

Opdatering af empirisk baserede tålegrænser

Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 6. september 2018

Jesper L. Bak

Institut for Bioscience

Rekvirent:
Miljøstyrelsen
Antal sider: 11

Faglig kommentering:
Morten Strandberg
Kvalitetssikring, centret:
Jesper R. Fredshavn



AARHUS
UNIVERSITET

DCE - NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Tel.: +45 8715 0000
E-mail: dce@au.dk
<http://dce.au.dk>

Indhold

Indledning	3
Tålegrænser	3
Empirisk baserede tålegrænser	4
Mulig tilpasning af tålegrænseinterval i forhold til variation inden for naturtyper	5
Ændringer vedr. empirisk baserede tålegrænser fra 2005 til 2011	6
Grænseværdier for luftkoncentrationer af ammoniak (critical levels)	7
Opdaterede tålegrænser	7
Referencer	10

Indledning

Miljøstyrelsen har d. 11/04, d.å. bedt DCE om at udføre en opdatering af empirisk baserede tålegrænser for danske naturtyper baseret på de seneste anbefalinger fra UNECE (FN's Økonomiske Kommission for Europa). Det er ønsket, at arbejdet skal indeholde en kort redegørelse for baggrunden for – og anvendelsen af de empirisk baserede tålegrænser og en beskrivelse af de ændringer, der i regi af UNECE er foretaget af tålegrænseintervallerne siden 2004, og at der på baggrund heraf foretages en opdatering af tålegrænseintervallerne for danske naturtyper. Som led i opdateringen har MST endvidere ønsket, at variationen inden for de enkelte naturtyper (dels ift. undernaturtyper, dels ift. varierende naturkvalitet, herunder arealer med dårlig naturkvalitet) om muligt belyses og inddrages. Den seneste opdatering af danske anbefalinger vedr. empirisk baserede tålegrænser er publiceret i 2008¹. som en opdatering af et appendiks til 'ammoniakmanualen' (Skov og Naturstyrelsen, 2003)

Tålegrænser

Tålegrænser har siden starten af firserne været et vigtigt redskab i international miljøregulering og i miljøreguleringen i mange europæiske lande, specielt mhp. at begrænse effekterne af luftforurening på terrestriske økosystemer. Tålegrænser (engelsk: critical load) defineres som "den belastning med et eller flere forurenende stoffer under hvilken væsentlige skadelige effekter på udvalgte følsomme elementer af natur og miljø ikke vil forekomme, vurderet med den nuværende viden" (Nilsson & Grennfelt, 1988). Tålegrænser indeholder et politisk element, idet det skal afgøres, hvad der er en *væsentlig* effekt, og hvilke (udvalgte, følsomme) elementer af natur og miljø, der ønskes beskyttet. Fastsættelsen af grænserne er imidlertid baseret på naturvidenskabelige metoder.

Tålegrænsen (her tålegrænsen for kvælstofdeposition) er en egenskab, der knytter sig til det enkelte naturområde, og vil afhænge både af naturgivne forhold (jord, klima), naturtypen (vegetationsstruktur, dominerende arter), drift og pleje af området samt af målsætningen for området (hvad der ønskes beskyttet). For et skovområde kan der fx være forskel på tålegrænser, der beskytter hhv. træproduktion, artsrigdommen af underskovsvegetationen og de mest følsomme arter, fx laver. Når den samlede kvælstofdeposition ligger under tålegrænsen for et naturområde, forventes der ingen væsentlig negativ effekt på dét, der ønskes beskyttet. Hvis den samlede belastning ligger over tålegrænsen, forventes der en effekt, hvis relative betydning vil afhænge af belastningens størrelse, områdets tilstand, øvrige påvirkninger på området og den tid, tålegrænsen er overskredet. Der kan være væsentlige tidsforsinkelser både mellem depositionsændringer, ændret kvælstofstatus, og de ændringer der følger heraf.

