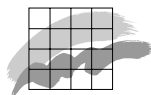




Miljø- og Energiministeriet
Danmarks Miljøundersøgelser

Konsekvenser af ny beregningsmetode for skorstenshøjder ved lugtemission

Faglig rapport fra DMU, nr. 327



Miljø- og Energiministeriet
Danmarks Miljøundersøgelser

Konsekvenser af ny beregningsmetode for skorstenshøjder ved lugtemission

*Faglig rapport fra DMU, nr. 327
2000*

Per Løfstrøm
Afdeling for Atmosfærisk Miljø

Datablad

Titel:	Konsekvenser af ny beregningsmetode for skorstenshøjder ved lugtemission
Forfatter: Afdeling:	Per Løfstrøm Afdeling for Atmosfærisk Miljø
Serietitel og nummer:	Faglig rapport fra DMU nr. 327
Udgiver:	Miljø- og Energiministeriet Danmarks Miljøundersøgelser©
URL:	http://www.dmu.dk
Udgivelsestidspunkt:	September 2000
Faglig kommentering: Layout og tegninger:	Helge Rørdam Olesen Per Løfstrøm
Bedes citeret:	Løfstrøm, P. (2000): Konsekvenser af ny beregningsmetode for skorstenshøjder ved lugtemission. Danmarks Miljøundersøgelser. 66 s. - Faglig rapport fra DMU, nr. 327. Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.
Sammenfatning:	Rapporten belyser konsekvenserne for fremtidige højder af skorstene med lugtstofemission, hvis der indføres en ny atmosfærisk spredningsmodel for beregning af lugtbelastning i nærmiljøet sammen med et nyt forslag til definition af en lugtgrænseværdi. Konsekvenserne belyses gennem beregninger for 150 forskellige konstruerede punktkilder, som netop opfylder de nuværende miljøkrav. Der foretages en sammenligning med den tyske metode for regulering af lugtemitterende kilder. Derudover belyses konsekvensen for 6 eksisterende kilder, hvorom der indgår oplysninger om lugtklager før og efter ændringer af enten kildernes emissioner eller skorstenshøjder.
Frie emneord:	Lugt, OML, atmosfærisk spredningsmodel, grænseværdi, skorstenshøjde, punktkilder
Redaktionen afsluttet:	September 2000
ISBN: ISSN: (elektronisk)	87-7772-564-6 1600-0048
Sideantal:	70
Internet:	Rapporten findes kun som PDF-fil på DMU's hjemmeside. Link: http://faglige-rapporter.dmu.dk

Indhold

Forord	5
Sammenfatning	7
1 Indledning	9
2 Dansk metode for beregning af skorstenshøjde	11
2.1 Lugtgrænseværdi	11
2.2 Model for beregning af lugtspredning	12
2.3 Begrænsninger i den nuværende metode	13
3 Tysk metode	15
3.1 Konstruerede kilder til brug for sammenligning	16
3.2 Sammenligning med nuværende danske metode	17
4 Ny model for lugtspredning	21
5 Hyppighed og intensitet af lugt	25
6 Forslag til ny definition af grænseværdi	33
7 Konsekvenser af ny metode	37
7.1 Konstruerede kilder	37
7.2 Eksisterende kilder	48
8 Konklusion og anbefalinger	53
Referenceliste	55
English summary	57
Bilag	59
Bilag I. Procentuel forøgelse af skorstenshøjder	60
Bilag II. Geografisk fordeling af lugtbelastning.	62

[Tom side]

Forord

Dette er en rapport knyttet til projektet "Konsekvensvurdering af indførelse af en ny skorstenshøjdeberegning for lugtemission". Projektet er udført for Miljøstyrelsen for at belyse konsekvensen for fremtidige højder af skorstene med lugtstofemission, hvis der indføres en ny atmosfærisk spredningsmodel for beregning af lugtbelastning i nærmiljøet sammen med et nyt forslag til definition af en lugtgrænseværdi. Konsekvenserne sættes i forhold til den hidtidige forenkede beregningsmodel og grænseværdi.

Den foreslåede grænseværdi er ikke udtryk for Miljøstyrelsens holdning, men er et forslag, som samtidigt er et eksempel på de nye muligheder for en definition, der følger af den ny forbedrede spredningsmodel.

Resultaterne fra projektet skal eventuelt indgå i en revideret Lugtvejledning fra Miljøstyrelsen til brug for myndigheder, virksomheder og rådgivere i forbindelse med vurdering af lugtgener.

Projektet er udført af Danmarks Miljøundersøgelser (DMU), Afdelingen for Atmosfærisk Miljø og er finansieret af Miljøstyrelsen og DMU.

Der har været tilknyttet en styringsgruppe til projektet bestående af: Erik Thomsen (formand) og Christian Ellehauge, Miljøstyrelsen samt Per Løfstrøm, Danmarks Miljøundersøgelser.

En speciel tak rettes til Helge Rørdam Olesen for gennemlæsning og kommentering af rapporten.

[Tom side]

Sammenfatning

Nærværende rapport belyser konsekvensen for fremtidige højder af skorstene med lugtstofemission, hvis der indføres en ny atmosfærisk spredningsmodel for beregning af lugtbelastning i nærmiljøet sammen med et nyt forslag til definition af en lugtgrænseværdi.

Nuværende metode til vurdering af lugtbelastning

Den nuværende metode til vurdering af lugtbelastninger omkring en punktkilde tager udgangspunkt i den såkaldte OML-model. Via OML-modellen beregnes først den månedlige 99%-fraktile af time-middelværdier, og maksimum blandt et års værdier findes. Denne værdi ganges med en faktor 7,8 (som en form for omregning til en maksimal 1-minutsmiddelværdi) og sammenlignes med en grænseværdi på 5-10 LE/m³.

Metoden har to væsentlige svagheder. Dels er 7,8-faktoren meget usikker. Dels ser definitionen af lugtgrænseværdien bort fra lugtbare koncentrationer under 5-10 LE/m³, hvor lugt kan være meget tydelig. I øvrigt er indholdet af metoden svært at gennemskue, fordi metoden ikke er bygget op over et sæt konsistente begreber.

Ny spredningsmodel

Den ny metode betjener sig af et mere konsistent begrebsapparat og anvender en ny spredningsmodel, som kan beskrive hyppighedsfordelingen af kortvarige (instantane) lugtkoncentrationer inden for en time.

Konstruerede og eksisterende kilder

Til den konsekvensvurdering, der redegøres for i nærværende rapport, er der anvendt en række konstruerede kilder. Kilderne har skorstenshøjder mellem 5 m og 120 m med varierende røggastemperatur og røggashastighed, i alt 150 kombinationer. Deres lugtstofemissioner er afpasset, således at de lige netop kan miljøgodkendes efter den nuværende danske metode. Der er også foretaget detaljerede vurderinger for 6 eksisterende kilder, som har givet årsag til lugt-klager.

Miljøgodkendte kilder

Beregninger med den ny spredningsmodel viser, at forskellige lugtemitterende kilder, som med den nuværende metode miljøgodkendes under tilsyneladende ens betingelser, kan afstedkomme meget forskellige hyppigheder af koncentrationer både under og over lugtgrænseværdien på 5-10 LE/m³ og dermed også kan medføre forskellig lugtbelastning i omgivelserne.

Tysk metode

Den nuværende metode er sammenlignet med metoden for lugtregulering anvendt i Tyskland. I forhold til den danske er den tyske metode skærpende overfor lave skorstene samt skorstene med høje bygninger, mens den er lempeligere overfor høje skorstene.

Opfattelse af lugt

Den menneskelige opfattelse af lugt kan beskrives ved hjælp af lugtintensiteten, som ikke er en lineær funktion af lugtkoncentrationen, men nærmere er logaritmisk - beskrevet ved en såkaldt Weber-Fechner kurve.

Ny metode

På baggrund heraf anbefales det, at lugtgener vurderes ved at tage lugtintensiteten i betragtning. Der tages udgangspunkt i en foreskrevet relation mellem lugtkoncentrationer og lugtintensitet. Den ny spredningsmodel bruges til at beregne hyppigheden af lugtkoncentrationer, som omregnes til lugtintensitet. Herefter beregnes den *akkumulerede lugtintensitet* over en måned. Baseret på et helt års data findes sluttelig den største blandt de månedlige værdier for akkumuleret lugtintensitet. Denne akkumulerede lugtintensitet sammenholdes med en grænseværdi. Grænseværdien foreslås at ligge omkring 4,5 LI% (LI% er en ny enhed kaldet lugtintensitetsprocent).

Konsekvenser for skorstenshøjder

Vurdering af lugtgener ved brug af den ny metode med en grænseværdi på 4,5 LI% vil have nogle konsekvenser for de fremtidige skorstenshøjder i forhold til den nuværende metode. Meget forenklet forventes generelt følgende ændringer for skorstene med nuværende højder på mellem 5 og 120 m, hvor det er lugtgener, der er afgørende for dimensioneringen:

- For kilder med fuld bygningseffekt (d.v.s. bygningshøjde lig skorstenshøjde) vil skorstene typisk skulle være 5-10 m højere.
- For kilder med røggastemperatur omkring 25 °C vil skorstene under 30-40 m skulle være op imod ca. 5 m højere, mens højere skorstene kan gøres lavere (10-15 m lavere ved 80 m og 20-30 m lavere ved 120 m).
- For kilder med røggastemperatur omkring 100 °C vil skorstene under 90-120 m skulle være 0-10 m højere.
- Kilder med relativt stor røggasmængde vil behøve større skorstenshøjder, og omvendt vil kilder med relativt lille røggasmængde behøve mindre skorstene.
- De største lugtgener vil forekomme i væsentligt større afstand fra kilden end den nuværende metode angiver: Afstanden fra en kilde til receptorpunktet med maksimal lugtbelastning vil øges med en faktor 2-3.

Mulige forbedringer

Der vil stadig være mulighed for at forbedre den ny metode både ved at forbedre spredningsdelen og ved at skelne mellem lugte med forskellig karakter, når relationen mellem lugtkoncentration og lugtintensitet skal specificeres.

1 Indledning

Baggrund

Lugtgener i lokalmiljøerne er til tider et stort problem, som myndigheder, virksomheder og konsulenter ofte anvender megen tid på at løse og forebygge. Til forskel fra andre typer af luftforurening, hvor der kræves avancerede instrumenter til at registrere koncentrationsniveauer i omgivelserne, så kan lugt umiddelbart registreres af borgerne. Derfor er lugt også ofte det hyppigste emne for miljøklager til de lokale myndigheder.

Ved vurdering af lugtgener fra punktkilder anvendes i øjeblikket en metode, som er beskrevet i Lugtvejledningen (MST 1985) og i brev fra Miljøstyrelsen (MST 1990a). Her anvises en grænseværdi for lugt samt fremgangsmåde for simulering af meteorologiske spredningsberegninger til dimensionering af skorstenshøjder. Der er tale om en midlertidig metode (MST 1990a).

Beregningerne af lugtgener er vanskelig, idet lugt er knyttet til korttidsmiddelværdier af immissionskoncentrationen, og grænseværdien er således knyttet til 1-minutsmiddelværdier af immissionskoncentrationer. Der har hidtil ikke eksisteret nogen pålidelige metoder til beregning af korttidskoncentrationer, ej heller i de nævnte metoder anvist af Miljøstyrelsen. Beregningsmetoderne er meget simple og usikre. Ligeledes er det et problem, at der ikke i Lugtvejledningen er nogen præcis matematisk definition på den statistiske beregning af grænseværdien, hvis numeriske værdi er 5-10 Lugtenheder/m³ (LE/m³).

Danmarks Miljøundersøgelser har for nylig udviklet en ny computerbaseret spredningsmodel til beregning af statistikker for korttidskoncentrationer i omgivelserne af punktkilder (Løfstrøm 1998). Modellen er en klar forbedring i forhold til tidligere metoder. Modellen kunne tænkes at erstatte den nuværende metode. Modellen kan dog ikke umiddelbart tages i brug pga. den manglende præcise matematiske definition af lugtgrænseværdien.

Derudover medregner den nuværende grænseværdi kun korttidskoncentrationer over 5-10 LE/m³, hvilket vil sige, at der ikke reguleres i område mellem lugttærsklen (1 LE/m³) og op til 10 LE/m³. I dette interval kan lugt være meget tydelig. Dette lavere koncentrationsområde kan også give lugtgener, idet der sædvanligvis langt hyppigere optræder lugtkoncentrationer i området 1-10 LE/m³ end i koncentrationsområdet over 10 LE/m³.

Dertil kommer, at omkring forskellige typer af punktkilder, som er miljøgodkendte med samme grænseværdi, optræder koncentrationer under grænseværdien med forskellig hyppighed, og dermed kan der opleves forskellige grader af lugt(gener) omkring kilderne.

Formål

Formålet med projektet har derfor været, dels at opstille et forslag til definition af en mere genedækkende grænseværdi, som inddrager lugtkoncentrationer helt ned til lugttærsklen, og som kan udtrykkes matematisk præcist, samt dels at belyse konsekvenserne for skor-

stenshøjder ved brug af den ny grænseværdi sammen med den ny spredningsmodel.

Metode

På baggrund af en lang række beregninger for forskellige kilder med anvendelse af den ny spredningsmodel er der opstillet et forslag til definition af en grænseværdi. Forslaget fungerer også som et eksempel til belysning af de nye muligheder for definitioner. Den her valgte definition er ikke et udtryk for Miljøstyrelsens holdning.

Konsekvensen af anvendelsen af den ny metode (ny model og ny grænseværdi) er belyst for en lang række forskellige kilder. Kilderne er hovedsageligt konstruerede og dækker et bredt spektrum af skorstenshøjder, bygningshøjder, og røggasmængder samt forskellige røggastemperaturer. Men der er også eksempler for flere eksisterende kilder, hvor der har været kendskab til lugtgener, som nu mere eller mindre er afhjulpet via ændringer af emissioner eller afkasthøjder.

For de konstruerede kilder er konsekvenserne ved den ny metode belyst ved sammenligning med den nuværende metode. For de eksisterende kilder beskrives lugtbelastningen før og efter de lugtreducerende indgreb og sammenholdes med antallet af lugtklager.

For bedre at kunne forstå forskellen mellem den gamle og den ny metode indeholder rapporten en kort gennemgang af disse i kap. 2 og kap. 4. Der foretages i kap. 3 en sammenligning af den nuværende danske metode med metoden anvendt i Tyskland. I kap. 5 beskrives hyppigheden af lugt for de konstruerede kilder, og begrebet lugttensitet forklares. Et forslag til en ny definition af lugtgrænseværdien gives i kap. 6, og i kap. 7 beskrives konsekvenserne for skorstenshøjderne ved brug af den ny metode.

2 Dansk metode for beregning af skorstenshøjde

I dette kapitel beskrives den nuværende danske metode, som bruges i sagsbehandlingen ved beregning af tilstrækkelig skorstenshøjder i forbindelse med miljøgodkendelse af lugtemitterende punktkilder i industrien. Ved "metode" forstås i det følgende det samlede system bestående af definitionen og tolkning af lugtgrænseværdien samt den anvendte procedure eller model ved beregning af tilstrækkelig skorstenshøjde.

Beskrivelse af lugte

Der skal dog først omtales nogle begreber, som bruges i forbindelse med lugt, samt nogle egenskaber som beskriver lugte (MST 1985).

Lugt måles i lugtstofenheder, som er defineret via lugttærsklen. Lugttærsklen er den lugtstofskoncentration, hvor halvdelen af en gruppe forsøgspersoner, et såkaldt lugtpanel, kan registrere lugt. Denne koncentration kaldes 1 lugtstofenhed pr. m^3 (LE/m^3).

Lugt beskrives ved intensitet, karakter og accepterbarhed, som alle kan måles med et lugtpanel.

Intensitet

Intensiteten er et mål for opfattelsen af lugtens styrke og er dermed et mål for sanseindtrykkets styrke. Der er foretaget mange undersøgelser af hvordan intensiteten afhænger af lugtstofkoncentrationen. Disse sammenhænge kan ofte med god tilnærmelse beskrives ved logaritmiske eller potens funktioner. Dette omtales grundigere i kap. 5.

Lugt karakter

Lugt karakteren er en beskrivelse af lugtens art: sødlig, rådden, metallisk etc.

Accepterbarhed

Accepterbarhed (hedoniske kvalitet) angiver om lugten er behagelig eller ubehagelig. Nogle lugte kan ved lave intensiteter være behagelige, men er ved høje intensiteter meget ubehagelige. Denne overgang kan ske ved forskellige intensiteter for forskellige lugtstoffer.

Lugtgener og lugtopfattelse er et samspil mellem lugtens intensitet, hyppighed og varighed.

2.1 Lugtgrænseværdi

Den formelle definition af lugtgrænseværdien findes i den såkaldte Lugtvejledning (MST 1985). Her angives: "Dimensionering af skorsten og/eller rensningsforanstaltninger ved emission af lugtende stoffer anbefales udført således, at maksimumkoncentrationen (1 minuts midlingstid) af det pågældende stof ikke overskrider koncentrationen ved 5-10 gange lugttærsklen. Maksimumkoncentrationen, der ikke bør overskrides ved jordoverfladen udenfor virksomhedens skel i boligområder, beregnes som et gennemsnit af forventede spidsværdier under neutrale til let ustabile atmosfæriske forhold og en vindhastighed på 4,5 m/s. I industriområder og deciderede åbne landområder kan denne koncentration i visse tilfælde lempes

med en faktor 2-3.", og " Kun i nogle få procent af tiden optræder meteorologiske situationer, som giver anledning til højere koncentrationer ved jordoverfladen".

Herudover anvises i Lugtvejledningen simple formler for beregning af tilstrækkelig skorstenshøjde. Formlerne er meget forenklede og angiver kun grove og usikre værdier for størrelsen af et lugtpåvirket område, konsekvensområde. Dette medfører en række u hensigtsmæssigheder. For det første er formlerne meget konservative, hvis konsekvensområdet falder inden for en virksomheds skel, idet man så ikke har kendskab til koncentrationerne uden for skel. For det andet kan de faktiske niveauer af lugtkoncentrationer ikke vurderes, og derved kan størrelsen af lempelser i industriområder heller ikke kvantificeres. Endelig bør formlerne ikke bruges for skorstenshøjder over 80 m. Derfor anviser Miljøstyrelsen i et brev til amter og kommuner (MST 1990a) en anden beregningsprocedure, som omtales i det følgende.

2.2 Model for beregning af lugtspredning

OML

Miljøstyrelsens anvisning på en procedure til lugtberegninger bygger på anvendelsen af den atmosfæriske spredningsmodel OML (Berkowicz et al. 1986; Løfstrøm et al. 1994; Olesen et al. 1992). OML bruges i stort omfang i forbindelse med miljøgodkendelse af virksomheder, som emitterer stoffer til luften (Miljøstyrelsen 1990b). OML-modellen beregner hvordan et emitteret stof fra en skorsten fortyndes via luftens turbulens inden det når jorden. Modellen beregner 1-times middelkoncentrationer i omgivelserne og beregner 99%-fraktiler på månedsbasis.

Definitionen af lugtgrænseværdien siger lettere omskrevet, at et gennemsnit af forventede spidsværdier (1-minut middel) kun i nogle få procent af tiden må give anledning til højere koncentrationer end 5-10 LE/m³.

Beregningsmetode
med faktor 7,8

På denne baggrund anviser Miljøstyrelsen i mangel af bedre således, at bruge OML's beregnede 99%-fraktiler af *timemiddelværdier* af lugtkoncentrationer. Fraktilværdierne omregnes til de tilhørende maksimale *1-minutværdier* ved at multiplicere med 7,8 (svare til kvadratroden af forholdet mellem 60 min. og 1 min.). De således beregnede værdier sammenholdes med en grænseværdi på 5-10 LE/m³.

Faktoren 7,8 er usikker.

Fejlagtig tolkning af
grænseværdien

Begreberne i den gældende procedure må siges at være svært genenskuelige. Proceduren for beregning betyder *ikke*, som det ofte fejlagtigt tolkes, at der herved beregnes 99%-fraktiler af 1-minuts middelværdierne på månedsbasis. Derimod forholder det sig således, at hvis grænseværdien er tangeret, vil der i hver af højest 7 enkelte timer på en måned (1% af timerne) forekomme mindst én 1-minuts-episode, hvor lugten i middel har oversteget den numeriske værdi af grænseværdien (5-10 LE/m³).

2.3 Begrænsninger i den nuværende metode

Ved lugtberegninger anvendes i øjeblikket næsten udelukkende OML-beregning af 99%-fraktilen, som ganges med faktoren 7,8. Faktoren angiver hvor mange gange højere den maksimale 1-minuts middelværdi indenfor en time er i forhold til timens middelværdi.

Faktoren er som nævnt usikker. Usikkerheden skyldes, at faktoren er udtaget af målinger fra høje kilder (> 100 m) under bestemte og dermed begrænsede atmosfæriske stabilitetsforhold (Hino 1968). Desuden er faktoren ikke nødvendigvis bestemt for et fast punkt ved en kilde, men kan udtrykke forholdet mellem forskellige geografiske punkter.

Hertil kommer at målinger i vindtunneler (Wilson et al. 1985) og fuldskala eksperimenter (Lewellen 1986, Mylne and Davidson 1992, Mylne 1992) viser, at en lang række parametre har indflydelse på forholdet mellem kort- og langtids middelværdier. Parametrene er afstand fra kilden, afstand på tværs af lugtfanen, højde af skorsten, bygninger ved kilden, atmosfærens stabilitet, diameter af skorstenstoppen. Disse forhold er ikke indeholdt i en konstant faktor.

På grund af disse begrænsninger og usikkerheder er der til OML udviklet nye moduler, som netop tager hensyn til ovennævnte parametre, hvorved der opnås en mere sikker beregningsprocedure. Den ny model beskrives kort i kap. 4.

[Tom side]

3 Tysk metode

Som baggrund for et forslag til en ny definition af en lugtgrænseværdi er der foretaget en sammenligning mellem den nuværende danske og tyske grænseværdi samt beregningsprocedure. Først beskrives den tyske metode, derefter beskrives de konstruerede kilder, som anvendes ved sammenligningen, og til sidst beskrives resultater fra sammenligningen.

Grænseværdi og lugttimer

Den tyske lugtgrænseværdi er blevet revideret og præciseret i 1994 (LAI 1994) og er beskrevet og eksemplificeret af Both (1995). Grundprincippet er, at man tæller såkaldte *lugttimer*. En time i året kaldes en lugttime, hvis der i mere end 10 % af tiden indenfor timen (dvs. i sammenlagt 6 minutter) kan registreres lugt. Grænseværdien siger, at der fra virksomheder højest må registreres 10 % lugttimer på et år i beboelsesområder og højest 15 % lugttimer i industriområder.

Mobilt lugtpanel

Lugten skal registreres i relevante områder i omgivelserne af et mobilt lugtpanel (min. 10 personer). Lugten skal opgøres samlet fra alle virksomheder i området og skal kunne skelnes fra øvrige lugte i området både naturlige (vegetation) og antropogene (trafik, boligopvarmning, mindre landbrug). Der er anvisninger på hvordan lugtpaneller placeres i omgivelserne af virksomheden, hvordan og i hvor lang tid panelisterne skal registrere lugte samt valg af forskellige årstider for registrering. Registreringen opgøres i kvadrater (som middel over observationer i 4 hjørner) placeret i relevante områder - dvs. hvor mennesker opholder sig i lang tid, f.eks. boligområder. Kvadraterne kan variere i størrelse (50, 100, 250 og 500 m) og er typisk 250x250m² i omkring 1000 m's afstand fra kilden. På grund af et begrænset antal panelregistreringer (52 eller 104) i hvert kvadrat anvendes en sikkerhedsfaktor på 1,5 og 1,7 i boligområder (1,3 og 1,6 i industriområder), hvilket medfører at lugten reelt sammenlignes med en grænseværdi på 5,9-6,7% lugttimer i boligområder.

I de enkelte delstater i Tyskland administreres grænseværdien dog lidt forskelligt mht. hvilke virksomheder (specielt større landbrug), der er berørt (Hartmann 1999).

Beregningsprocedure

Ved udvidelse eller oprettelse af en virksomhed skal vurderingen af lugtemissionen anvende følgende metode, som inddrager spredningsberegninger og eventuelt ovennævnte undersøgelsesmetode med et mobilt lugtpanel.

Forventet ekstra lugtbelastning

Først foretages en beregning af den *forventede ekstra lugtbelastning* fra den pågældende virksomheds samlede lugtemission med en spredningsmodel, som ofte vil være en Gaussisk røgfanemodell fra TA Luft. Modellen beregner timemiddelværdier af lugtstofkoncentrationen. Timeværdierne multipliceres med en faktor 10 for at tage hensyn til kortvarige høje koncentrationer. Overskrider denne værdi (10 gange timemiddelværdien) lugttærsklen, tæller timen som en lugttime i den årlige statistik (Hartmann 1999). Antallet af lugttimer skal midles over 9 punkter i kvadrater af samme størrelse og beliggenhed, som ville være brugt for et mobilt lugtpanel. Beregningerne skal

godtgøre, at lugtbelastningen er under 6% lugttimer på et år (kaldes i det følgende beregningsgrænseværdien).

