

ALLMÄNNA RÅD 90:3

SKORSTENSHÖJD BERÄKNINGSMETOD

NATURVÅRDSVERKET

Beställningsadress

Statens naturvårdsverk
Kundtjänsten
171 85 Solna

Telefon: 08:799 10 00

ISBN 91-620-0041-01

ISSN 0282-7271

© Naturvårdsverket, 1990

Ansvarig utgivare: Ingvar Bingman

Tryckeri: Norstedts Tryckeri AB

Omslagsbild: Elly Uppgårdh-Ström

Ändring i SNV Allmänna Råd 90:3 "Skorstenshöjd
- beräkningsmetod"

1. Formeln på sid 14 skall vara

$$E^1 = \left(0.003 \cdot \frac{(D_i + w)^3}{1.2 H_{ref}} + E^{1.8} \right)^{0.56}$$

2. Åttonde raden på sid 37 skall vara

	Säsong A	Säsong B
E^1	0.7 MW	1.2 MW

FÖRORD

De riktlinjer för bestämning av skorstenshöjd som hittills funnits togs fram i början av 1970-talet och baseras endast på svaveldioxidutsläpp och i princip bara från oljeeldning.

Den nu framtagna beräkningsmetoden bygger på rapporter som Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut (SMHI) utarbetat på uppdrag av naturvårdsverket. En överarbetning har skett genom naturvårdsverkets försorg och med hjälp av professor Ulf Högström vid Meteorologiska institutionen, Uppsala Universitet.

Solna i januari 1990

Statens naturvårdsverk

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1.	INLEDNING OCH FÖRUTSÄTTNINGAR	3
2.	FÖRTECKNING ÖVER FÖREKOMMANDE PARAMETRAR	5
3.	BERÄKNING AV SKORSTENSHÖJD	6
3.1	Skorstenens referenshöjd	7
3.1.1	Fullständig beräkningsgång	7
3.1.2	Förenklad beräkningsgång för fjärrvärmeverk och hetvattencentraler	18
3.2	Skorstenstillägg	24
3.3	Skorstenens bygghöjd	30
4.	TILLÄMPNINGSEXEMPEL	31
5.	REFERENS- OCH LITTERATURLISTA	40
	 BILAGA: LUFTKVALITET-MARKKONCENTRA- TIONSBIDRAG FRÅN ENSKILDA ANLÄGGNINGAR	 41
	1. Svavel- och kväveoxider	41
	2. Andra luftföroreningar	46

1. INLEDNING OCH FÖRUTSÄTTNINGAR

Jämfört med naturvårdsverkets tidigare riktlinjer har följande förändringar skett,

- bestämning av skorstenshöjd med hänsyn också till utsläpp av kväveoxider.
- ändrad beräkningsgång för pannor med variabel last under året - ändrade regler för beräkning av skorstenstillägg
- bättre anpassning av beräkningsmodellen då rökgaserna är kalla

Spridningen av luftföroreningar bestäms av en mängd variabla faktorer. Vissa generaliseringar har därför varit nödvändiga att göra vid utarbetande av beräkningsmetoden. Detta medför att beräkningsmetoden inte kan användas för komplicerade situationer, exempelvis då källan är belägen i ett område med starkt kuperad terräng. Rökgasernas utspädning i områden med kuperad terräng är ett komplicerat förlopp. I sådana fall bör man utnyttja information om den lokala meteorologin.

Det förekommer också, speciellt vid industrianläggningar, att man har utsläpp via flera skorstenar. I sådana fall kan man inte bestämma haltbidraget från hela anläggningen enligt föreliggande metod genom addition av haltbidragen från varje källa för sig. I stället bör en särskild utredning utföras.

Kväveoxider som emitteras till atmosfären undergår en successiv oxidation till kvävedioxid. Förloppet påverkas av ett flertal faktorer. Det har vid utarbetandet av denna beräkningsmetod inte varit möjligt att ta hänsyn till alla variabler och beräkningsmetoden är även i övrigt relativt osäker för anläggningar med en värmeeffekt i rökgaserna som är större än 10 MW och/eller där skorstenens referenshöjd (H_{ref}) blir större än 60 m. I dessa fall kan den med dessa anvisningar beräknade resulterande skorstenshöjden bli högre än nödvändigt. I sådana fall rekommenderas en spridningsmeteorologisk studie.

Särskild studie bör också göras i de fall en anläggning är belägen i närheten av trafikleder där riktvärdet för kvävedioxid är nära att överskridas.

Sammanfattningsvis bör särskild, kvalificerad, spridningsmeteorologisk utredning göras i följande fall.

- Anläggning belägen i område med speciellt kuperad terräng eller höga byggnader dvs då skorstenstillägget $\Delta^{H_{tb}}$ är mycket större än skorstenens referenshöjd, H_{ref}
- Anläggning med betydande utsläpp via flera skorstenar
- Då värmeeffekten i rökgaserna överstiger 10 MW eller då skorstenens referenshöjd, H_{ref} överstiger 60 m
- Anläggning belägen i närheten av trafikleder där riktvärde' för kvävedioxid är nära att överskridas.

För mindre förbränningsanläggningar (0,5-10MW) redovisas i SNV Allmänna råd (87:2) en starkt förenklad beräkningsgång som normalt bör kunna accepteras för anläggningar i denna storlek. Den mer omfattande beräkningsgången, som redovisas i denna rapport, bör användas när utsläppen avviker från de förutsättningar som anges för den förenklade schabloniserade beräkningsmetoden. För gaseldade pannor, särskilt för mindre pannstorlekar, kan såväl den förenklade som den fullständiga beräkningsgången ge större skorstenshöjd än nödvändigt. SMHI har på uppdrag av Värmeforsk tagit fram ett PC-baserat beräkningsprogram som tar hänsyn till att gaseldning ofta ger lägre utsläpp av föroreningar än olje- och fastbränsleeldade anläggningar av samma effektstorlek. Detta program kan användas för beräkning av skorstenshöjd för gaseldade anläggningar upp till en bygghöjd av 20 m.

Den redovisade beräkningsmetodiken för bestämning av skorstenshöjd med avseende på svavel- och kväveoxider kan i vissa fall också användas med avseende på andra luftföroreningar.

En förutsättning är dock att riktvärden, eller bedömningsgrunder av luftföroreningen är angivna som 99 percentiler av timmedelvärden under en månad, då det är dessa förutsättningar som föreliggande beräkningsmetod baserar sig på.

2. FÖRTECKNING ÖVER FÖREKOMMANDE PARAMETRAR

D_i	skorstenens innerdiameter vid mynningen (m); om skorstenen har flera pipor är D_i innerdiametern på en pipa
D_y	skorstenens ytterdiameter vid mynningen (m)
DUT	dimensionerande utetemperatur för värmeanläggning ($^{\circ}\text{C}$)
E	rökgasernas värmeeffekt (MW). Vid utsläpp i fler pipor är E rökgasernas totala värmeeffekt
E^l	rökgasernas fiktiva värmeeffekt. Tar även hänsyn till rökgasernas rörelseenergi.
H_o	skorstenens bygghöjd (m)
H_{ref}	skorstenens referenshöjd (m)
Δ^{Hbd}	skorstenstillägg pga nedsug kring näraliggande byggnader (m)
Δ^{Hsd}	skorstenstillägg pga nedsug i lä av skorstenen (m)
Δ^{Hter}	skorstenens tillägg pga terräng inom 2-20 H_{ref} (m)
Δ^{Hb}	skorstenens tillägg pga bebyggelse inom 2-20 H_{ref} (m)
Δ^{Htb}	skorstenstillägg pga terräng och bebyggelse (m)
h	höjd över skorstensfoten på högsta byggnad inom ett avstånd av $2 \times H_{ref}$ från källan (m)
Δh	"plume rise" (rökens stigning pga värme) höjd över skorstensfoten för punkt i terrängen inom 2-20 H_{ref} från källan med byggnader där människor normalt vistas (jämför sid 27)
h_b	höjd över marknivå för byggnad där människor normalt vistas inom 2-20 H_{ref} från källan (m)
Q	utsläpp av förorening g/s
Δ^T	skillnaden mellan rökgastemperatur och omgivande lufttemperatur. Utetemperaturen antas vara +15, +8 och 0°C för säsongerna A, B resp C (maj-aug, mars-april + sept resp okt-feb)
V_o	rökgasflöde, våt gas (m^3/s)
w	rökgashastighet vid mynningen (m/s)
C	acceptabelt markkoncentrationsbidrag (pg/m^3)
Fr	Froude-talet = $\frac{27,85 \times w^2}{\Delta^T \times D_i}$
K_1, K_2, K_3	hjälpparametrar för beräkning av skorstenstillägg

3. BERÄKNING AV SKORSTENSHÖJD

Beräkning av erforderlig skorstenshöjd sker stegvis i följande fem steg:

- a. Beräkning av skorstenens referenshöjd, H_{ref} .
Detta genomförs genom den beräkningsgång som börjar på sid 7. För fjärrvärmeverk och hetvattencentraler kan dock i allmänhet en förenklad beräkningsgång användas, (sid 18).
- b. Beräkning av skorstenstillägg pga nedsug i lä av skorstenen ΔH_{sd} (sid 25). Detta = 0 för anläggningar som behandlas med förenklade beräkningsgången
- c. Beräkning av skorstenstillägg pga omgivningens terräng och bebyggelse, ΔH_{tb} (sid 27).
- d. Beräkning av skorstenstillägg pga nedsug kring näraliggande byggnader ΔH_{bd} (sid 28).
- e. Beräkning av erforderlig skorstenshöjd H_o (bygghöjd)
 $H_o = H_{ref} + \Delta H_{sd} + \Delta H_{tb} + \Delta H_{bd}$

De ingångsdata som behövs för att utföra beräkningen är följande.

- utsläpp av föroreningen, g/s, vid dimensionerande last
- rökgasflöde, våt gas, man/s
- rökgastemperatur, °C
- rökgashastighet, m/s vid dimensionerande last
- inner- och ytterdiameter på skorsten och innerdiameter på skorstenspipor, m
- höjd över skorstensfoten på högsta byggnad inom ett avstånd av $2 \cdot H_{ref}$, m
- terrängens höjd över skorstensfoten och bebyggelsens höjd över mark inom ett avstånd av $20 H_{ref}$, m

3.1 Skorstenens referenshöjd

3.1.1 Fullständig beräkningsgång

Med kännedom om utsläppet av föroreningen, plymlyftet, som huvudsakligen bestäms av rökgasernas värmeinnehåll, samt acceptabelt markkoncentrationsbidrag, kan skorstenens referenshöjd beräknas genom att använda diagrammen la-lc (sid 15-17):

Driften och därmed utsläppen av luftföroreningar kan variera under året för en anläggning. Detta gäller främst värmeproducerande anläggningar vars drift är beroende av utetemperaturen. Den är lägst under sommaren då hög frekvens av ogynnsamma spridningsförhållanden råder. Vintertid är spridningsförhållanden för aktuella storlekar på anläggningarna gynnsamma för att innehålla korttidsmedelvärdena, å andra sidan är då pannbelastningen som högst. Genom indelning av året i olika perioder kan hänsyn tas till simvariationer mellan pannbelastning och meteorologiska förhållanden.

En sådan indelning har genomförts av SMHI. Indelningen har skett med hänsyn till olika spridningsmeteorologiska förhållanden.

Diagrammen la-lc avser följande säsonger.

Säsong	Månader
A	maj-augusti
B	mars-april, september
C	oktober-februari.

De spridningsmeteorologiska förhållanden som SMHI utnyttjat är från Ågesta söder om Stockholm. För att göra det möjligt att använda diagrammen i detta avsnitt, som således ursprungligen gäller för mellansvenska förhållanden, för beräkning av skorstenens referenshöjd, har SMHI antagit att det i alla delar av landet finns månader med samma temperatur och stabilitetsförhållanden som de Ågesta-månader som beräkningarna utgår ifrån. Av kartan

i figur 1 (sid 10) framgår under vilka tidsperioder dessa månader inträffar i olika delar av landet.

För att fastställa referenshöjden måste utsläppen bestämmas vid dimensionerande pannbelastning under respektive säsong. Data erhålles ur tabell 1. För fjärrvärmesystemen bygger tabellen på antagandet att dessa dimensioneras med utgångspunkt från den kallaste 50-timmars perioden som inträffat under en 30-års period (DUT 5). Då uttemperaturen är lika med DUT 5 är lasten vid anläggningen 100% av den maximala. Den dimensionerande uttemperaturen framgår av figur 2.

