

EN-standarden for lugt i relation til eksisterende vilkår

Udarbejdet af
Arne Oxbøl
Akademiingeniør
dk-TEKNIK ENERGI & MILJØ
DECEMBER 2000

Indhold

INDHOLD	3
FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	6
SUMMARY AND CONCLUSIONS	7
1 INDLEDNING	8
1.1 BAGGRUND	8
1.2 HVAD ER LUGT OG LUGTGENER	9
1.3 HVORDAN BESKRIVES LUGT	10
1.4 SAMMENFATNING	10
2 OPFØLGNING PÅ REDEGØRELSE OM EN-STANDARD	11
2.1. SAMMENLIGNENDE MÅLINGER	11
2.2. BORTFALD AF FØLSOMHEDSFAKTOREN	12
2.3. FORSKEL MELLEMLABORATORIER	14
2.4. KONSEKVENSER	15
2.5. BEREGNING AF LUGTRESULTATER	16
2.6. KONFIDENSINTERVALLER	16
2.7. USIKKERHED PÅ LUGTANALYSER	18
3. INDDRAGELSE AF LUGTKARAKTERISTIKKER	20
3.1. LUGTINTENSITET	20
3.2. EFFEKT AF REDUKTION AF LUGTKONCENTRATIONEN	22
3.3. VURDERING AF VIRKSOMHEDER	22
4. NY OML-MODEL	24
4.1. PRINCIPPER I NY OG GAMMEL OML-MODEL	24
4.2. ANVENDELSESMULIGHEDER FOR DEN NYE MODEL	25
5. KOMBINATION AF LUGTKARAKTERISTIK OG NY OML-MODEL	28
5.1. BEREGNINGER	28
5.2. TOLKNING AF RESULTATERNE	29
5.3. BETYDNING AF EMISSIONSKONCENTRATION	30
5.4. BETYDNING AF LUGTTYPE	31
5.5. SAMMENFATNING	31
6. GRÆNSEVÆRDI- OG VILKÅRSFASTSÆTTELSE	33
6.1. PRAKSIS I DANMARK OG TYSKLAND	33
6.2. DEN NYE METODE	33
6.2.1 <i>Forslag til ny grænseværdi efter ny metode</i>	34
6.2.2 <i>Beregninger på kendte kilder</i>	35
6.2.3 <i>Sammenfatning</i>	36
6.3. HVILKE FORHOLD SKAL INDDRAGES I GRÆNSEVÆRDIFASTSÆTTELSEN?	37
6.3.1 <i>Lugtens hedoniske karakter</i>	37
6.3.2 <i>Lugtintensiteten</i>	38
6.3.3 <i>Social-økonomiske forhold til virksomheden</i>	38
6.3.4 <i>Områdets karakter</i>	39
6.3.5 <i>Hyppighed og varighed af lugtemission</i>	39

6.3.6. <i>Forslag til graduering af grænseværdier</i>	39
6.4. VILKÅRFASTSÆTTELSE	41
6.4.1. <i>Behandling og anvendelse af lugtresultater</i>	42
6.4.2. <i>Lugtvilkår</i>	43
7. ANBEFALINGER	44
REFERENCELISTE	45

Forord

Nærværende rapport er udarbejdet fra maj 2000 til februar 2001 på Miljøstyrelsens Referencelaboratorium. Den er et led i Miljøstyrelsens bestræbelser på at tilvejebringe ensartede og forbedrede metoder og retningslinier til brug ved regulering af lugtpåvirkning fra virksomheder.

Rapporten omfatter bl.a. en gennemgang af et nyt spredningsberegningsprogram for lugtimmission, udarbejdet af Danmarks Miljøundersøgelser (DMU). Rapportens forfatter skylder en stor tak til Per Løfstrøm, DMU, for tålmodig forklaring på programmets virkemåde og for at stille en kopi til rådighed for beregninger.

Sammenfatning og konklusioner

Indførelse af EN-standarden for lugtanalyser vil betyde ændringer i de målte lugtkoncentrationer. Resultaterne bliver gennemsnitligt en faktor 1,5 større end hidtil.

Når EN-standarden er indarbejdet på de enkelte laboratorier, vil forskelle mellem laboratorier ligge inden for givne, acceptable rammer.

EN-standarden giver beregningsmetoder til statistisk bearbejdelse af lugtresultater og kontrol af panelister og paneler. Der er mulighed for at sammensætte paneler, der har en god nøjagtighed og repeterbarhed.

En statistisk beregningsmetode for 95% konfidensintervaller giver mulighed for at teste analyseresultater for outliers (afvigere) og bestemme emissionen enten som gennemsnit af målingerne eller – i tilfælde af høje outliers – som højeste måleværdi.

En ny metode til immissionsberegning bygger på viden om den instantane, tidslige koncentrationsfordeling i røgfaner og giver mulighed for at beregne 99% fraktiler på korttidsbasis. Derved kan det undgås at foretage den hidtidigt anvendte, konservative men upræcise korrektion af 99% fraktilen på timemiddelbasis. Det giver en betydelig forbedring af beregningsgrundlaget i godkendelsesarbejdet for miljømyndigheder.

Den nye beregningsmetode kan som supplement beregne den reelle lugtpåvirkning gennem indførelse af begrebet lugtintensitet. De beregnede lugtkoncentrationer omregnes til talværdier for svag, tydelig og stærk lugt og sammenholdes med perioden, hvori de forekommer. Det giver en værdi for samlet lugtpåvirkning over en måned, målt i lugtintensitetsprocent. Denne måde at betragte lugt på giver teoretisk en meget præcis beskrivelse af lugtpåvirkninger, men der eksisterer for lidt baggrundsmateriale til fastsættelse af en grænseværdi på basis af lugtintensitet.

Indførelse af intensitetsbetragtningen eliminerer betydningen af følsomhedsfaktoren, når lugtopfattelsen sammenholdes med lugtkoncentrationer. Det skal blot specificeres om en lugtkoncentration er korrigeret eller ukorrigeret.

Intensitetsbegrebet bør undersøges mere detaljeret for at få en mere præcis beskrivelse af lugtpåvirkninger og sammenhæng med lugtkoncentrationer.

I en overgangsordning kan følgende to muligheder overvejes for eksisterende virksomheder for at undgå utilsigtede konsekvenser for disse:

- Vilkår om lugt i virksomhedens godkendelse ændres
- Prøver fra virksomheden analyseres efter hidtil anvendt metode

Den nye metode gælder for nye virksomheder eller ved udformning af nye vilkår, f.eks. ved udvidelser.

Summary and conclusions

Implementation of the EN-standard (draft no. prEN 13725) for odour analysis will cause changes in the reported odour concentrations. The results will in average increase with a factor 1,5 in comparison with the method traditionally used in Denmark.

When the EN-standard is implemented in the laboratories, the difference between laboratories will be within acceptable limits.

The EN-standard describes statistical methods for treatment of odour results and for control of panellists and panels. It is possible to select panels with a good accuracy and repeatability.

A statistical calculation of 95% confidence intervals enables the laboratories to test single results for outliers and to determine the final result either as the average of single results or – in case where outliers are significantly above the average – as the highest result.

A new method for calculation of immission concentration is developed at Danish Research Institute (DMU) and is based on knowledge about short time distribution of concentrations in plumes. It enables the laboratories to calculate 99 percentiles on a short time basis. Consequently it is possible to avoid the conservative but unprecise correction of the 99 percentile from hourly basis. This means an improvement in the basis for environmental regulation.

Supplementary, the new calculation can predict the real odour impact by means of the odour intensity. The calculated concentration is recalculated into values for weak, average or strong intensity and calculated as a function of time. Hereby a value is created describing the odour impact in terms of intensity-timepercent. Accumulated over a month it gives a picture of how much neighbours are affected by the odour. Theoretically, it is a very precise description. However, too little material exists to determine a limit below which no neighbours are affected.

Implementation of the intensity eliminates the effect of omitting the sensibility factor as long as the odour intensity is related to odour concentration. In this case the odour concentration should be specified as corrected or uncorrected.

The concept of intensity should be further investigated in order to get more knowledge for the precise description of impact of odour and relation to odour concentration.

In a preliminary period in Denmark, two possibilities may be considered in order to avoid undesired consequences for this plants:

- Paragraphs related to odour are changed
- Samples from the plant are analysed according to old method.

1 Indledning

Miljøstyrelsen har ønsket gennemført et udredningsarbejde om konsekvenserne af indførelse af ny europæisk standard for bestemmelsen af lugtkoncentrationen og lugtemissionen i forhold til gældende retningslinier. Miljøstyrelsens Referencelaboratorium /3/ har tidligere redegjort for, at denne vil kunne få betydelige konsekvenser.

Miljøstyrelsen har ønsket forslag til retningslinier for behandlingen af lugtsager, således at konsekvenserne ikke får betydning for eksisterende virksomheder.

Miljøstyrelsen har endvidere ønsket, at det arbejde, Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) har udført omkring spredningsberegning for lugt, skal inddrages i fremtidig sagsbehandling.

1.1 Baggrund

I tilfælde af krav til en virksomhed om måling af lugtemissionen tager sagsbehandlingen udgangspunkt i Miljøstyrelsens vejledning nr. 4/1985 "Begrænsning af lugtgener fra virksomheder" /4/. Her er der angivet et lugtimmissionskoncentrationsbidrag baseret på 1-minutsmiddelværdi som en 99% fraktil og en beregningsmetode. Denne metode er enkel at håndtere, når der kun er tale om ét afkast, men har angiveligt frembudt vanskeligheder med flere afkast, og der var i starten af 1990'erne et ønske om at kunne anvende spredningsmeteorologiske beregninger.

Vejledningen indeholder ikke beskrivelse af sådanne metoder, men i et notat fra 1992 /8/ har Miljøstyrelsen udstukket retningslinier for, hvordan OML-spredningsberegningssmodellen kan anvendes. Ved den beregnede 99% fraktil forstås, at der kun i 1% af en måneds timer er kortvarige perioder (1 minut), hvor værdien overskrides.

Ved vurdering af den beregnede lugtimmissionskoncentration - f.eks. 5 eller 10 LE/m³ - efter den hidtil anvendte vejledning blev det anbefalet at tillægge den måleusikkerhed, som målemetoden giver.

Generelt benyttes i Danmark krav på 5-10 LE/m³ som tilladeligt lugtimmissionskoncentrationsbidrag. 5 LE/m³ benyttes typisk ved boligområder og 10 LE/m³ i industriområder.

I England og Holland baseres lugtimmissionskoncentrationsbidraget på 1-times-middelværdi med andre fraktiler end i Danmark.

Bestemmelsen af lugtkoncentrationen og dermed lugtemissionen har igennem mange år været yderst afhængig af den målemetode, de enkelte laboratorier benytter både her i landet og i udlandet. For at undgå at emissionskontrollen bliver afhængig af det udførende laboratoriums aktuelle metode, vil en kommende EN-

standard medføre, at der benyttes en ensartet målemetodik med veldefinerede krav til udstyr, panelister og procedurer for at sikre reproducerbare resultater.

1.2 Hvad er lugt og lugtgener

Lugtstoffer er flygtige, fortrinsvis organiske gasser, der selv i meget små koncentrationer kan opfattes af den menneskelige lugtesans. Det er i definitionen uden betydning, om lugten fra et lugtstof er "god" eller "dårlig".

Lugt er i modsætning til andre forureninger, f.eks. NO_x, SO₂ og støv i luften, noget de fleste mennesker med naturlig lugtesans selv kan registrere. Men mange aspekter har indflydelse på, om det er generende eller ej.

Lugt i udendørsmiljøet opfattes normalt som naturlig, men kommer lugten fra industriel virksomhed, kan den opfattes som ilde lugt, der kan medføre gener for de omkringboende.

For at opnå en troværdig og objektiv vurdering af lugtpåvirkning er det vigtigt at kunne dokumentere, at lugtkoncentrationen og dermed lugtemissionen måles efter en godkendt metode efter den gældende danske vejledning, som i en meget nær fremtid bliver baseret på en EN-standard.

Om en lugt kan accepteres hænger bl.a. sammen med varigheden og hyppigheden af lugtoplevelsen. En virksomhed, der kun sjældent har lugtemission (lav hyppighed), vil ikke opfattes lige så generende som en virksomhed, der dagligt emitterer lugt. Tilsvarende vil kortvarige emissioner f.eks. hver formiddag ikke opfattes lige så generende som emissioner, der strækker sig over hele dagen.

Dette forhold er imidlertid komplekst, idet kortvarige emissioner lettere "opdages" end langvarige. Der sker en vis tilvænning til lugtene, som kan betyde, at man ikke registrerer dem. Derfor vil en kortvarig svag lugt registreres og måske give anledning til klager, mens den samme lugt efter en konstant påvirkning i længere tid ikke opfattes, og derfor ikke giver anledning til klager.

Om lugt opfattes generende kan også være meget afhængig af beboernes social-økonomiske relationer til virksomheden og områdets karakter (boligområde, industriområde, rekreativt område). Tolerancen overfor lugt er f.eks. større hos beboere med tilknytning til virksomheden end hos tilflyttere (gælder f.eks. for sukkerfabrikker, svinefarme og fiskeindustri).

I den forbindelse må det imidlertid pointeres, at landbruget igennem en årrække har fået et industrielt præg. Det har bl.a. betydet meget store stalde, der kan give en større lugtemission end det traditionelle landbrug. En sådan udvidelse af bedriften kan betyde, at lugtgener opstår også hos tidligere ikke-klagende naboer på grund af den større lugtpåvirkning nu end tidligere.

I naturen er der mange lugte. De fleste mennesker reflekterer normalt ikke meget på, om lugten generer eller ej, hvis lugtene føles som naturlige i den sammenhæng, de forekommer. I naturen accepteres lugte fra strande med rådden tang eller fra andre naturlige kilder såsom vådområder og moser.