Eksisterende lugtbelastning Dernæst bestemmes den eksisterende lugtbelastning (% lugttimer pr. år) fra andre virksomheder ved ovenfor nævnte metode med et mobilt lugtpanel.

Total lugtbelastning Den totale lugtbelastning, beregnet som summen af den forventede ekstra lugtbelastning og den eksisterende lugtbelastning, skal være mindre end grænseværdien.

Bagatelgrænse Dog er der en bagatelgrænse, som siger, at hvis forventede ekstra lugtbelastning er under 2%, skal virksomheden under alle omstændigheder lugtgodkendes, og det er ikke nødvendigt at anvende et lugtpanel i omgivelserne.

På grund af den omstændelige, langvarige og dyre metode med et mobilt lugtpanel er det derfor almindeligt kun at foretage modelberegninger (Both 1995).

3.1 Konstruerede kilder til brug for sammenligning

I næste kapitel er foretaget en sammenligning mellem nuværende danske og tyske definitioner af lugtgrænseværdier og metoder til beregning. Denne sammenligning er foretaget for en lang række konstruerede punktkilder. Disse kilder er beskrevet i det følgende.

Diameter, temperatur og røggasmængde

Når der ses bort fra emissionen, er skorstenshøjden den vigtigste parameter for beskrivelse af en kilde. Derfor vil indgangsparameteren i mange figurer i dette og efterfølgende kapitler netop være skorstenshøjden. Der er foretaget beregninger for følgende skorstenshøjder, Hs: 5, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 80, 100 og 120 m. Det antages, at forholdet mellem skorstensens højde og diameter er 40:1. For hver af disse højder foretages beregninger for tre forskellige højder af tilstødende bygninger, Hb, angivet i forhold til den aktuelle skorstenshøjde: 0, 0.5 og 1.0 Hs. Endelig er der foretaget yderligere 5 opdelinger efter størrelsen af røgfaneløftet: intet løft (røggasmængden er nul) samt 4 kombinationer af røggastemperatur på 25 og 100 °C og røggashastighed på 8 og 16 m/s. Herved der i alt $10 \cdot 3 \cdot 5 = 150$ kombinationer af konstruerede kilder. Fra disse antagelser kan røggasmængden beregnes og nogle eksempler er vist i tabel 3.1 sammen med den anvendte skorstensdiameter.

Emission

Ved samtlige beregninger, hvor andet ikke er angivet, er de enkelte konstruerede kilders lugtstofemission netop afpasset, således at den nuværende danske grænseværdi (kap. 2.1) på 10 LE/m^3 er overholdt ved beregninger med den nuværende metode (kap. 2.2).

Realistiske og urealistiske kilder

Det skal bemærkes, at nogle af de konstruerede kilder er meget teoretisk konstrueret og sandsynligvis ikke vil forekomme ret ofte. Generelt gælder det kilder med skorstene over ca. 40 m med bygninger på samme højde. Ligeledes er kilder helt uden røgfaneløft (røggasmængden er ubetydelig) med reduceret eller ingen bygningseffekt med skorstenshøjder over ca. 20 m heller ikke realistiske.

Tabel 3.1 Røggasmængde (Vol) og skorstensdiameter (Ds) for forskellige skorstenshøjder (Hs), røggastemperaturer (T) og -hastigheder (Vs) for udvalgte konstruerede kilder.

T	Vs	Hs (m)	5	15	30	60	120
(°C)	(m/s)	Ds (m)	0,13	0,38	0,75	1,50	3,00
-	0	Vol (Nm ³ /s)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25	8	-	0,09	0,81	3,24	13,0	51,8
25	16	-	0,18	1,62	6,48	35,9	103,6
100	8	-	0,07	0,65	2,59	10,4	41,3
100	16	-	0,14	1,29	5,17	20,7	82,6

3.2 Sammenligning med nuværende danske metode

Forskellen mellem den danske og den tyske beregningsmetode består i de statistiske definitioner, i at beregning udføres for et punkt resp. et kvadrant samt i faktoren 7,8 resp. 10, som forsøger at beskrive kortvarige spidsværdier. Den danske grænseværdi betyder, at i et punkt skal 7,8 gange den maksimale månedlige 99%-fraktil af time-middelværdien være mindre end 10 LE/m³, og den tyske beregningsgrænseværdi betyder, at 10 gange den årlige 94%-fraktil af time-middelværdier midlet over et kvadrat skal være mindre end 1 LE/m³.

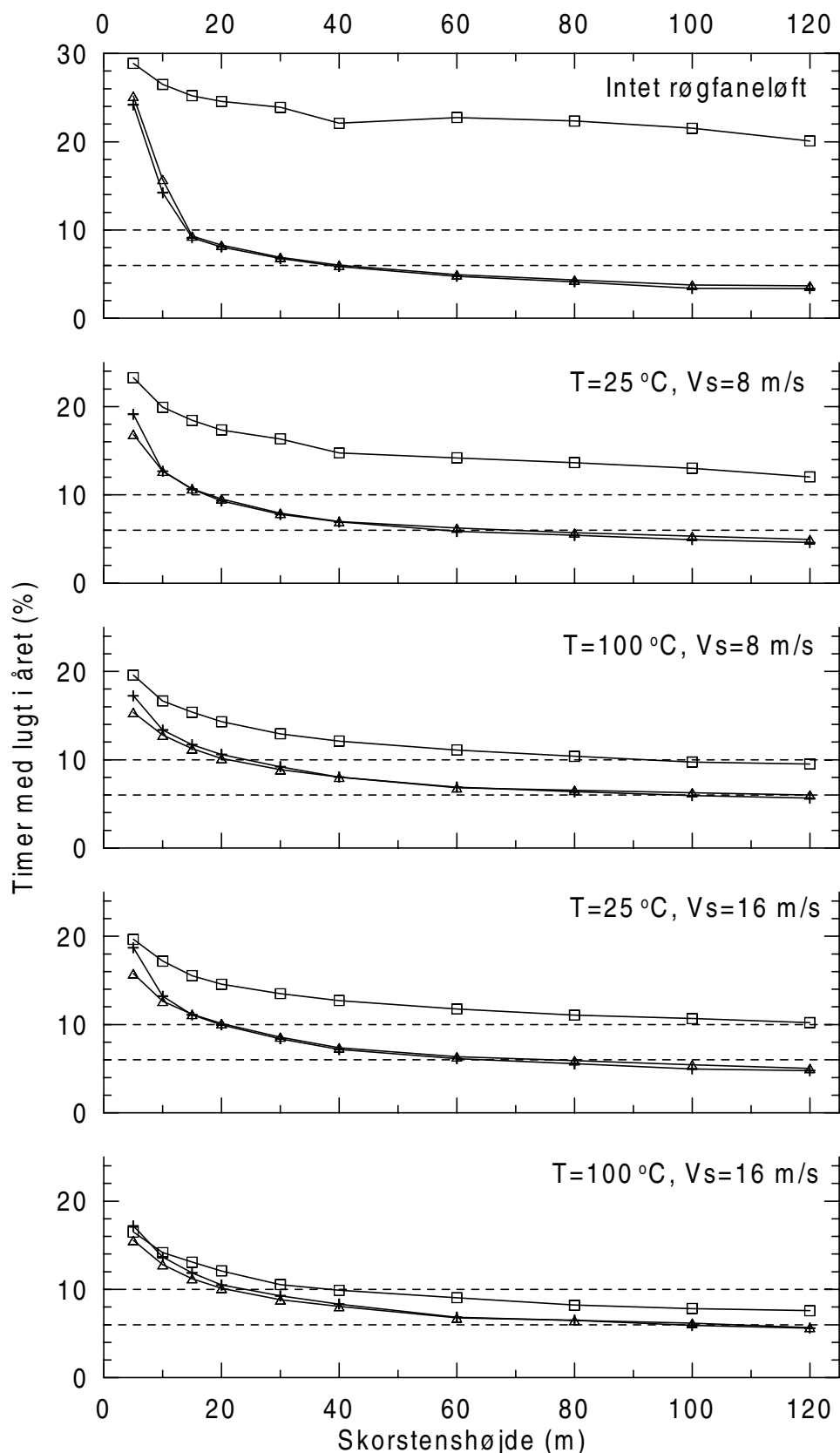
Ved sammenligningen er anvendt de 150 konstruerede kilder, som er omtalt i kap. 3.1, altså kilder som netop opfylder de nuværende danske krav med grænseværdi på 10 LE/m³. For disse kilder (og deres respektive emissioner) er beregningerne foretaget med en speciel version af OML modellen, som kan danne den nødvendige statistik til sammenligning med den tyske grænseværdi.

Der er beregnet det procentvise antal lugttimer i året, hvor der med den tyske definition forekommer lugt i mindst 10% af timen.

Afvigelse i simulering af tysk metode

Ved sammenligningen af den danske og den tyske beregningsmetode er der to punkter hvor simuleringen af beregning med den tyske metode ikke er helt eksakt. Der er anvendt OML modellen i stedet for modellen fra TA Luft, og der er her ikke midlet over kvadrater, men kun set på punkter. Det sidste vil medføre, at de beregnede værdier vil være større. Derudover vil der sammen med den tyske metode i praksis være anvendt en anden meteorologisk statistik end den, OML anvender. Disse afvigelser fra den eksakte tyske metode giver dog den fordel, at forskelle i de statistiske definitioner bedre belyses.

Sammenligningen er foretaget i receptorer med størst belastning ved de respektive metoder, det vil sige, at de dimensionerende receptorer ikke behøver at være og heller ikke er de samme ved de to metoder.



Figur 3.1 Sammenligning af dansk og tysk metode for regulering af lugtkilder. Beregningerne er udført for konstruerede kilder, som netop opfylder den danske grænseværdi på 10 LE/m^3 beregnet med den nuværende danske metode. Lugtbelastningen 'Timer med lugt i året' er beregnet med anvendelse af en speciel udgave af OML-modellen, som danner de statistiske værdier til sammenligning med den egentlige tyske grænseværdi på 10% og beregningsgrænseværdien på 6% (----). Kildernes røggastemperatur (T) og røggashastighed (Vs) er angivet og har betydning for røgfaneløft. 'Intet røgfaneløft' betyder, at røggasmængden er ubetydelig. +, Δ og \square angiver forskellige højder for tilstødende bygninger. Bygningshøjderne er 0, 0,5 resp. 1,0 gange skorstenshøjden.

Resultaterne ses i figur 3.1 og sammenlignes med den egentlige tyske grænseværdi på 10 % lugttimer og med beregningsgrænseværdien for den ekstra lugtbelastning på 6% lugttimer.

Når der ses bort fra kilder, hvor den tilhørende bygningshøjde er lig skorstenshøjden (kurver markeret med firkant), så viser figuren generelt, at forskellen mellem metoderne består i, at for lave kilder med skorstenshøjde under ca. 20 m resp. 60 m er den tyske metode mere restriktiv, idet godkendte danske lave kilder ikke overholder den tyske grænseværdi, som tillader op til 10% resp. 6% af timerne i året med lugt. Modsat forholder det sig med højere kilder, hvor den tyske metode er relativt mere lempelig, idet godkendte danske høje kilder klart opfylder de tyske krav på 10% og tangerer 6%.

Den mest markante og systematiske forskel mellem den danske og tyske metode ses for kilder uden røgfaneløft, dvs. kilder med ubetydelig røggasmængde (men selvfølgelig med stor lugtstofindhold). For kilder med fuld bygningseffekt (bygningshøjde lig skorstenshøjde) er belastningen for miljøgodkendte danske kilder den største i blandt alle typer røgfaneløft med ca. 20-30% lugttimer, hvor den tyske grænseværdi er 10% og 6%. For de højeste kilder uden eller med reduceret bygningseffekt ses den mindste andel af lugttimer blandt alle typer røgfaneløft, og den er på ca. 4%.

Generelt er der en mindre forskel på betydningen af bygningseffekten med stigende røgfaneløft, hvilket selvfølgelig er en effekt af at røgfanen 'går fri' af bygningerne.

Disse resultater siger ikke noget om, hvorvidt den tyske metode er bedre eller dårligere end den danske metode, men påpeger kun en forskel mellem forskellige metoder.

[Tom side]

4 Ny model for lugtspredning

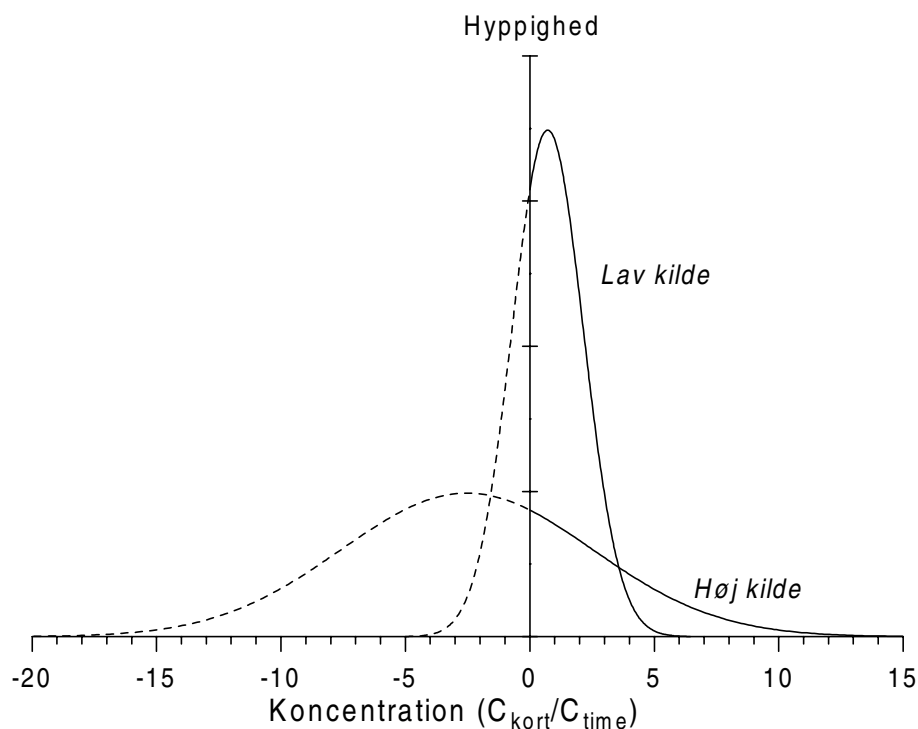
Lugtberegningerne i kapitel 5 og 7 er baseret på en nyligt udviklet lugtmodel, som kort er beskrevet i et notat (Løfstrøm 1998). Modelens hovedtræk skitseres også i det følgende. Denne model er yderligere blevet modificeret på outputsiden for at kunne danne de nødvendige statistiske data, der anvendes i forbindelse med den foreslåede nye lugtgrænseværdi.

Beskrivelse af model

Den ny lugtmodel består af et lugtmodul, der er indbygget i OML-modellen, som er det egentlige fundament i det samlede system.

Grundprincippet er at lugtmodellen beregner den procentdel af tiden, hvor korttidskoncentrationen midlet over ca. 1 sek. befinder sig i forskellige koncentrationsintervaller. I praksis anvendes kun korttidskoncentrationer over lugttærsklen. Der kan beregnes over forskellige perioder: måneder i året eller et år.

Udviklingen af modellen har taget udgangspunkt i den viden og analyse af fuldskala eksperimentelle data, som allerede blev bragt tilveje under udviklingsarbejdet af en præliminær model (Løfstrøm et al. 1996), og har i høj grad fulgt arbejdet af D.J. Wilson et al. (1985) baseret på data fra vindtunneler. Siden er nogle af de fundamentale fysiske principper blevet afklaret yderligere og mere korrekt forstået (Wilson 1995, Sykes 1988). Disse principper er indarbejdet i den præliminære model og videreudviklet i den ny model.



Figur 4.1 Principiel skitse af den nye lugtmodels beskrivelse i et givet receptorpunkt af korttidskoncentrationernes (C_{kort}) hyppighedsfordeling inden for en given time i forhold til middelværdien (C_{time}) for en høj og en lav kilde. Arealet under kurverne for 'negative' koncentrationer er proportionalt med tiden hvor koncentrationer er nul.

Det overordnede princip i modellen er at man kan beregne den statistiske hyppighed af forskellige niveauer af korttidskoncentrationerne inden for en time i et givet receptorpunkt. Hyppigheden udtrykkes via en sandsynlighedstæthedsfunktion *pdf* (probability density function) for koncentrationerne. Denne *pdf* er i modellen alene bestemt ved intensiteten¹ af koncentrationsfluktuationerne og middelværdien af koncentrationen. Intensiteten beregnes i lugtmodulet og middelværdien beregnes i OML modellen. En principiel skitse for hyppighedsfordelingen for en høj og en lav skorsten i et givet receptorpunkt er vist i figur 4.1.

Intensiteten er i meget høj grad bestemt af forholdet mellem størrelserne af den øjeblikkelige (instantane) røgfane og de turbulente hvirvler. Forholdet afhænger af kildens skorstensdiameter, røgfanens højde over jorden, meteorologien dvs. stabiliteten i den nedre turbulente del af atmosfæren (grænselaget) og ruhedselementer på jorden f.eks. generel ruhed og lokale bygninger samt transporttiden fra udslip til receptor.

Ved beregning af intensiteten, og dermed af korttidskoncentrationerne, tager lugtmodulet hensyn til indflydelsen fra følgende forhold:

- skorstenshøjde
- skorstensdiameter
- røgfaneløft
- bygningseffekter
- receptorplacering: nedstrøms og tværvinds afstand, højde over jorden
- stabilitet i grænselaget
- stor horisontal meander (store bugtende bevægelser af røgfanen)
- højden af grænselaget (dæmper intensiteten i større afstande)
- jordoverfladen (dæmper intensiteten nær jordoverfladen)

Gyldighedsområde

Da modellen er opbygget på grundlag af fysiske principper støttet i eksperimentelle data, retfærdiggør det, at modellen anvendes uden for de egentligt eksperimentelt dokumenterede områder. Der er dog nogle ydergrænser i modellen, som er mindre godt eksperimentelt dokumenteret, og derfor ikke har så høj pålidelighed. Det gælder modellens anvendelsesområde med hensyn til afstand og afkastdiameter.

Modellen er mest pålidelig for afstande op til ca. 4 km, men vil give rimelige estimater for større afstande.

¹ Intensiteten er forholdet $\langle c'(t)^2 \rangle^{1/2} / \langle c \rangle$, hvor $\langle c \rangle$ er middelkoncentrationen og $c'(t)$ er afvigelsen fra $\langle c \rangle$ til et givet tidspunkt, t , hvor koncentrationen er $c(t)$, dvs. $c(t) = \langle c \rangle + c'(t)$. ($\langle \rangle$ betegner middelværdien over en time.)

Begrænsninger i verifikationen

To væsentlige parametre i modellen er de turbulente hvirvlers størrelse og kildens skorstediameter. De eksperimentelle data dækker et rimeligt stort interval for forholdet mellem de to parametre. Modellen tillader parameterforhold uden for dette interval, som dog er begrænset til en udvidelse med en faktor 5. Alligevel vil næsten alle normale afkastforhold for punktkilder være dækket, og modellen vil tvinge alle andre parameterforhold ind i dette område.

Selv om modellen er opbygget på grundlag af eksperimentelle data og teoretisk viden, og derfor kan ekstrapoleres udover måleområdet, så er der dog nogle sider af modellen, som er mindre godt eksperimentelt dokumenteret på grund af begrænsninger i datamaterialet og dermed vil have en større usikkerhed i beregningerne.

Det gælder således for lave kilder med bygningseffekter, hvor der ikke har været eksperimentelle data til verifikation og justeringer af modellen, idet de her anvendte data er for kraftværksbygninger. I 1999 og 2000 er indsamlet data fra spredningsforsøg omkring lave kilder med bygningseffekter; men data er ikke analyseret eller indarbejdet i modellen.

For stabile grænselag har datamaterialet været yderst begrænset. I praksis vil det have mest betydning for meget lave kilder.

For kilder med stor røggasmængde og høj temperatur, som derfor har et meget stort løft af røgfanen, har der ligeledes kun været adgang til få eksperimentelle data.

Modellen er ligeledes kun udviklet for enkeltkilder, men kan på meget forenklet vis håndtere flere kilder.

[Tom side]

5 Hyppighed og intensitet af lugt

Den nuværende danske lugtgrænseværdi tager som nævnt kun hensyn til lugtstofkoncentrationer over 5-10 LE/m³. Det vil sige, at der findes et stort ikke reguleret spillerum for lugtbare koncentrationer mellem lugttærsklen (1 LE/m³) og grænseværdien. Hvor hyppigt lugtkoncentrationer i intervallet 1-10 LE/m³ optræder, belyses i det følgende.

Forventet lugthyppighed

Der kan umiddelbart forventes, at hyppigheden er forskellig for høje og lave skorstenshøjder. Det skyldes, at de meteorologiske forhold, som bevirker de største koncentrationer ved jorden, forekommer hyppigere for lave skorstene end for høje, idet turbulens og spredningsforholdene fra lave skorstene er mindre påvirket af grænselagets stabilitet, end det er tilfældet for høje skorstene.

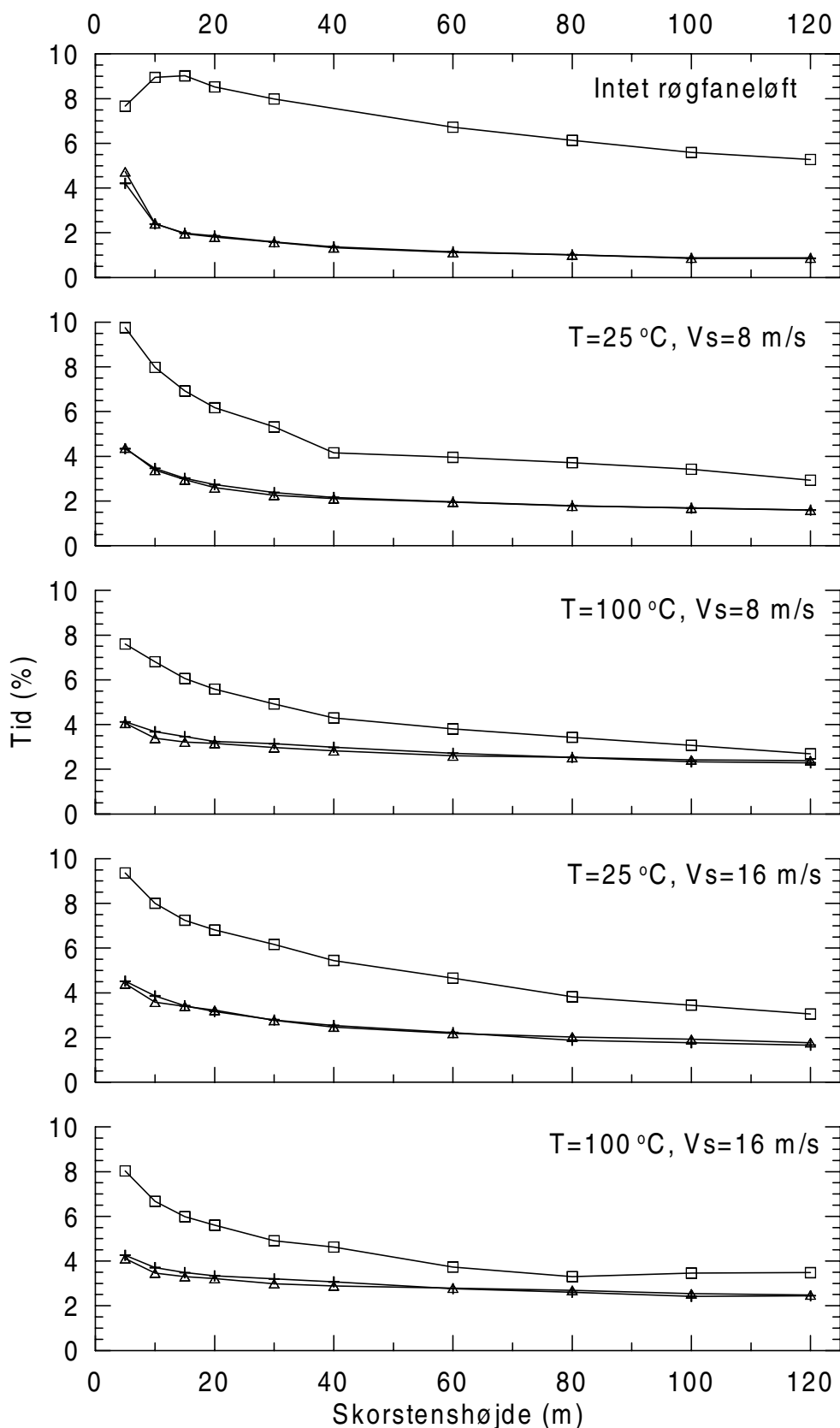
Beregnet lugthyppighed

Ved hjælp af den ny lugtmodel er det muligt at beregne hyppigheden af overskridelsen af forskellige lugtkoncentrationer (tærskelværdier). Som udtryk for hyppigheden angives, hvor stor en del af tiden inden for en måned en given tærskelværdi er overskredet. Tiden angiver således den samlede tid inden for en måned og består af summen af kortere eller længere varende overskridelser.

