

**2000:05**

**Känslighetsanalys avseende prognos av kvävedioxidhalter 2006**

**Utredningen är genomförd av SLB-analys på uppdrag av  
Miljöförvaltningen i Stockholm**

Stockholms- och Uppsala Läns Luftvårdsförbund är en ideell förening. Medlemmarna består av 31 kommuner samt länets två landsting. Verksamheten drivs av medlemmarna i samarbete med länsstyrelserna i Stockholms och Uppsala län. Målet med verksamheten är att samordna arbetet inom luftmiljöområdet i de två länen med hjälp av ett luftmiljöövervakningssystem, bestående av bl a mätningar, emissionsdatabaser och spridningsmodeller. Stockholms Luft- och Bulleranalys driver idag systemet på uppdrag av Luftvårdsförbundet.

## Sammanfattning

Under 1999 genomfördes en kartläggning av kvävedioxidhalter i Stockholms och Uppsala län. Halterna jämfördes med miljö kvalitetsnormer för kvävedioxid. En första prognos av kvävedioxidhalter 2006 baserades på mätningar under 90-talet och vissa scenarier för 2006. Resultaten beskrivs i Stockholms och Uppsala läns Luftvårdsförbunds rapport 3:99. Beräkningarna för 2006 återfinns också på Luftvårdsförbundets hemsida ([go.to/lvf](http://go.to/lvf)). Av dessa kartor framgår om och var miljö kvalitetsnormer för kvävedioxid riskerar att överskridas 2006.

I dagsläget överskrids normerna på många platser i en del kommuner, huvudsakligen längs starkt trafikerade vägar och längs innerstadsgator. Prognosen för 2006 visar en betydande förbättring jämfört med läget i dag beroende på successivt skärpta avgaskrav för fordon. Miljö kvalitetsnormen för kvävedioxid kommer enligt den första prognosen emellertid att överskridas längs några infartsleder och innerstadsgator i Stockholm och Solna. Osäkerheter i beräkningarna och lokala variationer medför att många vägar och gator strax under normvärdet i prognosen också riskerar överskridanden 2006.

Syftet med denna rapport är att med en känslighetsanalys få en uppfattning om vilka faktorer som mest påverkar beräkningarna och samtidigt peka på vilka åtgärder som är effektiva att vidta för att klara normen 2006. Analysen kommer att bilda underlag för nya prognosförutsättningar och nya beräkningar.

Sammanfattningsvis kan konstateras att de faktorer som har störst betydelse för kvävedioxidhalterna är lokala variationer i bebyggelse och därmed olika *ventilationsförhållanden*. Om närområdet kring en väg eller gata sluts med bebyggelse kan kvävedioxidhalten öka med upp till 70 % räknat som 98-percentil dygnsvärde.

Mycket smala och slutna gaturum tål mycket mindre trafik än bredare och öppnare. Norrlandsgatan har idag som mest 15000 fordon per dygn. Med 2006 års fordonsbestånd tål Norrlandsgatan inte mer än 14-15000 fordon per dygn, d.v.s. för att klara miljö kvalitetsnormen för kvävedioxid 2006 tål gatan inte någon trafikökning alls. Bredare gaturum tål mer trafik men klarar i något fall ändå inte normen utan avsevärda trafikminskningar. Hornsgatan t.ex. tål 25-30000 fordon per dygn 2006 men har idag 35-40000. En öppen infartsled, typ Södertäljevägen vid Liljeholmen, klarar normen 2006, men tål inte att inneslutas med bebyggelse till ett gaturum. I så fall överskrids normen.

Stor betydelse för *utsläpp av kväveoxider* har mängden tung trafik. En ökning av andelen tung trafik från 4 till 6 % eller från 7 till 10 % ökar kvävedioxidhalten på innerstadsgator med upp till 20 %. Samma effekt erhålls om färdhastigheten minskar genom ökat antal stopp från 40 till 30 km/h eller om man räknar med 2002 års fordonsbestånd för 2006.