I trafikmiljøet tolereres et vist niveau af lugt af udstødningsgas, idet lugten opfattes som uundgåelig i dette miljø. Der er her en sammenhæng med, at hvis man selv kan vælge at blive udsat for en lugt, virker den ikke så generende.

I disse situationer er det vanskeligt at klage over lugt, da det enten ikke er nemt at gøre noget ved problemet, eller det er delvist selvforskyldt.

Problemer med lugt kan opstå, hvis påvirkningen med lugt bliver for stor, og lugtkilden ikke er en "naturlig" kilde. Dette kan betyde gener eller klager. Herved kan opstå den barokke situation, at de "naturlige lugte" fra en strand med områder med rådden tang medfører gener og dermed klager over lugten fra et rensningsanlæg, som ligger i området og måske udsender mindre lugt end naturens egne kilder.

1.3 Hvordan beskrives lugt

Den størrelse, der bestemmes ved analysen, er antallet af lugtenheder pr. m³.

En **lugtenhed** er defineret som den mængde af et lugtende stof eller en lugtende stofblanding, som fordelt i 1 m³ luft netop fremkalder en **lugtintensitet** (lugtstyrke) svarende til lugttærskelværdien.

Lugttærskelværdien defineres som den lugtstofkoncentration, ved hvilken 50% af et lugtpanel kan erkende lugt i en prøve og de øvrige 50% ikke.

Menneskers lugtopfattelse er logaritmisk, hvilket betyder, at en forøgelse af lugtkoncentrationen **ikke** giver en proportional forøgelse af intensiteten af lugten og dermed genen ved den. Dette belyses nærmere i afsnit 3.1 om lugtintensitet.

Om lugt virker generende afhænger foruden af intensiteten af dens hedoniske karakter (acceptabiliteten - om den er ubehagelig, neutral eller behagelig).

1.4 Sammenfatning

Regulering af lugtemission fra virksomheder bør tage hensyn til ét eller flere af de nævnte forhold

- Hyppighed af lugtemission
- Varighed af lugtemission
- Social-økonomiske forhold til virksomheden
- Lugtintensiteten
- Lugtens hedoniske karakter eller acceptabiliteten
- Områdets karakter

I afsnit 6.3 om grænseværdifastsættelse vil det blive belyst hvilke af disse faktorer, det er praktisk muligt at beskrive og tage hensyn til ved vilkårsfastsættelse.

2 OPFØLGNING PÅ REDEGØRELSE OM EN-STANDARD

2.1. Sammenlignende målinger

EN-standarden /1/ foreskriver en beregningsmetode til brug ved sammenlignende målinger på flere laboratorier. Den følger samme principper som ved beregningen af enkelte paneler, der skal kunne dokumentere en vis repeterbarhed og en vis nøjagtighed ved analyse af et referencemateriale med kendt koncentration, (afsnitene 5.2.1.1 og 5.2.1.4 i /1/).

Teststørrelsen, r , for repeterbarheden skal være mindre end 0,477 og teststørrelsen, A_{OD} , for nøjagtigheden mindre end 0,217. Ved sammenligning af resultater fra flere laboratoriers analyser af prøver fra fabriksafkast er koncentrationen ikke kendt. Derfor anvendes et gennemsnit af de deltagende laboratoriers bestemmelser som den "sande" koncentration ved beregningen af teststørrelserne.

Mette Drejstel og Anders T. Kristensen /2/ beskriver sammenlignende målinger mellem de tre danske laboratorier. Laboratoriernes følsomhedsfaktor for de aktuelle paneler er brugt til at korrigerer med, dels den totale følsomhedsfaktor som bestemt efter retningslinierne i /4/, dels en følsomhedsfaktor baseret på n-butanol alene. "Sand" værdi er her gennemsnittet af alle målte værdier.

Resultaterne for et tørt afkast ses i tabel 1. Med fed er fremhævet teststørrelser, der lever op til kravene.

Tabel 1 Sammenlignende målinger mellem tre danske laboratorier. Resultaterne er ukorrigerede værdier for et tørt afkast.

	Laboratorium A LE/m ³	Laboratorium B LE/m ³	Laboratorium C LE/m ³
Prøve 1	240	60	300
Prøve 2	310	120	300
Prøve 3	310	68	300
Prøve 4	340	74	300
Middel	300	80,5	300
Repeterbarhed, r	0,293	0,592	0,000
Nøjagtighed, A_{OD}	0,221	0,675	0,121
Sand værdi	227		

r skal være mindre end 0,477

A_{OD} skal være mindre end 0,217

Nedenfor er vist et tænkt eksempel på sammenlignende målinger udført af tre laboratorier. Det viser hvor vide rammer, der er i EN-standards forskrift. Det er forudsat, at de tre laboratorier anvender panelister, der opfylder kravene til repeter-

barhed og middelværdi af lugttærskel for n-butanol. Beregningens resultat fremgår af tabel 2.

Tabel 2 Et tænkt eksempel på sammenlignende målinger udført af tre laboratorier

	Laboratorium 1 LE/m ³	Laboratorium 2 LE/m ³	Laboratorium 3 LE/m ³
Prøve 1	7000	15200	6600
Prøve 2	6600	15500	8100
Prøve 3	7200	15000	10200
Prøve 4	7400	16200	11100
Middel	7050	15475	9000
Repetérbarhed, r	0,096	0,066	0,458
Nøjagtighed, A _{OD}	0,208	0,191	0,238
Sand værdi	10508		

r skal være mindre end 0,477

A_{OD} skal være mindre end 0,217

Resultaterne i tabel 2 viser, at forskelle i olfaktometre og opbygning giver store forskelle. Men efter EN-standarden vil der være forskelle, som kan accepteres.

Beregningerne viser, at alle laboratorier opfylder kravet til repetérbarhed, mens laboratorium 3 som det eneste ikke opfylder kravet til nøjagtighed.

At laboratorium 3 ikke lever op til kravene trods den meget fine overensstemmelse med den "sande" værdi, sætter problemet ved analyserne i relief.

De to andre laboratorier opfylder alle krav primært i kraft af en meget lille spredning på resultaterne og dermed en fin repetérbarhed. Men netop disse to laboratorier har en faktor på 2,2 mellem gennemsnitsværdierne. Ud fra kriterierne i EN-standarden kan begge laboratoriers resultater godkendes, men en så stor forskel vil have betydelig konsekvens ved godkendelse af en given virksomhed. Det er derfor meget vigtigt, at laboratorierne gennem omhyggelig paneludvælgelse og dokumentation får større overensstemmelse og dermed sikrer en stor troværdighed.

Dette tænkte tilfælde bør dog ikke tolkes sådan, at laboratorium 2 altid giver høje værdier og laboratorium 3 altid lave. Erfaringer fra målinger viser, at det aktuelle panelvalg godt kan betyde "modsatte" resultater dagen efter.

Konklusionen er, at der kan opnås en variation på ca. 1,5 fra den "sande værdi" for et laboratorium, som opfylder kravene i EN-standarden.

2.2. Bortfald af følsomhedsfaktoren

Generelt

I henhold til Lugtvejledningen /4/ anvendes der ved efterbehandlingen af lugtanalyseresultater en følsomhedsfaktor, der er baseret på panelisternes lugttærskel for n-butanol og hydrogensulfid. Følsomhedsfaktoren, der oftest er større end 1, indgår som divisor i beregningen og mindsker derfor resultatet.

De tre danske laboratorier har erfaret, at især analysen af hydrogensulfid er vanskelig og giver anledning til stor variation.

Ved indførelsen af EN-standarden ændres lugttærsklen for n-butanol fra den danske vejledende værdi på 50 ppb til 40 ppb. Nedenstående regneeksempel /3/ viser indflydelse fra hydrogensulfids følsomhedsfaktor.

Følsomhedsfaktoren beregnet ifølge de danske regler vil med

målt lugttærskel for n-butanol = 22 ppb og
målt lugttærskel for hydrogensulfid = 0,3 ppb blive

$$P = \sqrt{\frac{50}{22}} * \sqrt{\frac{0,6}{0,3}} = 2,1$$

Uden brug af hydrogensulfid vil følsomhedsfaktoren være 1,5. Med en fastlagt lugttærskel (EN-værdi) for n-butanol på 40 ppb, vil følsomhedsfaktoren uden hensyn til hydrogensulfid blive 1,3.

Boholt /3/ har ved beregningseksempler og teoretisk gennemgang af lugtanalyser med forskellige paneler vist, at lugtresultater efter indførelse af EN-standarden for olfaktometrisk analyse kan stige med op til 80% eller 1,8 gange

Betydning af følsomhedsfaktoren – krav til panelister

Følsomhedsfaktoren er forskellig for de tre danske laboratorier, der i dag kan lave akkrediterede lugtanalyser. Faktoren og dermed forskellen mellem laboratorier er afhængig af olfaktometertype og af de panelister, der anvendes ved analyserne. Formålet med faktoren har været, at analyser udført på de tre laboratorier er sammenlignelige uanset panelisternes egenskaber.

Når faktoren ikke indregnes, vil panelisternes og udstyrets egenskaber slå igennem, og resultaterne vil være forskellige for de enkelte laboratorier. Ved en fremtidig anvendelse af standardens krav til panelister og panelsammensætning vil forskellen mindskes.

Blandt kravene til panelisterne er de vigtigste, at deres lugttærskel – bestemt som rullende gennemsnit af 10 målinger - for n-butanol ligger mellem 20 og 80 ppb, og at deres repeterbarhed ved bestemmelse af lugttærsklen for n-butanol er god. Det første krav skal sikre, at panelister, der er repræsentative for befolkningen, har en lugttærskel tæt på den i standarden vedtagne normallugttærskel på 40 ppb.

Det andet krav betyder, at koncentrationsbestemmelsen skal ligge inden for fastlagte rammer. Repeterbarheden, r, skal opfylde $r < 0,477$, der også kan udtrykkes som $10^r < 3,0$. Dette betyder, at forholdet mellem to målinger udført af det samme laboratorium/panelist på den samme prøve under repeterbare omstændigheder i 95% af tilfældene ikke er større end 3.

Panelisterne er analysens sensor, og denne bliver gennem udvælgelsestesten med n-butanol (referencemateriale) kalibreret. Det antages /1/, at panelisternes evne til at lugte n-butanol (analysatorens ”performance” karakteristisk) kan overføres til andre lugtstoffer.

Når alle lugtanalyselaboratorier således er kalibreret og lever op til standarden, bør den hidtidige indflydelse fra korrektionen for n-butanol være elimineret.

Indflydelsen fra hydrogensulfid forsvinder derimod ikke, da lugttærsklen for denne ikke indgår i standardens krav. Derfor vil resultaterne fremover blive højere. Det er realistisk at regne med, at lugtresultater i gennemsnit for de tre danske laboratorier vil stige med en faktor op til ca. 1,5.

2.3. Forskel mellem laboratorier

Analyseresultater kan stadig vise sig at være forskellige for de tre laboratorier uanset opfyldelse af kravene, idet intervallet for lugtgrænsen for n-butanol er stort. Det er derfor teoretisk muligt at sammensætte et panel af panelister med lugttærskel mellem 20 og 30 ppb og et andet med panelister med lugttærskel mellem 70 og 80 ppb. Hvis antagelsen om "performance" karakteristikken er korrekt, kan de to paneler meget konservativt vurderet give resultater, der er to til fire gange fra hinanden. I praksis vil der næppe være denne forskel.

Et vigtigt krav til panelet som helhed er, at det har en god nøjagtighed beregnet ved størrelsen A_{OD} . A_{OD} udtrykker dels, hvor tæt på den sande værdi panelet kommer, dels hvor god repeterbarheden er. En god nøjagtighed betyder, at panelet ved bestemmelsen af en given lugt kommer tilfredsstillende tæt på den "sande værdi" og har en tilfredsstillende repeterbarhed. Det er ikke tilstrækkeligt, at panelets repeterbarhed er god, hvis værdien ligger langt fra det rigtige. Omvendt er det heller ikke tilfredsstillende, at panelet kommer endog meget tæt på den sande værdi, hvis repeterbarheden er dårlig (stor spredning). Dette krav kan sikres overholdt ved ringtest (se afsnittet om sammenlignende målinger), men i det daglige analysearbejde er der ingen sådan sikring.

Når standarden indføres, kan det ikke udelukkes, at der blandt de nuværende panelister på de tre laboratorier er enkelte, der ikke umiddelbart kan leve op til kravene. Når disse udelades af panelerne, vil forskellen mellem laboratorierne mindskes. Men selv med godkendte panelister kan et panel falde på f.eks. nøjagtigheden.

I tabel 3 er vist beregninger for to paneler baseret på panelisternes lugttærskler (den sande værdi er 40 ppb). Panelerne er sammensat hos ét af de danske lugtanalyselaboratorier af panelister, der alle kan godkendes efter EN-standardens både med hensyn til lugttærskel og repeterbarhed.

Tabel 3 Test af paneler baseret på panelisternes lugtærskler for n-butanol (den sande værdi er 40 ppb)

Panelist	Panel 1		Panel 2	
	Tærskel	log(ppb)	Tærskel	log(ppb)
	ppb		ppb	
1	35	1,5378	78	1,8893
2	32	1,5038	55	1,7364
3	37	1,5623	56	1,7482
4	37	1,5729	66	1,8215
5	32	1,5038	65	1,8109
6	37	1,5729	54	1,7300
n-1	5		5	
y_w	35	1,5422	62	1,7894
S_r		0,0324		0,0625
Repeterbarhed, r	0,118		0,227	
Repeterbarhed, 10^r	1,31		1,69	
A_{od}	0,094		0,253	
Opfyldes krav til				
Repeterbarhed <0,477	Ja		Ja	
Nøjagtighed <0,217	Ja		Nej	

Det ene panel lever op til alle krav, mens det andet falder på nøjagtigheden. Det er et tænkt eksempel, som skal illustrere de farer, der kan være ved valg af et "uheldigt panel". Boholt /3/ har påvist, at paneler med "godkendte" panelister og "godkendt" nøjagtighed har signifikant lavere følsomhedsfaktor end paneler, der ikke lever helt op til kravene.

