

LUFTFÖRORENINGAR och BRÄNSLEN

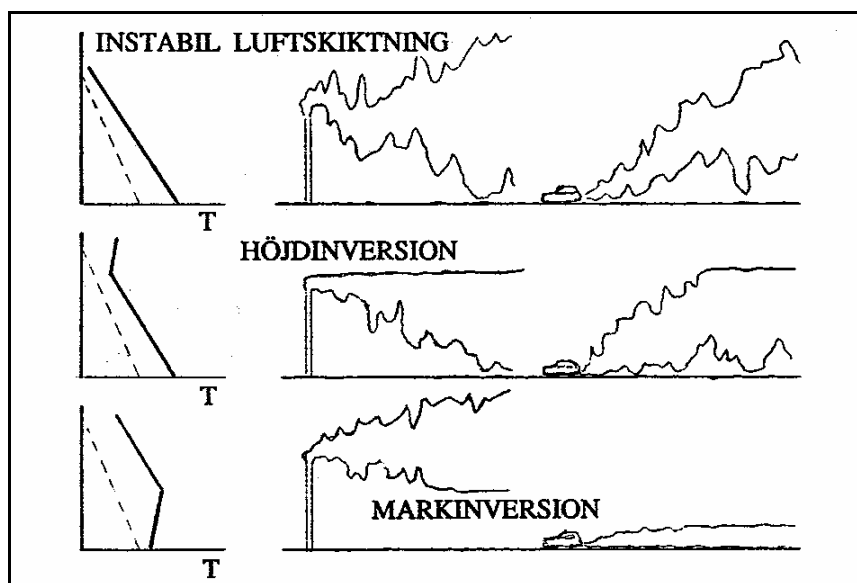
Troposfären, Luftskiktning, Vind, Inversion, Sjöbris Stadsluft, Avgaser, Tobaksrök, Inneluft, Halter Biobränslen, Ved, Olja, Bensin, Drivmedel

Principer för spridning av och exposition för luftföroreningar från olika källor beskrivs. Därefter behandlas emissioner till luft från bränslen och drivmedel. Författarens egen forskning var länge inriktad på detta område.

Dokumentet svarar mot kap 11 (10 s) och 16 (6s) i kursboken Kemisk Miljövetenskap. Boken publiceras under 2008 på nätet i tolv delar som alla nås via denna översiktslänk.
<http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/72639.pdf>

Göran Petersson, Professor i Kemisk Miljövetenskap
Kemi- och Bioteknik, Chalmers, 2008

LUFTFÖRORENINGAR

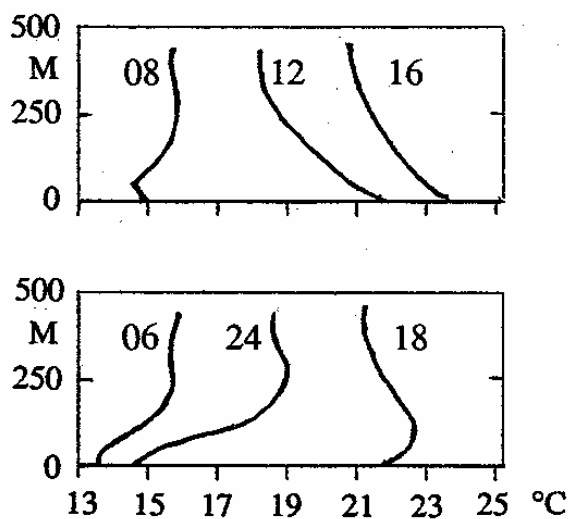


Utsläppsplymer och luftskiktning

Luftens temperaturskiktning: Hur luftföroreningar i utsläppsplymer sprids i höjddled beror på luftens temperaturskiktning som framgår av figuren. En adiabatisk temperaturminskning i höjddled (ca 1°C per 100 m) innebär att luftpaket kan förflyttas i höjddled utan värmeutbyte med omgivningen (streckad linje i figuren). Om temperaturen avtar snabbare har den lättare varma luften på låg höjd en tendens att stiga och den tyngre på hög höjd har en tendens att sjunka. Luften blir instabil och en allt kraftigare omblandning sker ju snabbare temperaturen avtar med höjden. Om temperaturen däremot avtar långsammare än adiabatiskt får luften en tendens att ligga kvar på ursprunglig nivå och luftskiktningen betecknas som stabil.

Inversion: Om *temperaturen ökar i höjddled* är luftskiktningen mycket stabil och man talar om inversion. En *markinversion* utgår från marken och medför hög exposition från marknära utsläpp som fordonsavgaser. En *höjdinversion* fungerar som ett lock på högre höjd. Höjden upp till inversionskiktet varierar liksom inversionskiktets höjd.

Troposfären: Atmosfärens nedre del kallas troposfären och sträcker sig upp till 10-20 km. Den uppvisar i genomsnitt en svagt stabil luftskiktning. Luftföroreningar stannar därför i stor utsträckning kvar i troposfärens nedre del. Ovanför troposfären vidtar stratosfären som har en mycket stabil luftskiktning vilket starkt försvårar upptransport från troposfären.



Mark och luftskiktning

Temperaturskiktningen inom någon km från jordytan styrs främst av jordytans uppvärmning och avkylning. Figuren visar hur en typisk dygnsvariation kan se ut över ett landområde för en sommarhögtrycksperiod.

