

## Föroreningar i inomhusluft

# Hälsorisker till följd av luftburna föroreningar

Medvetenheten om miljöns betydelse för hälsan kan återföras på vår kunskap om människoartens utveckling. Den har pågått i miljoner år och allt tyder på att två krafter – båda beroende av faktorer i omgivningen – därvid varit av betydelse, nämligen

□ **Mutationstrycket** som förändrar de molekylstrukturer som bär det genetiska arvet från generation till generation. Förutom de inre spontana mutationerna svarar radioaktiv strålning och mutagena kemiska substanser för den totala mutationsfrekvensen.

□ **Selektionstrycket** som medför att individer som är mindre motståndskraftiga och anpassbara i den befintliga miljön slås ut. Det är huvudsakligen faktorer i omgivningen som svarar för selektionen.

Medan mutationerna skapar förutsättningar för en ständig föränderlighet av arvsmassan gynnar selektionen individer som är maximalt anpassade i miljön.

### Effekter av miljöförändringar

Biologiska organismer karakteriseras av att de oavsett art och utvecklingsgrad uppvisar en stor individuell variation. Denna är genetiskt betingad och medför just genom selektionstrycket betydande möjligheter till anpassning av arten i händelse av förändringar i miljön. Vid en specifik ökning av selektionstrycket, t ex genom tillkomsten av nya kemiska faktorer i omgivningen eller genom ändrade fysikaliska förhållanden, premieras i den fortsatta utvecklingen de varianter inom arten som är minst känsliga för dessa förändringar. Denna process går

**Förbränning av fossilt bränsle åstadkommer emissioner i gas- och partikelform som kan ge upphov till skador på luftvägarna – vävnadsskador, funktionsnedsättning eller lungcancer. Men än större risker ger rökning och bilavgaser. Detta konstaterar professor Maths Berlin och docent Rune Cederlöf i rapporten "Hälsoeffekter av energiproduktion i Sverige" utförd vid Statens naturvårdsverks omgivningshygieniska avdelning på uppdrag av Energi- och Miljökommittén. Rapporten, som sammanfattas här, behandlar också hälsoriskerna till följd av radonutströmning i bostäder.**

hastigt hos enkla organismer med snabba generationsväxlingar. Hos mera utvecklade arter med lång livstid är processen mycket långsammare.

Jordens historia berättar om åtskilliga utdöda arter som alla försvunnit genom att miljöförändringar inträffat som varit större än vad arterna kunnat anpassa sig till. I ett mer kortsiktigt perspektiv – en till två generationer –

innebär ett ökat mutationstryck för människorna att fler missbildade individer föds. Ett ökat selektionstryck medför att de individer som är särskilt känsliga för den faktor som svarar för ökningen får en förkortad livstid eller nedsatt hälsa – och därmed också en försämrad livskvalitet. Hur många individer som drabbas beror på selektionstrycksökningens storlek, eller med andra ord dosen av den faktor som ökar.

Sambandet mellan dosen och antalet drabbade individer brukar kallas *dos-responsförhållande* och uttrycks grafiskt i en dos-responskurva. Hos den enskilde individen bestämmer *dosen* storleken av *effekt*. Det sk *dos-effektsambandet* som illustreras med en dos-effektkurva. Effekten kan variera alltifrån en odefinierad förkortning av livstiden, försämring av hälsotillståndet och ända till svår invaliditet. I en population i en man dock inte identifiera särskilda generellt svaga individer som kommer att skadas, utan varje individ oavsett hur välutrustad han än är kan ha sina svaga punkter. Det är typen av miljöfaktor som avgör vilka individer som först drabbas.

Individ och samhälle tenderar att sträva efter att neutralisera eller mot-

Tabell 1. Komponenter i luftföroreningar från fossilt bränsle och förväntade hälsoeffekter från dessa.

Komponenter	Effekter vid toxisk dos
SO <sub>2</sub>	Irritation av slemhinnor i luftvägarna, bronkokonstriktion.
Sotpartiklar	Bärare av toxiska gaser och vätskor. Irritation och skador på depositionsstället.
NO <sub>x</sub> (NO, NO <sub>2</sub> , mfl)	Skador på lungvävnaden, ökad infektionskänslighet.
O <sub>3</sub>	Hämmar syretransporten i blodet.
CO	Hämmar syretransporten i blodet.
Metaller (Hg, Pb, Cd, Cr mfl)	Skador på organ, såsom hjärna, njurar m m, allergiska reaktioner.
Aldehyder	Irritation av slemhinnor i luftvägarna, bronkokonstriktion.

Tabell 4. Totala och procentuella antalet förlorade år 1974, på grund av dödlighet i olika sjukdomar, upp till olika teoretiska livslängder.

Källor: Bearbetning av Statistiska Centralbyrån, SOS, Dödsorsaker 1974, Stockholm 1976 b (citerad från Carlsson et al, skall publiceras).

Sjukdom		Förlorade år upp till 65 år		Förlorade år upp till 75 år	
		Antal förlorade år	Procent av totala förlorade år	Antal förlorade år	Procent av totala förlorade år
Infektionssjukdomar och parasitära sjukd.	M	2417,5	1,2	4242,5	1,1
	K	7152,5	1,9	3415,0	1,5
Tumörer	M	30230,0	14,7	74555,0	18,7
	K	32732,5	28,3	74060,0	32,8
Endokrina systemets sjukd., Jamesons sjukd., nutritionsbrist	M	4450,0	2,2	7895,0	2,0
	K	3382,5	2,9	6530,0	2,9
Blodbildande organens och blodets sjukdomar	M	365,0	0,2	580,0	0,1
	K	240,0	0,2	407,5	0,2
Mentala rubbningar	M	2735,0	1,3	4717,5	1,2
	K	532,5	0,5	977,5	0,4
Nervsystemets och sinnesorganens sjukd.	M	5405,0	2,6	8515,0	2,1
	K	3550,0	3,1	5822,5	2,6
Cirkulationsorganens sjukdomar	M	38617,5	18,8	121652,5	30,5
	K	12995,0	11,2	47912,5	21,2
Andningsorganens sjukd.	M	5245,0	2,6	11582,5	2,9
	K	3320,0	2,9	6730,0	3,0
Matsmältningsorganens sjukdomar	M	9267,5	4,5	19062,5	4,8
	K	3730,0	3,2	7945,0	3,5
Urogenitalorganens sjukd.	M	1237,5	0,6	3402,5	0,9
	K	1400,0	1,2	2897,5	1,3
Komplikationer vid graviditet, förlossning m.m.	M	-	-	-	-
	K	295,0	0,3	375,0	0,2
Hudens och underhudens sjukdomar	M	70,0	0,0	77,5	0,0
	K	50,0	0,0	70,0	0,0
Sjukdomar i muskuloskeletala systemet och i bindväven	M	405,0	0,2	990,0	0,2
	K	1147,5	1,0	2620,0	1,2
Medfödda missbildningar	M	15220,0	7,4	18132,5	4,5
	K	11322,5	10,0	13740,0	6,1
Perinatal dödlighet	M	19812,5	9,7	22982,5	5,8
	K	14625,0	12,6	16965,0	7,5
Symtom och ofullständigt preciserade fall	M	2252,5	1,1	3175,0	0,8
	K	1725,0	1,5	2182,5	1,0
Skador genom yttre våld och förgiftning	M	67425,0	32,9	97730,0	24,5
	K	22222,5	19,2	32952,5	14,6
Samtliga sjukdomar	M	205105,0		399292,5	
	K	115632,5		225602,5	

