



LOKAL DEPOSITION AF AMMONIAK BEREGNET MED OML

En simplificering af metode fra OML-DEP

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 380

2020



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

[Tom side]

LOKAL DEPOSITION AF AMMONIAK BEREGNET MED OML

En simplificering af metode fra OML-DEP

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 380

2020

Per Løfstrøm

Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer:	Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 380
Kategori:	Rådgivningsrapporter
Titel:	Lokalskala deposition af ammoniak beregnet med OML
Undertitel:	En simplificering af metode fra OML-DEP
Forfatter:	Per Løfstrøm
Institution:	Aarhus Universitet, DCE – Institut for Miljøvidenskab
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	http://dce.au.dk
Udgivelsesår:	August 2020
Redaktion afsluttet:	August 2020
Faglig kommentering:	Lise Marie Frohn
Kvalitetssikring, DCE:	Vibeke Vestergaard Nielsen
Finansiel støtte:	Miljø og Fødevareministeriet http://dce2.au.dk/pub/komm/SR380_komm.pdf
Bedes citeret:	Løfstrøm, P. 2020. Lokal deposition af ammoniak beregnet med OML. En simplificering af metode fra OML-DEP. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 27 s. – Videnskabelig rapport nr. 380 https://dce2.au.dk/pub/SR380.pdf Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Den atmosfæriske spredningsmodel OML er udviklet til beregning af lokal deposition af ammoniak fra stalde i relation til miljøgodkendelse af husdyrbrug. Udviklingen er baseret på en simplificering af metoderne i den fulde model OML-DEP, som ligger til grund for IT-systemet i husdyrgodkendelser.dk. Den ny model OML-Multi 7.0 estimerer også den lokale baggrundsdeposition af kvælstof på basis af beregninger udført i NOVANA.
Emneord:	Ammoniak, deposition, OML, OML-DEP, husdyrbrug, Husdyrgodkendelser.dk, It-system
Layout:	Majbritt Ulrich
Foto forside:	ColourBox
ISBN:	978-87-7156-496-9
ISSN (elektronisk):	2244-9981
Sideantal:	27
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som https://dce2.au.dk/pub/SR380.pdf

Indhold

Forord	5
Sammenfatning	6
1 Indledning	7
2 Metode for modelkonstruktion	8
2.1 Koncentrationer	8
2.2 Depositioner	11
3 Meteorologi	13
4 Forskelle i deposition mellem IT-systemet og OML 7.0	16
5 Baggrundsdeposition af N til naturpunkt	18
6 Forbedringer, begrænsninger og udviklingsmuligheder	20
6.1 Forbedringer	20
6.2 Begrænsninger i OML	20
6.3 Udviklingsmuligheder	21
7 Brugerens anvendelse af OML 7.0 i relation til NH₃-deposition	22
8 Referencer	27

Forord

Miljø og Fødevareministeriet (MFVM) har bedt DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet (AU) om at udvikle den atmosfæriske spredningsmodel OML til beregning af lokal deposition af kvælstof fra ammoniak fra stalde i relation til individuel miljøgodkendelse af husdyrbrug. Udviklingen er baseret på en simplificering af metoderne i den fulde model OML-DEP, som ligger til grund for IT-systemet i husdyrgodkendelser.dk og anvendes i NOVANA. Udviklingen sker med henblik på, at modellen kan anvendes som supplement til IT-systemet, såfremt dette implementeres i husdyrgodkendelsesbekendtgørelsen. Opgaven er udført af Institut for Miljøvidenskab (ENVS).

Sammenfatning

Rapporten dokumenterer tilpasningen af den atmosfæriske spredningsmodel OML-Multi (i det følgende også kaldt OML) til beregning af lokal deposition af kvælstof fra ammoniak fra stalde i relation til individuel miljøgodkendelse af husdyrbrug. Udviklingen er baseret på en simplificering af metoderne i den fulde model OML-DEP, som ligger til grund for IT-systemet i husdyrgodkendelser.dk og anvendes i overvågningen i NOVANA.

Ved reguleringen af ammoniak ses på bidraget til tre kategorier af natur: 1, 2 og 3, hvor der enten ses på totaldeposition fra planlagt drift eller på merdepositionen (planlagt drift minus nudrift). For Kategori 1 tages også hensyn til kumulation. For Kategori 3 vurderes desuden baggrundsbidrag, det vil sige naturområdets samlede N-deposition ved nudrift.

I den ny model OML-Multi 7.0 anvendes i lighed med i IT-systemet de samme typer af oplande og naturtyper. Modellen tillader kun beregninger for afkast med højde op til 15 m og i afstande ud til 4 km.

Ved udviklingen af modellen er der først foretaget sammenligninger af ammoniakkoncentrationer i omgivelserne fra en punktkilde beregnet dels med OML-DEP og dels med OML (uden deposition). OML vil beregne højere koncentrationer end OML-DEP på grund af den manglende deposition i OML. Derefter er udviklet en algoritme, som korrigerer OML's koncentrationer for denne forskel. Algoritmen er en funktion af oplandstyper, kildehøjde og afstand.

Herefter er OML-DEP's algoritmer for beregning af depositionen indført i OML. Herved vil OML og OML-DEP beregne de samme depositioner af ammoniak fra en punktkilde, når koncentrationerne i luften er ens, og når der for samme naturtype anvendes samme meteorologi og baggrundskoncentrationer af ammoniak (NH_3) og svovldioxid (SO_2).

For at opnå en rimelig sikker beskrivelse af depositionen i forskellige retninger og afstande anvender modellen 10 års meteorologiske tidsserier for 10 forskellige regioner i Danmark. Data er beregnet med vejrmodellen WRF for årene 2008-17. Sammen med data følger også tilhørende tidsserier for baggrundskoncentrationer for ammoniak og svovldioxid (beregnet med kemi-transport modellen DEHM i NOVANA) samt relative emissionsfaktorer, som afhænger af udetemperaturen. IT-systemet i husdyrgodkendelser.dk er baseret på data fra den ældre vejrmodel MM5 for år 2005.

Ved vurdering af N-deposition til Kategori 3-natur indgår baggrundsdepositionen, som skal inkludere ansøgers kilder i nudrift. Størrelsen af baggrundsdepositionen til forskellige naturtyper estimeres på grundlag af eksisterende data for 2017 fra NOVANA-kortlægningen (*Ellermann et al., 2019*), som foreligger i et 400 m-net for Danmark. Baggrundsdepositionen bliver korrigeret for dobbelttælling af ansøgers kilder i nudrift.

Til sidst gives en kort vejledning i anvendelsen af skærmmenuerne i den nye OML-Multi 7.0.

1 Indledning

OML er en atmosfærisk lokalskala spredningsmodel (Olesen et al., 2007), som anvendes i forbindelse med regulering af lugt fra stalde for husdyrbrug enten via IT-systemet i husdyrgodkendelser.dk (MFVM) eller direkte af brugeren ved konkrete beregninger på PC. Modellen anvendes også i forbindelse med Miljøstyrelsens Luftvejledning for begrænsning af luftforurening fra virksomheder, herunder lugtgener.

OML har for nuværende (OML-Multi 6.2) kun en meget simpel og konservativ metode til estimering af deposition i relation til VVM.

Til individuel regulering af ammoniakdepositionen (afsætningen til omgivelserne) fra stalde med husdyrproduktion anvender IT-systemet tabelfdata baseret på beregninger med OML-DEP modellen. Selve OML-DEP modellen er meget kompleks og ufleksibel og kan kun anvendes af kyndige i ENVIS i forbindelse med fx NOVANA-beregninger. I forhold til OML kræver OML-DEP input af tidsserier af timemiddelværdier af baggrundskoncentrationen af ammoniak (NH_3) og svovldioxid (SO_2). Data er beregnet med ENVIS' regionale langtransportmodel DEHM. Derudover kræves ekstra meteorologiske parametre for fugtighed og skydække. OML-DEP kan derfor ikke anvendes til operationel regulering.

I reguleringen af ammoniak ses på bidraget til tre kategorier af natur: 1, 2 og 3, hvor der enten ses på totaldeposition fra planlagt drift eller på merdeposition (planlagt drift minus nudrift). For Kategori 1 tages også bidrag fra relevante nabostalder i betragtning (kumulation). For Kategori 3 vurderes også naturområdets samlede N-deposition i nudrift inklusive baggrundsbidrag, dvs. bidrag fra alle andre N-kilder, hvilket udover NH_3 også er kvælstofoxider og N-holdige partikler fra langtransport.

Rapporten beskriver, hvordan de centrale dele af OML-DEP overføres til OML i en lidt simplificeret form, således at den nye OML-version (OML-Multi 7.0) kan beregne lokal deposition af ammoniak. Analyser af vindretningens årlige og regionale variationer analyseres med henblik på fastlæggelse af stabile meteorologiske data til depositions-beregninger. I den nye OML anvendes baggrundsbelastningen med N bestemt ved de danske landsdækkende NOVANA-beregninger af depositionen til forskellige naturtyper. Der korrigeres for dobbelttælling i forhold til nudrift. I lighed med i IT-systemet håndteres følgende oplande (område mellem kilde og natur): Skov, landbrug og ringe vegetation (*Fyns Amt 2006*) med tilføjelse af natur bestående af en blanding af skov og landbrug (kaldet middel krat). Naturtyperne er skov, middel krat, blandet natur og vand. Der er i metoden for udviklingen af modellen en begrænsning på hvor højt et afkast, der kan beregnes for. De højeste tilladte skorstene/afkast er 15 m. Den beregnede deposition/afsætning er gyldig for begyndelsen af naturområdet for afstande ud til 4 km.

