

*Elda pellets i*

# PELLETSKORGAR



# Innehåll

<b>Sammanfattning</b>	<b>3</b>
<b>Bakgrund</b>	<b>5</b>
<b>Målsättning</b>	<b>7</b>
<b>Problemställning</b>	<b>7</b>
<b>Utförande av försök</b>	<b>8</b>
<b>Erfarenheter</b>	<b>9</b>
Miljövärden	9
Verkningsgrad och säkerhet	9
Öppen Spis	10
Lilla kaminen	11
Stora Braskaminen	11
<b>Resultat i siffror och diagram</b>	<b>13</b>
Olika pelletskvalitet	14
Eldstadens betydelse	14
<b>Resultat fördelat på korgmodell</b>	<b>15</b>
Sexkanten	15
Såbikorgen	16
Öst original	16
Öst slutet	16
<b>Verkningsgrader och Effekt</b>	<b>17</b>
Stabila förbränningsresultat	17
<b>Nyttan med projektet</b>	<b>20</b>
<b>Slutsatser</b>	<b>21</b>
<b>Bilaga</b>	
Räkna om ppm till mg/nm <sup>3</sup> vid 13% O <sub>2</sub>	22

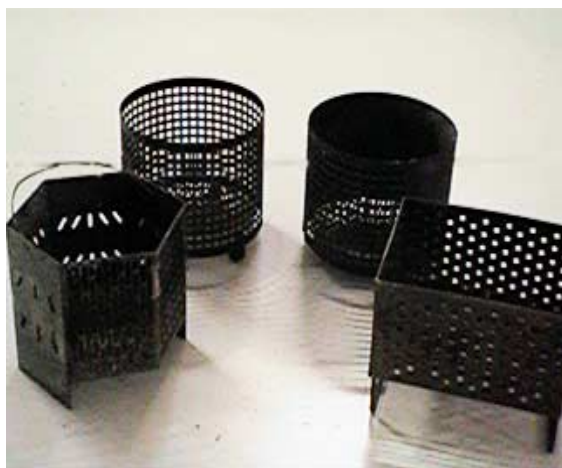
## Sammanfattning

Pellets är ett förädlad biobränsle som vinner allt fler användare bland villaägarna. Pellets har ett högt energivärde, är relativt billigt att köpa och finns idag tillgängligt över hela landet. I de flesta fall eldas pellets i specialbyggda pelletskaminer, pelletsbrännare och/eller pelletspannor. Många villaägare med braskaminer och andra lokaleldstäder avsedda för vedeldning skulle gärna vilja kunna elda pellets direkt i befintlig eldstad.

Vi har med detta projekt visat att en enkel pelletsorg i många fall kan vara *ett riktigt bra alternativ*. De kostar bara några hundralappar och möjliggör pelletseldning direkt i öppna spisar, braskaminer och kakelugnar. Man kan t o m ta med pelletsorgen på utflykten och använda i stället för öppen eld att grilla eller värma sig vid. Pelletsorgen ger dessutom i de allra flesta fall både bättre och framförallt stabilare prestanda än vad normaleldaren åstadkommer vid traditionell vedeldning.

Det är lätt att betrakta en pelletsorg som en produkt utan någon praktisk betydelse, och det kan vara svårt att vid en första anblick att förstå hur en *så enkel produkt* kan vara både funktionell och lätthanterlig. En pelletsorg ger användaren en rad fördelar i förhållande till traditionell vedeldning:

- Pellets kan köpas på säck och är lättsamt och rent att hantera. I Sverige finns idag ett 30-tal pelletsfabriker fördelade över hela landet, från Malmö i söder till Luleå i norr. Bränslet är alltid homogent och torrt. Det innebär att förutsättningarna för förbränningens prestanda blir likartat vid varje eldning. Dessutom brinner pellets med öppen flamma i korgen utan gnistor som sprätter från härden. En pelletsorg passar i nästan alla kaminer, kakelugnar och öppna spisar och är enkel och bekväm att använda. Förbränningen ger minimalt med aska.
- Man fyller en korg med pellets och antänder bränslet uppifrån. Förbränningen blir då jämn och långsam. En normal brinntid är 2,0-2,5 tim, vilket ger en avgiven effekt av 3-4 kW. Till skillnad från en vedbrasa som lätt ger för mycket värme ger pelletsorgen en värmeavgivning som stämmer bra med det effektbehov som en ordinär villa behöver. Den låga och jämna effekten är förmodligen den fördel upplevs som det mest positiva av användaren.
- Den låga effekten gör samtidigt att man undviker höga- och farliga rökgastemperaturer i rökkanalen. Det torra och homogena bränslet gör att risken för miljöstörningar och sotbränder till följd av ofullständig förbränning minimeras.



Dessa enkla produkter leder fram dock fram till en rad frågeställningar som vi redovisar i denna rapport: Hur pass bra fungerar eldningen ur verkningsgrad- och miljösynpunkt? Vad handlar det om för temperaturer? Vad händer om man försöker återfylla korgen sedan den brunnit ut? Ger olika dimensioner på pellets skillnader i prestanda? Ger olika eldstäder olika resultat? Hur ser den optimala korgen ut?

Vi har i detta projekt eldat 4 st olika fabrikat av pelletsorgar, med 4 pellets från 4 olika leverantörer i 3 olika typer av lokaleldstäder. Vi har studerat hur olika konstruktioner påverkar förbränningsresultatet och har tillsammans med en tillverkare gjort en optimerad version.

Pelletskorgen ger en delvis annorlunda karaktär på brasan än en renodlad vedbrasa och pellets är förmodligen i de flesta fall betydligt dyrare än ved. Miljömässigt kan vi konstatera att det går att klara BBR:s miljövärden i de allra flesta driftfall. Detta trots att luftöverskottet är stort och normaliseringen av miljövärdet till 13% O<sub>2</sub> innebär stora uppräknings. Jämfört med vedeldning är det oftast så att *såväl utsläpp som säkerhet* vinner på en pelletskorg. Ur säkerhetssynpunkt bör man dock undvika att återfylla en nedbrunnen pelletskorg med ny pellets. Önskar man ytterligare brinntid bör man istället ha två korgar och växelvis elda dessa.

De bästa resultaten har vi genomgående fått med pellets tillverkad av Cambi AS i Norge och Solett från Skellefte Kraft AB. Dessa pelletsleverantörer säljer pellets med den högsta bulkdensitet. Den väger helt enkelt mera per volymenhet. Vi har också noterat att pelletskorgar avsedda för slutna eldstäder med fördel kan vara utan lufthål i bakkanten, medan korgar för öppna eldstäder med fördel kan ha lufthål runt om.



*Det finns många varianter av pelletskorgar på marknaden. Korgen kan användas i kaminer, braskaminer och i öppna spisar. Man kan t o m använda den som mysbrasa vid utflykten i skogen och grilla eller koka kaffe på det grillgaller som finns som tillbehör. Kostnaden är från några hundralappar och uppåt. En full korg med pellets brinner med en ren och rökfri låga i uppemot 2,5 timmar.*

## Bakgrund

Sverige står inför en omställning av energisystemet där kärnkraften skall avvecklas samtidigt som utsläppen av växthusgaser skall minska. Nyckeln till denna omställning ligger i att ersätta olja och elström för uppvärmning med förnyelsebar energi från sol, vind vatten och bioenergi.

Bioenergi är i detta sammanhang den viktigaste ”nya” energiformen. Vi utnyttjar idag ungefär 93 TWh vilket är mindre än hälften av den potential som finns inom landet. Stora mängder massaved t ex ligger idag och ruttnar bort i våra skogar då massafabrikerna billigare köper ved från Ryssland än massaved från inlandet.

Bioenergi i form av pellets kan tillverkas där tillgången på råvara finns och för en rimlig transportkostnad fraktas till användarna. I Sverige har vi idag en produktionskapacitet att tillverka 1 milj ton pellets årligen, fördelat på närmare 30 fabriker från Malmö i söder till Luleå i norr. Den kapaciteten kan troligtvis fördubblas innan konflikt behöver uppstå kring råvaran. Under 1999 eldades omkring 600 000 ton pellets i Sverige.

Pellets kommer att få en ökad betydelse för uppvärmning av bostäder. Både som bränsle i fjärr- och närvärmesystem och som värmekälla i enskild uppvärmning. Redan idag ökar försäljningen till villavärme med drygt 40% per år. Och den utvecklingen väntas fortsätta under de kommande åren.

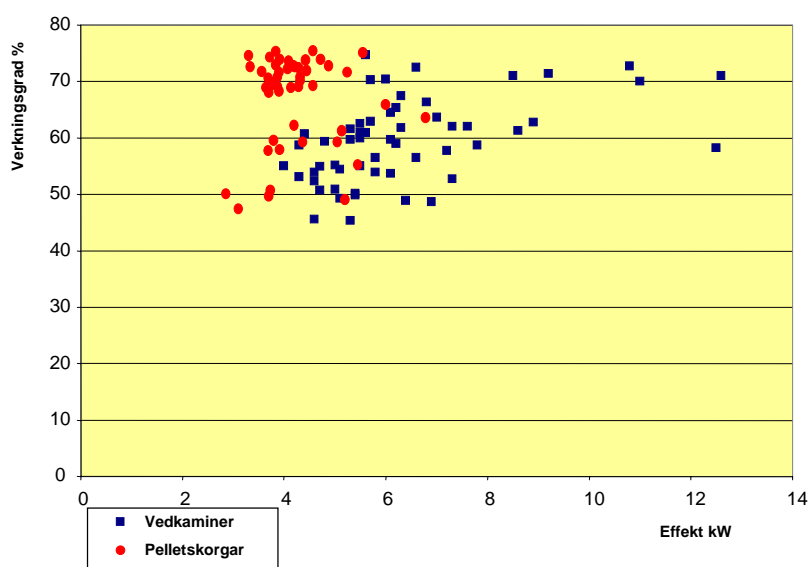
Villaägarna använder pellets som primär värmekälla i pelletsbrännare och pelletspannor där pellets i första hand ersätter vedeldning i gamla pannor och dyrare oljeeldning. Allt fler villaägare har också upptäckt att en pelletskamin kan klara i stort sett hela värmebehovet i en direktelvärmad villa. I dag finns även vattenmantlade pelletskaminer som även genererar tappvarmvatten plus värme till några extra radiatorer i avlägsna utrymmen.