För att kunna ange hur stor lasten är under de olika säsongerna antar SMHI att uttemperaturen är + 2°C och -10°C för säsongerna A resp B. Dessa temperaturer motsvarar i stort det lägsta 50-timmars medelvärdena som inträffat under en 30-års period. Lasten har sedan beräknats utifrån antagandet att det råder ett rätlinjigt samband mellan last och uttemperatur. För processindustri gäller att utsläppen bestäms för drift motsvarande maximalt kapacitetsutnyttjande.

Tabell 1. Dimensionerande last för olika förbränningsanläggningar

Anläggningstyp	Dimensionerande last
Huvudproduktionsanläggningar för framställning av värme i fjärrvärmesystem	Enligt tabell 2
Kraftvärmeverk	Lasten beräknas med utgångspunkt från kraftvärmeblockets maximala produktionsförmåga av värme till fjärrvärmesystemet. Utifrån uppgifter från tabell 2 kan dimensionerande last för anläggningen beräknas (se vidare tillämpnings-exempel, sid 35)
Anläggning som fungerar som topp eller reservverk i ett fjärrvärmesystem	100% av maximal bränsleeffekt
Anläggning för produktion av processånga inom industrin	100% av maximal bränsleeffekt
Anläggning för produktion av enbart el	100% av maximal bränsleeffekt
Anläggning i ett fjärrvärmesystem, utrustat med kondenssvans, återkylare eller hetvattenackumulator	100% av maximal bränsleeffekt med hänsyn taget till återkylarens resp hetvattenackumulators kapacitet

Tabell 2. Dimensionerande last i % av maximal last i olika intervall av dimensionerande utetemperatur (DUT 5) under olika säsonger för en konventionell värmeproducerande anläggning

Dimensionerande utetemperatur DUT 5	Säsong A	Säsong B	Säsong C
-38 - -35	35	55	100
-34 - -31	35	60	100
-30 - -26	40	65	100
-25 - -23	40	70	100
-22 - -20	45	75	100
-19 - -17	45	80	100
-16 - -15	50	85	100
-14 - -13	55	90	100
-12 - -11	55	95	100

Värdet på parametern DUT 5 erhålls för en viss geografisk ort ur figur 2 sid 11.

Figur 1. Ogynnsammaste månads-
perioder under säsongerna A,
B och C i olika delar av landet.

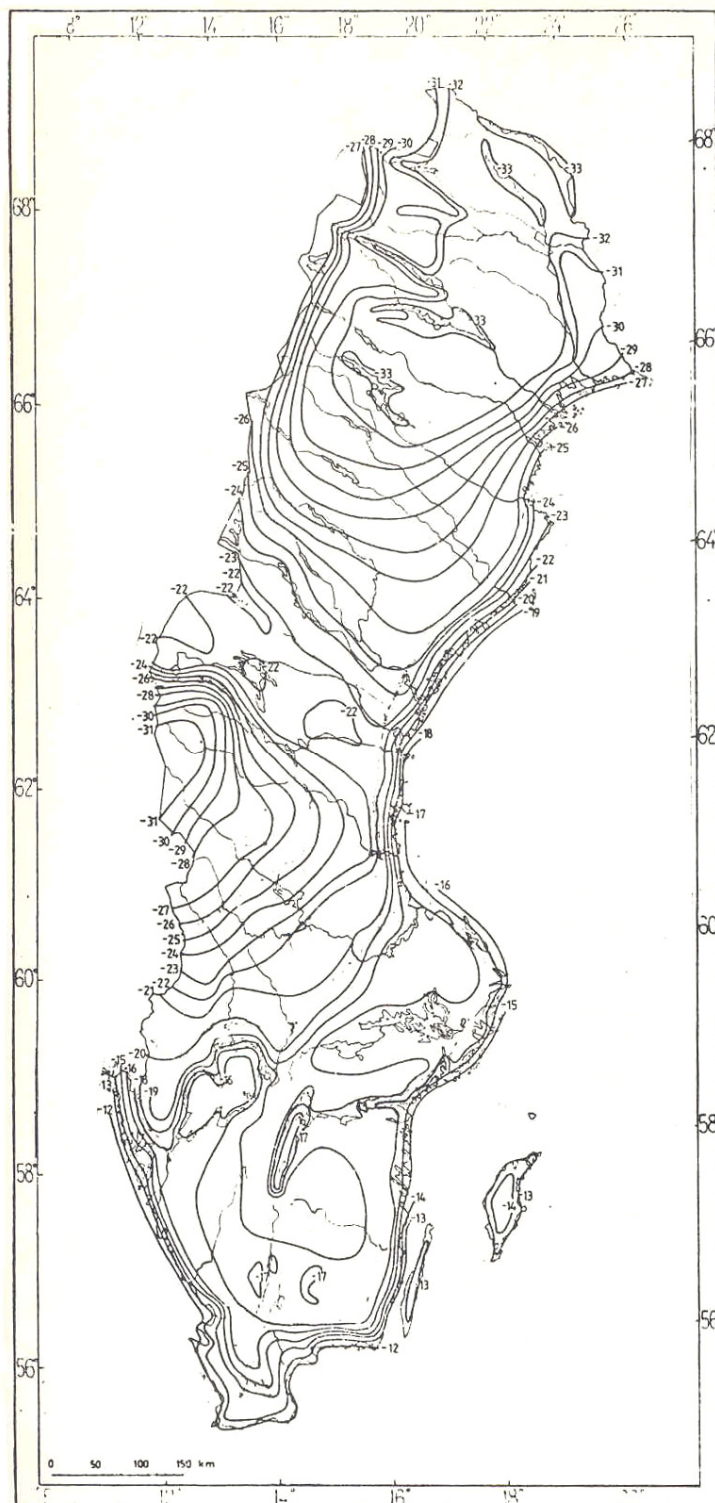
A juni
B 16 april–15 maj
C januari

A juni
B april
C januari

A 16 maj–15 juni
B 16 mars–15 april
C januari

A maj
B mars
C januari

A 16 april–15 maj
B 15 februari–15 mars
C januari



Figur 2. Karta över den lufttemperatur som underskrids under en 50-timmarsperiod på 30 år. Kan i detta sammanhang användas som dimensionerande ute-temperatur DUT 5.

Man måste också veta hur stor andel av den acceptabla luftkvaliteten som en enskild anläggning får ta i anspråk. Denna information ges i tabellerna 3 och 4. De teoretiska övervägandena som ligger till grund för tabellerna redovisas i bilaga

Kväveoxider som släpps ut från en förbränningsanläggning utgörs till 90-95% av NO. Under transporten genom lufthavet sker en successiv oxidation till NO₂. SMHI har utfört beräkningar av hur snabbt denna oxidation sker under olika delar av året, och för olika stora anläggningar. Vid beräkning av skorstenens referenshöjd för förbränningsanläggningar med hänsyn till utsläpp av kväveoxider skall utsläppsvärdet för NO_x räknat som NO₂ multipliceras med de i tabell 5 angivna faktorerna. Härvid har man kompen-serat för såväl NO-oxidation som för det förhållandet att maxpunkten för NO₂-halten inträffar på större avstånd än maxpunkten för NO_x-halten. För mellanliggande storlekar på anläggningar bestäms faktorn genom linjär interpolation.

Beräkningsgången för bestämning av skorstenens referenshöjd framgår av blockschema 1, sid 14.

Tabell 3. Acceptabelt markkoncentrationsbidrag av SO₂, 99 procentilen av timvärden under en månad (µg/m³)

Anl storlek tillförd effekt MW	Värmeeffekt i rökgasen,E (för processutsläpp) MW	SO ₂ -halt,C µg / m ³
≤1	0,05	175
2,5	0,13	151
5	0,25	137
10	0,5	126
25	1,3	113
50	2,5	105
100	5,0	98
250	12,5	90
500	25	83
>1000	50	70

Tabell 4. Acceptabelt markkoncentrationsbidrag av NO₂, 99-percentilen av timmedelvärdena under en månad (µg/m³) .

Anl storlek tillförd effekt MW	Värmeeffekt i rökgasen,E (för processutsläpp) MW	N02-halt,C µg/m ³
≤ 1	0,05	35
2,5	0,13	33
5	0,25	31
10	0,5	30
25	1,3	29
50	2,5	27
100	5,0	26
250	12,5	25
500	25	20
≥1000	50	15

Tabell 5. Korrektionsfaktorer för NO_x-utsläpp från förbränningsanläggningar

Anl storlek	säsong A maj-augusti	Säsong B och C september-april
1 MW	0,40	0,25
10 "	0,35	0,25
100 "	0,25	0,15
300 "	0,20	0,10

Blockschema 1.