ökad dödlighet och sjuklighet till följd av kroniska luftvägsbesvär samt vidare en ökad risk för lungcancer. Här till kommer att man kan befara skador på organ som njurar och hjärna till följd av ökad belastning av tungmetaller såsom kvicksilver, kadmium och bly.

Ett stort antal substanser i luftföroreningar har identifierats som mutagen. Det kan inte uteslutas att några av dessa kan nå könskörtlarna och ge upphov till mutationer med effekt på kommande generationer. Det kan också antas att det sjukdomspanorama vi idag kan iaktta, Tabell 4 och

5, i väsentlig grad är ett resultat av miljöpåverkan under den föregående 20-30-årsperioden. Effekten av dagens exponering kommer därför inte helt till synes förrän successivt under den närmaste 10-20-årsperioden.

### Luftföroreningar och luftvägssjukdomar

Den kvantitativt största observerade hälsoeffekten som skulle kunna relateras till luftföroreningar utgörs av ökningen i dödlighet och sjuklighet i

Tabell 5. Antal sjukskrivningsfall per 100 kassamedlemmar i olika diagnoser 1966 och 1977.

Källa: Riksförsäkringsverket 1968 och 1974 (citerad från Carlsson et al, skall publiceras).

Sjukdom	Sjukskrivning totalt				Sjukskrivning per kön			
	1966		1977		1966		1977	
	Män	Kvinnor	Män	Kvinnor	Män	Kvinnor	Män	Kvinnor
Infektionssjukdomar och parasitära sjukdomar	1,3	0,3	1,4	0,7	1,0	1,5	1,2	1,6
Tumörer	0,3	0,3	0,9	0,7	0,3	0,3	0,9	0,7
Endokrina systemets sjukd., Jamesons sjukd., nutritionsbrist	0,8	0,3	1,0	0,5	0,6	0,2	0,9	0,4
Blodbildande organens och blodets sjukdomar	0,1	0,1	0,9	0,6	0,1	0,1	0,8	0,5
Mentala rubbningar	3,1	4,0	3,4	4,0	2,8	3,3	3,2	3,4
Nervsystemets och sinnesorganens sjukd.	2,1	2,5	1,9	2,7	1,6	1,4	1,4	1,3
Cirkulationsorganens sjukdomar	2,3	2,5	2,7	2,6	2,0	2,0	2,5	2,1
Andningsorganens sjukdomar	27,7	47,6	20,5	51,1	10,7	8,0	12,5	9,9
Matsmältningsorganens sjukdomar	8,0	11,0	6,0	7,6	4,9	4,4	3,6	2,9
Urogenitalorganens sjukdomar	1,5	1,8	6,8	7,1	1,1	1,0	5,7	4,8
Komplikationer vid graviditet, förlossning m.m.	-	-	1,6	1,5	-	-	1,4	1,2
Hudens och underhudens sjukdomar	1,4	1,6	1,2	1,5	1,0	0,9	1,0	0,8
Sjukdomar i muskuloskeletala systemet och i bindväven	8,6	13,0	5,4	8,2	7,2	7,2	4,7	5,1
Medfödda missbildningar	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Symtom och ofullständigt preciserade fall	7,1	6,2	7,1	7,0	3,5	1,8	3,9	2,2
Skador genom yttre våld och förgiftning	12,0	12,6	5,0	5,3	8,9	6,7	4,0	3,1
Samtliga diagnoser	72,3	110,2	73,9	107,9	45,7	38,9	47,7	40,1

luftvägssjukdomar. Denna effekt dominerar såväl vad avser förlorad livstid som sänkt livskvalitet i form av sjukdagar, sänkt funktion och kostnader för vårddagar. Ökningen kan tänkas ha samband med den ökade tobaks- och alkoholkonsumtionen, en mera höggradig exposition för miljögifter inom yrkeslivet eller med ökade luftföroreningar.

Det är väl belagt att rökning ger upphov till kronisk bronkit och därför är det mest rimligt att anta att den fördubblade tobakskonsumtionen under de senaste decennierna svarar för

Tabell 2. Förväntade hälsoeffekter av SO<sub>2</sub> + sotpartiklar från luftföroreningar i relation till årsmedelvärdet av immisionsdos.  
Källa: WHO (skall publiceras). Tabellen modifierad efter SOU 1977:68.

Förväntade effekter	Koncentration ug/m <sup>3</sup>		
	SO <sub>2</sub> <sup>1)</sup>	Sot <sup>2)</sup>	Svävande stoft <sup>2)</sup> totalt
<b>Korttidsexponering</b>			
Ökad dödlighet bland äldre och kroniskt sjuka	500	500	
Försämring av tillståndet hos patienter med luftvägssjukdomar	250	250	
<b>Långtidsexponering</b>			
Ökade luftvägssymptom i stickprov från den allmänna befolkningen (vuxna och barn) och ökad förekomst av luftvägssjukdomar bland barn.	100	100	150

- 1) Koncentrationerna av svaveldioxid och sot är uppmätta enligt OECD eller "British daily smoke/SO<sub>2</sub>-metoden" (OECD, 1964; Ministry of Technology, U.K., 1966). De angivna värdena kan behöva justeras för att bli jämförbara med mätningar utförda med andra metoder.  
2) Värdena för totalt svävande stoft avser mätning med "high volume sampler". Värdena är här enbart preliminära, eftersom de är grundade på begränsad information.

verka effekterna av selektions- och mutationstrycket genom sociala och sjukvårdande åtgärder. Detta innebär att en ökning av skadliga faktorer regelmässigt medför ett ökat ekonomiskt tryck på samhället för sjukvårdande och sociala insatser.