2 Metode for modelkonstruktion

Udviklingen af OML til beregning af deposition af ammoniak, er foretaget med udgangspunkt i tilsvarende beregninger med OML-DEP, som ligger bag IT-systemet og er beskrevet i to notater (Geels et al., 2006; Løfstrøm, 2010).

Overordnet er der først foretaget sammenligninger af ammoniakkoncentrationer i omgivelserne af en punktkilde beregnet dels med OML-DEP og dels med OML (uden deposition). Beregningerne er foretaget for forskellige oplande og to kildehøjder. OML vil beregne højere koncentrationer end OML-DEP på grund af den manglende deposition i OML. Derefter er udviklet en parametrisering (konstrueret en algoritme), som korrigerer OML's koncentrationer for denne forskel. Algoritmen er en funktion af oplandstype, kildehøjde og afstand.

I OML-DEP er der en række algoritmer, som beregner depositionen ud fra luftkoncentrationen af ammoniak og andre parametre. Algoritmerne er bygget uændret ind i OML. Herved vil OML og OML-DEP beregne de samme depositioner af ammoniak fra punktkilden, når koncentrationerne i luften er ens, og når der for samme naturtype anvendes samme meteorologi og baggrundskoncentrationer af ammoniak (NH_3) og svovldioxid (SO_2).

Nu følger først en dokumentation af parametriseringen og dernæst en validering af depositionsregningerne med OML.

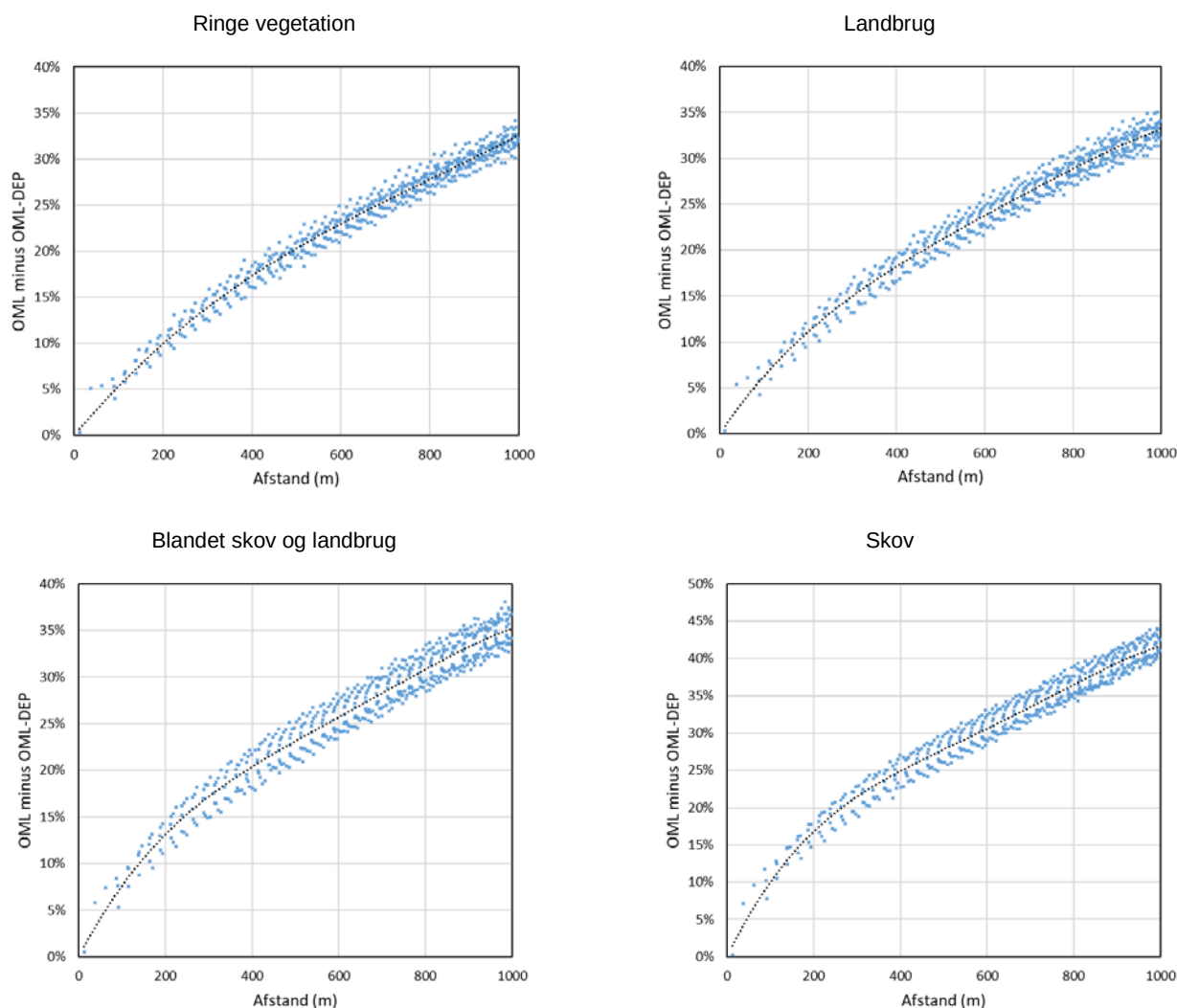
2.1 Koncentrationer

Der er foretaget beregninger af NH_3 -koncentrationer med OML-DEP og OML for 4 typer af oplande: Skov, blandet skov og landbrug (middel krat), landbrug, og ringe vegetation med en aerodynamisk ruhed på henholdsvis 1,0 m, 0,3 m, 0,1 m og 0,05 m. Der er anvendt samme data for kilde, meteorologi og baggrundskoncentrationer af NH_3 og SO_2 , som i IT-systemet. Punktkilden har afkasthøjde på 6 m, bygningshøjde på 5,5 m, afkastdiameter på 1 m, volumenstrøm på 3,5 Nm^3/s , temperatur på 25 °C og emission på 1.000 kg $\text{NH}_3\text{-N}/\text{år}$. Emissionen er en svag funktion af udetemperaturen og svarer til isolerede stalde. Disse forudsætninger fra IT-systemet er anvendt i alle beregninger. For IT-systemet er de bagvedliggende meteorologiske data for Lindet i Sønderjylland i 2005 fra vejrmodellen MM5 samt en tilhørende tidsserie for NH_3 og SO_2 fra den regionale model DEHM. Som det vil fremgå af kapitel 3 anvendes i det videre arbejde meteorologiske data fra vejrmodellen WRF, idet disse data er af bedre kvalitet, og MM5 ikke længere vedligeholdes. Baggrundskoncentrationer er ligeledes fra DEHM-beregninger med anvendelse af WRF data for 2008.

OML-DEP-beregningerne er udført i et gitternet bestående af 40x40 punkter. Beregningsområdet er opdelt i to forskellige størrelser, som dækker 1.000 m x 1.000 m og 4.000 m x 4.000 m svarende til gitterafstand på 25 m respektive 100 m. Kilden er placeret på den vestlige kant af nettet for at kunne beregne ud til størst mulig afstand. Grundprincippet i OML-DEP er, at når ammoniakfanen bevæger sig væk fra kilden, beregnes hvor meget NH_3 , som afsættes/deponeres i arealelementer omkring gitterpunkterne, og der oprettes en kilde med en tilsvarende negativ emission. Derved drænes fanen for NH_3 i et stigende

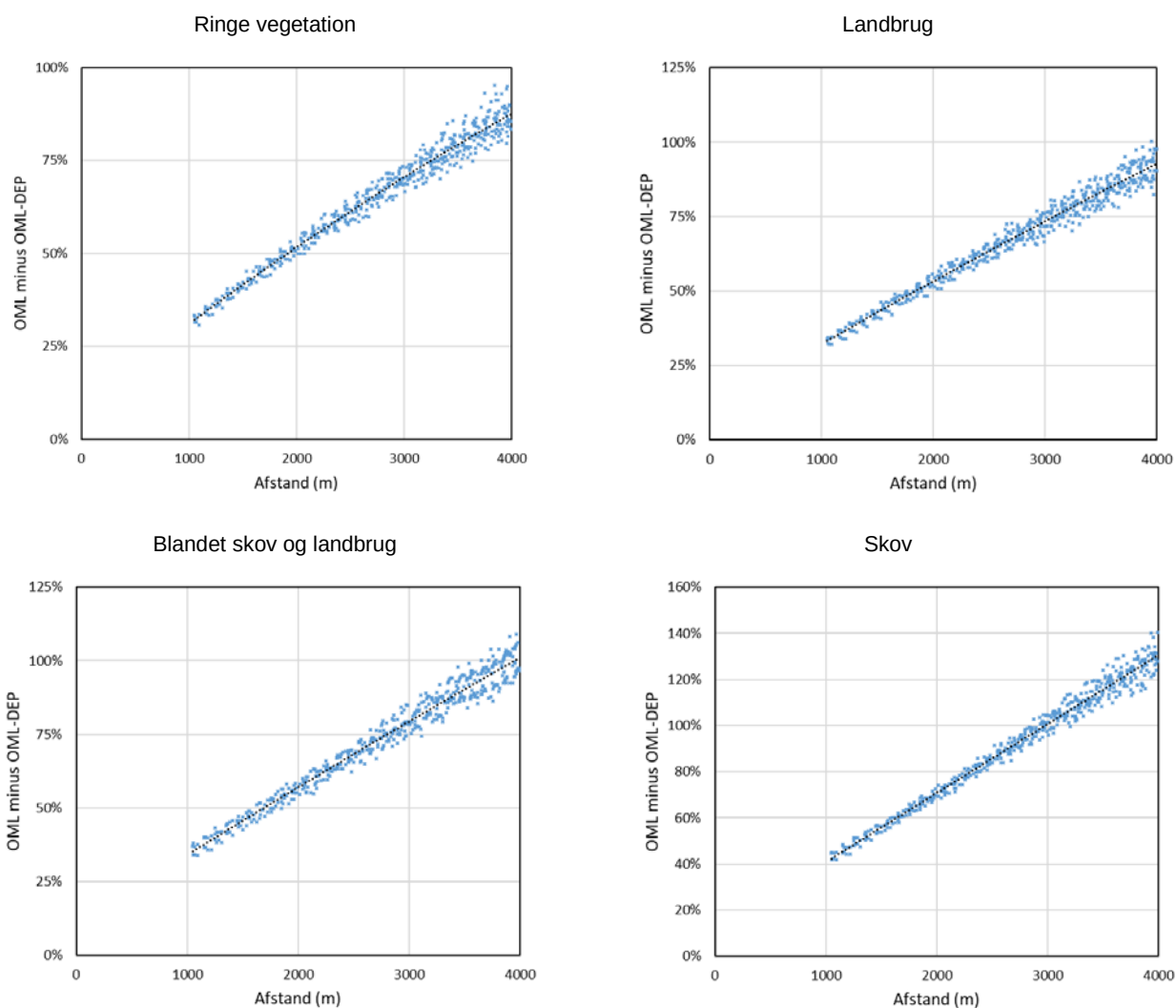
omfang med afstanden, og koncentrationen aftager hurtigere end ved en normal OML-beregning.

