



# LUND UNIVERSITY

## Förgiftning vid avklingande kolmonoxidhalt

Jensen, Lars

2008

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*

Jensen, L. (2008). *Förgiftning vid avklingande kolmonoxidhalt*. (TVIT; Vol. TVIT-7025). Avd Installationsteknik, LTH, Lunds universitet.

*Total number of authors:*

1

### General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117  
221 00 Lund  
+46 46-222 00 00

# Förgiftning vid avklingande kolmonoxidhalt

*Lars Jensen*

---

Avdelningen för installationsteknik  
Institutionen för bygg- och miljöteknologi  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet, 2008  
Rapport TVIT--08/7025



## Lunds Universitet

Lunds Universitet, med nio fakulteter samt ett antal forskningscentra och specialhögskolor, är Skandinaviens största enhet för forskning och högre utbildning. Huvuddelen av universitetet ligger i Lund, som har 100 400 invånare. En del forsknings- och utbildningsinstitutioner är dock belägna i Malmö, Helsingborg och Ljungbyhed. Lunds Universitet grundades 1666 och har idag totalt 6 000 anställda och 41 000 studerande som deltar i ett 90-tal utbildningsprogram och ca 1000 fristående kurser erbjudna av 88 institutioner.

## Avdelningen för installationsteknik

Avdelningen för Installationsteknik tillhör institutionen för Bygg- och miljöteknologi på Lunds Tekniska Högskola, som utgör den tekniska fakulteten vid Lunds Universitet. Installationsteknik omfattar installationernas funktion vid påverkan av människor, verksamhet, byggnad och klimat. Forskningen har en systemanalytisk och metodutvecklande inriktning med syfte att utforma energieffektiva och funktionssäkra installationssystem och byggnader som ger bra inneklimat.

Nuvarande forskning innefattar bl a utveckling av metoder för utveckling av beräkningsmetoder för godtyckliga flödessystem, konvertering av direktelvärmda hus till alternativa värmesystem, vädring och ventilation i skolor, system för brandsäkerhet, alternativa sätt att förhindra rök-spridning vid brand, installationernas belastning på yttre miljön, att betrakta byggnad och installationer som ett byggnadstekniskt system, analysera och beräkna inneklimatet i olika typer av byggnader, effekter av brukarnas beteende för energianvändning, reglering av golvvärmsystem, bestämning av luftflöden i byggnader med hjälp av spårgasmetod. Vi utvecklar även användbara projekteringsverktyg för energi och inomhusklimat, system för individuell energimätning i flerbostadshus samt olika analysverktyg för optimering av ventilationsanläggningar hos industrin.

# Förgiftning vid avklingande kolmonoxidhalt

*Lars Jensen*

© Lars Jensen, 2008

ISRN LUTVDG/TVIT--08/7025--SE(25)

Avdelningen för installationsteknik  
Institutionen för bygg- och miljöteknologi  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet  
Box 118  
22100 LUND

## Innehållsförteckning

1	Inledning och testnyckel	5
2	HbCO-nivåmodell	7
3	Högsta HbCO-nivå som funktion av exponeringstid	11
4	Högsta HbCO-nivå som funktion av CO-dos	15
5	Högsta HbCO-nivå som funktion av luftomsättning	19
6	Högsta HbCO-nivå som funktion av luftomsättningstid	23



# 1 Inledning och testnyckel

Brandgaser innehåller i varierande grad kolmonoxid CO, som är en färglös, luktlös och giftig gas. Kolmonoxiden binder sig 250 gånger lättare vid blodets hemoglobin än syre. Blodets syreupptagningsförmåga blockeras av kolmonoxiden. Graden av CO-förgiftning kan mätas som halten CO i blodets syreupptagande hemoglobin och symptomen är lindriga upptill nivån 0.2, måttliga upptill 0.4, allvarliga upptill 0.6 och dödligt över 0.6.

Syftet med denna arbetsrapport är att förtydliga och komplettera en tidigare rapport TVIT—07/7014, som behandlade CO-förgiftning för tre fall med konstant, avklingande och linjärt ökande CO-halt som funktion av exponeringstid och för olika aktivitet och ventilation.

HbCO-halten kunde för de tre fallen läsas för olika isolinjer. En mindre misstolkning kunde ske för fallet med avklingande CO-halt, eftersom den avlästa HbCO-halten gällde för den rådande exponeringstiden i slutet av exponeringstiden och kunde därför vara högre eller lägre tidigare under exponeringstiden.

Detta avläsningsfel kan dock rättas till genom att söka av hela CO-startnivå fram till den givna exponeringstiden för högsta möjliga HbCO-halt. Nya beräkningar har gjorts varvid högsta HbCO-nivå under exponeringstiden sparas för varje simuleringsfall. Resultatet redovisas här i avsnitt 3 för samma sex fall som i avsnitt 4 i TVIT—07/7014.

Exponeringstiden var en huvudvariabel och x-axel för redovisning av CO-dos och HbCO-nivå i TVIT—07/7014. Detta val beskriver hur förgiftningen fortskrider, men ur risksynpunkt är korta exponeringstider inte intressanta. Det kan ta tid att utrymma. Det kan därför vara rimligare att räkna med en minsta exponeringstid på 60 min. Samtidigt möjliggör detta att beskriva en godtycklig ventilation mot tidigare endast tre luftomsättningstider på 0.5, 1 och 2 h eller luftomsättningar 2, 1 respektive 0.5 /h.

Denna rapport redovisar endast fallet med avklingande CO-halt som funktion av exponeringstid i avsnitt 3 och på tre olika sätt för olika ventilationen, vilket redovisas i avsnitt 4, 5 och 6. Ventilationen anges på tre sätt nämligen indirekt som CO-dos för oändlig exponeringstid i avsnitt 4, luftomsättning i avsnitt 5 och luftomsättningstid i avsnitt 6. Det något udda valet av CO-dos som indata görs för att visa hur CO-dos och HbCO-halt inte är samstämmiga om förgiftningsrisken, vilket de heller inte skall vara. För samtliga redovisningar i avsnitt 3, 4, 5 och 6 gäller följande:

Högsta HbCO-halt redovisas för alla fall på exakt samma sätt med isolinjer för HbCO-halt med CO-halt som y-axel.

Inlinjer redovisas också för CO-dosen 15 000 och 30 000 ppmmin.

Linjer för CO-halter 160, 427 och 960 ppm redovisas motsvarande HbCO-jämviktshalt 0.2, 0.4 och 0.6, vilka är gränser mellan de fyra förgiftningsgraderna lindrig, måttlig, allvarlig och dödlig.



Beräkningsmodellen är oförändrad och beskrivs i avsnitt 2. Jämförelse har skett med andra beräkningsresultat. Denna modell ger något högre värden på CO-förgiftning alltså HbCO-halt jämfört med ett diagram i En handbok om brandskyddsteknik för ventilationssystem av Bo Backvik m fl (1996) och något lägre värden jämfört med SFPE Handbook of Fire Protection Engineering (1988).

Bedömning av risken för CO-förgiftning kan ske med nedanstående steg. Ett viktigt påpekande är att CO-förgiftning påverkar olika beroende på aktivitet. En person med hög aktivitet påverkas mer vid lägre HbCO-halt än en sovande person. Detta innebär att om en sovande person vaknar kan HbCO-halten vara för hög för den aktivitet som krävs för att utrymma på egen hand. Risken är stor att den uppvaknade personen förlorar medvetandet. En person med hög aktivitet begränsas påtagligt av HbCO-halten 0.2.

## Teststeg 1

För en lokal med ingen eller okänd ventilation och okänd exponeringstid antas att CO-halten vara konstant.

Om  $CO < 160$  ppm blir  $HbCO < 0.2$  motsvarande högst lindrig förgiftning.