BERÄKNING AV SKORSTENENS REFERENSHÖJD H_{ref}

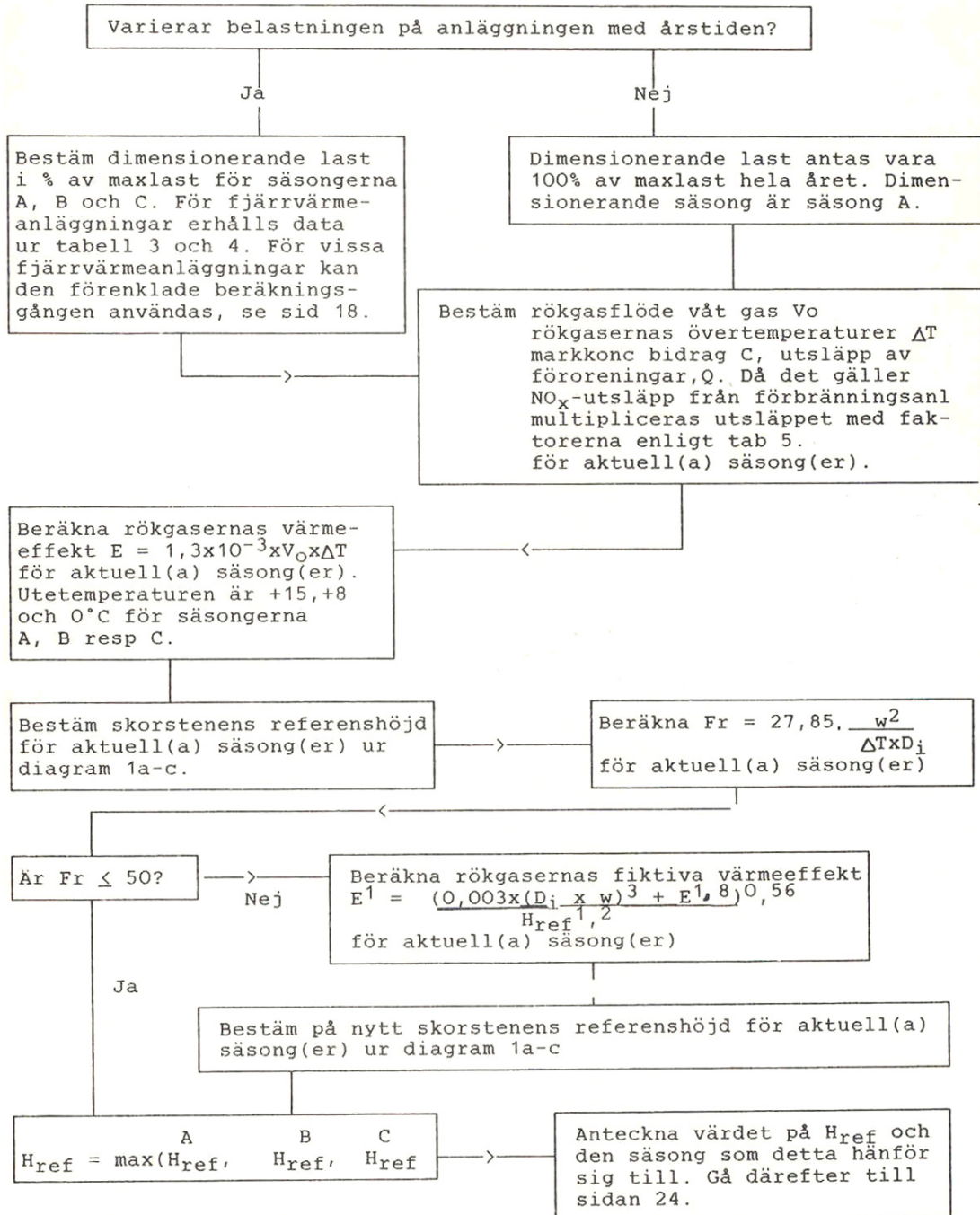


Diagram 1a. Beräkning av skorstenens referenshöjd för säsong A

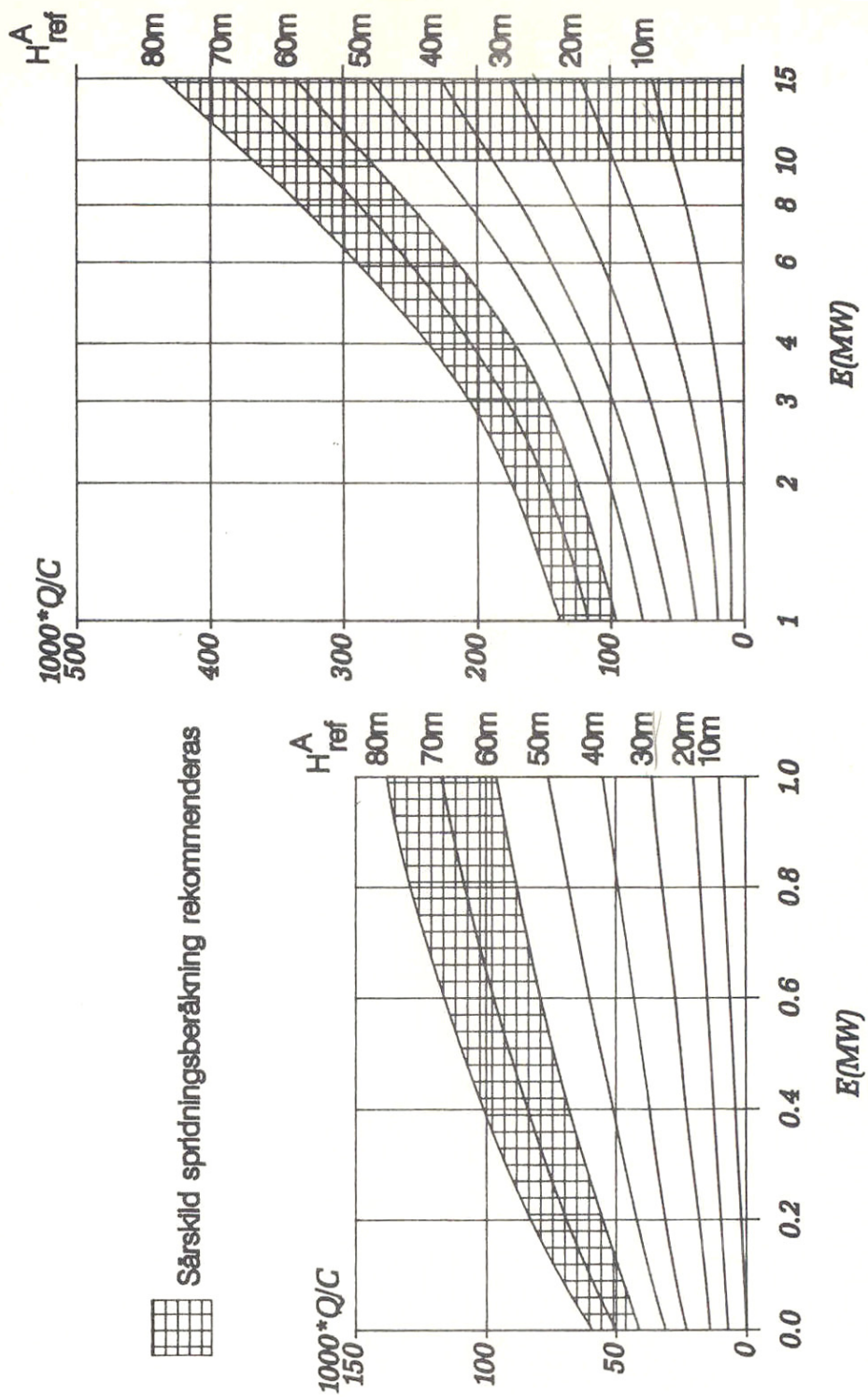


Diagram 1b. Beräkning av skorstenens referenshöjd för säsong B

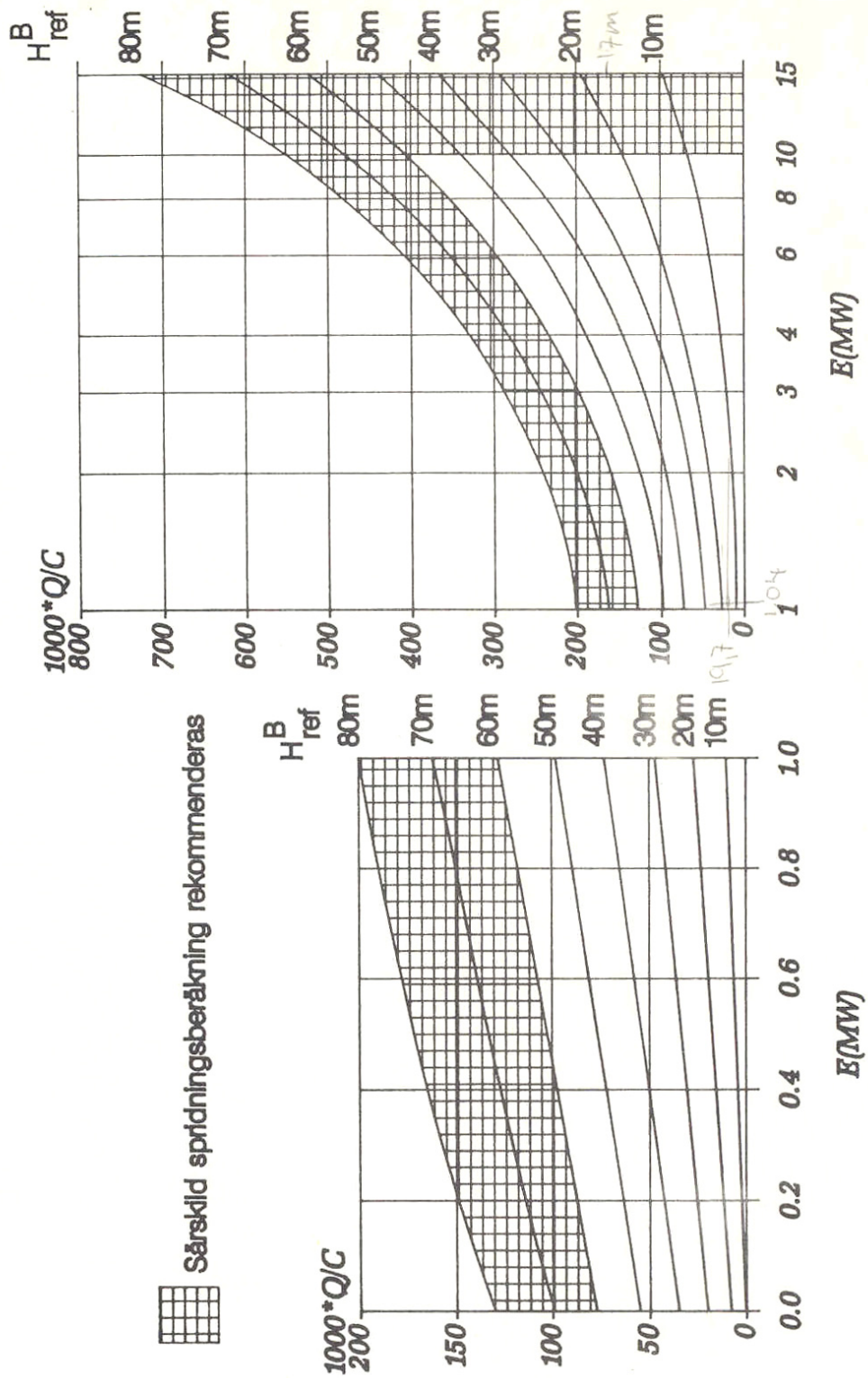
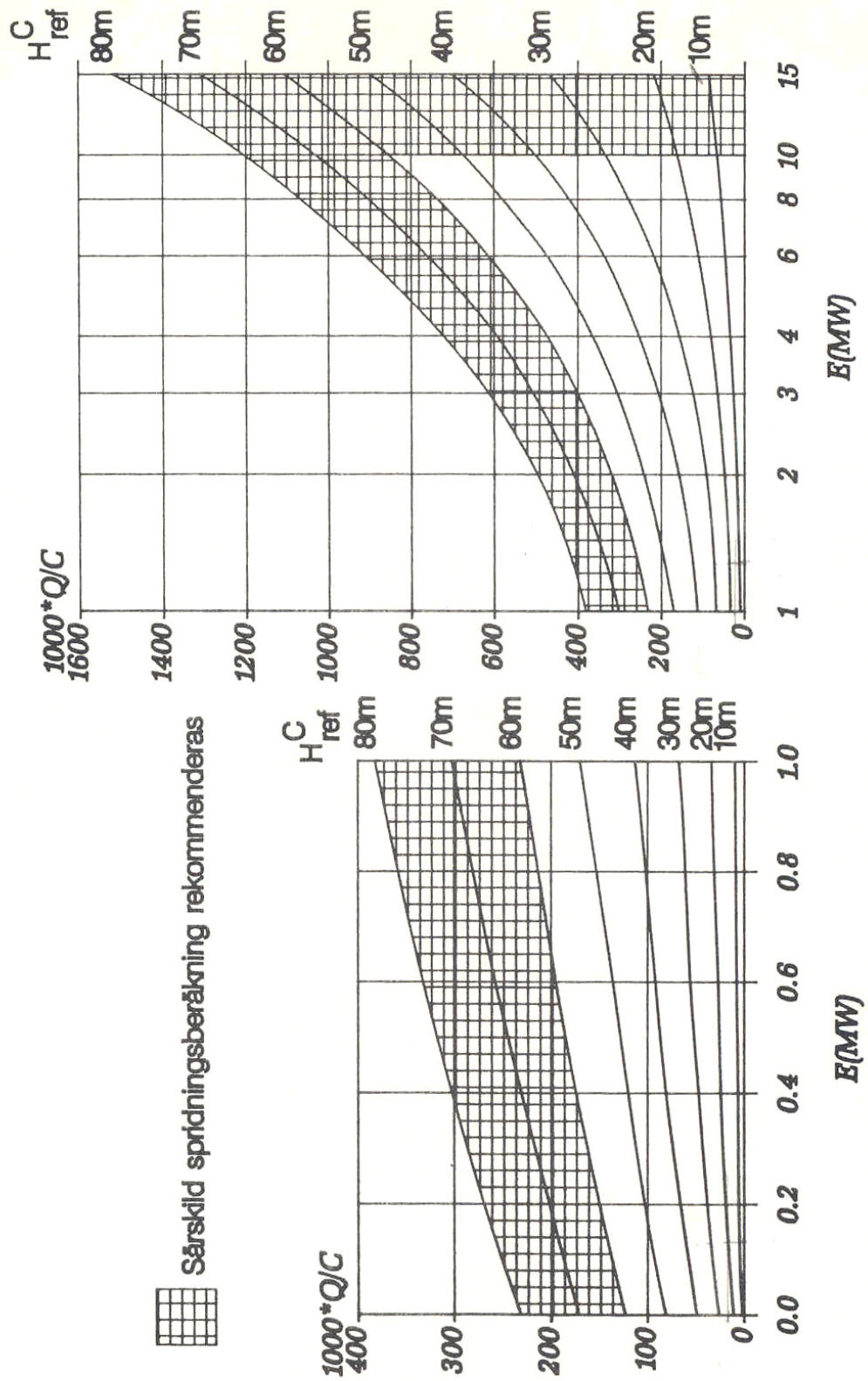


Diagram 1c. Beräkning av skorstenens referenshöjd för säsong C



3.1.2 Förenklad beräkningsgång för bestämning av H_{ref} för fjärrvärmeverk och hetvattencentraler

Förutsättningar

Diagrammen i detta avsnitt för beräkning av skorstenens referenshöjd gäller endast för värmeproducerande anläggningar där lasten styrs av den rådande utetemperaturen. Diagrammen går således inte att använda för ångcentraler inom industrin, inte heller för anläggningar som producerar el eller fristående bas- eller spetsanläggning ingående som en del i ett fjärrvärmesystem. För dessa typer av anläggningar hänvisas till den mer fullständiga beräkningsgången.

För att kunna utarbeta diagrammen för bestämning av skorstenens referenshöjd måste vissa rökgasdata vara kända. Se tabell nedan.

Tekniska data för typanläggningar

Bränsle	Våt rökgasmängd m^3n/MJ	Rökgastemperatur $^{\circ}C$
Kol	0,35	120
Torv	0,40	120
Ved	0,40	120
Eo5	0,30	150
Naturgas	0,30	70

En analys över referenshöjdens känslighet för förändringar av dessa parametrar har utförts. I tabellen nedan anges hur stora variationerna får vara om referenshöjden förutsätts variera inom intervallet ± 5 m. Parametrarna antas variera oberoende av varandra. Är avvikelserna beträffande rökgasdata större än vad som framgår nedan för den aktuella anläggningen bör den fullständiga beräkningsgången användas.