Det videnskabelige arbejde med udvikling af tålegrænser og anbefalinger vedr. brug heraf foregår primært i regi af 'Luftkonventionen' under UNECE (LRTAP-konvention²), der også understøtter EU's luftpolitikker, fx NEC direktivet. Anbefalingerne opdateres løbende og sammenfattes i en såkaldt 'kortlægningsmanual' (Werner og Spranger (red), 2006, <https://icpmap->

¹ <http://naturstyrelsen.dk/publikationer/2008/dec/opdatering-af-ammoniakmanualen/>

² <http://www.unece.org/env/lrtap/welcome.html>

[ping.org/Latest update Mapping Manual](https://www.unep.org/Latest_update Mapping Manual)). Der anvendes i dag på internationalt niveau (udviklet i regi af UNECE) tre sæt af metoder til fastsættelse af tålegrænser for kvælstofdeposition, ofte anvendt i kombination til en samlet risikovurdering (Hettelingh m.fl., 2017). En af de metoder, som UNECE anbefaler, er de såkaldte empirisk baserede tålegrænser, som angiver et tålegrænseinterval for naturtyper. Intervallet er udtryk for en forventet variation i følsomhed inden for naturtypen. Det er de empiriske baserede tålegrænseintervaller, der anvendes administrativt ifm. ammoniakreguleringen herhjemme. For en nærmere gennemgang og præsentation af de to andre metoder, som vedrører metoder til *beregning* af tålegrænser, henvises til Bak (2013, 2014).

Empirisk baserede tålegrænser

Empirisk baserede tålegrænser er baseret på publicerede studier, der kobler atmosfærisk deposition eller kvælstoftilførsel med ændringer i tilstand målt på et spektrum af forskellige indikatorer. For enkelte naturtyper suppleres observationer med beregninger med velvaliderede plantekonkurrencemodeller. Resultaterne fra de anvendelige, publicerede studier er aggregeret som tålegrænseintervaller for EUNIS³ naturtyper, hvor intervallerne dækker variationen i følsomhed baseret på de tilgængelige studier og / eller ekspertvurdering. En opsummering af danske studier med observerede effekter af kvælstofbelastning kan findes i Nielsen m.fl. (2018). For naturtyper, hvor der kan være et spektrum af drift/pleje, der rækker fra nødvendig naturpleje til egentlig landbrugsmæssig drift, dækker studierne og de omfattede naturtyper kun den naturnære ende af spektret og ikke arealer, der fx kan betegnes som kulturgræsland og dermed falder uden for de EUNIS naturtyper, der er indsamlet data for.

Proceduren ved opdatering af de empiriske tålegrænseintervaller i kortlægningsmanualen er normalt, at der udarbejdes en baggrundsrapport, hvor den nyeste viden fra publicerede studier opsummeres, og derefter diskuteres på en åben videnskabelig workshop. Herefter beslutter UNECE's effektgruppe, om anbefalingerne skal indarbejdes i manualen. De seneste større opdateringer har været i 2005 og 2011 (seneste baggrundsrapport: Bobbink m.fl., 2010). En ny opdatering forventes omkring 2021.

Der er pga. det brede spektrum af indikatorer og udgangspunktet i videnskabelige studier ikke indbygget et politisk element i de empirisk baserede tålegrænser ift. hvad der ønskes beskyttet, eller hvad målsætningen for bestemte arter skal være. Der er imidlertid ved udvælgelsen af studier foretaget en vægtning efter væsentligheden af de observerede effekter på indikatorer, der kan relateres til struktur, funktion eller karakteristiske arter. Mængden af empiriske data rækker imidlertid ikke til differentiering af tålegrænser mhp. beskyttelse af enkeltarter. Der har tidligere været anvendt en separat tålegrænse for de mest følsomme artsgrupper (mosser og laver), der har kunnet anvendes, hvor disse ønskes beskyttet på en lokalitet. Disse grænser er nu erstattet af grænseværdier for luftkoncentrationer af ammoniak (se nedenfor). Der er i kortlægningsmanualen givet anvisninger på, hvordan tålegrænsen på en lokalitet kan differentieres efter de naturgivne forhold som jord og klima

³ EU's system til naturtypeklassificering, der anvendes af UNECE og de fleste europæiske lande. En tidlig udgave af systemet dannede udgangspunkt for beskrivelsen af Annex 1 naturtyperne i habitatdirektivet.