*Meteorologiska och atmosfärskemiska* förutsättningar har stor betydelse för kvävedioxidhalterna. Gynnsamt eller ogynnsamt väder under ett år sänker resp. höjer kvävedioxidhalterna i gaturum med 5-10 %. En storskalig förhöjning av halterna markozon med 10 %, som under 90-talet, medför att kvävedioxidhalterna i smala gaturum ökar 5-10 %.

## Ventilationsförhållanden

Luftföroreningssituationen i stadsluften bestäms av stadens utsläpp och av omgivningsluftens förutsättningar för utspädning och ventilation. Luftförhållandena påverkas också av episoder av långdistanstransporterade luftföroreningar. I vissa fall kan dessa bidra till kraftigt förhöjda föroreningshalter i staden.

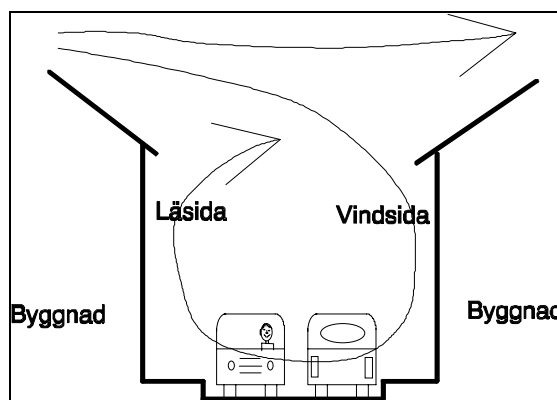
Vid låg vindhastighet och stark värmeutstrålning från marken kan inversionsförhållanden uppstå som försvårar utspädning och ventilation. Inversioner förekommer speciellt under höst, vinter och vår och kan leda till kraftigt förhöjda luftföroreningshalter i staden. Kraftiga vindar däremot medför god ventilation och lägre halter.

Speciellt under vintern spelar temperaturen en stor roll för vilka luftföroreningsförhållanden som kan uppstå. Vid kyla ökar t ex utsläppen av kväveoxider från energiproduktionen och från personbilarna genom s k kallstarteffekter. Vid varm väderlek däremot minskar dessa utsläpp.

Kemiska reaktioner mellan olika ämnen i luften kan också påverka föroreningssituationen. T ex oxideras kväveoxid till kvävedioxid av ozon. Vid hög ozonhalt, vilket är vanligt under vår, sommar och höst ökar därför ofta även kvävedioxidhalten.

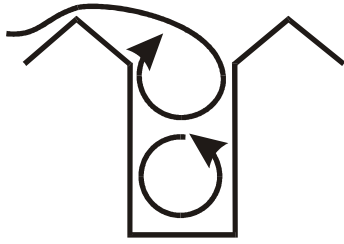
Utsläppen längs en gata är i första hand beroende av trafikmängden på gatan, men även av trafikens sammansättning (t ex andelen tung trafik), framkomlighet och körsätt. Köbildning och ojämn körrytm ökar utsläppen.

I gaturummet spelar även vindens riktning stor roll för vilken luftföroreningshalt som uppmäts på respektive sida av gatan. Om vinden blåser längs med gatan blir luftföroreningshalterna förhållandevis jämnt fördelade på båda sidor av gatan. Vid vind tvärs över gatan uppstår ett vindfält med läsida och vindsida i gaturummet (se figur nedan).

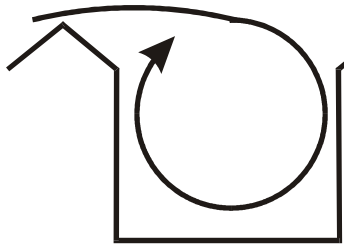


Den avgasbemängda gatuluften förs mot läsidan medan vindsidan förses med "friskluft" från taknivå. Kvävedioxidhalterna är i sådana fall högre på läsidan än på vindsidan.