Om  $CO < 427$  ppm blir  $HbCO < 0.4$  motsvarande högst måttlig förgiftning.

Om  $CO < 960$  ppm blir  $HbCO < 0.6$  motsvarande högst allvarlig förgiftning.

## Teststeg 2

Om exponeringstiden är mindre än eller lika med 60 min, välj något av Figur 3.1-6 med rätt aktivitet och samma eller lägre ventilationsgrad och bestäm HbCO-halten. Teststeg 3 kan också användas, eftersom högsta HbCO-halt kan inträffa tidigt under en längre exponeringstiden.

## Teststeg 3

Om exponeringstiden är längre än eller lika med 60 min, välj något av Figur 5.1, 5.3, 6.1 eller 6.3 med rätt aktivitet och bestäm HbCO-värdet för rådande ventilation. Bestäm även tiden till högsta HbCO-halt med Figur 5.2, 5.4, 6.2 eller 6.4. Om den avlästa tiden är kortare än 120 min ökar HbCO-halten inte vid längre exponering. Om den avlästa tiden är längre än 120 min ökar HbCO-halten vid längre exponering än 120 min.

Notera att Figur 5.1 och 5.3 är mer lättavlästa med luftomsättning som indata än med luftomsättningstid i Figur 6.1 och 6.3.

## 2 HbCO-nivåmodell

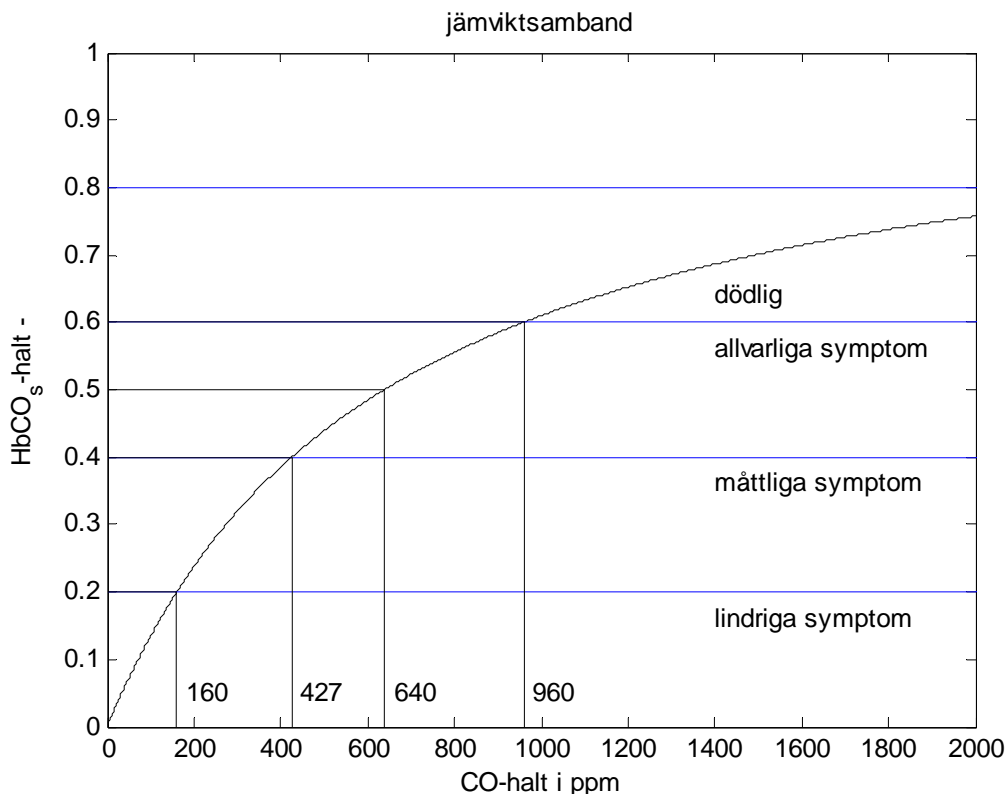
Modellen utgår från att beräkna jämviktshalten för CO-förgiftad hemoglobin  $HbCO_s$  enligt samband (2.1) nedan med uppgifter på den rådande CO-halten i luft. Notera att CO-halten har sorten ppm och HbCO-halten är absolut i intervallet (0,1).

$$HbCO_s = CO / (CO_s + CO) \quad (-) \quad (2.1)$$

där

$CO$	rådande CO-halt i luft, -
$CO_s$	640 ppm CO-halt i luft som ger $HbCO_s = 0.5$

Detta jämviktssamband innebär att en konstant CO-nivå under obegränsad tid leder visserligen till en obegränsad CO-dos, men blodets upptagning av CO avtar med ökande HbCO-nivå och den är begränsad till 1.0. Sambandet (2.1) redovisas i Figur 2.1 nedan. Notera att gränserna för lindriga, måttliga och allvarliga symptom är 0.2, 0.4 och 0.6 och motsvarande CO-halter är 160, 427 respektive 960 ppm.



Figur 2.1 Jämviktssamband för HbCO-halt som funktion av CO-halt.

Blodets upptagning av CO påverkas av både av blodets HbCO-halt och hur CO-halten ändras i lungorna. Upptagningen av CO antas motsvara ändringen  $dCO$  ppm och att det maximala upptaget antas vara lika med den maximala syreupptagningsförmågan på 40 000 ppm. En ändring av CO-halten med en ppm ändrar HbCO-halten med faktorn  $f = 0.000025$ .

Jämviktssambandet (2.1) kan nu skrivas om till (2.2) nedan efter det att CO-halten minskas med värdet  $dCO$  och HbCO-halten ökas med  $f dCO$ . Detta ger en andragradsekvation för  $dCO$  och det gäller att välja den rimliga lösningen.

$$HbCO + f dCO = (CO - dCO) / (CO_s + CO - dCO) \quad (-) \quad (2.2)$$

Införandet av blodomloppets omsättningstid  $T_b$  gör att blodets HbCO-halt kan beskrivas med följande balansekvation:

$$T_b dHbCO/dt = f dCO \quad (-) \quad (2.3)$$

Blodomloppets omsättningstid  $T_b$  i vila är omkring 1 min och halveras till 0.5 min vid aktivitet.

Den avklingande CO-halt i den spridningsutsatta lokalen  $CO(t)$  kan skrivas med luftomsättningstiden  $T_s$  och startvärdet  $CO(0)$  som följer:

$$CO(t) = CO(0) \exp(-t/T_s) \quad (\text{ppm}) \quad (2.4)$$

Sammanfattningsvis skall det påpekas att beräkningsmodellen bygger på fem samband/antagande och de är följande:

Jämviktssamband mellan blodets HbCO-halt och luftens CO-halt enligt (2.1).

Jämviktssamband mellan blodets ändring i HbCO-halt och luftens ändring i CO-halt i lungorna enligt (2.2).