I och med att pellets blir vanligare och allt fler kommer i kontakt med bränslet ökar också nyfikenheten på att prova. Enligt skorstensfejarmästarnas statistik finns närmare 1 milj lokaleldstäder installerade i vårt land. Omkring 300 000 av dessa används i mer eller mindre omfattning som värmekälla, resterande används mer sporadiskt som en sk trivseleldstad.

Det stora flertalet öppna spisar och braskaminer används alltså i första hand som ren trevnad. Man eldar nån gång ibland för att skapa trivsel och inte för att producera energi. Till en viss del kan säkert tillgången på ved utgöra en begränsande faktor. Oavsett vilket, är en pelletskorg ett intressant alternativ då den är lätt att använda, pellets finns att köpa i bekväma säckar och trivseffekten är likartad en vedbrasa. Pellets är rent, bekvämt och billigt att använda, lätt att transportera och lagra.

För de användare som nyttjar sin lokaleldstad som värmekälla uppstår ett annat behov. Ofta ger en traditionell braskamin alltför höga effekter. Det blir lätt för varmt under tiden man eldar. Kaminen

### Lägre effekt/ Högre verkningsgrad



En pelletskorg i en braskamin ger ofta runt 70% i verkningsgrad och en avgiven effekt på 3,5- 4,5 kW. Detta ger både en någorlunda bra ekonomi och jämnare komfort för användaren. Data från vedkaminer hämtade från STEM projekt 11027-1 ”Vedkaminer och Spisinsatser”.

lagrar alltför lite energi och temperaturen faller så snart det slocknat i kaminen. Det är svårt att hålla en jämn och behaglig värme. Resultatet blir ofta att användaren försöker strypa på lufttillförseln för att få längre brinntid med en låg effekt. En sådan eldningsteknik ger lätt störningar i form av rök och lukt i omgivningen.

Även i dessa fall kan en pelletskorg vara ett utmärkt alternativ till vedeldning. Förutom att pellets kan köpas i bekväma förpackningar är den lätt att elda med lagom effekt. En pelletskorg brinner i 2,0- 2,5 timmar, vilket ofta är dubbelt så länge som en vedbrasa. Avgiven effekt ligger på 3,5- 4,5 kW vilket stämmer bra mot det värmebehov eldaren kan tillgodogöra sig av. Han får en behagligare och jämnare värme med en halverad arbetsinsats. Verkningsgraden ligger ofta på runt 70- 75% vilket ger en godtagbar ekonomi med ett pris på färdig värme strax under 50 öre/kWh.

Mot denna bakgrund är det lätt att förstå att en pelletskorg mycket väl är ett alternativ för 100 000-tals villaägare, både som värmekälla och som trivseffekt. En pelletskorg kan dessutom vara inkörsporten till att på sikt byta den manuella hanteringen mot en automatisk pelletskamin. Kort sagt; pelletskorgen är en intressant produkt som bara kostar några hundralappar i inköp.



## Målsättning

Pellets-korgen en produkt som har funnits lika länge som det funnits pellets på marknaden. Men eftersom produkten är billig att tillverka/köpa så har mycket lite intresse riktats på att studera hur bra den fungerar och om den är möjlig att förbättra. Produkten klarar inte av att bära dyrbara provnings- och utvecklingskostnader. "Try and Error" har varit ledstjärnan i utvecklingen.

Äfab har i detta projekt fått möjlighet att studera pellets-korgarna lite närmare. Via ett bidrag från Energimyndigheten har vi under 4 månader testat 4 st olika fabrikat av pellets-korgar, med pellets från 4 olika leverantörer i 3 olika typer av lokaleldstäder. Målsättningen har varit att ta reda på hur pass bra eldningen fungerar med hänsyn till verkningsgrad- och miljöprestanda. Vi har mätt temperaturer och studerat hur olika dimensioner på pellets påverkar förbränningsresultatet.

Målsättningen har vidare varit att studera om olika eldstäder påverkar resultatet. Vi har därför testat korgarna i dels en öppen eldstad, dels i en större traditionell braskamin och dels i en mindre kamin. Detta för att försöka se hur den optimala pellets-korgen ska vara konstruerad. Med ledning av våra resultat har vi sedan tillsammans med en av tillverkarna tagit fram en optimerad version av pellets-korg där vi vägt samman erfarenheterna från våra tester.

Under våra tester har vi även försökt att efterlikna *konsumentens önskemål* på produkten. Korgen skall brinna länge, med en klar och ren flamma och avge lagom mycket värme. Den skall få plats i eldstaden och vara lätt att göra ren.

I sammanhanget har vi också funderat över säkerheten. Vad händer om man försöker återfylla korgen sedan den brunnit ut? Hur påverkas tjärbildning och rökgastemperaturer om man eldar pellets i stället för ved?

## Problemställning

Olika typer av eldstäder ger helt olika förutsättningar för funktionen. Naturligtvis finns det fysiska förutsättningar för användandet. Eldstaden måste t ex ha en tillräcklig volym för att dels få plats med pellets-korgen som sådan och dessutom helst en höjd motsvarande den dubbla pellets-korgens höjd för att skapa ett förbränningsutrymme för flammen.

Ganska snart upptäckte vi även att öppna eldstäder där korgen i princip hade fri tillgång till förbränningsluft gav andra resultat än kaminer med sluta eldstäder. Den optimala korgen för öppna eldstäder såg inte lika dan ut som den optimala korgen i sluta förbränningsrum. I de sluta kaminerna påverkar även den primärluften resultatet.

Genomgående för våra tester är att förbränningen sker med mycket stora luftöverskott. Delvis som en följd av att förbränningsluft "smiter förbi" på sidan av korgen. Vi lade därför ned rätt mycket tid på att försöka konstruera "sekundärluft-trattar" som skulle hjälpa till att ge sekundärluft i centrum av flammen. (Se bild till höger). Men resultaten av dessa försök gav varken positiva eller negativa effekter.

Vi kan dock inte med säkerhet påstå att de resultat vi uppnått gäller för alla typer av eldstäder då vi helt enkelt testat få få produkter och kombinationer.



## Utförande av försök

Vi har i detta projekt eldat 3 st kaminmodeller med totalt 4 st olika pelletskorgar med pellets från 4 olika leverantörer. Vi har genomfört eldningarna på så sätt att vi ställt undertrycket i rökkanalen till mellan 12- 15 Pa och sedan fyllt upp korgen med pellets som med hjälp av några centiliter tändvätska har antänds uppifrån. Totalt har vi inom projektet genomfört 72 st mätningar vid olika driftfall, varav ett 15-tal mätningar omfattar provserier med modifierade pelletskorgar.

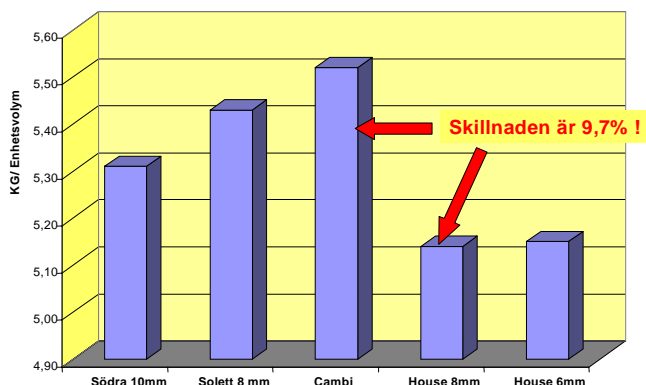
Vi har registrerat och loggat mätvärden för CO, CO<sub>2</sub> THC, rökgas- och rumstemperatur och även gjort enstaka mätningar på NO<sub>x</sub> och O<sub>2</sub>. Därefter har vi räknat om CO och THC (OGC) till enheten mg/nm<sup>3</sup> normaliserat till 13% O<sub>2</sub> enligt de beräkningsformler som gäller. Vi har inte i våra tester mätt några kontinuerliga NO eller NO<sub>x</sub>-värden.

Då det visade sig att förbränningsresultaten förändrades med olika leverantörer av pellets, och att detta inte var beroende av diameter så konstruerade vi en enkel mättrigg för att värdera bulkdensiteten.

En behållare med drygt 8 liters volym konstruerades av ett plaströr och en kona. Röret har en liten öppningsdiameter och kan därför med stor noggrannhet fyllas på ett likartat sätt. Genom att sedan väga behållarens taravikt på en krön våg får vi ett mått på bränslets densitet och med en likartad fukthalt (enl SS) även en koppling till aktuellt värmevärde.



