297.