Det kan imidlertid ikke dokumenteres, at det ene panel er dårligere end det andet. Hvis en sådan dokumentation kan fremskaffes, kan det overvejes at udføre en sådan test i forbindelse med sammensætningen af paneler.

For at sikre en minimal forskel mellem laboratorier efter fjernelse af følsomhedsfaktoren bør der indføres en årlig ringtest, således at det kan dokumenteres, at de akkrediterede laboratorier hver især lever op til kravene og kan levere sammenlignelige resultater. På denne måde kan der opbygges et materiale, der giver et overordnet billede af betydningen af at anvende flere forskellige laboratorier.

2.4. Konsekvenser

Uanset ovennævnte bestræbelser, vil der i fremtiden blive målt i gennemsnit ca. 1,5 gange højere lugtmissioner end med den nu anvendte metode. Det vil betyde, at de nuværende grænseværdier ikke kan bibeholdes, da de beregnede, højere lugtmissioner i princippet kunne betyde højere skorstene med samme valg af kravværdi til lugtimmissionskoncentrationsbidraget (f.eks. 5 eller 10 LE/m³).

Hvis det antages, at anvendelsen af den gældende vejledning fra Miljøstyrelsen /4/ har betydet, at virksomhederne i dag ikke har klager, er der ingen umiddelbar grund til at skærpe kravene til højere skorstenshøjder.

At øge grænseværdien for lugt med 50% er en administrativ let løsning, og der vil da være status quo. Denne løsning bør benyttes for eksisterende virksomheder for at sikre, at de kan fortsætte.

Det er imidlertid nærliggende at benytte behovet for forandring til at revurdere problematikken. Det kan evt. føre til en rigtigere model for regulering af lugtemissioner. I afsnittet om lugtkarakteristikker beskrives en alternativ metode, som antages at give mere korrekte beskrivelser af lugtgener i virksomheders omgivelser.

2.5. Beregning af lugtresultater

EN-standarden fastlægger en række beregningsmetoder til benyttelse ved udvælgelse og kalibrering af panel, kontrol af fortyndingsudstyr, beregning af lugtresultater og af nødvendigt antal prøver.

Udvælgelse og kalibrering af panel er omtalt, krav om sammenlignende målinger, kontrol af fortyndingsudstyr og beregning af nødvendigt antal prøver er alle aspekter, der skal tages hensyn til. Alle disse beregninger har til formål at standardisere lugtanalyselaboratoriernes arbejde, men har ikke en direkte betydning for, om lugtresultater bliver højere eller lavere i fremtiden. Når standarden indføres i Danmark, skal beregningerne imidlertid beskrives og indgå i en kommende, ny lugtvejledning.

Der er imidlertid en yderligere forskel i forhold til forslaget i standarden, idet standarden foreskriver en test for outliers. Der beregnes en teststørrelse for hvert resultat, og er denne størrelse forskellig fra et fastsat interval, kasseres panelistens resultater. Denne test vil få konsekvens for alle laboratorier og vil ikke systematisk give højere eller lavere resultater, idet både meget høje og meget lave resultater kasseres. Beskrivelsen af testen falder uden for denne rapports emne.

2.6. Konfidensintervaller

Standarden beskæftiger sig ikke direkte med beregning af usikkerhed for enkeltanalyser. Den gør som beskrevet tidligere en del ud af laboratoriernes repeterbarhed og nøjagtighed og panelisternes lugttærskel for n-butanol og repeterbarheden ved gentagne bestemmelser af lugttærsklen.

I standardens annex F beregnes hvor mange analyser, der skal laves, for at middelværdien heraf ligger inden for et ønsket 95% konfidensinterval. Det kan f.eks. benyttes, hvis en myndighed vil have dokumenteret overholdelse af et afkast på en virksomhed. Det kan forud defineres, at intervallet ikke må være mere end f.eks. en faktor 1,5 til hver side for ”midten” (estimatet for middelværdien).

Beregningen af 95% konfidensintervaller som eksemplificeret i annex F kan bruges til at udtrykke usikkerheden, hvilket beskrives i det følgende.

Olfaktometret til lugtanalyser gør brug af vekslende panelsammensætninger, og af praktiske årsager kan man ikke kalibrere det på hver måledag, da det vil

- kræve et antal butanolanalyser til bestemmelse af repeterbarhed og nøjagtighed
- tilvænne panelisterne til butanol

Det forudsættes, at lugtanalyzelaboratoriet som helhed lever op til kravet til præcision. Det kan vurderes gennem en retrospektiv betragtning af laboratoriets sidste n-butanoltest for paneler. Når laboratoriet lever op til kravet, gælder der for repeterbarheden, r, at

$$r = t * \sqrt{2} * s_r \leq 0,477$$

Heraf kan s_r (= s_{panel}) beregnes af

$$s_r \leq \frac{0,477}{t * \sqrt{2}}$$

hvor t er Student's $t_{0,975}$ -faktor for N (bør tilstræbes at være ∞) ($t_{0,975\infty} = 1,96$)

N er det antal panelsvar, der ligger til grund for vurderingen af laboratoriet. Det bør være forholdsvist stort (f.eks. >50) og omfatte alle panelister, der selvfølgelig hver især skal overholde kravene til panelister. Det beregnede s_r er det bedste estimat for "apparatets" spredning, idet et panelsvar er en analyseværdi (apparatets visning).

Hvis laboratoriet netop lever op til kravet, er $s_r = 0,1721$ /l/.

Et 95% konfidensinterval for en måleserie kan herefter beregnes af

$$\bar{y}_w - t * \frac{s_r}{\sqrt{n}} \leq m \leq \bar{y}_w + t * \frac{s_r}{\sqrt{n}}$$

hvor m er resultatet af måleserien

n er antallet af prøver i den aktuelle måleserie

\bar{y}_w er gennemsnittet af måleresultater (estimat for m)

I tabel 4 ses et gennemregnet eksempel.

Tabel 4 Beregning af konfidensintervaller for et måleresultat på 1000 LE/m³

s _r = 0,1721 hvis laboratoriet lever op til kravet om repeterbarhed								
Måleseriens resultat			1000	LE/m ³	Log(måleseriens resultat)	3		
n	1,96*s _r /rod(n)	10 ^{1,96*s_r/rod(n)}	Intervalgrænser (logaritmisk)			Intervalgrænser (LE/m3)		
			Nedre	Midt	Øvre	Nedre	Midt	Øvre
1	0,3373	2,2	2,6627	3	3,3373	460	1000	2174
2	0,2385	1,7	2,7615	3	3,2385	577	1000	1732
3	0,1947	1,6	2,8053	3	3,1947	639	1000	1566
4	0,1686	1,5	2,8314	3	3,1686	678	1000	1475
5	0,1508	1,4	2,8492	3	3,1508	707	1000	1415
6	0,1377	1,4	2,8623	3	3,1377	728	1000	1373
7	0,1275	1,3	2,8725	3	3,1275	746	1000	1341
8	0,1193	1,3	2,8808	3	3,1193	760	1000	1316
9	0,1124	1,3	2,8876	3	3,1124	772	1000	1295
10	0,1067	1,3	2,8933	3	3,1067	782	1000	1278

Hvis der f.eks. er foretaget 3 analyser i en aktuel undersøgelse med et gennemsnit på 1000, er nedre grænse en faktor 1,6 mindre (639) og øvre grænse en faktor 1,6 større (1566). Det kan på grundlag heraf forudsiges, at hvis der igen foretages 3 tilsvarende analyser, vil middelværdien heraf med 95% sandsynlighed ligge inden for intervallet 639-1566.

Det kan tilsvarende siges, at den sande værdi (prøvens rigtige værdi) med 95% sandsynlighed ligger inden for intervallet 639-1566.

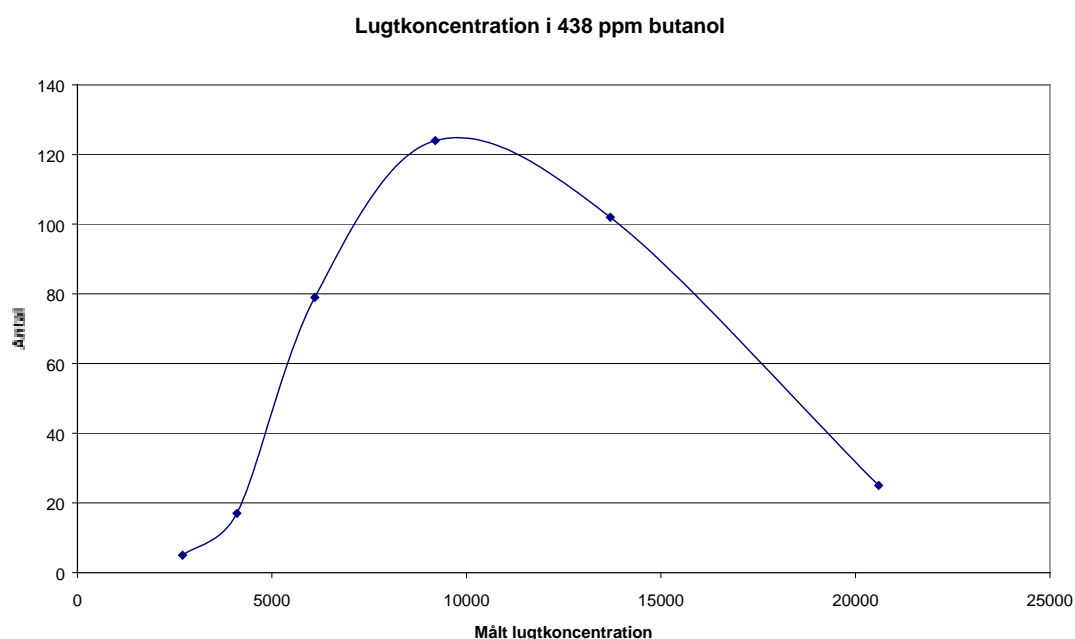
Det kan derimod ikke siges, at én enkelt analyse af samme prøve med 95% sandsynlighed vil ligge inden for et interval, der er dannet på grundlag af 3 analyser.

Hvis laboratoriet har en bedre repeterbarhed og dermed et mindre s_r end den krævede, kan dette s_r benyttes i beregningerne, hvilket illustreres senere.

2.7. Usikkerhed på lugtanalyser

Menneskers lugtopfattelse er som omtalt i indledningen logaritmisk. Gentagne bestemmelser af lugtkoncentrationen af en given prøve er log-normal fordelt. Fordelingskurven er ”skæv”, hvilket er søgt illustreret i figur 1.

Det er årsagen til, at værdierne altid først logaritmeres, når der foretages statistiske beregninger på lugtkoncentrationer. Illustrationen af den logaritmiske sammenhæng i figur 1 er baseret på resultater fra ét af de danske lugtanalyselaboratorier. Der indgår 59 butanolbestemmelser fra perioden 8. januar 1999 til 12. oktober 2000 med paneler sammensat af fem til seks panelister, ialt 352 panelistsvar.



Figur 1 Fordelingsfunktion for opfattede lugtkoncentrationer

På grund af den logaritmiske sammenhæng er det ikke korrekt at angive en usikkerhed på en lugtmåling til $\pm X\%$. Der bør i stedet angives en konfidensfaktor, der udtrykker bredden af 95% konfidensintervallet.

Der kan her drages en parallel til støjmålinger, hvor der angives en ubestemthed som udtryk for usikkerheden. En måling (med enheden dB_A) tilknyttes en ubestemthed på f.eks. 3 dB_A , hvilket svarer til en faktor 2 mellem den målte værdi og h.h.v. nedre og øvre grænse i et 95% konfidensinterval.

dB_A er en logaritmisk funktion af lydtrykket: $\text{dB}_A = 10 \cdot \log(\text{lydtryk})$

En fordobling af lydtrykket vil således give en højere dB_A efter udtrykket

$$\text{dB}_{A,2} = 10 \cdot \log(2 \cdot \text{lydtryk}_1) = 10 \cdot [\log(2) + \log(\text{lydtryk}_1)] = 3 + \text{dB}_{A,1}$$

En ubestemthed på 3 angiver således en konfidensfaktor på 2.

I lugtanalyserne kan man tale om en variabel konfidensfaktor, der kan gøres mindre ved at udføre flere analyser på samme prøve. Myndigheder kan i f.eks. godkendelsessituationer kræve, at den sande værdi med 95% sandsynlighed skal ligge i et interval, der ikke er mere end op til 1,5 gange højere h.h.v. mindre end den gennemsnitlige måleværdi. I det tilfælde skal der tages 4 prøver, hvis laboratoriet kun lige netop lever op til kravet om repeterbarhed (tabel 4).

Det er i forbindelse med dette arbejde blevet undersøgt, hvor stor spredning ovennævnte danske lugtanalyselaboratorium har på butanolanalyser. På grundlag af de 59 butanolbestemmelser er spredningen beregnet til 0,1367. Med denne værdi ændres de før beregnede konfidensintervaller. De nye intervaller fremgår af tabel 5.