(fx vådt - tørt, surt - basisk, N- eller P begrænset). Da studierne dækker naturtypernes europæiske udbredelse kan det imidlertid være vanskeligt at oversætte denne variation til variation inden for typen i Danmark.

Der er i nedenstående givet en kort gennemgang af mulighederne for at differentiere inden for tålegrænseintervallerne og at afgrænse arealer og naturtyper, hvor tålegrænserne kan anvendes.

Mulig tilpasning af tålegrænseinterval i forhold til variation inden for naturtyper

De empirisk baserede tålegrænser har forholdsvis brede og overlappende intervaller for de enkelte naturtyper, der som beskrevet ovenfor ikke er usikkerhedsintervaller, men udtryk for variationen i følsomhed inden for naturtypen. Fastsættelsen af tålegrænseintervaller er som beskrevet foretaget for EUNIS naturtyper, der i dansk sammenhæng oversættes til hhv. § 3 naturtyper og den danske fortolkning af habitat-naturtyperne. Dette indebærer flere udfordringer, både i oversættelsen / afgrænsningen af naturtyperne og ift. hvordan de observerede effekter kan relateres til den beskyttelse, der gives efter hhv. Naturbeskyttelsesloven og Habitatdirektivet.

§ 3 naturtyperne er bredere end de anvendte EUNIS naturtyper og omfatter i nogen udstrækning arealanvendelser (arealer med fortsat lovlig landbrugsdrift), der falder uden for de EUNIS naturtyper, tålegrænseintervallerne dækker. DCE vurderede i 2012, at behandling i form af gødskning og sprøjtning foregår på ca. 26.000 hektar af det totale § 3-areal. For fersk eng op til 20 % af arealet svarende til ca. 20.000 ha. (Strandberg m.fl., 2012). Det gødskede areal blev i gennemsnit tilført 130 kg N ha⁻¹ år⁻¹ og sprøjtet med midler mod ukrudt, skadedyr og sygdomme. Hovedparten af dette areal vurderedes at være biologisk forarmet som følge af den direkte landbrugspåvirkning.

Der er i (Bak, 2003) givet en konceptuel beskrivelse af, hvordan empirisk baserede tålegrænser kan differentieres for arealer beskyttet efter Naturbeskyttelseslovens § 3 med udgangspunkt i områdets tilstand, målsætning og øvrige påvirkninger. Udgangspunktet herfor er, at den vurderede påvirkning (atmosfærisk deposition af kvælstof) i sig selv skal kunne medføre en væsentlig tilstandsændring, hvilket ikke vil være tilfældet, hvor landbrugsdrift er den væsentligste påvirkning eller tilførsler af kvælstof med overfladenært grundvand er den væsentligste kilde til kvælstof. En konkret vurdering kan endvidere inddrage, at de laveste tålegrænser ofte er fastsat pba. effekter på særligt følsomme arter og primært kan anvendes, hvor disse arter kan – og ønskes - beskyttet.

DCE har for Naturstyrelsen tidligere vurderet muligheden for på forhånd at kunne vurdere naturarealers ammoniakfølsomhed på baggrund af undernaturtype eller naturkvalitet. I en faglig redegørelse fra 2015 (Nygård m.fl., 2015), vurderede DCE, at det ikke er muligt at anvende tilstandsvurderingssystemets naturtilstandsklasser eller undertyper af § 3 naturtyperne til at udpege § 3-beskyttede heder, moser og overdrev, der i mindre grad er ammoniakfølsomme. Det vil følgelig være nødvendigt at foretage en konkret vurdering for de enkelte områder.