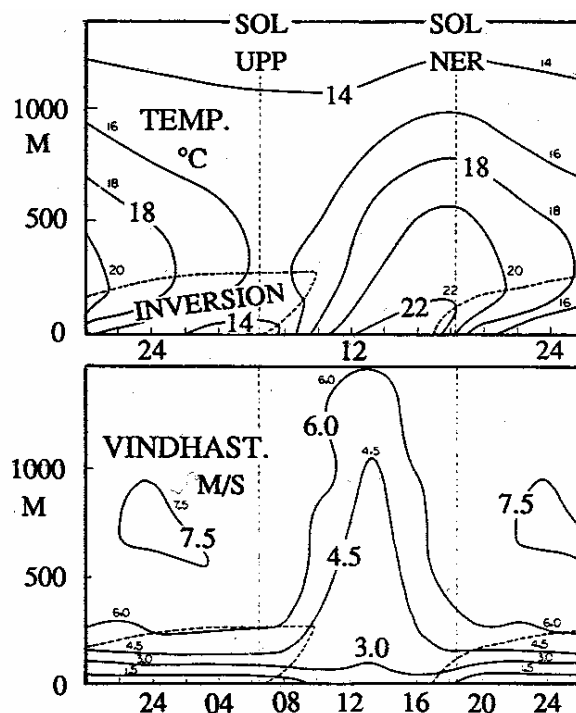
Markuppvärmning och instabil luftskiktning: På morgonen börjar solen värma marken och marken värmer i sin tur luften närmast marken. En instabil luftskiktning uppstår med en effektiv luftomblandning upp till allt högre höjd under dagen.

Värmeutstrålning och markinversion: Vid solnedgången börjar värmeutstrålningen från marken ge en avkylning av denna. Marken kyler den marknära luften och en markinversion utbildas. Inversionen når allt högre under natten allteftersom värmeutstrålningen fortsätter. När markuppvärmningen från solen börjar kvarstår under morgonen en höjdinversion.

Dimma och moln: Sennattens luftavkylning leder ofta till marknära dimbildning. Dimmans vatten bromsar liksom moln värmeutstrålningen genom både upptag och återsändning av värmestrålning. Även under dagen får dimma och moln en temperaturutjämnande inverkan på de lägsta luftskikten genom minskad soluppvärmning av marken.

Luftskiktning över vatten: I hav och sjöar hålls ytvattnets temperatur relativt jämn genom omblandning, värmeledning och avdunstning. Varken solinstrålning eller värmeutstrålning medför därför särskilt stora variationer i luftens temperaturskiktning.

Vinterförhållanden: Snötäckt mark reflekterar vinterns svaga solinstrålning. Däremot har snö en hög värmeutstrålning och isolerar mot värme från marken. Därför utbildas nattetid över snö ofta kraftiga markinversioner som bryts upp sent eller inte alls under dagen.



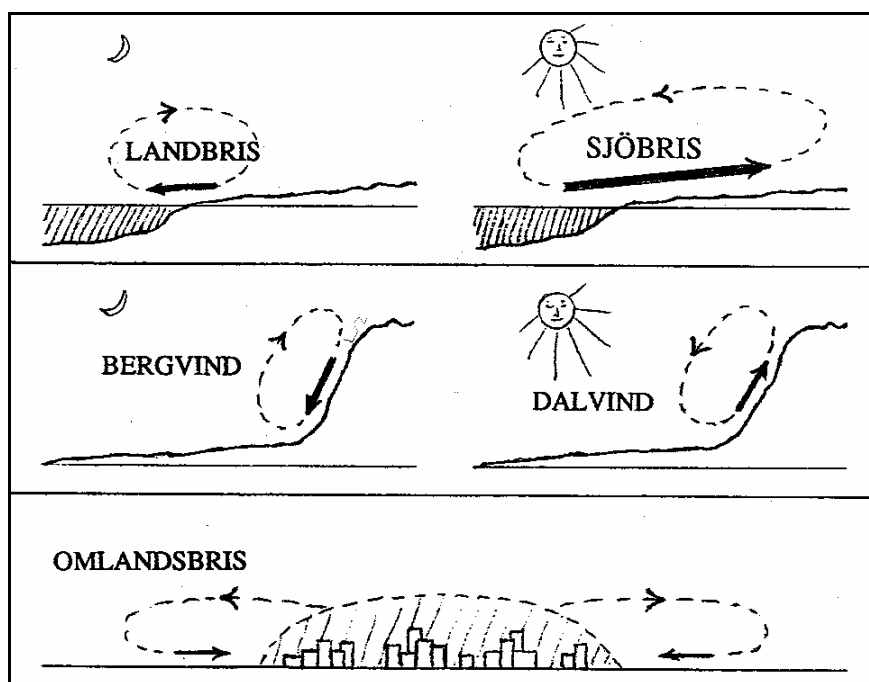
Vind och luftskiktning

Diagrammen illustrerar de starka samband som finns mellan temperaturskiktning och vind över ett inlandsområde vid olika tidpunkter på dygnet.

Vindhastigheter: Friktionen mot markytan och dess vegetation medför låga vindhastigheter på låg höjd. Under dagar med soluppvärmd mark medför den kraftiga luftomblandningen i höjdlid att skillnaderna i vindhastighet mellan olika höjdnivåer utjämnas. På några hundra meters höjd transporteras därför luftföroreningar snabbast och längst under natten.

Blandningsskikt: Konvektion orsakad av soluppvärmd mark samverkar med luftturbulens från friktionen mellan vind och mark till ett skikt närmast jorden med stark luftomblandning. Detta blandningsskikt varierar i höjd upp till 1-2 km. Luftföroreningar från marknära utsläpp sprids i huvudsak inom detta tunna skikt även över mycket stora avstånd.

Vind och inversioner: Som framgår av diagrammen kan markinversioner över land nå upp till höjder på ett par hundra meter. Vindens effekt på marknära luftomblandning medför att markinversioner främst uppstår vid svaga vindar. Höjdinversioner kan ibland uppstå genom ofullständigt uppbrutna markinversioner. De kan också uppstå när varm luft rör sig in över kallare luftmassor. Skarpa inversionsskikt uppstår vintertid lätt på dessa sätt i Sverige över dalgångar och lågt belägna tätorter.