I figur 2.1 ses et eksempel på overestimeringen af koncentrationen med OML i forhold til OML-DEP ud til 1.000 m (25 m receptornet) for de fire typer oplande. Sammenligningen er foretaget for hvert receptorpunkt inden for en 40 graders vindsektor mod øst. De stiplede linjer er polynomier tilpasset data. Der er en forholdsvis lille spredning i data. Til eksempel er variationen i afstanden 800 m mindre end 5 % omkring de respektive polynomier.



Figur 2.1. Forskel i NH_3 -koncentrationer beregnet med OML og OML-DEP med 25 m net for forskellige oplande angivet i figuren. Bemærk at skalaen på y-aksen varierer.

I figur 2.2 er vist den tilsvarende overestimering af koncentrationen med OML i forhold til OML-DEP i afstanden 1.000 m til 4.000 m (100 m net). Her vokser overestimeringen yderligere med afstanden og tilsvarende variationen omkring de tilpassede polynomier.

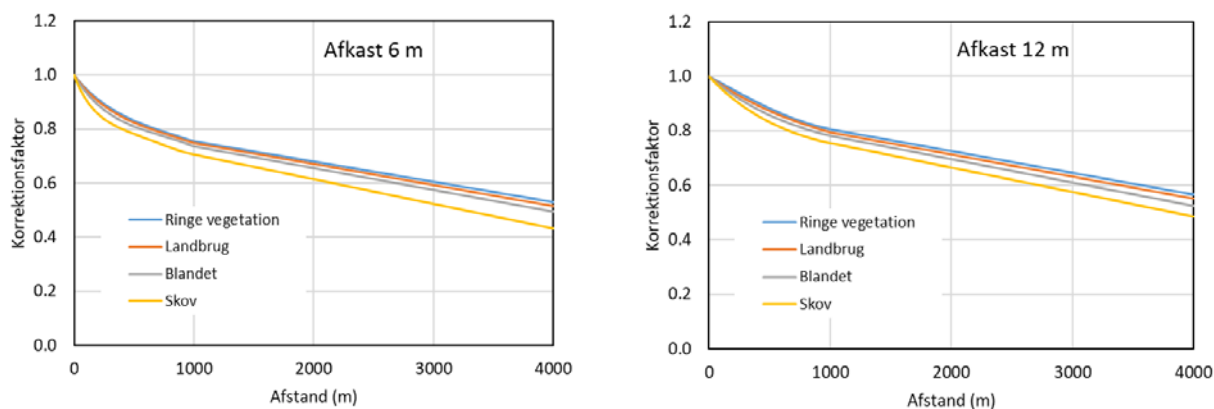


Figur 2.2. Forskel i NH_3 -koncentrationer beregnet med OML og OML-DEP med 100 m net for forskellige oplande angivet i figuren. Bemærk at skalaen på y-aksen varierer.

Overestimeringen betyder, at koncentrationer beregnet med OML skal korrigeres, når der optræder NH_3 -deposition. Korrektionsfaktoren er den reciprokke af overestimeringen. Der er tilpasset kurver/algoritmer for korrektionen, som er vist i figur 2.3 for afkast på 6 m og 12 m.

Der ses, at for det høje afkast er korrektionen lidt mindre, hvilket skyldes, at fanen rammer jorden i større afstand, hvorved den akkumulerede effekt af depositionen optræder længere nedstrøms.

Da forskellen mellem afkast på 6 m og 12 m er lille, vurderes det, at relationen kan ekstrapoleres til 15 m. For afkast under 6 m anvendes korrektion for 6 m.



Figur 2.3. Korrektionsfaktor for NH_3 -koncentration ved OML-beregning for forskellige oplande med deposition for afkast på 6 m og 12 m.

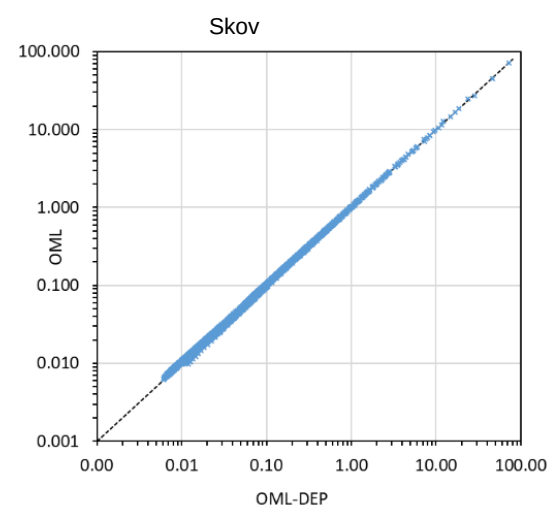
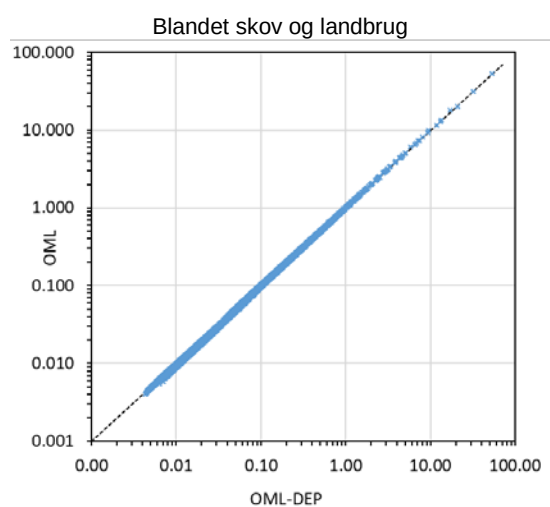
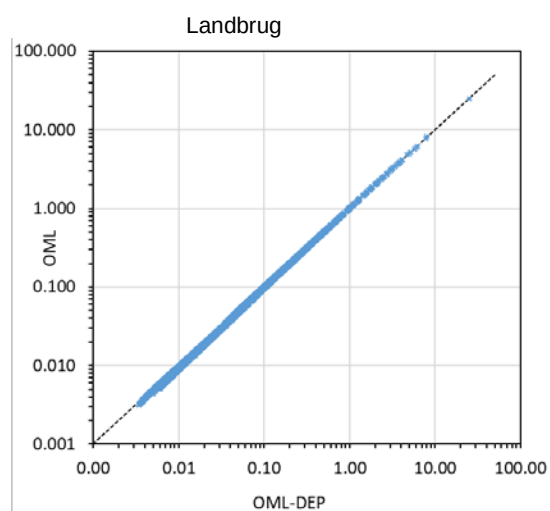
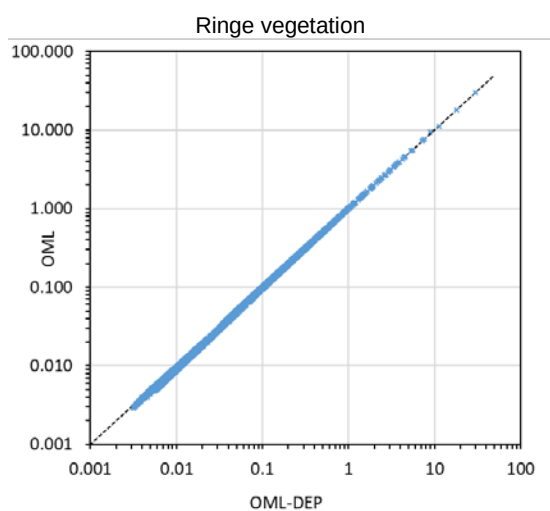
2.2 Depositioner

NH_3 -depositionen i et givet punkt beregnes i OML-DEP på grundlag af algoritmer, som anvender den samlede NH_3 -koncentration fra alle medtagne kilder plus NH_3 -baggrund samt fugtigheden, skydækket, temperaturen, ruheden, overfladetyper (oplands- eller naturtype), turbulensen og atmosfærens stabilitet. Disse algoritmer er indført i den nye OML 7.0. Den eneste forskel mellem OML-DEP og OML er således, hvordan NH_3 -koncentrationen for de medtagne kilder beregnes. I OML 7.0 beregnes koncentrationen i første omgang uden deposition, og derefter korrigeres koncentrationen ned med en faktor for at tage højde for depositionen i oplandet. Faktoren afhænger af oplandet, som omtalt i forrige afsnit. Herefter beregnes selve depositionen.