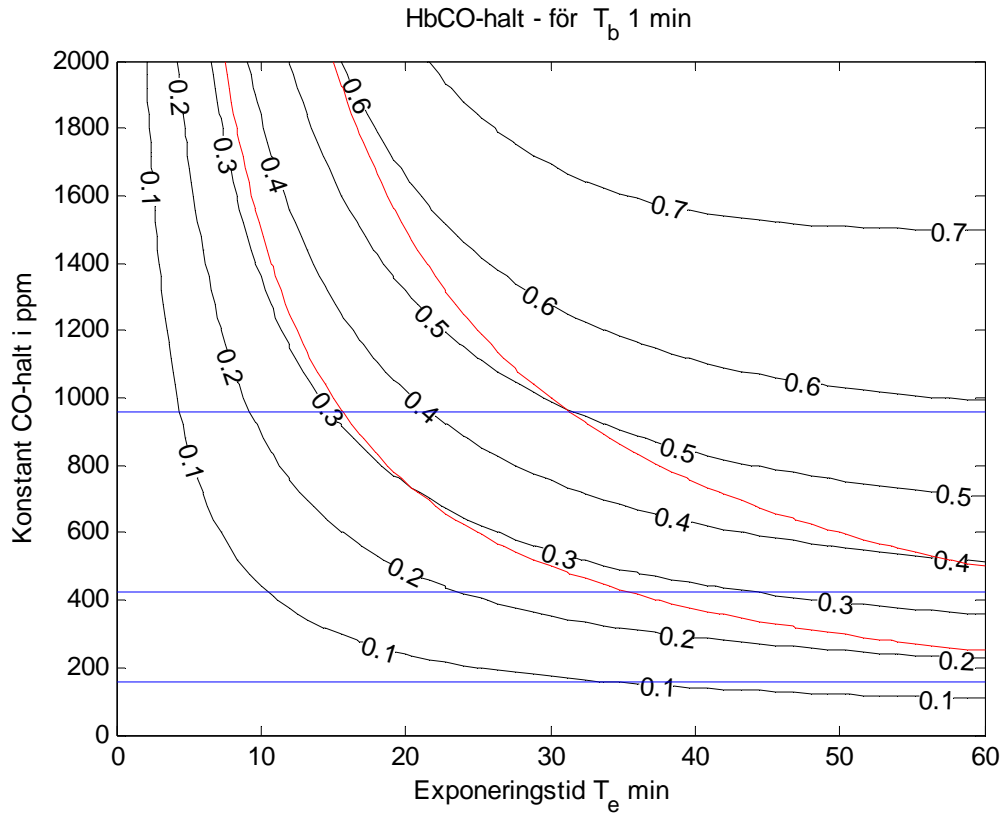
Fullständig gasupptagning för blodet motsvarar 0.04 av luftens gashalt.

En enkel volym-flödesmodell för blodet enligt (2.3).

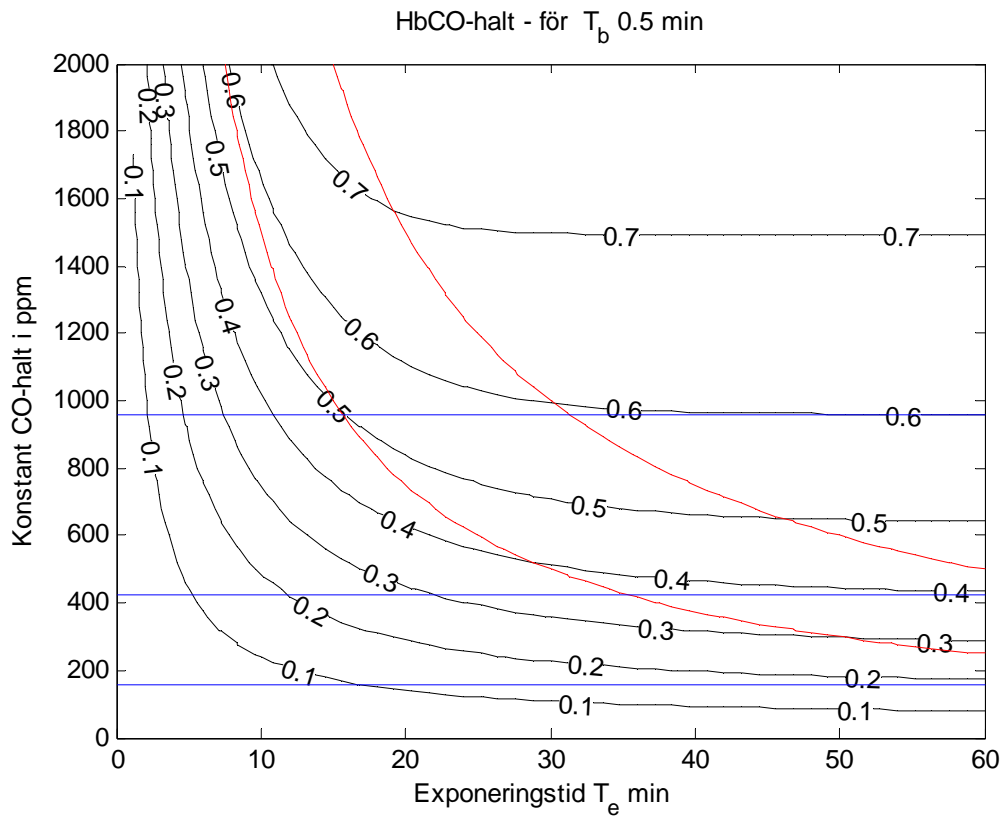
Fullständig omblandning råder i den volym som brandgasspridning sker till och CO-halten avklingar enligt (2.4).

Hur en konstant CO-halt påverkar blodets HbCO-halt redovisas med nivåkurvor i Figur 2.2 för en omsättningstid för blodomloppet på 1 min som gäller för en person i vila och i Figur 2.3 för 0.5 min för en aktiv person.

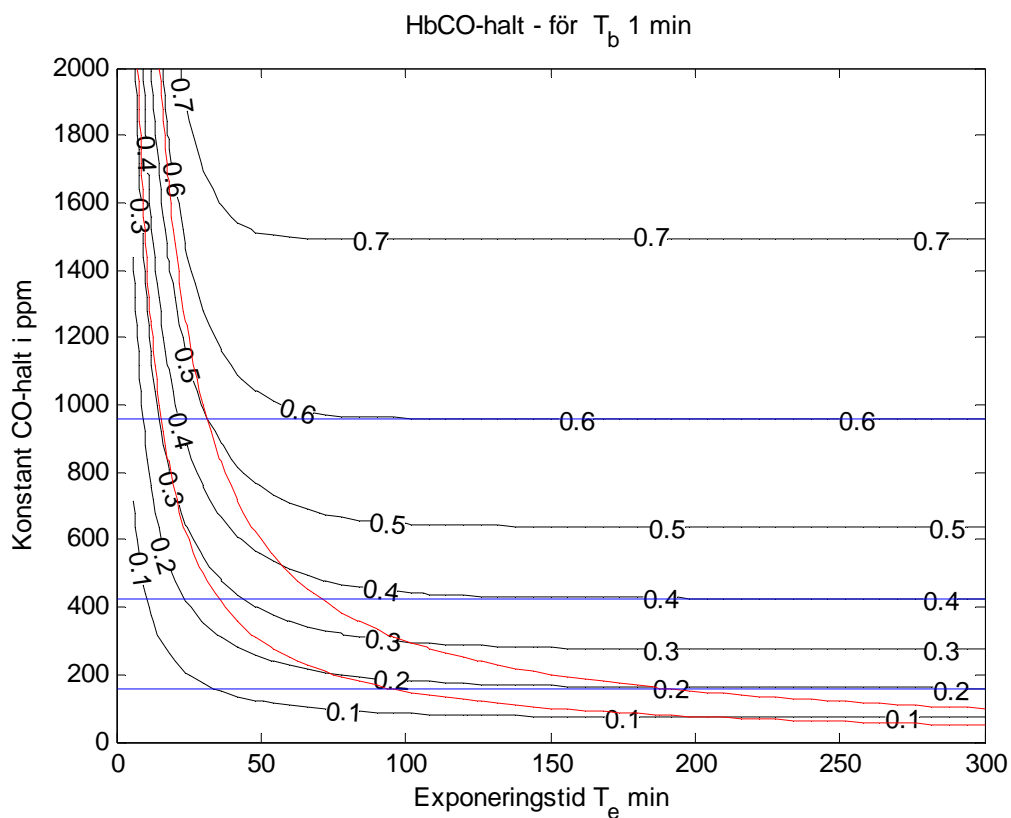
Kurvorna i Figur 2.2 och 2.3 visar att HbCO-halten når sin jämviktsnivå efter 60 min för höga CO-halter, medan det tar längre tid för lägre CO-halter. Två kompletterande diagram redovisas i Figur 2.4 och 2.5 för exponeringstider upptill 300 min eller 5 h. Kurvorna visar att det tar högst tre timmar för en person i vila att uppnå jämviktsnivån och två timmar för en aktiv person.