Lokala vindsystem

Lokala vindsystem har ofta stor betydelse för hur luftföroreningar sprids.

Landbris och sjöbris: Landtytor värms snabbare på dagen och avkyls snabbare på natten jämfört med vattenytor. Detta är drivkraften bakom uppkomsten av landbris och sjöbris i *kustområden* utefter hav och sjöar. Temperaturskillnaderna och därmed vindstyrkorna blir störst under vårens och sommarens *högtrycksperioder*. Landbrisen är svag, utvecklad under efternatt och morgon, och berör en kustremsa på någon halvmil inom vilken ofta betydande utsläpp finns. Sjöbrisen är starkare, utvecklad under eftermiddagen, och når ett par mil in över land.

Bergvind och dalvind: Dessa luftströmningar finns i områden med stora höjdskillnader och drivs av solens *markuppvärmning* och nattens *värmeutstrålning* från marken. Nattens kalla och tunga marknära luft glider utför sluttningar och samlas ofta i *dalgångar* till en stabilt skiktad kall luftmassa. Bergvind och dalvind förstärker ofta landbris respektive sjöbris.

Omlandsbris: Värmeavgivning från bebyggelse och verksamheter i en stor stad kan ge en *värmeö* med mindre stabil luftskiktning än i omlandet. En marknära omlandsbris in mot staden kan då utvecklas.

	trafikmiljö $\mu\text{g}/\text{m}^3$	landsbygd $\mu\text{g}/\text{m}^3$	haltkvot
bensen	10	1	10
metylbensen	50	0,5	100
kolmonoxid	5 000	100	50
kväveoxid	400	2	200
kvävedioxid	100	5	20
svaveldioxid	50	5	10

Tätortsluft

Fordonsemissioner: Bensinångor, bensinavgaser och dieselavgaser är nu de dominerande källorna till ett par tusen kända luftförorenande ämnen som människor utsätts för i urbana utomhusmiljöer. Tabellen jämför typiska halter i utsatta trafikmiljöer med landsbygdshalter på avstånd från trafik.

Problemen i egna händer: Tabellen visar på det egentligen självklara förhållandet att de luftföroreningar människor utsätts för nästan helt kommer från den närmaste trafiken och den egna tätorten. Haltbidragen från utländska luftföroreningar är naturligtvis normalt lägre än landsbygdshalterna.

Exposition: Luftföroreningsandelen från fordonsavgaser är mycket högre om man ser på vad människor inandas än om man ser på utsläppta mängder. Orsaken är att avgaser emitteras i människors närmiljöer. Svaveldioxid kommer delvis från fasta förbränningsanläggningar med höga skorstenar, och haltkvoten blir då lägre. Expositionen för samtliga övriga ämnen i tabellen domineras av bensinavgaser.

Atmosfärkemi: Haltkvoterna för NO och metylbensen blir jämförelsevis höga på grund av de atmosfärkemiska reaktionerna med O₃ respektive OH-radikalen. För de flesta alkener och alkylbensener blir sommarkvoten ännu högre (> 1000) på grund av snabbare atmosfärkemisk omsättning.

Industriutsläpp: Vid ogynnsam vindriktning kan halterna i *utsläppsplymer* från industrier bli höga i närliggande utomhusmiljöer och bostadsområden. Regler för minsta avstånd till bebyggelse har utarbetats för olika kategorier av industrier.

	exposition	lungventilation	inandad dos
gång	1 — 5	2	2 — 10
cykling	1 — 5	3	3 — 15
bil	5 — 10	1	5 — 10
dieselbuss	5 — 10	1	5 — 10
tåg	1	1	1

Avgasexposition

Resor och förflyttningar i trafikmiljöer svarar för en huvuddel av de flesta människors utomhusexposition för luftföroreningar. Tabellen jämför olika färd sätt för samma färdtid, med de fördelaktigt låga halterna i tåg och pendeltåg som jämförelsebas.

Avgashalters avståndsberoende:

trottoar intill körbana	10	inuti bil i kö	30
10-20 m från körbana	5	50-100 m från körbana	1

De stora relativa haltskillnaderna mellan olika tätortsmiljöer gör avståndet till avgasfordon till den allra mest avgörande faktorn för expositionen. Onödiga bilavgaser eller bensinångor bör inte accepteras nära människor och bostäder. Avgasfria zoner i närmiljöer är en effektivt expositionsminskande planeringsmöjlighet.

Inandad dos (expositionsdos):

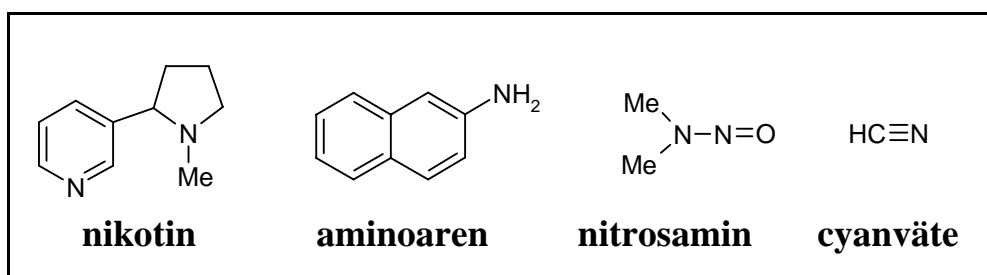
$$Dos = Exposition \times Lungventilation \times Tid$$

$$\mu\text{g} \quad \mu\text{g}/\text{m}^3 \quad \text{m}^3/\text{h} \quad \text{h}$$

Gång och cykling: Gång- och cykeltrafikanter är fysiskt aktiva och inandas därför mer luft (lungventilation) och därmed också mer luftföroreningar per tidsenhet än trafikanter i vila. Gång- och cykelbanor på avstånd från biltrafik ger låg exposition. På samma körbana som bilarna ligger däremot cyklisterna dåligt till. Bilfria gågator är fördelaktiga för dem som går, bor och arbetar där.