For habitatnatur indenfor Natura 2000 områderne er problemstillingen en anden. Habitatnaturtyperne svarer ikke én til én til de tilsvarende EUNIS naturtyper, men kan med nogenlunde rimelighed oversættes hertil. Problemet er her, at grundlaget for fastsættelse af de empirisk baserede tålegrænser ikke rækker

til at sige noget om beskyttelsen af enkelt-arter. Hvis følsomme arter skal beskyttes på Natura 2000 områderne kan det derfor være nødvendigt at anvende tålegrænsen for mere følsomme naturtyper, hvor arterne også er typiske, eller at anvende andre metoder til fastsættelse af tålegrænsen (jf ovenstående).

Ændringer vedr. empirisk baserede tålegrænser fra 2005 til 2011

Danmarks Miljøundersøgelser udarbejdede i 2005 i samarbejde med Skov og Naturstyrelsen en oversættelse af de på daværende tidspunkt gældende anbefalinger fra UNECE vedr. empirisk baserede tålegrænser til anbefalede intervaller for de danske § 3 - og habitat-naturtyper. Der er som beskrevet siden foretaget en større opdatering af anbefalinger i 2011. De væsentligste opdateringer, der er relevante for danske naturtyper, og baggrunden herfor er beskrevet i nedenstående baseret på Bobbink m.fl., 2014.

2130, grå klit og grønsværlit, EUNIS B1.4

Pba. nye publicerede studier er både den øvre og lave ende af tålegrænseintervallet sænket. Den nye anbefaling er 8 – 15 kg baseret på observerede ændringer i artssammensætning, kvælstofudvaskning, forsurening, og tab af visse arter af laver.

2190, fugtige klitlavninger, EUNIS B1.8

Den øvre ende af intervallet er sænket efter ekspertvurdering baseret på bl.a. engelske og hollandske drivhus- og felt-eksperimenter og analogi til andre naturtyper. Der er yderligere givet en anbefaling om at anvende den nedre ende af intervallet ved lav- og den høje ende ved høj tilgængelighed af baser (K, Ca, Mg). Den væsentligste indikator for effekter er øget dækning af høje græsser og halvgræsser.

4010, våde dværgbusksamfund med klokkelyng, EUNIS F4.1

Tålegrænsen har tidligere været baseret på beregninger for typen med en plantekonkurrencemodell. Den øvre ende af intervallet er sænket efter ekspertvurdering baseret på overlap i arter og habitat karakteristika med andre typer (F4.11, 4.2), hvor tålegrænserne også er baseret på modelberegning. Den væsentligste indikator for effekter er skift fra dominans af dværgbuske til græsdominans.

6230, artsrige overdrev eller græsheder, EUNIS E1.7

Pba. nye publicerede studier er både den øvre og lave ende af tålegrænseintervallet sænket. Den nye anbefaling er 10 – 15 kg. Der noteres dog et klart behov for flere studier fra flere lande, specielt lav-dosis tilførsler ved lav baggrund. De væsentligste indikatorer for effekter er øget dækning af høje græsser og halvgræsser, tilbagegang for typiske arter, og fald i artsrigdom.

7230, rigkær, EUNIS D / D4.1

Tålegrænsen for D4.1 har været baseret på ekspertvurdering, bl.a. baseret på tilførselsforsøg med forholdsvis høje tilførsler. Den øvre grænse er sænket fra 35 til 30 kg pba. et irsk studie over 5 år, der viste en meget markant effekt på mosser, dog ved en tilførsel på 35 kg. Det opdaterede interval er således også baseret på ekspertvurdering. Tidligere anbefalede danske værdier for 7230 har

været 15-25 kg ud fra en betragtning om, at de danske forekomster ligger tættere på mere følsomme mosetyper. Der er i 2011 opdateringen yderligere givet en anbefaling om at anvende den nedre ende af intervallet for kvælstofbegrænsede områder og den høje ende for områder, der er mere intensivt drevne / plejede eller ikke kvælstofbegrænsede. De væsentligste indikatorer for effekter er øget dækning af høje græsser og halvgræsser og tilbagegang af mosser.