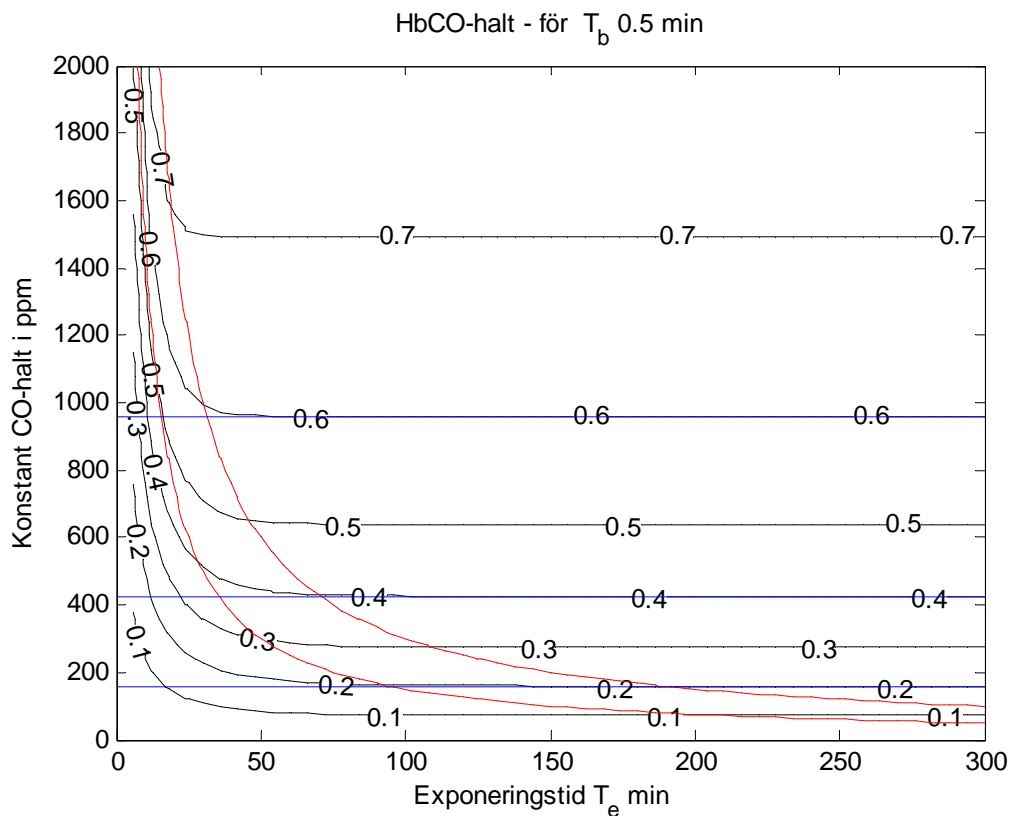
Figur 2.2 HbCO-halt som funktion av exponeringstid, konstant CO-halt och en person i vila.



Figur 2.3 HbCO-halt som funktion av exponeringstid, konstant CO-halt och en aktiv person.



Figur 2.4 HbCO-halt som funktion av exponeringstid, konstant CO-halt och en person i vila.



Figur 2.5 HbCO-halt som funktion av exponeringstid, konstant CO-halt och en aktiv person.

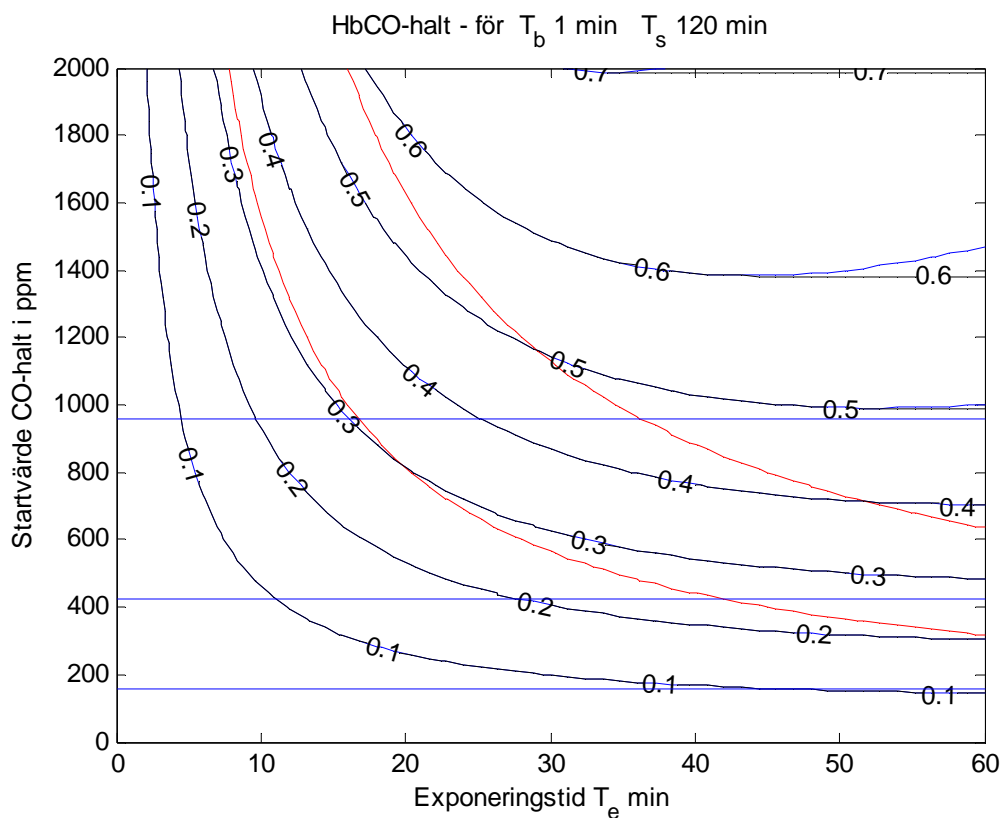
### 3 Högsta HbCO-nivå som funktion av exponeringstid

Detta avsnitt är en rättelse av avsnitt 4 i rapporten TVIT—07/7014. Hur högsta HbCO-halten under exponeringstiden beror på exponeringstid vid exponentiellt avtagande CO-halt redovisas i Figur 3.1-6 för sex kombinationer mellan blodets omloppstid 1.0 och 0.5 min och ventilationens omsättningstid 120, 60 och 30 min. Sambandet mellan exponeringstid, CO-halt (startvärde) och resulterande HbCO-halt redovisas med isolinjer.