Effekt	Rökgastemp och rökgasmängd
10 MW	± 50%
100 MW	± 20%
250 MW	± 10%

Härav framgår att för anläggningar med rökgaskondensering går det inte att tillämpa denna förenklade beräkningsmetod.

Landet har delats in i två temperaturzoner. I de norra delarna av Sverige har den dimensionerade lasten under perioden april-augusti antagits vara 40% och i södra Sverige 50% av den maximala lasten. Indelningen av Sverige framgår av figur 3. Det maximala fel på skorstenshöjden som kan uppstå på grund av denna förenklade indelning har beräknats till ca ± 5m.

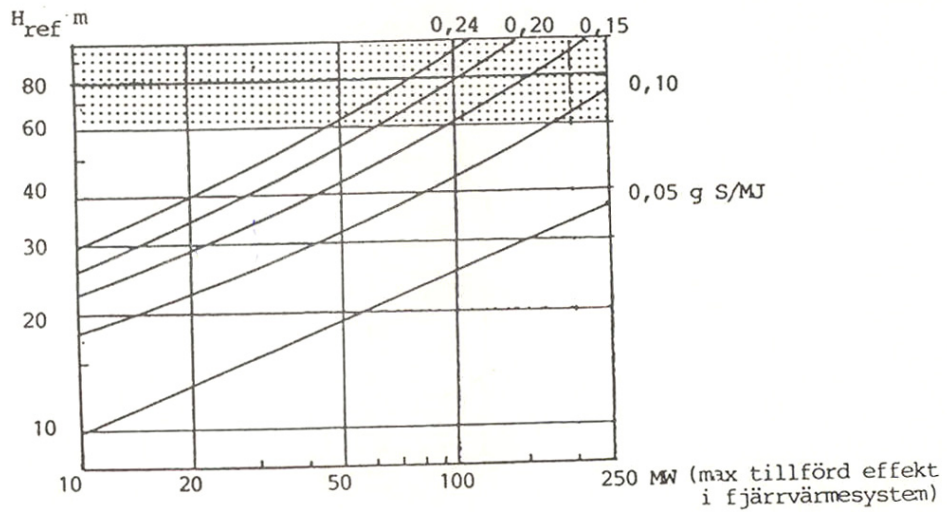
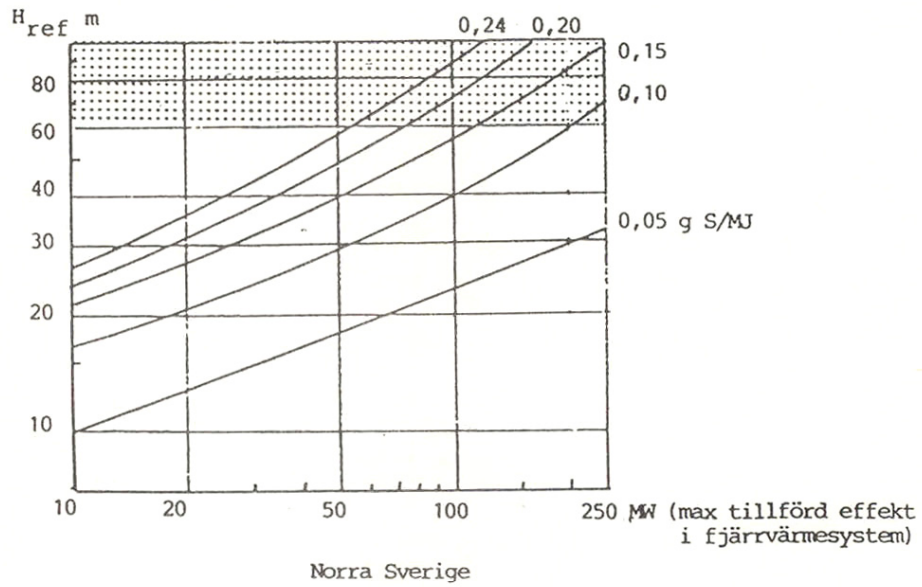
Med kännedom om anläggningens tillförda effekt vid maximalt fjärrvärmebehov och emissionsfaktorer för kväve- och svaveloxider kan skorstens referenshöjd, H_{ref} , bestämmas ur diagrammen i figur 4-6.

Finns pannor med flera bränsleslag inom samma anläggning väljs det H_{ref} -värde som erhålls vid maximalt "ogynnsam" bränsleanvändning, dvs man förutsätter alltid att det bränsle som ger högst utsläpp används maximalt.

Figur 3. Indelningen av Sverige

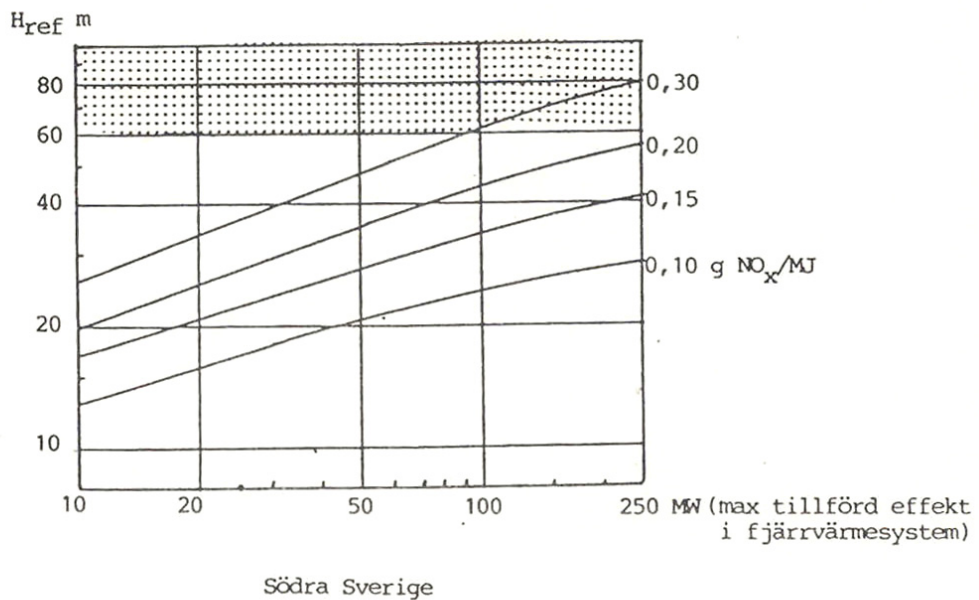
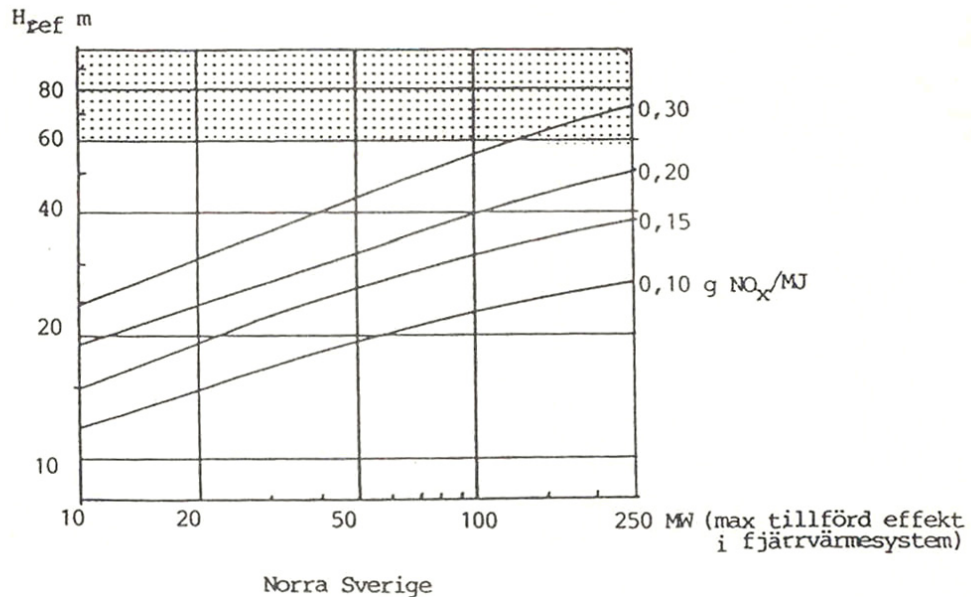


Figur 4. Skorstenens referenshöjd vid olika svavelutsläpp
Fasta och flytande bränslen.



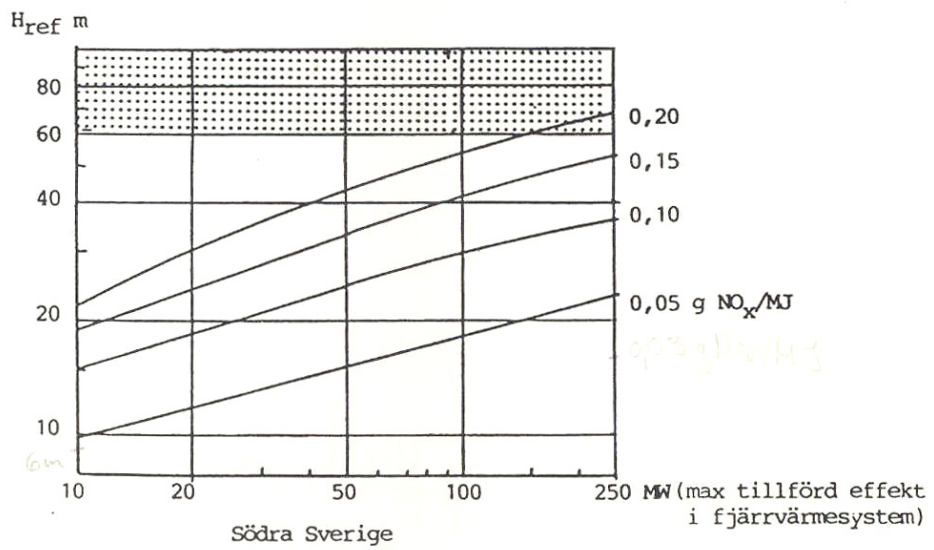
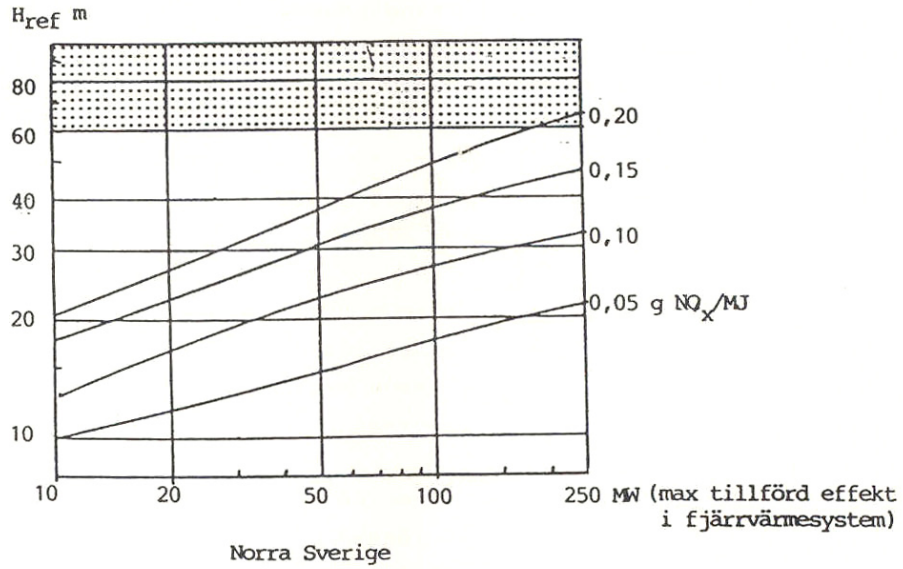
..... Södra Sverige
 Särskild spridningsmeteorologisk studie rekommenderas

Figur 5. Skorstenens referenshöjd vid olika kväveoxidutsläpp.
Fasta och flytande bränslen.




 särskild spridningsmeteorologisk studie rekommenderas

Figur 6. Skorstenens referenshöjd vid olika kväveoxidutsläpp
Gasformiga bränslen



..... Särskild spridningsmeteorologisk studie rekommenderas

3.2 Skorstenstillägg

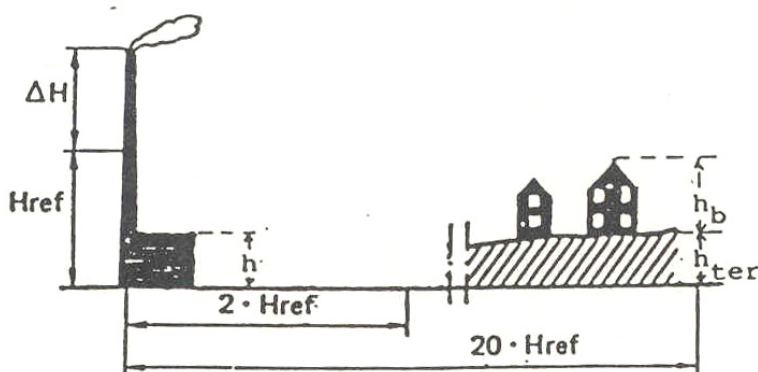
Skorstenens referenshöjd är en höjd som beräknats med utgångspunkt från ett visst haltbidrag av luftföroreningar i plan mark, där inga avvikelser i form av terrängformationer eller omkringliggande byggnader förekommer. Invid en skorsten ökar halten luftföroreningar från marknivån till rökplymens centrum. Finns byggnader eller höga terrängpartier i närheten av skorstenen kommer halterna att bli högre vid dessa punkter. Av denna anledning behövs ett tillägg till skorstenens referenshöjd för att samma haltbidrag skall erhållas som i ett tänkt plant område kring skorstenen.