91D0 skovbevoksede tørvemoser, EUNIS G1.8

Den øvre ende af intervallet er sænket pba. nye studier, primært fra Sverige. De væsentligste indikatorer for effekter er reduktion i mycorrhiza⁴, tab af følsomme mosser og laver, samt ændringer i underskovsvegetation.

Grænseværdier for luftkoncentrationer af ammoniak (critical levels)

Ud over de beskrevne opdateringer vedr. empirisk baserede tålegrænser, er der i 2007 sket en opdatering af de af UNECE anbefalede grænseværdier for luftkoncentrationer af ammoniak⁵. Grænserne har tidligere været ret høje, primært som følge af mangel på gode publicerede studier. Som følge heraf har der tidligere været anvendt en separat tålegrænse til beskyttelse af følsomme mosser og laver, der også har været indarbejdet i de danske anbefalinger vedr. anvendelse af de empirisk baserede tålegrænser (se fodnote 1).

De opdaterede anbefalinger fra UNECE vedr. luftkoncentrationer af ammoniak er en grænseværdi på $1 \mu\text{g m}^{-3}$ som årligt gennemsnit for mosser og laver og $3 \mu\text{g m}^{-3}$ som årligt gennemsnit for højere planter ([http://www.rivm.nl/media/documenten/cce/manual/Final new Chapter 3 v3 \(Sept 2017\).pdf](http://www.rivm.nl/media/documenten/cce/manual/Final_new_Chapter_3_v3_(Sept_2017).pdf)).

Anbefalingerne vedr. tålegrænser for mosser og laver erstattes i den her foretagne opdatering af empirisk baserede tålegrænser med en anbefaling om at anvende de opdaterede grænseværdier for luftkoncentrationer (critical limits), hvor det er relevant.

Opdaterede tålegrænser

Tabel 1 sammenfatter de opdaterede empirisk baserede tålegrænser oversat til danske habitatnaturtyper og tabel 2 de opdaterede anbefalinger overført til de danske § 3 naturtyper.

⁴ Betegner symbiosen mellem en svamp og en karplantes rødder.

⁵ https://icpmapping.org/Latest_update_Mapping_Manual

Tabel 1. Empirisk baserede tålegrænser oversat fra EUNIS naturtyper til danske habitatnaturtyper. Tabellen viser tidligere nationale anbefalinger baseret på de dagældende anbefalinger fra UNECE (2005) og foreslåede ændringer baseret på de seneste opdaterede anbefalinger (UNECE, 2011). * angiver prioriterede typer for Danmark iht. Habitatdirektivet. De empirisk baserede tålegrænser beskytter ikke nødvendigvis alle typiske arter for habitatnaturtyperne