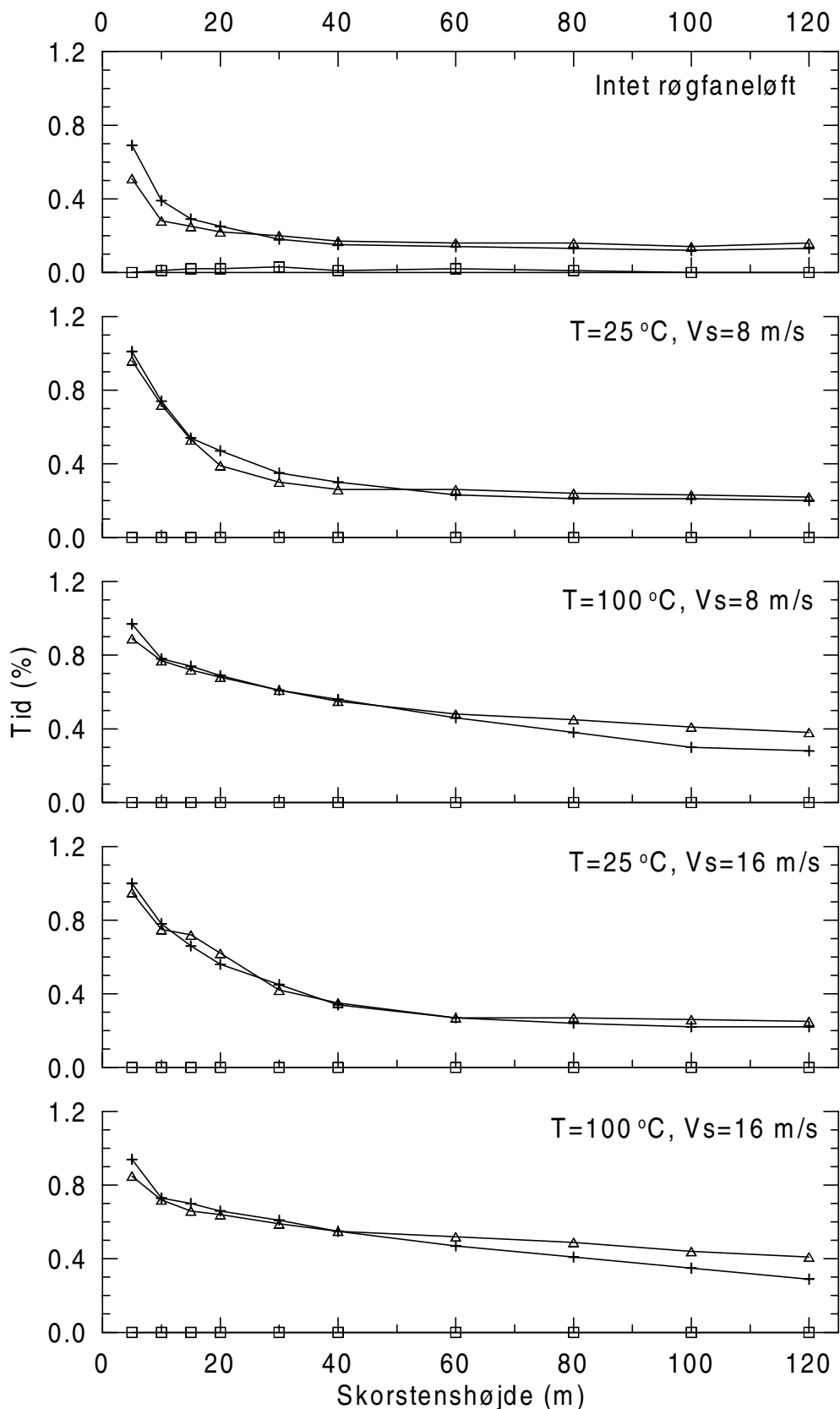
Der er foretaget beregninger for de 150 forskellige konstruerede kilder (kap. 3.1). Kilderne opfylder lige præcist den nuværende danske lugtgrænseværdi på 10 LE/m³ beregnet efter metoden omtalt i kap. 2. Det er beregnet, hvor stor en del af tiden inden for en måned 1 LE/m³ henholdsvis 10 LE/m³ er overskredet. For den måned i året og det receptorpunkt, hvor overskridelsen varer længst, er resultaterne vist i figur 5.1 og 5.2.

Af figur 5.1 fremgår, at tiden med overskridelse af lugttærsklen generelt er større for lave skorstene end for høje og er større for skorstene med fuld bygningseffekt (ens skorstens- og bygningshøjde) end for skorstene uden bygningseffekt. For eksempel optræder lugtkoncentrationer over lugttærsklen i ca. 8-10 % af tiden for en skorstenshøjde på 5 m og fuld bygningseffekt uanset typen af røgfanløft, som i alle tilfælde er meget lille og reel ikke har betydning. Uden bygningseffekt falder lugtbelastningen til ca. 4-5 % af tiden. For skorstene over ca. 20 m uden fuld bygningseffekt er variationen af tiden for de forskellige typer røgfanløft lille og varierer mellem 1,6 % og 3,3 %, dog bortset fra skorstene uden røgfanløft, som ikke er særlig realistiske, hvor tiden varierer mellem 0,9 % og 1,8 %.

I figur 5.2, som viser tiden med overskridelse af 10 LE/m³, ses i modsætning til figur 5.1, at for skorstene med fuld bygningseffekt er tiden med overskridelse praktisk taget nul for alle typer røgfanløft. Det skyldes, at receptorerne med størst lugtbelastning ligger tæt på skorstenen og bygningen, og her er lugten godt opblandet. Derved er den relative variation i koncentrationen inden for en time mindre og



Figur 5.1 Hyppighed (procent af tiden) for overskridelse af lugttærsklen ($1 \text{ LE}/\text{m}^3$) for receptoren og månenen i året, hvor overskridelsen varer længst. Beregningerne er udført for konstruerede kilder, som netop opfylder grænseværdien på $10 \text{ LE}/\text{m}^3$ beregnet med den nuværende danske metode. Kildernes røggastemperatur (T) og røggashastighed (V_s) er angivet og har betydning for røgfanens løft. 'Intet røgfanløft' betyder, at røggasmængden er ubetydelig. +, Δ og \square angiver forskellige højder for tilstødende bygninger. Bygningshøjderne er 0, 0,5 resp. 1,0 gange skorstenshøjden.



Figur 5.2 Hyppighed (procent af tiden) for overskridelse af den numeriske værdi af grænseværdien på 10 LE/m^3 for receptoren og månenen i året, hvor overskridelsen varer længst. Beregningerne er udført for konstruerede kilder, som netop opfylder grænseværdien på 10 LE/m^3 beregnet med den nuværende danske metode. Kildernes røggastemperatur (T) og røggashastighed (V_s) er angivet og har betydning for røgfanens løft. 'Intet røgfanelløft' betyder, at røggasmængden er ubetydelig. +, Δ og \square angiver forskellige højder for tilstødende bygninger. Bygningshøjderne er 0, 0,5 resp. 1,0 gange skorstenshøjden.

ligger tættere på timemiddelværdien, som pga. metoden for konstruktion af kilderne maksimalt i 1% af tiden er $10/7,8 \text{ LE/m}^3 = 1,29 \text{ LE/m}^3$.

Dog ses som i figur 5.1, at tiden med overskridelse er større for lave skorstene end for høje. Variationen mellem forskellige skorstenshøjder er relativt større for en tærskelværdi på 10 LE/m^3 . Den absolutte variation i tiden for skorstene over 20 m er ca. 0,2-0,7 %, når der ses bort fra skorstene uden røgfaneløft.

Der ses også, at tiden med koncentrationer over 10 LE/m^3 for stort set alle skorstenshøjder ligger under 1 % og i gennemsnit er ca. ½ %. I tiden indgår alle også korterevarende (< 1 min.) episoder med koncentrationer over 10 LE/m^3 . Det vil sige, at hvis tiden var beregnet med lugtkoncentrationer, som først var midlet over 1 minut, så ville procentværdierne i figur 5.2 være endnu mindre, idet nogle af de korteste episoder ville få beregnet en middeldkoncentration under 10 LE/m^3 . Disse procentværdier viser, at 99%-fraktilen af 1-minutsmiddelværdier formodentligt vil ligge langt under 10 LE/m^3 , hvilket kan man sammenligne med tolkningen og mistolkningen af lugtgrænseværdien i kap. 2.2.

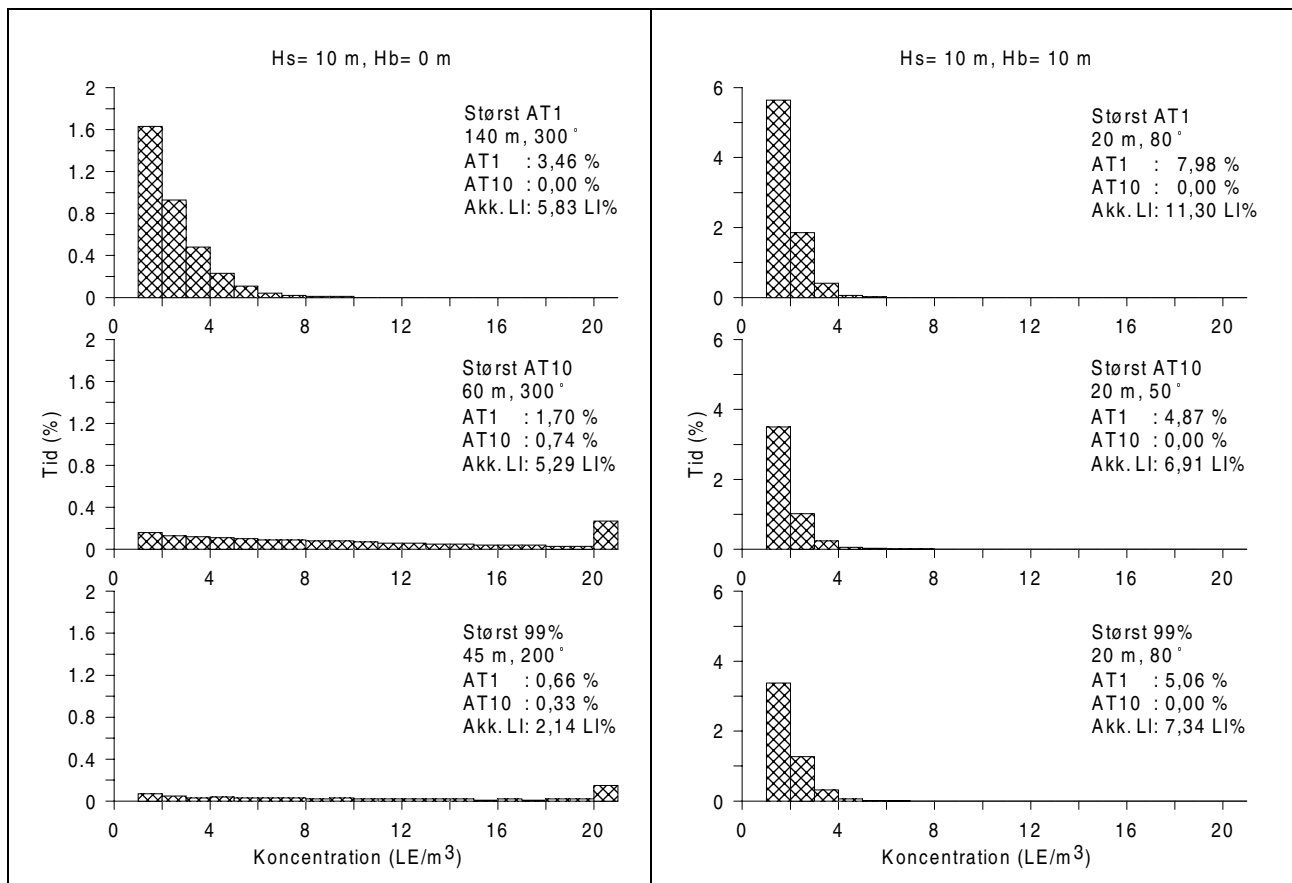
Det fremgår således, at tilsyneladende ens miljøgodkendte kilder giver anledning til forskellige lugtbelastninger.

Detaljeret hyppighed af lugt

Der er foretaget et uddybende studie af hvordan hyppigheden af lugtkoncentrationerne over lugttærsklen fordeler sig. Dette er gjort for seks forskellige kilder med røggastemperatur og -hastighed på 25°C og 8 m/s. Kilderne er karakteriseret ved skorstenshøjder på 10, 30 og 100 m uden og med fuld bygningseffekt. For hver kilde er i stolpediagrammet i figur 5.3 vist, hvor hyppigt koncentrationer optræder i forskellige koncentrationsintervaller for tre udvalgte receptorer. Receptorerne er valgt som de to receptorer med størst (akkumuleret) tid over henholdsvis lugttærsklen og 10 LE/m^3 (benævnt AT1 resp. AT10) samt receptoren, som er dimensionerende for den pågældende kilde efter den nuværende metode for begrænsning af lugtgener, dvs. receptoren med den maksimale 99%-fraktil af timemiddelværdierne (benævnt 99%). For alle receptorerne gælder, som for de tidligere viste beregningsresultater, at data er for den måned i året med den største værdi og måneden er ikke nødvendigvis den samme for de tre receptorer.

For hver af de tre kilder ses det samme generelle forhold mellem de tre receptorer. For kilder uden bygningseffekt ses følgende: For AT1-receptoren er hyppigheden relativ stor for lugtkoncentrationer i intervallet $1-2 \text{ LE/m}^3$, og den aftager til nær nul omkring 6 LE/m^3 . For AT10-receptoren er hyppigheden lav i alle intervaller, men er stadig forskellig fra nul over 20 LE/m^3 .

For 99%-receptoren ligner fordelingen meget den for AT10-receptoren, men hyppigheden i de enkelte intervaller er meget mindre. Dermed giver AT10-receptoren et bedre udtryk for en receptor med stor lugtbelastning, end 99%-receptoren gør.

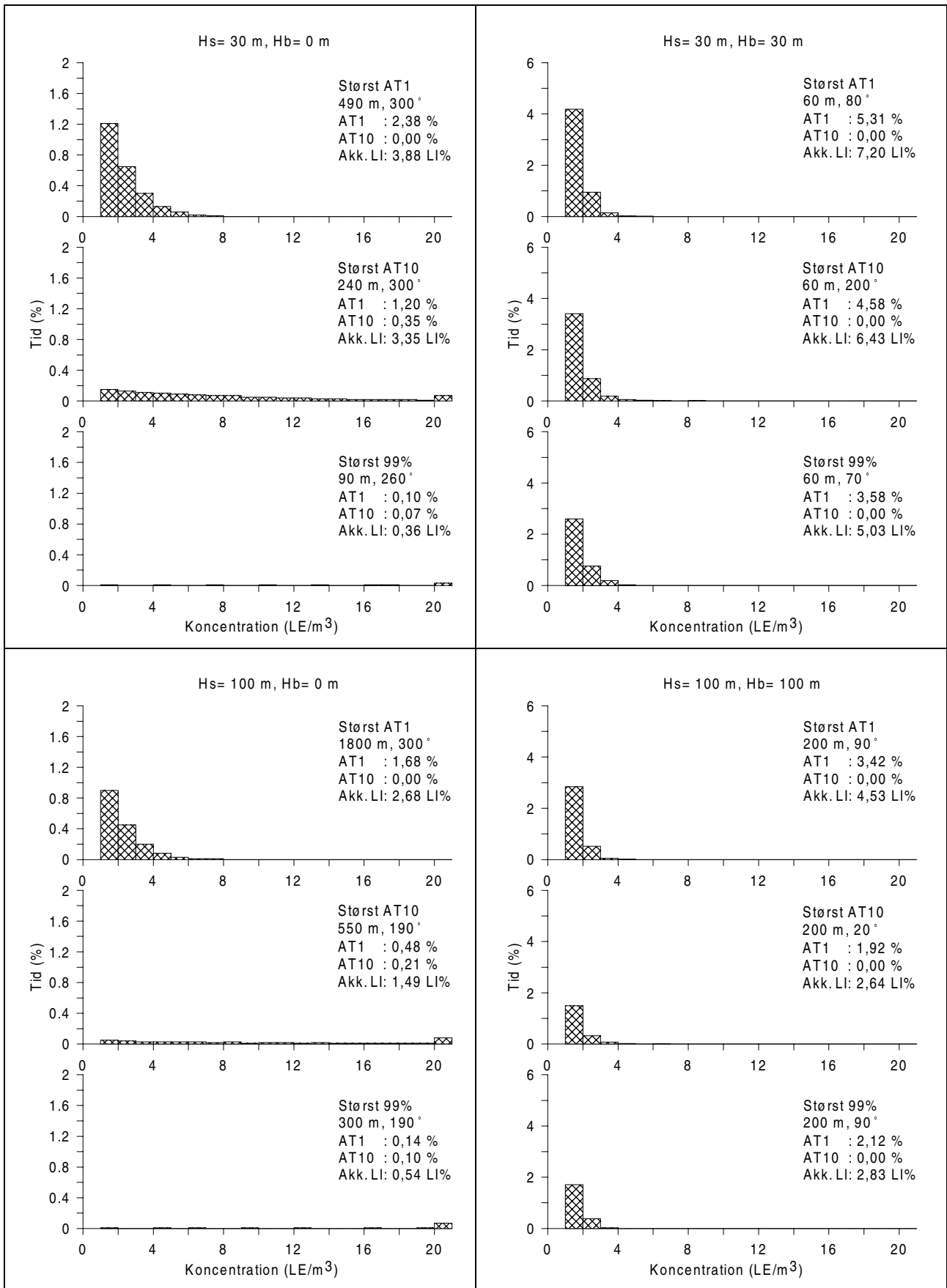


Figur 5.3 (fortsættes) Lugthyppigheder i form af stolpediagram for tid i måneden (%) med lugtkoncentrationer over lugttærsklen (1 LE/m^3) for seks forskellige konstruerede kilder og 3 forskellige valg af receptorer. Kilderne opfylder netop den nuværende danske grænseværdi på 10 LE/m^3 og har ens røggastemperatur og -hastighed på 25°C og 8 m/s , men har 3 forskellige skorstenshøjder (Hs) med 2 forskellige bygningshøjder (Hb), som det er angivet i figuren. For hver kilde er vist hyppigheder for tre receptorer: de to receptorer med størst akkumuleret tid over henholdsvis lugttærsklen (AT1) og 10 LE/m^3 (AT10) samt receptoren, som er dimensionerende efter den nuværende metode (99%). Data er for den måned i året med den største værdi for den pågældende receptor. Afstand og retning fra kilden til receptoren angivet. 'Akk. LI' angiver akkumuleret lugtintensitet, som er defineret i kap. 6 og anvendes senere i forbindelse med sammenligning med figur 7.4.

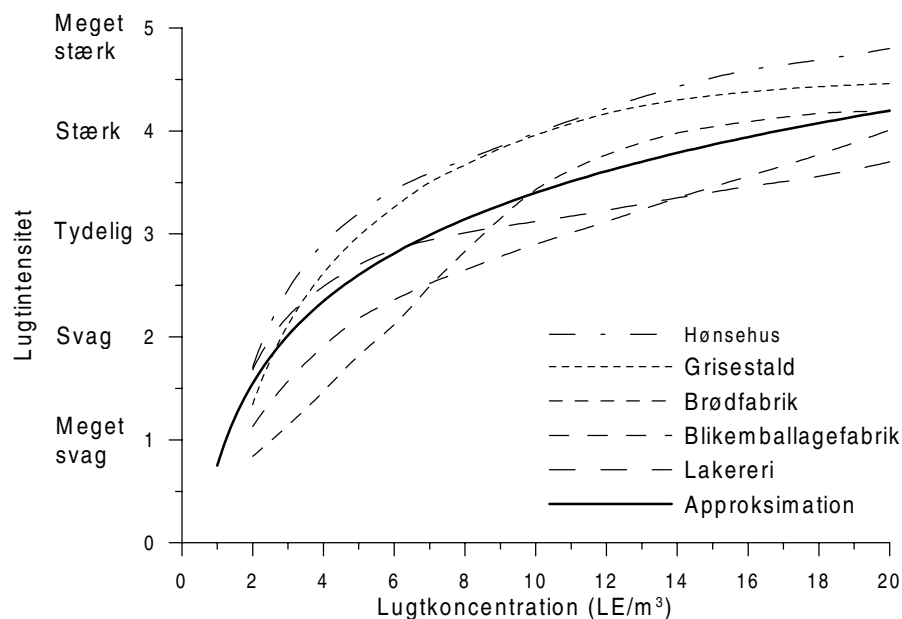
Men tiden med lugt over lugttærsklen er pr. definition stadig størst for AT1-receptoren, hvilket kan aflæses på AT1-værdierne i figuren.

For kilder med fuld bygningseffekt: Her er variationen mellem receptorerne overordentlig meget mindre, men stadig synlig. Hyppigheden er for alle receptorerne relativ stor for lugtkoncentrationer i interval let $1\text{-}2 \text{ LE/m}^3$, og den aftager til nær nul omkring 4 LE/m^3 . Dette skyldes, som nævnt, at receptorerne med størst lugtbelastning ligger tæt på skorstenen og i bygningens turbulensfelt, hvor lugten er godt opblandet, og dermed er variationen i koncentrationen lille og ligger tæt på timemiddelværdien.

Det er ikke oplagt om valget af receptor AT1 er at foretrække frem for AT10, hvis man skal udpege det punkt, der har størst lugtbelastning.



Figur 5.3 (fortsat)



Figur 5.4 Eksempel på relation mellem lugtkoncentration og lugtintensitet for fem forskellige kildetyper efter Boholt 1999. Kurven 'approximation' er en antaget approksimation for en generel relation foretaget her med henblik på anvendes i kap. 6 og 7.

Det er ikke umiddelbart til at afgøre om få høje lugtkoncentrationer er værre eller bedre end hyppige lave koncentrationer. Derimod giver 99%-receptoren ofte et ringere udtryk for store belastninger end AT10.

Lugtintensitet

Lugtkoncentrationen over lugttærsklen varierer således meget, og hvor kraftigt lugten ved de forskellige koncentrationsniveauer egentligt opfattes af mennesker kan beskrives ved hjælp af lugtens intensitet.

Der har været anvendt forskellige metoder til omsætning mellem lugtstofkoncentration og intensitet (Chen et al. 1999a), men den mest almindelige benyttede metode er *seks-punkts kategori skala* metoden (Chen et al. 1999b, Winneke et al., 1988). Her bedømmer et lugtpanel en given lugtkoncentration til en af følgende seks værdier fra 0 til 5: 0 = ingen lugt, 1 = meget svag, 2 = svag, 3 = tydelig, 4 = stærk og 5 = meget stærk.

Som eksempel er denne seks-punkts metode blevet anvendt på en række forskellige danske kilder (Boholt 1999). Kildetyperne var følgende: hønsesus, grisestald, brødfabrik, blikemalagefabrik og lake- reri. Resultatet er vist i figur 5.4.

Det ses i figuren, at der kan være stor variation i lugtintensiteten for forskellige lugte ved samme lugtstofkoncentration. For eksempel er lugten fra et hønsesus "tydelig" ved 4 LE/m³, mens der kræves en væsentlig større lugtkoncentration (12 LE/m³), før lugten fra et lake- reri er "tydelig".

Intensitet og koncentration

For mange lugte er der gennem tiderne forsøgt opstillet forskellige matematiske relationer for lugtintensitetens funktionsafhængighed af lugtkoncentrationen - blandt andet potens og logaritmiske relationer (Chen et al. 1999b). Meget brugt er *Weber-Fechner loven*, som udtrykker en logaritmisk relation:

$$I(c) = k_1 \cdot \log_{10}(c) + k_2$$

hvor I er lugtintensiteten, c er lugtkoncentrationen og k_1 og k_2 er konstanter tilpasset den specifikke lugt.

Kurven 'approximation' i figur 5.4 er en *Weber-Fechner* logaritmisk relation med værdier for k_1 og k_2 på 2,65 respektive 0,75. Kurven er her antaget approximation for en generel relation og anvendes i kap. 6 og 7.

Accepterbarhed og koncentration

Lugtens accepterbarhed følger, som nævnt i kap. 2.1, i nogen grad lugtintensiteten. Hvis accepterbarheden, angivet via en skala som går fra 'meget behagelig' over 'neutral' til 'meget ubehagelig', indsættes i figur 5.4 i stedet for lugtintensiteten, så vil kurverne stadig i en vis udstrækning følge kurverne for relation til lugtkoncentrationen (Rovsing 1992).