Om skorstenen är låg i förhållande till närliggande byggnader kan rökplymen sugas ned i den bildade lävirveln bakom byggnaden. Lävirveln är mer uttalad för breda byggnader och nedsuget är större för kalla gaser än för varma.

Vid låga rökgashastigheter - som regel mindre än 1,5 ggr vindhastigheten - erhålles nedsug av rökgaserna i lä av själva skorstenen. Neddragets storlek är också beroende av skorstenens diameter och värmeinnehållet i rökgaserna.

Vid beräkning av den erforderliga skorstenshöjden måste hänsyn tas till ovan nämnda faktorer, dvs till referenshöjden måste adderas olika skorstenstillägg.

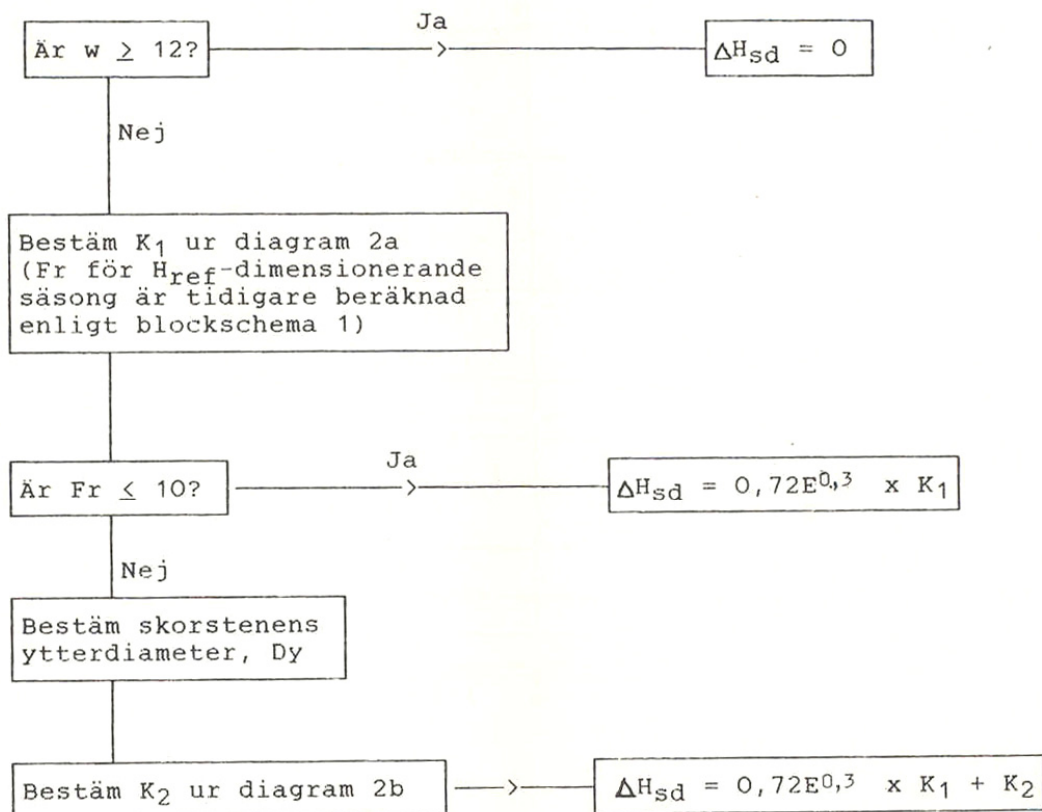
De olika höjdbeteckningarna framgår av nedanstående figur.



Beräkningsgången för de olika skorstenstilläggen (ΔH_{sd} , ΔH_{tb} och ΔH_{pd}) redovisas i det följande. (Blockschema 2, 3 och 4).

Blockschema 2

BERÄKNING AV SKORSTENSTILLÄGG PGA NEDSUG I LÅ AV SKORSTENEN, ΔH_{sd}



Anm. För konventionella värmeproducerande anläggningar kan ΔH_{sd} försummas om rökgashastigheten är minst 8 m/s vid aktuell last

Diagram 2 a. Beräkning av K_1

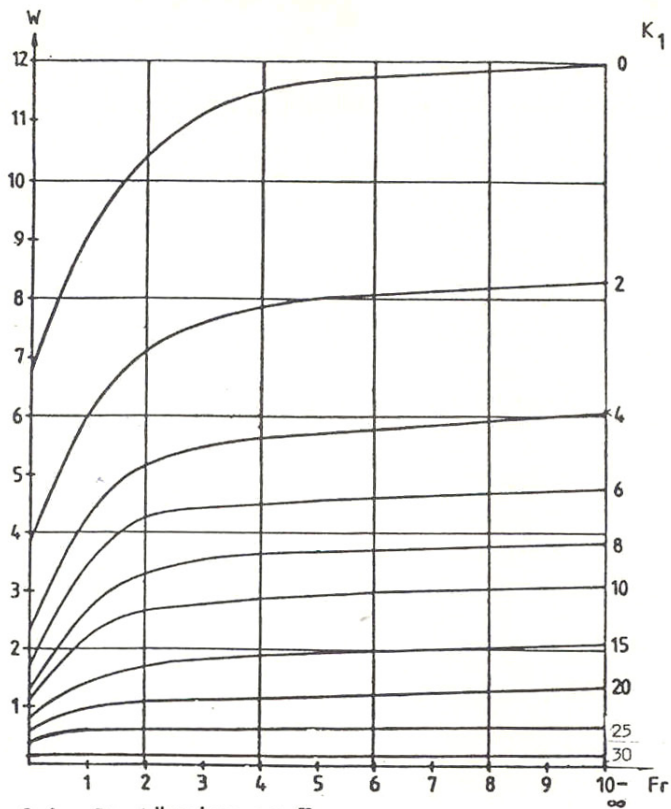
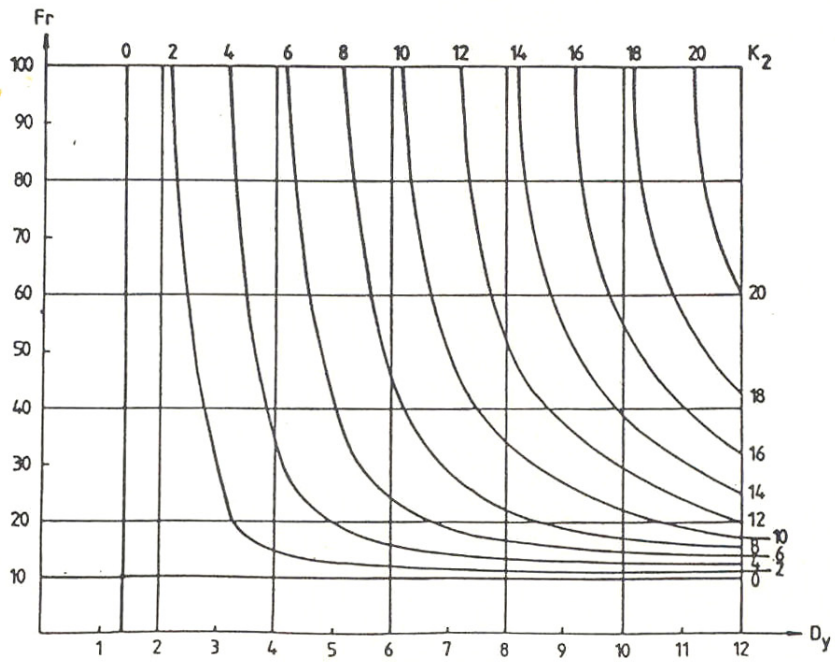
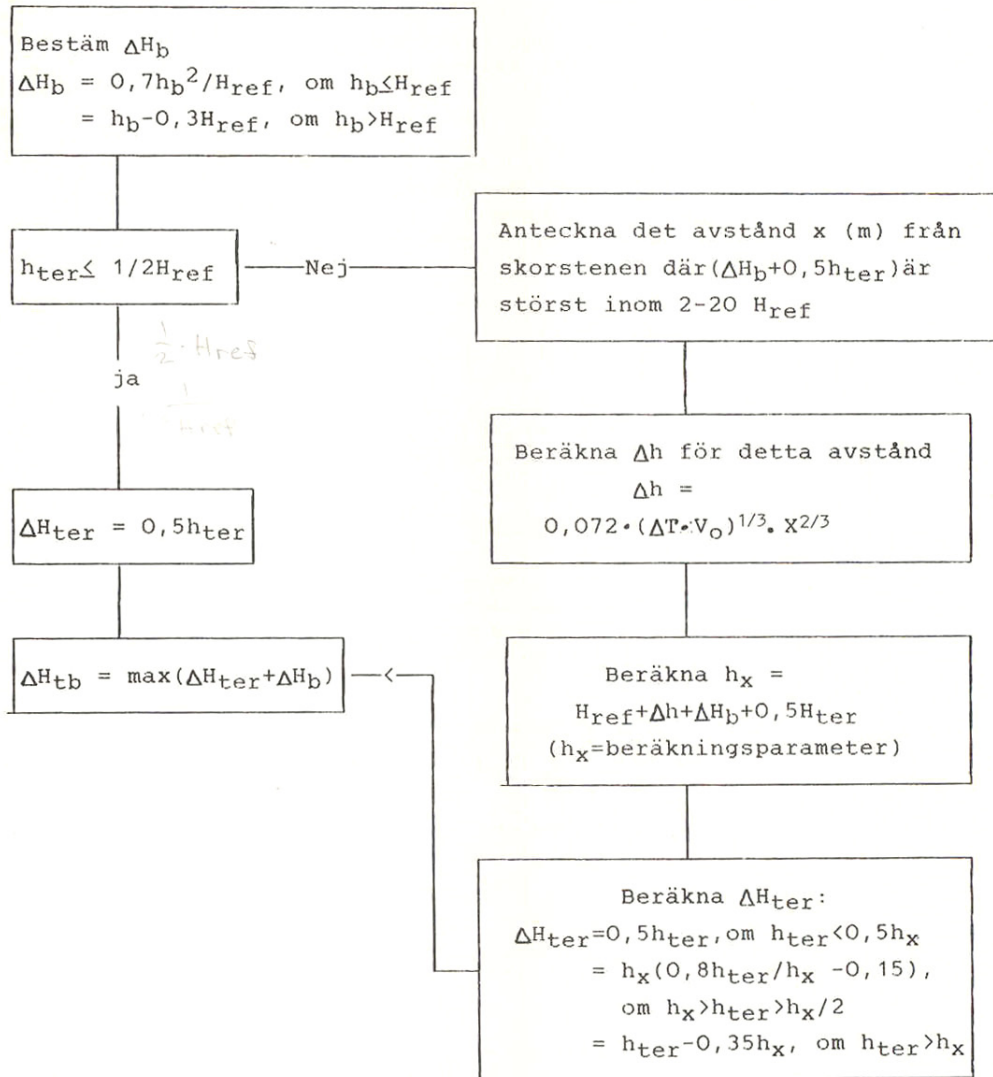


Diagram 2 b. Bestämning av K_2



Blockschema 3.