Bilåkning: Vid kallstarter kan egna avgaser orsaka hög exposition, men i trafik dominerar framförvarande bilars avgaser i bilkupén. I bilköer och speciellt inuti vägtunnlar blir halterna starkt förhöjda på grund av korta avstånd respektive dålig spridning.

Bussar: Halterna av bensinavgaser är normalt lägre i bussar än i bilar, men i gengäld medför bussens egna avgaser högre dieselavgashalter för bussresenärer.



Tobaksrök

Ungefär 4000 kemiska ämnen har identifierats i tobaksrök. Med avseende på kemiska ämnen, exposition och hälsoeffekter finns många paralleller mellan bilavgaser och passiv rökning. En skillnad är att tobak har ett högt kväveinnehåll vilket ger förekomst av många högtoxiska kväveföreningar i tobaksrök.

Nikotin: Denna beroendeframkallande alkaloid utgör någon procent av tobak. Nikotin kan användas som insekticid.

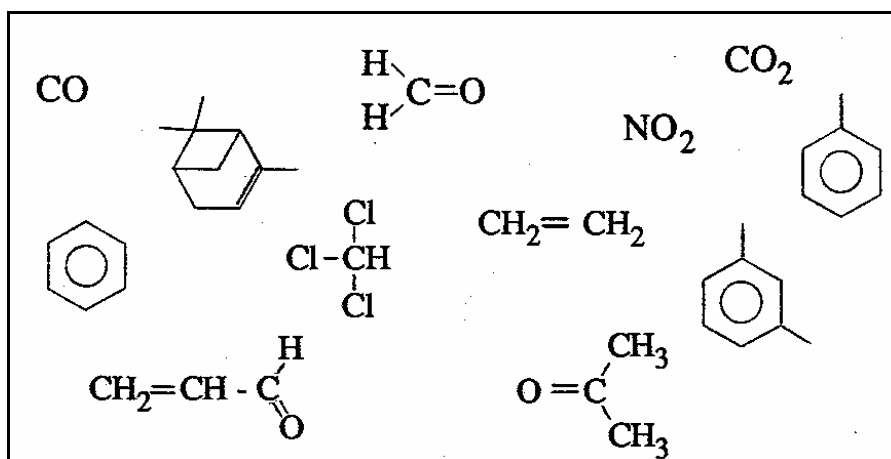
Aromatiska aminer: Många starkt cancerogena aminoarener som β -naftylamin finns i denna grupp.

Nitrosaminer: Dimetylnitrosamin exemplifierar denna grupp av starkt cancerogena ämnen. De bildas bl a genom reaktioner mellan aminer och kväveoxider eller nitrit.

Bilavgaser: Bland förbränningsprodukter som är gemensamma med bilavgaser kan nämnas eten, propen, 1,3-butadien, bensen, benso(a)pyren, formaldehyd, akrolein, kolmonoxid och kvävedioxid. I en rökig lokal kan halterna av dessa ämnen vara högre än i gatumiljöer med tät trafik.

Partiklar: Partiklar i tobaksrök uppvisar liksom partiklar i dieselavgaser hög mutagenicitet i bakterietester. Detta hänförs till en mångfald svårflyktiga partikelbundna carcinogener.

Passiv rökning: För många hälsofarliga ämnen är relativhalterna i sidorök mycket högre än i huvudrök vilket bidragit till att passiv rökning är ett erkänt hälsoproblem av liknande dignitet som fordonsavgaser. Effekterna är särskilt allvarliga för foster och småbarn. Krav på rökfria inomhusmiljöer har utvidgats och rökfritt betraktas numera som en rättighet i såväl offentliga miljöer som i arbetsliv och privatliv.



Inomhusluft

Förutom fordonsavgaser finns i inomhusluft föroreningar från olika inomhuskällor vilket gör innemiljön mycket mer komplex och variabel i tid och rum jämfört med utomhusmiljön.

Olikartade luftföroreningskällor: Halten av *koldioxid* blir hög i lokaler där många andas. Gasspisar kan orsaka höga halter av *kolmonoxid* och *kvävedioxid*. *Formaldehyd* avges från spånplattor och *monoterpener* från möbler och träinredning av gran och tall (fur). Målning, lackering och klistring inomhus kan ge höga halter av en rad *lösningsmedel*. Lösningsmedel avdunstar också från rester som blir stående i öppnade burkar. Från stekning bildas *akrolein*. Från frukter som äpplen och tomater avges *eten* som påverkar andra grönsaker och frukter vid samförvaring. Med utandningsluft tillförs ämnen som *bensen* som upplagrats i kroppen under tidigare rökning, bilåkning eller vistelse i utsatta trafikmiljöer.

Multipel kemisk känslighet (MCS): En handikappande förhöjd känslighet mot komplexa blandningar av kemiska ämnen i luft (multiple chemical sensitivity) är relativt vanlig i USA. Luktande föreningar som parfymer ger störst besvär och problemet finns även i Sverige.

Sjuka hus: Begreppet sjuka hus har på kort tid fått mycket stor hälsomässig och ekonomisk betydelse. Det kopplas till nya byggnadsmaterial och minskad ventilation. Mögelbildning i anslutning till fuktskador är ett huvudproblem. Andra problem är olika kemiska ämnen från plastmaterial, flytspackel, limmer och inredning.

Elektrisk utrustning: Ett komplext problem är en ökande förhöjd känslighet mot elektrisk utrustning på kontor och i hem. Grundorsaken är sannolikt ofta påverkan av elektriska och *magnetiska fält*. Det har också visats att flamskyddsmedel och en del andra kemiska ämnen kan avges från persondatorer och TV-apparater, särskilt då de är nya.

ppm x M/V ↔ mg/m³	ppb x M/V ↔ µg/m³
µg (mikrogram) = 10 ⁻⁶ g	ppm (ppmv) ↔ 10 ⁻⁶
ng (nanogram) = 10 ⁻⁹ g	ppb (ppbv) ↔ 10 ⁻⁹
pg (pikogram) = 10 ⁻¹² g	ppt (pptv) ↔ 10 ⁻¹²

Hur halter anges

Normalt: Luftföroreningshalter anges i vikt per volymenhet luft (µg/m³).