Det vil således sige, at menneskets lugtopfattelse er logaritmisk, idet lugtopfattelsen kan beskrives med en logaritmisk funktion af lugtkoncentrationen. Man kan sige, at lugtens intensitet og dermed også accepterbarhed er en form for menneskets beskrivelse eller opfattelse af lugt og er dermed også en form for vægtning af ubehag ved lugt.

Ved vurdering af lugtgener er det vigtigt at inddrage lave lugtkoncentrationer, hvilket kan ses dels ved at lugtkoncentrationer på 3-4 LE/m³ kan være tydelig og ubehagelig, og dels ved at lave koncentrationer forekommer meget hyppigere end koncentrationer over 10 LE/m³. Selv lave koncentrationer vil formodentligt være generende ved længere tids påvirkning.

6 Forslag til ny definition af grænseværdi

På baggrund af de foregående kapitlers beskrivelse af usikkerheden i den nuværende beregningsmetode for lugt i omgivelserne, den matematiske upræcise definition af grænseværdien, betydningen af lugtens intensitet og accepterbarhed foreslås en ny definition af en grænseværdi, som kan drage nytte af den nye lugtmodels kapacitet.

Lugtopfattelse og vægtning

Menneskets lugtopfattelse, beskrevet gennem en logaritmisk relation til lugtkoncentrationen, kan betragtes som en form for menneskelig vægtning af lugtgener.

Generel definition af grænseværdi

Vægtningen af lugtopfattelsen i form af intensiteten er inddraget i forslaget til definition af en grænseværdi, idet den akkumulerede tid i løbet af en måned, hvor en given lugtkoncentration forekommer, vægtes (ganges) med intensiteten. Dette gøres for alle koncentrationer over lugttærsklen. Matematisk betyder det, at en grænseværdi baseres på den akkumulerede eller integrerede tid for koncentrationer over lugttærsklen vægtet med lugtintensiteten. Herved fås den *akkumulerede lugtintensitet*:

Akkumuleret lugtintensitet

$$\int_1^{\infty} \text{tid}(c) \cdot I(c) \cdot dc$$

hvor c er lugtkoncentrationen (LE/m^3), $\text{tid}(c)$ er tiden med koncentrationer i intervallet c til $c+dc$ og $I(c)$ er lugtintensiteten. Lugtintensitet måles i lugtintensitetsenheder, forkortet LI. Enheden for akkumuleret lugtintensitet er således lugtintensitet gange tid, herefter defineret som $LI \cdot \text{timer}$.

Praktisk definition af grænseværdi

Af praktiske grunde for beregningen af integralet opdeles koncentrationen i intervaller af $1 \text{ LE}/\text{m}^3$, og hvert interval tildeles én lugtintensitet $I_k(c)$ hørende til den centrale koncentration i intervallet. Derudover betragtes lugtkoncentrationer over $30 \text{ LE}/\text{m}^3$, som havende samme intensitet som intervallet $29\text{-}30 \text{ LE}/\text{m}^3$. Herved udregnes den *akkumulerede lugtintensitet* således:

$$\text{Akk.LI} = \sum_{c_i=1,5}^{29,5} \text{tid}(c_i \pm 0,5) \cdot I_k(c_i)$$

hvor er $\text{tid}(c_i \pm 0,5)$ er den samlede tid i en måned for $c \in [c_i - 0,5; c_i + 0,5[$ og summationen udføres for $c_i = 1,5, 2,5, 3,5, \dots, 29,5 \text{ LE}/\text{m}^3$, idet $c \geq 30 \text{ LE}/\text{m}^3$ henføres til intervallet $29\text{-}30 \text{ LE}/\text{m}^3$. Det ligger i formlen, at så længe lugtkoncentrationen er under $1 \text{ LE}/\text{m}^3$, er der intet bidrag til den akkumulerede lugtintensitet.

Enhver lugtkilde har principielt sin egen unikke lugtintensitetskurve, som det eksempelvis fremgår af figur 5.4. Derfor bør det også i princippet være en unik kurve for hver kilde, som indgår ved beregningen af den akkumulerede lugtintensitet. Men man kan af praktiske og administrative grunde i stedet vælge at anvende én, to eller tre forskellige 'standard' kurver, som vælges via lugtkarakteren. I denne

rapport er det dog valgt at anvende en fast kurve for lugtintensiteten, nemlig den approksimative kurve vist i figur 5.4.

*Akkumuleret lugtintensitet
i procent*

Den akkumulerede lugtintensitet kan også angives i en anden enhed, hvor tiden angives som procent af beregningsperioden (en måned). Herved beregnes den månedlige *akkumulerede lugtintensitet*, som har enheden lugtintensitet gange procent af tiden (LI%), således:

$$Akk.LI = \sum_{c_i=1,5}^{29,5} tid(c_i \pm 0,5) \cdot I_k(c_i) \cdot 100\% / N$$

hvor N er antal timer i måneden. Denne enhed anvendes i det følgende. Den akkumulerede lugtintensitet vil være 100 LI%, hvis der igennem en hel måned konstant er en lugtintensitet på 1 lugtintensitetsenhed (1 LI) - d.v.s. en meget svag lugt.

Når den numeriske værdi for grænseværdien skal fastsættes, kan tabel 6.1 bidrage med eksempelmateriale. I tabellen er givet nogle eksempler på, hvordan to forskellige valg af en numerisk værdi for grænseværdien kan tolkes mht. varighed af forskellige niveauer af lugtkoncentrationer. Det ses, at for en numerisk værdi på 3,4 LI% er én tolkning, at der udelukkende optræder lugtkoncentrationer over lugttærsklen på præcis 10 LE/m³ med en samlet varighed på 1 % af tiden i en måned. En anden tolkning er, at der udelukkende optræder lugtkoncentrationer over lugttærsklen på præcis 2 LE/m³ med en samlet varighed på 2,2 % af tiden i en måned. Ved tolkningen kan tiderne også kombineres. For eksempel svarer 4,5 LI% til 0,66 % af tiden med præcis 10 LE/m³ plus 3,0 % af tiden med præcis 1 LE/m³ (0,66%·3,40 LI + 3,00%·0,75 LI=4,5 LI%).

Tabel 6.1 For to valg af numerisk værdi af grænseværdi er vist eksempler på forskellige lugtpåvirkninger, som netop tangerer grænseværdien.

Tolkning	Numerisk værdi af grænseværdi, Akk. LI (LI%)			
			3,4	4,5
	c (LE/m ³)	I(c) (LI)	Tid (% af måned)	
Enten	10	3,40	1,00	1,32
eller	5	2,60	1,31	1,73
eller	2	1,55	2,20	2,91
eller	1	0,75	4,53	6,00

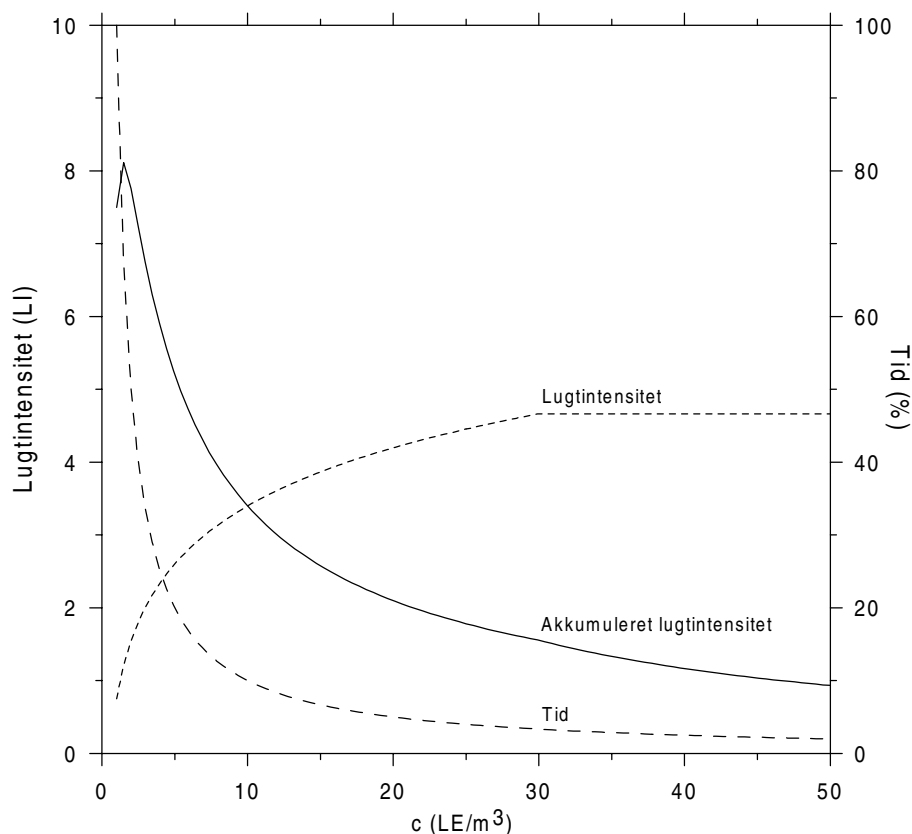
*Tolkning af
beregningresultater*

Den nye definition giver også bedre forståelse af forskellige maksimale lugtbelastninger sammenlignet med den nuværende definition. Med den gamle metode kan det for eksempel være vanskeligt at sammenligne følgende to beregningsresultater af den maksimale 99%-fraktil omregnet til 1-minutsmiddel (multiplikation med 7,8): 10 og 20 LE/m³. Hvis det antages, at beregningsmetoden er korrekt, så vides kun at der indenfor hver af 7 timer i en måned har været 1-minutskoncentrationer over 10 resp. 20 LE/m³. Hvor meget værre den ene situation er i forhold til den anden er vanskeligt at afgøre; idet det kun er den omregnede 99%-fraktil (svarende til den 7.-8. største timekoncentration) som har været dobbelt så stor i den ene

situation. Størrelsen af koncentrationer som er over eller under 10 resp. 20 LE/m³ vides der intet om, hvis det er to kilder med f.eks. forskellige skorstens og bygningshøjder. Dog vides, at hvis det er to identiske kilder, så er alle koncentrationer i den ene situation det halve af koncentrationerne i den anden.

Med den nye metode er det for eksempel lettere at sammenligne beregningsresultaterne: 4 og 8 LI%. 8 LI% angiver en dobbelt så stor lugtgene som 4 LI%, når relationen mellem koncentration og intensitet (\approx accepterbarhed) i figur 5.4 antages korrekt. En tolkning kunne være at alle koncentrationsintervaller over lugttærsklen optræder dobbelt så hyppigt i den ene situation (8 LI%).

En anden måde til at illustrere den ny metodes vægtning af lugtkoncentrationer fremgår af følgende. Antag at der over en given arbitrær periode, T , optræder en given middelværdi af lugtkoncentration, c_m , og at denne værdi er resultatet af kortere perioder med enten koncentrationen 0 eller c , som er konstant. Den samlede periodelængde med c kaldes Δt . Der gælder således, at $c_m = c\Delta t/T$, dvs. $c = c_m T/\Delta t$, hvilket vil sige, at den koncentration, som optræder i de korte perioder, er omvendt proportional med den tid hvor koncentrationen er tilstede. Hvis middelværdien er låst fast, vil den ny metode for forskellige c (og Δt) give anledning til forskellige akkumulerede lugtintensiteter, som det er vist i figur 6.1. Det ses, at lugtbelastningen (den



Figur 6.1 Figuren illustrerer scenarier, der alle resulterer i samme middelværdi for koncentrationen. Figuren viser relationer mellem tiden, hvor lugtkoncentrationen er forskellig fra nul, lugtintensiteten og akkumuleret lugtintensitet, når det antages, at de øjeblikkelige kortvarige lugtkoncentrationer kun kan antage to værdier enten 0 eller c . Skalaen for akkumuleret lugtintensitet er ikke relevant her.

akkumulerede lugtintensitet) er meget større ved langvarige lave koncentrationer end ved kortvarige høje koncentrationer.

Anvendelse af tysk metode

En anden mulighed for en ny metode til regulering af skorstenshøjder kunne umiddelbart være at bruge den tyske metode, idet lugtbelastningen beregnet med den tyske definition i form af forløbet af kurverne i figur 3.1 ligner forløbet af kurverne i figur 5.1, som viser varigheden af overskridelser af 1 LE/m^3 . Dette kan måske i nogen grad være rigtigt for receptoren med størst lugtbelastning, og hvis man lægger lige megen vægt på høje og lave lugtkoncentrationer. Men høje lugtkoncentrationer er mere generende end lave, og den tyske beskrivelse er dårlig for koncentrationer over 10 LE/m^3 og for kilder med fuld bygningseffekt, idet kurverne i figur 5.2 har et helt andet forløb end i figur 3.1. Desuden er den tyske metodes beskrivelse af lugtbelastningen i andre afstande end den med maksimal belastning ikke god, da metoden lider af de samme fejl, som findes for den nuværende danske metode, nemlig anvendelsen af en konstant omregningsfaktor til beskrivelse af høje kortvarige koncentrationer. Det vil således sige, at den ny foreslåede metode er klart den bedste.

7 Konsekvenser af ny metode

I dette kapitel belyses konsekvenserne ved indførelse af den ny beregningsmetode for lugtbelastning, som er beskrevet i kapitel 6.

For en række konstruerede kilder, som er miljøgodkendt efter den nuværende danske metode, beregnes lugtbelastningen i form af den akkumulerede lugtintensitet. Derudover beregnes, hvilke ændringer af kildernes skorstenshøjder der skal til, for at kilderne opfylder forslaget til en ny definition af lugtgrænseværdien eksemplificeret ved to forskellige numeriske værdier af grænseværdien.

Endelig beskrives ligeledes via den ny beregningsmetode lugtbelastningen fra nogle eksisterende kilder for to forskellige situationer. Det er en 'før'-situation og en 'efter'-situation, hvor kilderne har undergået ændringer af enten emissionsforholdene eller afkastforholdene. Lugtbelastningen er sammenholdt med en grov vurdering af lugtklasserne før og efter ændringerne.

7.1 Konstruerede kilder

Lugtbelastning

Lugtbelastning for en række konstruerede kilder er beregnet som den maksimale månedlige akkumulerede lugtintensitet gennem et år efter den foreslåede ny metode beskrevet i kapitel 6. Kilderne er de samme 150 kilder, som er beskrevet i kapitel 3.1, og emissionerne er som nævnt justerede således, at kilderne lige netop kan miljøgodkendes efter den nuværende danske metode.

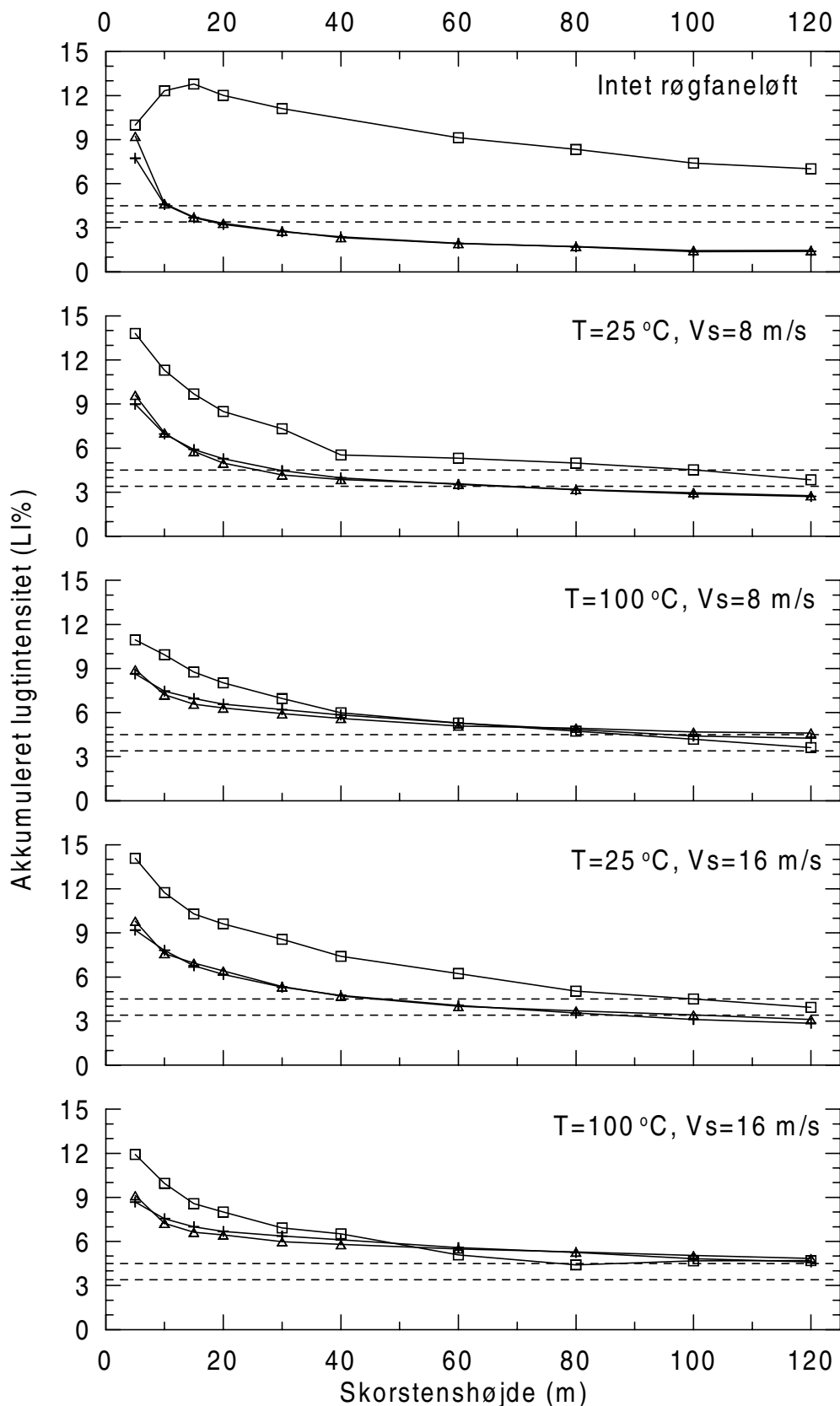
Resultaterne for de mest belastede receptorer er vist i figur 7.1. Det ses, at der generelt optræder relativt større lugtbelastning for de lave kilder. For kilder med stort røgfaneløft (røggastemperatur på 100 °C) er betydningen af bygningshøjden mindre end for de øvrige typer røgfane, hvor specielt kilder helt uden røgfaneløft er meget påvirket af bygninger med samme højde som skorstenen.

Forløbet af kurverne udviser samme tendenser, som ses i figur 3.1, hvor den nuværende danske og den tyske metode sammenlignes. Den nye metode og den tyske metode stort set udpeger den samme type af kilder som værende mere henholdsvis mindre lugtbelastende. Dette er dog kun undersøgt for den dimensionerende receptor.

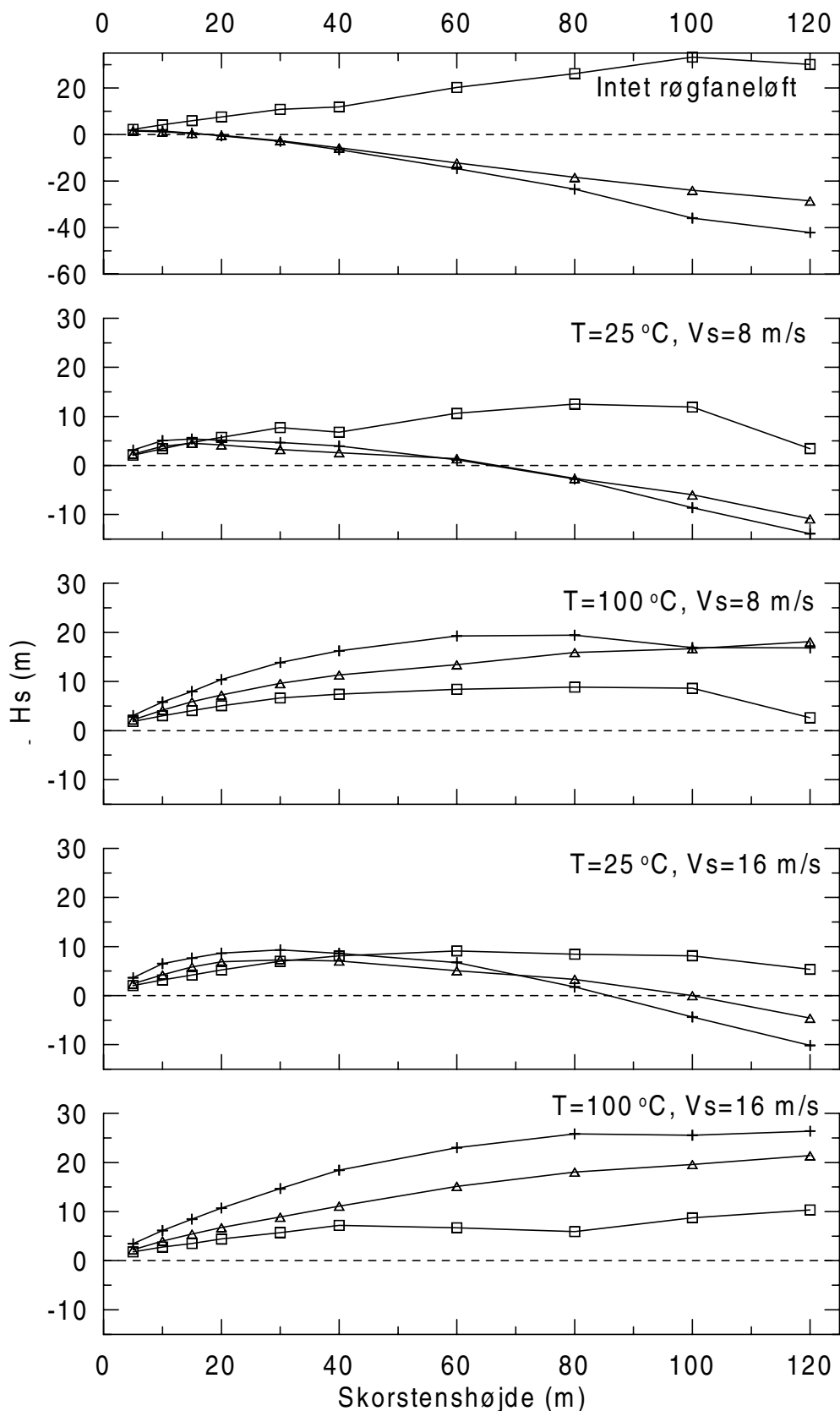
Grunden til at de lave kilder medfører større lugtbelastning er, at de meteorologiske situationer, som giver anledning til koncentrationer over lugttærsklen, optræder hyppigere end de tilsvarende kritiske situationer for høje kilder.

Realistiske kilder

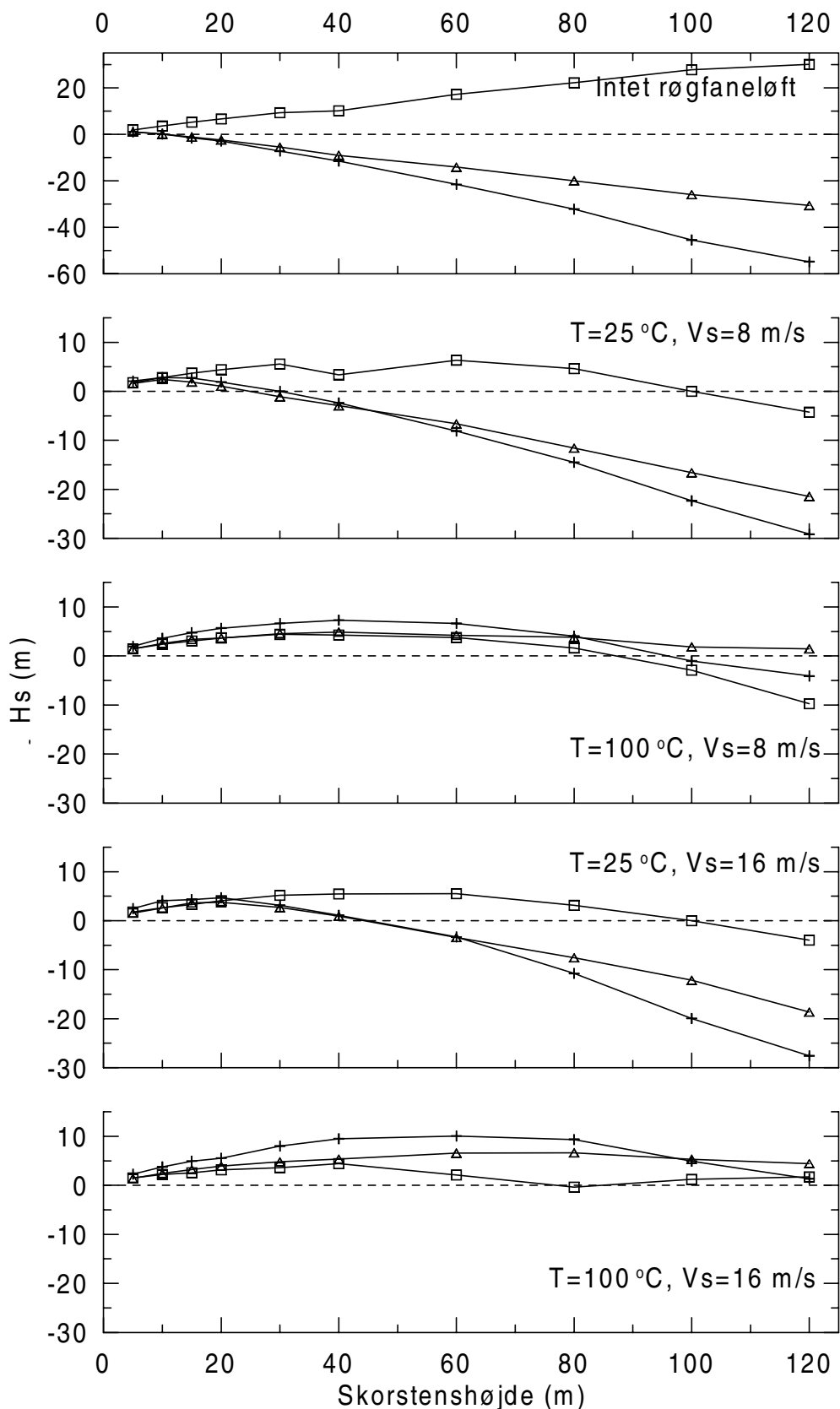
Det skal igen bemærkes, at nogle af de konstruerede kilder er meget teoretiske og sandsynligvis ikke vil forekomme ret ofte. Generelt vedrører det kilder med skorstene over ca. 40 m med bygninger på samme højde. Ligeledes er kilder helt uden røgfaneløft (røggasmængden er ubetydelig) med reduceret eller ingen bygningseffekt med skorstenshøjder over ca. 20 m heller ikke realistiske.