Ann. I nr		Tålegrænse	
		2005	2011
1.	Naturtyper i kystegne og Naturtyper med saltpåvirket (halofytisk) vegetation		
11.	Havvand og tidevandsafhængige naturtyper		
1110	Sandbanker med lavvandet vedvarende dække af havvand	1	
1130	Flodmundinger	30-40	
1140	Mudder- og sandflader blottet ved ebbe	1	
1150	* Kystlaguner og strandsøer	30-40	
1160	Større lavvandede bugter og vige	30-40	
1170	Rev	1	
1180	Boblerev	1	
12.	Havklinter og stenede strande		
1210	Enårig vegetation på stenede strandvolde	1	
1220	Flerårig vegetation på stenede strande	1	
1230	Klinter eller klipper ved kysten	15-25	
13.	Atlantiske og kontinentale strandenge og marskområder		
1310	Vegetation af kveller eller andre enårige strandplanter, der koloniserer mudder og sand	30-40	
1320	Vadegræssamfund	30-40	
1330	Strandenge	30-40	
1340	* Indlands saltenge	30-40	
2.	Kyst- og indlandsklitter		
21.	Kystklitter langs Atlanterhavs-, Nordsø- og Østersøkysterne		
2110	Forstrand og begyndende klitdannelse	10-20 ²	
2120	Hvide klitter og vandremiler	10-20 ²	
2130	* Stabile kystklitter med urteagtig vegetation (grå klit og grønsværklit)	10-20 ²	8-15 ²
2140	* Kystklitter med dværgbuskvegetation (klithede)	10-20 ²	
2160	Kystklitter med havtorn	10-20 ²	
2170	Kystklitter med gråris	10-20 ²	
2180	Kystklitter med selvsåede bestande af hjemmehørende træarter	10-20 ²	
2190	Fugtige klitlavninger	10-25 ⁴	10-20 ⁴
22.	Kystklitter langs Middelhavskysterne		
2250	* Kystklitter med enebær	10-20 ²	
23.	Indlandsklitter, som er gamle og kalkfattige		
2310	Indlandsklitter med lyng og visse	10-20 ²	
2320	Indlandsklitter med lyng og revling	10-20 ²	
2330	Indlandsklitter med åbne græsarealer med sandskæg og hvene	10-20 ²	
3.	Ferskvandsnaturtyper		
31.	Søer og vandhuller		
3110	Kalk- og næringsfattige søer og vandhuller (lobeliesøer)	5-10	
3130	Ret næringsfattige søer og vandhuller med små amfibiske planter ved bredden	5-10	
3140	Kalkrige søer og vandhuller med kransnålalger	5-10	
3150	Næringsrige søer og vandhuller med flydeplanter eller store vandaks	10	
3160	Brunvandede søer og vandhuller	5-10	
32.	Vandløb - vandløbsstrækninger med naturlig eller delvis naturlig dynamik (små, mellemstore og store flodsenge), hvor vandkvaliteten ikke udviser betydelige forringelser		
3260	Vandløb med vandplanter	1	
3270	Vandløb med tidvis blottet mudder med enårige planter	1	
40.	Tempererede heder og krat		
4010	Våde dværgbusksamfund med klokkelyng	10-25	10-20
4030	Tørre dværgbusksamfund (heder)	10-20	
5.	Sclerofylkrat (Matorrals)		

51. Submediterrane og tempererede krat		
5130	Enekrat på heder, overdrev eller skrænter	15-25 ⁵
6.	Naturlig og delvis naturlig græsvegetation	
61. Naturlig græsvegetation		
6120	* Meget tør overdrevs- eller skræntvegetation på kalkholdigt sand	15-25
62. Delvis naturlig tør græs- og krat- vegetation		
6210	Overdrev og krat på mere eller mindre kalkholdig bund (* vigtige orkidélokalteter)	15-25
6230	* Artsrige overdrev eller græsheder på mere eller mindre sur bund	10-20 10-15
64. Delvis naturlige fugtige enge med høj urtevegetation		
6410	Tidvis våde enge på mager eller kalkrig bund, ofte med blåtop	15-25
6430	Bræmmer med høje urter langs vandløb eller skyggende skovbryn	¹
7.	Høj- og lavmoser	
71. Sure moser med tørvemoser		
7110	* Aktive højmoser	5-10
7120	Nedbrudte højmoser med mulighed for naturlig gendannelse	5-10
7140	Hængesæk og andre kærsamfund dannet flydende i vand	10-15 ^{3,6}
7150	Plantesamfund med næbfrø, soldug eller ulvefod på vådt sand eller blottet tørv	10-15 ^{3,6}
72. Kalkrige lavmoser		
7210	* Kalkrige moser og sumpe med hvas avneknippe	15-25
7220	* Kilder og væld med kalkholdigt (hårdt) vand	15-25 ⁷
7230	Rigkær	15-25 ³ 15-30 ^{3,11}
8.	Klipper og huler	
82. Vegetation i sprækker på klippe- skråninger		
8220	Indlandsklipper af kalkfattige bjergarter	10-15 ⁸
8230	Indlandsklipper af kalkfattige bjergarter med pionerplantesamfund	10-15 ⁸
83.	Andre naturtyper i klipper	
8330	Havgrotter, der står helt eller delvis under vand	¹
9.	Skove: (Delvis) naturlig skovvegetation med hjemmehørende arter, som danner højskov, med typisk underskov, og som opfylder følgende kriterier: Sjældnen eller oprindelig og/eller med arter af fællesskabsbetydning	
91. Skove i det tempererede Europa		
9110	Bøgeskove på morbund uden kristtorn	10-20 ^{2,9}
9120	Bøgeskove på morbund med kristtorn	10-20 ^{2,9}
9130	Bøgeskove på muldbund	10-20 ^{2,9}
9150	Bøgeskove på kalkbund	10-20 ^{2,9}
9160	Egeskove og blandskove på mere eller mindre rig jordbund	10-20 ^{2,9}
9170	Vinteregeskove i østlige (subkontinentale) egne	10-20 ^{2,9}
9190	Stilkegeskove og -krat på mager sur bund	10-20 ^{2,9}
91D0	* Skovbevoksede tørvemoser	10-20 ^{2,9} 10-15 ^{2,9}
91E0	* Elle- og askeskove ved vandløb, søer og væld	10-20 ^{2,9}