NH_3 -depositionen beregnet med OML-DEP og OML 7.0 er sammenlignet i figur 2.4 for de fire typer oplande. Beregningerne er foretaget som tidligere i et gitternet, som er beliggende øst for kilden ud til 4.000 m. Data er sammenlignet for vindsektoren 45-135°, hvor OML-DEP ikke er påvirket af randeffekter, idet kilden er placeret på randen af receptornettet. Der er valgt logaritmiske akser for at kunne fremhæve de små depositioner i de største afstande.

Der er god overensstemmelse mellem OML's beregnede depositioner og OML-DEP's beregnede depositioner. Afvigelsen fra 1-1-linjen (stiplet) bliver dog mindre synlig med logaritmiske akser. I afstande ud til 1.000 m er afvigelserne for oplandene indenfor $\pm 5\%$. Afvigelserne ændres gradvis ud til 4.000 m, hvor afvigelserne ligger mellem 0% og -14%. Afvigelserne skyldes ikke forskelle i beregningen af depositionen, men forskelle i den beregnede koncentration i luften (figur 2.2 og figur 2.3) inden depositionen beregnes.

Med OML 7.0 beregnes depositionen til et naturområde mest præcis for kanten af naturområdet, som støder op til det givne opland. Her vil depositionen normalt også være den største. Hvis depositionen beregnes længere inde i naturområdet vil fejlen stige med afstanden ind i området, idet metoden ikke kan håndtere dette og vil 'tro', at oplandet strækker sig ind i naturområdet. Beregning af deposition længere inde i et naturområde med større ruhed end oplandet (fx fra landbrug til skov) vil betyde en overestimering, og omvendt hvis ruheden er mindre i naturområdet.

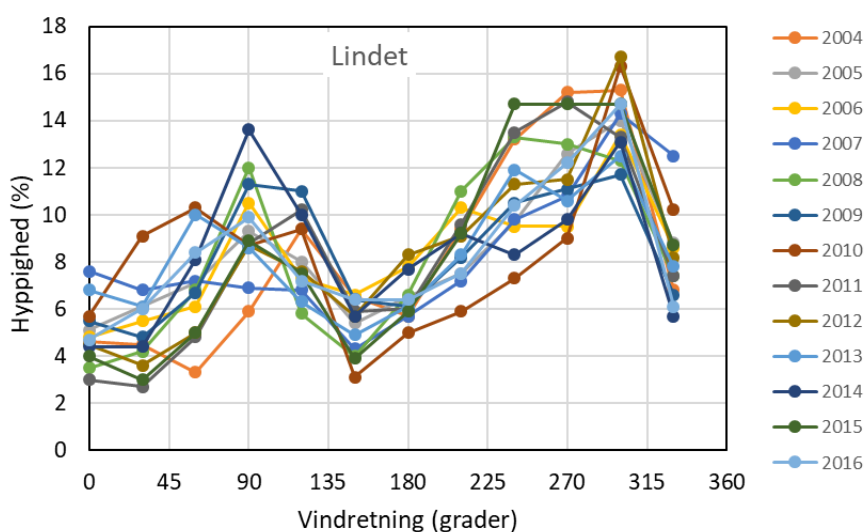


Figur 2.4. Sammenligning af NH_3 -deposition (kg N/ha/år) beregnet med OML og OML-DEP for forskellige oplande angivet i figuren. Der er valgt logaritmiske akser for at kunne fremhæve de små depositioner. Afvigelsen fra 1-1-linjen (stiplet) bliver dog mindre synlig; se teksten for størrelserne på afvigelserne.

3 Meteorologi

Husdyrgodkendelser.dk indeholder tabeller/kurver for depositionen i forskellige afstande og forskellige kombinationer af oplande og naturtyper. Kurverne er baseret på meteorologiske data for Lindet i Sønderjylland for år 2005. Tabellerne gælder for en 30 graders vindretningssektor og korrigeres for den konkrete lokalitet og for retning til naturpunkt via DMI's klimatiske hyppigheder af vindretningen i 30 graders sektorer for 9 lokaliteter i Danmark.

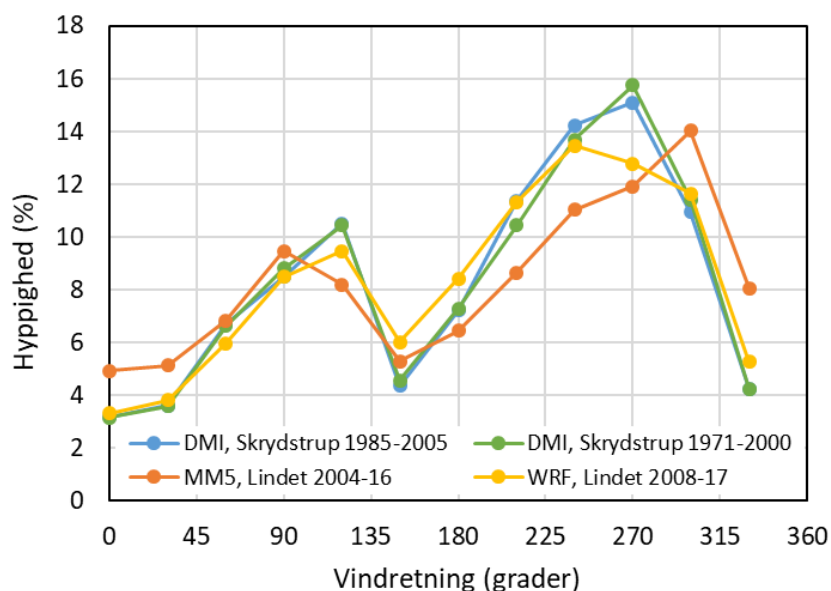
Ved OML-beregninger er det nødvendigt at anvende en meteorologisk tidsserie med data for hver time. For en konkret lokalitet er der relativ stor forskel i hyppigheder af vindretningen fra år til år, som det fremgår af eksemplet i figur 3.1, som viser hyppigheden af vindretningen i 30 graders sektorer for Lindet for årene 2004-2016.



Figur 3.1. Hyppighed af vindretninger i 30 graders intervaller for Lindet i Sønderjylland fra vejrm modellen MM5 for årene 2004 til 2016.

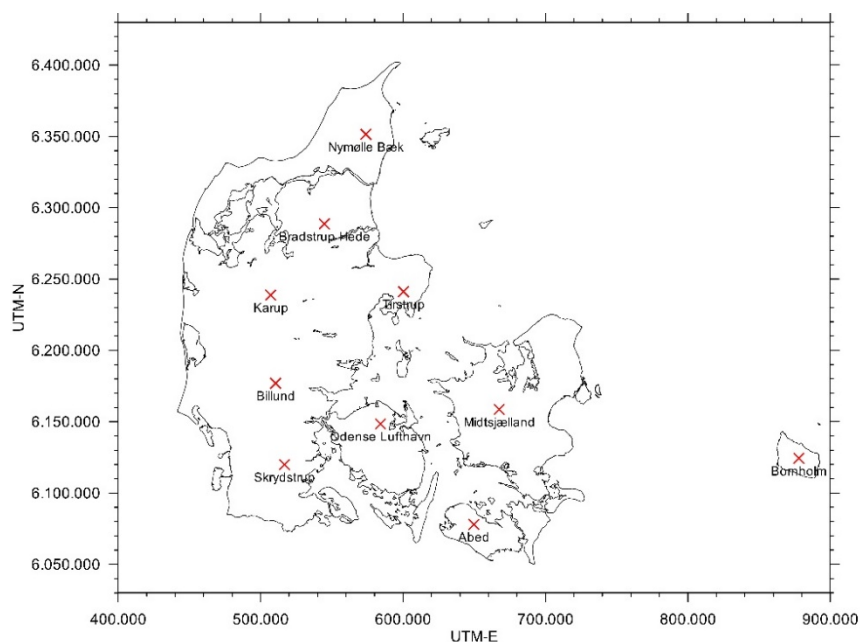
Det er derfor nødvendigt at anvende en længere meteorologisk tidsserie end et enkelt år for at opnå en rimelig sikker beskrivelse af depositionen, hvis effekter relaterer sig til langtidspåvirkninger. Det er derfor valgt at anvende en tidsserie på 10 år til depositionsregninger i OML 7.0.

Fra år 2018 anvendes meteorologiske vejrd data fra vejrm modellen WRF i NOVANA-beregninger, idet kvaliteten af disse data er bedre end de tidligere anvendte data fra MM5. Der er foretaget sammenligninger af vindretningerne fra MM5 og WRF samt fra observationer fra DMI's målinger. I figur 3.2 ses denne sammenligning for MM5 og WRF i Lindet og DMI målinger fra Skrydsrup Lufthavn, som ligger 20 km øst for Lindet. IT-systemet anvender DMI data for perioden 1985-2005. Det ses, at WRF-data stemmer langt bedre overens med DMI-data end MM5-data gør. Nogle af forskellene i forhold til målinger kan skyldes afstanden og lokale forhold. Det er derfor valgt at anvende meteorologiske data fra WRF-modellen til OML-beregninger af deposition af NH_3 .