Figur 7.1 Lugtbelastning i form af akkuuleret lugtintensitet (LI%) for 150 forskellige konstruerede kilder, hvor emissionen er afpasset således at de lige netop kan miljøgodkendes efter den nuværende danske metode. De to stiplede linier markerer to forskellige eksempler på numeriske værdier af den foreslåede definition af lugtgrænseværdien: 3,4 LI% og 4,5 LI%. Kildernes røggastemperatur (T) og røggashastighed (Vs) er angivet og har betydning for røgfanens løft. 'Intet røgfanløft' betyder, at røggasmængden er ubetydelig. +, Δ og \square angiver forskellige højder for tilstødende bygninger. Bygningshøjderne er 0, 0,5 resp. 1,0 gange skorstenshøjden.



Figur 7.2 Ændringer i skorstenshøjderne (ΔH_s) for 150 forskellige konstruerede kilder, når kilderne skal overholde den foreslåede definition af lugtgrænseværdien med en numerisk værdi på 3,4 LI%. Kildernes lugtstofemission er afpasset således, at de lige netop kan miljøgodkendes efter den nuværende danske metode. Kildernes røggastemperatur (T) og røggashastighed (V_s) er angivet og har betydning for røgfanens løft. 'Intet røgfaneløft' betyder, at røggasmængden er ubetydelig. +, Δ og \square angiver forskellige højder for tilstødende bygninger. Bygningshøjderne er 0, 0,5 resp. 1,0 gange skorstenshøjden.



Figur 7.3 Ændringer i skorstenshøjderne (ΔH_s) for 150 forskellige konstruerede kilder, når kilderne skal overholde den foreslåede definition af lugtgrænseværdien med en numerisk værdi på 4,5 LI%. Kildernes lugtstofemission er afpasset således, at de lige netop kan miljøgodkendes efter den nuværende danske metode. Kildernes røggastemperatur (T) og røggashastighed (V_s) er angivet og har betydning for røgfanens løft. 'Intet røgfaneløft' betyder, at røggasmængden er ubetydelig. +, Δ og \square angiver forskellige højder for tilstødende bygninger. Bygningshøjderne er 0, 0,5 resp. 1,0 gange skorstenshøjden.

I figur 7.2 og 7.3 er vist, hvor meget skorstenshøjderne skal ændres, for at de konstruerede kilder fra figur 7.1 netop skal have en maksimal månedlig akkumuleret lugtintensitet på 3,4 respektive 4,5 LI%. De følgende kommentarer til figurerne er udelukkende knyttet til realistisk forekommende kilder.

For at kunne opfylde et krav på 3,4 LI% ville de fleste skorstenshøjder skulle forøges; kun skorstenshøjder over ca. 80 m med røggasttemperatur på 25 °C skulle være mindre.

For en røggasttemperatur på 25 °C og en grænseværdi på 4,5 LI% ville skorstene med højder på under 30-40 m skulle forøges med under 5 m, og for de højeste skorstene kunne højden mindskes med op til 30 m.

For en røggasttemperatur på 100 °C og en grænseværdi på 4,5 LI% ville de fleste skorstenshøjder skulle forøges med under 10 m; kun for skorstene på ca. 90-120 m med røggashastighed på 8 m/s kan højden reduceres med op til 10 m.

I bilag I er vist de procentuelle ændringer i skorstenshøjden hørende til figur 7.2 og 7.3.

Detaljeret hyppighedsfordeling af lugt

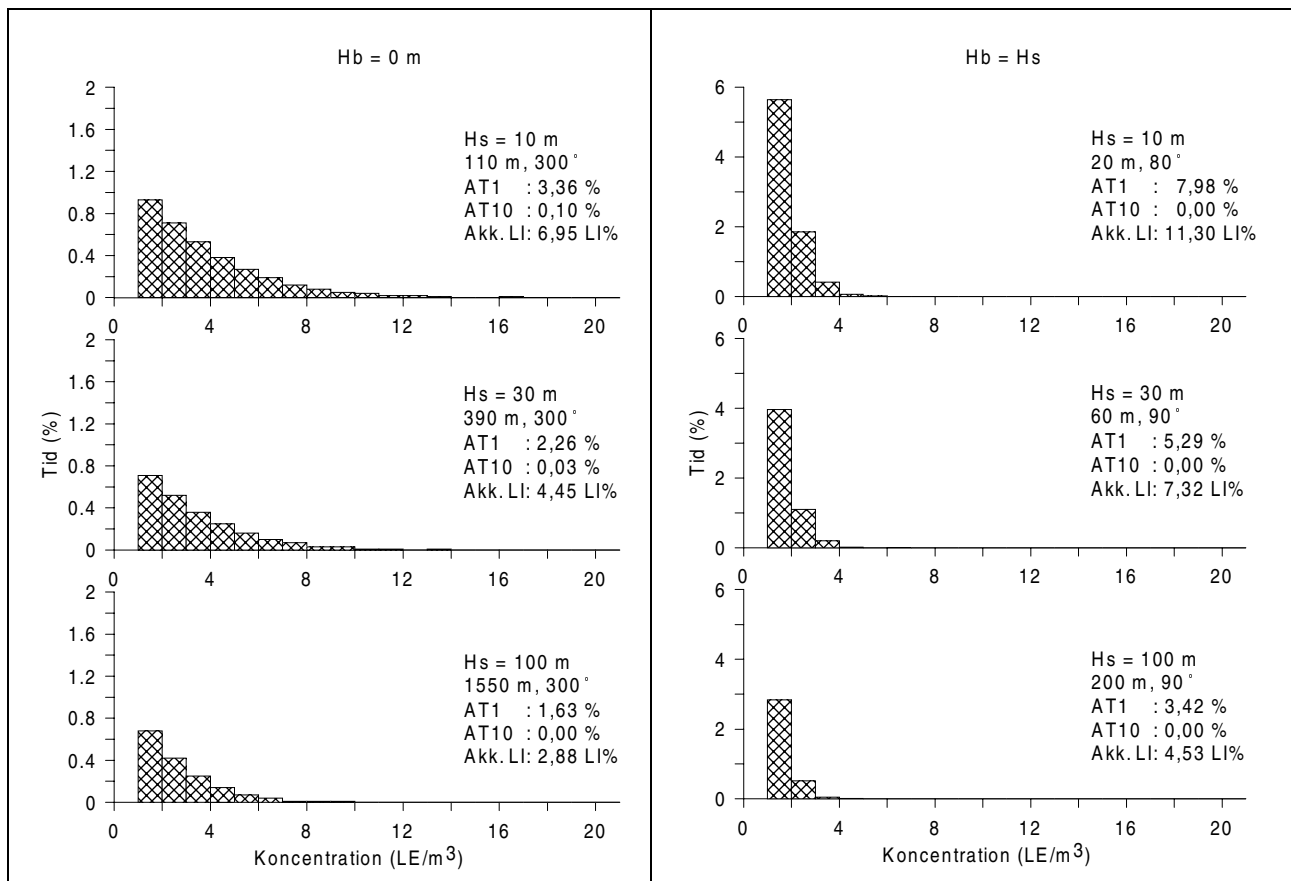
For at give en mere detaljeret beskrivelse af lugtbelastningen i receptorerne med den største månedlige akkumulerede lugtintensitet (*Akk.LI*) er der i lighed med kap. 5 foretaget en mere detaljeret undersøgelse af lugthypigheden i disse receptorer for nogle udvalgte kilder. I figur 7.4 er vist hvordan hyppigheden af lugtkoncentrationerne over lugttærsklen fordeler sig. Dette er gjort for seks forskellige kilder med ens røggasttemperatur og -hastighed på 25°C og 8 m/s. Kilderne er karakteriseret ved skorstenshøjder på 10, 30 og 100 m uden og med fuld bygningseffekt.

Data kan direkte sammenlignes med data i figur 5.3, hvor der er vist de tilsvarende hyppigheder for receptorer med størst akkumuleret tid over henholdsvis lugttærsklen (*AT1*) og 10 LE/m³ (*AT10*) samt for receptoren med størst 99%-fraktile. Ved sammenligning ses, at for kilder uden bygninger ligger hyppighedsfordelingen for receptorerne med størst *Akk.LI* (figur 7.4) mellem fordelingen for receptorerne med størst *AT1* og *AT10* (figur 5.3), dog med den største lighed til *AT1*-receptorene. Det vil sige, at ved den ny foreslåede metode med brug af *Akk.LI* betyder de lave lugtkoncentrationer en hel del, idet de forekommer relativt hyppigt selv om de høje koncentrationer vægtes mere jf. figur 6.1.

For kilder med fuld bygningseffekt (bygningshøjde lig skorstenshøjde) ses endnu større lighed mellem hyppighedsfordelingen for receptorerne med størst *AT1* og *Akk.LI*, hvor der i øvrigt for skorstenshøjder på 10 og 100 m er sammenfald mellem receptorerne.

Akkumuleret lugtintensitet

Akk.LI angiver, som nævnt, lugtbelastningen beregnet ved den foreslåede ny beregningsmetode. Det ses fra talværdierne for *Akk.LI* indsat i figur 7.4, at for en grænseværdi på f.eks. 4,5 LI% er det kun kilderne med skorstenshøjde på 30 og 100 m uden bygninger, som vil kunne overholde denne grænse, og kilden med både skorsten og



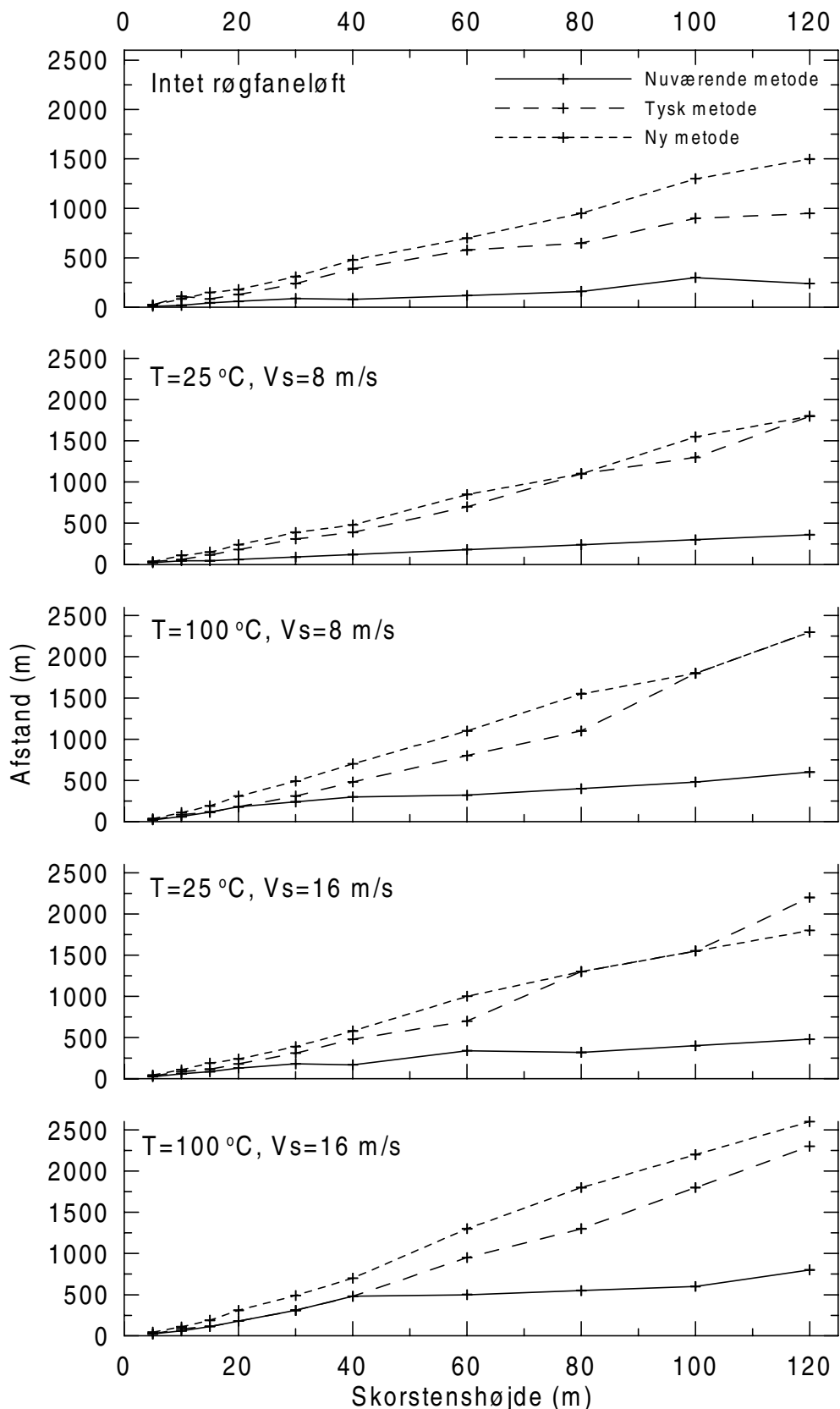
Figur 7.4 Lugthypigheder i form af stolpediagram for tid i måneden (%) med lugtkoncentrationer over lugttærsklen (1 LE/m^3) for seks forskellige konstruerede kilder for receptorerne med størst akkumuleret lugtintensitet (*Akk.LI*). Data er for den måned i året med den største *Akk.LI*. Kilderne opfylder netop den nuværende danske grænseværdi på 10 LE/m^3 og har ens røggastemperatur og -hastighed på 25°C og 8 m/s , men har 3 forskellige skorstenshøjder (H_s) med 2 forskellige bygningshøjder (H_b), som det er angivet i figuren. *AT1* og *AT10* er akkumuleret tid for lugtkoncentrationer over lugttærsklen (1 LE/m^3) respektive 10 LE/m^3 . Endvidere er afstand og retning fra kilden til receptoren angivet. Data kan sammenlignes med figur 5.3, hvor *Akk.LI*-værdier også er angivet.

bygning på 100 m vil ligge tæt på grænseværdien. I figur 5.3 er værdierne for *Akk.LI* ligeledes angivet for de udvalgte receptorer.

Afstand til størst lugtbelastning

I både figur 7.4 og 5.3 er angivet afstand og retning fra kilden til receptoren. Variationerne i denne afstand til de mest belastede receptor er belyst for tre forskellige beregningsmetoder. Metoderne er den nuværende danske metode (kap. 2.2), den tyske metode (kap. 3) samt den foreslåede ny metode (kap. 6). Den tyske metode bør dog ikke anvendes udover 1200 m (LAI 1994). Der er foretaget beregninger af afstanden for forskellige kilder, og kilderne er som tidligere enten uden røgfanløft eller med røghastighed på enten 8 eller 16 m/s og røggastemperatur på enten 25 eller 100°C (kap. 3.1).

For kilder med fuld bygningseffekt (bygningshøjde lig skorstenshøjde) optræder for alle kilder og alle tre metoder de mest belastede receptorer lige ved kilden (her beregnet i to bygningshøjders afstand). Det skyldes selvfølgelig, at bygningen i alle tilfælde vil trække røgfanen ned til jordoverfladen umiddelbart i læ af bygningen.



Figur 7.5 Afstand til receptor med størst lugtbelastning beregnet med 3 forskellige metoder for 50 forskellige konstruerede kilder. Metoderne er den nuværende danske metode (kap. 2.2), den tyske metode (kap. 3) samt den foreslåede ny metode (kap. 6). Kilderne er uden bygninger og sammensat af 10 forskellige skorstenshøjder samt 5 kombinationer af røggastemperatur (T) og røggashastighed (V_s), som det er angivet. 'Intet røgfaneløft' betyder, at røggasmængden er ubetydelig. Kildernes lugtstofemission er afpasset således, at de lige netop kan miljøgodkendes efter den nuværende danske metode med en grænseværdi på 10 LE/m^3 . Den tyske metode bør ikke anvendes udover 1200 m (LAI 1994).

For kilder uden bygninger er der store forskelle i afstandene, som det fremgår af figur 7.5. For alle kilder placerer den nuværende metode de mest belastede receptorer i betydeligt kortere afstand fra kilden end både den tyske og den ny foreslåede metode, som i nogen grad ligner hinanden.

Årsagen til de større afstande for den tyske og den ny metode er, at i begge metoder har den store hyppighed af de lavere lugtkoncentrationer afgørende betydning. For den tyske metode sker det via definitionen af grænseværdien, som tillader lugt i op til 10 % af tiden i året. Det indebærer, at de meget høje koncentrationer, som optræder tæt på kilden og kun forekommer ved relativt sjældne meteorologiske situationer i løbet af året, ikke har så stor betydning. Derimod vil de lavere koncentrationer, som forekommer ved mere hyppige meteorologiske situationer, få større betydning, og disse koncentrationer optræder netop i større afstande. For den ny metode gælder samme argumentation, selv om den lægger mere vægt på de høje koncentrationer end den tyske, idet den tyske metode implicit har en konstant vægtfaktor for alle lugtkoncentrationer, hvorimod den ny metode har en logaritmisk voksende vægtning via lugtintensiteten.

For kilder med bygningshøjder på det halve af skorstenshøjden er afstandene kun lidt kortere (ca. 20 %) end for kilder uden bygninger.

Afstand til skel

Det forhold, at afstanden til receptoren med størst lugtbelastning bliver større med den ny metode i forhold til den nuværende metode, kan sætte skærpede krav til visse virksomheder. Det gælder for virksomheder, hvor relativt lave kilder (uden bygningseffekter) er placeret i det indre af et relativt stort virksomhedsareal, og hvor de største lugtbelastninger har været inden for virksomhedens skel, hvor Luftvejledningen ikke sætter krav. Med den ny metode kan den største belastning rykke uden for skellet.

Betydning af skorstensdiameter og røggasmængde

Der har i alle de tidligere beregningseksempler været anvendt kilder med et bestemt forhold mellem skorstenshøjde på den ene side og skorstensdiameteren og røggasmængden (via røggashastigheden) på den anden. Betydningen for lugtbelastningen ved afvigelser fra dette forhold vil nu blive belyst.

For en 60 m høj skorsten er foretaget beregninger med forskellige skorstensdiameterer for en røggastemperatur og -hastighed på 25°C og 8 m/s. Kildernes lugtstofemission er afpasset således, at den lige netop kan miljøgodkendes efter den nuværende danske metode med en grænseværdi på 10 LE/m³. Resultatet af beregningen ses i figur 7.6. I figuren er vist en ekstra abscisse, som er 40 gange skorstensdiameteren, hvilket svarer til de skorstenshøjder der i tidligere figurer er anvendt for tilsvarende diameterer og røggasmængder.

Nuværende metode

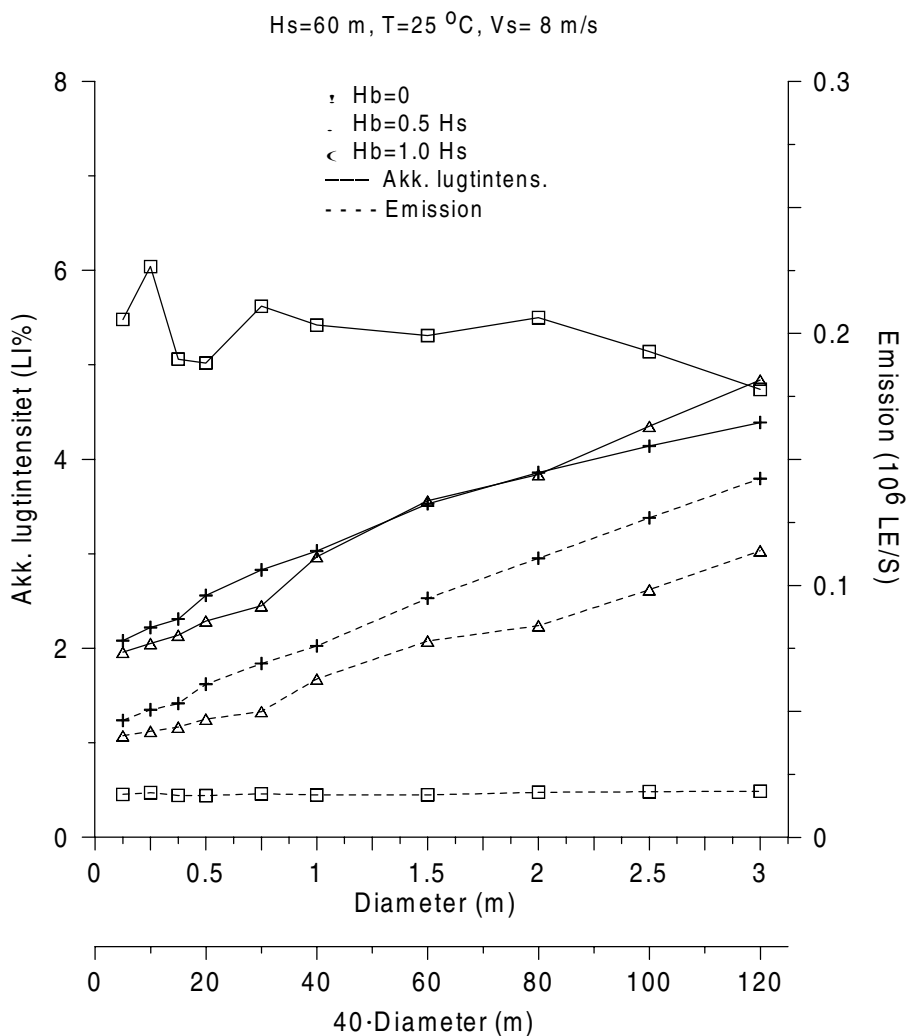
Når grænseværdien skal overholdes med brug af den nuværende beregningsmetode, ses af figuren, at for kilder med fuld bygningseffekt er lugtstofemissionen stort set konstant for alle skorstensdiameterer og røggasmængder. Det skyldes, at bygningseffekten i alle tilfældene fuldstændigt stopper røgfanens løft, hvorved fortyndingen af røgfanen og dens højde over jorden generelt er ens i alle disse tilfælde. Ligeledes ses den ny metodes beregning af lugtbelastningen i

form af den akkumulerede lugtintensitet næsten at være konstant i tilfælde med fuld bygningseffekt.