¹ Tålegrænsen for atmosfærisk belastning er ikke relevant, idet naturtyperne er naturligt kvælstofrige, ufølsomme for atmosfærisk tilførsel, eller forventes at modtage det største bidrag fra andre kilder, fx grundvand eller overfladenær afstrømning.

² Hvor der er en væsentlig forekomst af følsomme laver på lokaliteten, der ønskes beskyttet, kan en koncentrationsgrænse på $1 \mu\text{g m}^{-3}$ som årligt gennemsnit anvendes.

³ Tålegrænsen for højmoser ($5 - 10 \text{ kg N ha}^{-1}\text{år}^{-1}$) kan anvendes hvis en væsentlig forekomst af følsomme højmoserarter på lokaliteten ønskes beskyttet.

⁴ Tålegrænsen for Oligotrofe søer ($5 - 10 \text{ kg N ha}^{-1}\text{år}^{-1}$) benyttes for småsøer i klitlavninger.

⁵ Tålegrænsen for heder ($10 - 20 \text{ kg N ha}^{-1}\text{år}^{-1}$) anvendes, hvis dværgbuske (lyng mv.) er hyppige.

⁶ Naturtypen er en delmængde af den bredere naturtype fattigkær, der har tålegrænse i intervallet $10 - 20 \text{ kg N ha}^{-1}\text{år}^{-1}$

⁷ Naturtypen omfatter også Palludellavæld, der forventes at have tålegrænser i den lave ende af intervallet.

⁸ Baseret på tålegrænsen for laver.

⁹ Massebalancebaserede tålegrænser, der beskytter den langsigtede stabilitet kan være væsentligt lavere, ned til $7 \text{ kg N ha}^{-1}\text{år}^{-1}$. Eksempler på beregning kan findes i Skov og Naturstyrelsen (2003)

¹⁰ Mange søer og vandhuller er eutrofieret som følge af næringstilførsel fra andre kilder. For de rene, ikke eutrofierede søer af type 3150 kan tålegrænsen for de øvrige søtyper på $5-10 \text{ kg N ha}^{-1}\text{år}^{-1}$ bruges, hvis søen er kvælstofbegrænset.

¹¹ Den høje ende af intervallet er næppe anvendelig for danske forekomster.

Tabel 2. Empirisk baserede tålegrænser for naturbeskyttelseslovens terrestriske naturtyper samt for klit, løv- og nåleskov baseret på de seneste anbefalinger fra UNECE, 2011.