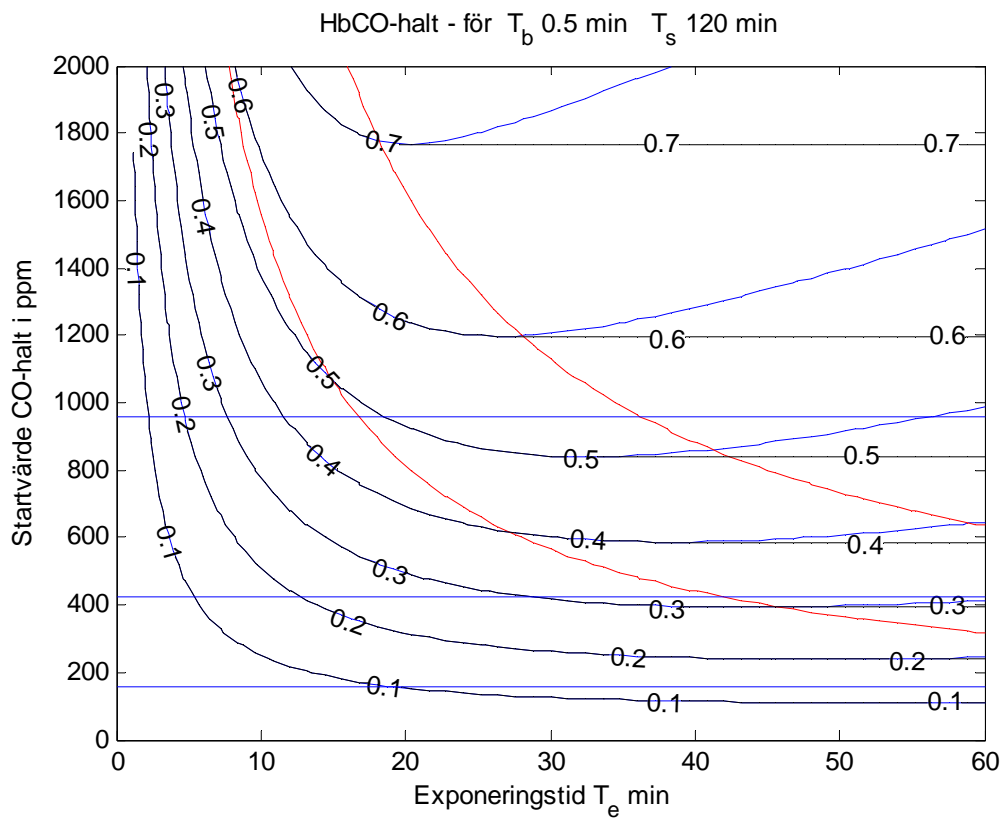
Fyra enskilda värden redovisas för varje kombination i Tabell 3.1 med avläsningar för exponeringstiderna 30 och 60 min och CO-halterna 500 och 1000 ppm. CO-dosen redovisas normaliserad mot 30 000 ppmmin. En enkel jämförelse mellan halten HbCO och dosen COs görs med  $(\text{HbCO}/0.5)/(\text{COs}/30\,000)$  för att visa hur CO-dosen 30000 ppmmin kan underskatta ett farligt HbCO-värde 0.5. Siffrorna i Tabell 3.1 visar att förhållandet mellan HbCO-värde och CO-dos enligt kolumn (7) varierar en faktor 2.

Tabell 3.1 Indata och resultat för simuleringsfall med avklingande CO-halt.

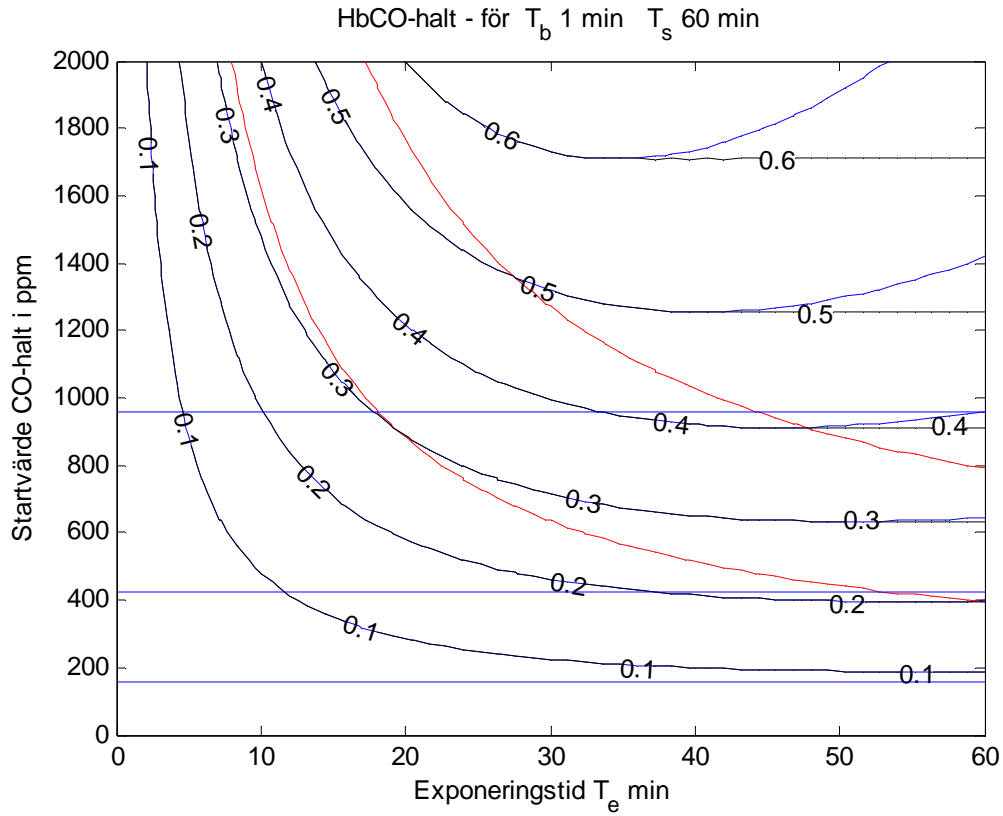
$T_b$ min	$T_s$ min	$T_e$ min	CO ppm	HbCO	COs/3e4	2·(5)/(6)	Figur
1.0	120	30	500	0,244	0,442	1,102	3.1
1.0	120	60	500	0,308	0,787	0,782	3.1
1.0	120	30	1000	0,450	0,885	1,016	3.1
1.0	120	60	1000	0,503	1,574	0,639	3.1
0.5	120	30	500	0,347	0,442	1,570	3.2
0.5	120	60	500	0,358	0,787	0,910	3.2
0.5	120	30	1000	0,550	0,885	1,243	3.2
0.5	120	60	1000	0,550	1,574	0,699	3.2
1.0	60	30	500	0,216	0,393	1,096	3.3
1.0	60	60	500	0,246	0,632	0,777	3.3
1.0	60	30	1000	0,402	0,787	1,021	3.3
1.0	60	60	1000	0,428	1,264	0,677	3.3
0.5	60	30	500	0,308	0,393	1,564	3.4
0.5	60	60	500	0,309	0,632	0,978	3.4
0.5	60	30	1000	0,503	0,787	1,278	3.4
0.5	60	60	1000	0,503	1,264	0,796	3.4
1.0	30	30	500	0,171	0,316	1,083	3.5
1.0	30	60	500	0,176	0,432	0,815	3.5
1.0	30	30	1000	0,323	0,632	1,023	3.5
1.0	30	60	1000	0,327	0,865	0,756	3.5
0.5	30	30	500	0,246	0,316	1,554	3.6
0.5	30	60	500	0,246	0,432	1,136	3.6
0.5	30	30	1000	0,428	0,632	1,354	3.6
0.5	30	60	1000	0,428	0,865	0,990	3.6