### Bulkvikt på Pellets



Det visade sig att pellets, levererad i säckar för villabruk, har relativt stora avvikelser i bulkvikt. Bland våra tester skiljer sig vikten med hela 9,7 %; från 5,14 kg för den lättaste till 5,52 kg för den tyngsta pelletsen.

Eftersom pellets säljs per viktenhet (ton) så saknar bulkvikten i stort sett betydelse för energipriset. Men förbränningsmässigt eldar man i volym och då kan resultaten påverkas avsevärt.

Vi har eldat pellets från fyra olika leverantörer. 8 mm Solett-pellets (Skellefte Kraft AB), 8 mm House-pellets (Såbi AB), 8 mm Kaminpellets (Cambi A/S Norge) och 10 mm Södra-pellets (Södra Ulricehamn).

Alla levererar pellets i 16-25 kg säck på pall. Priset ligger från 1 400 kr per ton till 1 650 kr per ton inklusive moms. I vissa fall ingår frakten i priset om en viss minimikvantitet köps.

Samtliga dessa leverantörer uppfyller enligt egen uppgift kraven enligt Svensk Standard (SS).





## Erfarenheter

I våra tester har pellets med den tyngsta bulkvikten genomgående fått de bästa förbränningsresultaten, men vi har anledning att förmoda att skillnaderna skulle bli större om vi gjort motsvarande tester på pelletsbrännare och pelletskaminer som har en kontinuerlig skruvmatning av bränslevolym. Vet man om problemet kan man i dessa utrustningar ofta enkelt justera luftmängden till rätt bränslevolym. Förmodligen kan orsaken till många ”svårförklarade driftstörningar” finnas i skillnader i bränslets bulkvikt.

När det gäller eldning i pelletskorgar är det svårare att reglera lufttillförseln. Oftast får man elda med den luftmängd som kaminen tillåter. I en öppen eldstad saknas dessutom reglermöjligheterna nästan helt. I dessa fall kan det vara avgörande för det miljömässiga resultatet att man har ett bränsle med en hög volymvikt.

### Miljövärden

Sverige håller på att anpassa miljökraven till en kommande europeisk CEN-standard. Det innebär att krav kommer att ställas både på utsläpp i form av CO (koloxid) och THC (totaltolvete). Det senare omräknas till vad man kallar OGC vilket står för organiskt bundet kol. I BBR (Boverkets Byggregler) gäller idag endast krav på OGC. Halten får inte överstiga 250 mg/nm<sup>3</sup> vid 13% O<sub>2</sub>. I framtiden kan vi räkna med att motsvarande krav för CO kommer att införlivas i svensk lag och hamna på 5000 mg/nm<sup>3</sup> vid 13% O<sub>2</sub>. Se även bil 1.

Genomgående blir resultaten för pelletskorgarna bättre och stabilare än motsvarande eldning med ved-brasor. Såväl CO som THC halterna är extremt låga. Även pikarna i samband med uppstart och nedeldning är relativt låga och korta i tiden. Driftperioden kännetecknas av att den är stabil med extremt låga utsläpptal. Detta gäller i synnerhet om vi tittar på miljövärdena i absoluta tal som ppm. Se även diagram på sid 13.

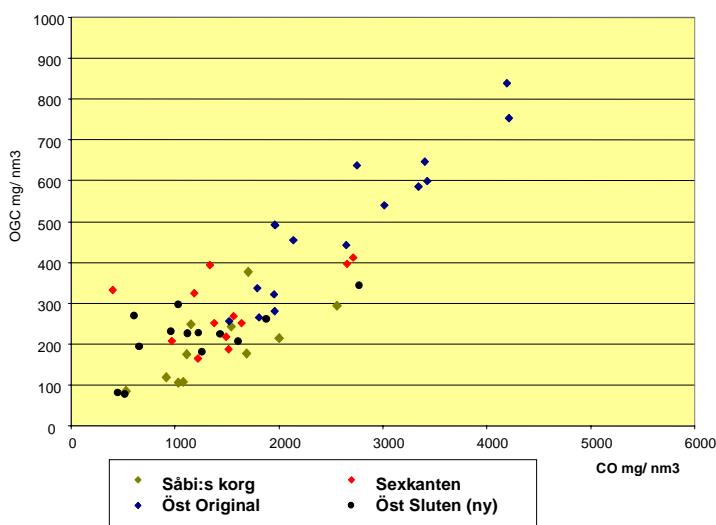
Men eftersom luftöverskottet är stort påverkas de *normaliserade miljöresultaten* negativt. Eftersom luftöverskottet är högre än 13% O<sub>2</sub> så får man räkna upp miljöresultaten rejält. Trots det hamnar man ofta under- eller nära gränsen för miljögodkännande enligt BBR.

### Verkningsgrad och säkerhet

Luftöverskottet påverkar även verkningsgraden negativt. Tack vara att resultaten är stabilare och bränslet homogenerare än vid vedeldning blir pelletskorgens verkningsgrad ändå *något bättre* än originaleldstadens prestanda vid vedeldning. Se även diagram på sid 5.

En pelletskorg brinner långsammare med en lägre avgiven effekt än en vedbrasa. I de fall vi kunnat notera förbättrade verkningsgrader kan de i första hand tillskrivas de lägre rök-gastemperaturerna. Kombinationen fullständigare förbränning och lägre rök-gastemperaturer ger även *andra positiva effekter* för användaren. Risker för sotbrand, klagande grannar och överhöga rök-gastemperaturer kan i stort sett anses vara borta.

### Miljövärden; olika korgar



*En stor del av kaminens luftmängd passerar pelletskorgen utan att delta i förbränningen, vilket resulterar i ett stort luftöverskott som i sin tur innebär att miljöresultaten får räkas upp rejält när man normaliserar värdet. Se även vidare på sid 13 "Resultat".*

Och en lägre avgiven effekt innebär för det stora flertalet med sk lätta eldstäder att den avgivna effekten till rummet bättre svarar mot behovet. Komforten ökar och man får en behaglig värmespridning. Brinntiden för en pelletskorg är 2 till 3 ggr längre än en ordinär vedbrasa.

Det är dock i sammanhanget viktigt att påpeka att man bör undvika att återfylla en nedeldad pellets-korg med nytt bränsle. Detta på grund av risken för att glödrester kan finnas kvar i bottenaskan som startar en gasproduktion underifrån i korgen. Blir förhållandena de rätta kan dessa gasproduktion orsaka kraftiga rökgasexplosioner (puffar). Vill man fortsätta eldningen är det lämpligaste att ha två korgar och skifta hela korgen.

Sammanfattningsvis konstaterar vi att pellets-korgen som produkt är underskattad av marknaden. Den ger betydande vinster för primäreldaren i form av lagom värmeproduktion under lång tid och ger för trivseldaren trivsamt flamma utan irriterande ”sprätt” i den öppna spisen eller på utflykten.

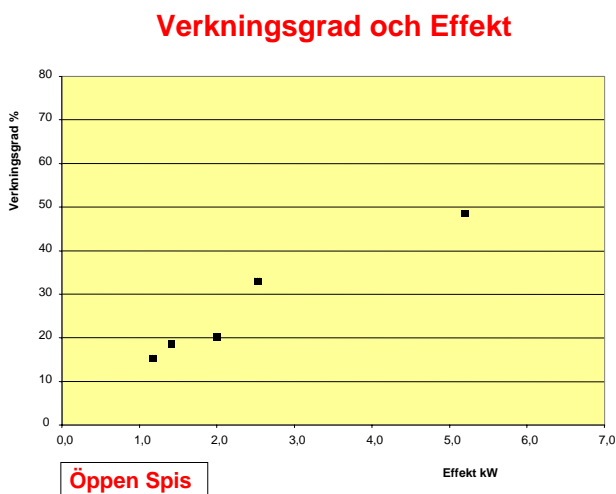
## Öppna spisen

Vi har dels eldat pelletskorgarna i en stor braskamin (Handöl) med öppen lucka för att kunna utföra mätningar under likartade betingelser som övriga provtagningar med instrument, och dels eldat i en äldre sk murspis utan luckor hemma hos undertecknad (se även bilden på framsidan).

De personliga erfarenheterna av att elda pellets i min murspis är enbart positiva. Jag har enbart använt korgarna för trivseldning men upplever ändå pelletseldning som ett mycket bra alternativ med rena vackra flammor och minimal askproduktion. Resultaten i den öppna eldstaden skiljer sig från de övriga på så sätt att den *helt öppna korgen* gav något bättre värden och definitivt den vackraste flammen att titta på.



*I den öppna eldstaden fungerar en öppen korg bäst och ger den vackraste flammorna att titta på. Skillnaden mellan de olika korgarna är dock mindre i en öppen eldstad än i en sluten.*



*Diagram t.v. Vid trivseldning i en Öppen Spis kan man inte räkna med att verkningsgraden blir speciellt hög då luftöverskottet är enormt stort. Detta gäller för övrigt även vid vedeldning.*

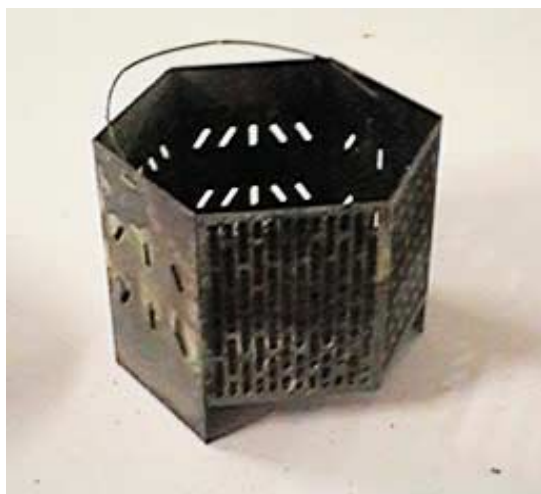
Som diagrammet ovan visar blir inte verkningsgraden speciellt hög när man trivseldar i en öppen eldstad. Luftöverskottet blir enormt stort, vilket naturligtvis sänker verkningsgraden och ökar på de normaliserade miljöresultaten. I kap ”Resultat i siffror och diagram” har vi redovisat skillnaden mellan redovisningen i ppm och som omräknat och normaliserat miljöresultat i enheten  $\text{mg}/\text{nm}^3$ . Vi redovisar där även hur resultaten ser i i förhållande till vedeldning i samma kamin. I båda fallen är resultaten hämtade från *alla typer av eldningscykler* och skall alltså inte ses som ”renodlade miljöprov” utan mer som ett exempel på hur tekniken skulle fungera i praktisk drift ute hos konsumenten.