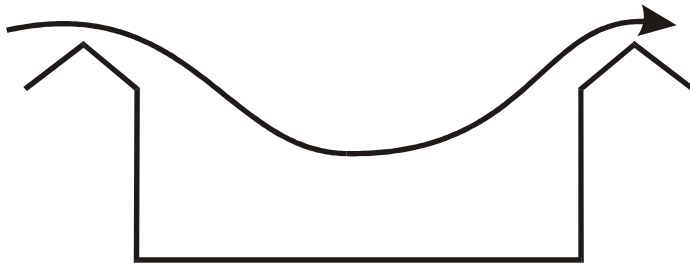
Utspädningen av luftföroreningar bestäms också av gaturummets dimension och utformning. En smal gata kantad på ömse sidor av hög bebyggelse har sämre förutsättningar för utspädning och ventilation än en motsvarande bred gata eller en gata med enkelsidig eller ingen bebyggelse.



Mycket smala gator, där bredden är ungefär halva höjden, har mycket dålig ventilation nere i gata. Förenklat kan vindfältet bestå av två virvlar. Exempel på denna typ av gator är Norrlandsgatan och Stallgatan i sina smalaste partier (12x25 m)



Smala och slutna gator, lika breda som höga, har ett vindfält med vindsida och läsida. Exempel på en sådan gata är Hornsgatan i de smalaste avsnitten (24x25 m). Även Sveavägen är en gata av denna typ men något bredare (33x25 m).



På breda gator, där bredden är mer än dubbla höjden, uppstår en annan typ av vindfält. Exempel på denna typ av gata är Valhallavägen (60x20 m).

Även gatuavsnitt med enkelsidig bebyggelse har en förhöjning av halterna vid fasad jämfört med halter på samma avstånd från gatan längs avsnitt utan bebyggelse.

## Känslighetsanalys för tre olika typfall

Tre olika typer av gator och vägar har valts för att illustrera effekterna av känslighetsanalysen för olika ventilations- och utsläppsförhållanden.

- mycket smal innerstadsgata, Norrlandsgatan, 15000 f/d, 4 % tung trafik, 30 km/h färdhastighet
- smal innerstadsgata, Hornsgatan, 37000 f/d, 7 % tung trafik, 30 km/h färdhast.
- öppen infartsled, Södertäljevägen vid Liljeholmen, 44000 f/d, 4 % tung trafik, 60 km/h färdhast.

Känslighetsanalysen har genomförts genom att variera en faktor i taget, medan övriga faktorer hållits oförändrade. Procentuella förändringar av kvävedioxidhalten (räknat som 98-percentil, dygnsvärden) år 2006 har angetts för de tre olika typfallen vid varje förändring.

I tabellen nedan sammanfattas effekten av varje förändring i olika procentuella intervall rad för rad. Förklaringar och kommentarer till varje förändring och rad återfinns i följande avsnitt.

Variation	Innerstadsgata, typ Norrlandsg.	Innerstadsgata, typ Hornsg.	Infartsled, typ Södertäljev.
<i>Bebyggelse</i>			
Öppen→tunnel	-	-	>+100
Öppen→sluten	-	-	+50-70
Enkelsidig→sluten	-	-	+20-50
Öppen→enkelsidig	-	-	+10-20
<i>Tung trafik</i>			
Andel tung trafik +50%	+5-10	+10-20	+5-10
Miljözon tas bort, 90→0%	+5-10	+5-10	+2-5
Miljözon, uppfyllelse 90→100%	-0.5-2	-0.5-2	<-0.5
SL-buss, etanol→diesel	-	+2-5	-
<i>Trafik, övrigt</i>			
Trafikflöde +20%	+10-20	+10-20	+5-10
Pb-trafikflöde +20%	+10-20	+5-10	+5-10
Färdhastighet +25%	-10-20	-10-20	-5-10
Färdhastighet -25 %	+10-20	+10-20	+5-10
2010 års bestånd 2006	-10-20	-10-20	-2-5
2002 års bestånd 2006	+10-20	+10-20	+5-10
Andel diesel-pb +100%	+0.5-2	+0.5-2	+<0.5
Andel diesel-pb -50%	<-0.5	<-0.5	<-0.5
15000 miljöbilar i Stockholm	<-0.5	<-0.5	<-0.5
<i>Kemi, meteorologi</i>			
Gynnsamt väder 2006	-5-10	-5-10	-2-5
Ogynnsamt väder 2006	+5-10	+5-10	+2-5
Ozonhalter +10%	+5-10	+5-10	+2-5
Ozonhalter -10%	-5-10	-5-10	-2-5
NO2/NOx +50%	+0.5-2	+0.5-2	+<0.5
<i>Allmänt</i>			
Årsmedelv. % lättare	10-20	10-20	10-20
Timmedelv. % lättare	20-30	20-30	10-20
Halt 2→1 m över mark	+0.5-2	+0.5-2	+<0.5
Halt 2→3 m över mark	-0.5-2	-0.5-2	<-0.5