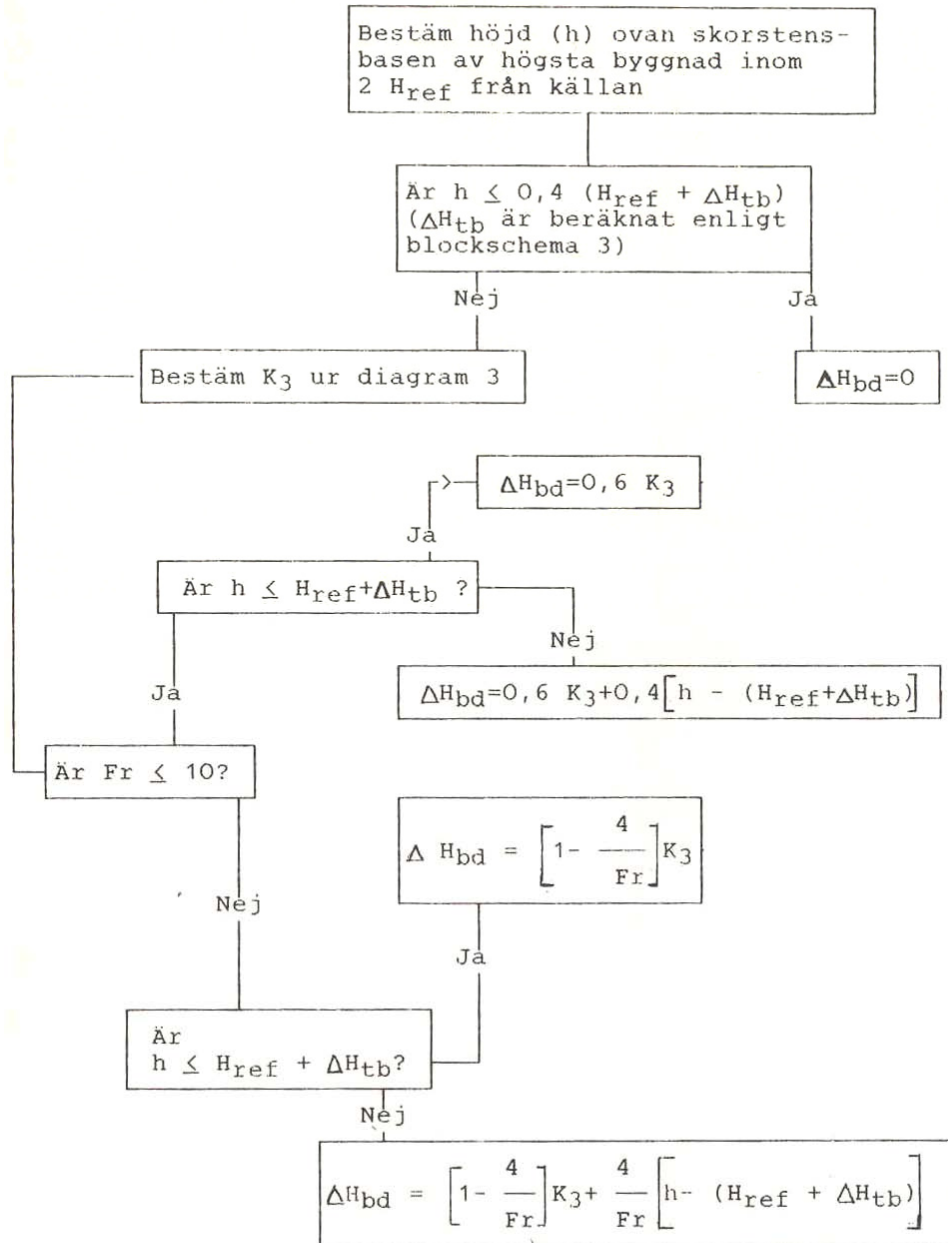
BERÄKNING AV SKORSTENSTILLÄGG PGA TERRÄNG OCH BEBYGGELSE



h_{ter} = höjd över skorstensfoten för punkt i terrängen med byggnader där människor normalt vistas belägen inom $(2-20)H_{ref}$; den punkt skall väljas som ger största värdet av summan av ΔH_b och ΔH_{ter} .

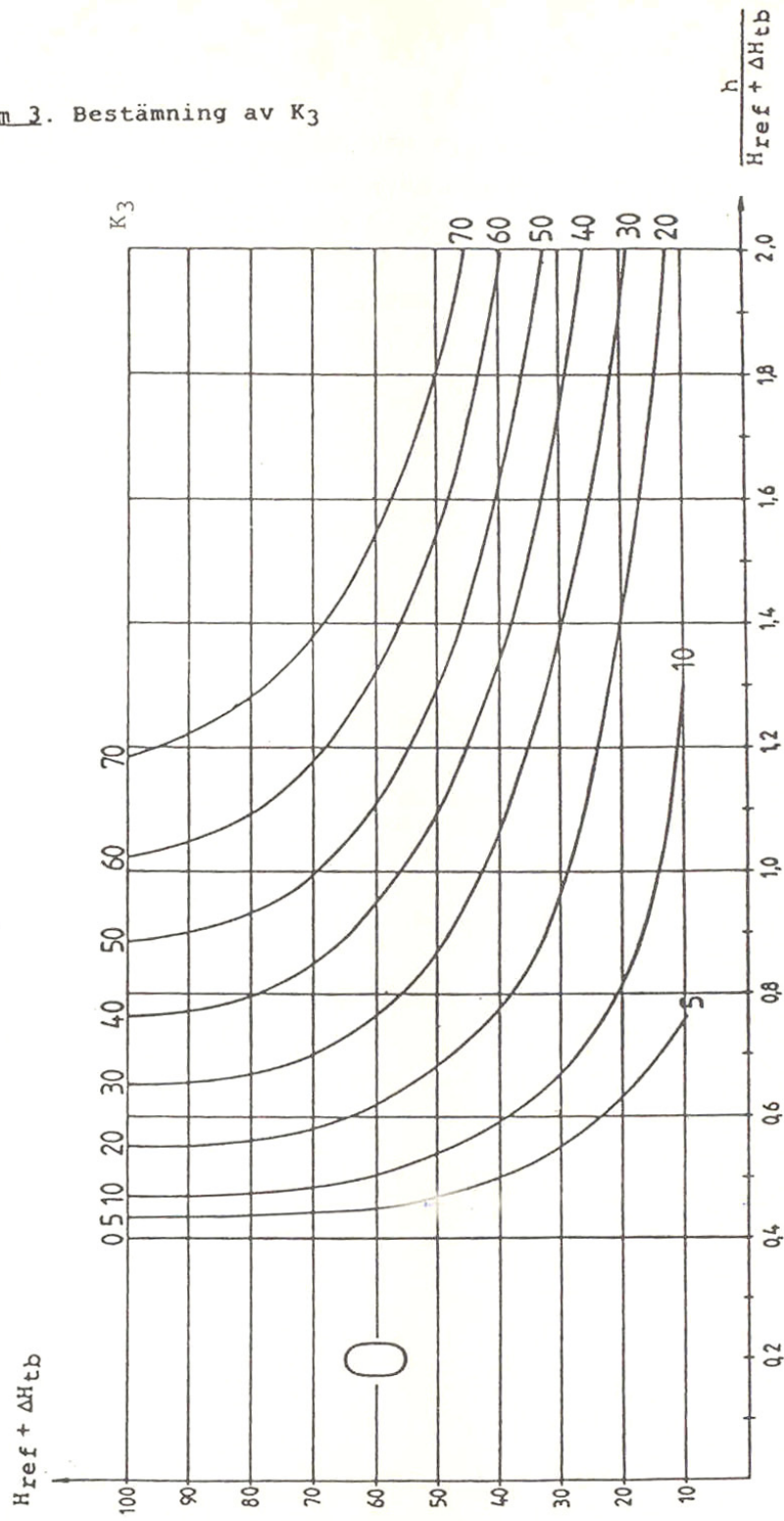
Blockschema 4

BERÄKNING AV SKORSTENSTILLÄGG PGA NEDSUG KRING NÄRALIGGANDE BYGGNADER (ΔH_{bd})



Anm. Med byggnad avses alla förekommande byggnader där höjden är mindre än 4 ggr bredden.

Diagram 3. Bestämning av K_3



3.3 Skorstenens bygghöjd

Skorstenens referenshöjd (H_{ref}) har nu bestämts enligt avsnitt 3.1. Skorstenstilläggen (Δ^{Hsd} , Δ^{Htb} och Δ^{Hbd}) har erhållits från beräkningar enligt blockschema 2, 3 och 4.

Skorstenens bygghöjd (H_0) beräknas enligt följande;

$$H_0 = H_{\text{ref}} + \Delta^{\text{Hsd}} + \Delta^{\text{Htb}} + \Delta^{\text{Hbd}}.$$

4. TILLÄMPNINGSEXEMPEL

1. Glasindustri

Utsläpp av svavel och kväveoxider sker dels från en smältugn, dels från en oljeeldad panncentral. De tekniska data som finns tillgängliga är följande. Gäller vid full produktion.

	Smältugnen	Panncentralen
Rökgasvolym torr gas 10% CO ₂	13,8 man/s	
Rökgasvolym våt gas (V ₀)	19,4 man/s	3,0 man/s
Rökgashastighet (w)	15 m/s	25 m/s
Rökgastemperatur	300°C	200 °C
SO _x -emission (som SO ₂)	1200 mg/m ³ n vid 10% CO ₂ torr gas	3,3 gram/s
NO _x -emission (som NO ₂)	1200 mg/m ³ n vid 10% CO ₂ torr gas	1,7 gram/s

En gemensam skorsten avses uppföras, med separata rökrör.

På ett avstånd av 250 m från anläggningen ligger bostadsbebyggelse med en höjd av 10 m. Markens plushöjd är 35 m. Skorstensfotens plushöjd är 17 m. Själva ugnbyggnaden är 47 m hög.

Beräkningsgång: Använd den fullständiga beräkningsgången för beräkning av H_{ref} sid 7.

Eftersom driften på anläggningen inte varierar med tiden är säsong A (maj-augusti) dimensionerande.

Rökgasernas värmeeffekt (E) beräknas enligt formeln $E = 1,3 \times 10^{-3} \times V_o \times \Delta^T$. Utetemperaturen för säsong A är $+15^\circ\text{C}$.

$$E \text{ (smältugn)} = 1,3 \times 10^{-3} \times 19,4 \times (300-15) = 7,2 \text{ MW}$$

$$E \text{ (panncentral)} = 1,3 \times 10^{-3} \times 3,0 \times (200-15) = 0,7 \text{ MW}$$

$$E \text{ (totalt)} = 7,2 + 0,7 = 7,9 \text{ MW}$$

Acceptabelt markkoncentrationsbidrag erhålles med utgångspunkt från rökgasernas värmeeffekt E ur tabellerna 3 och 4, sid 12-13.

$$C_{\text{SO}_2} \quad \text{ca } 95 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$C_{\text{NO}_2} \quad \text{ca } 26 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Utsläppen i g/S (Q) erhålls ur angivna tekniska data.

	Smältugnen	Panncentralen	Summa
Q SO ₂	16,6 g/s	3,3 g/s	19,9 g/s
Q NO ₂	16,6 g/s	1,7 g/s	18,3 g/s

Vad gäller NO_x-emissionen kan anläggningen jämföras med en förbränningsanläggning vad avser utsläppets karaktär. Korrektionsfaktorn erhålles i tabell 5, sid 13 kolumn maj-augusti (säsong A). Genom linjär interpolation blir den 0,23. (Man vet rökgasernas värmeeffekt och ur tabell 4 erhålles då tillförd effekt i MW. Ur tabell 5 får man sedan korrektionsfaktorn).

Kvoten Q/C kan då bestämmas:

$$Q^C_{SO_2} = \frac{19,9}{95} = 0,209$$

$$Q^C_{NO_2} = \frac{18,3 \times 0,23}{26} = 0,162$$

Eftersom kvoten Q/C är störst för SO₂ är svavelutsläppen begränsande. Gå in i diagram la (sid 15) med E=7,9 och 1 000 Q/C = 209 och avläs H_{ref}, som blir ca 52 m.

För att avgöra om detta H_{ref}-värde behöver korrigeras för rökgasernas fiktiva värmeeffekt måste Froude-talet bestämmas.

$$Fr = 27,85 \times \frac{W^2}{\Delta T \times D_i}$$

Nedan görs denna beräkning enbart för smältugns gaserna eftersom värmeeffekten här är helt dominerande jämfört med värmeeffekten i panncentralens rökgaser. (Panncentralens ringa betydelse framgår om motsvarande beräkning görs för dessa rökgaser.)