Vanligt: Luftföroreningshalter anges i *volymandelar* vilket ger fördelen att halterna blir oberoende av temperatur och tryck.

ppm: *parts per million*

ppb: amerikanska billion = svenska miljard

ppt: amerikanska trillion = svenska biljon

Ofta tilläggs v för volym efter enheten (ppmv)

I fasta och flytande medier betecknar ppm och ppb automatiskt viktandelar.

Speciella haltmått:

pphm: 10⁻⁸ (parts per hundred millions)

Kolvätehalter för blandningar av olika kolväten anges ofta som ppm C eller ppb C.

Exempel: 1 ppm hexan svarar mot 6 ppm C

Enhetsomvandling: Eftersom haltangivelser i vikt per volym och i volymandelar är ungefär lika vanligt förekommande är det bra att enkelt kunna omvandla halter i båda riktningarna.

$$mg/m^3 \times V/M \text{ svarar mot ppm} ; \mu g/m^3 \times V/M \text{ svarar mot ppb}$$

M = Molekylvikten ; V = Molvolymen i liter (22,4 vid 0 °C och 24 vid rumstemperatur)

Förklaring: 1 mg gas → 1/(1000 x M) mol ; 1 m³ luft → 1000/V mol

Exempel: 1 ppb ozon (M = 48) → 48/24 µg/m³ vid rumstemperatur.

Minneshjälp: De flesta luftföroreningar har M > 24 och då värdet i mg/m³ > värdet i ppm.

Totalkolvätehalter: Totala kolvätehalter i luft anges vanligen som kolväten exklusive metan (NMHC - Non Methane HydroCarbons) på grund av den höga naturliga metanhalten i luft.

Ämne	Halt ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tid	Miljö
SO ₂	100	dygn	tätort
NO ₂	60	dygn	tätort
CO	6000	8 timmar	tätort
NO ₂	90	1 timme	gatumiljö
O ₃	120	8 timmar	allmän, hälsa
Eten	1	livstid	allmän, hälsa
Bensen	1	livstid	allmän, hälsa
1,3-Butadien	0,1	livstid	allmän, hälsa

Gränsvärden

Tabellen ger exempel på gränsvärden för luftföroreningar i Sverige. Formellt används ofta numera beteckningen *miljökvalitetsnormer*. Ansvaret i Sverige har *Naturvårdsverket*, men gränsvärden fastställs alltmer för hela EU. Tabellens värden avser *omgivningshygien* och är alltså inriktade på hälsoskydd, men vissa normer utarbetas även för skydd av miljön. Ett problem är att gränsvärden ofta delvis avspeglar vad som bedöms realistiskt att uppnå.

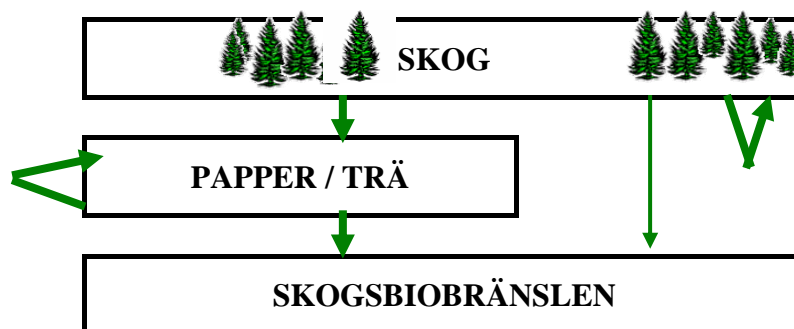
Användning: Gränsvärden är ofta bra *administrativa verktyg* för åtgärdskrav. Det är lättare att motivera förändringar med konkreta gränsvärden att hänvisa till. Gränsvärden fungerar också som en bra referensnivå vid jämförelser av luftföroreningshalter.

Synergism: Haltnivåer fastläggs med hänsyn till observerade effekter av ett specifikt ämne. I verkligheten samverkar ämnet med andra luftföroreningar till värre effekter. Gränsvärden blir då missvisande höga och svarar inte mot tilltänkt säkerhet.

Exposition: Mätningar och gränsvärdesjämförelser görs ofta för fasta punkter. Människors exposition har genom omfattande mätningar i främst USA visats ligga på varierande och oftast avsevärt högre nivåer. Detta beror på att människor ofta vistas *nära utsläpp* eller i förorenade *inomhusmiljöer*. Även av detta skäl ger omgivningshygieniska gränsvärden ofta felaktiga jämförelser som underskattar hälsorisker.

Etappmål: Ytterligare en fara med gränsvärden är att de felaktigt tolkas så att det inte finns anledning att göra något när de inte överskrids. Synergism och det stora antalet genotoxiska ämnen i tätortsluft medför att alla haltsänkningar är angelägna för luftföroreningsblandningar som fordonsavgaser.