## Bebyggelse

### Öppen→tunnel

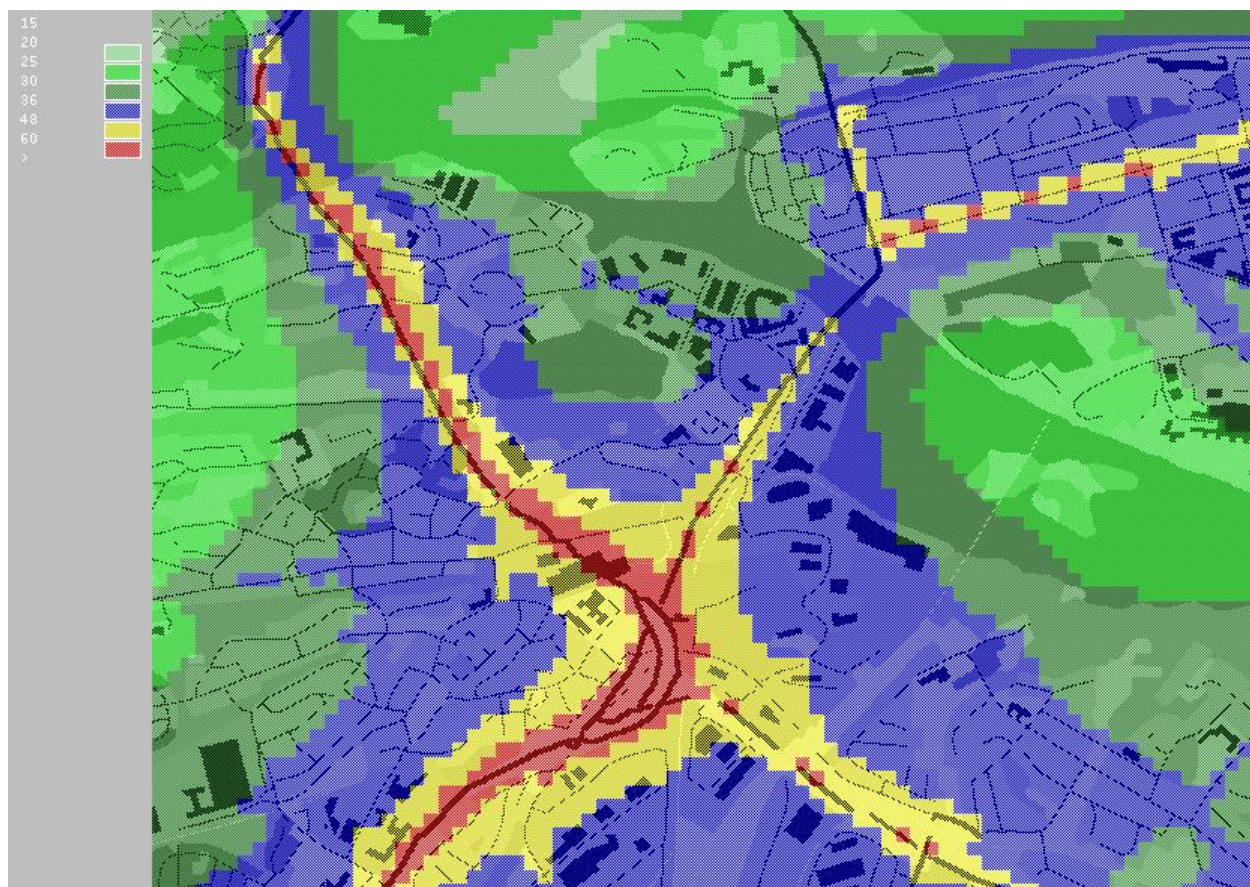
Om en hårt trafikerad led i öppet markläge förläggs i tunnel förbättras givetvis luftkvaliteten avsevärt när trafiken försvinner i ytläget. Samtidigt ökar halterna utanför tunnelmynningarna, när avgaserna trycks ut ur tunneln. Inne i tunneln ökar halterna vid sidan av vägen jämfört med om den går i ytläge. Kvävedioxidhalten mer än fördubblas vid vägkant. Bedömningen baseras på mätningar vid Centralbron och i Söderledstunneln.