Figur 3.2. Hyppighed af vindretninger for Sønderjylland. Data fra DMI er målinger i Skrydstrup, og data fra MM5 og WRF er fra Lindet fra de to vejrmødeller anvendt af ENVS. Årstal angiver perioderne. Skrydstrup ligger 20 km øst for Lindet. DMI data for perioden 1985-2005 er anvendt i IT-systemet.

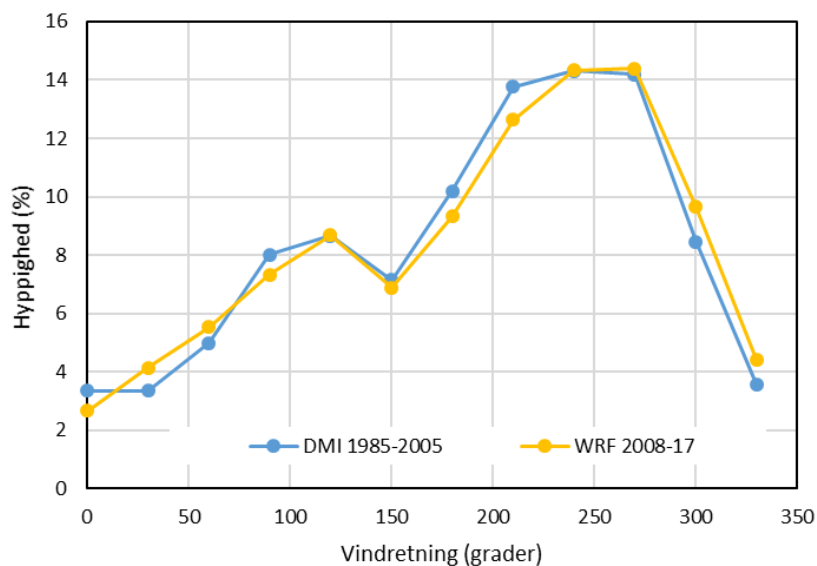
Da hyppigheder af vindretningen også varierer for forskellige lokaliteter i Danmark, er det valgt i lighed med IT-systemet at anvende meteorologiske tidsserier fra forskellige lokaliteter, som vist i figur 3.3. Der er 10 lokaliteter. Nogle lokaliteter er lidt anderledes placeret end i IT-systemet, idet der også er set på, hvordan de repræsenterer den øvrige meteorologi, samt de nationale gradienter i koncentrationen af NH_3 og SO_2 . Der er tilføjet to lokaliteter i Jylland, hvorved nord-syd-variationer bedre opløses. På Sjælland er der én lokalitet mod to i IT-systemet, idet den valgte station bedst beskriver de Sjællandske forhold. På Bornholm er lokaliteten flyttet fra Rønne Lufthavn med mulige kystnære påvirkninger til midt på øen.



Figur 3.3. Positioner for de 10 lokaliteter med meteorologiske data og baggrundskoncentrationer af NH_3 og SO_2 anvendt i OML 7.0 til beregning af NH_3 -deposition.

Et andet eksempel på vindretninger er vist i figur 3.4, hvor data for DMI 1985-2005 (IT-systemet) og WRF 2008-17 er vist for Karup. Der er en god overensstemmelse.

Anvendelsen af baggrundskoncentrationer for 10 lokaliteter over 10 år er en forbedring i forhold til IT-systemet, hvor der er anvendt data for Lindet 2005. Dels afspejler data danske gradienter i baggrundskoncentrationer, og dels er det nyere data, som indeholder ændringer i niveauer specielt for SO₂ frem til 2017.



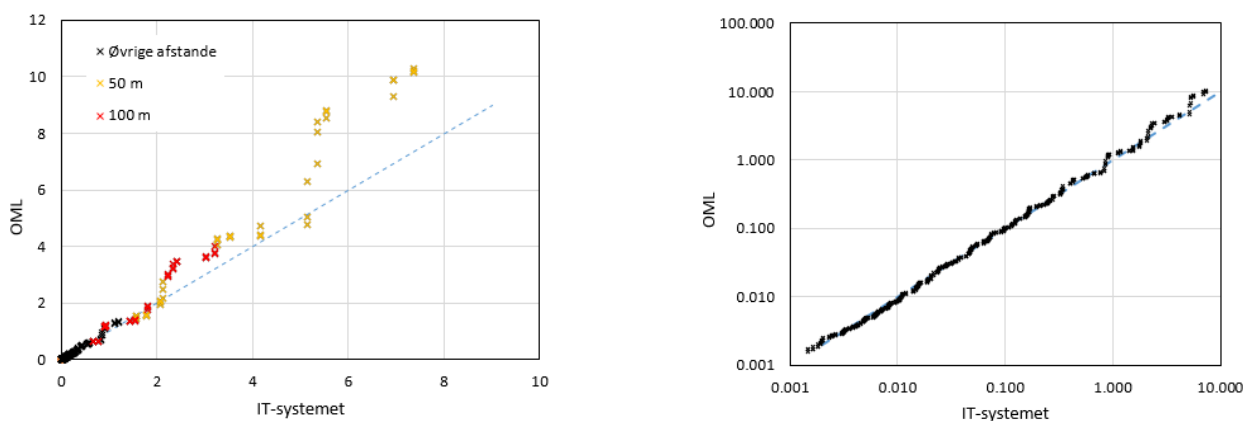
Figur 3.4. Hyppighed af vindretninger i Karup fra målinger (DMI) og vejrmodellen WRF for de angivne år.

4 Forskelle i deposition mellem IT-systemet og OML 7.0

Beregningen af NH_3 -deposition med OML er på mange punkter forbedret i forhold til IT-systemet, som det anføres i kapitel 6. I det følgende foretages en sammenligning af depositionsregninger med de to metoder.

Sammenligningen foretages for en lokalitet i Sønderjylland. Det betyder, at for IT-systemet anvendes DMI's vindretninger for Skrydstrup opgjort i 30-graders intervaller, og for OML anvendes 10 års WRF-meteorologi for Skrydstrup med en gradsopløsning, men vist med 10-graders intervaller. Sammenligningen er foretaget for landbrugsopland med deposition til blandet natur med samme kildedata som beskrevet i afsnit 2.1. Der er anvendt receptorpunkter i 15 ringe fra 50 m ud til 4.000 m med 10 grader mellem retningerne.

Først ses på forskelle i størrelsesfordelingen af niveauerne for den årlige deposition, hvilket hovedsageligt vil afspejle forskelle i forhold til afstande fra kilden. Da perioderne er forskellige for de to modeller, giver det ikke mening at sammenligne depositionen punkt for punkt. Derfor anvendes et såkaldt kvantil-plot. Det vil sige, at depositionen i de 540 receptorpunkter (15×36) for hver model er sorteret efter størrelse og derefter sammenlignet i figur 4.1. OML beregner en del større værdier i afstanden 50 m for omkring halvdelen af receptorpunkterne i den afstand. Tilsvarende, men i mindre grad gælder det også i 100 m's afstand. For øvrige afstande er der god overensstemmelse med lidt mindre niveauer for OML i de største afstande. Da OML på flere punkter anvender bedre data/metode (kap. 6), vil OML-depositionen i de fleste tilfælde være mere korrekt end IT-systemet.



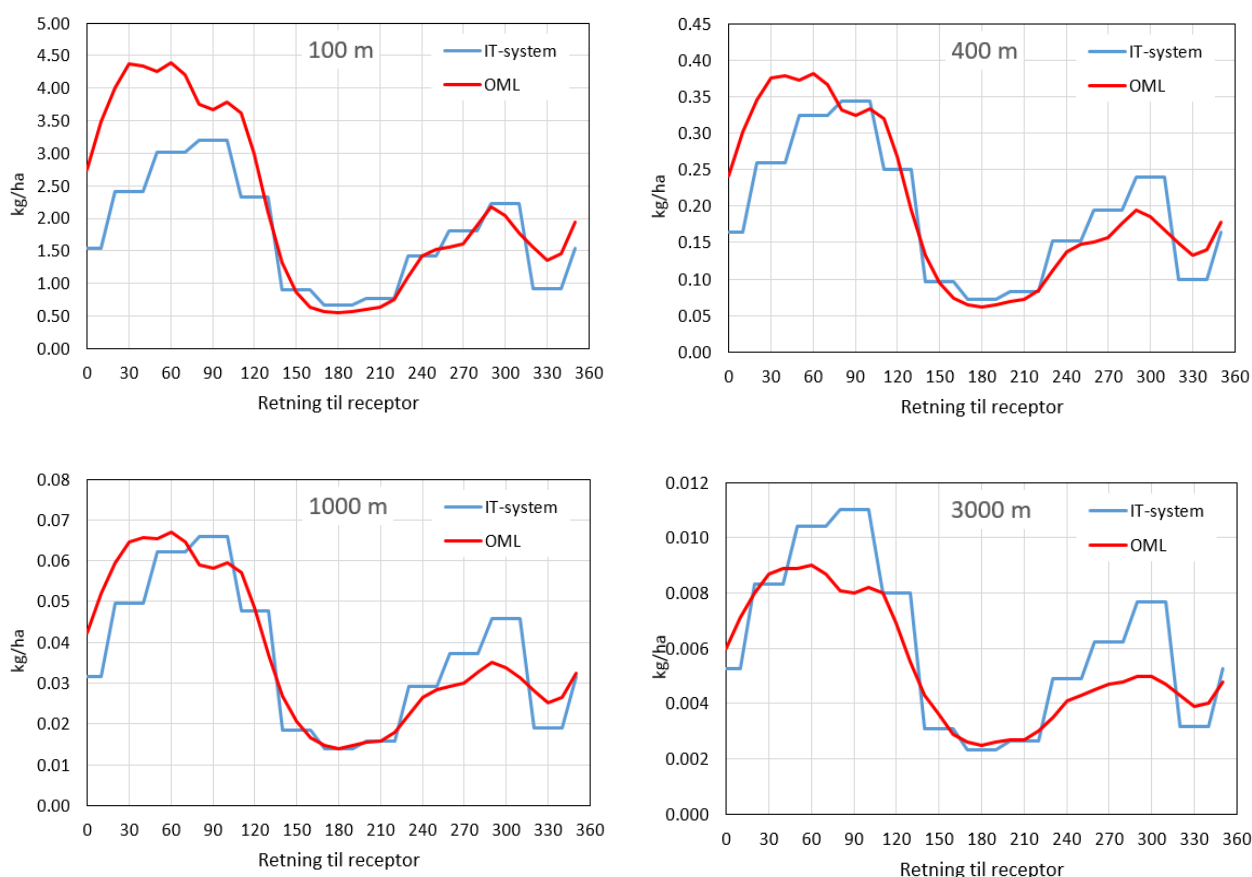
Figur 4.1. Sammenligning af årlig deposition (kg/ha) for IT-systemet og OML. I figuren til venstre er anvendt en lineær skala, og her er værdier i afstandene 50 m og 100 m markeret med forskellige farver. I figuren til højre er anvendt en logaritmisk skala for at kunne se data for små depositioner i stor afstand.