## Lilla kaminen

För de minsta kaminenerna är säkert storleken på korgen en begränsande faktor. Vi valde en kamin med en hög men smal eldstad (Caminetti Montegrappa bilden t.h.) för att kunna utföra försöken i en mindre eldstad. Fördelen med denna eldstad är att det inte finns så mycket plats för förbränningsluften att "smita förbi korgen" och orsaka onödigt luftöverskott.



Trots den höga och smala glasluckan, som dessutom kommer mycket nära själva flammen kunde vi inte konstatera några nämnvärda beläggningar på glasytorna med någon av de provade korgarna. Vi har inte inom detta projekt gjort några försök i eldstäder där flammen inte har plats att brinna färdigt, men av erfarenhet från pelletsbrännare och vattenmantlade eldstäder vet vi att nedkylningen av toppen på flammen påverkar miljöresultatet ganska lite. Nackdelen blir i stället att man inte visuellt kan njuta av flammen.



Den sexkantiga korgen finns i flera storlekar, varav vi testade den minsta. I *originalutförande* var det denna korg som genomgående fick de bästa testresultaten.

Anledningen var att såväl sidorna som bakkanten var i det närmaste helt stängda och att bak- och sidostyckena går ned till eldstadsbotten (utgör även fot för korgen) och tvingar på så sätt upp luften genom bränslebädden.

I denna höga och smala eldstad fungerade alla korgarna riktigt bra. Allra bäst gick faktiskt ett avkapat spirorör satt på en fot med ett rooster 2 cm ovanför botten. Men den konstruktionen ger inte betraktaren den visuella kontakten med elden som är önskvärd.

*Den sexkantiga korgen är den minsta till formatet och den korg som i originalutförande gav det bästa förbränningsprestandat.*

## Stora Braskaminen

Som representant för de "stora" braskaminenerna valde vi en traditionell braskamin (Handöl). Modellen är en av marknadens mest sålda braskaminer och finns i detta (eller liknade utförande) i tiotusentals villor och fritidshus. Även våra mätningar på *öppen eldstad* är utförda på denna kamin, men då eldad med helt öppen glaslucka.



Inte heller i denna typ av kaminer kunde vi notera störande beläggningar på glasytorna, utan dessa var rena trots upprepade eldningar med olika korgar och dimension av pellets.



Bilden t.v. visar Såbi:s pelletskorg. Det är en rektangulär modell som också representerar den vanligast typen av pelletskorg. Fördelen med en rektangulär korg är att man får en större volym på "mindre totalyta" och därigenom gör det svårare för primärluften att "smita förbi" korgen utan att delta i förbränningen.

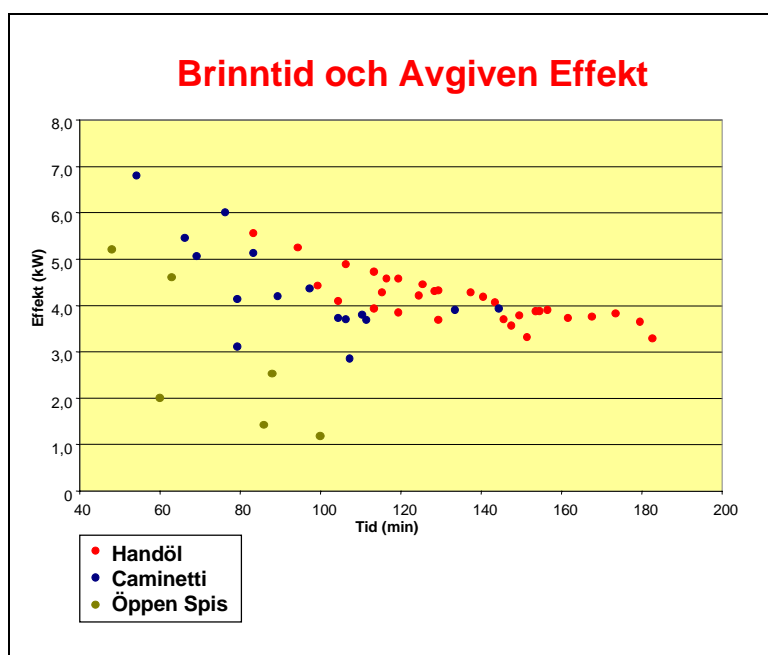
Prestandamässigt fungerar korgen utmärkt men kan i vissa fall vinna på att man täcker bakväggen med en plåt.



Efter våra försök med ett avsågat spirorör gjorde Pellets-värme i Öst en modifierad korg där bakväggen och sidorna var täta medan fronten var öppen. Detta för att bibehålla kontakten med flaman samtidigt som man samlar in förbränningsgaserna och minskar luftöverskottet.

Denna korg fick sedan de bästa resultaten i första hand beroende på att  $O_2$ -halten kunde minskas och därmed minskar uppräknigen av miljövärdena vid normaliseringen.

Sammanfattningsvis kan vi konstatera att den större Handölspisens som väntat gav de stabilaste resultaten. Avgiven effekt till byggnaden hamnade oftast på c:a 4 kW med en brinntid på mellan 120- 150 min. För den öppna eldstaden blir brinntiden avsevärt kortare - c:a 100 min. Se diagram nedan.



I min bostad har jag förutom att elda pellets även eldat *spånriketter* i liknande korgar. Detta är om möjligt ännu bekvämare och ger användaren den fördelen att man kan fylla på korgen även sedan den brunnit ned samt att riketter ofta betingar ett lägre pris per ton än pellets.

Riketterna är större (diameter 50- 75 mm) och ger en mindre kompakt bränslebädd där förbränningsluften lättare tar sig rakt igenom. Riketterna antänds enkelt genom att en lite kort ”stump” av ett stearinljus placeras brinnande i korgen och riketterna läggs därefter på lite försiktigt så att lågan kommer i kontakt med någon eller några riketter. Efter ett par minuter har elden tagit sig. Inom vårt projekt har vi inte gjort några mätningar på riketteldning, varför vi inte har några resultat att redovisa.

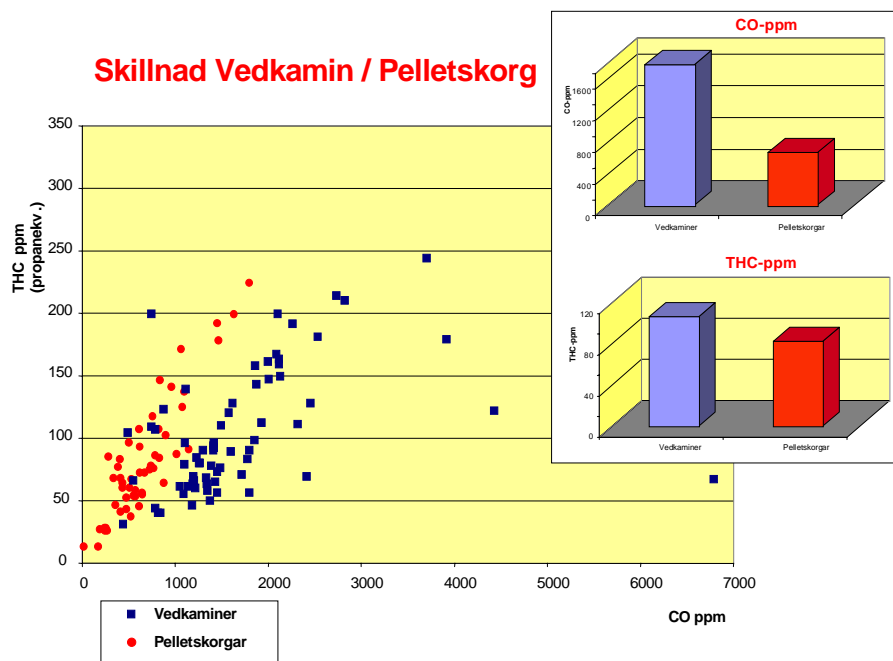
Fyller man med pellets så är tändvätska på toppen av bädden att föredra. Observera! Det är olämpligt att försöka fylla på en pelletsorg med ny pellets. Då kan en gasproduktion starta underifrån på gamla glödrester som kan orsaka en ordentlig rökgaspuff. Behöver man längre brinntider bör man alltså välja riketter eller använda två korgar och växelvis elda dessa med pellets.

## Resultat i siffror och diagram

Vi har i ett tidigare projekt tittat på hur vedkaminer fungerar vid olika driftfall (Stem projekt 11027-1). I detta projekt har vi valt att elda pelletskorgarna i 2 av de kaminer som vi använde i det förra projektet. Det ger oss även möjlighet att jämföra prestandat mellan vedeldning och pelletseldning. I båda fallen har eldningen skett på det sätt vi kan förvänta oss att en användare eldar. Det betyder att resultaten i medeltal är sämre än en regelrätt miljöprovning skulle ha blivit.

Vårt allmänna om-döme är att det är lättare att uppnå bra prestanda med en pelletskorg än med vedeldning. Detta bekräftas även av våra mätningar och i synnerhet om vi redovisar resultaten som ppm och medelvärden av alla eldningar.

De röda prickarna (och stplarna) i diagrammet t.h. är våra resultat med pelletskorgar och de blå är tidigare resultat vid vedeldning i samma kaminer.

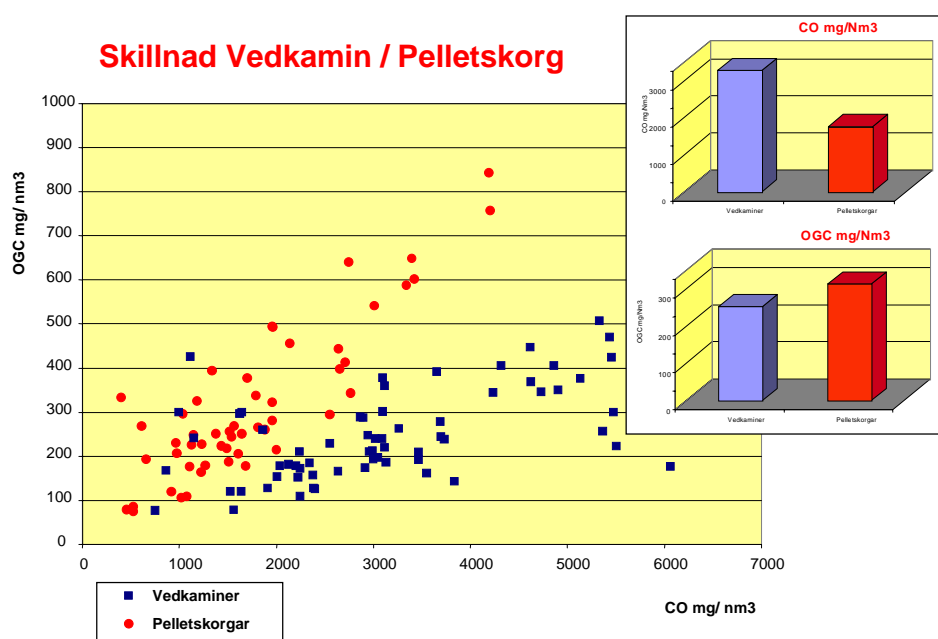


Notera att svärmen av prickar har ungefär samma lutning och trend, men att nivåerna på framförallt CO är betydligt lägre vid pelletseldning. Detta är sannolikt ett resultat av att pellets är ett torrare och homogenera bränsle än björkved.

Samma tendens finns kvar, om än inte lika tydlig, även när miljövärdena normaliserats till 13% O<sub>2</sub>. I vart fall när det gäller utsläppen av CO.

För OGC-halten ökar medelutsläppet något men ligger i de flesta normala driftfall gott och väl under de prestanda vi gärna ser i praktisk drift.

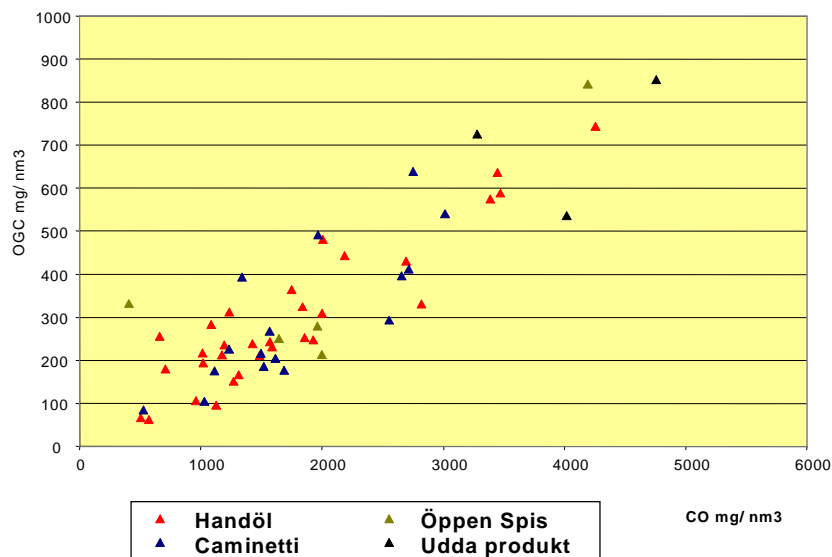
Notera att lutningen på "svärmarna" nu förändrats så att kurvan blir flackare när





Detta visar tydligt att pelletskorgen är ett mycket rent och bra alternativ till vedeldning i traditionella öppna spisar.

## Miljövärden; olika eldstäder



Tendensen är även den att den större braskaminen var stabilare och lättare att reglera förbränningen i än den mindre kaminen. Något som även syns i diagrammet på sidan 12 där det tydligt framgår att det är möjligt att, åtminstone till en viss del, reglera effektuttaget.

I både den öppna eldstaden och i den mindre kaminen fick förbränningen "bli vad den blev" då det i stort sett bara är undertrycket i rökkanalen som avgör hur mycket luft som kommer till förbränningen.

## Resultaten fördelat på korgmodell

Vi vill betona att avsikten med detta projekt inte varit att jämföra olika fabrikat av pelletskorgar med varandra, utan vår målsättning har varit mer att studera hur tekniken fungerar i kombination med olika sorters pellet och i olika sorters eldstäder. Vårt mål har varit att med denna studie som bas försöka konstruera en pelletskorg som är mer optimerad. Men det är ändå intressant att göra en jämförelse med de driftfall och eldstäder och som kan komma ifråga hos användarna. Våra resultat speglar därför mer var tekniken som sådan står än ett utslag för enskilda fabrikat av korgar.

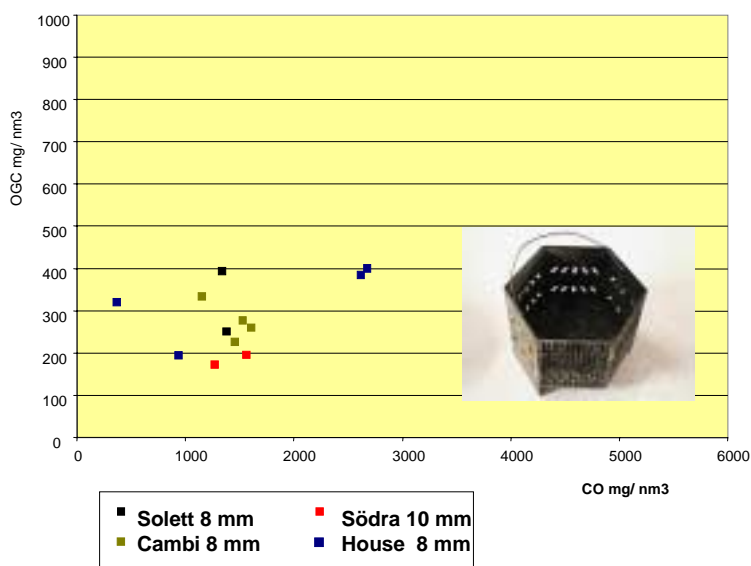
### Sexkanten

Denna korg görs i flera storlekar varav vi testat den allra minsta. Den är till formen sexkantig och har nästan helt slutet bak- och sidostycken. Fronten är mer öppen vilket skapar en god kontakt med flammen.

Det var denna korg som i originalutförande gav de klart bästa resultaten. Notera t.h. att konstruktionen oavsett pellets kvalitet och eldstad i stort sett klarar miljökraven på OGC, och med marginal klarar ett ev kommande krav på CO.

För den som har en liten eldstad är denna modell en av marknadens minsta korgar till formatet. Trots det har man 2 timmars brinntid i normalfallet.

## Sexkanten; olika pellets



### Såbikorgen

Den rektangulära modellen representerar den vanligaste konstruktionen på marknaden.

De avvikande värdena är från två av de kaminer som var avvikande och som sedan inte användes mer i försöken.

Vi har valt att ta med dessa värden ändå som en slags "sämsta driftfall" som skulle kunna efterlikna de fall där man använder en pelletskorg i kombination med en olämplig eldstad.

Notera att även i dessa fall är miljövärdena inte någon katastrof även om de är 2 gånger högre än BBR:s gränsvärde.

### Öst Original

Pelletsvärme Öst är den leverantör som har den mest genomarbetade marknadsföringen. Korgen levereras i en snygg kartong med utförlig drift- och skötselansvisning. Man kan få grillgaller och askplåt i leveransen.

I öppet utförande var denna korg den som hade den största spridningen av resultaten. Men samtidigt den korg som gav de vackraste flammorna vid eldning i en öppen eldstad.

Den öppna konstruktionen ger förmodligen i en sluten eldstad en alltför snabb avgasning av bränslet så att ordinarie primärlufttillsats har svårt att räcka till.