### Öppen→sluten

Om närområdet vid en öppen infartsled bebyggs och sluts till ett gaturum ökar kvävedioxidhalten med 50-70 %. Detta illustreras av genomförd utredning av planerad bebyggelse av Liljeholmen - Årstadal med avseende på miljö kvalitetsnormer för kvävedioxid.

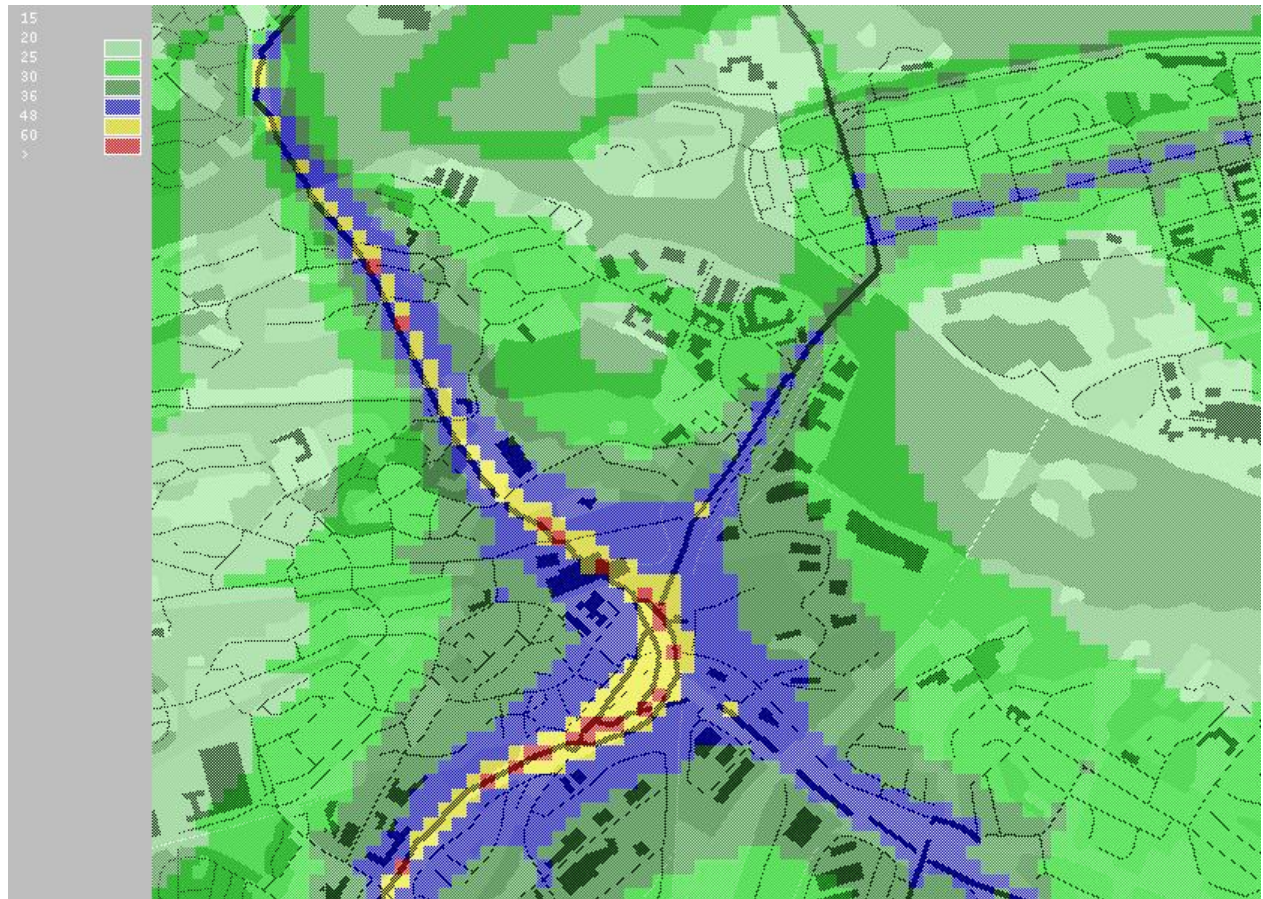
### Nuläge 1999

Södertäljevägen vid Liljeholmen hade 1999 kvävedioxidhalter (98-percentil dygnsvärden) enligt spridningsberäkning i nedanstående figur. Beräkningarna avser halter ovan tak i sluten bebyggelse eller 2 m ovan mark i öppen bebyggelse. Beräkningarna har verifierats bl. a. i en mätpunkt på Södertäljevägen.



*Nollalternativ 2006*

Figuren nedan visar en beräkning av kvävedioxidhalter 2006 (98-percentil dygnsvärden) med det fordonsbestånd som förväntas då. Nuvarande och kommande avgaskrav för fordon sänker halterna och normen klaras.



### Utbyggnadsalternativ 2006

Följande figur visar spridningen av kvävedioxidhalter (98-percentil dygnsvärden) 2006 i gaturum på Södertäljevägen enligt ett planerat bebyggelsealternativ (Vision). Nere i gata klaras då inte miljö kvalitetsnormen för kvävedioxid.



#### Enkelsidig→sluten

Om en gata eller led med enkelsidig bebyggelse sluts till ett gaturum med dubbelsidig bebyggelse ökar kvävedioxidhalten med 20-50 %. Bedömningen baseras på resultat från mätningar med passiva provtagare under 1998 och 1999.

#### Öppen→enkelsidig

En trafikled eller gata har 10-20% högre kvävedioxidhalter nära husfasad på avsnitt med enkelsidig bebyggelse jämfört med halter på samma avstånd från väggkant längs öppna avsnitt på samma trafikled. Bedömningen baseras på resultat från mätningar med passiva provtagare under 1998 och 1999.