## Förändringar i den kemiska miljön

Människans kemiska miljö har förändrats mycket snabbt under de senaste 30 åren i i-länderna, dels beroende på att stora mängder fossilt bränsle utnyttjats i motorfordon och kraftverk med åtföljande emissioner av en mängd substanser, dels till följd av att nya kemiska ämnen kommit in i den dagliga hanteringen, t ex tvättmedel, tillsatsmedel till födan och bekämpningsmedel. Därtill kommer att nya läkemedel i stor utsträckning används som lugnande medel, sömnmedel m m. Vidare har den kemiska industrins kraftiga expansion inneburit att uppemot 1000-talet nya ämnen årligen introduceras på världsmarknaden, vilket bl a medfört att risken att yrkesmässigt utsättas för kemiska miljöfaktorer starkt tilltagit.

Således har selektionstrycket inom den kemiska miljösektorn ändrats kraftigt och sannolikt ökat. Hälsoeffekterna som kan förväntas till följd av detta är främst ett ökat antal toxiska organskador med åtföljande akuta eller kroniska sjukdomstillstånd. Skadans omfattning är beroende av dosen och exponeringstiden.

En ökning av mutationstrycket kan också förväntas till följd av förändringarna i den kemiska miljön. Varje påverkan av ett mutagen ämne innebär en sannolikhet för att en skada ska uppstå på cellens genetiska material och varje påverkan adderar till den tidigare och ökar sannolikheten för skada. De mutagena effekterna kan träffa könscellerna och visa sig som skador i nästkommande generationer, t ex i form av missbildningar. De kan också träffa de sk som somatiska cellerna som inte medverkar i fortplantningen och resultatet kan då bli att dessa celler dör och avstöts eller ökar sin tillväxthastighet obehindrat och bildar olika former av tumörer, t ex cancer. Dessa konsekvenser uppträder ofta inte förrän långt efter själva exponeringen - när det gäller cancer kan det dröja 5 - 40 år innan sjukdomen yppar sig.

Tabell 3. Förväntade hälsoeffekter av kvävedioxid, NO<sub>2</sub>, i luftföroreningar.  
Källa: WHO (skall publiceras)

Effekter	Koncentration
<b>Av korttidsexponering</b>	
Dodligt lungödem	550-950 mg/m <sup>3</sup>
Bestående lungskada	275-375 mg/m <sup>3</sup>
Bronkit eller bronkopneumoni	50-150 mg/m <sup>3</sup>
Bronkokonstriktion och ökat andningsmotstånd	1.3-3.8 mg/m <sup>3</sup>
Ökad bronkokonstriktion hos astmatiker	0.2-0.4 mg/m <sup>3</sup>
<b>Av långtidsexponering</b>	
Ökad risk för luftvägsinfektioner och kronisk lungskada	1 mg/m <sup>3</sup> timmedelvarde

Även när det gäller de toxiska effekterna av kemiska substanser ser man ofta inte de kliniska följderna förrän efter lång tids exponering. Inom arbetslivet är det vanligt att skador inte uppträder förrän 10-15 år efter den dagliga exponeringen.

## Hälsoeffekter av luftföroreningar

Effekten av luftföroreningar från fossila bränslen och motoravgaser kan jämföras med situationen för rökare. Cigarettröken innehåller de flesta kemiska föroreningar som återfinns i samband med förbränning av fossilt bränsle, fastän naturligtvis i andra proportioner.

Tabellerna 1, 2 och 3 ger en översikt över de viktigaste kända kemiska föroreningarna i luftföroreningar till följd av förbränning av fossilt bränsle samt deras huvudsakliga hälsoeffekter.

Med utgångspunkt från erfarenheten från rökarna och vad som är känt från undersökningar över toxiteten i luftföroreningar från förbränning av fossilt bränsle kan man förvänta att en ökning av dessa typer av luftföroreningar skulle medföra en ökad frekvens av angrepp på luftvägarna, en

Tabell 2. Förväntade hälsoeffekter av SO<sub>2</sub> - sotpartiklar från luftföroreningar i relation till årsmedelvärde av immisionsdos.

Källa: WHO (skall publiceras). Tabellen modifierad efter SOU 1977:68.

Förväntade effekter	Koncentration ug/m <sup>3</sup>		
	SO <sub>2</sub> <sup>1)</sup>	Sot <sup>2)</sup>	Svävande stoff <sup>2)</sup> totalt
<b>Korttidsexponering</b>			
Ökad dödlighet bland äldre och kroniskt sjuka	500	500	
Försämring av tillståndet hos patienter med luftvägssjukdomar	250	250	
<b>Långtidsexponering</b>			
Ökade luftvägssymptom i stickprov från den allmänna befolkningen (vuxna och barn) och ökad förekomst av luftvägssjukdomar bland barn.	100	100	150

1) Koncentrationerna av svaveldioxid och sot är uppmätta enligt OECD eller "British daily smoke/SO<sub>2</sub>-metoden" (OECD, 1964; Ministry of Technology, U.K., 1966). De angivna värdena kan behöva justeras för att bli jämförbara med mätningar utförda med andra metoder.

2) Värdena för totalt svävande stoff avser mätning med "high volume sampler". Värdena är här enbart preliminära, eftersom de är grundade på begränsad information.

verka effekterna av selektions- och mutationstrycket genom sociala och sjukvårdande åtgärder. Detta innebär att en ökning av skadliga faktorer regelmässigt medför ett ökat ekonomiskt tryck på samhället för sjukvårdande och sociala insatser.

## Förändringar i den kemiska miljön

Människans kemiska miljö har förändrats mycket snabbt under de senaste 30 åren i i-länderna, dels beroende på att stora mängder fossilt bränsle utnyttjats i motorfordon och kraftverk med åtföljande emissioner av en mängd substanser, dels till följd av att nya kemiska ämnen kommit in i den dagliga hanteringen, t ex tvättmedel, tillsatsmedel till födan och bekämpningsmedel. Därtill kommer att nya läkemedel i stor utsträckning används som lugnande medel, sömnmedel m m. Vidare har den kemiska industrins kraftiga expansion inneburit att uppemot 1000-talet nya ämnen årligen introduceras på världsmarknaden, vilket bl a medfört att risken att yrkesmässigt utsättas för kemiska miljöfaktorer starkt tilltagit.

Således har selektionstrycket inom den kemiska miljösektorn ändrats kraftigt och sannolikt ökat. Hälsoeffekterna som kan förväntas till följd av detta är främst ett ökat antal toxiska organskador med åtföljande akuta eller kroniska sjukdomstillstånd. Skadans omfattning är beroende av dosen och exponeringstiden.

En ökning av mutationstrycket kan också förväntas till följd av förändringarna i den kemiska miljön. Varje påverkan av ett mutagen ämne innebär en sannolikhet för att en skada ska uppstå på cellens genetiska material och varje påverkan adderar till den tidigare och ökar sannolikheten för skada. De mutagena effekterna kan träffa könscellerna och visa sig som skador i nästkommande generationer, t ex i form av missbildningar. De kan också träffa de sk somatiska cellerna som inte medverkar i fortplantningen och resultatet kan då bli att dessa celler dör och avstöts eller ökar sin tillväxthastighet obehindrat och bildar olika former av tumörer, t ex cancer. Dessa konsekvenser uppträder ofta inte förrän långt efter själva exponeringen - när det gäller cancer kan det dröja 5 - 40 år innan sjukdomen yppar sig.

Tabell 3. Förväntade hälsoeffekter av kvävedioxid, NO<sub>2</sub>, i luftföroreningar.

Källa: WHO (skall publiceras)

Effekter	Koncentration
<b>Av korttidsexponering</b>	
Dödligt lungödem	550-950 mg/m <sup>3</sup>
Bestående lungskada	275-375 mg/m <sup>3</sup>
Bronkit eller bronkopneumoni	50-150 mg/m <sup>3</sup>
Bronkokonstriktion och ökat andningsmotstånd	1.3-3.8 mg/m <sup>3</sup>
Ökad bronkokonstriktion hos astmatiker	0.2-0.4 mg/m <sup>3</sup>
<b>Av långtidsexponering</b>	
Ökad risk för luftvägsinfektioner och kronisk lungskada	1 mg/m <sup>3</sup> timmedelvärde

Även när det gäller de toxiska effekterna av kemiska substanser ser man ofta inte de kliniska följderna förrän efter lång tids exponering. Inom arbetslivet är det vanligt att skador inte uppträder förrän 10-15 år efter den dagliga exponeringen.

## Hälsoeffekter av luftföroreningar

Effekten av luftföroreningar från fossila bränslen och motoravgaser kan jämföras med situationen för rökare. Cigarettröken innehåller de flesta kemiska föroreningar som återfinns i samband med förbränning av fossilt bränsle, fastän naturligtvis i andra proportioner.

Tabellerna 1, 2 och 3 ger en översikt över de viktigaste kända kemiska föroreningarna i luftföroreningar till följd av förbränning av fossilt bränsle samt deras huvudsakliga hälsoeffekter.

Med utgångspunkt från erfarenheten från rökarna och vad som är känt från undersökningar över toxite-ten i luftföroreningar från förbränning av fossilt bränsle kan man förvänta att en ökning av dessa typer av luftföroreningar skulle medföra en ökad frekvens av angrepp på luftvägarna, en

Tabell 4. Totala och procentuella antalet förlorade år 1974, på grund av dödlighet i olika sjukdomar, upp till olika teoretiska livslängder.

Källor: Bearbetning av Statistiska Centralbyrån, SOS, Dödsorsaker 1974, Stockholm 1976 b (citerad från Carlsson et al, skall publiceras).

Sjukdom	M	Förlorade år upp till 65 år		Förlorade år upp till 75 år	
		Antal (förlorade år)	Procent av totala förlorade år	Antal (förlorade år)	Procent av totala förlorade år
Infektionssjukdomar och parasitära sjukd.	K	2417,5	1,2	4242,5	1,1
	K	7152,5	1,9	3415,0	1,5
Tumörer	M	30230,0	14,7	74555,0	18,7
	K	32732,5	28,3	74060,0	32,8
Endokrina systemets sjukd., diabetes.	M	4450,0	2,2	7895,0	2,0
	K	3382,5	2,9	6530,0	2,9
Blodbildande organens och blodets sjukdomar	M	365,0	0,2	580,0	0,1
	K	240,0	0,2	407,5	0,2
Mentala rubbningar	M	2735,0	1,3	4717,5	1,2
	K	532,5	0,5	977,5	0,4
Nervsystemets och sinnesorganens sjukd.	M	5405,0	2,6	8515,0	2,1
	K	3550,0	3,1	5822,5	2,6
Cirkulationsorganens sjukdomar	M	38617,5	18,8	121652,5	30,5
	K	12995,0	11,2	47912,5	21,2
Andningsorganens sjukd.	M	5245,0	2,6	11582,5	2,9
	K	3320,0	2,9	6730,0	3,0
Matsmältningsorganens sjukdomar	M	9267,5	4,3	19062,5	4,8
	K	3730,0	3,2	7945,0	3,5
Urogenitalorganens sjukdomar	M	1237,5	0,6	3402,5	0,9
	K	1400,0	1,2	2897,5	1,3
Komplikationer vid graviditet, förlösning m.m.	M	-	-	-	-
	K	295,0	0,3	375,0	0,2
Hudens och underhudens sjukdomar	M	20,0	0,0	77,5	0,0
	K	50,0	0,0	70,0	0,0
Sjukdomar i muskuloskelettala systemet och i bindväven	M	405,0	0,2	990,0	0,2
	K	1147,5	1,0	2620,0	1,2
Medfödda missbildningar	M	15220,0	7,4	18132,5	4,5
	K	11532,5	10,0	13740,0	6,1
Perinatal dödlighet	M	19812,5	9,7	22982,5	5,8
	K	14625,0	12,6	16965,0	7,5
Symtom och ofullständigt preciserade fall	M	2252,5	1,1	3175,0	0,8
	K	1725,0	1,5	2182,5	1,0
Skador genom yttre våld och förgiftning	M	67425,0	32,9	97730,0	24,5
	K	22222,5	19,2	32952,5	14,6
Santliga sjukdomar	M	205105,0		399292,5	
	K	115637,5		225602,5	

ökad dödlighet och sjuklighet till följd av kroniska luftvägsbesvär samt vidare en ökad risk för lungcancer. Hårtill kommer att man kan befara skador på organ som njurar och hjärna till följd av ökad belastning av tungmetaller såsom kvicksilver, kadmium och bly.

Ett stort antal substanser i luftföroreningar har identifierats som mutagen. Det kan inte uteslutas att några av dessa kan nå könscörtlarna och ge upphov till mutationer med effekt på kommande generationer. Det kan också antas att det sjukdomspanorama vi idag kan iakttä, Tabell 4 och

5, i väsentlig grad är ett resultat av miljöpåverkan under den föregående 20-30-årsperioden. Effekten av dagens exponering kommer därför inte helt till synes förrän successivt under den närmaste 10-20-årsperioden.

### Luftföroreningar och luftvägssjukdomar

Den kvantitativt största observerade hälsoeffekten som skulle kunna relateras till luftföroreningar utgörs av ökningen i dödlighet och sjuklighet i

Tabell 5. Antal sjukskrivningsfall per 100 kassamedlemmar i olika diagnoser 1968 och 1977.

Källa: Riksförsäkringsverket 1968 och 1974 (citerad från Carlsson et al, skall publiceras).

Sjukdom	Sjukskrivning totalt		Sjukskrivning per 100 dagar	
	Män	Kvinnor	Män	Kvinnor
Infektionssjukdomar och parasitära sjukdomar	1,3	6,2	1,4	7,4
Tumörer	0,3	0,3	0,9	0,7
Endokrina systemets sjukd., diabetes-sjukd., nutritionsbrist	0,8	0,3	1,0	0,5
Blodbildande organens och blodets sjukdomar	0,1	0,1	0,9	0,6
Mentala rubbningar	3,1	4,0	3,4	4,0
Nervsystemets och sinnesorganens sjukd.	2,1	2,5	1,9	2,7
Cirkulationsorganens sjukdomar	2,3	2,5	2,7	2,6
Andningsorganens sjukdomar	27,7	47,6	20,5	51,1
Matsmältningsorganens sjukdomar	8,0	11,0	6,0	7,6
Urogenitalorganens sjukdomar	1,5	1,8	6,8	7,1
Komplikationer vid graviditet, förlösning m.m.	-	-	1,6	1,5
Hudens och underhudens sjukdomar	1,4	1,6	1,2	1,5
Sjukdomar i muskuloskelettala systemet och i bindväven	8,6	13,0	5,4	8,2
Medfödda missbildningar	0,1	0,1	0,1	0,1
Symtom och ofullständigt preciserade fall	7,1	6,2	7,1	7,0
Skador genom yttre våld och förgiftning	12,0	12,6	5,0	5,3
Santliga diagnoser	72,3	110,2	73,9	107,9
	45,7	38,9	47,7	40,1

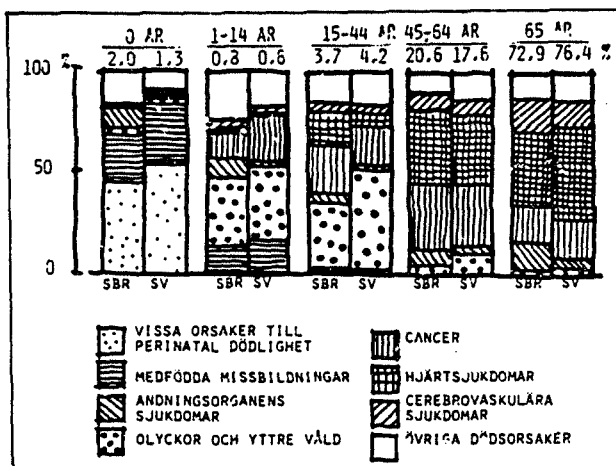
luftvägssjukdomar. Denna effekt dominerar såväl vad avser förlorad livstid som sänkt livskvalitet i form av sjukdagar, sänkt funktion och kostnader för vård dagar. Ökningen kan tänkas ha samband med den ökade tobaks- och alkoholkonsumtionen, en mera högggradig exposition för miljögifter inom yrkeslivet eller med ökade luftföroreningar.

Det är väl belagt att rökning ger upphov till kronisk bronkit och därför är det mest rimligt att anta att den fördubblade tobakskonsumtionen under de senaste decennierna svarar för

**Tabell 6.** Kumulerad 15 års mortalitet (procent) i respiratoriska sjukdomar, fördelad på tätortsgrad och rökning, män + kvinnor.  
Källa: Specialbearbetning av data från det Svenska tvillingregistret (Cederlöf, Friberg och Lundman, 1977).

Dödsorsak	Tätortsgrad		Relativ risk
	90-100	50	
<b>Resp. sjukdomar utom lungcancer</b>			
icke-rökare	0,8	1,1	0,8
Rökare	1,5	0,6	2,6
<b>Lungcancer</b>			
icke-rökare	0,1	0,1	1,0
Rökare	1,2	0,4	3,0

**Figur 1.** Dödlighetens fördelning på olika orsaker i Storbritannien (SBR) och Sveriges (SV), män och kvinnor.



huvuddelen av fördubblingen av dödligheten i luftvägssjukdomar. Ökningen i tobaksförbrukningen skulle också kunna förklara skillnaden mellan rökare i stad och på landsbygd ifråga om risken för att dö i luftvägssjukdom, eftersom det länge förelegat en skillnad i hur länge man rökt och hur mycket man röker, *Tabell 6*.

Vissa av de redovisade data talar dock för att en nettoeffekt på 20-30 % inte rimligen kan förklaras av rökningen. Vid ett internationellt symposium som anordnades av Karolinska institutet 1977 kom man fram till att förbränningsprodukter i omgivningsluften från fossila bränslen, troligen verkande tillsammans med cigarretrök, orsakade lungcancer i större tätorter. Antalen uppskattades till storleksordningen 5-10 fall per 100 000 män och år och det påpekades att lokala förhållanden under de senaste decennierna kan ha spelat en stor roll.

Ett stöd för betydelsen av luftföroreningarnas inverkan är också den omständigheten att dödligheten i luftvägssjukdomar hos den engelska populationen, som under samma period varit utsatt för väsentligt högre luftföroreningshalter, också är större än den svenska, *Figur 1*, och att denna dödlighet avtagit i takt med att luftföroreningarna bekämpats i England. Man vet dock inte i vilken utsträckning förändrade rökvanor kan bidragit till sänkningen. Ett ytterligare stöd för

hypotesen är att man i samband med luftföroreningsepisoder kunnat påvisa akuta försämringar av hälsotillståndet hos personer med kronisk bronkit och astma. Vilket bidrag den ökade alkoholförbrukningen kan ha givit till den observerade ökningen i luftvägssjukdomar kan för närvarande inte bedömas.

Underlaget medger endast begränsande slutsatser. Det kan emellertid inte uteslutas att den ökade luftföroreningsgraden i våra samhällen kan ha bidragit med så mycket som 20 % av den observerade ökningen i luftvägssjukdomar.

### Luftföroreningar och lungcancer

Det är ställt utom tvivel att huvuddelen av den observerade ökningen i lungcancerfall måste tillskrivas ökningen av rökningen. Men detta kan emellertid inte helt förklara varför rökare med samma rökvanor löper större risk för cancer i tätorter än på landsbygden. Överrisken för lungcancer hos rökare jämfört med icke-rökare är av storleksordningen tio gånger, medan överrisken för rökare i stad jämfört med rökare på landsbygden är maximalt två gånger. Det maximala tillskottet på grund av den stadsfaktorn synes sålunda kunna utgöra 20 % av den totala ökningen,

vilket skulle motsvara uppemot 200 cancerfall per år. Dock ser man denna effekt endast hos rökare och därför måste någon samverkande mekanism antagas.

Det finns två alternativa förklaringar till skillnaden i risk för lungcancer mellan stad och landsbygd. Den kan sålunda förklaras med skillnader i exponering för cancerogena luftföroreningar eller skillnad i radonexponering i stadsbebyggelse och landsbebyggelse. Det är dock mindre sannolikt att ökningen av lungcancerfallen skulle kunna tillskrivas ökningen i radonexponering - framför allt på grund av den långa latenstiden för cancer.

### "Stadsfaktorn"

Det är inte möjligt att på nuvarande kunskapsnivå avgöra vilken eller vilka komponenter i luftföroreningarna som kan förklara den stadsfaktorn när det gäller lungcancer eller andra luftvägssjukdomar. Av särskilt intresse är att försöka skilja på de källor som släpper ut det sk SO<sub>2</sub>-komplexet, dvs en blandning av svavelföreningar, partiklar och vissa gasformiga komponenter, och de källor som emitterar det sk NO<sub>x</sub>-komplexet, dvs kväveoxider, koloxid och partiklar. De förstnämnda utgörs huvudsakligen av anläggningar för förbränning av olja, kol

och koks för värme- och energiproduktion, medan för de sistnämnda den huvudsakliga källan är bilavgaser.

I Omgivningshygieniska avdelningens utlåtande till Energi- och Miljökommittén gjordes en noggrann utredning om dos-responsförhållanden och koncentrationer av olika typer av luftföroreningar i Sverige. Slutsatsen blev att luftföroreningar från bilavgaser i våra samhällen uppvisar koncentrationer som ligger på nivåer där toxiska effekter kan förväntas. Detta gäller särskilt kväveoxider och polycykliska aromatiska kolväten.

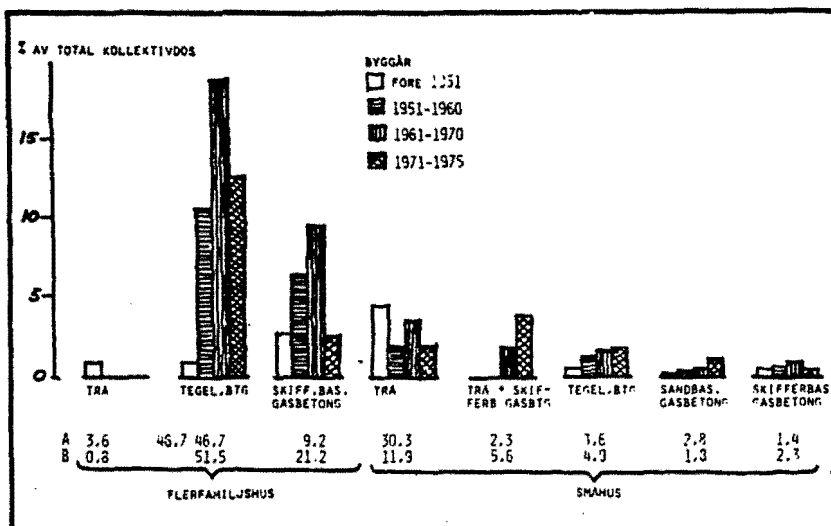
Föroreningsnivåerna av svavelhaltiga föroreningar och sotpartiklar ligger numera för svenska samhällen relativt lågt i jämförelse med internationellt rapporterade halter och accepterade gränsvärden. Förhållandena för 5-10 år sedan var dock betydligt ogynnsammare. I dagsläget synes det sålunda mest sannolikt att föroreningarna från bilavgaser är den dominerande faktorn. Ytterligare forskning krävs emellertid för att verifiera detta antagande.

### Miljöförändringarna och hälsotillståndet i framtiden

Det kan befaras att den fulla konsekvensen av de föregående decenniernas miljöförändringar ännu inte kommit till uttryck. Om man, under förutsättning att miljöförhållandena inte kommer att ändras under de närmaste årtiondena, försöker uppskatta den påverkan på hälsotillstånden som tidigare miljöförändringar innefattat, så kan man förvänta en ytterligare ökning av sjukligheten och dödligheten i luftvägssjukdomar och lungcancer. Det är framför allt tre faktorer som svarar för den förväntade ökningen, nämligen förändrade rökvanor, ökade luftföroreningar framför allt i tätbyggda samhällen samt ökad exponering för radon i bostäder.

### På grund av rökvanorna

Under de senaste decennierna har kvinnorna börjat röka i samma ut-



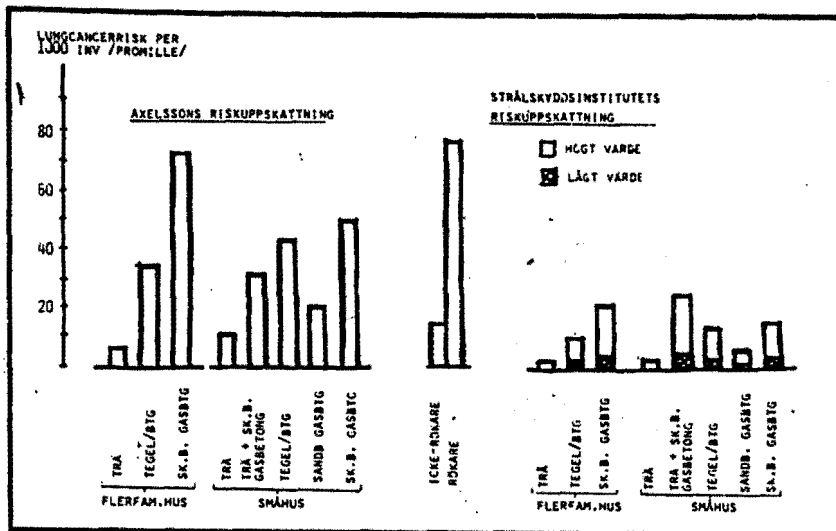
Figur 2. Procentuell fördelning av total kollektivdos av radon efter byggnadsår, hustyp och väggmaterial. På grundval av uppgifter om hur olika hustyper fördelar sig på det svenska bostadsbeståndet och uppgifter om tunna radonhalter i dessa hustyper samt under antagande att lägenheter i flerfamiljshus i medeltal bebos av 2,24 invånare och enfamiljshus av 2,34 har beräknats hur kollektivdosen fördelar sig på olika hustyper och dess invånare. Det har förutsatts att en Bq/m<sup>3</sup> radon motsvarar en dos i bronkslemhinnan på 1.1 x 10<sup>-4</sup> Sv per år.

sträckning som männen - idag röker t o m unga kvinnor mer än unga män. Om inte upplysningen om tobakens skadeverkningar leder till att rökningen minskar blir följden på lång sikt att den sammanlagda expositionen för tobaksrökning i populationen kommer att ha stigit med inemot 50% när kvinnorna kommer in i högre åldersgrupper. Man kan således förvänta att dödlighet och sjuklighet i bronkit av denna anledning kommer att öka med en faktor 1,5.

Lungcancerfallen i Sverige är nu ca 2000 per år, 500 kvinnor och 1500 män. Vid lika rökvanor för män och kvinnor kan man således bara av denna anledning förvänta ca 3000 fall per år, återigen en ökning med ca 50%. Det är också osäkert om det maximala utfallet p g a tidigare rökning ännu inträffat. Detta räkneexempel har förutsatt att rökningen varit ensam orsak till bronkit och lungcancer. Detta kan dock röra sig om en överskattning på ca 20%. Uppskattningen av rökningens framtidseffekter får därför anses maximal.

### På grund av luftföroreningar i tätorter

Den omständigheten att det är oklart vilka komponenter och vilken typ av luftföroreningar som svarar för ökningen i luftvägssjukdomar och cancer försvårar möjligheterna att förutsäga konsekvenserna för befolkningen under de kommande decennierna. Maximala konsekvenser synes komma att inträffa om hela den ökning som kan tillskrivas luftföroreningarna kan anses orsakad av bilavgaserna. Dessa föroreningar har ökat oavbrutet de senaste decennierna och maximala konsekvenser kan således inte väntas inträffa förrän om ytterligare uppemot 20 år. Om bilismen står för huvuddelen av lungcancer till följd av "stadsfaktorn" och om lungcancerökningen är den direkt proportionella faktorn" och om lungcancerökningen är direkt proportionell mot tättheten skulle en fördubbling av nu observerade effekter kunna befaras, vilket motsvarar ca ytterligare maximalt 200 lungcancerfall per år.



Figur 3. Lungcancer risk per 1 000 inv. till följd av radonexposition för olika hustyper och byggnadsmaterial samt med utgångspunkt från olika riskuppskattningar.

### På grund av radon i bostäder

Den omtalade ökningen av radonexposition sedan 1950-talet till följd av nya byggnadsmaterial i bostäder kan förväntas ge en ökning av lungcancerfallen, Figur 2. UNSCEAR (1977) har uppskattat risken för lungcancer till följd av radondöttrar till mellan  $0,4 \times 10^{-3}$  och  $2 \times 10^{-3}$  per Sv<sup>1</sup>. Utgår man från Strålskyddsinstitutets dosberäkningar kommer man fram till att storleksordningen 100–500 fall av lungcancer i dag kan tillskrivas exponeringen för radondöttrar. Eftersom kollektivdosen under den senaste 25-årsperioden något mer än fördubblats kan man vänta sig att framåt år 2000 den av radonförsakade lungcancerfrekvensen också skulle ha fördubblats, dvs uppgå till 200–1 000 fall per år.

UNSCEAR's beräkningar är grundade dels på teoretiska överväganden (den lägre dosen) och dels på en sammanvägning av epidemiologiska data (den högre dosen), huvudsakligen erhållna vid undersökning av gruvarbetare. Osäkerheten i beräkningarna är

stora. En svensk undersökning (Axelsson, 1977) har ett dataunderlag som skulle kunna tyda på att risken vore 2–4 gånger större än den högsta som angivits av UNSCEAR. Osäkerheten i sistnämnda skattning är emellertid betydande.

Rapporten har utgått från Axelssons primärdata och från åldersrelaterade incidenssiffror för lungcancer hos rökare och icke-rökare på ett riksrepresentativt urval (Cederlöf, 1976). Man har beräknat den förväntade risken för gruvförsamlingens män att få lungcancer med hänsyn till deras rökvanor. Denna förväntade incidens blir ca 6,5 %, vilken med hänsyn till den av Axelsson bestämda incidenskvoten 16,6 ger en uppskattad incidens till följd av radonstrålningen hos gruvarbetarpopulationen på ca 47 %, dvs en risk som är ca 30 gånger större än icke-rökarens risk för lungcancer och sex gånger risken för att en måttlig rökare skall få lungcancer. Genom att dividera denna siffra med medexponeringen 360 WLM hos de observerade gruvarbetarna har man uppskat-

tat risken för lungcancer till ca 0,13 % per WLM. De erhållna riskskattningarna för lungcancer har en betydande osäkerhet. Tillämpas riskfaktorn  $13 \times 10^{-4}$  fall per WLM (1 WLM förutsättes ge 1 rad i bronkerna) på de av Strålskyddsinstitutet uppmätta och beräknade stråldoserna (Swedjemark 1978) i svenska bostäder finner man att 870 lungcancerfall årligen skulle kunna hänföras till radonbestrålning i bostäderna och att denna siffra omkring år 2000 ökat till 2 100 fall. Den individuella medellivstidsrisken för att få lungcancer varierar i svenska bostäder beroende på byggnadskonstruktionen mellan 0,7 % till 7,1 %.

Inom varje hustyp varierar risken med en faktor 3–5 med stigande risk för senare byggnadsår. Risken för boende i det hus där högsta radonkoncentration uppmäts har beräknats till 30 %. I Figur 3 beskrivs risken för att få lungcancer i olika typer av hus under förutsättning att man bor i huset under sin livstid. Risken jämföres dels med den som en icke-rökare löper idag om han bott i före 1950 uppförda hus och dels med motsvarande risk för medelrökaren. Figuren illustrerar också motsvarande risksiffror grundade på Strålskyddsinstitutets uppskattningar.

Axelssons material grundar sig på en mer än fyrtioårig uppföljning av de exponerade gruvarbetarna och är i detta avseende unikt i världen. Övriga publicerade undersökningar har väsentligt kortare uppföljningstid och kan därför antas underskatta risken.

En större säkerhet i bedömningen skulle kunna erhållas om man genom fysikaliska mätningar bestämde partikelstorlekarna för radondotterexponeringen både i bostäder och gruvor och vidare om man med noggrann registrering av rökvanorna och med en annan epidemiologisk ansats som medger beräkning av incidens-tal återigen undersökte gruvarbetarpopulationen jämfört med kontrollmaterial från samma församling.





## ◁ Hälsoeffekter av energisparande

Samtliga Energikommissionens energisparalternativ innebär en total minskning av emissionen av SO<sub>2</sub> och sotpartiklar jämfört med de två föregående decennierna. Det finns en viss osäkerhet i bedömningen av emissionerna i samband med förbränning av ved, vilken med ogynnsamma tekniska lösningar skulle kunna ge upphov till betydande emissionsökningar. Trots detta innebär samtliga alternativ att koncentrationstillskotten i våra tätbebyggda samhällen inte kommer att öka utan snarare att minska. Skillnaden i förväntade hälsoeffekter på grund av skillnader mellan alternativen ifråga om emissioner av kemiska föroreningar synes med nuvarande kunskaper om föroreningarnas kemiska sammansättningar och biologiska effekter inte vara större än att

## Inget aktuellt behov av naturgas enligt SIND

Det finns inte motiv för närvarande att introducera naturgas i Sverige enligt den modell Swedegas AB angivit för Sydgasprojektet, säger industriverket i sitt yttrande över Swedegas rapport om introduktion av naturgas.

Ett definitivt ställningstagande till hela naturgasfrågan bör anstå tills ett fullständigt underlag för energiförsörjningen i västra Sverige föreligger. Ett beslut kommer också vara helt avhängigt av det ställningstagande som görs i det danska folketinget.

En av de viktigaste förutsättningarna för en naturgasintroduktion är att avsättning för de kontrakterade kvantiteterna kan garanteras. Swedegas redovisning på denna punkt är inte helt tillfredsställande.

I Swedegas rapport redovisas två kalkyler som belyser de ekonomiska konsekvenserna av en introduktion av naturgas i Sverige. Båda dessa kalkyler är med nödvändighet mycket osäkra, men den företagsekonomiska kalkylen pekar klart på att ett betydande subventionsbehov kommer att föreligga om verksamheten ska bedri-

de faller inom osäkerheten för våra uppskattningar.

De föreslagna åtgärder för energibesparing som innebär en reduktion av bostadsventilationen kan medföra en ökad exponering av befolkningen för inte bara radondöttrar utan även andra kemiska substanser. Radonökningen har av Strålskyddsinstitutet beräknats till ca 20% och kan ge motsvarande ökning av antal cancerfall. Om energisparåtgärderna kombineras med tekniska åtgärder för kontrollerad ventilation och luftrening eller värmeåtervinning från inomhusluft torde denna ökning kunna undvikas.

## Åtgärder för att förbättra hälsotillståndet

Att begränsa rökningen framstår som det mest angelägna och effektiva sättet att minska luftvägssjukdomar och

vas kommersiellt. Även i den av Swedegas presenterade samhällsekonomiska kalkylen uppkommer ett avsevärt underskott. Detta varierar betydligt beroende på vilka antaganden om bl a det framtida olje- och gaspriset som görs. Den fråga som därvid uppkommer är om samhället är villigt att påta sig dessa merkostnader i förhållande till naturgasens tänkbara fördelar. De vinster ur samhällets synvinkel som förefaller mest påtagliga rör förbättringar av miljö och i mindre mån försörjningstrygghet. Om dessa inkluderar i den samhällsekonomiska kalkylen kommer denna att förbättras något.

Sammanfattningsvis menar industriverket att den samhällsekonomiska kalkylen för Sydgasprojektet inte ens med beaktande av dessa faktorer kommer att visa ett överskott.

Den fråga som därför måste ställas är om de påtalade vinsterna ur trygghets- och miljösynpunkt kan uppnås på alternativa sätt till mindre kostnader för samhället. Industriverket pekar här på de möjligheter som ett genomförande av Sydvarmeprojektet och en aktiv oljepolitik kan innebära.

lungcancer, framhåller rapportförfattarna. En sådan torde bäst kunna genomföras genom att i första hand begränsa rökningen under uppväxtåren samt genom att försvåra medborgarnas tobakskonsumtion under dygnet. Betydelsen av en lämplig hälsoinformation kan konstateras.

Vidare framstår det som ytterst angeläget att begränsa radonutströmningen i våra bostäder även om bedömningen av riskerna fortfarande är högst osäker. Tekniska möjligheter att till rimliga kostnader begränsa radonexponeringen i befintliga bostäder bör utredas.

Idag kända toxikologiska data om koncentrationsförhållanden talar för att det väsentliga bidraget till luftvägsskador till följd av luftföroreningar kommer från bilavgaser. Åtgärder för att begränsa dessa emissioner synes således ha goda förutsättningar att påtagligt minska luftvägssjukdomarna.

Från trygghetssynpunkt syns särskilda fördelar kunna erhållas vid en ökad användning av inhemska energikällor. Detta gäller i jämförelse med samtliga importerade energiråvaror. En ökad flisförbränning i kommunala värmeverk framstår här som ett intressant alternativ under 1980-talet.

En fråga i samband med en naturgasanvändning som inte industriverket fäster stor vikt vid är hur beredskapslagringen ska klaras. SIND har i ett remissyttrande över ett förslag från Överstyrelsen för ekonomisk försvarsberedskap menat att naturgasförbrukare bör åläggas att hålla en utrustning som omgående medger en övergång från gas till alternativbränsle (olja).

Ett uppfyllande av dessa krav skulle enligt Swedegas starkt försämra naturgasens möjligheter. Frågan om beredskapslagring berör emellertid den principiellt viktiga frågan om vilka krav som ska ställas på energiberedskapen i samhället. Vid införandet av ett nytt energisystem bör enligt industriverkets mening kraven ställas så att försörjningsberedskapen totalt sett inte försämrats.