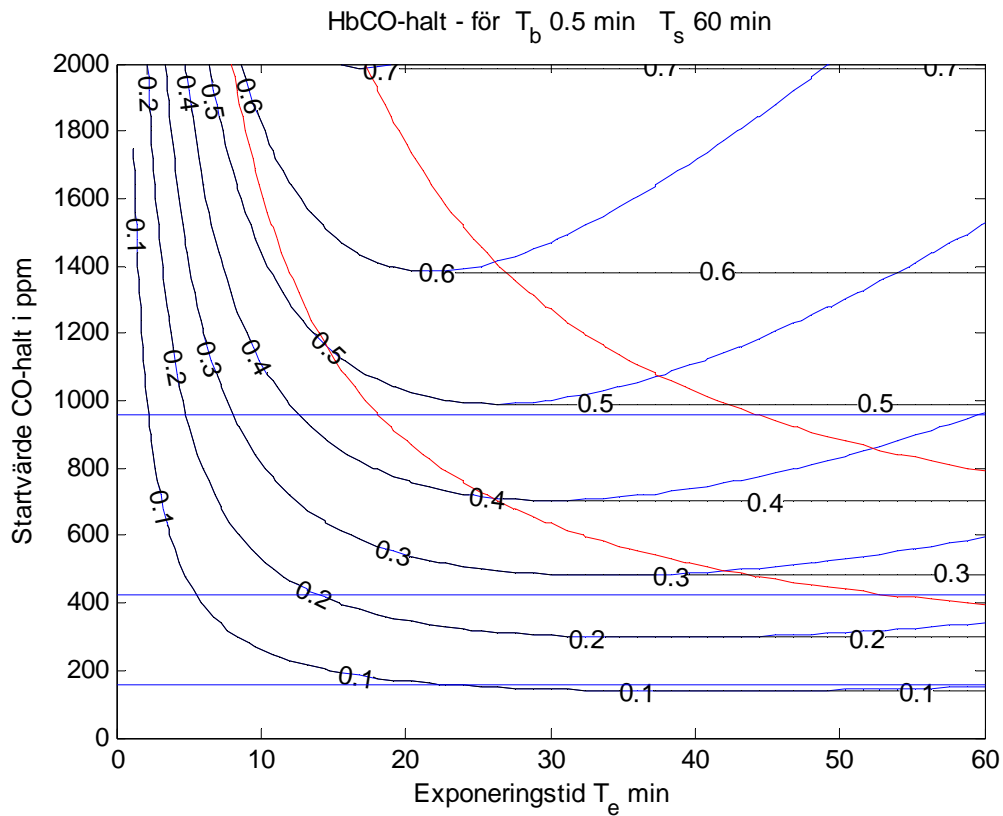
Figur 3.1 Högsta HbCO-halt som funktion av exponeringstid och CO-starthalt.



Figur 3.2 Högsta HbCO-halt som funktion av exponeringstid och CO-starthalt.

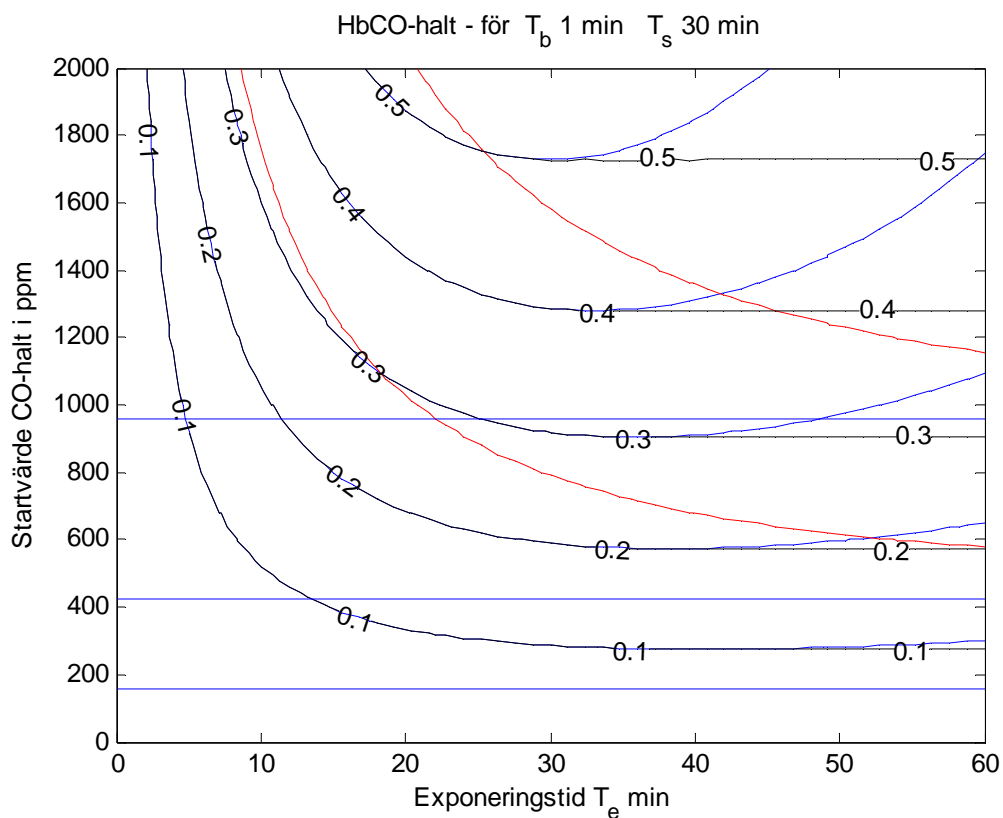


Figur 3.3 Högsta HbCO-halt som funktion av exponeringstid och CO-starthalt.

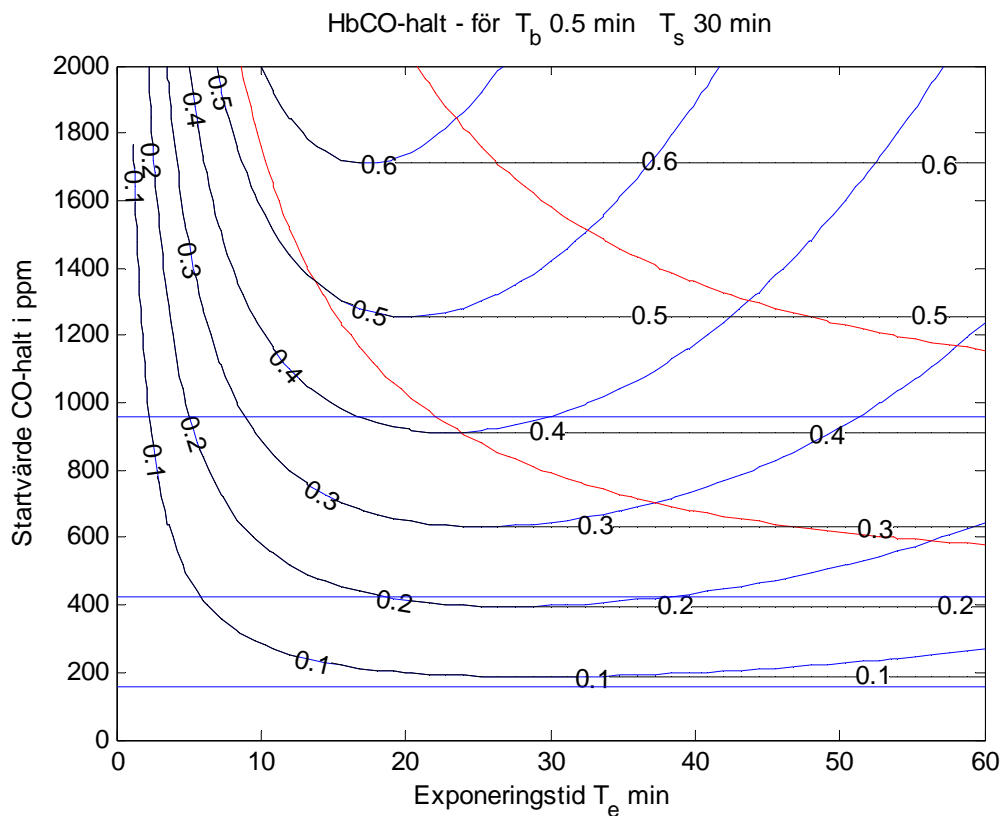


Figur 3.4 Högsta HbCO-halt som funktion av exponeringstid och CO-starthalt.