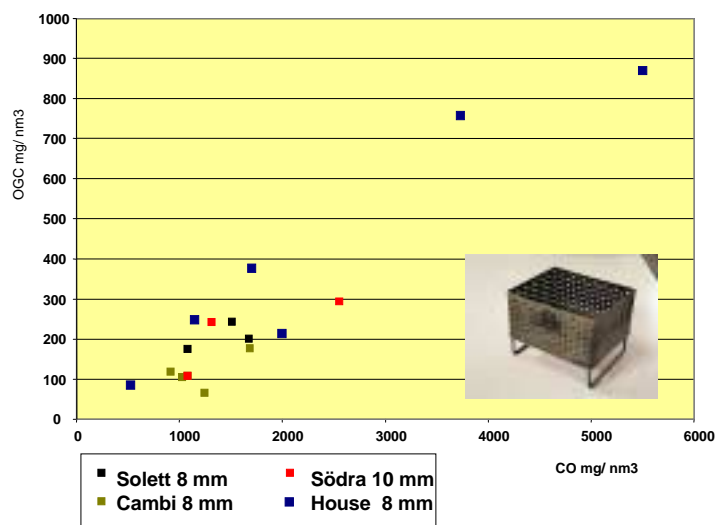
### Öst Slutet (ny)

Först provade vi med att försöka förbättra resultatet med olika former av koner som skulle leda in mer luft i centrum av korgen. (Se även bild sid. 7). Detta gav inte alls önskat resultat.

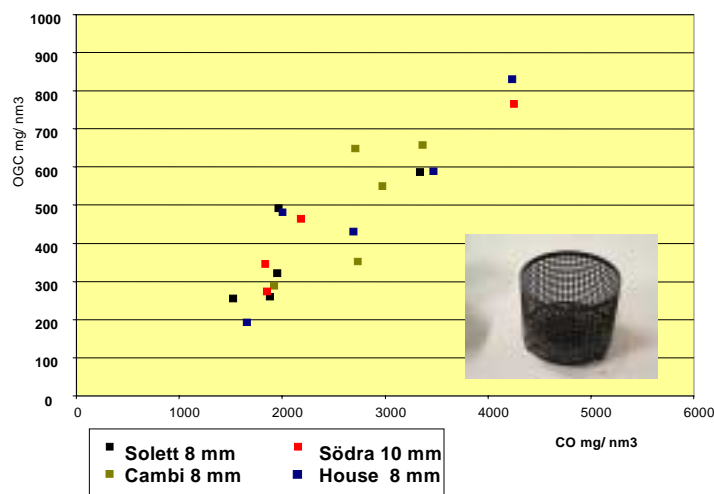
Med ledning av erfarenheterna från övriga tester valde vi att istället gå andra vägen och minska lufttillsatsen och prova olika rosterkonstruktioner.

Den nya versionen av korg uppvisar därefter de stabilaste prestandat av alla och klarar i stort sett alla miljökrav oberoende av eldstad och pelletskvalitet.

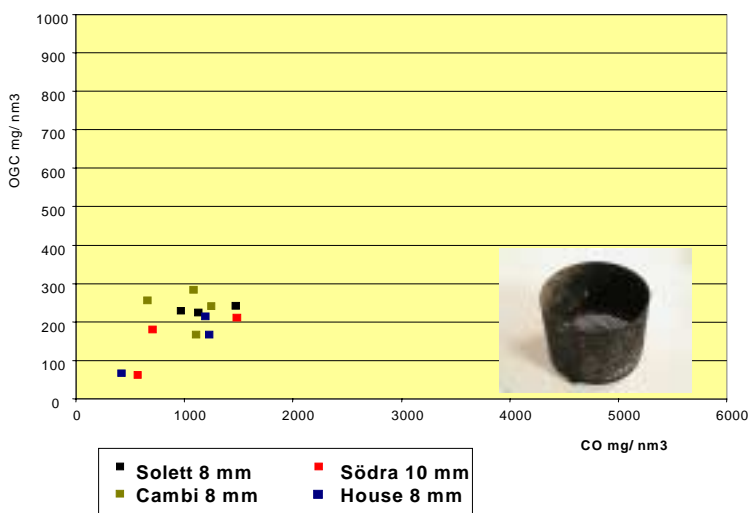
### Såbikorgen; olika pellets



### Öst Original; olika pellets



### Öst Slutet (ny); olika pellets





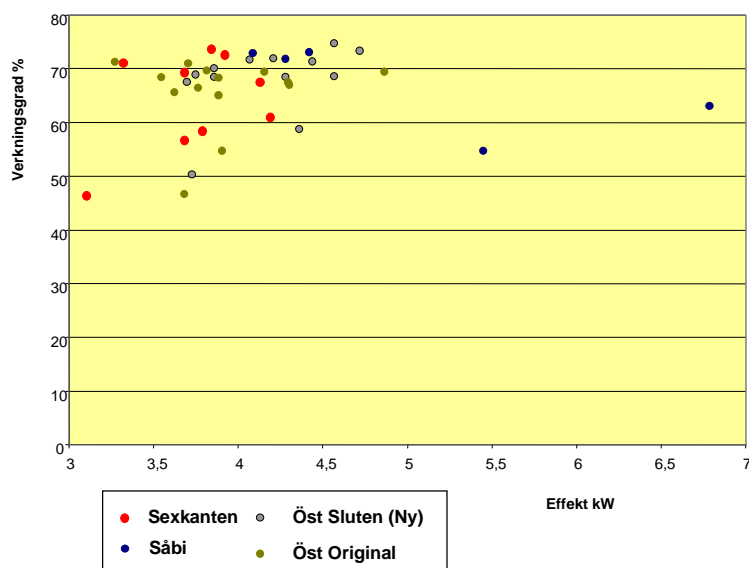
## Verkningsgrader och Effekt

Om vi så försöker sammanfatta resultaten av våra erfarenheter för de driftfall där korgen installeras i en sluten eldstad och därmed även kan komma att eldas även för att fylla ett värmebehov. Av diagrammet vid sidan kan vi se att merparten av eldningarna ligger på effektuttag mellan 3,5- 4,5 kW, vilket torde vara en "lagom" effekt för en normalvillas behov.

I de allra flesta fall hamnar verkningsgraden runt 70% vilket får anses vara bra med tanke på de luftöverskott som tekniken använder. Förmodligen skulle man i varje enskilt fall kunna förbättra verkningsgraden 5- 10%-enheter genom att enbart styra förbränningsluften mot pelletskorgen och på så sätt undvika att en stor del av luften bara smiter förbi. Men detta skulle kräva individuella lösningar för varje enskild produkt.

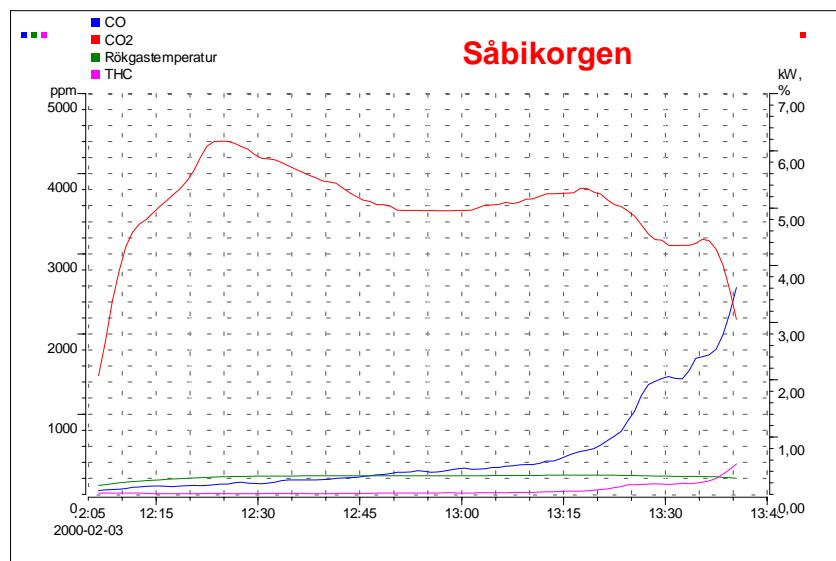
En verkningsgrad på ungefär 70% är ofta högre än kaminens prestanda vid vedeldning och ger användaren ett överkomligt energipris. Anledningen till att det blir så pass bra prestanda är att förbänningen sker ganska stabilt, med korta uppstart- och nedeldningstider. Här nedan kan vi jämföra olika eldningscyklar för pelletskorgar med motsvarande diagram för traditionell vedeldning i samma kamin.

### Verkningsgrad och Effekt



### Stabila förbränningsresultat

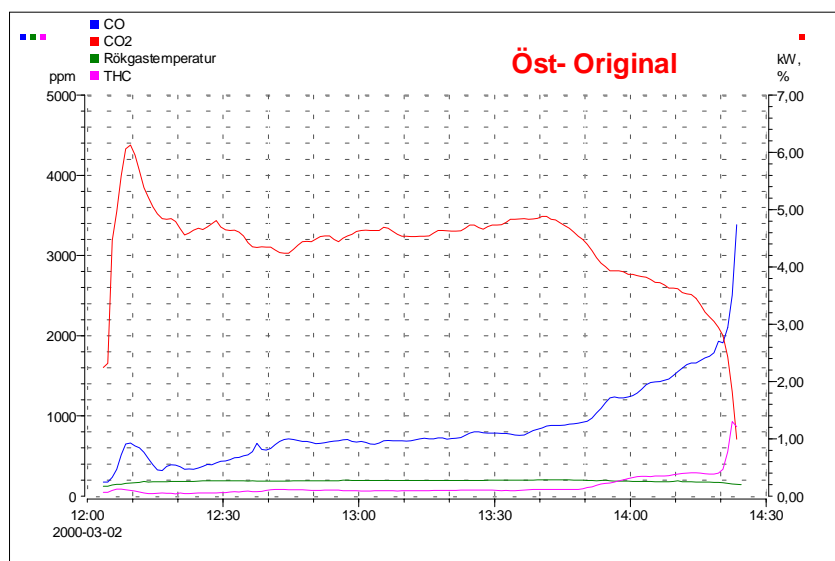
Genomgående för alla eldningar i korgar är att resultaten är mycket stabila. Efter upptändning tar sig förbränningen snabbt och ligger sedan kvar på en jämn nivå till dess att glödzonen vandrat nedåt till botten av korgen. Notera att även nedeldningen sker under en kort tid av den totala brinntiden.