D_i är inte givet men kan beräknas med utgångspunkt från förhållandet att rökgasflödet vid 300° dividerat med rökgashastigheten (w) är lika med skorstenens inre tvärsnittsytan vid utsläppet

$$\left(= \frac{\pi \times D_i^2}{4} \right)$$

Rökgasflödet vid 300° erhålls genom korrigering av V₀

$$= \frac{273+300}{273} \times V_0$$

Sålunda erhålls

$$\frac{573 \times V_0}{273 \times w} = \frac{\pi \times D_i^2}{4}$$

vilket ger

$$D_i = \sqrt{\frac{4 \times 19,4 \times 573}{273 \times 15 \times \pi}} = 1,9 \text{ m}$$

Froudetallet kan då beräknas enligt:

$$Fr = \frac{27,85 w^2}{D_i \times \Delta T} = \frac{27,85 \times 15^2}{1,9 \times 285} = 12$$

Fr är mindre än 50 och någon korrektion för rökgasernas fiktiva värmeeffekt behöver inte utföras. H_{ref} är således 52 m.

Beräkna skorstenstillägg enligt blockschema 2, 3 och 4 i avsnitt 3.2

Enligt Blockschema 2, sid 25 erhålles $\Delta H_{sd}=0$, eftersom $w > 12$ m/sek.

Tillägg pga terräng och bebyggelse (ΔH_{tb}) erhålls enligt blockschema 3 (sid 27).

$h_b (=10$ m) är mindre än $H_{ref} (=52$ m) vilket betyder att

$$\Delta H_b = 0,7 \times 10^2 / 52 = 1,3 \approx 1 \text{ m.}$$

$h_{ter} = 35 - 17 = 18$ m, dvs $h_{ter} < H_{ref}$ vilket ger

$$\Delta H_{ter} = 0,5 \times 18 = 9 \text{ m}$$

$$\Delta H_{tb} = \max (\Delta H_{ter} + \Delta H_b) = 9 + 1 = 10 \text{ m}$$

Tillägg pga nedsug kring näraliggande byggnader (ΔH_{bd}) fås sedan enligt blockschema 4 (sid 28).

$$h = 47 \text{ m} \text{ dvs större än } 0,4(H_{ref} + \Delta H_{tb}) = 0,4(52 + 10) = 25$$

Bestäm K_3 ur Diagram 3, genom att gå in med $h/(H_{ref} + \Delta H_{tb}) = 47/(52 + 10) = 0,76$ och $H_{ref} + \Delta H_{tb} = 62$; K_3 blir då ca 30.

Eftersom $Fr > 10$ och $h = 47$ ($H_{ref} + \Delta H_{tb}$), så skall ΔH_{bd} beräknas ur $\Delta H_{bd} = (1 - 4/Fr)K_3 = (1 - 4/12) \times 30 = 20$ m.

Skorstenens bygghöjd = $H_0 = 52 + 0 + 10 + 20 = 82$ m.

2. Kraftvärmeverk

Det maximala fjärrvärmebehovet är 42 MW och ett dieselkraftvärmeverk skall uppföras. Orten är belägen där dimensionerande utetemperatur är -20°C. Följande data gäller för dieselkraftvärmeverket som drivs med naturgas.

Max värmeeffekt	25 MW
Max eleffekt	12 MW
Max tillförd effekt	45 MW
NO _x -utsläpp	0,20 gram/MJ
Rökgasvolym	0,40 m ³ /MJ
Rökgastemp	50°C
Rökgashastighet vid full last	25 m/s
Skorstenens innerdiameter	0,9 m

Anläggningen avses att uppföras på ny plats i fjärrvärmesystemet. Pannhusbyggnaden blir 20 m hög. Terrängen i närområdet stiger till maximalt 100 m över skorstensfoten, men den högsta punkten med byggnader där människor varaktigt vistas ligger 70 m över skorstensfoten och är belägen 500 m från anläggningen. Bebyggelsen i denna punkt liksom i övrigt, utgörs av 10 m höga småhus. Eftersom bränslet är naturgas görs beräkningarna endast för kväveoxider.

Använd den fullständiga beräkningsgången på sid 7. Bestäm först den dimensionerande lasten. Enligt tabell 2 sid 9 är för värmeproducerande anläggningar effektbehovet i fjärrvärmesystemet 45 resp 75 procent av den maximala för säsongerna A resp B. Detta medför att effektbehovet i aktuellt fall uppgår till 19 resp 32 MW för säsongerna A resp B. Det innebär att dimensionerande last för kraftvärmeverket är

$$\frac{19 \times 45}{25} = 34 \text{ MW tillförd effekt}$$

under säsong A och

$$\frac{25 \times 45}{25} = 45 \text{ MW tillförd effekt under säsong B, dvs anläggningen}$$

går då med full effekt.

Säsong C (full effekt) behöver inte studeras då anläggningen går med full effekt under säsong B vilken då blir dimensionerande jämfört med säsong C.

Bestäm rökgasflöden, utsläpp av NO_x samt värmeeffekten i rökgaserna för de båda säsongerna A och B.

För säsong A erhålls utsläppet av NO_x i g/sek enligt: Tillförd effekt = 34 MW = 34 MJ/s. NO_x-utsläppet = 0,2 g/MJ vilket ger 34 x 0,2 = 6,8 g NO_x/s. Sålunda erhålls:

	Säsong A	Säsong B
Utsläpp av NO _x , Q	34x0,20=6,8 gram/s	45x0,20=9 gram/s
Rökgasflöde, V _o	34x0,4=13,6 m ³ /s	45x0,4=18 m ³ /s
Värmeeffekter i rökgasen E,	1,3x10 ⁻³ x13,6(50-15) = = 0,62 MW	1,3x10 ⁻³ x18x(50-8) = 0,98 MW

Acceptabelt markkoncentrationsbidrag C, erhålls i tabell 4, (sid 13). Det blir 27 µg/m³. (Anläggningens storlek = 45 MW).

Kvoten Q/C kan nu beräknas med kännedom om korrektionsfaktorn för NO_x-utsläpp. Den senare hämtas ur tabell 5 (sid 13) efter linjär interpolation. Den blir 0,29 för säsong A och 0,19 för säsong B.

Då blir	Säsong A	Säsong B
$\frac{1000 \cdot Q}{C}$	73	63

Bestäm H_{ref} enligt diagram 1 a och b. (Sid 15-16).

Den blir ca 55 m för säsong A och ca 36 m för säsong B.

Beräkna Froude-talet för de olika säsongerna enligt formeln

$$Fr = \frac{27,85 \cdot w^2}{\Delta T \cdot Di}$$

Rökhastigheten för säsong A blir $25 \times \frac{34}{45} = 19 \text{ m/s}$ och för säsong B

B 25 m/s

Froudetalet blir då

	Säsong A	Säsong B
Fr	319	460

Eftersom Fr är större än 50 måste rökgasernas fiktiva värmeeffekt beräknas enligt formeln på sid 14.

Den blir

	Säsong A	Säsong B
E'	0,82 MW	1,2 MW

Beräkna på nytt referenshöjden enligt diagram 1 a och b (sid 15-16)

Den blir

	Säsong A	Säsong B
H _{ref}	ca 53 m	ca 35 m

Skorstenens referenshöjd blir ca 53 m.

Beräkna skorstenstilläggen Δ^{Hsd} , Δ^{Htb} och Δ^{Hbd} enligt blockschema 2, 3 och 4.

Det förutsätts att rökgashastigheten är tillräckligt stor ($>8 \text{ m/sek}$, se anm, sid 25) så att $\Delta^{Hsd} = 0$.

Bestäm Δ^{Htb} enligt blockschema 3.

$$h_b = 10 \text{ m, varför } \Delta^{Hb} = 0,7 \times 100 / 53 = 1,3 \approx 1 \text{ m.}$$

$$h_{ter} = 70 \text{ m och } 1/2 H_{ref} = 26,5 \text{ m dvs } h_{ter} > 1/2 H_{ref}$$

På avståndet $x = 500$ är $(\Delta^{Hb} + 0,5 h_{ter})$ störst.

I uttrycket för Δh går man således in med $x=500$. Vidare är $\Delta T=50$ och $V_0=13,6$, eftersom vi tidigare fann att säsong A är bestämmande.

$$\Delta h = 0,072 \cdot (\Delta T \cdot V_0)^{1/3} \cdot x^{2/3} = 0,072 \cdot (35 \cdot 13,6)^{1/3} \cdot 500^{2/3} = 35 \text{ m.}$$

Beräkna h_x . Vi finner att $h_x = H_{ref} + \Delta h + \Delta^{Hb} + 0,5 h_{ter} = 53 + 35 + 1 + 35 = 124 \text{ m.}$

Beräkna Δ^H_{ter} . Vi finner att $h_x > h_{ter} > h_x/2$, varför
 $\Delta^H_{ter} = h_x(0,8h_{ter}/h_x - 0,15) = 37$ m.

Beräkna Δ^H_{tb} . Vi finner att $H_{tb} = \max(\Delta^H_{ter} + \Delta^H_b) = 37 + 1 = 38$ m

Bestäm Δ^H_{bd} enligt Blockschema 4.

$h = 20$ och uttrycket $0,4(H_{ref} + \Delta^H_{tb}) = 0,4(53 + 38) = 36$, vilket betyder att
 $\Delta^H_{bd} = 0$.

Skorstenens bygghöjd (H_0) blir således enligt sid 30:

$$H_0 = H_{ref} + \Delta^H_{sd} + \Delta^H_{tb} + \Delta^H_{bd} = 53 + 0 + 38 + 0 = 91 \text{ m}$$

3. Fjärrvärmeverk

Ett nytt fjärrvärmeverk skall uppföras. Det kommer att bestå av följande enheter.

2 oljeeldade pannor om 2x15 MW tillförd effekt
1 träbränsleeldad panna om 30 MW tillförd effekt

Anläggningen är belägen i norra Sverige.

Pannhusbyggnaden blir 14 m hög. I övrigt finns inga hus inom 800 m utan endast en höjdplåtå med nivån 5 m ovan skorstensfoten.

Använd den förenklade beräkningsgången, sid 18.

Utsläppen från anläggningen beräknas maximalt uppgå till

	S gram/MJ	NO _x , som NO ₂ gram/MJ
Olja	0,15	0,15
Träbränsle	0,02	0,10

Den maximalt tillförda effekten i fjärrvärmesystemet är 45 MW. 1 oljepanna står som reserv.

Gå in i figur 4, Norra Sverige (sid 21)

H_{ref} för olja som bränsle blir ca 37 m

H_{ref} för ved som bränsle blir ca 15 m.

Gå in i figur 5 (sid 22).

H_{ref} för olja som bränsle blir ca 23 m

H_{ref} för ved som bränsle blir ca 18 m

Referenshöjden blir således 37 m

Beräkna skorstenstilläggen Δ^{Hsd} , Δ^{Htb} och Δ^{Hbd} enligt blockschema 2, 3 och 4.

Blockschema 2:

För konventionella anläggningar kan man anta att $w > 12$ m/s, så att $\Delta^{Hsd} = 0$.

Bestäm Δ^{Htb} enligt blockschema 3.

$h_b = 0$, varför $\Delta^{Hb} = 0$.

$h_{ter} = 5 < 0,5 H_{ref} = 18,5$ m, varför $\Delta^{H_{ter}} = 0,5 h_{ter} = 2,5$ ca 3 m.

$\Delta^{Htb} = \max(\Delta^{H_{ter}} + \Delta^{Hb}) = 3$ m.

Bestäm Δ^{Hbd} enl Blockschema 4, sid 28:

$h = 14 < 0,4(H_{ref} + \Delta^{Htb}) = 0,4(37 + 3) = 16$, varför $\Delta^{Hbd} = 0$.

Skorstenens bygghöjd = $37 + 3 = 40$ m.