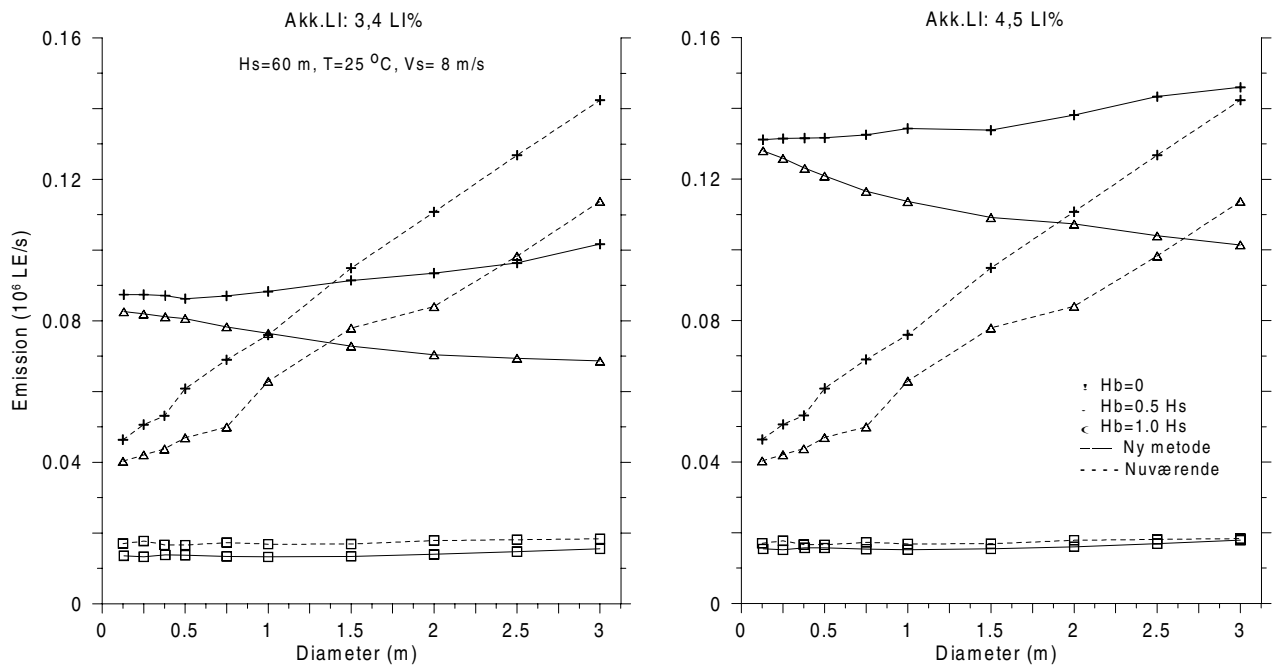
For kilder uden fuld bygningseffekt ses, at en større diameter og dermed en større røggasmængde, som giver større løft af røgfanen, vil medføre, at emissionen kan øges samtidig med at grænseværdien overholdes med den nuværende beregningsmetode. Emissionen kan således øges med en faktor 3,1, når diameteren går fra 0,125 m til 3 m for kilder uden bygninger, og den tilsvarende øgning er 2,8 for kilder med bygningshøjder på det halve af skorstenshøjden.

Ny metode

Men den ny metode viser, at for de samme kilder uden fuld bygningseffekt øges lugtbelastningen i form af den akkumulerede lugtintensitet (*Akk.LI*) i næsten samme takt som emissionen. Således kan emissionen kun øges med en faktor 1,45, når diameteren øges fra 0,125 m til 3 m. For kilder med bygningshøjder på det halve af skorstenshøjden kan emissionen kun øges med en faktor 1,14.



Figur 7.6 Eksempel på lugtbelastningen fra en 60 m høj skorsten med temperatur (T) på 25°C og røggashastighed (Vs) på 8 m/s for forskellige diame-tre (og røggasmængder). Emissionen er afpasset således at de nuværende danske miljøkrav netop er opfyldt. Aksen '40-Diameter' svarer til skorstens-højderne for kilder i tidligere figurer med tilsvarende diame-tre, T og Vs.



Figur 7.7 Lugtstofemission ved forskellige diametre (og røggasmængder) for en 60 m høj skorsten for to forskellige værdier af den akkumulerede lugtintensitet, *Akk.LI* beregnet med den ny foreslåede metode sammenlignet med emissionen ved den nuværende metode. Røggastemperatur, T , og røggashastighed, V_s , er konstant for alle diametre.

Det vil altså sige, at for kilder uden eller med 'halv' bygningseffekt, så har skorstensdiameteren og røggasmængden en stor betydning for lugtbelastningen. Således vil nuværende miljøgodkendte kilder med relativt store røggasmængder med den ny metode få skærpede krav i forhold til kravene vist i figurerne 7.2 og 7.3. Omvendt vil kilder med relativt lille røggasmængde få lempeligere krav i forhold til figurerne. For kilder med fuld bygningseffekt vil variationer i skorstensdiametre og røggasmængder næsten ikke ændre kravene i forhold til figurerne.

Emission under ny metode

Diameterens og røggasmængdens betydningen for lugtbelastningen ved den ny metode i forhold til den nuværende metode er yderligere belyst gennem beregningerne vist i figur 7.7. Her er ses, hvilke mængder af lugtstoffer der kan emitteres ved forskellige diametre, når den akkumulerede lugtintensitet samtidig skal være på henholdsvis 3,4 og 4,5 LI%.

Ved fuld bygningseffekt ses lugtemissionen at være nogenlunde uafhængig af diameteren, og i forhold til den nuværende metode skal den reduceres med ca. 20% respektive 10% i de to eksempler.

For kilder uden bygninger ses i begge eksempler, at når røggasmængden (diameteren) øges, så kan emissionen også øges lidt, men langt fra i samme takt som ved den nuværende metode. Derimod ses for kilder med 'halv' bygningseffekt, at emissionen skal mindskes med øgende røggasmængde, når *Akk.LI*-værdierne skal holdes.

For de faktiske emissionsniveauer i forhold til den nuværende metode ses, at for en *Akk.LI*-værdi på 3,4 LI% og for kilder uden eller med 'halv' bygningseffekt, så vil emissionskravene med den ny metode blive lempede for diametre under ca. 1,5 m og skærpede for større diametre. For de samme kilder (ikke fuld bygningseffekt), men for *Akk.LI*-værdi på 4,5 LI%, så vil kravene blive lempede for næsten alle de viste diametre.

Det virker umiddelbart paradoksalt, at den ny metode ved en øgning af diameteren og røggasmængden, som bevirker et større løft af røgfane, kun i mindre grad tillader ændringer af lugtstofemissionen, når lugtbelastningen ikke skal ændres. Den fysiske forklaringen herpå er, at ved større diametre og røggasmængder bliver den instantane røgfane (som den f.eks. vil se ud på et foto) bredere i forhold til middelrøgfane (1 timesmiddel). Det medfører, at de relativt kortvarige og høje lugtkoncentrationer, som optræder ved små diametre, ved større diametre vil blive til længere varende og lavere koncentrationer. Dette bevirker, at den akkumulerede lugtintensitet stiger på grund af den logaritmiske relation mellem lugtkoncentration og lugtintensitet samt relationen til tiden med koncentrationer over lugt-tærsklen, som det tidligere er vist i figur 6.1.

7.2 Eksisterende kilder

Kildedata

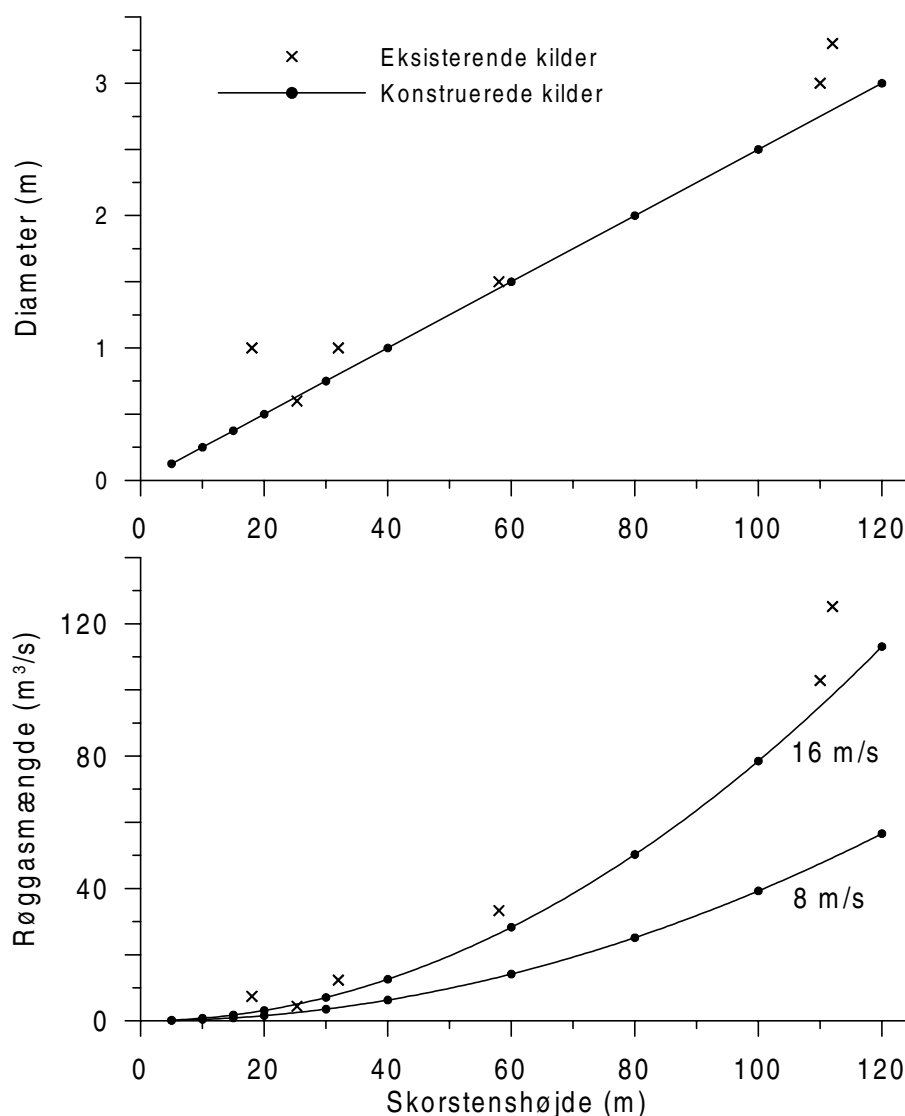
I det følgende beskrives lugtbelastningen fra nogle eksisterende kilder dels via den nuværende og dels via den ny beregningsmetode. Kilderne er danske kilder, hvor der har været lugtproblemer i omgivelserne, og hvor lugtproblemerne er blevet mere eller mindre reduceret efter forskellige indgreb bestående i ændringer af enten lugtstofemissionen eller afkastforholdene. Lugtbelastningen beskrives for det meste ved situationen 'før' og 'efter' ændringerne og er sammenholdt med en grov vurdering af lugtklagerne før og efter ændringerne.

Tabel 7.1 Kildeparametre for eksisterende kilder. *Byg.* er højde af bygning, *Vol.* er røggasmængde og *Hast.* er røggashastighed. Parentes omkring bygningshøjder angiver, at de ikke har indflydelse på spredningen, og * markerer, at der kun er bygninger i bestemte retninger.

Æn- dringer af	Skorstens- højde (m)		Byg. (m)	Vol. (Nm ³ /s)	Hast. (m/s)	Temp. (°C)	Diam. (m)	Emiss. (LE/s)	
	Før	Efter						Før	Efter
afkast- højder	~ 60	112,0	57	107,12	12,5	46	3,3		647.000
	~ 60	110,0	44-50*	90,83	12,8	36	3,0		637.500
emis- sioner		58,0	(12)	29,35	18,9	37	1,5	400.000	200.000
		32,0	16	9,15	16,0	94	1,0	192.000	70.400
		25,3	(5)	3,88	15,5	36	0,6	25.000	12.000
		18,0	(4,5)	6,25	10,2	50	1,0	27.000	15.500

Kildernes data er vist i tabel 7.1. For de to første kilder er der foretaget beregninger for 'efter'-situationen, hvor skorstenshøjderne er øget betydeligt. 'Før'-situationen er ikke beregnet, idet den bestod af mange lavere afkast. For de resterende fire kilder er der beregninger for både 'før- og 'efter'-situationen, hvor forskellen består i ændrede emissioner.

Kilderne har generelt relativt lave bygningshøjder, som er mindre end ca. halvdelen af skorstenshøjden. Røggashastighederne ligger for alle kilder på nær én inden for det område, som er benyttet for de konstruerede kilder i tidligere kapitler. Skorstensdiameter og røggasmængder ligner også værdierne benyttet for de konstruerede kilder, som det fremgår af figur 7.8.



Figur 7.8 Skorstensdiameter og røggasmængde for seks eksisterende kilder sammenlignet med konstruerede kilder. Røggasmængden er ved aktuel røggastemperatur. 8 m/s og 16 m/s angiver røggashastigheden for de to kurver for konstruerede kilder.

Tabel 7.2 Lugtbelastning vurderet via den nuværende og den ny foreslåede metode samt via antallet af lugtklager for eksisterende kilder.

Højde af skorsten (m)	Nuværende metode 99-perc x 7,8 (LE/m ³)		NY metode Akk. lugtint. (LI%)		Klager (antal)	
	Før	Efter	Før	Efter	Før	Efter
112,0		9,3		4,5	mange	0
110,0		9,8		3,6	mange	0
58,0	22,2	11,1	7,6	5,1	5	1
32,0	37,1	13,7	10,8	7,3	5	1
25,3	10,6	5,1	5,6	3,4	4	1
18,0	14,8	8,5	9,0	6,6	3	1

Beregningsresultater ved ny metode

Resultaterne af beregningerne med den nuværende og den ny foreslåede metode er vist i tabel 7.2 sammen med et groft skøn over antallet af lugtklager fra borgerne i områderne. Kilderne kan genkendes fra tabel 7.1 via skorstenshøjderne, men deres identitet er ikke angivet. Perioderne, hvorover klagerne er registreret, er ikke opgivet.

For de to første kilder i tabel 7.2 ses, at de efter forøgelsen af skorstenshøjderne overholder den nuværende lugtgrænseværdi på 10 LE/m³, og at der heller ikke længere er lugtklager. Den akkumulerede lugtintensitet er her 4,5 og 3,6 LI%, hvilket er inden for det interval af lugtbelastning, som er vist i de tidligere eksempler for konstruerede kilder. (Årsagen til at den første kilde giver større *Akk.LI*-værdi er, at kilden har relativ højere bygning og større røggasmængde, kap.7.1.) Ses isoleret på antallet af klager, ville en værdi for *Akk.LI* på 4,5 LI% være tilstrækkelig for at undgå klager.

For de fire sidste kilder i tabel 7.2 ses, at i 'før'-situationen overskrider alle kilder på nær én klart den nuværende lugtgrænseværdi. Der er for alle fire kilder registreret relativt mange klager, selv om kilden med 25,3 m skorsten med den nuværende metode ligger tæt på grænseværdien. Den tilhørende laveste *Akk.LI*-værdi er 5,6 LI%, hvilket umiddelbart vil sige, at *Akk.LI*-værdier på dette niveau og højere kan give anledning til et relativt stort antal klager.

Udfra det hidtil omtalte fra tabellen vil det således forventes, at lugtgener kunne undgås, hvis en grænseværdi med den ny metode lå mellem 4,5-5,6 LI%. Men dette holder ikke entydigt, når man inddrager 'efter'-situationen for de fire sidste kilder. I 'efter'-situationen er antallet af klager reduceret betydeligt, men at der er stadig enkelte klager også fra de to sidste kilder, som overholder den nuværende grænseværdi. Det er vanskeligt at vurdere, om det mindre antal klager også betyder, at der er overskridelser i forhold til intentionen i teksten til definitionen af den nuværende grænseværdi, hvor der accepteres lugt i en lille del af tiden.

Da 'efter'-situationen for de fire sidste kilder stadig giver anledning til klager, antages det, at lugtbelastningen ikke er acceptabel. Det vil for de tre kilder med skorstenshøjder på 58, 32 og 18 m betyde, at en

grænseværdi for *Akk.LI* skulle ligge under 5,1 LI%, som er den laveste værdi for de tre kilder. Det vil sige, at en grænseværdi med den ny metode skulle ligge mellem 4,5-5,1 LI%. Tilbage står kilden med en 25,3 m høj skorsten, som ikke passer ind i dette interval, idet *Akk.LI*-værdien er 3,4 LI%. En forklaring på, at 25,3 m kilden ikke passer ind i intervallet, er formodentligt, at lugtstofferne fra kilden ikke kan beskrives ved den standard kurve for relationen mellem lugtkoncentration og lugtintensitet, som er anvendt i figur 5.4. Kilden kunne tænkes at have en specielt generende lugt, som burde beskrives ved en kurve, der lå over standardkurven i figuren.

Dette lægger op til, at der ved vurdering af lugtgener via standard relationer mellem koncentration og intensitet også burde tages hensyn til lugtens karakter via forskellige koncentration-intensitet relationer. Man kunne for eksempel anvende nogle få 'standard' relationer, og et lugtstof kunne så klassificeres i en af standarderne.

Forslag til grænseværdi

Med den her anvendte standard kurve synes en ny rimelig grænseværdi for den maksimale månedlige akkumulerede lugtintensitet at være på 4,5 LI%.

Sammenligning med nuværende metode

For de seks eksisterende kilder er der foretaget en sammenligning af de tilstrækkelige skorstenshøjder for 'efter'-situationen, når skorstenshøjden tilpasses dels den nuværende metode med en grænseværdi på 10 LE/m³, og dels med ny metode med en akkumuleret lugtintensitet på 4,5 LI%. Resultatet er vist i tabel 7.3. Det ses, at forskellen mellem de tilpassede skorstenshøjder (ny minus nuværende metode) ligger mellem +6,2 m og -12,4 m, svarende til +37,8 % til -11,5%.

Til illustration af hvor 'drastisk' en indførelse den ny metode ville være i forhold til reguleringsmulighederne, som eksisterer i den nuværende Lugtvejledningen via valg af lugtgrænseværdi i intervallet 5-10 LE/m³, er den sidste søjle i tabellen er vist. Her beregnes hvilken lugtbelastning der ville optræde ifølge den nuværende metode (99%-fraktilen gange 7,8), hvis skorstenshøjderne var dimensioneret efter

Tabel 7.3 Skorstenshøjder og ændringer af højder for seks eksisterende kilder med nuværende lugtemissioner, når skorstenshøjden tilpasses den nuværende metode og grænseværdi på 10 LE/m³ ($H_{s_{nuv}}$) eller den ny metode med en akkumuleret lugtintensitet på 4,5 LI% ($H_{s_{ny}}$). '99% x 7,8' angiver lugtbelastningen beregnet med den nuværende metode med brug af skorstenshøjden tilpasset den ny metode.

Hs (m) Nuværende højde	$H_{s_{nuv}}$ (m) 10 LE/m ³	$H_{s_{ny}}$ (m) 4,5 LI%	ΔH_s (m) = $H_{s_{ny}} - H_{s_{nuv}}$	$\Delta H_s / H_{s_{nuv}}$ (%)	99% x 7,8 (LE/m ³) ved $H_{s_{nuv}}$
112,0	109,5 (-2,5)	112,0 (+0,0)	2,5	2,3	9,3
110,0	107,5 (-2,5)	95,1 (-14,9)	-12,4	-11,5	13,8
58,0	62,5 (+4,5)	63,0 (+5,0)	0,5	0,8	9,8
32,0	35,4 (+3,4)	40,7 (+8,7)	5,3	15,0	6,3
25,3	15,6 (-9,7)	21,5 (-3,8)	5,9	37,8	6,5
18,0	16,7 (-1,3)	22,9 (+4,9)	6,2	37,1	5,3

den ny metode. Det fremgår, at fem af de seks kilder vil ligge indenfor den nuværende reguleringsspænd på 5-10 LE/m³, og kun een kilde ville få lempeligere vilkår. Man kunne så mene, at den nuværende metode er tilstrækkelig, men her overfor står dog, at uden brug af den nye metode har man ingen mulighed for at udpege kilder, som skulle have skærpet kravene i forhold til den øvre grænseværdi på 10 LE/m³.

Geografisk fordeling af lugtbelastning

Ligesom for de konstruerede kilder (figur 7.5) medfører den ny metode, at punktet for den maksimale lugtbelastning rykker ud i større afstand fra kilden i forhold til den nuværende metode. Dette er belyst for de seks eksisterende kilder i tabel 7.1 ved en række kort vist i bilag II med den geografiske fordeling af lugtbelastningen. Kortene viser 'før'- og 'efter'-situationer beregnet med den nuværende og den ny metode. Det ses tydeligt, hvordan de største lugtbelastninger ved den ny metode rykker længere væk fra kilden i forhold til den nuværende metode. Det er specielt tydeligt for de højeste kilder og for 25,3 m skorstenen, hvor røggasmængden er relativ lille.

Ved den nuværende metode er der en vis gentagelse af mønsteret med relativt høje og relativt lave koncentrationer omkring kilden. Dette mønster er mere udtalt ved den nye metode. Det skyldes at, ved den ny metode har hyppigheden af bestemte vindretninger meget større betydning, idet alle koncentrationer over lugttærsklen bidrager til den akkumulerede lugtintensitet, hvorimod det ved den nuværende metoden udelukkende er den højeste 1% af tiden der bidrager til beregningen.

[Tom side]

8 Konklusion og anbefalinger

Nuværende metode

Den nuværende beregningsmetode til vurdering af lugtbelastninger omkring en punktkilde har to væsentlige mangler. Dels er omsætningen via 7,8-faktoren af lugtkoncentrationerne i omgivelserne (immissionen) fra 1-timesmiddelværdier til 1-minutsmiddelværdier meget usikker. Dels tager definitionen af lugtgrænseværdien ikke hensyn til de lugtbare koncentrationer under 5-10 LE/m³, hvor lugt kan være meget tydelig.

Forskellige lugtemitterende kilder kan med den nuværende metode miljøgodkendes med tilsyneladende ens belastning af omgivelserne til følge. Den ny lugtmodel viser imidlertid, at hyppigheden af koncentrationer under 5-10 LE/m³ for sådanne 'ens' lugtbelastende kilder kan være meget forskellige, som det fremgår af figurerne 5.1-5.3 og 7.1. Disse 'ens' lugtbelastende kilder giver ligeledes anledning til forskellig lugtbelastning i henhold til den tyske metode (figur 3.1).

Det kan ikke anbefales at tage udgangspunkt i en grænseværdi på 5-10 LE/m³ og bruge den ny lugtmodel til at beregne hyppigheden af overskridelser af denne værdi, idet der i så fald stadig ville være et stort "spillerum" for upåagtede koncentrationer mellem lugtærsklen og grænseværdien.

Opfattelse af lugt

Den menneskelige opfattelse af lugt er ikke en lineær funktion af lugtkoncentrationen, men er nærmere logaritmisk og kan beskrives via lugtintensiteten.

Ny metode

På baggrund heraf anbefales det, at lugtgener vurderes ved at tage lugtintensiteten i betragtning. Der tages udgangspunkt i en foreskrevne relation mellem lugtkoncentrationer og lugtintensitet. Den ny spredningsmodel bruges til at beregne hyppigheden af lugtkoncentrationer, som omregnes til lugtintensitet. Herefter beregnes den *akkumulerede lugtintensitet* over en måned (kap. 6). Baseret på et helt års data findes sluttelig den største blandt de månedlige værdier for akkumuleret lugtintensitet. Denne akkumulerede lugtintensitet sammenholdes med en grænseværdi. Grænseværdien foreslås at ligge omkring 4.5 LI% (LI% er en ny enhed kaldet lugtintensitetsprocent).

Metoden kunne gøres mere præcis (men måske også mere krævende mht. lugtanalyse) ved at tage hensyn til lugtens karakter og anvende for eksempel tre standardkurver for relationen mellem intensitet og koncentration.

Den ny model er ikke verificeret under alle forhold (kap. 4); men den er dog baseret på fysiske principper, som i forhold til den nuværende metode er betydelig bedre til at håndtere betydningen af forskellige kildeparametres indflydelse på lugtbelastningen ved dimensionering af skorstenshøjder. Ligeledes vil lugtbelastningen for et større geografisk område kunne kortlægges meget bedre.

Ved anvendelse af den ny metode vil der også fremkomme nogle nye muligheder. Det vil være muligt i lugtmodellen at indarbejde simple

emissionsprofiler indenfor den enkelte time bestående af 2-3 niveauer, således at intermitterende emission kan håndteres bedre i beregningerne. Ligeledes vil intermitterende emission for timerne i en måned statistisk kunne håndteres bedre. Dette gøres ved at gange hyppighederne for lugt i de forskellige koncentrationsintervaller med sandsynligheden (hyppigheden) for emission.

Konsekvenser for skorstenshøjder

Vurdering af lugtgener ved brug af den ny metode med en grænseværdi på 4,5 LI% vil have nogle konsekvenser for de fremtidige skorstenshøjder i forhold til den nuværende metode. Meget forenklet forventes generelt følgende ændringer for skorstene med nuværende højder på mellem 5 og 120 m, hvor det er lugtgener, der er afgørende for dimensioneringen:

- For kilder med fuld bygningseffekt (d.v.s. bygningshøjde lig skorstenshøjde) vil skorstene typisk skulle være 5-10 m højere.
- For kilder med røggastemperatur omkring 25 °C vil skorstene under 30-40 m skulle være op imod ca. 5 m højere, mens højere skorstene kan gøres lavere (10-15 m lavere ved 80 m og 20-30 m lavere ved 120 m).
- For kilder med røggastemperatur omkring 100 °C vil skorstene under 90-120 m skulle være 0-10 m højere.
- Kilder med relativt stor røggasmængde vil behøve større skorstenshøjder, og omvendt vil kilder med relativt lille røggasmængde behøve mindre skorstene.
- De største lugtgener vil forekomme i væsentligt større afstand fra kilden end den nuværende metode angiver: Afstanden fra en kilde til receptorpunktet med maksimal lugtbelastning vil øges med en faktor 2-3.