Sammenligning i forskellige retninger ses i figur 4.2 for fire afstande. Den relative variation med retningen for IT-systemet er den samme i alle afstande og afspejler alene hyppigheden i vindretningen i DMI's data. Begge metoder beregner de største værdier for retninger mod nordøst til øst, dvs. for vindretninger fra sydvest til vest, hvilket primært afspejler hyppigheden af vindretningen. I korte afstande på 100 m er depositionen i disse retninger noget større for OML end for IT-systemet. Det kan skyldes, at i disse retninger er

den relative fugtighed generelt højere end for andre retninger, hvilket øger depositionshastigheden. I IT-systemet er denne effekt jævnt fordelt over alle retninger. Samlet over alle retninger er depositionen 28 % større i 100 m's afstand fra kilden med OML end i den tilsvarende beregning med IT-systemet.

I mellemafstande ligner metoderne hinanden, dog med 3 % større gennemsnitlig deposition med OML i 1.000 m. I 3 km forholder det sig modsat, og resultaterne fra OML er i gennemsnit 11 % mindre end tilsvarende resultater med IT-systemet. Årsagen til, at OML beregner relativt mindre deposition i store afstande, hænger sammen med de lidt større depositioner i korte afstande, idet det ekstra deponerede tæt på kilden mangler længere væk. De lidt større depositioner tæt på kilden skyldes, at OML anvender WRF-data, hvor turbulensen (friktionshastigheden) er lidt større, end den er i MM5 data, hvorved depositionen bliver større tæt på.

Generelt er der mere struktur i OML-data på grund af den højere opløsning i vindretningerne på 1 grad i WRF data (dog vist her for hver 10 grader) i forhold til DMI's 30 graders middelhypigheder.



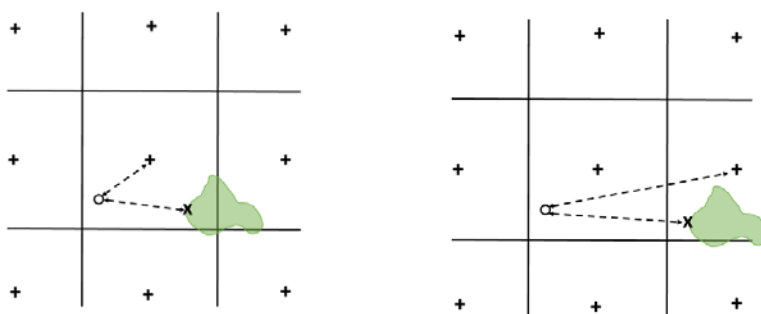
Figur 4.2. Sammenligning af årlig deposition (kg/ha) for IT-systemet og OML i forskellige retninger til receptorer (modsat vindretning) og i 4 afstande angivet i figuren.

5 Baggrundsdeposition af N til naturpunkt

Ved vurdering af N-deposition til Kategori 3-natur indgår kildens merdeposition og baggrundsdepositionen, N_{bag} , som skal inkludere ansøgers kilder i nudrift. Størrelsen af N_{bag} bestemmes på grundlag af data fra NOVANA-beregninger af N-deposition til forskellige naturtyper i danske landområder for 2017 (Ellermann *et al.*, 2019).

N_{bag} er opgjort i et 400 m gitternet over de danske landområder, i alt ca. 289.000 punkter. Sammen med OML 7.0 følger en *depositionsdatabase* for dette gitter, som indeholder deposition af NH_3 -N til hver af naturtyperne (N_R , N_B , N_{MK} og N_S), hvor R står for Ringe vegetation, B for Blandet natur, MK for Middel Krat og S for Skov. Derudover indeholder databasen den øvrige N-deposition, $N_{øvrig}$, dvs. al anden N-deposition fra alle typer N-kilder, også fra langtransport.

Ved konkrete beregninger for Kategori 3-natur er det nødvendigt at korrigere N_R , N_B , N_{MK} og N_S . Det skyldes to forhold. Depositionsdatabasen er baseret på NOVANA's *punktkildedatabase* for husdyrbrug, hvor der kan være fejl i en kildes placering, og der er en usikkerhed på den statistisk beregnede emission, således at ansøgers kilder i nudrift ikke er korrekt beskrevet. Desuden ligger et naturpunkt højst sandsynligt ikke i et af depositionsdatabasens punkter i 400 m gitternettet. Se eksempler herpå i figur 5.1.



Figur 5.1. To eksempler på placering af naturpunkt (x) på kanten af naturområde (grønt) i NOVANA's gitternet på 400 m (+) med depositionsdata.

For at kunne foretage en korrektion af depositionen til naturtypen, N_i , i depositionsdatabase, er det nødvendigt at genberegne ansøgerkildens bidrag for nudrift til N_i . Dette gøres i to trin i OML 7.0. Først beregnes kildens bidrag i depositionsdatabase (gitterpunkt), $N_{i,NOV}$, ved at anvende kildedata fra kildedatabasen, som følger med OML 7.0. Dernæst beregnes kildens bidrag i nudrift til det korrekte naturpunkt, $N_{i,nat}$, ved anvendelse af ansøgers oplysninger om nudriften.

Den korrigerede NH_3 -N-deposition i naturpunktet fra kilden i nudrift bliver:

$$N_{i,korr} = N_{i,nat} + (N_i - N_{i,NOV})$$

Den samlede korrigerede baggrundsdeposition af N bliver:

$$N_{i,korr} + N_{øvrig}$$

Bestemmelsen af $N_{i,korr}$ vil på et punkt øge usikkerheden lidt og på et andet formindske usikkerheden. Usikkerheden øges lidt, da de meteorologiske data til beregning af $N_{i,NOV}$ helt korrekt skulle være fra et af de ca. 1.200 meteorologiske datasæt anvendt i NOVANA for 2017, men foretages i stedet med det meteorologiske datasæt for 2017, som er det nærmeste af de 10 datasæt omtalt i kapitel 3. Derimod fås en mere sikker bestemmelse af $N_{i,nat}$, da der anvendes 10 års data, hvilket mindsker tilfældigheder i vindretningen, og der anvendes ansøgerens korrekte emissioner for nudrift i forhold til NOVANAs kildedatabase, som er mere usikker.

Bestemmelsen af kildens bidrag i depositionsdatabase, $N_{i,NOV}$, forudsætter, at ansøgerkilden kan identificeres i kildedatabasen. OML vil finde den kilde i kildedatabasen med mindst afstand til ansøgerkilden inden for 1 km og udskrive placeringen i resultaterne. Hvis kilden ikke kan findes, skrives det i resultaterne og $N_{i,NOV}$ sættes til 0.

Hvis der i kildedatabasen er andre kilder, som ligger tæt på naturpunktets tilhørende gitterpunkt i depositionsdatabase, kan de have en betydelig indflydelse på niveauet af N_i . Disse kilder kan være placeret upræcist i databasen, eller deres emission kan være upræcis på grund af statistiske antagelser om emissionen. For at kunne vurdere denne eventuelle fejl vil modellen for hvert naturpunkt finde den nærmeste kilde inden for 1 km og give meddelelse i resultaterne om kildens placering og omtrentlige depositionsbidrag. Det præcise bidrag kan eventuelt beregnes ved en konkret beregning for kilden i en separat beregning, hvis kildens data er tilgængelige.

6 Forbedringer, begrænsninger og udviklingsmuligheder

6.1 Forbedringer

I forhold til IT-systemet er der med OML 7.0 sket en række ændringer, hvoraf de fleste vil forøge præcisionen af den beregnede deposition.

Hyppigheden af vindretninger i IT-systemet anvender DMI's opgørelser, som er konstante inden for en 30 graders sektor, hvor der reelt er en variation. OML 7.0 anvender en kontinuert fordeling af hyppigheder. OML anvender kun 10 års tidsserie, hvor IT-systemet anvender 20 års statistik, men forskellene er små. OML's data er dog nyere data fra år 2008-17 mod DMI's 1985-2005.

Baggrundsdata for NH_3 og SO_2 er i IT-systemets beregninger fra 2005 fra Sønderjylland med meteorologiske data fra vejrmodellen MM5. OML anvender dels nyere data fra 2008-17 af bedre kvalitet og dels data fra forskellige landsdele, hvor baggrunds niveauerne varierer, hvilket øger præcisionen for depositionen.