Tabel 5 Beregning af konfidensintervaller (mindre spredning)

S _r = 0,1367 som resultat af 59 bestemmelser af butanol								
Måleseriens resultat		1000	LE/m ³	Log(måleseriens resultat)			3	
n	1,96*s _r /rod(n)	10 ^{1,96*s_r/rod(n)}	Intervalgrænser (logaritmisk)			Intervalgrænser (LE/m ³)		
			Nedre	Midt	Øvre	Nedre	Midt	Øvre
1	0,2679	1,9	2,7321	3	3,2679	540	1000	1853
2	0,1895	1,5	2,8105	3	3,1895	646	1000	1547
3	0,1547	1,4	2,8453	3	3,1547	700	1000	1428
4	0,1340	1,4	2,8660	3	3,1340	735	1000	1361
5	0,1198	1,3	2,8802	3	3,1198	759	1000	1318
6	0,1094	1,3	2,8906	3	3,1094	777	1000	1286
7	0,1013	1,3	2,8987	3	3,1013	792	1000	1263
8	0,0947	1,2	2,9053	3	3,0947	804	1000	1244
9	0,0893	1,2	2,9107	3	3,0893	814	1000	1228
10	0,0847	1,2	2,9153	3	3,0847	823	1000	1215

Ønskes som før et interval, der ikke er mere end op til 1,5 gange højere h.h.v. mindre end måleværdien, skal der på dette laboratorium kun tages 2 prøver.

3. INDDRAGELSE AF LUGTKARAKTERISTIKKER

3.1. Lugtintensitet

Som nævnt i indledningen er menneskers lugtopfattelse logaritmisk, og opfattelsen af lugtens styrke (intensitet) øges ikke proportionalt med lugtkoncentrationen. Ved bestemmelse af et kvantitativt mål for en lugts intensitet benyttes en skala fra 0 til 5 /f.eks. 9/, hvor de kvalitative indtryk tildeles en værdi. Sammenhængen er vist i tabel 6.

Tabel 6 Omsætning af kvalitative indtryk

Kvalitativ	Kvantitativ
Ingen lugt	0
Meget svag	1
Svag	2
Tydlig	3
Stærk	4
Meget stærk	5

I praksis foregår bestemmelsen ved, at panelister vurderer veldefinerede koncentrationer af lugten i intervallet 2-20 LE/m³, og for hver koncentration giver en kvalitativ vurdering. Efter omsætning til en kvantitativ værdi efter tabel 6 udtrykkes lugtintensitet som en funktion af koncentrationen.

Dette forhold kendes som Weber-Fechner loven /6/, der beskriver den logaritmiske sammenhæng. I lighed med, hvad der gælder for støj, bliver lugtoplevelsen lineariiseret gennem denne lov.

I følge Weber-Fechner loven beregnes intensiteten ved nedenstående ligning

$$I = k_1 \cdot \log(c) + k_2$$

hvor I er intensiteten

k_1 og k_2 er konstanter, der beskriver den enkelte lugt
 c er lugtkoncentrationen (LE/m³)

I /6/ er k_1 og k_2 givet for en approksimeret ligning, der er baseret på så forskellige lugte som hønsehus, brødfabrik, lakereri, blikemballagefabrik og grisestald /10/:

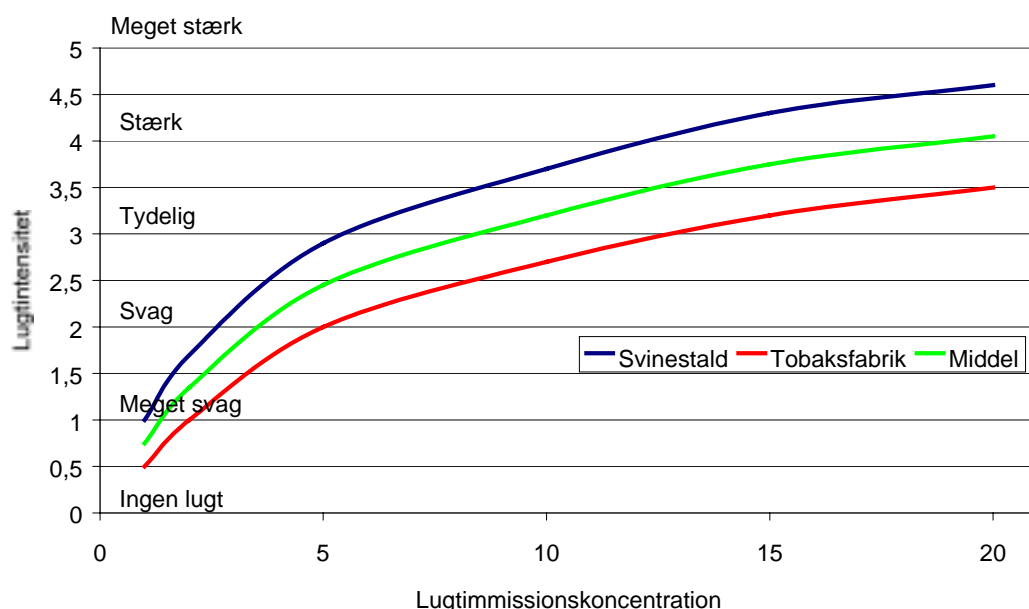
$$k_1 = 2,65 \text{ og } k_2 = 0,75$$

Betydningen af en fordobling af lugtkoncentrationen kan beregnes af

$$I_2 = k_1 \cdot \log(2 \cdot c) + k_2 = k_1 \cdot \log(c) + k_1 \cdot \log(2) + k_2 = I_1 + k_1 \cdot \log(2)$$

Intensiteten øges således med $k_1 \cdot \log(2)$ ($= k_1 \cdot 0,3$). 10 LE/m³ giver efter den i /6/ anvendte ligning en intensitet på 3,4, mens 20 LE/m³ efter samme ligning giver 4,1.

Den logaritmiske sammenhæng mellem koncentration og intensitet illustreres i figur 2.



Figur 2 Lugtintensitetskurver for to lugte og et gennemsnit heraf /10/

Ved en lugtimmissionskoncentration på 5 LE/m³ fra svinestalden er lugten tydelig, mens 5 LE/m³ fra en tobaksfabrik kun giver anledning til svag lugt.

Kurverne er dannet på grundlag af sammenhørende værdier fra ét af de danske lugtanalyselaboratorier. Panelisterne i et antal paneler har vurderet forskellige koncentrationer af lugt (målt som ukorrigeret koncentration) som svage, tydelige etc.

De ukorrigerede koncentrationer er i gennemsnit 1,5 gange højere end de korrigerede koncentrationer, der benyttes ved immissionsberegninger. Det er Miljøstyrelsens Referencelaboratoriums opfattelse, at såvel panelister som andre repræsentanter for befolkningen vil give sammenlignelige vurderinger af lugtintensiteten. Panelisternes tilsyneladende bedre evne til at bestemme lugtkoncentrationer hænger sammen med træning og koncentration i analysesituationen.

5 ukorrigerede LE/m³ svarer til ca. 3,4 korrigerede LE/m³. Har en svinestald således givet anledning til et immissionskontributionsbidrag på 3,4 LE/m³ beregnet efter nugældende praksis, skal intensiteten af lugten findes for abscissen 5 på figur 2.

Hvis - omvendt - en svag lugt af tobak netop kan tolereres, må lugtimmissionen ikke overskride 5 ukorrigerede LE/m³ h.h.v. 3,4 korrigerede LE/m³.

Dette har betydning for forslag til grænseværdier i kapitel 6.

3.2. Effekt af reduktion af lugtkoncentrationen

Anvendelse af lugtintensitet i beskrivelsen af lugtgener giver mulighed for en anden beskrivelse af betydningen af lugtreduktion.

For svage lugtimmissionskoncentrationer har en yderligere reduktion den største relative betydning. I tabel 7 ses, hvordan meget lave, middel og høje lugtimmissionskoncentrationer ændres ved en halvering, og hvilken indflydelse det har på lugtintensiteten beregnet efter den i /6/ anvendte ligning, jfr. figur 2.

Tabel 7 Sammenhæng mellem halvering af forskellige lugtkoncentrations niveauer og lugtintensiteten

Lugtimmissionskoncentration (LE/m ³)	Lugtintensitet	Reduktion (%)
2	1,9	
1	0,97	49
20	4,8	
10	3,9	19
40	5,7	
20	4,8	16

For de lave koncentrationer vil reduktionen således betyde en halvering i den beregnede intensitet, mens det for en i forvejen høj koncentration kun betyder en reduktion på 16% i den beregnede intensitet.

I afsnit 4.1 om OML-modeller vises det (figur 3), at visse kilder vil have en større hyppighed af lave lugtimmissionskoncentrationer. Især for disse kilder vil en halvering således have betydning.

3.3. Vurdering af virksomheder

Den logaritmiske sammenhæng har en stor betydning for vurderingen af virksomhedens indsats for at reducere lugtgener. Hvis en virksomheds emission giver et lugtimmissionskoncentrationsbidrag på 20 LE/m³, hvor kravet er 10 LE/m³, vil den efter gældende praksis skulle reducere lugtemissionen til det halve.

Efter en sådan reduktion overholdes grænseværdien, men lugtoplevelsen for en gennemsnitslugt ændrer sig kun fra ”stærk” til lidt mere end ”tydelig” og vil dermed næppe betyde, at alle klager stopper.

Tilsvarende vil en virksomhed, der reducerer immissionen fra 100 LE/m³ til 10 LE/m³, ikke opleve en nedgang i antallet af klager, der svarer til 90% reduktion. Den sidste reduktion, der vil eliminere klager, vil ofte være relativt dyr. Såvel godkendende myndigheder som virksomheder bør være opmærksomme på denne sammenhæng, inden igangsættelse af reducerende foranstaltninger.

Miljøstyrelsens Referencelaboratorium har med Per Løfstrøms lugtmodul til OML (som omtales i kapitel 4) foretaget beregninger på to virksomheder, hvor ét af de danske lugtanalyselaboratorier tidligere har foretaget lugtmålinger og OML-beregninger. Resultatet ses i tabel 8. Her introduceres et begreb, lugtintensitetsprocent (LI%), der beskrives nærmere i kapitel 4. LI% udtrykker produktet af lugtintensitet og tid. Jo større LI%, jo mere lugtpåvirkning. Beregningerne er foretaget

dels med de faktiske data for emission, dels med tænkte, reducerede emissioner, der ville kunne overholde en grænseværdi på h.h.v. 10 og 5 LE/m³.

Tabel 8 Sammenhæng mellem reduktion af lugtkoncentration og lugtintensitet gange tid

Kilde	Emission MLE/s	Volumen- strøm (m ³ (n,våd)/s)	Bygninger Hb (meter)	Afkast- højde (meter)	LI%		LE/m ³ 99%
					Max LI%	99%	
1: før	0,286	4,21	5,5	32	12,0	2,2	88,3
1: efter	0,032	4,21	5,5	32	4,8	1,7	10
2: før	0,0068	2,73	8,0	15	8,0	5,5	12,0
2: efter	0,0028	2,73	8,0	15	5,0	3,5	5,0

De beregnede LI% kan opstå på mange måder. Én situation er, at kilderne giver anledning til svag lugt, d.v.s. 2 på abscissen i figur 2. Tallene bliver således udtryk for hvor lang tid, der er en svag lugt.

Beregningerne viser, at for den høje kilde med den store emission reduceres tiden med svag lugt fra 6% (86 minutter/døgn) til 2,4% (35/døgn). For den lavere kilde med den mindre emission reduceres tiden med svag lugt fra 4% (60 minutter/døgn) til 2,5% (36 minutter/døgn).

4. Ny OML-model

4.1. Principper i ny og gammel OML-model

Den OML-model, der anvendes i dag, er udviklet på DMU og beskrevet i bl.a. /5/. Der findes to versioner, der regner på h.h.v. én kilde og flere kilder. Princippet i versionerne er det samme.

Modellen anvender meteorologiske data fra et gennemsnitsår på timemiddelbasis. For hver time beregnes for en given emission en immission i de valgte receptor-punkter. Spredningen af fanen fra kilden antages at følge en Gaussisk model.

OML arbejder med timemiddelværdier, mens lugt reguleres på basis af minutmiddelværdier. Dette skyldes, at kortvarige udsættelser for lugt kan opleves som gene, hvor sundhedsrelaterede grænseværdier er baseret på udsættelse for gennemsnitskoncentrationer af stoffet i en periode på flere timer. En timemiddelværdi for lugt (og i øvrigt for alle stoffer) dækker over store variationer inden for timen.

I daglig praksis antages det, at minutmiddelværdier forholder sig til timemiddelværdier i forholdet kvadratrods 60 til 1 /8/. Sammenhængen er konservativ og ikke videnskabeligt/matematisk underbygget. I /7/ er rapporteret forhold mellem lugtkoncentrationer ved forskellige midlingstider. Forholdet er ikke beskrevet ved kvadratrods 60 til midlingstid, men er snarere en faktor 3 mindre. Generelt er omsætning til andre tidsmidler ikke enkel /5/.

At den anvendte betragtning er konservativ betyder, at virksomhederne risikerer at få skærpede krav i forhold til, hvad der er nødvendigt, og at en alternativ betragtning af grænseværdifastsættelse evt. gennem fjernelse af denne korrektion kan betyde en lempelse for virksomheden.

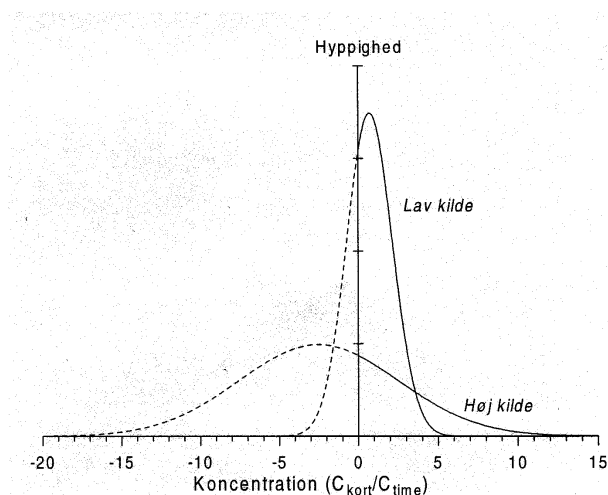
OML-spredningsberegningen gennemføres således efter anvisning fra Miljøstyrelsen /8/ ved at indsætte den målte lugtemission multipliceret med kvadratrods 60 (= 7.8) i programmet. Resultatet af beregningen er 99% fraktiler for hver af de valgte receptorer, og den maksimale 99% fraktil skal sammenlignes med grænseværdien.