5. REFERENS- OCH LITTERATURLISTA

1. Omarbetning av SNV:s regler för bestämning av erforderlig skorstenshöjd SMHI oktober 1980
2. SNV:s regler för bestämning av erforderlig skorstenshöjd. SMHI rapport 1982:5
3. Erforderlig skorstenshöjd med avseende på utsläpp av NO₂, SO₂ och stoft. SMHI rapport 1983:47
4. An Operational Air Pollution Model Using Routine Meteorological Data. SMHI FMK 40.
5. Beräkningsresultat för SMHI:s nya operativa luftföroreningsmodell SMHI i brev 1984-12-10
6. Arbetarskyddsstyrelsens gränsvärdeslista
7. Turner, Bruce. Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates. EPA 1970
8. The Danish Gaussian Air Pollution Model (OML): Description, Test and Sensitivity. Analysis in View of Regulatory Applications
Danish Air Pollution Laboratory Roskilde
9. Bilavgaser i gatumiljö SNV PM 891
10. Beräkningsmodell för bilavgaser SNV PM 1982-02-12
11. Bilar och renare luft SOU 1983:27
12. Trafikreglerade luftföroreningar SNV PM 1627
13. Luftföroreningar i Uppsala SNV PM 1730
14. Hälsoeffekter av svaveldioxid och partiklar i omgivningsluft SNV PM 1656
15. Lindvall, Thomas. Health Effects of Nitrogen Dioxide and Oxidants. Statens miljömedicinska Laboratorium, Kommer att publiceras
16. Statistics of Two Coal Fired Boilers
Kol-Hälsa-Miljö. KHM TR 53
17. Atmosfärisk plymmodell - speciellt kväveoxider
Kol-Hälsa-Miljö KHM TR 74
18. Luftkvalitetsberäkningar i tätorter vid eldning av kol, torv och ved
Kol-Hälsa-Miljö KHM TR 75

LUFTKVALITET – MARKKONCENTRATIONS- BIDRAG FRÅN ENSKILDA ANLÄGGNINGAR

1. Svavel- och kväveoxider

Naturvårdsverket har utarbetat ett förslag till nya riktvärden för luftkvalitet. De värden som varit utgångspunkt för bedömning av erforderlig skorstenhöjd anges nedan.

Ämne	Riktvärde	Medelvärdetid	Anmärkning
Kvävedioxid (NO ₂)	110 µg/m ³	1 timme	98-percentil för halvår
Svaveldioxid (SO ₂)	200 µg/m ³	1 timme	98-percentil för halvår

Den spridningsmodell som SMHI använt anger halter i form av 99-percentiler under en månad, dvs 1% av alla timvärden (under en månad) är högre än angivet värde. Med utgångspunkt från mätstatistik och beräkningar kan man ange 99-percentilvärden för månad som motsvarar ovan angivna riktvärden baserade på 98-percentilvärden för halvår;

NO₂ 130 µg/m³; 99-percentilen av timmedelvärdena under en månad.
SO₂ 230 µg/m³; 99-percentilen av timmedelvärdena under en månad

Bidrag från alla källor till utsläpp av SO₂ och NO_x skall inrymmas i dessa värden. En enskild punktkälla får därför inte ta hela föroreningsutrymmet i anspråk.

En punktkällas acceptabla bidrag till den rådande luftkvaliteten bestäms av storleken på anläggningen och hur stort utrymme som redan är ianspråktaget av andra källor. Ju större anläggningen är, desto större område i närheten av källan utsätts för höga halter. Sannolikheten för sammanlagring med andra källor ökar därför ju större anläggningen är.

Som exempel på detta kan man ange utsträckningen i vindens riktning av det område inom vilket halten är större än halva maxhalten för tre olika stora anläggningar men där skorstenshöjden är vald så att maxhalten är approximativt lika för alla tre anläggningarna.

Anläggnings- större storlek	Skorstenshöjd m	Område där halten är än hälften av det maximala m
MW		
1	20	100-600
10	40	500-3000
100	80	1300-7800

Eftersom bredden (räknat vinkelrätt mot vindriktningen, i markplanet) av området med en halt större än halva den maximala i stort sett är oberoende av anläggningsstorleken när den maximala halten är given så innebär ovanstående att detta område är ca 13 ggr större i fallet 100 MW jämfört med 1 MW-fallet, trots att den maximala halten är lika.

Det är därför rimligt att ett mindre bidrag tillåts ju större anläggningen är. Detta överensstämmer också med miljöskyddslagens principer. För en stor anläggning är de tekniskt-ekonomiska förutsättningarna större att bära miljövårdskostnader jämfört med en mindre anläggning.

För att kunna fastlägga vilket analytiskt samband som skall råda mellan acceptabelt bidrag och storlek på anläggningen har förfarits på följande sätt.

Av räkneexemplet ovan finner man att ökningen av storleken på den yta där halten är större än hälften av den maximala är ungefär lika stor mellan 1 och 10 MW som mellan 10 och 100 MW. Det är därför rimligt med en logaritmisk interpolationsformel, dvs

$$C_n = \frac{C_1}{1 + L^{10} \log QE} \quad (1)$$

QE är anläggningens tillförda effekt i MW och L en konstant.

C_n = acceptabelt markkoncentrationsbidrag för anläggningar $n=1-250$ MW

C_1 = acceptabelt markkoncentrationsbidrag för anläggningar ≤ 1 MW

Formeln anses gälla för anläggningar upp till 250 MW. För anläggningar större än 1000 MW har ett konstant markkoncentrationsbidrag använts och för intervallet 250-1000 MW erhålls värdena genom interpolation.

Svaveldioxid

För svaveldioxid är riktvärdet som 99,9 percentil $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Markkoncentrationsbidraget C_n uttryckt som 99-percentil erhålles då enligt formeln.

$b + 1,5C_n + C_o = 350$ (2) där b är basbidraget från ytkällor och C_o den marginal man vill ha för bidrag från andra punktkällor. (99-percentiler).

Basbidraget från ytkällor, dvs trafik och individuell värmeförsörjning varierar från ort till ort. Det existerar emellertid inget entydigt samband mellan ortsstorlek och förekommande halter av SO_2 . Graden av fjärrvärmeanslutning är t ex en viktig faktor liksom klimatförhållanden. Trenden i Sverige går mot centraliserad värmeförsörjning samtidigt som utsläppen av SO_2 begränsas av försurningsskäl. Basbidraget b har därför behandlats schablonmässigt. Bidraget kan uppskattas till $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

För mycket små anläggningar (< 1 MW) är det rimligt att godta att anläggningen får ta upp ett förhållandevis stort utrymme av riktvärdet. Å andra sidan måste det alltid finnas kvar utrymme för andra punktkällor inom påverkansområdet. För de minsta anläggningarna (< 1 MW) har antagits att utrymmet från övriga punktkällor (C_o) uppgår till $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Bidraget från små anläggningar < 1 MW (C_1) blir då enligt formeln (2) $175 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som 99 percentil av timvärdena under en månad. Detta innebär att anläggningen tar i anspråk 75% av riktvärdesutrymmet.

För större anläggningar är det rimligt att ha en betydligt större marginal för bidrag från andra punktkällor. Det finns också andra skäl utöver att påverkansområdet blir större för dessa anläggningar. Dessa är ofta försedda med någon typ av reningsutrustning för svavel vars tillgänglighet sällan är 100%. Man måste också beakta att vid prövningen enligt ML uttrycks kraven på svavelutsläpp i allmänhet som medelvärde under ett år. Avvikelser från årsmedelvärdet uppåt och nedåt kan därför ske regelmässigt under drifttiden beroende på bränslekvalitå och reningsutrustningens drift-egenskaper. För en 250 MW anläggning har antagits att utrymmet för övriga punktkällor, inkl driftstörningar, är $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Detta ger enligt formeln (2) ett acceptabelt bidrag, C_{250} på 90) $\mu\text{g}/\text{m}^3$, som 99 percentil av timvärden under en månad, vilket utgör ca 40% av riktvärdesutrymmet.

Konstanten alg kan nu beräknas enligt ekv 1.

$$C_{250} = \frac{C_1}{1+L \log 250} \text{ dvs } 90 = \frac{175}{1+L \log 250} \text{ vilket ger } L = 0,39$$

Värden på C för mellanliggande anläggningsstorlekar på anläggningen kan därmed beräknas.

Kvävedioxid

För kvävedioxid gäller att de högsta värdena uppträder i gatumiljön, vilket har sin förklaring i att fordonstrafiken utgör den viktigaste föroreningskällan. Föroreningsnivån i gatumiljön bestäms dock inte enbart av de föroreningar som emitteras i de aktuella gatuavsnitten utan utgör summan av vad som transporteras in till gatan och vad som emitteras där.

Mätningar av luftkvalitån med avseende på kvävedioxid har utförts i ett flertal svenska tätorter. Dessa mätningar har visat att de högsta timmedelvärdena uppkommer under rusningstrafik morgon och kväll samt under perioder med låg vindhastighet och stagnanta förhållanden. Vid dessa tillfällen är trafikens bidrag till halterna dominerande. Denna meteorologiska situation förekommer främst vintertid under natten och morgonen. Inom delar av Sverige är det vanligt att inversionen kan bli kvar även under dagen.

De högsta bidragen från en punktkälla erhålls då vertikalkräver underlättas i atmosfären, dvs vid instabil skiktning. Vid dessa tillfällen kan rökgasplymen bringas ned till markytan nära källan. Utspädningen har då inte hunnit bli så stor. Denna typ av meteorologisk situation förekommer främst på dagen under våren och sommaren. I samband med att en inversion bryts upp kan också rökgasplymerna slå ner till marken, varvid höga halter kan förekomma.

Av ovanstående resonemang framgår att de högsta hattbidragen från trafik och punktkällan inte kan adderas, eftersom de inte uppträder samtidigt. Enskilda källors bidrag till NO₂-halten beror på rådande meteorologiska situationer och emissionsstrukturen i tätorter. Således varierar bidragen timme för timme.

Att i varje enskilt fall beräkna acceptabelt markkoncentrationsbidrag för en punktkälla så att inte riktvärdet överskrids, skulle kräva omfattande meteorologiska beräkningar och utredningar. Det är därför rimligt att för mindre och medelstora anläggningar fastställa schablonvärden.

En beräkning har utförts av vilka kvävedioxidhalter som kan uppträda i gatunivå under en meteorologisk situation då en punktkällas bidrag till luftföroreningsnivån är som högst. Stanfordmodellen har använts för att fastställa gatans bidrag till halterna. Som en typisk vindhastighet vid instabil skiktning har ansatts 3 m/s, vilket är vanligt förekommande för denna typ av meteorologisk situation. För beräkning av den lokala bakgrunden, dvs föroreningar som transporterats in till gatan från övriga källor i tätorten har använts uppgifter ur SNV:s beräkningsmodell för bilavgaser, korrigerad för spridningsförhållanden som gäller vid instabil skiktning enligt Turner 1970.

Beräkningarna är givetvis känsliga för den aktuella trafikmiljön. För en typisk innerstadsgata eller genomfartsled med relativt stor trafikbelastning erhåller man värdet 90 µg/m³ som timmedelvärde för ett fall med gynnsam ventilation. Vi antar detta värde för basbidraget, b, i nedanstående uttryck för markkoncentrations-

bidraget, C_n uttryckt som 99-percentil. Riktvärdet för NO_2 är $190 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som 99,9 percentil.

$$b + 1,5 \times C_n + C_o = 190 \quad (3)$$

At där C_o är den marginal man vill ha för bidrag från övriga källor. Här har antagits $C_o = 45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för de minsta anläggningarna (<1MW) och $C_o = 60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för anläggningar med effekten 250 MW. Man får då enligt formeln (3) $C_1 = 35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och $C_{250} = 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Värdet på α blir då 0.17 enligt formeln (1). Värdena på C för mellanliggande anläggningsstorlekar kan därmed beräknas.

En särskild spridningsmeteorologisk studie bör företas om anläggningen är belägen nära trafikleder med mycket hög trafik, dvs där kvävedioxidhalten ligger nära eller överskrider riktvärdet.

2. Andra luftföroreningar

I det praktiska luftvårdsarbetet finns också behov av att dimensionera skorstenhöjd med hänsyn till utsläpp av andra luftföroreningar är svavel- och kväveoxider.

För att kunna fastställa acceptabelt markkoncentrationsbidrag kan man utgå ifrån av de yrkeshygieniska gränsvärden som arbetarskyddsstyrelsen utfärdat. Dåvarande Statens miljömedicinska laboratorium nuvarande Institutet för miljömedicin har dessutom gett ut bedömningsgrunder för xylen, toluen, styren, formaldehyd och diisocyanater m fl ämnen i den yttre miljön. Världshälsoorganisationen har också nyligen givit ut rekommendationer för ett flertal ämnen.

De yrkeshygieniska gränsvärdena syftar främst till att förhindra att vuxna och friska personer inte utsätts för luftförorening i skadlig eller besvärande halt. När det gäller riktvärden för luftkvalitet i den yttre miljön avser dessa också att skydda den känsligaste delen av befolkningen, dvs astmatiker, barn, sjuka eller äldre personer. De yrkeshygieniska gränsvärdena är också fastställda med hänsyn till tekniska och ekonomiska faktorer. För att

kunna tillämpa de yrkeshygieniska gränsvärdena i den yttre miljön måste därför kontakt tas med medicinsk expertis.

Ett ytterligare problem i detta sammanhang är att de yrkeshygieniska gränsvärdena inte avser timmedelvärden och inte har samma överskridandefrekvens som denna beräkningsmetod för att fastställa skorstenhöjder baserar sig på. Det är därför i allmänhet svårt att använda dessa gränsvärden.