Referenceliste

Berkowicz, R., Olesen, H.R. and Torp, U., 1986. The Danish Gaussian Air Pollution Model (OML): Description, test and sensitivity analysis in view of regulatory applications. In *Air Pollution Modeling and its Applications V* (edited by C. De Wispelaere, Francis A. Schiermeier and Noor V. Gillani), pp. 453-481, NATO-CCMS, vol.10, Plenum Press, New York.

Boholt, C., 1999. Personlig kommunikation.

Both, Ralf, 1995. Odor Regulations in Germany - A New Directive on Ambient Air. In: *Odors: Indoor and Environmental Air*, edited by C. M. McGinley and J.R. Swanson, Air & Waste Management Association.

Chen, Y., Bundy, D.S. and Hoff, S.J., 1999a. Using Olfactometry to Measure Intensity and Threshold Dilution Ratio for Evaluating Swine Odor, *J. Air & Waste Manage. Assoc.*, 49: 847-853.

Chen, Y., Bundy, D.S. and Hoff, S.J. , 1999b. Development of the Relationship between Odor Intensity and Threshold Dilution Ratio for Swine Units, *J. Air & Waste Manage. Assoc.*, 49: 1028-1088.

Hartmann, Uwe, 1999. (Personlig kommunikation), Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Postfach 10 23 63, 45023 Essen, Tyskland.

Hino, M. 1968. Maximum ground-level concentration and sampling time, *Atmospheric Environment*, 2: 149-165.

LAI, 1994. Feststellung und Beurteilung von Geruchsimmissionen - Geruchimmissions-Richtlinie, Länderausschuß für Immissionschutz, LAI-Schriftenreihe No. 5, Berlin.

Lewellen, W.S. and Sykes, R.I., 1986. Analysis of Concentration Fluctuations from Lidar Observations of Atmospheric Plumes, *Jour. Climate Appl. Meteor.*, 25: 1145-1154.

Løfstrøm, P. and Olesen, H.R., 1994. User's Guide for OML-Multi. An air pollution model for multiple point and area sources. MST LUFT-A 126, 4. Edition, 70 pp, National Agency of Environmental Protection, Air Pollution Laboratory, Risø, DK-4000 Roskilde, Denmark.

Løfstrøm, P., Jørgensen, H., Lyck, E. and Mikkelsen, T., 1996. Test of a New Concentration Fluctuation Model for Decision-Makers. In: *Air Pollution Modeling and Its Applications XI* (edited by S.E. Gryning and F.A. Schiermeier), pp. 285-293, NATO-CCMS, vol.21, Plenum Press, New York.

Løfstrøm, P., 1998. Model til beregning af skorstenshøjder ved lugt-emission. Danmarks Miljøundersøgelser, notat, 16 s. Fås ved henvendelse til forfatteren.

Miljøstyrelsen, 1985. Begrænsning af lugtgener fra virksomheder. Vejledning fra Miljøstyrelsen, nr. 4, 27 s.

Miljøstyrelsen, 1990a. Brev til samtlige amter og kommuner i Danmark, jour.nr. 4014-0005, 16. februar.

Miljøstyrelsen, 1990b. Begrænsning af luftforurening fra virksomheder. Vejledning fra Miljøstyrelsen, nr. 6, 104 s.

Mylne, K.R. and Davidson, M.J., 1992. Concentration Fluctuation Experiments in Stable Conditions and in a Pseudo-Urban Environment. In *Air Pollution Modeling and its Applications IX* (edited by H. van Doop and G. Kallos), pp. 631-639, NATO-CCMS, vol.17, Plenum Press, New York.

Mylne, K.R., 1992. Concentration Fluctuation Measurements in a Plume Dispersing in a Stable Surface Layer, *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 60: 15-48.

Olesen, H.R., Løfstrøm, P., Berkowicz, R. and Jensen, A.B., 1992. An improved dispersion model for regulatory use - the OML model. In *Air Pollution Modeling and its Applications IX* (edited by H. van Doop and G. Kallos), pp. 29-38, NATO-CCMS, vol.17, Plenum Press, New York.

Rovsing Olsen, K., 1992. Miljøstyrelsens vejledning nr.4/1985. Temadag om Lugtproblemer i industrien, Dansk Teknologisk Institut, Århus, Danmark, May 13.

Sykes, R.I., 1988. Concentration Fluctuation in Dispersing Plumes, Chapter 7 in *Lectures on Air Pollution Modelling*, A. Venkatram and J.C. Wyngaard (editors), American meteorological Society, Boston, pp. 325-356.

Wilson, D.J., Robins, A.G. and Fackrell, J.E., 1985, Intermittency and conditionally-averaged concentration fluctuation statistics in plumes, *Atmospheric Environment*, 19: 1053-1064.

Wilson, D.J., 1995. Concentration Fluctuations and Averaging Time in Vapor Clouds, Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, 345 East 47th Street, New York, NY 10017, 181 pp.

Winneke, G., Berresheim, H.-W., Kotalik, J. & Kabat, A., 1988. Vergleichende olfaktometrische Untersuchungen zu Formaldehyd und Schwefelwasserstoff, *Staub - Reinhaltung der Luft*, 48: 319-324.

English summary

Consequences of a new calculation procedure for heights of odour emitting stacks

NERI, Technical Report No. 327. September 2000.

Per Løfstrøm

The present report examines the consequences for heights of odour emitting stacks if current procedures are changed in two respects: (i) a new atmospheric dispersion model for calculating odour load in the local environment is implemented, and (ii) a proposed new definition of an odour limit value is introduced.

Current method for assessing odour load

The current Danish method for assessing odour load from a point source is based on the so-called OML model. First, using the OML model, monthly 99-percentiles of hourly mean concentrations are computed, and the maximum among one year's worth of values is determined. This value is multiplied by a factor of 7.8, which is assumed to represent a crude conversion to a maximum 1-minute mean concentration. The resulting value is compared to a limit value of 5-10 OU/m³ (odour units/m³).

The current method has two major drawbacks. First, the factor of 7.8 is very uncertain. Second, the definition of the limit value disregards concentrations between the odour threshold (1 OU/m³) and the limit value of 5-10 OU/m³. In this unregulated concentration interval, odour can be very distinct. Besides these drawbacks, the method is difficult to comprehend because it is not based on a consistent set of underlying concepts.

The new dispersion model

The new method makes use of a new atmospheric dispersion model, which describes the probability density function of instantaneous (short-term) concentrations within an hour. Furthermore, the overall method is conceptually consistent.

Hypothetical and real point sources

A number of hypothetical point sources have been considered for the investigations described in the present report. The sources have stack heights between 5 m and 120 m with varying combinations of temperature and exit velocity of the effluent, totalling 150 different combinations. The odour emission rate of each source is adjusted to the maximum amount permitted by the current Danish method. Additionally, investigations have been carried out for 6 real-world sources, which have triggered odour complaints.

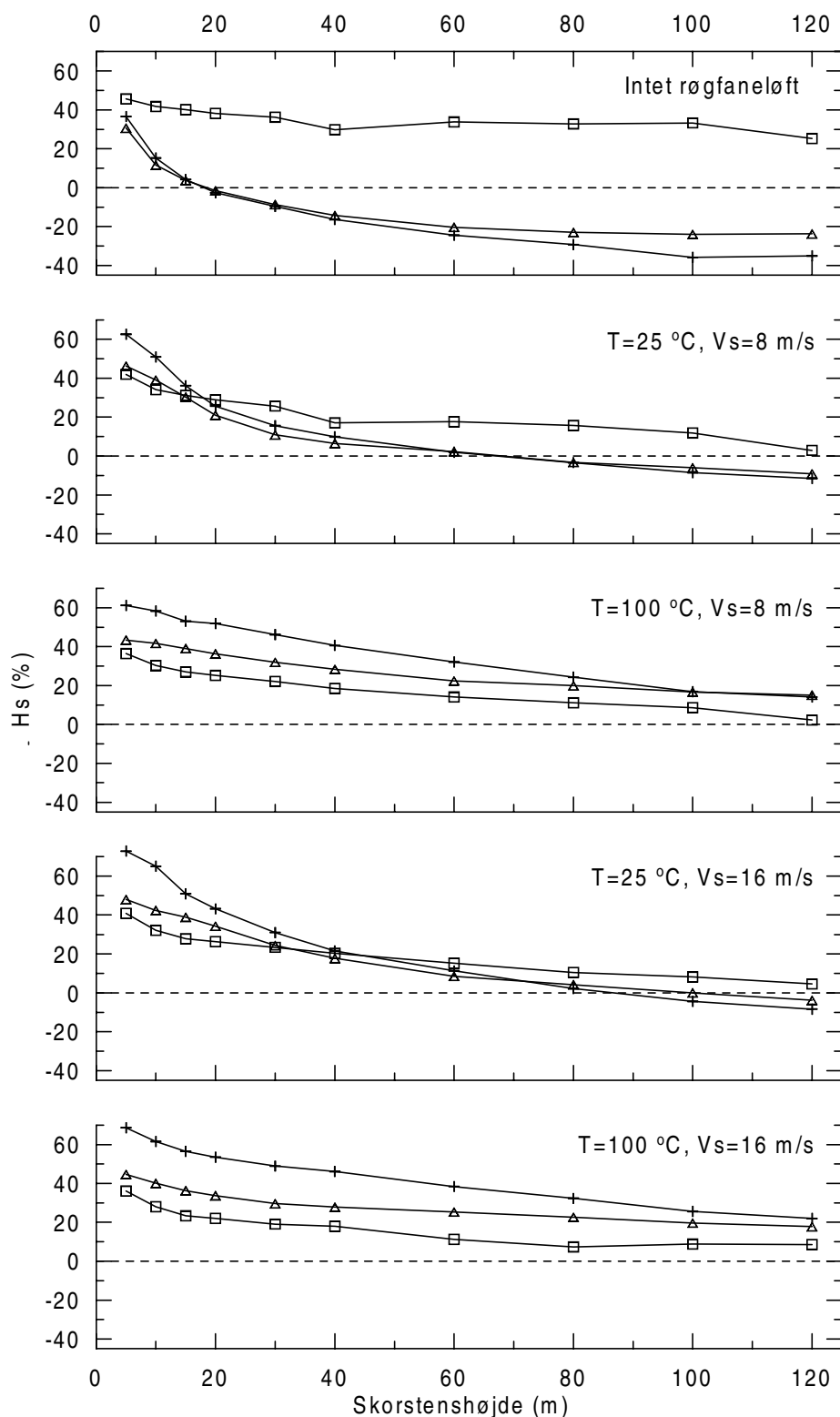
Approved odorous sources cause different loads

Calculations with the new model show that different odour emitting sources which are all approved by the current Danish method may cause very different frequencies of odorous concentrations both below and above the limit value of 5-10 OU/m³ and therefore will cause different odour loads.

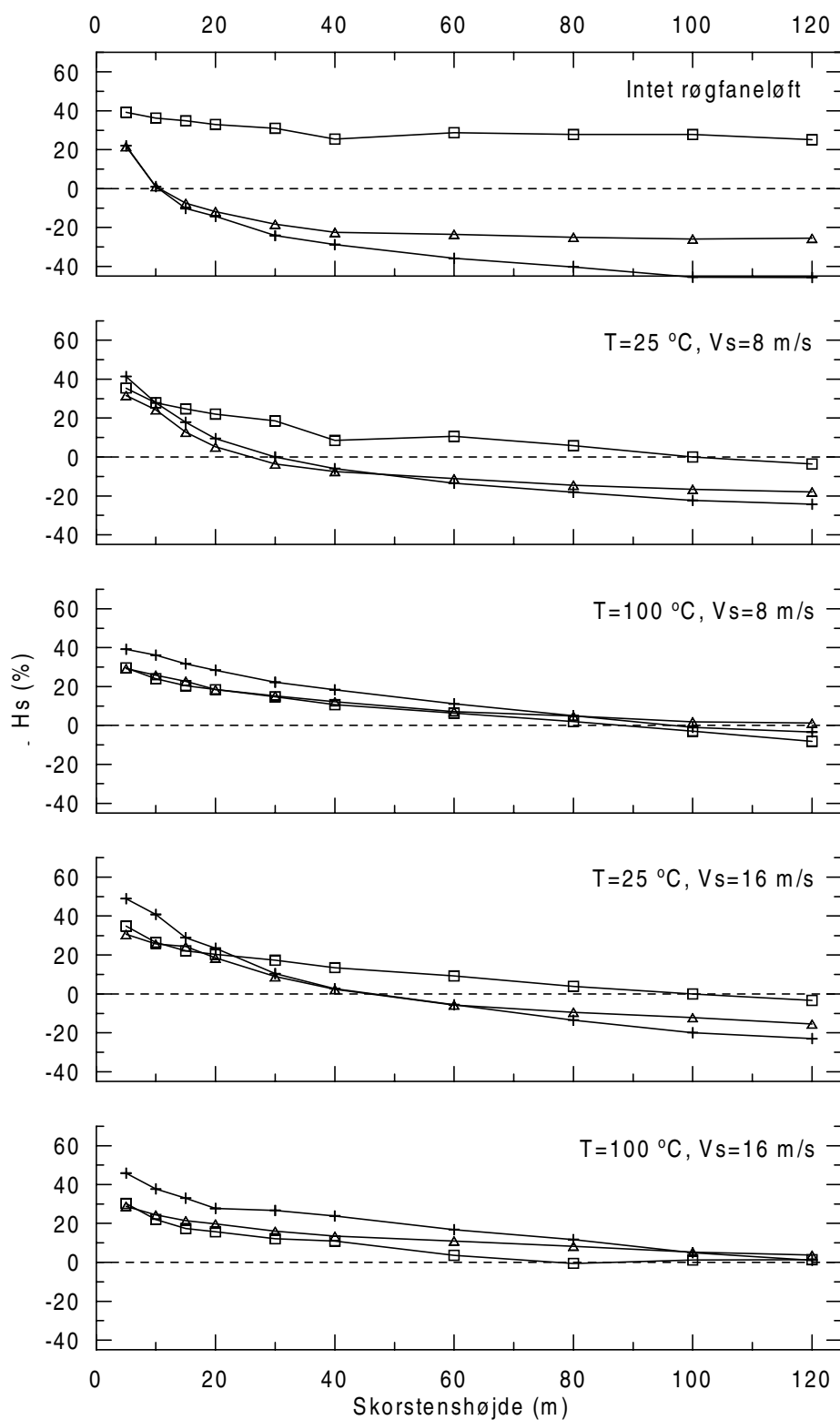
<i>German method</i>	The current Danish method for regulation of odorous sources is compared to the German method. When compared to the Danish method, calculations show that the German method is more restrictive for the lower stacks under consideration, and less restrictive for the higher stacks.
<i>Perception of odour</i>	The human perception of odour can be described by the odour intensity, which is not a linear function of the odour concentration, but is close to a logarithmic function - approximately described by a so-called Weber-Fechner curve.
<i>The new method</i>	For these reasons it is recommended that odour intensity should be taken into consideration when odour nuisance is estimated. The recommended procedure is as follows: Take as starting point the prescribed Weber-Fechner relation between odour concentration and odour intensity. On this basis, compute the accumulated odour intensity of short-term concentrations over one month with the new dispersion model. Next, consider data from an entire year and identify the maximum among all such monthly values. Finally, compare this maximum accumulated odour intensity to a limit value. It is proposed that the limit value should be around 4.5 LI% (LI% is a new unit called odour intensity percent).
<i>Consequences for stack heights</i>	<p>Future stack heights will be affected when odour loads are assessed by the new method instead of the current. Very simplified, assuming a limit value of 4.5 LI%, the following general changes in stack heights will take place for stack heights between 5 m and 120 m:</p> <ul style="list-style-type: none"> • For sources with full building effects (i.e. identical stack and building heights), stacks should typically be 5-10 m higher. • For sources with plume gas exit temperature of 25 °C, stack heights under 30-40 m should be increased by about 5 m, while higher stacks can be reduced in height (10-15 m lower at stack heights around 80 m and 20-30 lower at 120 m). • For sources with plume gas exit temperature of 100 °C, stack heights under 90-120 m should be increased by about 0-10 m. • Sources with relatively large plume gas volume flux will need higher stacks; conversely, relatively small volume flux will result in lower stack heights. • The largest odour load will occur at a greater distance from the source: The distance from source to the receptor with maximum odour load will be increased by a factor of 2-3.
<i>Possible improvements</i>	It will be possible to improve the method further in future, both by improving the dispersion model, and by employing a more accurate description of the relation between odour concentration and odour intensity, depending on the characteristics of the odour in question.

Bilag

Bilag I. Procentuel forøgelse af skorstenshøjder

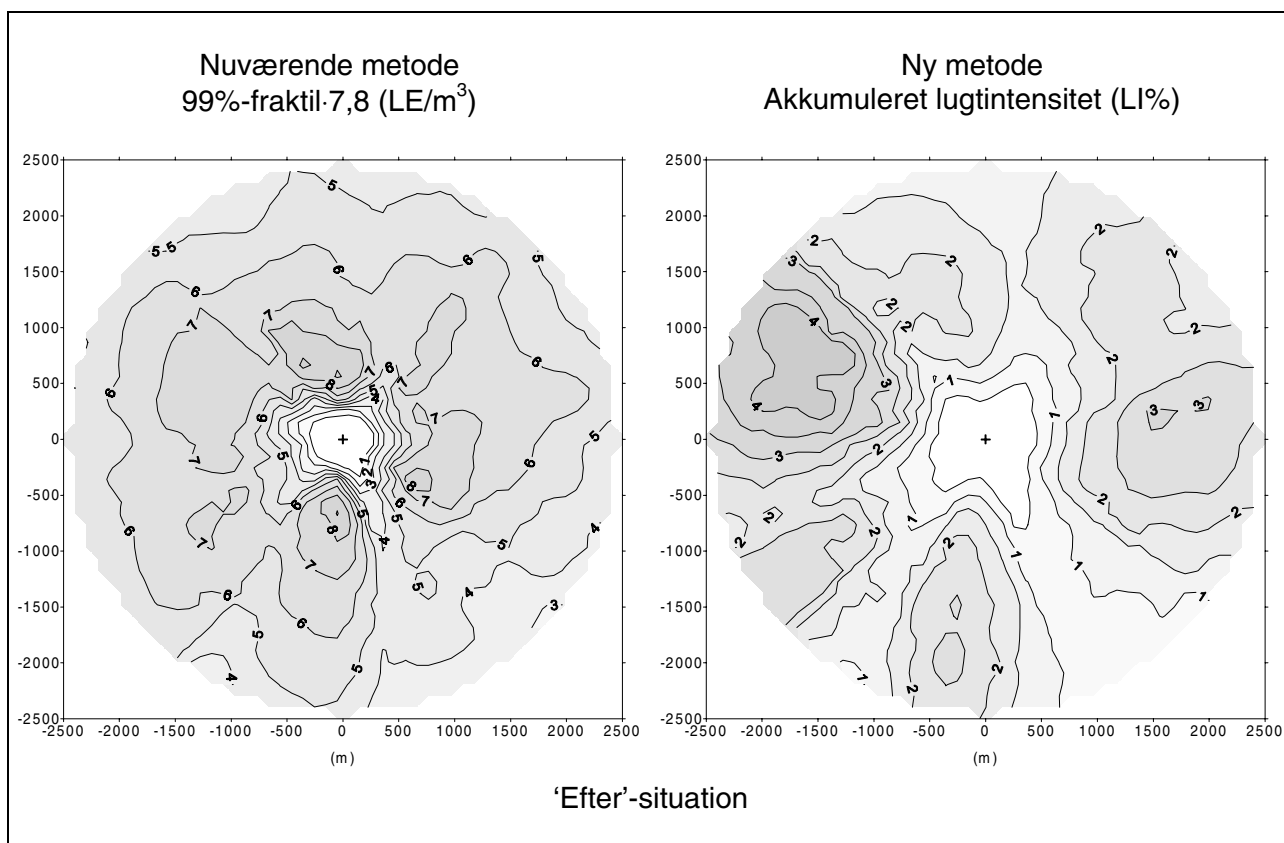


Figur I.1 Ændringer af forskellige kilders skorstenshøjder (ΔH_s), når kilderne skal overholde den foreslåede definition af lugtgrænseværdien, akkumuleret lugtintensitet, med en numerisk værdi på 3,4 LI% i forhold til den nuværende definition med grænseværdi på 10 LE/m³. Kildernes lugtstofemission er afpasset således, at de lige netop kan miljøgodkendes efter den nuværende definition. Data er for 150 forskellige konstruerede kilder, som er beskrevet mere detaljeret i kap. 3.1. Kildernes røggastemperatur (T) og røggashastighed (V_s) har betydning for røgfaneløft. 'Intet røgfaneløft' betyder, at røggasmængden er ubetydelig. +, Δ og \square angiver tilstødende bygningers højder, som er 0, 0,5 resp. 1,0 gange skorstenshøjden.

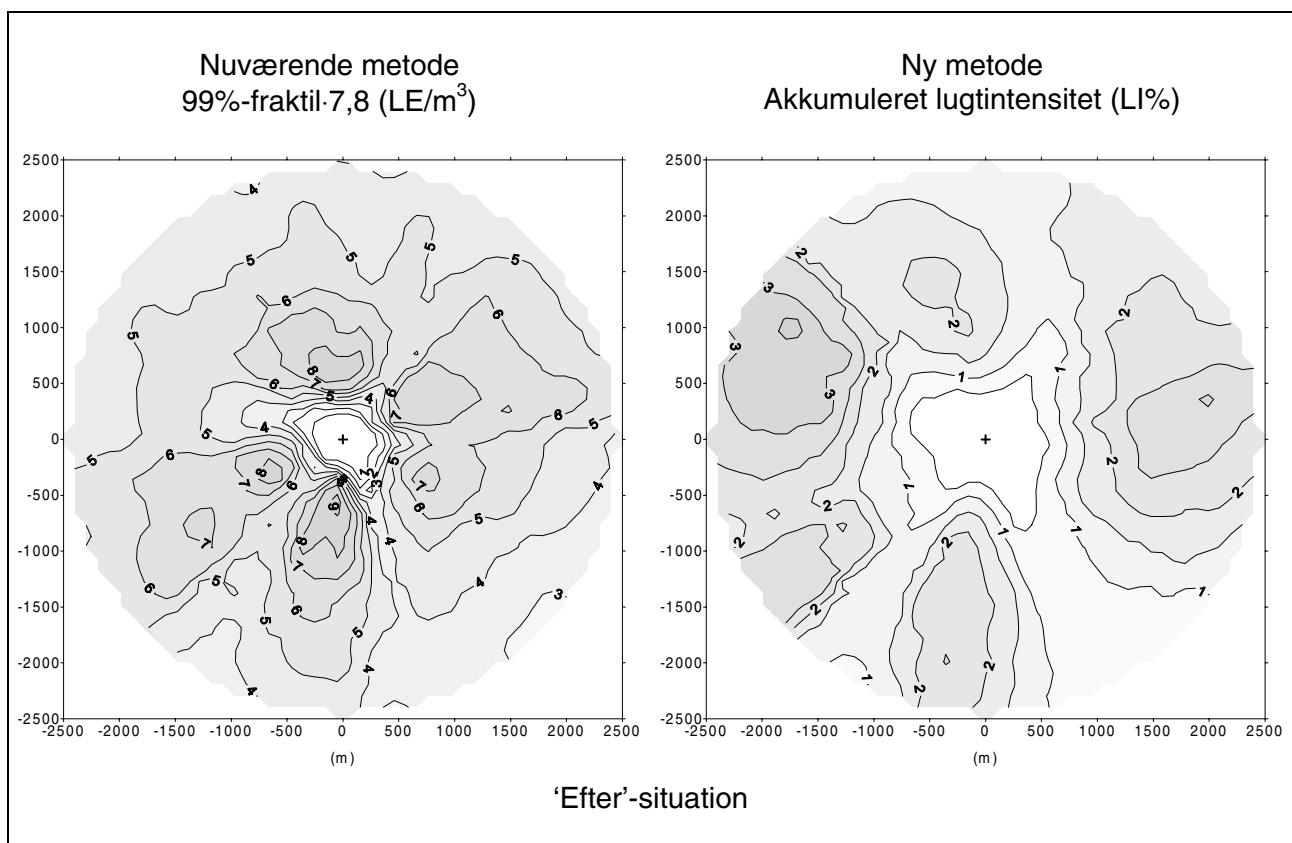


Figur 1.2 Ændringer af forskellige kilders skorstenshøjder (ΔH_s), når kilderne skal overholde den foreslåede definition af lugtgrænseværdien, akkumuleret lugtintensitet, med en numerisk værdi på 4,5 LI% i forhold til den nuværende definition med grænseværdi på 10 LE/m³. Kildernes lugtstofemission er afpasset således, at de lige netop kan miljøgodkendes efter den nuværende definition. Data er for 150 forskellige konstruerede kilder, som er beskrevet mere detaljeret i kap. 3.1. Kildernes røggastemperatur (T) og røggasthastighed (V_s) har betydning for røgfanens løft. 'Intet røgfanløft' betyder, at røggasmængden er ubetydelig. +, Δ og \square angiver tilstødende bygningers højder, som er 0, 0,5 resp. 1,0 gange skorstenshøjden.