At en 99% fraktil er 10 LE/m^3 betyder, at i 7 af en måneds timer forekommer kortvarige immissioner over 10 LE/m^3 . Er fraktilen 20 LE/m^3 , forekommer kortvarige immissioner over 20 LE/m^3 i de 7 timer. Det eneste, der kan siges om de to forskellige situationer, er, at i timen (af de 7) med den laveste koncentration (lige over 10 h.h.v. 20 LE/m^3) er denne dobbelt så stor i det ene som i det andet tilfælde. Der kan ikke siges noget om, hvor meget større lugtgenerne er i det ene tilfælde i forhold til det andet.

Det er derfor fordelagtigt at kunne foretage beregninger, der direkte giver 99% fraktiler på minutmiddelbasis. Per Løfstrøm, DMU, har lavet et beregningsprogram, der beregner den tidlige koncentrationsfordeling i en røgfane baseret på instantane værdier, d.v.s. meget kortere end 1 minut. Dette er beskrevet i en faglig

rapport /6/. Den nye model bygger på den hidtidigt anvendte OML-model, idet der er lavet en overbygning – et lugtmodul.

Det bærende element i lugtmodulet er en hyppighedsfordeling for instantane koncentrationer inden for en time. Fordelingen er udtrykt ved en sandsynlighedstæthedsfunktion, der beskriver afvigelserne fra timemiddelværdien. Det betyder, at ud fra den timemiddelværdi, der beregnes i selve OML, dannes en fordeling af instantane koncentrationer inden for denne time. Denne fordeling er en ”klippet” Gaussisk fordeling og varierer for forskellige skorstenshøjder og bygningseffekter. At den er ”klippet” betyder, at kurvedelen for lugtkoncentrationer mindre end 0 LE/m^3 ikke er med. Arealet under kurven for ”negative koncentrationer” er proportionalt med tiden, hvor koncentrationen er nul. Se illustration fra /6/ af to fordelinger i figur 3. For en mere detaljeret beskrivelse af matematikken bag modellen henvises til /6/ og underliggende referencer.



Figur 3 Illustration af ”klippede” Gauss-kurver /6/

Modellen er opbygget på grundlag af fysiske principper og understøttet af eksperimentelle data og har derfor stor gyldighed i et område op til 4 kilometer fra kilden. For større afstande giver modellen rimelige estimater.

Miljøstyrelsens Referencelaboratorium vurderer, at der er behov for at diskutere, om den instantane korttidsværdi betyder en skærpelse i forhold til minutmiddelværdien. Jo kortere midlingstid, jo højere koncentrationer. Midlingen udjævner værdierne. Per Løfstrøm har oplyst, at den instantane korttidsværdi nærmer sig minutmiddelværdien, jo længere røgfanen kommer fra kilden.

4.2. Anvendelsesmuligheder for den nye model

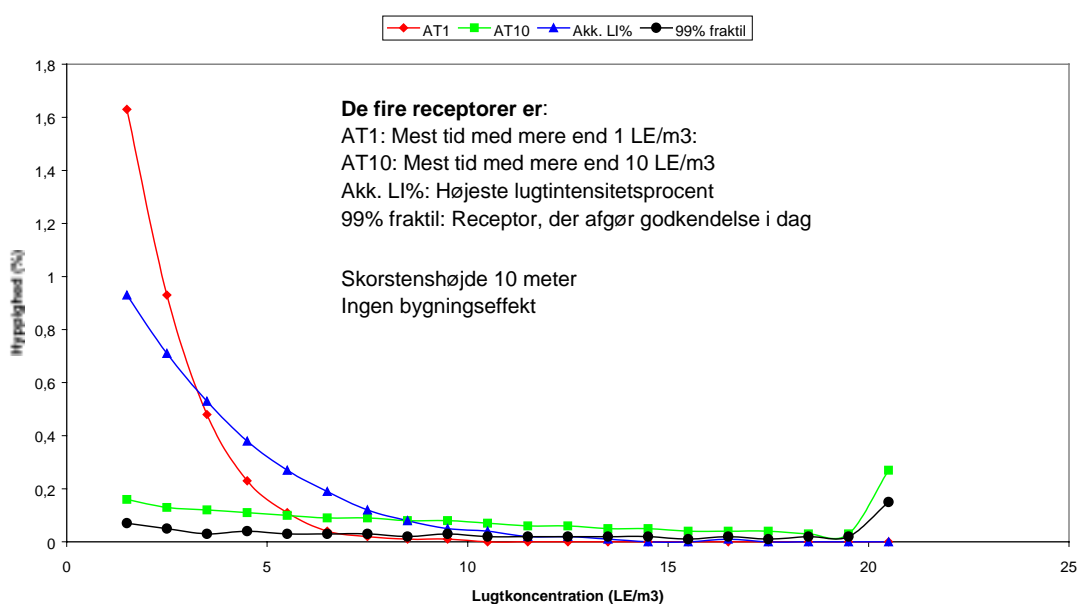
Hidtidig praksis har været at finde den receptor, der har den største 99% fraktil på timemiddelbasis. I denne receptor forekommer pr. hidtidig definition også de højeste minutmiddelværdier, idet disse er bestemt ved multiplikation ved $\sqrt{60}$. Denne receptors værdi, der overskrides i 1% af tiden, er udgangspunktet for reguleringen. Reguleringen sker gennem bestemmelse om, at denne højeste værdi skal være under en vis grænseværdi. Grænseværdien kan fastsættes med skelen til områdets karakter.

Der er med den nye model skabt mulighed for at beregne fordelingen af koncentrationer på korttidsbasis direkte. Det har imidlertid ikke været intentionen at beregne en maksimal 99% fraktil ved hjælp af dette værktøj. Derimod har det været tanken at udnytte den dannede viden til at anskue lugtproblematikken på en ny måde, der bedre beskriver den reelle påvirkning ved lugtimmissionen.

Gennem beregning af genevirkningerne - med brug af Weber-Fechner loven - af alle forekommende lugtimmissionskoncentrationer har Løfstrøm belyst, at den hidtidige praksis næppe er optimal /6/. Der er gennemregnet en række forskellige kilder, og for hver kilde fundet de receptorer, hvor der er h.h.v.

størst samlet tid, hvor 1 LE/m³ overskrides, AT₁
 størst samlet tid, hvor 10 LE/m³ overskrides, AT₁₀
 størst 99% fraktil efter gældende praksis

På nedenstående figur 4 vises hyppighedsfordelingerne i fire forskellige receptorer. I tabel 9 beskrives receptorerne bl.a. ved retning og afstand fra kilden



Figur 4 Tidsmæssig fordeling af lugtkoncentrationer i fire forskellige receptorer

Tabel 9 Receptorernes retning og afstand fra kilden og værdierne for hhv. AT₁, AT₁₀ og akk. lugt

Receptor	Afstand (meter)	Retning (° fra nord)	AT1 (% tid)	AT10 (% tid)	Akk. Lugt LI%
Størst AT ₁	140	300	3,46	0	5,83
Størst AT ₁₀	60	300	1,7	0,74	5,29
Størst LI%	110	300	3,36	0,1	6,95
99% fraktil	45	200	0,66	0,33	2,14

AT₁ er den tidsandel, hvor lugtkoncentrationen er større end 1 LE/m³

AT₁₀ er den tidsandel, hvor lugtkoncentrationen er større end 10 LE/m³

Akk. lugt er det akkumulerede produkt af lugtintensitet og tid, hvori lugtintensiteten forekommer

Under den antagelse at princippet i /6/ er korrekt, og at langvarige, små lugtgener kan være lige så generende som kortvarige, store lugtgener, viser kurverne og tabellen, at det hidtidigt anvendte princip giver den dårligste regulering set med omgivelsernes øjne. De nære naboer i receptoren, der reguleres efter i dag (45 meter fra kilden), har kun få gener (lav akkumuleret LI%), men længere væk (110 meter) er der mere end tre gange så mange gener.

Forløbet for kurverne for receptorerne AT₁₀ og 99% fraktil har samme udseende, men hyppighederne for AT₁₀ er højere i hele forløbet. Uanset diskussionen om, hvorvidt stor gene i kort tid er mere generende end lille gene i kort tid, kan det ses, at generne må være større i denne receptor. Den akkumulerede LI% er 5,3 mod 2,1 i receptoren med størst 99% fraktil.

I afsnit 6.2 omtales, at Løfstrøm foreslår en grænseværdi på 4,5 LI%, og på det grundlag ville immissionen i receptoren AT₁₀ overskride grænseværdien.

I den receptor, der har den største LI%, er denne mere end tre gange større end i den receptor, hvorefter der i dag reguleres.

5. KOMBINATION AF LUGTKARAKTERISTIK OG NY OML-MODEL

Når følsomhedsfaktoren fjernes fra lugtanalysen, vil måleresultaterne målt i LE/m^3 blive højere. Ved at anvende lugtintensitetsbetragtningen og kurven i figur 2 kan betydningen heraf elimineres. Med den antagelse, at panelister og andre repræsentanter for befolkningen opfatter en given lugtkoncentration ens, kan figur 2 anvendes, blot abskisseaksens værdier divideres med 1,5 (afsnit 3.1).

Hvis krav til lugt fortsat formuleres i antal LE/m^3 , er der en lineær sammenhæng mellem den målte emission og beregningsværdien for lugtpåvirkning (immissionen beregnet i LE/m^3 efter gældende praksis). Hvis der derimod foretages en omregning til lugtintensitet og kravfastsættes i intensitet (enten procent tid med lugt eller den maksimalt tilladelige intensitet), har en ændring i lugtkoncentration ikke proportional effekt i den betragtede parameter.

Den logaritmiske sammenhæng mellem lugtkoncentration og –intensitet betyder, at ændringen i intensitet vil hænge sammen med logaritmen til den relative ændring i lugtkoncentration. Betydningen af forskellige lugtresultater (enten som følge af produktionsvariationer eller forskellige analyselaboratorier) kan derfor risikere at blive ”sløret” af den logaritmiske beregning. Der ligger en fare heri, idet man kan overse en lille forskel i forhold til en grænseværdi. Uanset om forskellen er lille målt med logaritmiske værdier eller stor målt LE/m^3 , skal der ske den samme reduktion i lugten for at opnå overholdelse af grænseværdien.

5.1. Beregninger

Per Løfstrøm /6/ har i sin rapport angivet hyppigheder for forekomsten af perioder med varierende lugtkoncentrationer. I en figur i /6/ er angivet stolpediagrammer for procent tid i en måned med lugtkoncentrationer over lugttærsklen ($1 \text{ LE}/\text{m}^3$) for den receptor, der har den største akkumulerede LI%. Der er stolpediagrammer for tre skorstenshøjder og h.h.v. ingen og fuld bygningseffekt. Tallene bag er brugt til beregning af betydningen af halvering af lugtemissionen.

Hyppighederne er fundet for emissioner, der netop lever op til p.t. gældende krav til lugtimmission ($10 \text{ LE}/\text{m}^3$) og er tabelleret for intervaller for lugtkoncentrationen ($1-2 \text{ LE}/\text{m}^3$, $2-3 \text{ LE}/\text{m}^3$, $3-4 \text{ LE}/\text{m}^3$ etc.).

Hvis lugtemissionen reduceres til det halve, vil hyppigheden for $2-3 \text{ LE}/\text{m}^3$ ved hel emission blive til hyppigheden for $1-1,5 \text{ LE}/\text{m}^3$ ved halv emission etc. Dette illustreres i tabel 10, hvor lugtpåvirkningen, LI%, er beregnet for hvert interval med brug af en Weber-Fechner ligning.

Beregningen i tabel 10 er en illustration af de beregninger, der foretages i lugtmodulet. Den viser desuden, at en halvering af emissionen fra en skorsten på 10 meter

uden bygningseffekt betyder en reduktion fra 7,7 LI% til 4,3 LI%. Halvering i lugtkoncentrationen giver således ikke anledning til halvering af i LI%.

Tabel 10 Beregning af lugtintensitet for en kendt lugtemission /6/ og efter halvering af denne lugtemission

Skorstenshøjde 10 m - bygningseffekt 0						
Svinestald						
Weber-Fechner		K1	2.91	K2	0.84	
Hyppighed (%)	Interval	Hel emis. Konc. midt i interval (LE/m ³)	Lugt belastning LI%	Interval	Halv emis. Konc. midt i interval (LE/m ³)	Lugt belastning LI%
0.93	1-2	1.5	1.25	0,5-1,0	0.75	0.44
0.71	2-3	2.5	1.42	1,0-1,5	1.25	0.79
0.53	3-4	3.5	1.28	1,5-2,0	1.75	0.82
0.38	4-5	4.5	1.04	2,0-2,5	2.25	0.71
0.27	5-6	5.5	0.81	2,5-3,0	2.75	0.57
0.19	6-7	6.5	0.61	3,0-3,5	3.25	0.44
0.12	7-8	7.5	0.41	3,5-4,0	3.75	0.30
0.08	8-9	8.5	0.28	4,0-4,5	4.25	0.21
0.05	9-10	9.5	0.18	4,5-5,0	4.75	0.14
0.04	10-11	10.5	0.15	5,0-5,5	5.25	0.12
0.02	11-12	11.5	0.08	5,5-6,0	5.75	0.06
0.02	12-13	12.5	0.08	6,0-6,5	6.25	0.06
0.01	13-14	13.5	0.04	6,5-7,0	6.75	0.03
0	14-15	14.5	0.00	7,0-7,5	7.25	0.00
0	15-16	15.5	0.00	7,5-8,0	7.75	0.00
0.01	16-17	16.5	0.04	8,0-8,5	8.25	0.04
0	17-18	17.5	0.00	8,5-9,0	8.75	0.00
0	18-19	18.5	0.00	9,0-9,5	9.25	0.00
0	19-20	19.5	0.00	9,5-10,0	9.75	0.00
0	20-21	20.5	0.00	10,0-10,5	10.25	0.00
Total (LE/m ³ >1)			7.7			4.3

5.2. Tolkning af resultaterne

I tabel 11 er vist beregningsresultaterne for seks kombinationer af tre skorstenshøjder og to bygningseffekter i kombination med to forskellige lugte (lugt af svinestald og lugt af tobaksfabrik, der har forskellige Weber-Fechner-kurver). Lugten af svinestald er valgt som repræsentant for ubehagelige lugte, mens lugten af tobaksfabrik er valgt som repræsentant for ikke ubehagelige lugte.