## *Tung trafik*

Idag står den tunga trafiken för ca 40 % av de totala utsläppen av kväveoxider från vägtrafik i Stockholm. Efter 2006 väntas denna andel öka till ca 50 %. På vägar och gator med mycket tung trafik är andelen givetvis högre. Förändringar i den tunga trafiken får därigenom ökad betydelse för kvävedioxidhalterna.

### **Andel tung trafik**

En ökning av andelen tung trafik från 4 till 6 % eller från 7 till 10 % ökar kvävedioxidhalten med upp till 20 %. Bedömningen baseras på beräkningar men har även indikerats i mätningar vid trafikomläggningar.

### **Miljözon**

Begreppet miljözon innebär en skärpning av kravet på de tunga fordon som får trafikera zonen. Miljözon 2006 skulle innebära att tunga fordon av äldre årsmodell än t.ex. 1998 inte finge trafikera zonen. Om sådana krav uppfylldes till 100 % skulle det innebära minskningar i kvävedioxidhalt på gator med mycket tung trafik med upp till 10 %.

### **Buss, etanol**

På gator med mycket busstrafik, t. ex. Hornsgatan, innebär dieseldrift av medelbussen 2006 en höjning med upp till 5 % av kvävedioxidhalterna jämfört med etanoldrift.

## *Trafik, övrigt*

De faktorer som har störst betydelse för kvävedioxidhalterna förutom tung trafik är trafikflöde, färdhastighet och sammansättningen av fordon med olika ålder i fordonsbeståndet. Sett över längre perioder fås ofta en utveckling där renare avgaser från fler nya bilar i beståndet motverkas av trafikökningar och trafikköer så att nettoeffekten av hårdare avgaskrav inte blir så stor som förväntat.