Figur 3.5 Högsta HbCO-halt som funktion av exponeringstid och CO-starthalt.



Figur 3.6 Högsta HbCO-halt som funktion av exponeringstid och CO-starthalt.

## 4 Högsta HbCO-nivå som funktion av CO-dos

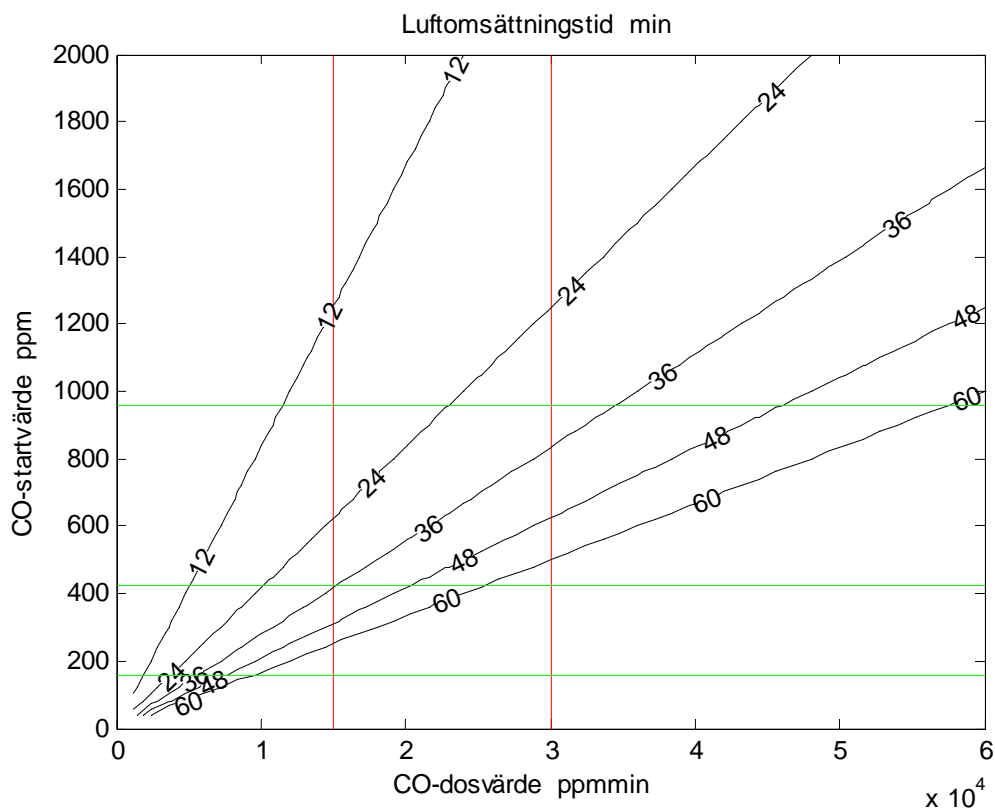
HbCO-halten beräknas för avklingande CO-halt med ett givet startvärde och för olika luftomsättning. Luftomsättningen har räknats om till CO-dos för fallet med oändlig exponeringstid och följande samband gäller mellan CO-dos, CO-startvärde och luftomsättningstid:

$$CO_{\text{dos}} = CO_{\text{start}} T_s \quad (\text{ppms})$$

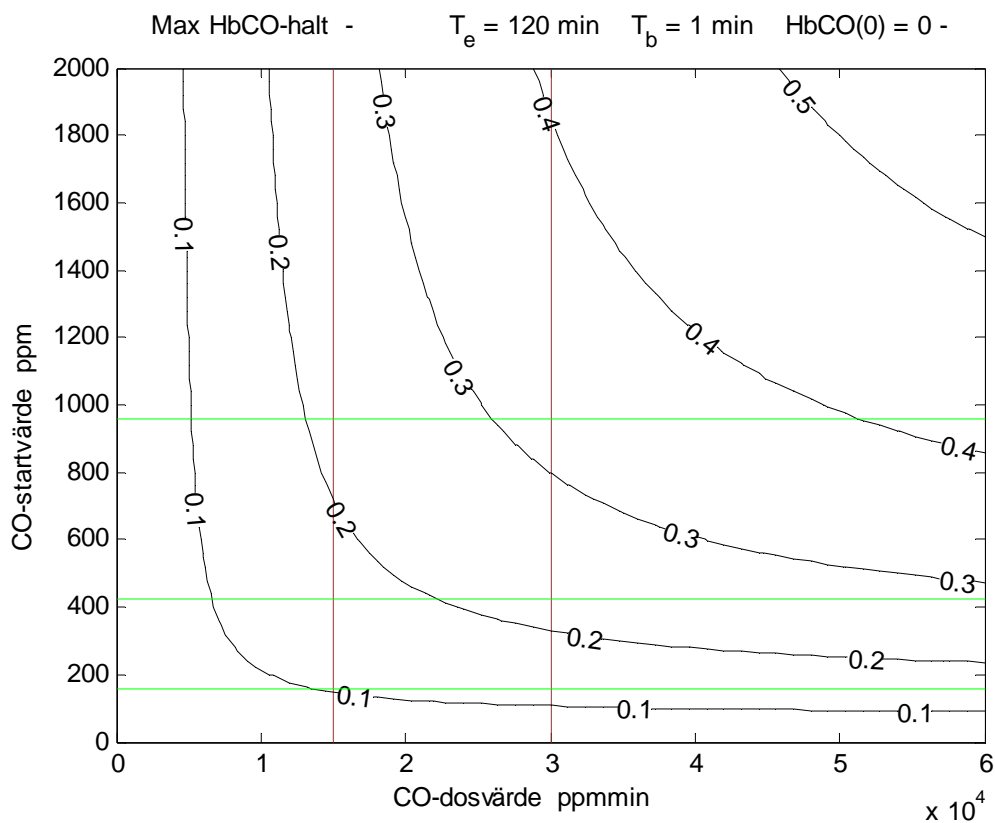
Hur luftomsättningen varierar med olika startvärde och dosvärde redovisas med isolinjer för luftomsättningen i Figur 4.1.

Två fall med olika aktivitet redovisas med högsta HbCO-halt och tid till högsta HbCO-halt parvis i Figur 4.2-3 för blodets omsättningstid 1 min respektive 4.4-5 för blodets omsättnings-tid 0.5 min. Exponeringstiden har varit 120 min.