IT-systemet anvender samme meteorologiske forhold for alle vindretninger, hvorimod OML tager bedre hensyn til depositionens afhængighed af vindhastighedens og fugtighedens klimatiske retningsafhængighed, hvilket er den største forskel mellem de to metoder.

I IT-systemet er beregninger foretaget med en konkret punktkilde (kapitel 2). I OML er det muligt at tage hensyn til de faktiske afkastforhold og placeringer af mange forskellige afkast.

Med OML er det nu muligt at beregne kumulation korrekt, når andre relevante kilder angives i OML.

6.2 Begrænsninger i OML

I forhold til beregning af NH_3 -deposition er OML 7.0 begrænset til kun at håndtere afkasthøjder op til 15 m, idet projektet har været begrænset til kun at foretage beregninger for disse forhold. Ligeledes kan der, som i IT-systemet, udelukkende beregnes for 4 typer af oplande.

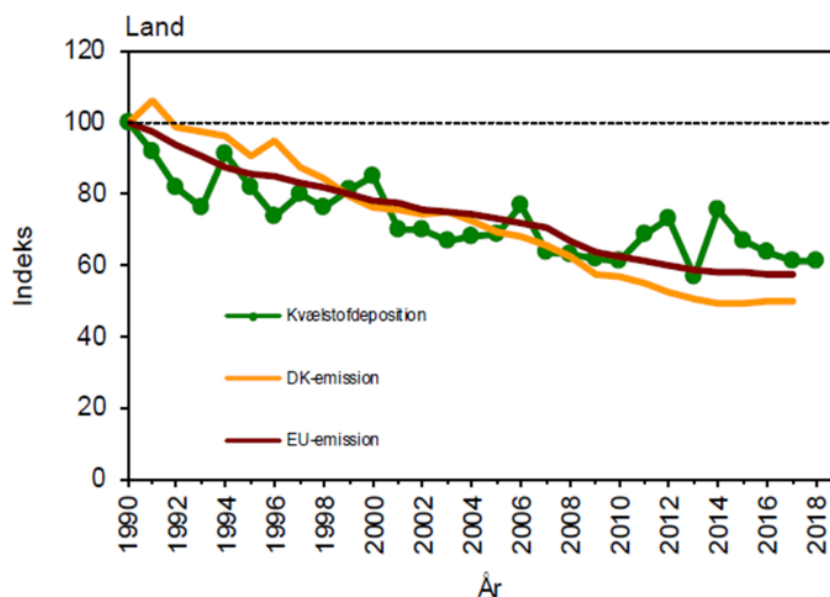
Beregninger kan ikke udføres for emissioner fra arealkilder.

For hvert OML-projekt kan der kun udføres beregninger for op til 10 naturpunkter, som skal være af samme naturkategori.

På grund af simplificeringer kan OML kun beregne depositionen til kanten af et naturområde for det givne opland (afsnit 2.2). Længere inde i et naturområde bliver depositionen mere usikker, men for lave kilder også mindre.

I forbindelse med Kategori 3-natur beskriver baggrundsdatasens N-depositioner forholdene i 2017. På landsplan er depositionen i netop det år meget gennemsnitlig for de seneste år (Figur 6.1 fra Ellermann et al., 2019). Repræ-

sentativiteten kan dog på sigt forbedres, se næste afsnit. Bidraget til depositionen fra kilder, som indgår i OML-beregningen, er godt repræsenteret ved anvendelse af 10 års meteorologi.



Figur 6.1. Baggrundsdeposition af kvælstof til danske landområder (grøn) for årene 1990 til 2018. År 2017 er et meget gennemsnitligt for den sidste del af perioden. Fra *Ellermann et al., 2019*.

6.3 Udviklingsmuligheder

Baggrundsdatabase for N-deposition, som repræsenterer år 2017, kunne på sigt opdateres således, at data for den øvrige N-deposition erstattes med en gennemsnitlige deposition for flere år. Gennemsnittet kunne opdateres, når de landsdækkende detaljerede (400 m x 400 m) OML-DEP-beregninger i NO-VANA er udført, pt. hvert 3. år.

Mere overordnet kunne OML-DEP's og DEHM's beregning af deposition for en given time måske forbedres ved at tage hensyn til vegetationens såkaldte kompensationspunkt (NH_3 -koncentrationen i bladernes spalteåbning). Her er der de senere år kommet ny viden og metoder til beregning. Et sådan tiltag vil dog være kompliceret og tidskrævende at udføre.

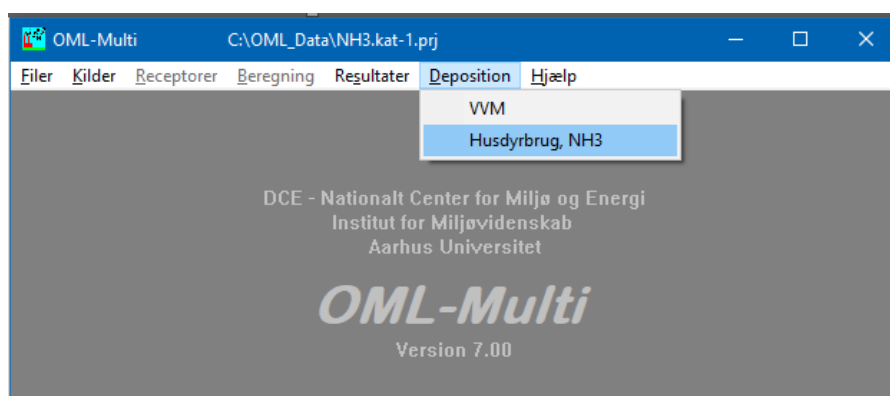
7 Brugerens anvendelse af OML 7.0 i relation til NH₃-deposition

Denne korte vejledning kræver et forudgående kendskab til grundprincipperne ved anvendelsen af OML-Multi 6.2. Det vil sige kendskab til oprettelse af projekt og indtastning af kildedata (se evt. Olesen & Løfstrøm, 2020).

De to første trin i anvendelsen af modellen er uændrede. Først skal brugeren aktivere et projekt under menuen *Filer* (se figur 7.1). Dernæst indtastes de relevante kilder under menuen *Kilder*.

Kildedata

Kildedata indtastes som i tidligere versioner i menuen *Kilder*. Rækkefølgen af indtastning af afkast har betydning for de senere menuer, hvis der ud over kilder i ansøgt drift, også indgår ansøgerkilder i nudrift eller kilder, som ikke tilhører ansøger. Først indtastes ansøgerkilder i ansøgt drift, dernæst i tilfælde af Kategori 3-natur ansøgers kilder i nudrift, eller i tilfælde af Kategori 1-natur eventuelle andre kumulative kilder udvalgt efter kriterier fra MFVM. Kvælstofemissionerne angives i fx kg/år, og skal være de samme som anvendes i Husdyrgodkendelser.dk. Kilderne er fortløbende nummererede i OML. Brugeren skal senere angive hvilke kilde-numre, der tilhører ansøger i ansøgt drift (første og sidste nummer), eventuelt kilder i nudrift (første og sidste nummer) eller eventuelt andre kilder (første og sidste nummer).



Figur 7.1. Hovedmenu for OML-Multi 7.0 med en ny mulighed under *Deposition* at vælge *Husdyrbrug, NH3*.

Valg af naturkategori

I OML 7.0 kan man under menuen *Deposition* vælge *Husdyrbrug, NH3* (figur 6.1), hvorefter vinduet i figur 7.2 vises. Her vælges hvilken kategori natur, der skal udføres beregninger for. Hvis der fx vælges Kategori 1-natur fremkommer vinduet i figur 7.3. Bemærk, at valg af menuerne *Receptor* og *Beregning* (grå skrift i figur 7.1) ikke er aktive under projekter for *Husdyrbrug, NH3*.

Beregning af ammoniakdeposition fra stalde og lagre

Beregningsen udføres for en af 3 kategorier for natur i henhold til ministeriets bekendtgørelser i relation til Husdyrgodkendelser.dk.

Ny beregning, vælg naturkategori

Ansøgers bidrag plus eventuel kumulation Kategori 1 Tidligere beregning

Ansøgers bidrag Kategori 2

Ansøgers mer-bidrag og baggrundsdeposition Kategori 3

Luk Hjælp Vis resultatfil

Figur 7.2. Vinduet for valg af hvilken kategori af natur der ønskes udført beregninger for. Der er også muligt at vise det aktuelle projekts tidligere resultater ved klik på *Vis resultatfil*.

Vinduet for Kategori 1-natur

Kilder, tilhørsforhold. Her angives tilhørsforhold for de kilder, som er indtastet under menuen Kilder. Øverst angives kilder/afkast for ansøgt drift (første og sidste nummer), og derunder eventuelle andre kilder, som indgår i kumulation efter kriterier fra MFVM.

Kategori 1-natur. Kilder og naturpunkter.

Kilder, tilhørsforhold

Ansøger: Kilder i ansøgt drift . Første kildenr. 1 Sidste kildenr. 1

Evt. øvrige kilder relevant for kumulation 2 2

Opland Landbrugsland

Naturpunkter

UTM-E (Zone 32)	UTM-N	Naturtype	Afstand (m)	Retning (grader)
510200	6210100	Skov	224	63
510000	6210300	Blandet natur	300	0
0	0		(-)	(-)
0	0		(-)	(-)
0	0		(-)	(-)
0	0		(-)	(-)
0	0		(-)	(-)
0	0		(-)	(-)
0	0		(-)	(-)
0	0		(-)	(-)
0	0		(-)	(-)

Kommentarer til beregningen

Gem Gem og beregn Luk Hjælp

Figur 7.3. Kategori 1-natur, eksempel på vindue for opsætning af beregning. Her angives, hvilke kildenumre/afkastnumre som hører til ansøgt drift og til eventuelle øvrige kilder til brug for kumulation. Typen af opland vælges og position for naturpunkter med tilhørende naturtype angives. Afstand og retning fra tyngdepunkt for ansøgt drift til naturpunktet vises til kontrol af koordinater. Eksemplet angiver kun ét afkast i ansøgt drift, normalt vil der være langt flere.