BRÄNSLEN OCH DRIVMEDEL

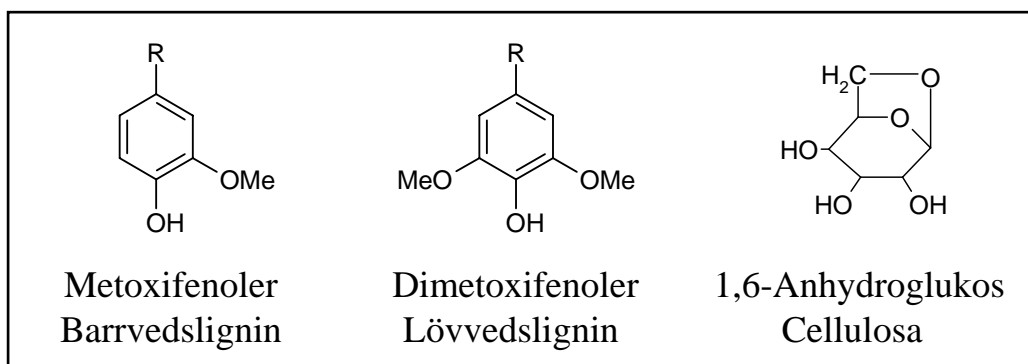


Biobränslen

Biomassakolets kretslopp: Biobränslen utgörs av ursprunglig eller modifierad biomassa och ger därför i princip inga nettoutsläpp av koldioxid. Om biomassan inte används som bränsle frigörs koldioxid i stället med viss tidsfördröjning genom mikrobiell biologisk nedbrytning. Växthuseffekten har medfört många framstötare om att vår energiförsörjning till ökad del skall baseras på biobränslen.

Skogsbränslen: I skogsrika regioner som Skandinavien utgör skogen den dominerande biobränslekällan. Med skogsbränslen avses vanligen bränslen som tas ut direkt från skogens ekosystem. Grenar och toppar, GROT, och andra *avverkningsrester* utnyttjas alltmer som bränsle i värmeverk, direkt eller som flis. Ett ökande biomassauttag bortför mineralnäring och förvärrar markförsurningen. Särskilt de mineralrika barren och småkvistarna bör därför lämnas kvar där trädet fällts så att näringsämnen recirkuleras i ett naturligt lokalt kretslopp. Kompenserande *askåterföring* från värmeverk går knappast att få lika ekologiskt anpassad och föroreningsfri. Dessutom medför den miljöbelastning vid transporter och spridning.

Biobränslen från produkter: Huvuddelen av skogsuttaget utgörs av stammar och används för värdefulla träprodukter och pappersprodukter. Som biprodukter erhålls stora kvantiteter biobränslen i form av *bark* från barkning och ligninnehållande *avlutar* från framställning av pappersmassa. Papper kan med fördel återvinnas några gånger. Till slut blir både pappers- och träprodukter ett *produktavfall* som utgör en stor biobränsleresurs. En viktig miljöfördel med biobränslen från produkter är att skogsekosystemen inte belastas med biomassauttag utöver det som skogsprodukterna orsakat.



Vedeldning

Förbränningsförlopp: När biomassa upphettas sönderdelas biopolymererna till ämnen med låg molekylvikt som avgår i gasform. Processen sker vid syreunderskott och kallas pyrolys. Flamförbränning innebär att de bildade gaserna förbränns till koldioxid och vatten som huvudprodukter. Samtidigt bildas en mängd andra ämnen som mellanprodukter.

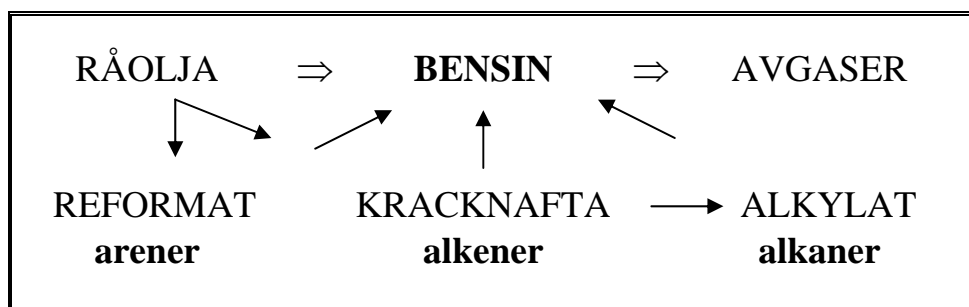
Primära pyrolysisprodukter: Pyrolys av barrved ger ett tiotal framträdande 2-metoxifenoler som produkter från ligninets fenypropen-enheter. Lövvedslignin ger mest av motsvarande 2,6-dimetoxifenoler. Cellulosans glukoskedjor spaltas till sockerarten 1,6-anhydroglukos.

Fenoliska antioxidanter: Särskilt dimetoxifenoler är effektiva antioxidanter. De ger t ex hållbarhet åt rökta livsmedel. Lövvedsrök från pyrande förbränning innehåller en hög andel av dimetoxifenoler. Bland metoxifenolerna märks vanillin och liknande ämnen som ger den tilltalande rök aromen. Rök från trivseldning och annan vedeldning med dålig förbränning innehåller samma metoxifenoler i varierande halter. Inandning exponerar då luftvägarna för antioxidanterna som sannolikt ger vissa skyddseffekter.

Hälsofarliga emissioner: *Bensen* uppträder i vedrök redan vid låg förbränningstemperatur. Fenantren, pyren och andra *PAH* finns särskilt i rök från eldning vid högre temperaturer i vedpannor med olämplig utformning.

Förbränningsutrustning: För hus med vattenburen värme innebär ny teknik med eldning mot en vattenfylld *ackumulatortank* ökad energieffektivitet. Minskade organiska utsläpp uppnås effektivt i pannor med *omvänd förbränning* vid hög temperatur. Omvänd förbränning innebär att flaman brinner nedåt under vedbädden så att pyrolyszonen blir mindre.

Träpellets: Pellets gjorda av sågspån och hyvelspån har fått snabbt ökad användning som ett ovanligt rent avfallsbiobränsle. Jämn pelletstorlek, låg fukthalt och automatiserad och jämn förbränning är viktiga fördelar vid småskalig användning i såväl kaminer som villapannor. *Pelletbrännare* kan också ersätta oljebrännare.