Det är dessa jämna prestanda som är orsaken till att resultaten blir bättre än man normalt erhåller eldning med ved. Jämför med diagram från Äfabs kamintest på sidan 19.

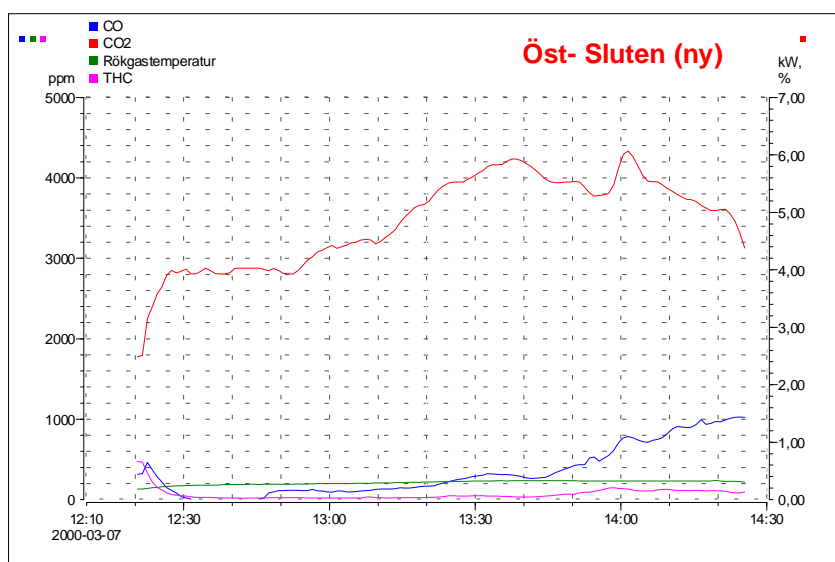
När det gäller utsläppen av CO och THC så är det främst i slutfasen av eldningen som man kan notera nivåer som är märkbara.

Utsläppen uppstår när glöden nått botten av korgen och de flyktigaste gaserna avgått. Då sjunker förbränningstemperaturen och därmed ökar utsläppen av oförbrända ämnen. Eftersom detta sker i mer eller mindre glödfas finns ingen synlig rök som kan störa kringboende grannar. Så ur störningssynpunkt är en pelletskorg en ypperlig lösning i de fall man noterat obehag av störande vedrök.



Om vi sedan jämför de båda korgarna från Pelletsvärme-Öst, där den slutna korgen är en ny korg som konstruerats med ledning av erfarenheter från detta projekt, kan vi se att förbränningen ändrat karaktär trots att brinntiden (och därmed effekt) inte förändrats.

Från att ha haft en intensivare förbränning i början av eldningen har förhållandet nu blivit det omvända. Ett liknande förbränningsdiagram ser vi även hos Sexkanten som också är en "sluten" korg.



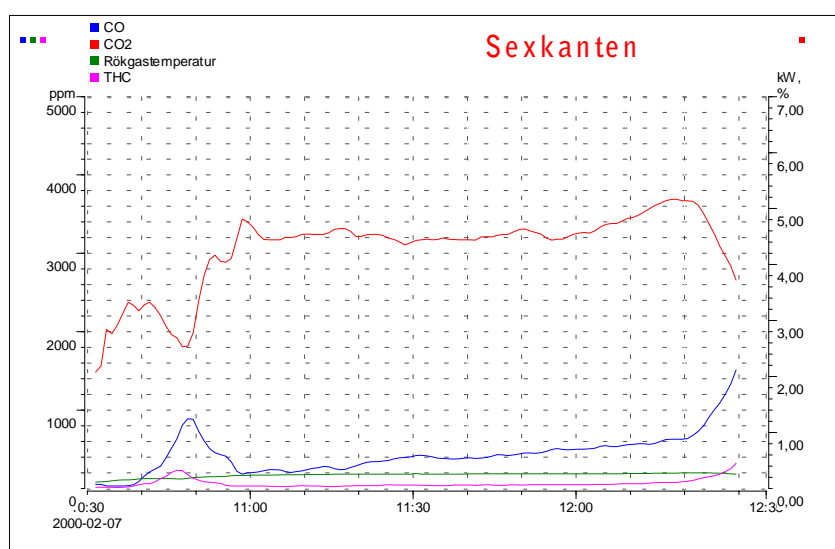
Observera att detta gäller sluta eldstäder med en begränsad luftmängd på primärsidan. I öppna eldstäder är kan det däremot vara en fördel om korgen är öppnare.

CO<sub>2</sub>-halten är trots allt låg och det betyder att förbränningen sker med ett stort luftöverskott.

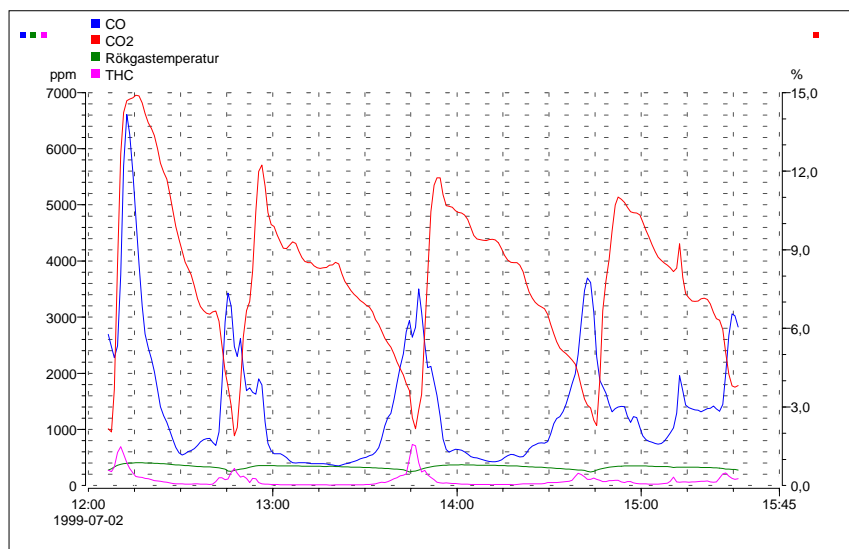
Luftöverskottet är till en del orsakat av att pellets-korgen inte fyller upp hela eldstadsrummet i kaminen. Då kan förbränningsluft smita förbi utan att delta i förbränningen.

Detta luftöverskott skulle till en viss del kunna minskas om man i varje kamin gör någon form av styrning så att mer av primärluften träffar pellets-korgen. Men detta måste i så fall ske från fall till fall.

På nästa sida finns ett exempel på förbränningsdiagram från en av de vedka-



miner vi använt i testet. Notera skillnaden i varje eldningscykel när det gäller både tidsåtgång och stabilitet. I diagram nedan ser vi resultatet vid vedeldning med 4 st vedinlägg. Varje inlägg brinner i ungefär en timme och har en *falnande förbränning* med ett betydligt högre monumentant effektuttag.



En braskamin är ofta ypperlig i t.ex. fritidshus där man snabbt behöver höja temperaturen och sedan kan den fortsätta eldningen skär med små brasor ofta då man under helger och ledighet har gott om tid att sköta eldningen. Medan det i moderna hus, med låga effektbehov kan vara betydligt svårare att elda med jämn värmeavgivning utan att det blir för dåligt med luft till förbränningen. Det är då vi menar att pelletsorgen kan vara ett alternativ.

Med en pelletsorg minskar man betydelsen av de yttre omständigheter som *användningsätt, utetemperatur och byggnadens storlek och energibehov* som annars är viktiga parametrar för ett bra eldningsresultat. En pelletsorg fungerar på ett likartat sätt oberoende av användare och typ av eldstad.

## Nyttan med projektet

Vid en första kontakt med produkten ”Pelletsborg” är det lätt att tycka att detta är för simpelt för att kunna fungera bra. Kommentarer som ”-Det blir nog bara besvär” och ”-Det där kan väl aldrig ge någonting?” är vanliga hos konsumenter som första gången stöter på en pelletsborg. Skall man elda pellets så bör det ske i *speciella pelletskaminer* och *brännare*.

Självklart ger en pelletskamin användaren både bättre och bekvämare prestanda. Men pelletsborgens har ändå en given plats på marknaden. De miljömässiga vinsterna kan vara betydande om man byter ut vedeldningen mot pelletseldning, i synnerhet hos en ovan- eller okunnig eldare. En pelletsborg kan därmed vara ett *enkelt- och billigt alternativ* när grannar är störda av vedeldning. Med en pelletsborg kan användaren njuta av brasan utan störande rök från skorstenen. Pelletsborgens kan därmed också bli en naturlig *”inkörsport”* för användaren att lära sig uppskatta pellets som ett uppvärmningsalternativ.