Naturtype	Tålegrænse	Differentiering
Overdrev	10-25	¹ sure overdrev 10-15, kalkholdige overdrev 15-25
Klit	8-20	grå klit og grønsværklit 8-15, øvrig klit 10-20
Hede	10-20	der kan være klit kortlagt som § 3 hede
Fersk eng	15-25	^{1,2}
Strandeng	30-40	^{1,2}
Mose (og kær)	5-30	højmoser 5-10, hængesæk, tørvelavninger 10-15, fattigkær og hedemoser 10-20, kalkrige moser og væld, rigkær 15-30
Løvskov	10-20	Skovbevoksede tørvemoser 10-15
Nåleskov	10-20	

¹ Bør ikke anvendes for arealer med kulturgræsland / hvor den væsentligste påvirkning er en hidtil lovlig landbrugsmæssig. Dette vil primært gælde engarealer og bør ses over en længere tidsperiode. Intervallet dækker således som udgangspunkt 'naturenge'. Se også note 2.

² Den atmosfæriske afsætning skal ses i sammenhæng med andre tilførsler, fx med overfladenær afstrømning.

Referencer

Bak, J., 2013, Tålegrænser for dansk natur, opdateret landsdækkende kortlægning af tålegrænser for dansk natur og overskridelser heraf, Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 96pp, Technical Report from DCE No. 69. <http://dce2.au.dk/pub/SR69.pdf>.

Bak, J. 2014, Critical Loads for Nitrogen Based on Criteria for Biodiversity Conservation, *Water Air Soil Pollut* (2014) 225: 2180. <https://doi.org/10.1007/s11270-014-2180-x>

Bak, J., 2003, Manual vedr. vurdering af de lokale miljøeffekter som følge af luftbårent kvælstof ved udvidelse og etablering af større husdyrbrug, Miljøministeriet, Skov og Naturstyrelsen, 2003.

Bak, J, Damgård, C.F. og Nielsen, K.E., 2018, Mulig metode til beregning af arealspecifikke tålegrænser for kategori 3 natur, Teknisk rapport fra DCE, in press.

Bobbink R., Braun S., Nordin A., Power S., Schütz K., Strengbom J., Weijters M., Tomassen H. 2010. Review and revision of empirical critical loads and dose-response relationships Proceedings of an expert workshop, Noordwijkerhout, 23-25 June 2010.

Grennfelt, P. and Thönelöf, E. (eds.): 1992. Critical loads for nitrogen. Nord (Miljørapport) 41, 428 pp.

Hettelingh J-P, Posch M, Slootweg J (eds.) (2017) European critical loads: database, biodiversity and ecosystems at risk, CCE Final Report 2017, Coordination Centre for Effects, RIVM Report 2017-0155, Bilthoven, Netherlands.

Nielsen, K.E., Damgård, C.F. & Bak, J., 2018, Kvælstofeffekter på terrestrisk natur – danske og udenlandske studier, Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, in press.

Nilsson, J. & Grennfelt, P. (Eds) (1988) Critical loads for sulphur and nitrogen. UNECE/Nordic Council workshop report, Skokloster, Sweden. March 1988. Nordic Council of Ministers: Copenhagen.

Nygård, B., Bak, J. og Ejrnæs, R., 2015, Vurdering af ammoniakfølsom natur i relation til husdyrregulering, Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 21. september 2015.

Skov og Naturstyrelsen, 2003, Manual vedr. vurdering af de lokale miljøeffekter som følge af luftbåret kvælstof ved udvidelse og etablering af større husdyrbrug.

Strandberg, M., Bak, J., Bladt, J., Bruus, M., Grant, R., Nielsen, KE., Nygaard, B & Strandberg, B., 2012, Vurdering af omfang og konsekvenser af sprøjtning og gødskning af § 3-beskyttede naturarealer, Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 13. december 2012.

Werner B., Spranger T. (red.). 2006. Manual on methodologies and criteria for mapping critical levels/loads and geographical areas where they are exceeded. UN ECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution.