

## Miljövärden

Larmrapporterna duggar allt tätare om energikriser, klimatförändringar och förgiftade ekosystem. Människan har bara på ett halvt sekel förstört och påverkat lika mycket som vi dessförinnan gjort sedan vi reste oss upp på två ben och började vandra omkring på den här planeten. Vi har bara en jord och den skall vi vara rädd om.

På sikt måste världen ställa om till **ett långsiktigt och hållbart energisystem** baserat på förnybar energi. Det betyder att **sol, vind, vatten och bioenergi** kommer att få en ökande marknadsandel. Men det är samtidigt viktigt att denna utveckling sker i samklang med naturen och inte skapar nya problem och hälsoeffekter.

Användningen av bioenergi har hamnat i fokus då energiformen är den största alternativa energikällan vi har samtidigt som dagens användning ofta sker i gammal och föråldrad teknik med stor utsläpp av störande och skadliga ämnen. Samhället har därför satt upp miljökrav för att begränsa olägenheterna och samtidigt stimulera utvecklingen av ny och bättre teknik.

Dagens bästa teknik ligger ofta på tiondelar av gällande gränsvärden, medan traditionell teknik kan ha utsläpp som ligger på 100 ggr gränsvärdet. Det är alltså en mycket stor skillnad mellan den bästa – och den sämsta – tekniken. Men vad är det man ställer krav på, och hur beräknar man utsläppen? För att få acceptans för miljökraven är det viktigt att vi förstår vad miljökraven betyder.

### Vad är det vi mäter?

Det är svårt att spåra utsläppskällor. De mätningar som finns är ofta citerade i rapporter och artiklar. Även orter i små kommuner visar på kolvätehalter i utomhusluft som är jämförbara med utsläppen i gatunivå kring E4:an i Uppsala. Många anser att det är utsläppen från vedeldning som är orsaken till detta. Så har t ex Lycksele målats ut som en ort med stora utsläpp från vedeldning.

Men det finns frågetecken. Ett sätt man kan spåra ursprunget på en luftförorening, är att studera förhållandet mellan bensen och toluen. Om ursprunget är bilavgaser är alltid halten av toluen två till tre gånger högre än halten bensen, och vid vedeldning råder det motsatta förhållandet.

När man studerar utsläppen från Lycksele är just detta samband en del bensen och tre delar toluen vilket alltså skulle indikera att utsprunget är avgaser från en förbränningsmotor och inte avgaser från vedeldning vilket varit den vedertagna förklaringen. I Lycksele finns ett av landets tätaste snöskoterbestånd, och många av dessa används när skolorna slutat och ungdomarna kommer hem. Det är i stort sett samma tidpunkter som man tänder i pannan och kaminen. En tvåtaktmotor kan ha uppemot 10 ggr högre utsläpp än en fyrtaktmotor och detta skulle kunna vara en av kanske flera förklaringarna till Lyckseles dåliga luft- i vart fall när det gäller utsläppen av flyktiga kolväten (VOC).

Jag säger inte att det är så. Det vore dessutom fel att peka ut snöskotrarna som största miljöbov innan man är helt säker. Men utsläppsbilden med förhållandet bensen/toluen pekar mot att utsläppen har sitt ursprung i motoravgaser och inte i vedeldning. Då är det minst lika fel att måla upp vedeldningen som en större miljöbov än vad den kanske egentligen är.

Man ska inte försöka bortförklara de utsläpp och risker som vedeldningen ger. Men det finns en tendens till att många onödigt negativa beslut fattas runt om i landet på grund av att man tror att vedeldningen är farligare än den i själva verket är. Självklart skall bioenergianvändningen också minimera sina utsläpp, men de skall inte behöva klä skott för andra utsläppskällor.

Inte heller hjälper det att ropa på skärpta gränsvärden. Bättre vore att försöka se till att alla så

fort som möjligt uppfyller dagens gränsvärden. Den nya bioenergitekniken är egentligen fantastiskt bra.

## Tjära

Efter oljekriserna i slutet på 1970-talet ökade användningen av ved för uppvärmning. Ved eldades i pannor som egentligen var avsedda för oljeeldning och störande rök ledde till många konflikter och granntrötter. Samhället började diskutera miljökrav på vedeldning och i Nybyggnadsreglerna (NR 1987) fick vi miljökrav på utsläpp av tjära inom tätbebyggt område. För värmepannor blev gränsvärdet 30 mg/MJ tillförd energi och för kaminer 40 mg/MJ.

"Tjära" är inte något specifikt ämne utan en samlingsbenämning på alla de kondenserbara ämnen som finns i rökgasen. Genom att suga ut ett delflöde av rökgaserna och kondensera detta och därefter förångas vattnet kan man väga hur mycket tjära som producerats. Denna vikt ställs sedan i proportion till mängden tillförd energi.

Eftersom metoden bara tar hänsyn till tyngre och kondenserbara kolväten är metoden värdelös när det gäller att bestämma flyktiga kolväten (VOC). Dessa är gasformiga och passerar rakt genom ett tjäremissionsprov.

En annan svaghet är att enheten inte tar hänsyn till produktens verkningsgrad. Utsläppen beräknades i enheten mg/MJ tillförd energi istället för per producerad energienhet. Detta ger onödiga svårigheter att avgöra de verkliga utsläppens storlek då verkningsgraden kan innebära en fördubbling av de verkliga utsläppsresultaten.

**Ex. Om man utgår från tjäremissionstester vid SP och kompenserar med aktuell verkningsgrad och överför utsläppen till ett årsutsläpp i kilo beräknat på ett energibehov av 25 000 kWh kan man få en bra bild över de stora skillnader som finns på marknaden.**

**Trad. vedpanna, utan ack-tank - 270 kg/år**

**Trad. vedpanna, med ack-tank - 45 kg/år**

**NR:s gränsvärde (30 mg/MJ) - 4 kg/år**

**Bästa vedpanneteknik - 0,5 kg/år**

**Pelletsteknik - 0,1- 0,5 kg/år**

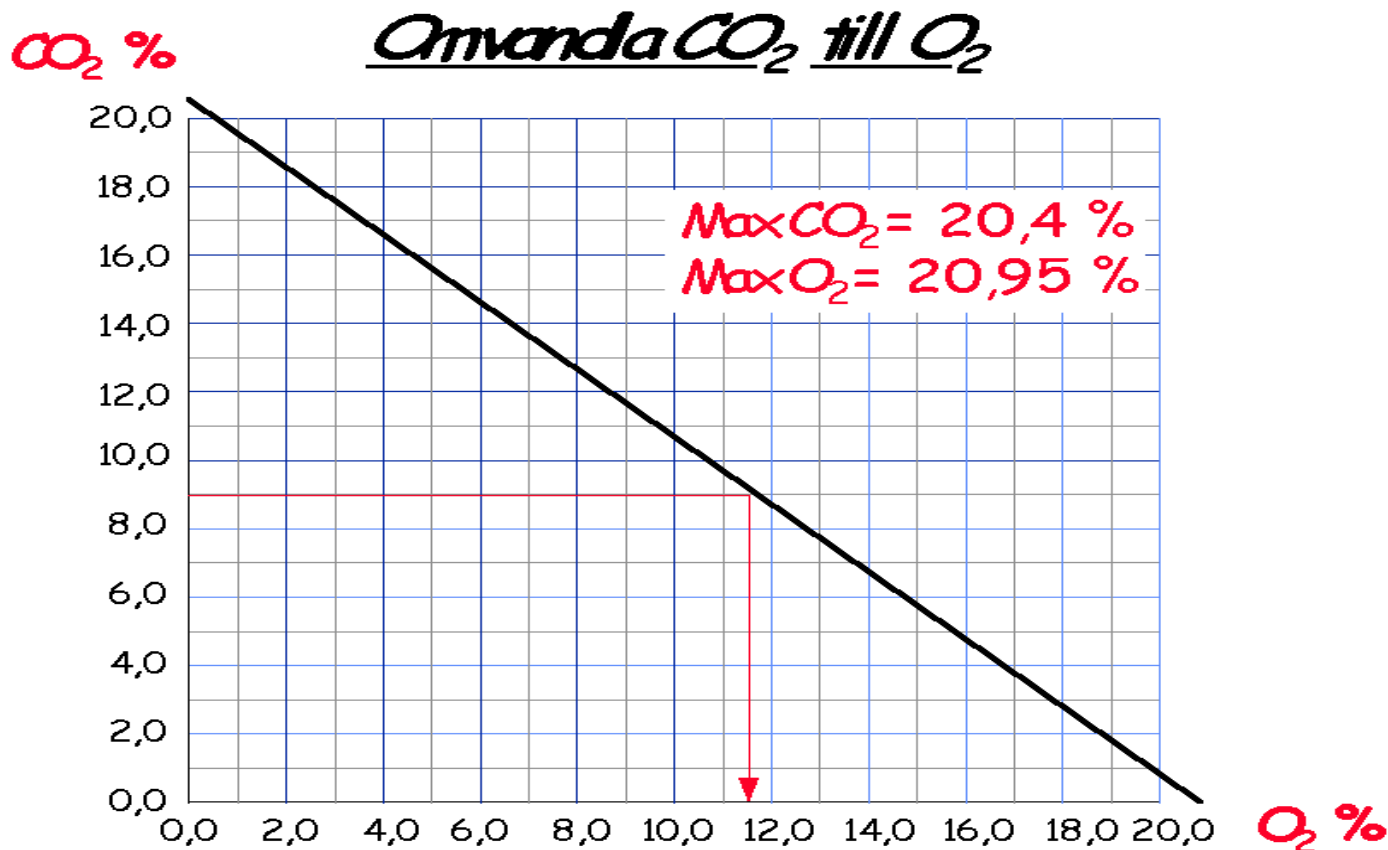
Metoden att mäta tjära är en isolerad svensk metod som gällde som miljökrav fram till Boverkets Byggregler (BBR) började gälla. Här ersattes begreppet tjära med organiskt bundet kol (OGC) vilket samtidigt innebar en harmonisering med övriga Europas regler.

I Sverige har vi i BBR:s miljökrav lagt kravet enbart på en OGC-halt (både för pannor och kaminer). Enligt normen skall OGC-halten i rökgaserna för kaminer inte överstiga 250 mg/nm<sup>3</sup> vid 13% O<sub>2</sub>. Och för manuellt eldade pannor är gränsvärdet 150 mg/nm<sup>3</sup> vid 10% O<sub>2</sub> samt för automatiskt eldade pannor (flis och pellets) är gränsvärdet 100 mg/nm<sup>3</sup> vid 10% O<sub>2</sub>. Detta avviker från förslaget till CEN-standard som för kaminer enbart innehåller ett krav på CO. CEN-förslaget hamnar på en nivå av 3000 ppm CO vid 13% O<sub>2</sub>- vilket omräknat blir 3.750 mg CO/nm<sup>3</sup> vid 13% O<sub>2</sub>. Även om vi i Sverige idag har miljökrav på OGC för lokaleldstäder kommer vi sannolikt att inom kort få lov anpassa vår lagstiftning till EU-standard

## Luftöverskottet

En viktig parameter i alla miljömätningar är luftöverskottet. Det kan mätas som antingen som % CO<sub>2</sub> eller som % O<sub>2</sub>. Dessa värden säger egentligen samma sak fast utgår från olika håll.

För de fortsatta beräkningarna är det bara O<sub>2</sub>-halten som är intressant. Det betyder att man alltid måste känna till luftöverskottet för att kunna göra en miljömätning. Om man har luftöverskottet anggett som procent CO<sub>2</sub> så måste detta först räknas om till procent O<sub>2</sub>. Man kan då använda formeln:  $(CO_2 - 20,4) / -0,977^* = O_2 \%$  För enklare överslagsberäkningar räcker det med att gå in i nedanstående diagram. (\*konstant för kurvans lutning beräknas enligt formel:  $(20,4-0)/(0-20,95) = -0,977$ )



### Exempel A (formel)

**Om det uppmätta CO<sub>2</sub>-halten är 9,0 % så beräknas O<sub>2</sub>-halten enligt formel nedan:**

$$(9,0 - 20,4) / -0,977 = 11,71 \%$$

### Exempel B (via diagram)

**Om det uppmätta CO<sub>2</sub>-halten är 9,0 % så går man in vid 9% går vågrät tills man möter det diagonala strecket, och går därefter lodrät nedåt och läser av aktuell O<sub>2</sub>-halt (c:a 11,7) i procent**

### Kolmonoxid (CO)

Ett miljökrav på CO går relativt enkelt och billigt att göra även på befintliga installationer, medan ett OGC-test kräver dyrbara instrument och ett labb. Låga halter CO innebär alltid ett bra förbränningsresultat med även låga halter av OGC. CO-halten är därför ett bra riktvärde även för t ex fältmätning av värmepannor och pelletsteknik.

Ett mätinstrument ger ofta resultatet i ppm (parts per million). Nästa steg blir att räkna om de ppm CO som man läser av på instrumenten till enheten mg/nm<sup>3</sup>. Detta kan för en lekman verka vara en aning omständigt, men uträkningen går att beskriva som en formel som sedan kan läggas in i en mätdator som "on line" kan tala om hur utsläppen se ut just för ögonblicket.

För att förklara hur man egentligen gör beräkningen gäller nedanstående parametrar:

a) Vid omräkningen skall man alltid ha torr gas. Om man vid analystillfället använder rökgaskylare så att mätprovet håller en temperatur av c:a 5°C är gasen att betrakta som torr.

b) Vidare behöver man känna till CO:s molvikt som är 28 g/mol. Detta värde kommer av en kolatom som har molvikten 12 plus en syreatom med molvikten 16. Tillsammans blir detta 28 g/mol CO.

c) För att beräkna volym måste man också känna till gasens volym per mol. För nästan alla gaser anser man att ideal gas upptar 22,4 lit/mol.

Genom att dividera molvikten 28 g/mol med gasens volym 22,4 lit/mol erhålls en faktor 1,25 som, om ingångsvärdet är ppm, så ger detta direkt ger sorten i mg/nm<sup>3</sup>.

d) Nu skall detta värde normaliseras till ett visst luftöverskott. Antag att det uppmätta O<sub>2</sub>-värdet är 11,5 %. Om man önskar normalisera till 13% O<sub>2</sub> så skall man göra detta genom kompensera med en framräknad faktor. Denna faktor erhålls genom att lösa ekvationen:

$$(20,95 - 13,0) / (20,95 - 11,5) = 0,841$$

**Ex. Nu har vi förutsättningarna för att kunna räkna om aktuella värden till den nya enheten mg/Nm<sup>3</sup> vid 13% O<sub>2</sub>. Observera att jag i exemplet nedan har antagit att den verkligt uppmätta O<sub>2</sub>-halten var 11,5%. Om man har ett annat värde får man naturligtvis en annan konstant.**

**Om man skall räkna om t.ex. 1000 ppm CO till sorten mg CO/Nm<sup>3</sup> vid 13% O<sub>2</sub> ger detta formeln:**

$$1000 \text{ (CO)} \times 1,25 \text{ (CO-faktor)} \times 0,841 \text{ (vid 13\% O}_2\text{)} = 1.051 \text{ mg CO/Nm}^3 \text{ vid 13\% O}_2\text{.}$$

### Totalkolväte (THC) eller OGC

Idag finns snart en Europastandard (EN) på utsläppskrav. I denna finns gränsvärden för OGC, Stoft och CO när det gäller pannor och enbart CO när det gäller kaminer. Utsläppen redovisas i enheten mg/nm<sup>3</sup> torr gas vid ett visst luftöverskott (10% O<sub>2</sub> för pannor och 13% O<sub>2</sub> för kaminer).

OGC-halten beräknas utifrån ett utsläppsvärde i ppm av THC. THC-halten mäts med ett flamjoniseringsinstrument som via en vätgaseldad ugn slutförbränner rökgaserna och låter kolatomerna jonisera rökgasflödet. Beroende på vad man använder för spärgas blir uträkningen annorlunda. Vanligast är att använda metan eller propan. Enligt standard skall bör man använda propan.

a) Om propan används som gas skall man känna till molvikten på propanets kolandel som är 36 g/mol. Detta kommer av att propan (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) har 3 kolatomer med molvikten 12. Vätets vikt skall alltså inte räknas med. Detta för att svaret skall bli OGC- organiskt bundet kol.

Även om nästan alla gaser anses ha volymen 22,4 lit/mol så är det viktigt att känna till att just propan utgör ett undantag från detta. Propan ger bara 21,93 l/mol.

Genom att dividera propanets molvikt kol som är 36 g/mol med propan-gasens volym som är 21,93 l/mol erhålls en faktor 1,64 som direkt ger sorten mg/m<sup>3</sup>.

b) Även i detta fall skall vi normalisera till ett visst luftöverskott. Det går till på samma sätt som vid justeringen av CO-halten. Vi utgår också i detta fall att vi har det uppmätta O<sub>2</sub>-värdet 11,5 %. Om man skall normalisera till 10% O<sub>2</sub> så skall man göra detta genom kompensera med en framräknad faktor. Detta värde beräknas genom att lösa ekvationen:

$$(20,95 - 10,0) / (20,95 - 11,5) = 1,159$$

Detta är samma konstant som vid CO-korrigeringen. Observera att ingående O<sub>2</sub>-halt är uppmätt till 11,5%. En annan O<sub>2</sub>-halt ger en annan konstant.

c) När det gäller THC så är det en sak till som man måste ta hänsyn till. Till skillnad från CO-beräkningen måste man vid totalcolväteberäkningar alltid använda varm mätgas. Detta för att oförbrända rester av kolväten inte skall kondensera i kylaren och därmed inte finnas med vid värderingen.

Normalt håller mätgasen en temperatur av 200°C, vilket ger en faktor på 1,10 som skall multipliceras med det framräknade resultatet. Faktorn 1,10 erhålls genom att beräkna Verklig fuktig rökgasvolym (G<sub>vv</sub>) / Verklig torr rökgasvolym(G<sub>vt</sub>)

Ex. Nu har vi förutsättningarna för att kunna räkna om THC-haltens aktuella värden till den mg OGC/Nm<sup>3</sup> vid 10% O<sub>2</sub>.

**Om man skall räkna om t.ex. 100 prop.ekv. THC till sorten mg OGC/Nm<sup>3</sup> vid 10% O<sub>2</sub>, ger detta formeln:**

$$100 \text{ (THC)} \times 1,64 \text{ (propan-faktor)} \times 1,159 \text{ (vid 10\% O}_2\text{)} \times 1,10 \text{ (korr varm gas)} = 209 \text{ mg OGC/Nm}^3 \text{ vid 10\% O}_2.$$

### Kväveoxider (NO<sub>x</sub>)

Ännu är det bara Österrike som har miljökrav på kväveoxider. Naturvårdsverket räknar med att endast omkring 0,5% av de totala NO<sub>x</sub> utsläppen i Sverige kommer från bioenergi. Det är därför heller inte aktuellt med att införa några sådana krav. Men i takt med att kväverika jordbruksgrödor börjar användas alltmer kan det finnas skäl att redan nu ändå börja titta på NO<sub>x</sub> utsläppen.

Vanligast är att använda instrument som mäter NO<sub>2</sub> i ppm. Om man vill räkna om NO<sub>2</sub> till mg/nm<sup>3</sup> gäller följande:

a) Vid omräkningen skall man alltid ha torr gas. Om man vid analystillfället använder rökgaskylare så att mätprovet håller en temperatur av c:a 5°C är gasen att betrakta som torr.

b) Vidare behöver man känna till NO<sub>2</sub>:s molvikt som är 46 g/mol. Detta värde kommer av en kväveatom som har molvikten 14 plus två syreatomer med molvikten 16. Tillsammans blir detta 46 g/mol.

c) För att beräkna volym måste man också känna till gasens volym per mol. För ideal gas anser man att gasen upptar 22,4 lit/mol.

Genom att dividera molvikten 46 g/mol med gasens volym 22,4 lit/mol erhålls en faktor 2,05 som, om ingångsvärdet är ppm, direkt ger sorten mg/m<sup>3</sup>.

d) Detta värde skall sedan normaliseras på samma sätt som ovan. Också i detta fall är det uppmätta  $O_2$ -värdet 11,5 %. Om man skall justera till 10%  $O_2$  så skall man göra detta genom kompensera med en framräknad faktor. Detta värde beräknas genom att lösa ekvationen:

$$(20,95 - 10,0) / (20,95 - 11,5) = 1,159$$

Ex. Om man skall räkna om t.ex. 70 ppm  $NO_2$  till sorten mg  $NO_2/Nm^3$  vid 13%  $O_2$  ger detta formeln:

$$70 (NO_2) \times 2,05 (NO_2\text{-faktor}) \times 1,159 (\text{vid } 10\% O_2) = 166 \text{ mg } NO_2/Nm^3 \text{ vid } 13\% O_2.$$

En fördel med denna nya metod att beräkna miljövärden är att alla tillverkare över hela Europa nu kommer att kunna redovisa utsläppen på samma sätt. Men- ännu finns ingen allmänt vedertagen provningsmetod fastslagen som redovisar hur man skall samla in mätdata, och vid vilka effekter man skall miljöprova utrustningen. Här följer man tills vidare en allmän provningspraxis.

### Stoft (partiklar)

På senare tid har miljödebatten kommit att handla allt mer om partiklar. Ännu vet vi väldigt lite om exponering och farlighet, vi vet egentligen bara att det finns ett samband mellan halten partiklar och luftvägsbesvär. Vi vet egentligen inte om det är t ex är skillnad i farlighet mellan partiklar av organiskt material och partiklar av oorganiskt, eller om det är mängden eller storleken på partiklarna som är avgörande. Sannolikt är det så att ju mindre en partikel är desto längre ner i lungans alveoler kan den tränga och därmed även blir svårare att evakuera.

Inom Sverige och över hela Europa fokuseras just nu mycket av forskningsinsatserna på partiklar så nya rön kommer säkert att presenteras löpande.

Partiklar kan vara allt från rök och pollen till vägdamm som virvlas upp av trafiken. Partiklar kan vara små askrester som följer med rökgasströmmen eller partiklar kan bildas av olika gaser i atmosfären. Man studerar storlek  $PM_{10}$  och  $PM_{2,5}$  vilket anger storleken i mikrometer.

Det finns stora osäkerheter när det gäller vedeldningens bidrag till utsläppen. Det finns mycket få mätningar gjorda och en försök till rimlig uppskattning av de totala utsläppen från vedeldade villapannor uppgår till 35- 40 000 ton per år. Detta kan jämföras med trafikens utsläpp (via avgaserna) som beräknas vara 10 800 ton per år.

Utsläppsmätningar på moderna pannor hos SP i Borås visar på att vedeldningens bidrag kan minskas rejält. Om alla dagens vedpannor skulle klara vad modern teknik presterar skulle utsläppen för vedeldning reduceras till omkring 2 000 ton per år.

Ex. Hur stora är utsläppen av partiklar i jämförelse med biltrafik om man använder modern pelletsteknik? Nedanstående är beräknat på ett energibehov av 25 000 kWh vilket motsvarar 7,1 ton pellets som eldas med 75% verkningsgrad.

### **Utsläpp pelletseldning Emissioner från bilar (15 000 km/år)<sup>1</sup>**

C:a < 10- > 50 mg/Mj bränsle - Bensin < 0,03- 0,5 kg stoft

ger > < 1- > 5 kg stoft/år ( $PM_{2,5}$ ?) - Diesel < 0,9- 5 kg stoft

<sup>1</sup>Durbin et al. 1999

### Antioxidanter

Jennica Källstrand och Göran Petersson på Chalmers Miljövetenskaplig institution har i en uppmärksam avhandling visat på förekomsten av antioxidanter (2,6-dimetoxifenoler) i

vedrök. Antioxidanter i kosten har alltmer uppmärksamats som ett slags "skyddsänglar" som skyddar oss från att bli sjuka av de farliga ämnena. Björkved ger mer och kraftigare skyddsänglar än barrved.

Lignin utgör ungefär en tredjedel av ved, och metoxifenolerna från ligninet kan utgöra en liknande stor andel av vedrökspartiklarna. Antioxidanter finns knappast alls i tobaksrök och inte heller i bilavgaser. Skillnaden i kemisk sammansättning kan förklara skillnader i cancerogenicitet och andra hälsoeffekter för partiklar från olika källor. Amerikanska studier visar på flera gånger högre lungcancerrisk för partiklar från trafiken än för partiklar från lövvedsrök.

Vedrök och trafikavgaser jämförs ofta med avseende på uppkomst av cancer och allergier utan att skillnaderna i kemisk sammansättning beaktas. Antioxidanterna gör inte vedröken ofarlig men kan möjligen förklara varför grupper som utsätts för höga koncentrationer av vedrök ändå inte uppvisar försämrad hälsa i motsvarande grad. Därmed skulle hälsoriskerna med vedeldning kunna vara överskattade.

Modern vedeldningsteknik förbränner mer fullständigt. Det betyder att även antioxidanterna förbränns tillsammans med de andra kolvätena. Men den förbättrade förbränningen ger ändå att hälsoeffekterna förbättras totalt sett. Man kan säga att förbränningen är så total att antioxidanterna inte längre behövs när man använder modern teknik.

Ex. Om man vill **spåra en luftförorenings ursprung** kan man studera förhållandet **benen** och **toluen**. Om ursprunget är bilavgaser är alltid halten av toluen två till tre gånger högre än halten bensen, och vid vedeldning råder det motsatta förhållandet. Detta samband gäller i vart fall för **flyktiga kolväten**.

Även **metoxifenolerna** skulle kunna användas som "spårhund". Eftersom de bildas vid förbränning av **lignin** som bara finns i ved indikerar förekomst av metoxifenoler att det finns vedrök i mätprovet.

Bengt- Erik Löfgren

Äfab