Tabel 11 Beregning af lugtintensiteter for forskellige skorstenshøjder og bygningshøjder. Lugtintensiteterne er beregnet for to lugtkoncentrationer - som i /6/ og efter halvering af denne.

Skorstenshøjde Bygningseffekt	Lugtttype	Hel emis	Halv emis	Hel emis/ Halv emis
HS 10, B 0	Svinestald	7,7	4,3	1,8
	Tobaksfabrik	5,3	2,8	1,9
	Svin/tobak	1,5	1,5	
HS 30, B 0	Svinestald	4,9	2,6	1,9
	Tobaksfabrik	3,3	1,7	2,0
	Svin/tobak	1,5	1,6	
HS 100, B 0	Svinestald	3,2	1,4	2,2
	Tobaksfabrik	2,1	0,9	2,4
	Svin/tobak	1,5	1,6	
HS 10, B 10	Svinestald	12,5	2,9	4,4
	Tobaksfabrik	7,9	1,7	4,8
	Svin/tobak	1,6	1,7	
HS 30, B 30	Svinestald	8,1	1,6	5,1
	Tobaksfabrik	5,1	0,9	5,5
	Svin/tobak	1,6	1,7	
HS 100, B 100	Svinestald	5,0	0,7	7,4
	Tobaksfabrik	3,1	0,4	8,0
	Svin/tobak	1,6	1,8	

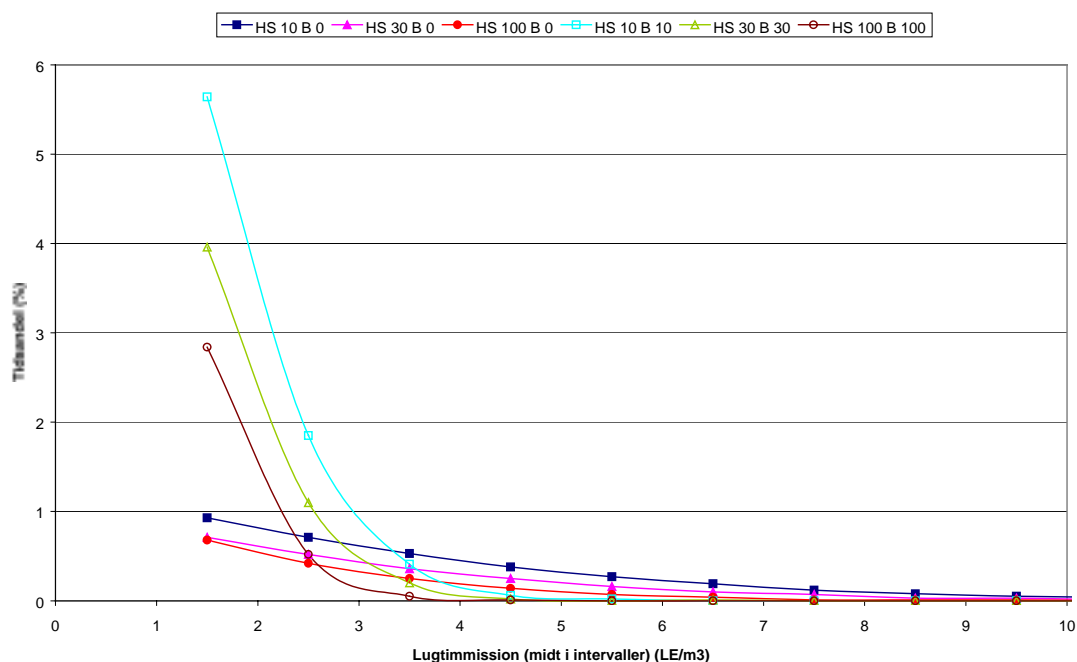
Beregningerne viser, at der er betydelige afhængigheder af såvel den målte emissionskoncentration som lugttypen.

5.3. Betydning af emissionskoncentration

Afhængigheden af emissionskoncentrationen er en faktor 1,8 til 2,4 mellem hel og halv emissionskoncentration, når der ikke er bygningseffekt. I den situation følger den tidlige koncentrationsfordeling i røgfanen en bred Gauss-fordeling /6/. Tidsandelen med 1 LE/m^3 er ikke en meget dominerende bidrager til den samlede lugtintensitet.

Når der er fuld bygningseffekt, er afhængigheden en faktor 4,4 til 8,0. Det skyldes, at der sker en hurtigere opblanding af afkastet i den omgivende luft, og den tidlige koncentrationsfordeling i røgfanen følger derfor en smal Gauss-fordeling /6/. Det betyder, at tidsandelen med 1 LE/m^3 ved hel emission får stor vægt. Når denne tidsandel falder væk ved halveret emission, kan det umiddelbart indses, at en dominerende bidrager til den samlede lugtintensitet falder væk. Ved lavere lugtkoncentrationer end 1 LE/m^3 er der pr. definition ingen lugt (afsnit 1.3).

Disse forhold er illustreret i figur 5, hvor de betragtede dele af Gauss-kurverne er vist.



Figur 5 Beregnede lugtintensitetsprocenter ved forskellige skorstenshøjder og bygningseffekt

Det ses af figuren, at kurverne, der er under påvirkning af bygningseffekt, stiger meget stejlt ved den laveste værdi.

Betydningen af halveringen af emissionen er meget afhængig af skorstenshøjde og bygningseffekt. Dette forhold bør tages i betragtning, når der stilles krav om reduktion af en virksomheds emission. Selvom en virksomhed overskrider et krav til LI% med en faktor 8, kan den komme til at overholde kravet blot ved en halvering af emissionskoncentrationen. Det er en styrke ved den nye metode, at den mere detaljeret ser på påvirkningen, således at urimelige (og unødvendige) krav til reduktion undgås.

5.4. Betydning af lugttype

Afhængigheden af lugttypen er en faktor 1,5 til 1,6 mellem svin og tobak, når der ikke er tale om bygningseffekt, og 1,6 til 1,8 med bygningseffekt. Forskellen i faktorer er betinget af, at intensitetskurverne ikke er helt parallelle, hvilket ses af figur 2 i kapitel 3. Koncentrationsniveauet har derfor forskellig betydning ved forskellige lugte.

Faktorer op til 1,8 er ikke uvæsentlige, men set i sammenhæng med betydningen af emissionen, der kan give forskelle på op til 8 gange, er det af mindre betydning. Det er derfor realistisk at forestille sig anvendelse af en gennemsnitlig Weber-Fechner-kurve for en tænkt gennemsnitslugt.

5.5. Sammenfatning

Såvel emissionskoncentrationen som lugttypen har væsentlig betydning i de gennemførte regneeksempler. Betydningen er endda for visse situationer større end den faktor 2 mellem emissioner, der er forudsat i eksemplerne. Det vil derfor stadig

være muligt at se forskellene mellem emissioner, der varierer en faktor 2 fra hinanden, og den logaritmiske behandling giver ikke en sløring af resultaterne.

Det er ønskeligt fremover at få kendskab til lugtintensitetskurver for en række lugte. Det er muligt, at lugte kan grupperes og tildeles et begrænset antal lugtintensitetskurver. Umiddelbart kan dette forventes at give store administrative problemer, når det skal diskuteres, hvordan en given lugt skal grupperes. Da forskellen mellem to lugte med markant forskellige intensitetskurver ”kun” er på op til 1,8, vil det være forsvarligt at anvende en gennemsnitlig intensitetskurve. Den derved introducerede fejl vil næppe være større end 20-40%.

6. GRÆNSEVÆRDI- OG VILKÅRSFASTSÆTTELSE

6.1. Praksis i Danmark og Tyskland

Miljøstyrelsens vejledning opererer p.t. med grænseværdier på 5-10 LE/m³ afhængig af virksomhedens naboområde, om den er ny, om lugten er behagelig eller ubehagelig. Samtidig anføres, at myndighederne har mulighed for i særlige industriområder at justere disse grænser med en faktor 2-3. D.v.s. at lugtgrænser fra 5-30 LE/m³ kan komme på tale.

Overholdelse af grænseværdierne søges belyst gennem en OML-spredningsberegning, og hvis 99% fraktilen ikke overskrider den fastsatte grænseværdi, kan den betragtede virksomhed godkendes, hvad angår lugtemission.

Løfstrøm /6/ påpeger, at den anskuelse ikke tager hensyn til lugtimmissionskoncentrationer i området fra lugttærsklen (1 LE/m³) op til grænseværdien. Og det betyder, at længerevarende udsættelser for f.eks. 3 LE/m³ ikke tæller med, når reguleringen skal foretages, selvom denne længerevarende udsættelse sagtens kan betyde påvirkning af omgivelserne. Der kan derfor være behov for at betragte reguleringen på en måde, der tager højde også for de lave koncentrationer.

Der kan drages paralleller til den tyske metode for regulering af lugtimmission. Her beregnes det antal timer på et år (i modsætning til 1 måned i Danmark), hvor der kan registreres lugt over lugttærsklen. Det kan ske gennem måling i omgivelserne (Rasterbegehung), hvor et mobilt panel efter et fastlagt mønster registrerer lugten i et netværk omkring den betragtede virksomhed. Udfra registreringerne beregnes antal timer, hvor lugt er oplevet. Blot lugt er erkendt i 1 minut, tæller timen med i statistikken. Der tages ikke hensyn til lugtens styrke i øvrigt, og det er derfor ligegyldigt, om overskridelsen er stor eller lille.

Da det er bekosteligt at foretage denne form for analyse, sker det ofte gennem en beregning som i Danmark, blot anvendes en faktor 10 i stedet for 7,8 for at omsætte til minutmiddelværdi. Løfstrøm har gennemført en lang række beregninger for såvel den tyske metode som den nye metode for kombinationer af skorstene, temperatur og flow med emissioner, der netop i de enkelte skorstene overholder den nugældende grænseværdi på 10 LE/m³. Beregningerne viser et overordnet billede af, at lave skorstene ikke kan overholde kravene i den tyske metode, mens høje skorstene måske kan gøres en anelse lavere /6/.

6.2. Den nye metode

Den tyske metode og den nye metode har et fælles forløb for sammenhængen mellem skorstenshøjde og immission, hvilket ikke overrasker, beregningsprincipperne taget i betragtning. Den nye metode er imidlertid mere detaljeret, idet den tager

hensyn til størrelsen af den beregnede værdi, hvor den tyske metode blot konstaterer, at værdien er større end 1 LE/m^3 , og tæller timen, hvor værdien forekommer, med i statistikken.

Kravene vil alt andet lige med den nye metode blive lidt lempeligere for høje skorstenene og skærpede for lave skorstenene.

Den matematiske forklaring på dette er /6/, at de Gaussiske fordelinger, som beskriver lugtstoffernes tidslige koncentrationsfordeling i røgfanen, er forskellige for lave og høje kilder. For lave kilder er hyppigheden af lugtimmissionskoncentrationer i området fra 1 til 5 LE/m^3 væsentligt større end for høje kilder. Netop disse lave værdier får med den nye metode vægt, hvilket de ikke havde før. Derfor vil lave kilder, der netop overholder den nugældende grænseværdi "få et tillæg" i forhold til de høje kilder, der ikke har så mange lave værdier.

I beregningen indgår således nu alle værdier for lugtimmission, der er højere end 1 LE/m^3 i beregningen af antallet af lugtintensitetstimer. Lugtintensitetstimerne omregnes til en procentdel af tiden, hvor en lugtintensitet kan erkendes. Resultatet bliver således f.eks. 4,5 LI%. Denne procent kan have sammenhæng med flere kombinationer af lugtkoncentration og tid. Således anføres det /6/, at 4,5 LI% kan betyde, at der optræder 10 LE/m^3 i 1,32% af tiden eller 1 LE/m^3 i 6% af tiden. Begge dele giver matematisk udtrykt anledning til samme gene.

Der rejser sig imidlertid et spørgsmål, om hvorvidt lang tids lille gene betyder det samme for omgivelserne som kort tids stor gene. Det anføres, at den nye beregningsmetode gør det let at sammenligne f.eks. 4 LI% og 8 LI%, idet sidstnævnte er udtryk for dobbelt så stor gene. Men jævnfør det stillede spørgsmål er det måske ikke så enkelt at udtrykke det på den måde. Det er imidlertid en mere uddybende beskrivelse end f.eks. 10 h.h.v. 20 LE/m^3 som 99% fraktil.

6.2.1 Forslag til ny grænseværdi efter ny metode

I /6/ gennemgår Per Løfstrøm seks eksisterende kilder, der er blevet ændret ved enten højere skorsten eller lavere emission. For alle kilder gælder, at der før ændringerne var klager over lugt.