Oplandstype. Brugeren vælger i menuen mellem 4 typer af oplande: Skov, blandet skov og landbrugsland (svarer til middel krat), landbrugsland og ringe vegetation.

Naturpunkter. Brugeren angiver UTM-koordinater (zone 32) for naturpunkter, hvor depositionen ønskes bestemt. Brugeren vælger mellem 4 typer af natur for hvert punkt: Skov, middel krat, blandet natur og vand. Der kan angives op til 10 naturpunkter. Til en kontrol for indtastning af UTM-koordinater angiver menuen afstanden og retning fra tyngdepunktet for ansøgt drift til de respektive naturpunkter.

Totaldepositionen beregnes ved klik på knappen *Gem og beregn*.

Vinduet for Kategori 2-natur

Figur 7.4 viser vinduet for opsætning for beregninger til Kategori 2-natur. Her angives kildenumre for ansøgt drift. Der beregnes totaldeposition.

Ammoniakdeposition

Kategori 2-natur. Kilder og naturpunkter.

Kilder, tilhørsforhold
 Ansøger: Kilder i ansøgt drift. Første kildenr. Sidste kildenr.

Opland

Naturpunkter		Naturtype	Afstand (m)	Retning (grader)
UTM-E (Zone 32)	UTM-N			
510600	6210000	Skov	600	90
510000	6210300	Blandet natur	300	0
0	0		(-)	(-)
0	0		(-)	(-)
0	0		(-)	(-)
0	0		(-)	(-)
0	0		(-)	(-)
0	0		(-)	(-)
0	0		(-)	(-)
0	0		(-)	(-)

Kommentarer til beregningen

Figur 7.4. Kategori 2-natur, eksempel på vindue for opsætning af beregning. Her angives kildenumre/afkastnumre for ansøgt drift. Se også tekst til figur 7.3.

Vinduet for Kategori 3-natur

Figur 7.5 viser vinduet for opsætning for beregninger til Kategori 3-natur. Her angives kildenumre for ansøgt drift og nudrift. Der beregnes merdeposition fra ansøgers kilder (ansøgt drift minus nudrift) samt baggrundsdepositionen af N i naturpunkter ved nudrift.

Ammoniakdeposition

Kategori 3-natur. Kilder og naturpunkter.

Kilder, tilhørsforhold

Ansøger: Kilder i ansøgt drift . Første kildenr. 1 Sidste kildenr. 1

Ansøger: Kilder i nudrift 2 2

Opland Landbrugsland

Naturpunkter

UTM-E (Zone 32)	UTM-N	Naturtype	Afstand (m)	Retning (grader)
510200	6210100	Skov	224	63
510000	6210300	Blandet natur	300	0
0	0		(-)	(-)
0	0		(-)	(-)
0	0		(-)	(-)
0	0		(-)	(-)
0	0		(-)	(-)
0	0		(-)	(-)
0	0		(-)	(-)
0	0		(-)	(-)

Kommentarer til beregningen

Gem Gem og beregn Luk Hjælp

Figur 7.5. Kategori 3-natur, eksempel på vindue for opsætning af beregning. Her angives hvilke kildenumre/afkastnumre, som hører til ansøgt drift og nudrift. Se også tekst til figur 7.3.

Resultater

Efter beregningen vises først en oversigt over resultaterne i vinduet *Resultater – oversigt*, figur 7.6. Alle detaljer for beregningen og resultaterne ses ved at klikke på *Vis resultatfil*. Herfra kan resultatfilen også printes.

For Kategori 1-natur er for hvert naturpunkt vist den kumulerede totaldeposition for alle kilder og for ansøgers bidrag hertil.

For Kategori 2-natur er for hvert naturpunkt vist totaldepositionen for ansøgt drift.

For Kategori 3-natur er for hvert naturpunkt vist merdepositionen for ansøgt drift samt den korrigerede baggrundsdeposition. For denne kategori er der i resultatfilen specielt vigtige oplysninger om eventuelle kilder i kildedatabasen fra NOVANA, som kunne have stor indflydelse på korrektionen af baggrundsdepositionen. Dette vedrører kilder i en afstand op til 1 km fra ansøgt drift.

Resultater - oversigt. U:\MST\2019-NH3-dep\TestCase\Demo-Kat1.log

Kategori 1-natur. Deposition til naturpunkter - oversigt

UTM-E (m)	UTM-N (m)	Naturtype	Afstand (m)	Retning (grader)	Alle kilder (NH3-N kg/ha/år)	Ansøger Deposition fra (NH3-N kg/ha/år)
510200	6210100	Skov	224	63	3.0	2.0
510000	6210300	Blandet natur	300	360	0.7	0.5
0	0	-	-	-	0.0	0.0
0	0	-	-	-	0.0	0.0
0	0	-	-	-	0.0	0.0
0	0	-	-	-	0.0	0.0
0	0	-	-	-	0.0	0.0
0	0	-	-	-	0.0	0.0
0	0	-	-	-	0.0	0.0
0	0	-	-	-	0.0	0.0

Detaljerede resultater og kommentarer

Resultater - oversigt. U:\MST\2019-NH3-dep\TestCase\Demo-Kat2.log

Kategori 2-natur. Deposition til naturpunkter - oversigt

UTM-E (m)	UTM-N (m)	Naturtype	Afstand (m)	Retning (grader)	Deposition (NH3-N kg/ha/år)
510600	6210000	Skov	600	90	0.3
510000	6210300	Blandet natur	300	360	0.5
0	0	-	-	-	0.0
0	0	-	-	-	0.0
0	0	-	-	-	0.0
0	0	-	-	-	0.0
0	0	-	-	-	0.0
0	0	-	-	-	0.0
0	0	-	-	-	0.0

Detaljerede resultater og kommentarer

Resultater - oversigt. U:\MST\2019-NH3-dep\TestCase\Demo-Kat3.log

Kategori 3-natur. Deposition til naturpunkter - oversigt

UTM-E (m)	UTM-N (m)	Naturtype	Afstand (m)	Retning (grader)	Ansøgers mer-deposition (NH3-N kg/ha/år)	Baggrund inkl. nudrift (NH3-N kg/ha/år)
510200	6210100	Skov	224	63	1.0	15.7
510000	6210300	Blandet natur	300	360	0.3	13.8
0	0	-	-	-	0.0	0.0
0	0	-	-	-	0.0	0.0
0	0	-	-	-	0.0	0.0
0	0	-	-	-	0.0	0.0
0	0	-	-	-	0.0	0.0
0	0	-	-	-	0.0	0.0
0	0	-	-	-	0.0	0.0
0	0	-	-	-	0.0	0.0

Detaljerede resultater og kommentarer

Figur 7.6. Eksempler på vinduet *Resultater – oversigt* for hver af de 3 kategorier af natur. Her gives en kort præsentation af resultater for depositionsberegningerne. Detaljer fås ved klik på *Vis resultatfil*.

8 Referencer

Ellermann, T., Bossi, R., Nygaard, J., Christensen, J., Løfstrøm, P., Monies, C., Grundahl, L., Geels, C., Nielsen, I. E., & Poulsen, M. B., 2019: Atmosfærisk deposition 2017. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. 84s. – Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 304. <http://dce2.au.dk/pub/SR304.pdf>

Fyns Amt, 2006. Pixi-bog – oplands- og naturtypeeksempler. <https://www2.mst.dk/Wiki/GetFile.aspx?File=/Faglige%20dokumenter/Naturpixibog06032007.pdf>.

Geels, C., Frohn, L. M., Hansen, K. M., Christensen, J. H. og Moseholm, L., 2006. Opdatering af beregningssystem til estimering af ammoniakafsætning fra husdyrbrug til brug for kommunernes administration af den kommende lov om godkendelse af husdyrbrug, Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Atmosfærisk Miljø, december 2006.

Løfstrøm, P. (2010). Opdatering af ammoniakafsætning fra husdyrbrug i IT-systemet. DMU, teknisk notat, december 2010.

Olesen, H.R., Berkowicz, R. & Løfstrøm, P. 2007. OML: Review of model formulation. National Environmental Research Institute, University of Aarhus. - NERI Technical Report 609: 130 pp. (electronic). Available at: <http://www.dmu.dk/Pub/FR609.pdf>.

Olesen, H.R. & Løfstrøm, P. (2020). Brugervejledning: Introduktion til spredningsmodellen OML-Multi 6.2. https://envs2.au.dk/OML/Downloads/OML_manual_dk_ver7.pdf

LOKALSKALA DEPOSITION AF AMMONIAK BEREGNET MED OML

Beskrivelse af metode

Den atmosfæriske spredningsmodel OML er udviklet til beregning af lokal deposition af ammoniak fra stalde i relation til miljøgodkendelse af husdyrbrug. Udviklingen er baseret på en simplificering af metoderne i den fulde model OML-DEP, som ligger til grund for IT-systemet i husdyrgodkendelser.dk. Den ny model OML-Multi 7.0 estimerer også den lokale baggrundsdeposition af kvælstof på basis af beregninger udført i NOVANA.