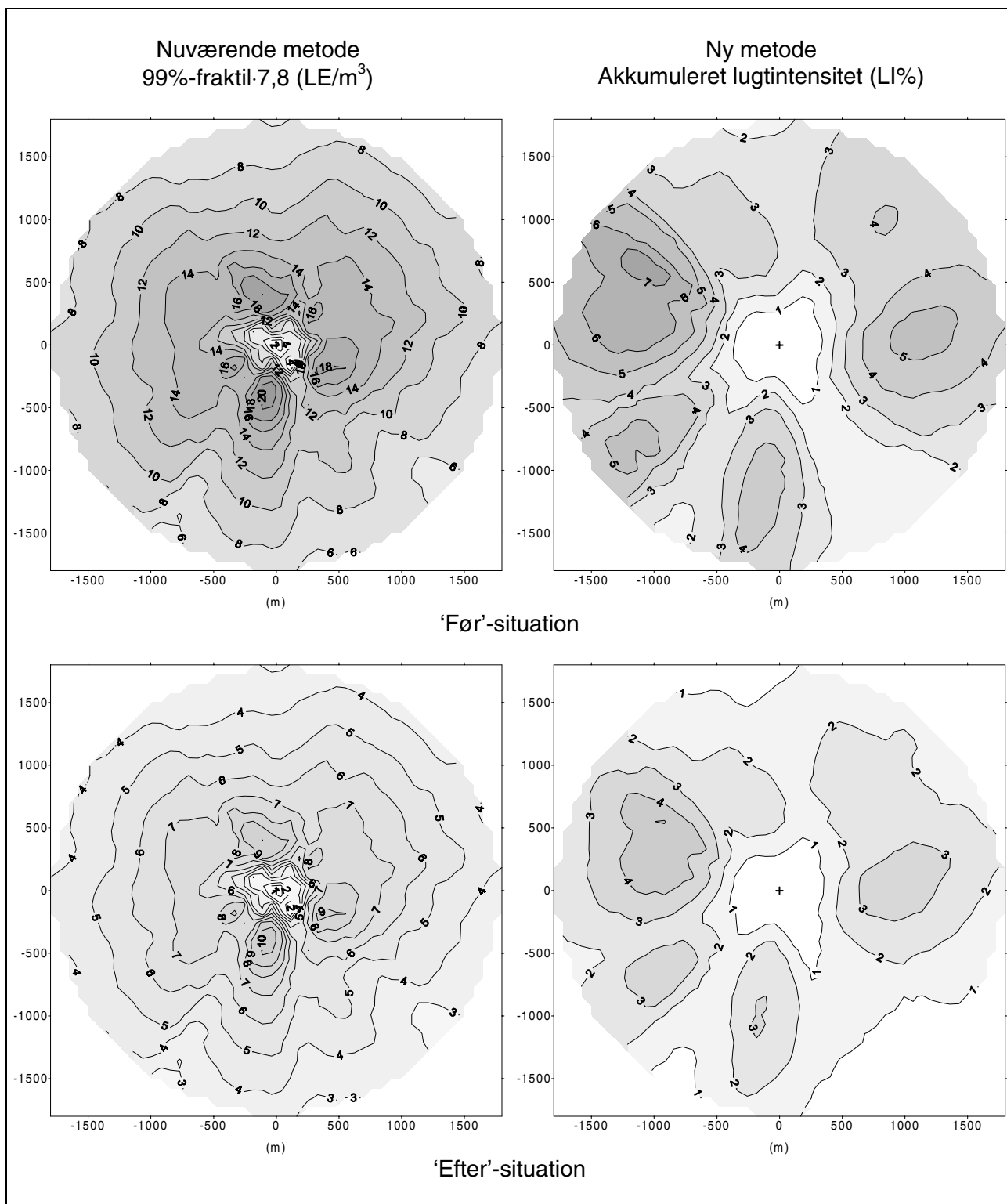
Bilag II. Geografisk fordeling af lugtbelastning.



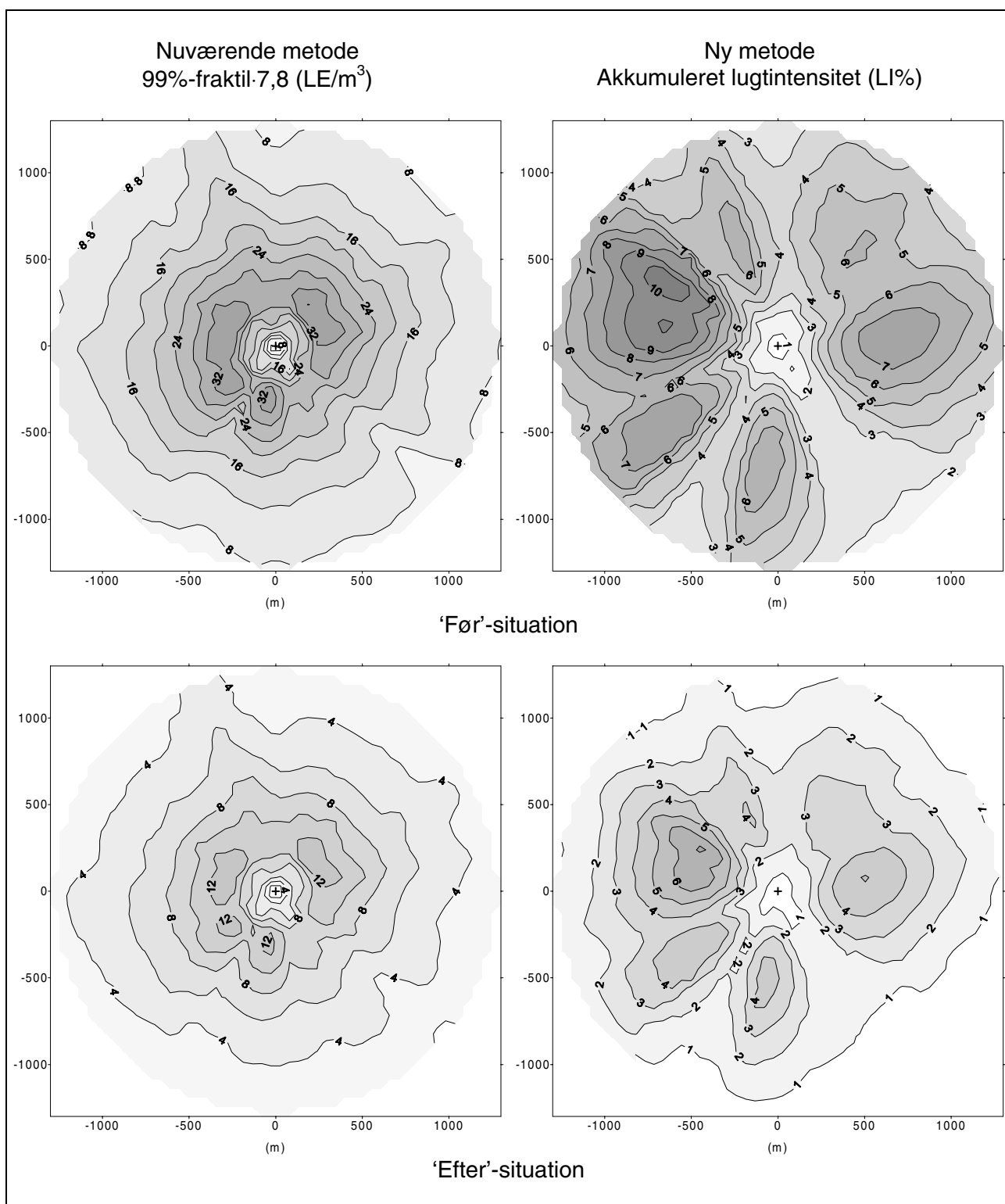
Figur II.1 Geografisk fordeling af lugtbelastningen for en eksisterende 112 m høj punktkilde beregnet med den nuværende og den foreslåede ny metode. Der registreres ingen lugtklager i omgivelserne i 'efter'-situationen, hvor skorstenshøjden er øget betydelig i forhold til 'før'-situationen (ikke vist) med mange lugtklager (se tekst i kap. 7.2 og tabel 7.2). Kildedata fremgår af tabel 7.1.



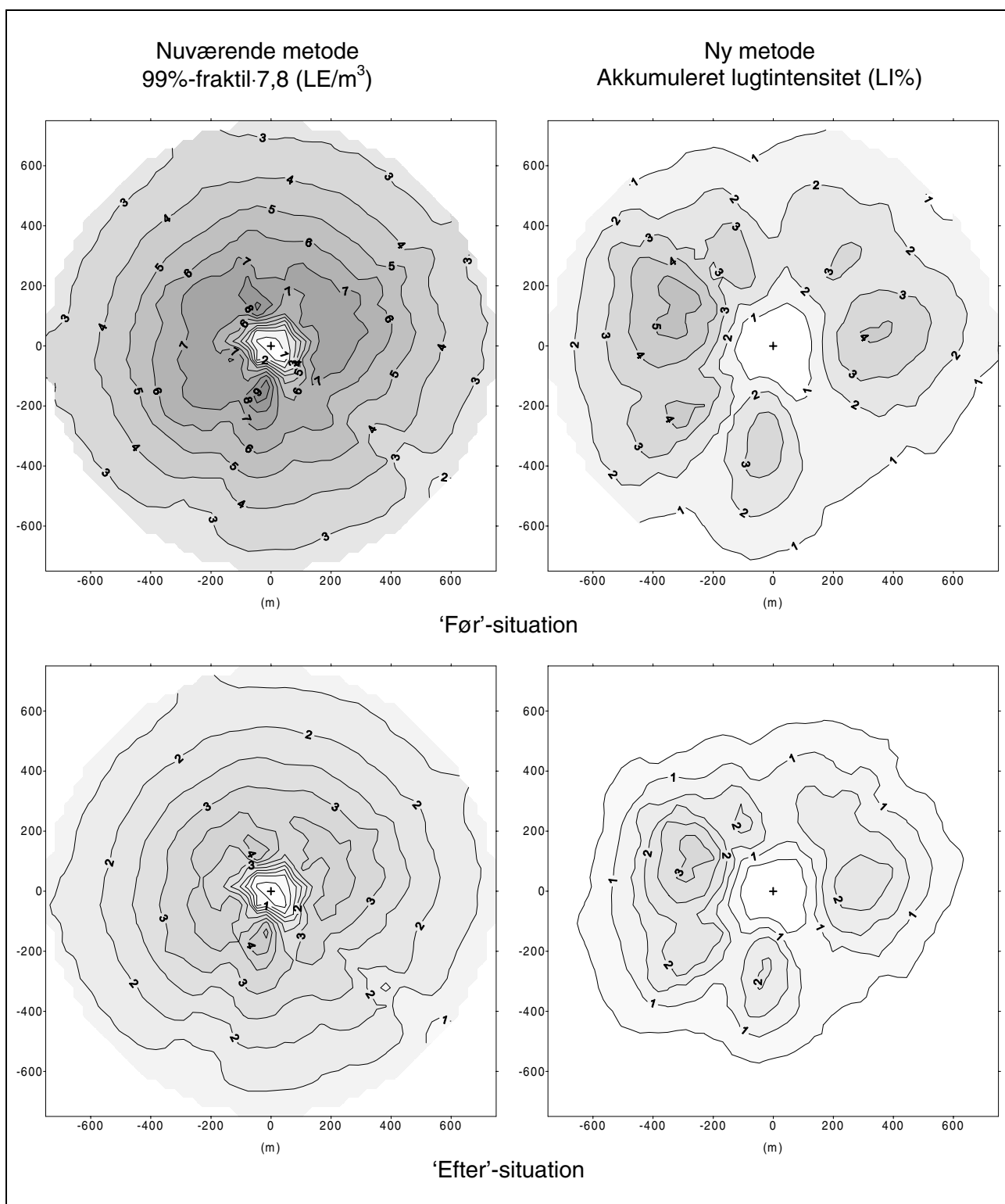
Figur II.2 Geografisk fordeling af lugtbelastningen for en eksisterende 110 m høj punktkilde beregnet med den nuværende og den foreslåede ny metode. Der registreres ingen lugtklager i omgivelserne i 'efter'-situationen, hvor skorstenshøjden er øget betydelig i forhold til 'før'-situationen (ikke vist) med mange lugtklager (se tekst i kap. 7.2 og tabel 7.2). Kildedata fremgår af tabel 7.1.



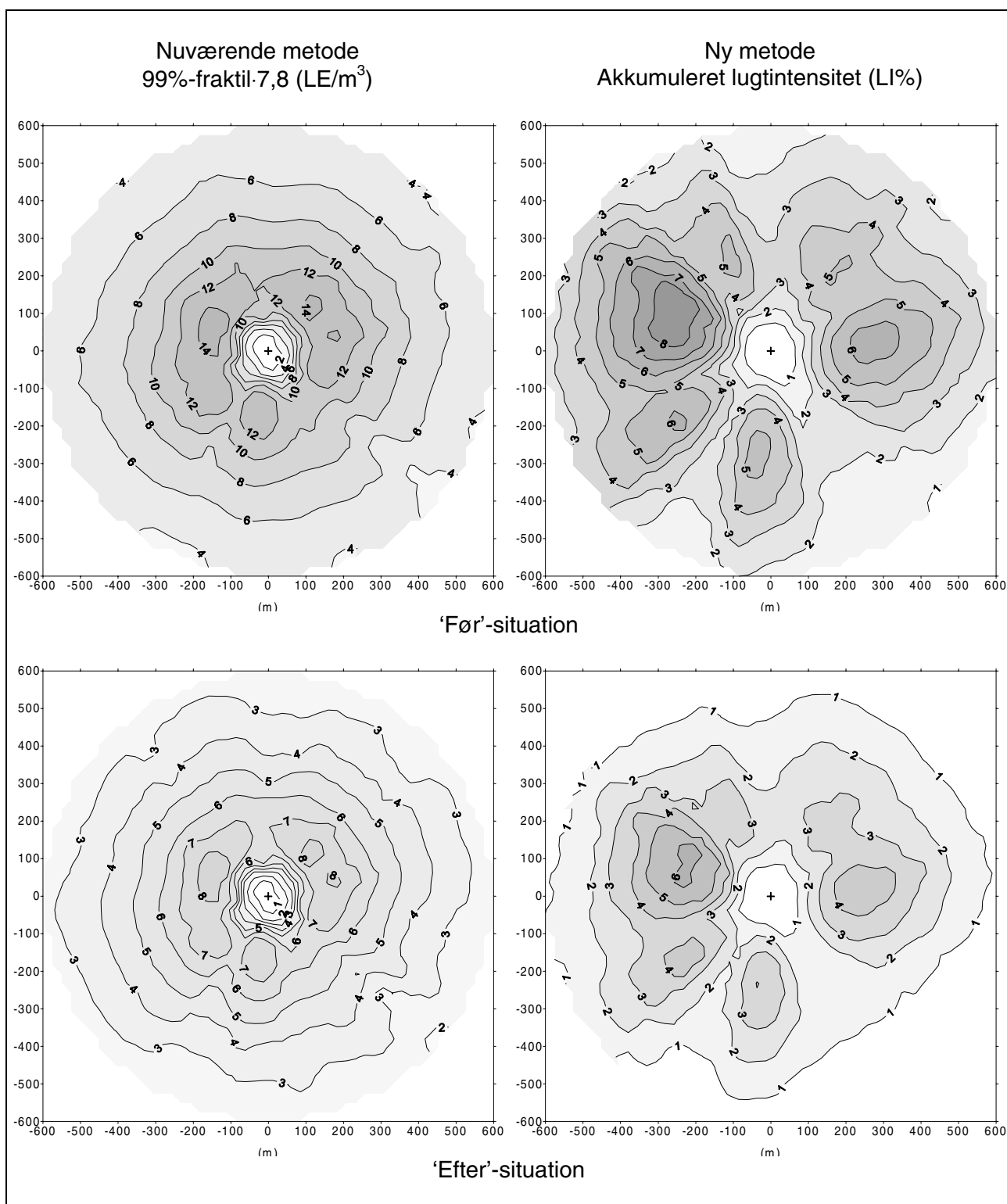
Figur II.3 Geografisk fordeling af lugtbelastningen for en eksisterende 58 m høj punktkilde beregnet med den nuværende og den foreslåede ny metode. I 'før'-situationen registreres en del lugtklager i omgivelserne. I 'efter'-situationen, hvor lugtstofemissionen er reduceret, registreres væsentlig færre lugtklager (se tekst i kap. 7.2 og tabel 7.2). Kildedata fremgår af tabel 7.1.



Figur II.4 Geografisk fordeling af lugtbelastningen for en eksisterende 32 m høj punktkilde beregnet med den nuværende og den foreslåede ny metode. I 'før'-situationen registreres en del lugtklager i omgivelserne. I 'efter'-situationen, hvor lugtstofemissionen er reduceret, registreres væsentlig færre lugtklager (se tekst i kap. 7.2 og tabel 7.2). Kildedata fremgår af tabel 7.1.



Figur II.5 Geografisk fordeling af lugtbelastningen for en eksisterende 25,3 m høj punktkilde beregnet med den nuværende og den foreslåede ny metode. I 'før'-situationen registreres en del lugtklager i omgivelserne. I 'efter'-situationen, hvor lugtstofemissionen er reduceret, registreres væsentlig færre lugtklager (se tekst i kap. 7.2 og tabel 7.2). Kildedata fremgår af tabel 7.1.



Figur II.6 Geografisk fordeling af lugtbelastningen for en eksisterende 18 m høj punktkilde beregnet med den nuværende og den foreslåede ny metode. I 'før'-situationen registreres en del lugtklager i omgivelserne. I 'efter'-situationen, hvor lugtstofemissionen er reduceret, registreres væsentlig færre lugtklager (se tekst i kap. 7.2 og tabel 7.2). Kildedata fremgår af tabel 7.1.

[Tom side]

Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser - DMU - er en forskningsinstitution i Miljø- og Energiministeriet. DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning indenfor natur og miljø.

Henvendelser kan rettes til:

URL: <http://www.dmu.dk>

Danmarks Miljøundersøgelser
Frederiksborgvej 399
Postboks 358
4000 Roskilde
Tlf.: 46 30 12 00
Fax: 46 30 11 14

Direktion og Sekretariat
Forsknings- og Udviklingssektion
Afd. for Atmosfærisk Miljø
Afd. for Havmiljø
Afd. for Mikrobiel Økologi og Bioteknologi
Afd. for Miljøkemi
Afd. for Systemanalyse
Afd. for Arktisk Miljø

Danmarks Miljøundersøgelser
Vejsøvej 25
Postboks 314
8600 Silkeborg
Tlf.: 89 20 14 00
Fax: 89 20 14 14

Afd. for Sø- og Fjordøkologi
Afd. for Terrestrisk Økologi
Afd. for Vandløbsøkologi

Danmarks Miljøundersøgelser
Grenåvej 12-14, Kalø
8410 Rønde
Tlf.: 89 20 17 00
Fax: 89 20 15 15

Afd. for Landskabsøkologi
Afd. for Kystzoneøkologi

Publikationer:

DMU udgiver faglige rapporter, tekniske anvisninger, temarapporter, samt årsberetninger. Et katalog over DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter er tilgængeligt via World Wide Web.

I årsberetningen findes en oversigt over det pågældende års publikationer.

Faglige rapporter fra DMU/NERI Technical Reports

2000

- Nr. 307: Cadmium Toxicity to Ringed Seals (*Phoca hispida*). An Epidemiological Study of possible Cadmium Induced Nephropathy and Osteodystrophy in Ringed Seals from Qaanaaq in Northwest Greenland. By Sonne-Hansen, C., Dietz, R., Leifsson, P.S., Hyldstrup, L. & Riget, F.F. (in press)
- Nr. 308: Økonomiske og miljømæssige konsekvenser af merkedsordningerne i EU's landbrugsreform. Agenda 2000. Af Andersen, J.M., Bruun et al. 63 s., 75,00 kr.
- Nr. 309: Benzene from Traffic. Fuel Content and Air Concentrations. By Palmgren, F., Hansen, A.B., Berkowicz, R. & Skov, H. 42 pp., 60,00 DKK.
- Nr. 310: Hovedtræk af Danmarks Miljøforskning 1999. Nøgleindtryk fra Danmarks Miljøundersøgelsers jubilæumskonference Dansk Miljøforskning. Af Secher, K. & Bjørnsen, P.K. 104 s., 100,00 kr.
- Nr. 311: Miljø- og naturmæssige konsekvenser af en ændret svineproduktion. Af Andersen, J.M., Asman, W.A.H., Hald, A.B., Münier, B. & Bruun, H.G. 104 s., 110,00 kr.
- Nr. 312: Effekt af døgnregulering af jagt på gæs. Af Madsen, J., Jørgensen, H.E. & Hansen, F. 64 s., 80,00 kr.
- Nr. 313: Tungmetalledfald i Danmark 1998. Af Hovmand, M. & Kemp, K. 26 s., 50,00 kr.
- Nr. 314: Virkemidler i pesticidpolitikken. Reduktion af pesticidanvendelsen på behandlede jordbrugsarealer. Af Hasler, B., Schou, J.S., Ørum, J.E. & Gårn Hansen, L. (i trykken)
- Nr. 315: Ecological Effects of Allelopathic Plants – a Review. By Kruse, M., Strandberg, M. & Strandberg, B. 64 pp., 75,00 DKK.
- Nr. 316: Overvågning af trafikens bidrag til lokal luftforurening (TOV). Målinger og analyser udført af DMU. Af Hertel, O., Berkowicz, R., Palmgren, F., Kemp, K. & Egeløv, A. 28 s. (Findes kun i elektronisk udgave)
- Nr. 317: Overvågning af bæver *Castor fiber* efter reintroduktion på Klosterheden Statsskovdistrikt 1999. Red. Berthelsen, J.P. 37 s., 40,00 kr.
- Nr. 318: Order Theoretical Tools in Environmental Sciences. Proceedings of the Second Workshop October 21st, 1999 in Roskilde, Denmark. By Sørensen, P.B. et al. 170 pp., 150,00 DKK.
- Nr. 319: Forbrug af økologiske fødevarer. Del 2: Modellering af efterspørgsel. Af Wier, M. & Smed, S. 184 s., 150,00 kr.
- Nr. 320: Transportvaner og kollektiv trafikforsyning. ALTRANS. Af Christensen, L. 154 s., 110,00 kr.
- Nr. 321: The DMU-ATMI THOR Air Pollution Forecast System. System Description. By Brandt, J., Christensen, J.H., Frohn, L.M., Berkowicz, R., Kemp, K. & Palmgren, F. 60 pp., 80,00 DKK.
- Nr. 322: Bevaringsstatus for naturtyper og arter omfattet af EF-habitatdirektivet. Af Pihl, S., Søgaard, B., Ejrnæs, R., Aude, E., Nielsen, K.E., Dahl, K. & Laursen, J.S. (i trykken)
- Nr. 323: Tests af metoder til marine vegetationsundersøgelser. Af Krause-Jensen, D., Laursen, J.S., Middelboe, A.L., Dahl, K., Hansen, J. Larsen, S.E. (in press)
- Nr. 324: Vingeindsamling fra jagtsæsonen 1999/2000 i Danmark. Wing Survey from the Huntig Season 1999/2000 in Denmark. Af Clausager, I. (in press)
- Nr. 325: Safety-Factors in Pesticide Risk Assessment. Differences in Species Sensitivity and Acute-Chronic Relations. By Elmegaard, N. & Jagers op Akkerhuis, G.A.J.M. (in press)
- Nr. 326: Integrering af landbrugsdata og pesticid-miljømodeller. Integrerede MiljøInformationsSystemer (IMIS). Af Schou, J.S., Andersen, J.M., Sørensen, P.B.
- Nr. 327: Konsekvenser af ny beregningsmetode for skorstenshøjder ved lugtemission. Af Løfstrøm, P. 66 s. (Findes kun i elektronisk udgave)

Rapporten belyser konsekvenserne for fremtidige højder af skorstene med lugtstofemission, hvis der indføres en ny atmosfærisk spredningsmodel for beregning af lugtbelastning i nærmiljøet sammen med et nyt forslag til definition af en lugtgrænseværdi. Konsekvenserne belyses gennem beregninger for 150 forskellige konstruerede punktkilder, som netop opfylder de nuværende miljøkrav. Der foretages en sammenligning med den tyske metode for regulering af lugtemitterende kilder. Derudover belyses konsekvensen for 6 eksisterende kilder, hvorom der indgår oplysninger om lugtklager før og efter ændringer af enten kildernes emissioner eller skorstenshøjder.

Miljø- og Energiministeriet
Danmarks Miljøundersøgelser

ISBN 87-7772-564-6
ISSN (elektronisk) 0905-815x