Det søges gennem før- og efterberegninger belyst hvilken grænseværdi målt i LI%, der kunne fastsættes på dette grundlag. I tabel 12 er vist dele af en tabel i /6/.

Tabel 12 Immissionsværdier for kilder før og efter ændring i skorsteneshøjde eller emission. Værdierne er beregnet efter hhv. gammel og ny metode /6/.

Kilde	Gammel metode (LE/m^3)		Ny metode (LI%)		Klager	
	Før	Efter	Før	Efter	Før	Efter
1		9,3		4,5	Mange	0
2		9,8		3,6	Mange	0
3	22,2	11,1	7,6	5,1	5	1
4	37,1	13,7	10,8	7,3	5	1
5	10,6	5,1	5,6	3,4	4	1
6	14,8	8,5	9,0	6,6	3	1

På dette grundlag foreslås en grænseværdi på 4,5 LI%, men det fastslås alligevel, at værdien ikke dækker for alle de seks kilder. Det nævnes som en mulighed, at lugtens intensitetskurve ikke er uvæsentlig, og at man måske bør have et antal lugtintensitetskurver, således at en given lugt kan placeres i den rigtige gruppe.

I en anden tabel i /6/ beregnes, hvilke skorstenshøjder der ville blive resultatet, hvis virksomhederne var blevet reguleret efter den nye metode og grænseværdien 4,5 LI%. Det beregnes ligeledes, hvor stor 99% fraktilen ville være blevet efter den gamle metode. I tabel 13 er disse værdier vist.

Tabel 13 Beregnede 99% fraktiler (efter gammel metode) for skorstene, der er dimensioneret efter beregning med ny metode /6/

Kilde	Gammel metode (LE/m ³)
1	9,3
2	13,8
3	9,8
4	6,3
5	6,5
6	5,3

Det ses, at én af de seks kilder har en ”for høj” værdi efter den gamle metode. Kravet til en sådan kilde er således blevet lempet.

Løfstrøm anfører, at den gamle metode umiddelbart ser ud til at være tilstrækkelig, idet fem af værdierne ligger inden for lugtvejledningens /4/ spænd på 5-10 LE/m³. Den nye metode giver nogle muligheder for at udpege kilder, der bør have ”skærpet kravene i forhold til den nugældende øvre grænseværdi på 10 LE/m³”.

Tre af de seks kilder har med skorsten beregnet efter ny metode opnået 99% fraktiler på ca. 60% af den gældende værdi på 10 LE/m³. Den nye metode har således ”afsløret” kilder, der var reguleret for lidt efter den gamle metode. Eller sagt på en anden måde – den nye metode har hjulpet til at vælge, om grænseværdien skulle være 5 eller 10 LE/m³.

6.2.3 Beregninger på kendte kilder

Lugtanalyselaboratorierne får oftest lejlighed til at måle på kilder, der giver problemer, og hvor der er klager. Efter målinger og OML-beregninger bliver der ofte foretaget lugtreducerende foranstaltninger på anlæggene. Der eksisterer imidlertid ikke i større omfang registreringer af antal klager før og efter indførelse af lugtreducerende foranstaltninger, og ofte bliver emissionen ikke kontrolleret efter indførelsen. Det er således ikke muligt at foretage supplerende beregninger for virksomheder, der ikke klages over.

Beregninger med lugtmodulet for en række kilder, der er målt på inden for de seneste to år er vist i tabel 14. Tabellen er en udvidelse af tabel 8 i afsnit 3.3.

Tabel 14 Sammenlignende beregninger med lugtmodul - korrigerede koncentrationer. Kolonnen med LI% viser hhv. værdien i receptoren med højest LI% og værdien i receptoren, som efter gammel metode har højest 99% fraktil. Kolonnen med LE/m³ 99% Gammel viser den 99% fraktil, der reguleres efter i henhold til hidtil anvendt (gammel) metode.

Kilde	Emission MLE/s	Volumen- strøm m ³ (n,våd)/s	Bygninger Hb meter	Afkast- højde meter	LI%		LE/m ³ 99% Gammel
					Max LI%	99%	
1	0,00085	0,47	3	6	12,4	7,2	13,6
2	0,286	4,21	5,5	32	12	2,2	88,3
2 red.	0,032	4,21	5,5	32	4,8	1,7	10
3	0,0068	2,73	8	15	8	5,5	12
3 red.	0,0028	2,73	8	15	5	3,5	5
4	0,002	6,69	9	13	5	3,2	4,8
5	0,005	2,54	9	13	10,4	4,6	12,2
6	0,006	0,48	10	9	28,1	26,3	90,6

red. angiver en tænkt reduktion af emissionen.

Tabellen viser følgende:

- I receptoren med max LI% er LI% i fem tilfælde mere end 1,5 gange større end i receptoren med højeste 99% fraktil. I to tilfælde er den ca. 1,4 gange større og kun i ét tilfælde er den ens. I sidstnævnte tilfælde er der tale om meget høj lugtintensitet.
- Tre kilder, der kan godkendes efter gældende retningslinier (99% fraktil = 10 LE/m³) har LI% fra 4,8 til 5,0. De vil således ikke kunne leve op til den foreslåede grænseværdi på 4,5 LI% (afsnit 6.2.1, tabel 12).
- Tre kilder der har 99% fraktiler på 12 til 14 LE/m³, har relativt høje LI% (8 til 12,4).

En enkelt kilde med meget høj 99% fraktil (88 LE/m³) har en overraskende lav LI% i denne receptor (2,2), men en relativt høj LI% i en anden receptor (12).

Der er ikke tilstrækkeligt materiale om antallet af klager over de pågældende kilder til at vurdere hvilken værdi, en fremtidig grænseværdi bør have.

Tabellen giver imidlertid et billede af, at de gældende retningslinier ikke tilgodeser de værst ramte receptorer.

6.2.3 Sammenfatning

Miljøstyrelsens Referencelaboratorium vurderer, at materialet er alt for lille til endeligt at fastsætte en grænseværdi. Hvis der derfor skal indføres en ny grænseværdi efter det beskrevne princip, bør Miljøstyrelsen i samarbejde med f.eks. DMU og Miljøstyrelsens Referencelaboratorium gennemregne et større antal kendte klagesager vedrørende lugt.

Det vil næppe være muligt at lave en undersøgelse af, hvilke påvirkninger mennesker vil acceptere i forskellige situationer. Navnlig vil det nok være svært at vurdere, hvordan en lav koncentration i lang tid vil genere i forhold til en høj koncentration i kort tid.

6.3. Hvilke forhold skal inddrages i grænseværdifastsættelsen?

Som nævnt i indledningen er der flere forhold, som kan indgå i vurderingen ved grænseværdifastsættelsen. Den væsentligste beslutning er imidlertid, om der skal fortsættes med en grænseværdi baseret på lugtimmissionskoncentrationen, eller om grænseværdien skal beskrives ved en lugtintensitetsprocent.

Det nye OML-spredningsberegningsprogram har to nye elementer i sig, som hver for sig kan bidrage til en ændring af reguleringspraksis.

Med den nye beregningsmetode er det muligt at beregne en 99% fraktil beregnet på basis af den instantane fordeling af lugtkoncentrationerne. Det er en forbedring i forhold til dagens praksis, hvor vi beregner det antal timer, hvor minutmiddelværdien overskrides (beregnet med en usikker omregning af timemiddelværdien). Det er således muligt at fastsætte en lugtkoncentration, der ikke må overskrides i mere end 1% af samtlige instantane tidsøjeblikke på en måned.

Denne mulighed øger efter Miljøstyrelsens Referencelaboratoriums opfattelse kvaliteten af lugtimmissionsberegningen. De beregnede værdier vil få en større grad af troværdighed, fordi de ikke er under indflydelse af en usikker omregningsfaktor. Desuden har programmet fået en mere præcis beskrivelse af den tidslige koncentrationsfordeling i røgfaner. Men selv den mere præcise beregning beskriver ikke effekten af lugt koncentrationerne, og der tages ikke hensyn til de laveste koncentrationer.

Det er derfor meget værdifuldt, at den nye metode som supplement til den mere præcise angivelse af den tidslige koncentrationsfordeling kan beregne lugtintensitetsprocenten og dermed den reelle lugtgene. Det vil give en rigtigere beskrivelse af selve omfanget af lugtgenerne fra en given virksomhed gennem hensyntagen til genen ved de små lugtkoncentrationer.

Det er imidlertid en principielt stor ændring, og erfaringsgrundlaget er lille. Der kan derfor være en fare for at fastlægge et niveau for lugtintensitetsprocenten, som viser sig at være helt forkert. Som udgangspunkt vil Miljøstyrelsens Referencelaboratorium derfor anbefale, at en grænseværdi målt i LE/m^3 fastholdes i en overgangsperiode, indtil der kan opnås et bedre grundlag for fastsættelse af et acceptabelt niveau for lugtintensitetsprocenten.

Uanset hvilken af de to typer grænseværdier der vælges, skal de øvrige forhold vurderes og deres betydning indgå i fastsættelse af enten et antal LE/m^3 eller en LI%.

6.3.1 Lugtens hedoniske karakter

Om en lugt er ubehagelig eller ej bør i princippet ikke diskuteres. De fleste er nok enige om, at rådden lugt er ubehagelig, ligesom de fleste finder behag i lugten af friskbagt brød eller kage. Men der er en meget lang række lugte, hvor meningene er delte. Og den behagelige lugt kan udvikle sig til en gene, hvis man udsættes for den konstant i et vist niveau eller på uønskede tidspunkter.

Det vil således give anledning til megen diskussion, hvis lugten fra en virksomhed i godkendelsessituationen defineres som ubehagelig eller ikke ubehagelig, og vilkåret fastsættes efter definitionen.

Miljøstyrelsens Referencelaboratorium anbefaler derfor, at lugtens hedoniske karakter ikke inddrages i grænseværdifastsættelsen.

6.3.2 Lugtintensiteten

Som det ses i figur 2, giver forskellige lugte anledning til forskellige lugtintensiteter og dermed til forskellige lugtoplevelser. På det grundlag vil det være korrekt at inddrage intensiteten, når grænseværdier skal fastsættes. Hvis kilden er en svine-stald, kan det af figur 2 aflæses, at en lugtkoncentration på ca. 12 LE/m^3 svarer til intensiteten ”stærk”. Lugten fra en tobaksfabrik når ikke op på ”stærk” inden for det undersøgte område ($<20 \text{ LE/m}^3$).

Grundlaget for de beregnede sammenhænge er imidlertid ikke stort, og der er en lang række lugte, for hvilke der ikke er beskrevet en sådan sammenhæng. Hvis der ved beregningen af lugtimmission skal tages hensyn til lugtens intensitetskurve, bør der udføres et arbejde for at finde sikre værdier for sammenhængene for en række repræsentative lugte. Udvalget af repræsentative lugte skal sikre, at en myndighed i en given situation kan finde en lugt, der beskriver virksomhedens emission på en måde, som også virksomheden er enig i.

En alternativ mulighed er at lave en gennemsnitlig intensitetskurve for udvalgte lugte på det grundlag, der eksisterer nu. Det vil betyde, at nogle virksomheder i forhold til den ideelle model får en lempeligere behandling, og andre får en mere restriktiv.

Hvis der eksempelvis er tale om en grænseværdi svarende til lugtintensiteten ”Tydelig”, vil det i følge figur 2 betyde en grænseværdi på 5 LE/m^3 for svine-stalden og på 13 LE/m^3 for tobaksfabrikken. Hvis gennemsnittet af de to lugte vælges, vil grænseværdien for begge typer virksomhed skulle sættes til 8 LE/m^3 .

Den usikkerhed ved grænseværdifastsættelsen, der hermed introduceres, er mindre end usikkerheden ved bestemmelsen af lugtkoncentration.

Det er Miljøstyrelsens Referencelaboratoriums opfattelse, at der bør tilvejebringes et bedre grundlag for sammenhængen mellem lugtintensitet og lugtkoncentration for et udvalg af lugte og på grundlag heraf laves en gennemsnitlig kurve for lugtintensitet.

6.3.3 Social-økonomiske forhold til virksomheden

Fastsættelsen af grænseværdi bør afspejle, i hvor høj grad beboerne i det berørte område er afhængig af eller beskæftiget ved den aktuelle virksomhed. Det hedder sig i Esbjerg, at lugten af fisk er lugten af penge. Tilsvarende for en landmand med en stor svinefarm. Det vil ikke være rimeligt at regulere den ene svinefarm, for at den ikke skal emitte lugt til den anden.

I områder, hvor få virksomheder betinger områdets overlevelse, er det u hensigtsmæssigt at regulere virksomhederne så hårdt på lugtområdet, at de evt. påføres store omkostninger eller må lukke.

Det forudsættes, at de social-økonomiske forhold tages i betragtning ved fastsættelse af grænseværdier gennem en let forhøjet grænseværdi.

6.3.4 Områdets karakter

Analogt til betragtningen om social-økonomiske forhold kan det nævnes, at menneskers accept af lugte i omgivelserne er afhængig af, om man er hjemme, på arbejde i et industrikvarter eller holder fri i rekreative områder.

Mens det er lettere at acceptere lugte fra omgivende industri ved ens arbejdsplads, vil kun få acceptere selv svage lugte fra industri, når man i sin ferie går tur ved stranden.

Det er Miljøstyrelsens Referencelaboratoriums erfaring, at der i alle områder vil kunne findes mennesker, der finder anledning til at klage ved selv kortvarige påvirkninger af lugte fra f.eks. grillbarer og rensningsanlæg. Klager anfører specielt, at det er ubehageligt at sidde i sin have og måtte finde sig i de uønskede lugte.

Der kan tilsvarende forekomme klager fra den ene virksomhed over den anden, men disse er langt færre.

Der bør derfor tages hensyn til det betragtede områdes status, når vilkår skal fastsættes.