### **Trafikflöde**

En ökning av alla fordonskategorier med 20 % ger en haltökning med 10-20 % på innerstadsgator med sluten bebyggelse och med 5-10 % runt öppna infartsleder.

### **Färdhastighet**

En minskning i färdhastighet från 40 km/h till 30 km/h genom ökat antal stopp ger en haltökning med 10-20 % på innerstadsgator med sluten bebyggelse och med 5-10 % runt öppna infartsleder. En ökning av färdhastigheten från 40 km/h till 50 km/h genom ökat flyt i trafiken ger motsvarande minskningar i kvävedioxidhalt.

### **2010/2002 års bestånd 2006**

Genom att nya fordon med hårdare avgaskrav tillkommer och äldre fordon skrotas ut för varje år minskar utsläppen av kväveoxider med 8-10 % varje år under perioden 2002 till 2010. Dessa utsläppsminskningar motsvaras av 10-20 % minskning eller ökning i kvävedioxidhalt om man tänker sig att 2006 års fordonsbestånd ersätts av 2010 eller 2002 års bestånd.

### **Personbilar, diesel**

Andelen personbilar med dieseldrift är idag ca 5 %. Om denna andel ökar till 10 % ökar kvävedioxidhalten med 0.5-2 % på innerstadsgator. Om andelen minskar till 2.5 % minskar halten med mindre än 0.5 %.

## Miljöbilar

Om man tänker sig att 15000 miljöbilar med biogasdrift körs i trafik i Stockholm 2006 minskar halten kvävedioxid med mindre än 0.5 %.

## *Kemi, meteorologi*

Meteorologiska och atmosfärskemiska förutsättningar har stor betydelse för kvävedioxidhalterna.

## Gynnsamt eller ogynnsamt väder 2006

Spridningsberäkningarna av kvävedioxid baseras på meteorologiska parametrar under ett normalår på 90-talet. Ett gynnsamt år spridningsmässigt blir halterna 5-10 % lägre vid samma utsläpp av kväveoxider, ett ogynnsamt år 5-10 % högre. Beräkningarna stöds av en jämförelse mellan två närliggande kalenderår, 1995 och 1996 eller 1998 och 1999.

## Ozonhalter och NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>

En storskalig förhöjning av halterna markozon med 10 %, som under 90-talet, medför att kvävedioxidhalterna i smala gaturum ökar 5-10 %. Runt öppna vägar med bättre omblandning blir ökningen inte lika stor, 2-5%. Att andelen kvävedioxid av totala mängden kväveoxider i avgaserna ökar från 5 till 7.5 % har mindre betydelse.

## *Allmänt*

## Möjligheter att klara olika normvärden

Följande miljökvalitetsnormer gäller för kvävedioxid:

Typ av normvärde	Normvärde (ug/m <sup>3</sup> )	Värdet får inte överskridas mer än	Senaste år att klara normen
Miljökvalitetsnorm, timmedelvärde	90	175 timmar per år	2006
Miljökvalitetsnorm, dygnsmedelvärde	60	7 dygn per år	2006
Miljökvalitetsnorm, årsmedelvärde	40	(medelvärde under kalenderår)	2006

Av de tre miljökvalitetsnormerna för kvävedioxid blir normen för dygnsvärdet svårast att klara. Vid samtliga kontinuerliga mätningar i belastad miljö har 98-percentilen för dygnsvärden legat sämst till i förhållande till normvärdet. Regressionsanalyser visar att årsvärdet är 10-20 % lättare att klara och timvärdet 20-30% lättare.

## Haltens avtagande med höjden över mark

Spridningsberäkningar av luftföroreningshalter genomförs normalt för nivån 2 m över mark. På 1 m nivå är halten kvävedioxid 0.5 - 2 % högre räknat mitt på gångbana på en innerstadsgata. På 3 m nivå är halten 0.5 - 2 % lägre. Dessa beräkningsresultat stöds av mätningar som genomförts på olika nivåer.