Pelletsborgens borde vara ett självklart alternativ för de många vedeldare som idag köper sin ved och/eller som bara eldar för trivsel. Vill man däremot använda sin kamin som mer renodlad värme-källa vill vi rekommendera att man investerar i en pelletskamin i stället. En pelletskamin har ett större förråd av pellets och kan eldas mot rumstermostat i flera dygn på en enda påfyllning.

Vi har i detta projekt visat att pelletsborgens faktiskt fungerar riktigt bra och kan ge användaren både längre och stabilare eldningsperioder. Den avgivna effekten på 3- 4 kW passar ofta utmärkt i förhållande till en vanlig villas värmebehov. Därmed ökar användarens komfort.

Vårt projekt har för första gången satt focus på denna enkla och billiga produkt. Då konstruktionen är enkel att göra och kostnaden i material bara är några 50-lappar finns det inget intresse (eller ekonomi) hos tillverkarna att teknikutveckla och miljöprova produkterna. Genom att vi fått tillfälle att elda olika typer av borgar i olika typer av eldstäder med pellets av olika dimension och från olika leverantörer har detta gett en unik möjlighet att försöka konstruera en borg med mer genomarbetade prestanda.

Vi har därför i slutfasen av projektet samarbetat med en av tillverkarna (Pelletsvärme Öst) för att optimera utformningen av en pelletsborg. Trots en relativt liten projektbudget kan vi presentera ett bra resultat.

Principen kan dessutom lätt överföras till andra tillverkare som vill göra en borg med förbättrade prestanda. Härmed kan vi påstå att projektet bidragit till att höja såväl kunskapen kring produkten som den tekniska utformningen.

Vårt projekt har även visat att bulkdensiteten hos pellets kan vara mer avgörande för resultatet än andel finfraktioner och diameter. Detta kan visa sig vara en förklaring till många av de driftstörningar som uppstått i pelletskaminer och –brännare. När man justerar in en eldstad så trimmar man vanligen in luftmängden i förhållande till den bränslemängd som skruven matar in. Om man sedan får en pellets med annorlunda bulkdensitet så påverkas självklart förbränningen av ett annorlunda bränsle/luftförhållande.

Det kan därför finnas anledning för pelletstillverkarna att kontrollera vilken bulkvikt man håller, och om den kanske t o m varierar med årstid och matrisernas åldring. Vi tror att just bulkdensiteten kan vara en av de viktigaste parametrarna att hålla reda på för en villaanvändare.



## Slutsatser

Pelletsborgarna är en underskattad produkt på marknaden. Genom sin enkelhet och sitt låga pris kommer den att bli en allt mer attraktiv produkt i takt med att fler villaägare upptäcker fördelarna. Man skall i sammanhanget konstatera att pelletsborgerna naturligtvis inte är något alternativ till en renodlad pelletsbör, men väl ett komplement till de som redan har en bör eller öppenbrän.

Hur pass bra fungerar pelletsborgarna då miljömässigt? Eftersom merparten av pelletsborgarna förmodligen kommer att användas i öppna spisar och i braskaminer för sk trivselbränning är det inte säkert att produkten omfattas av miljökravet i BBR, men genomgående har våra tester visat att pelletsborgarna klarar- eller är mycket nära att klara- gällande miljökrav i BBR. Formodligen t o m så bra att resultaten oftast är betydligt bättre miljömässigt än vid traditionell vedbränning.

Detta kan vara bra att känna till. Pelletsborgerna är då ett enkelt alternativ att föreslå t ex när det konstaterats miljömässiga- eller sanitära olägenheter i samband med ett felaktigt handhavande av en vedbör. Användaren kan fortsätta elda och njuta av brasan och grannarna blir inte störda.

Vi kan förvänta oss stigande energipriser. Då är det troligt att de villaägare som har en lokaleldstad installerad kommer att förändra sitt handhavande och öka omfattningen av eldningen. Från att ha varit en produkt för i huvudsak trivselbränning kommer med största säkerhet allt fler att börja nyttja produkterna mer och mer som en renodlad värmekälla. Då kan en pelletsbör vara inkörsporten till att bekanta sig med bränslet och sedan bidra till att man investerar i en pelletsbör.

Ett genomgående problem för framförallt de *minsta vedbörarna* på marknaden är att det ofta inte finns plats för en pelletsbör. Men finns bara plats så kommer borgen förmodligen att fungera utmärkt, med bättre komfort och lägre rökgastemperaturer än vedbränningen.

Många börar är så små att det inte finns plats för några längre konvektionsytor. Därför är rökgastemperaturen ofta hög och kan vid långvarig vedbränning orsaka skador på rökkanalen. Då kan en pelletsbör minska riskerna. Trots en lägre effekt ger det torra bränslet högre och stabilare förbränningsprestanda med lägre rökgastemperaturer. Eftersom förbränningen också är renare minskar samtidigt risken för sotbränder.

Våra testresultat visar att det går att utveckla tekniken ytterligare. Vi har t ex med enkla medel förbättrat prestandat avsevärt utifrån originalet, trots att våra projektramar inte tillåtit några mer ingående optimeringsarbeten. Men vi ser också att olika pelletsbörskvalitet i princip kräver olika konstruktioner på pelletsborgerna. Det vore därför önskvärt om tillverkarna kunde ange bränslets bulkdensitet eller volymvikt. Då skulle det bli lättare att optimera såväl förbränningsprestanda som produkter. Detta gäller förmodligen inte bara pelletsbörar utan även för pelletsbörar och pelletsbrännare.

Vi har inte tittat på materialval och/eller försökt att bedöma hållbarhet eller livslängd på pelletsborgarna. Förmodligen är inte detta något problem, men vi har ändå stött på börar som "brunnit upp" efter c:a 2- 3 eldningsssäsonger. Prisbilderna på pelletsborgarna är dock så låga att detta kanske ändå saknar praktisk betydelse.

Den *roligaste slutsatsen* från vårt projekt måste därför bli att vi är positivt överraskade av hur pass bra en så enkel produkt som en pelletsbör faktiskt är.

**Bengt- Erik Löfgren och Benny Windestål**  
**Äfab**

Hål i sidan och botten



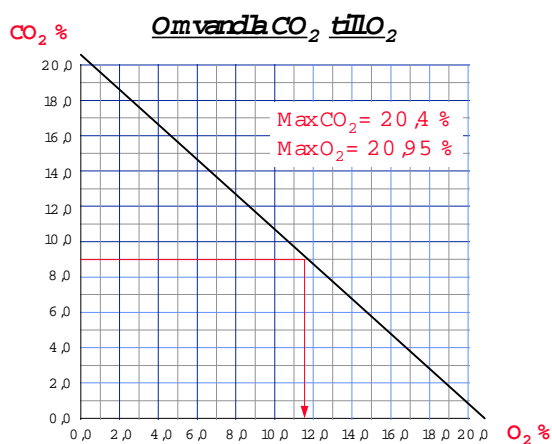
## BILAGA 1.

### Räkna om ppm till mg/Nm<sup>3</sup> normaliserat till 13% O<sub>2</sub>

#### 1. Omvandla % CO<sub>2</sub> till % O<sub>2</sub>.

En viktig parameter 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 om man har luftöverskottet angivet som % CO<sub>2</sub> så måste detta först räknas om till % 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 vångrät 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 %

#### 2. Räkna om CO i ppm till mg/Nm<sup>3</sup> vid t.ex. 13% O<sub>2</sub>.

Nästa steg blir att räkna om de ppm CO som man läser av på instrumenten till den nya enheten. Detta kan för en lekman verka vara en aning omständligt, men uträkningen går att beskriva som en formel som sedan kan läggas in i en mät dator som "on line" kan tala om hur utsläppen ser ut just för ögonblicket. För att förklara hur man gör beräkningen gäller nedanstående parametrar:

- 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.
- Vidare behöver man känna till CO:s *molvik* 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.
- 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*, ger sorten i *mg/nm<sup>3</sup>*.

- 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:

$$(O_{2max} - O_{2norm}) / (O_{2max} - O_{2uppmätt}) = k$$

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

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.

*Exempel: 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:*

$$1\ 000\ (CO) \times 1,25\ (CO\text{-faktor}) \times 0,841\ (vid\ 13\%\ O_2) = 1\ 051\ mg\ CO/Nm^3\ vid\ 13\%\ O_2.$$

### **3. Räkna om THC (som propan) till OGC**

I de nya miljökraven skall man dessutom ange utsläppen av OGC (Organiskt bundet kol). För detta behöver man t.ex. ett flamjoniseringsinstrument som kan ange utsläppet i THC. Uträkningen beror på vilken spårgas man använder. 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 från att vi har det uppmätta O<sub>2</sub>-värdet 11,5 %. Om man skall normalisera till 13% O<sub>2</sub> så skall man göra detta genom att kompensera med en framräknad faktor. Detta värde beräknas genom att lösa ekvationen:

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

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 totalkolväteberäkningar 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>)*

Nu har vi förutsättningarna för att kunna räkna om THC-haltens aktuella värden till den nya enheten mg OGC/Nm<sup>3</sup> vid 13% O<sub>2</sub>.

*Exempel: Om man skall räkna om t.ex. 100 prop.ekv. THC till sorten mg OGC/Nm<sup>3</sup> vid 13% O<sub>2</sub>, ger detta formeln:*

$$100\ (THC) \times 1,64\ (propan\text{-faktor}) \times 0,841\ (vid\ 13\%\ O_2) \times 1,10\ (korr\ varm\ gas) = 152\ mg\ OGC/Nm^3\ vid\ 13\%\ O_2.$$