6.3.5 Hyppighed og varighed af lugtemission

I Tyskland ser man ved miljøgodkendelse af virksomheder på antal timer på et år, hvori der er lugt. Dette betyder, at virksomheder, der kun opererer i kampagner, f.eks. sukkerfabrikker, beregningsmæssigt tilgodeses ved i stilstandsperioderne overhovedet ikke at belaste regnskabet. Derved kan en større påvirkning tillades i de aktive perioder.

Den tyske anskuelse er umiddelbart let at forstå. Det er dog efter Miljøstyrelsens Referencelaboratoriums opfattelse tvivlsomt, om naboer i måneder med lugtgener husker de lugtfrie måneder og giver virksomheden den nødvendige "kredit".

Der er derfor grund til at bibeholde den danske, månedsvise anskuelse og ikke graduere grænseværdierne efter virksomhedernes produktionsmønster.

6.3.6 Forslag til graduering af grænseværdier

Med baggrund i de foregående afsnit foreslår Miljøstyrelsens Referencelaboratorium, hvordan en graduering af grænseværdierne kan opstilles (tabel 15). De foreslåede grænseværdier skal sammenholdes med den 99% fraktilen på korttidsbasis.

Som udgangspunkt mener Miljøstyrelsens Referencelaboratorium, at der aldrig må forekomme en "stærk" lugtoplevelse.

Tabel 15 Forslag til kvalitativ graduering af grænseværdier

Område/Hyppighed	Intensitet
Bolig- og rekreativt område	Meget svag
Industriområde	Svag
Område med relation til lugten	Tydelig

Når der i et felt står f.eks. ”tydelig”, betyder det, at 99% fraktilen for en måned - beregnet med den nye metode - må repræsentere en tydelig lugtoplevelse. Med anvendelse af den på figur 2 viste sammenhæng for en gennemsnitlig lugt kan de kvalitative angivelser i tabel 15 omsættes til LE/m^3 – tabel 16.

Tabel 16 Forslag til kvantitativ graduering af grænseværdier. Værdierne er korttidsværdier, dvs. at de skal bruges til at kontrollere immissionsværdier beregnet på korttidbasis.

Område/Hyppighed	Lugtkoncentration (LE/m^3)	
	Ukorrigerede	Korrigerede
Bolig- og rekreativt område	1,5	1,0
Industriområde	3,5	2,3
Område med relation til lugten	8	5,3

At der i områder med relation til lugten foreslås en lempet grænseværdi afspejler at der i lugtvejledningen /4/ gives mulighed for at anvende en lempefaktor på 2-3.

Tallene og kurverne bør bearbejdes, når implementeringen af standarden og eventuelle supplerende krav er gennemført, hvis en grænseværdi skal baseres på lugtintensitet.

Værdierne i tabel 16 skal i en godkendelsessituation sammenlignes med immissionsværdier beregnet med den nye metode. Det betyder, at emissionen ikke skal korrigeres med en faktor $\sqrt{60}$ før OML-beregningen. Beregningen vil næppe i noget tilfælde finde den maksimale 99% fraktil i den samme receptor som den gamle metode, og en direkte sammenligning er derfor ikke mulig uden beregning. Det kan imidlertid forudses, at 99% fraktilen i samme receptor vil blive mindre end ved den gamle beregning.

Miljøstyrelsens Referencelaboratorium har gennemgået beregningerne, der er omtalt i afsnit 6.2.2 (tabel 14) og fundet 99% fraktilerne på korttidbasis. I tabel 17 ses sammenligning mellem nye og gamle 99% fraktiler. Grænseværdierne er indsat på basis af Miljøstyrelsens Referencelaboratoriums kendskab til kildernes beliggenhed.

Tabel 17 Oversigt over 99% fraktiler. "Gammel" receptor er den receptor, som har højest 99% fraktil beregnet efter den hidtil anvendte metode. "Ny" receptor er den receptor, der har højest 99% fraktil beregnet på korttidsbasis. "Ny" 99% er 99% fraktil beregnet på korttidsbasis (efter ny metode). "Gammel" 99% er 99% fraktil beregnet på timebasis og korrigeret ved multiplikation med 7,8.

Kilde	"Gammel" receptor med max. 99% fraktil				"Ny" receptor med max. 99% fraktil		
	Receptor	"Gammel" 99%	"Ny" 99%	"Gammel" grænseværdi	Receptor	"Ny" 99%	"Ny" grænseværdi
1	253	14	8	5	292	10	1,0
2	171	88	1	10	324	10	2,3
2 red.	171	10	1	10	315	3	2,3
3	72	12	6	5	302	8	1,0
3 red.	72	5	3	5	302	3	1,0
4	251	5	2	5	301	2	1,0
5	11	12	4	5	311	6	1,0

Tabellen viser, at den hidtidigt anvendte beregningsmetode (med korrektionsfaktor på 7,8) giver for høje værdier for korttidskoncentrationerne i alle tilfælde. Det gælder ved sammenligning mellem ny og gammel 99% fraktil i den receptor, der har den højeste, gamle 99% fraktil. Og det gælder ved sammenligning mellem gammel 99% fraktil og højeste, nye 99% fraktil (i en anden receptor).

Desuden viser den, at den nye metode betyder en skærpelse for de eksisterende afkast, der alle er relativt lave (<15 meter). Ingen af de tre afkast, der ville kunne godkendes efter gammel metode, kan godkendes efter den nye metode. Miljøstyrelsens Referencelaboratorium anbefaler, at dette forhold diskuteres og undersøges nøjere i sammenhæng med vurderingen i afsnit 4.1 om den instantane korttidsværdi i forhold til minutmiddelværdien. Det anbefales, at værdierne i en overgangsperiode sættes lidt højere.

Hvis definitionen af grænseværdi ændres til LI%, skal der findes et alternativ til begreberne "meget svag", "svag" og "tydelig". De kan ikke oversættes direkte, netop fordi 99% fraktilen udtrykker den koncentration, hvor den accepterede intensitet opleves.

6.4. Vilårsfastsættelse

Miljøstyrelsens Referencelaboratorium foreslår, at tabel 16 bruges ved fastsættelse af grænseværdien, når en virksomheds omgivelser og områdets socioøkonomiske forhold er beskrevet.

Der kan som nævnt tidligere analogiseres til målinger af støj. Ved godkendelser i støjsager betragtes et vilkår kun som ikke overholdt, hvis nedre grænse i 95% intervallet overskrider den fastsatte grænseværdi. Denne politik kan overføres til godkendelser i lugtsager, hvorfor værdien for nedre grænse skal anvendes i OML-spredningsberegningen. Kun hvis immissionsværdien ved denne beregning overskrider den fastsatte grænseværdi for den betragtede virksomhed, betragtes vilkåret som ikke overholdt.

Det er dog Miljøstyrelsens Referencelaboratoriums forslag, at den hidtidige praksis med fastsættelse af emissionen som gennemsnit af flere målinger bibeholdes, og det anbefales at anvende den i 6.4.1 beskrevne procedure.

Prøvetagningstiden skal være 3-5 minutter med mindre særlige produktionsforhold nødvendiggør en kortere tid. Prøvetagningstiden skal indføres i vilkåret.

6.4.1 Behandling og anvendelse af lugtresultater

For resultaterne af analyserne beregnes et 95% konfidensinterval, der er beregnet ud fra middelværdien af resultaterne og analyseusikkerheden repræsenteret ved analysemetodens repeterbarhed. Denne er i følge den kommende standard beskrevet ved $s = 0,1721$ for logaritmerede lugtkoncentrationer i laboratorier, der netop lever op til kravene (se også afsnit 2.6). Det aktuelle laboratoriums dokumenterede "s" kan anvendes.

Hvis alle resultater ligger inden for dette interval, anvendes middelværdien som mål for emissionen og i videre beregninger af immission. Hvis den største af værdierne ligger uden for dette interval, anvendes denne værdi, eller der tages minimum tre nye prøver. For disse nye prøver foretages samme beregninger, og emissionsværdien fastsættes.

Den statistiske beregning sker efter retningslinierne for beregning af 95% konfidensintervaller, der er omtalt i afsnit 2.6. Det fremgår heraf, hvordan 95% konfidensintervallet for én prøve med forventet værdi beregnes. Den forventede værdi er i dette tilfælde gennemsnittet af samtlige prøver.

Når resultaterne foreligger, skal analyselaboratoriet teste for outliers. Hvis en vilkårlig prøve af de analyserede afviger så meget fra gennemsnittet, at den ligger uden for det beregnede 95% konfidensinterval for én prøve, kan den betragtes som outlier.

Hvis denne værdi er mindre end gennemsnittet af de øvrige (lav outlier), fjernes den for ikke at trække gennemsnittet ned. Den lave værdi kan f.eks. skyldes, at produktionen ikke var kommet rigtigt i gang, ventilationen var gået i stå eller lignende. Beregningerne gentages herefter.

Hvis værdien er større end gennemsnittet (eller der ved senere beregninger findes en sådan), anvendes denne værdi som den værst tænkelige emission. Alternativt kan virksomheden få gentaget lugtmålingerne med mindst tre nye prøver. Beregningen er illustreret i tabel 18.

Tabel 18 Illustration af beregning af reguleringsværdi. I de gule felter indtastes måleværdier. Den forventede variationsbredde ($t^*_{smetode}$) beregnes på logaritmisk basis. Tilsvarende beregnes de enkelte værdiers afvigelse fra middelværdien på logaritmisk basis. Er afvigelsen større end den forventede variationsbredde, er der tale om en outlier. Er det en lav outlier, tages den ud, og beregningen gentages. Er det en høj outlier, anvendes den som reguleringsværdi.

Måling LE/m ³	Log	Afvig fra middel	Outlier	Værdi	Måling LE/m ³	Log	Afvig fra middel	Outlier	Værdi
2000	3.301	0.388	Lav						
5000	3.699	0.010			5000	3.699	0.162		
4000	3.602	0.087			4000	3.602	0.066		
7000	3.845	0.156			7000	3.845	0.309	Høj	7000
Antal	4				Antal	3			
Middel	3.689	4891			Middel	3.537	3440		7000
Slab	0.137				slab	0.137			
$t_{0,975(stor)}$	1.960				$t_{0,975(stor)}$	1.960			
t^*_{slab}	0.268				$t^*_{smetode}$	0.268			
Reguleringsværdi		7000							

6.4.2 Lugtvilkår

Virksomheden skal i hvert afkast overholde emissionskoncentrationen for lugt på 100.000 LE/m³.

Virksomhedens samlede lugtemission må ikke give anledning til en immission, der overskrider det antal LE/m³, der bestemmes af virksomhedens nabozone og socioøkonomiske forhold. Immissionen skal beregnes med et OML-spredningsberegningsprogram, der kan beregne 99% fraktilen på korttidsbasis.

Virksomhedens emissionskoncentration skal i hvert afkast dokumenteres gennem analyse af mindst tre luftprøver udtaget med mindst ½ times mellemrum i løbet af en dokumenteret, konstant produktion.

Emissionskoncentrationen bestemmes som gennemsnittet af de tre målinger eller, hvis disse har stor spredning, som den højeste værdi.

Dokumentation af emissionskoncentrationens pålidelighed skal ske under hensyntagen til metodens statistiske usikkerhed og gennem anvendelse af et akkrediteret laboratorium.

7 ANBEFALINGER

Miljøstyrelsens Referencelaboratorium anbefaler

- at der i en overgangsordning overvejes følgende to muligheder for eksisterende virksomheder for at undgå utilsigtede konsekvenser for disse virksomheder
 1. Vilkår om lugt i virksomhedens godkendelse ændres
 2. Prøver fra virksomheden analyseres efter hidtil anvendt metode
- at den nye beregningsmetode anvendes til beregning af 99% fraktilen på kort-tidsbasis.
- at den nye beregningsmetode udbygges til at kunne håndtere flere kilder.
- at der i en overgangsperiode anvendes lugtimmissionskoncentrationer (LE/m^3) som grænseværdi til vurdering af vilkårsoverholdelse.
- at begrebet lugtintensitet undersøges mere detaljeret for at beskrive, hvornår lugtpåvirkninger generer
- at basis for vurdering af lugtintensitet forbedres gennem beregninger for konkrete virksomheder og sammenholdelse med antal klager med henblik på indførelse af lugtintensitetsprocent (LI%) som grænseværdi.
- at grænseværdien gradueres efter hvilket af tre områder, virksomheden ligger i.
- at lugtanalyselaboratorier fastsætter en fælles procedure for fastsættelse af paneler og beregning af lugtresultater.

Referenceliste

- /1/: Udkast til EN-standard prEN 13725.
- /2/: Mette Drejstel og Anders T. Kristensen: Sammenlignende lugtmålinger, Maj 1997, Teknisk rapport for Århus Amt.
- /3/: Karsten Boholt: Konsekvenser ved implementering af EN-standard i Danmark og anbefalinger til den kommende danske lugtvejledning, Oktober 1998, Rapport udført for Miljøstyrelsen af Miljøstyrelsens Referencelaboratorium.
- /4/: Vejledning nr. 4 fra Miljøstyrelsen: ”Begrænsning af lugtgener fra virksomheder, 1985.
- /5/: H. R. Olesen: User’s guide for OML-Point – an air pollution model for point sources, DMU, 1986.
- /6/: Løfstrøm, P.: Konsekvenser af ny beregningsmetode for skorstenshøjder ved lugtemission, Oktober 2000. Faglig rapport fra DMU, nr. 327.
- /7/: Stephen E. Hobbs et al: Comparison of dispersion models for assessing odour from municipal wastes. Waste Manage Res 2000, vol 18, p. 420-428
- /8/: Notat fra Miljøstyrelsen af 1992
- /9/: VDI 3788, Blatt 1, oktober 1998
- /10/: Oplysninger fra Karsten Boholt til Per Løfstrøm