Petroleumbränslen

Att petroleumreserverna börjar sina har nu blivit krisartat uppenbart. Avvecklingen av oljan innebär en gigantisk omställning. Samtidigt måste skadeverkningarna på miljön minskas så länge petroleumbaserade bränslen används.

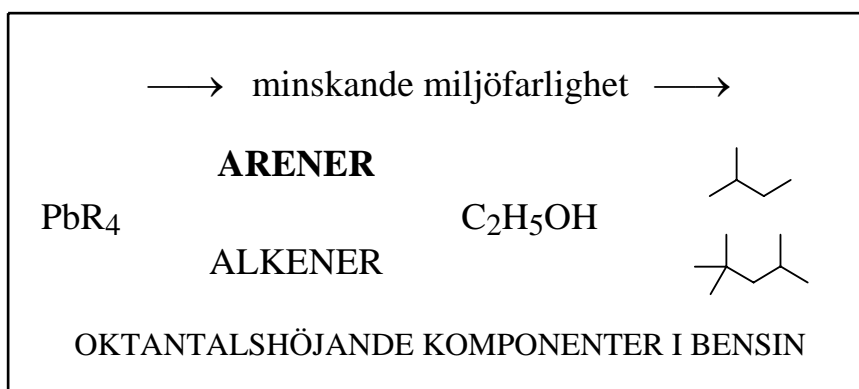
Råolja: Förödande utsläpp av petroleumkolväten sker till både luft och vatten vid utvinning av råolja och vid olyckor med fartygstransporter. Otaliga mindre oljespill från transporter och hantering av råolja drabbar ofta känsliga vattenmiljöer. Fågeldöd och oljeförorenade stränder uppmärksammas men skadorna drabbar hela ekosystemet.

Raffinaderier: Raffinaderierna är bland de största punktkällorna för utsläpp till luft såväl av SO_2 och NO_x som av CH_x . Kolväteutsläppen utgörs av diffusa läckage från ett stort antal punkter och deras storlek har därför kunnat bestämmas först på senare tid.

Olika petroleumfraktioner: Gasol ($\text{C}_3\text{-C}_4$) är ett gasformigt petroleumbränsle med låg miljöfarlighet. Bensin ($\text{C}_4\text{-C}_9$) är det helt dominerande lättflyktiga motorbränslet. Dieselolja ($\text{C}_9\text{-C}_{18}$) och lätt eldningsolja har en likartad sammansättning. Tjockoljor består av ännu svårflyktigare kolväten. Bunkeroljor för stora båtars dieselmaskiner har fortfarande ofta hög svavelhalt och orsakar stora svavelutsläpp.

Bensinframställning: Flera raffinaderiprocesser används för att få ut bensin från råolja. Katalytisk *reforming* ger ett högt innehåll av bensen och alkylbensener, vilket länge har karakteriserat svensk och västeuropeisk bensin. *Katalytisk krackning* används för att göra lättflyktiga bensinkolväten av tunga petroleumkolväten och ger ett högt innehåll av alkener i bensinen. *Alkylering* omvandlar flyktiga alkener (krackningsprodukter) till mindre miljö- och hälsofarliga grenade alkaner.

Miljöklassning: Miljöklassning med skatteskillnader har införts för eldningsolja, dieselolja och bensin för att premiera bl a lägre innehåll av svavel och aromatiska kolväten.



Bensin

Den svenska förbrukningen av motorbensin överstiger 5 000 000 m³ per år. Med hänsyn till kvantiteten och miljö- och hälsoeffekterna i kedjan råolja – bensin – motoravgaser är kanske bensin vår mest miljö- och hälsofarliga produkt. Bensin belyser samtidigt hur riskerna kan minskas genom ändrad sammansättning, ändrad användning och stegvis avveckling.

Oblyad bensin: Den tidigare tillsatsen av alkylbly med åtföljande halogenföreningar var oförenlig med katalytisk avgasrening (katalysatorförgiftning) och har avvecklats.

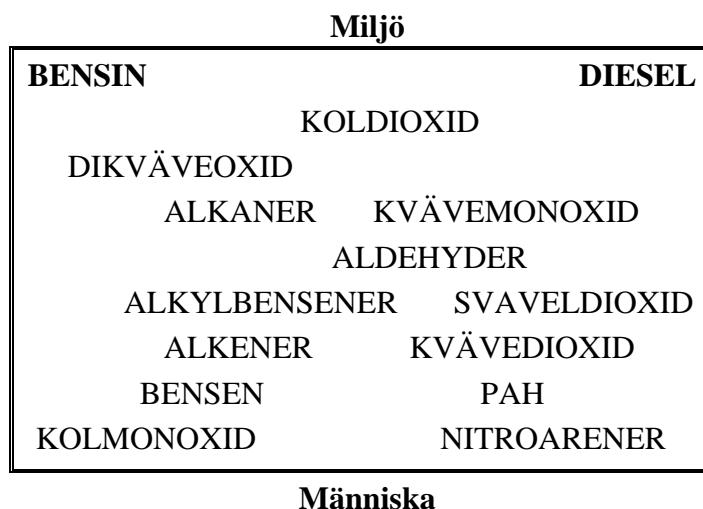
Sammansättning och oktantal: En hög inblandning av arener (reformat) och av alkener (kracknafta) är ett miljö- och hälsofarligt sätt att åstadkomma ett högt oktantal för bensin. Inblandning av metanol och etanol fungerar oktantalshöjande. Grenade alkaner har höga oktantal. Metylbutan (isopentan) och 2,2,4-trimetylpentan (oktantal 100) är dominerande kolväten från raffinaderiprocesserna *isomerisering* respektive *alkylering*.

Alkylatbensin: Särskild *alkylatbensin* från alkylering infördes av hälsoskäl för motorsågar. Den används nu allmänt för gräsklippare, utombordare och många andra småmotorer med stora kolväteutsläpp per liter förbrukad bensin.

Bensinångor: Bensinens flyktighet medför att bensinångor svarar för stora kolväteutsläpp. På bilar med avgasrening finns behållare (kanistrar) med aktivt kol som minskar utsläppen från bensintanken. För privatbilstankning har återföringssystem som leder ångorna i tanken tillbaka till bensincisternen införts med Sverige som första land i Europa.

Utsläppsmängder: Följande siffror visar storleksordningen av de totala svenska utsläppen av kolväten via bensinångor och bensinavgaser (ton/år):

Bensinångor totalt	50 000	Avgaser från fritidsbåtar	10 000
Avgaser från bilar	100 000	Avgaser från mopeder och skotrar	10 000



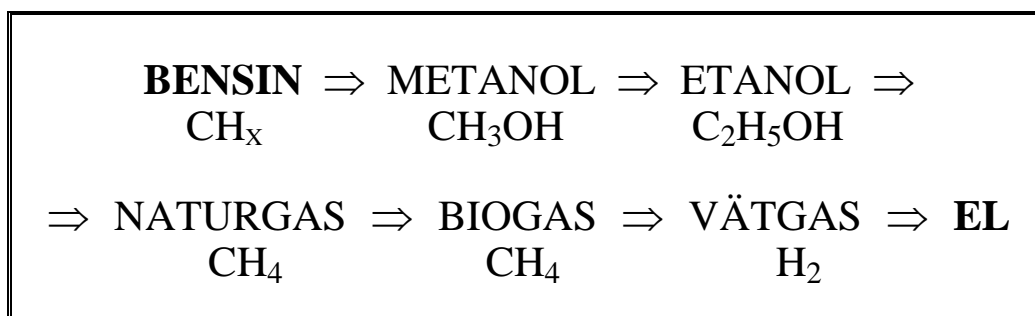
Fordonsavgaser

I en helhetsbedömning av bensin som produkt betraktas motoravgaserna lämpligen som avfallet från produkten. Mångfalden och mängden av luftföroreningar gör avgaserna till ett dominerande miljö- och hälsoproblem. I figuren har miljöfarliga ämnen placerats uppåt och hälsofarliga nedåt. Ämnen från främst bensinavgaser har dragits åt vänster och ämnen i dieselemissioner åt höger. I dieselavgaser är en stor andel av de svårflyktiga högtoxiska ämnena bundna till inandningsbara partiklar med en diameter omkring 1 µm.

Katalytisk avgasrening: Trevägs katalytisk avgasrening är obligatorisk för bensinbilar i Sverige från 1989 års modeller. Katalysatorn oxiderar idealt CO och CH_x till CO₂ och reducerar NO_x till N₂. För bilar i praktisk användning bedöms avgasreningen genomsnittligt mer än halvera utsläpp av dessa ämnen. För dieselmotorer kan endast oxidationskatalysator användas på grund av luftöverskott vid förbränningen. Partikelfilter införs på allt fler nya dieselfordon för att minska hälsoriskerna.

Kallstarter: För bilar utan avgasrening är utsläppen av bensinkolväten 10-100 gånger större per tidsenhet vid kallstarter än vid körning med varm motor. En bilkatalysator "tänder" först efter ett par minuter och eliminerar då inte de stora kallstartutsläppen. Katalysatorrening är därför med avseende på kolväten mindre effektiv för tätortstrafik än för landsvägskörning.

Den enskilda bilen: Mätningar har visat att 10 % av bensinbilarna svarar för ungefär hälften av kolväteutsläppen i trafiken. Fordon i dålig kondition, katalysatoråldring och kallstarter bidrar till att de verkliga kolväteutsläppen blir högre än vad testresultat för nya bilar utvisar.



Framtida drivmedel för bilar

Figuren visar en sekvens av drivmedel för personbilar. Miljöfarligheten bedöms minska från de nu dominerande bensinbilarna till de helt avgasfria elbilarna. Förbättrad motorteknik och avgasrening minskar emissionerna ytterligare.

Metanol och etanol: Alkoholbränslen orsakar mindre kolväteproblem än bensin, men större avgasutsläpp av formaldehyd, HCHO, och acetaldehyd, CH₃CHO. Alkoholer från biomassa kan minska nettoutsläpp av koldioxid, men etanol från grödor är ekologiskt diskutabel.

Metan: Jämfört med bensin ger ren naturgas och den ofta renare biogasen små och mycket mindre farliga kolväteutsläpp än bensin. För fossilgas (naturgas) kvarstår CO₂-problemet.

Vätgas: Endast NO_x-bildning från luftkväve kvarstår som avgasproblem. Vätgas kan vara ett framtidsalternativ för flygplan och fordon för vilka eldrift är svårrealiserad.

Dieselfordon: Dieselfordon har ofta lägre bränsleförbrukning och lägre koldioxidutsläpp än bensinfordon. Metylförestrad rapsolja, RME, är ett biobränslealternativ, men livscykelstudier som väger in även odlingen ifrågasätter miljövinster.

Elhybrider: Hybridbilar kan köras med enbart elmotor i känsliga tätortsmiljöer och med en bränslesnål förbränningsmotor för drift och batteriladdning i andra miljöer. Hybridbilar även av typ ”plug-in” kommer nu kommersiellt och kan då också öppna vägen för rena elbilar.

Marknadsmöjligheter: Miljömotiven är nu så tydliga och starka att stora satsningar görs både på hybridbilar och elbilar och på olika övergångsalternativ. Många etanolbilar, gasbilar, hybridbilar och elbilar finns redan på marknaden. Omställbar drift med etanol eller bensin betecknas ”flexifuel” och med naturgas eller bensin ”bifuel”. Utvecklingen stöds i Sverige med ekonomiska och andra fördelar för alla dessa bilar som klassas som *miljöbilar*.

Mer om miljöbilar: <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/45184.pdf>