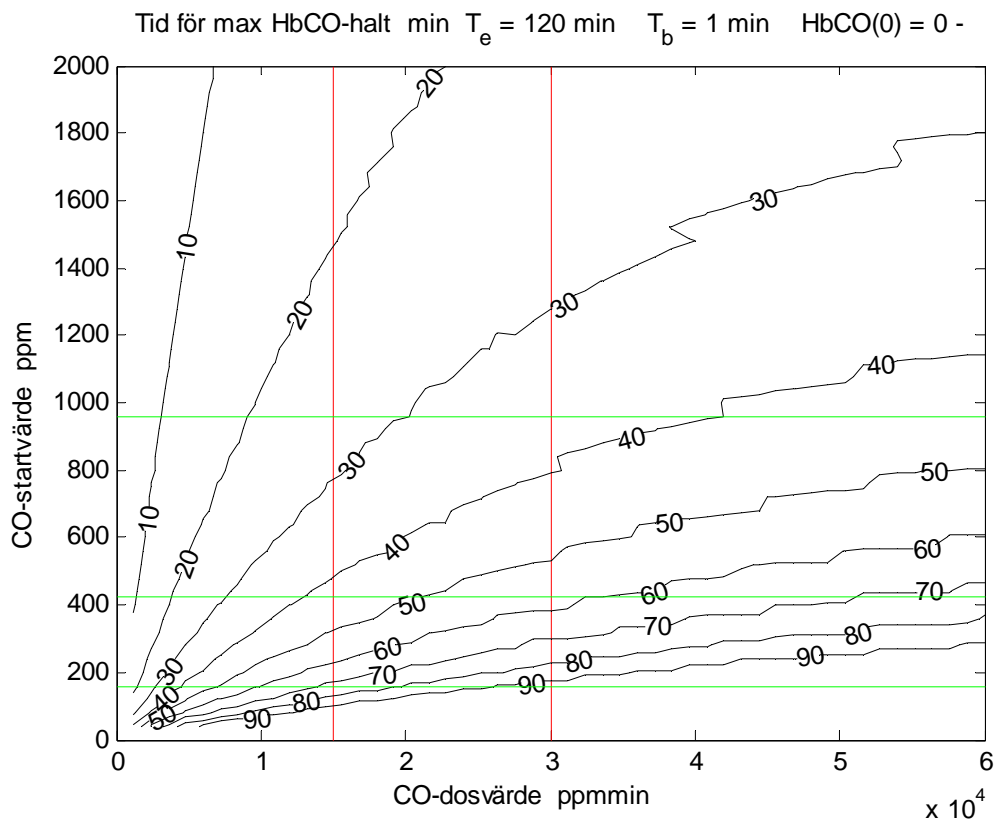
CO-dosen har varierats ifrån 0 till 60000 ppmmin. Dosen 30000 ppmmin anses vara dödlig i en del litteratur. Olika isolinjer i Figur 4.2 och 4.4 visar att CO-dosen 30000 ppmmin kan motsvara lindrig, måttlig och allvarlig HbCO-halt.



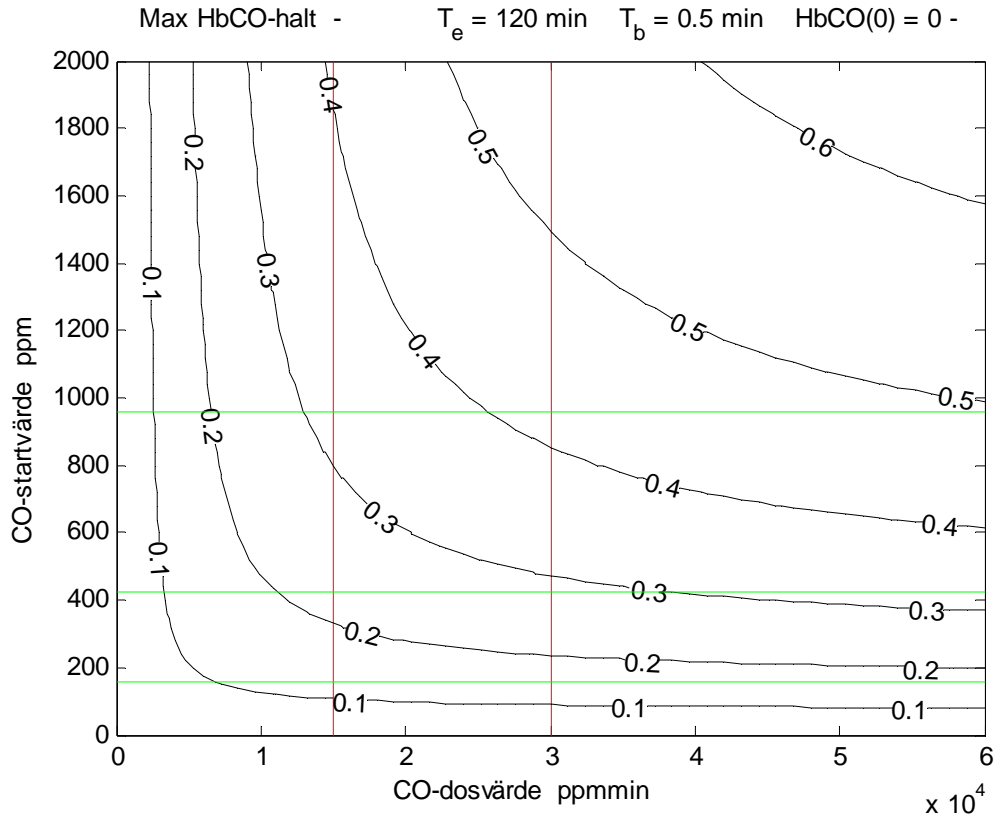
Figur 4.1 Luftomsättningstid som funktion av CO-dos och CO-starthalt.



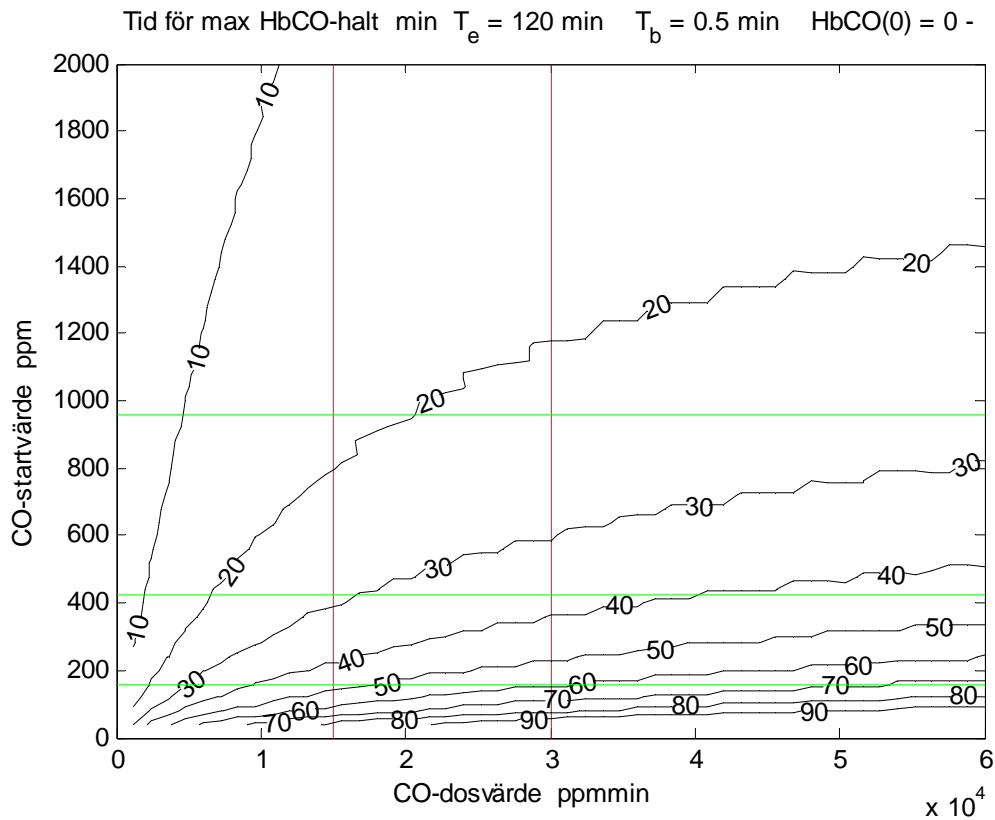
Figur 4.2 Högsta HbCO-halt som funktion av CO-dos och CO-starthalt.



Figur 4.3 Tid för högsta HbCO-halt som funktion av CO-dos och CO-starthalt.



Figur 4.4 Högsta HbCO-halt som funktion av CO-dos och CO-starthalt.



Figur 4.5 Tid för högsta HbCO-halt som funktion av CO-dos och CO-starthalt.

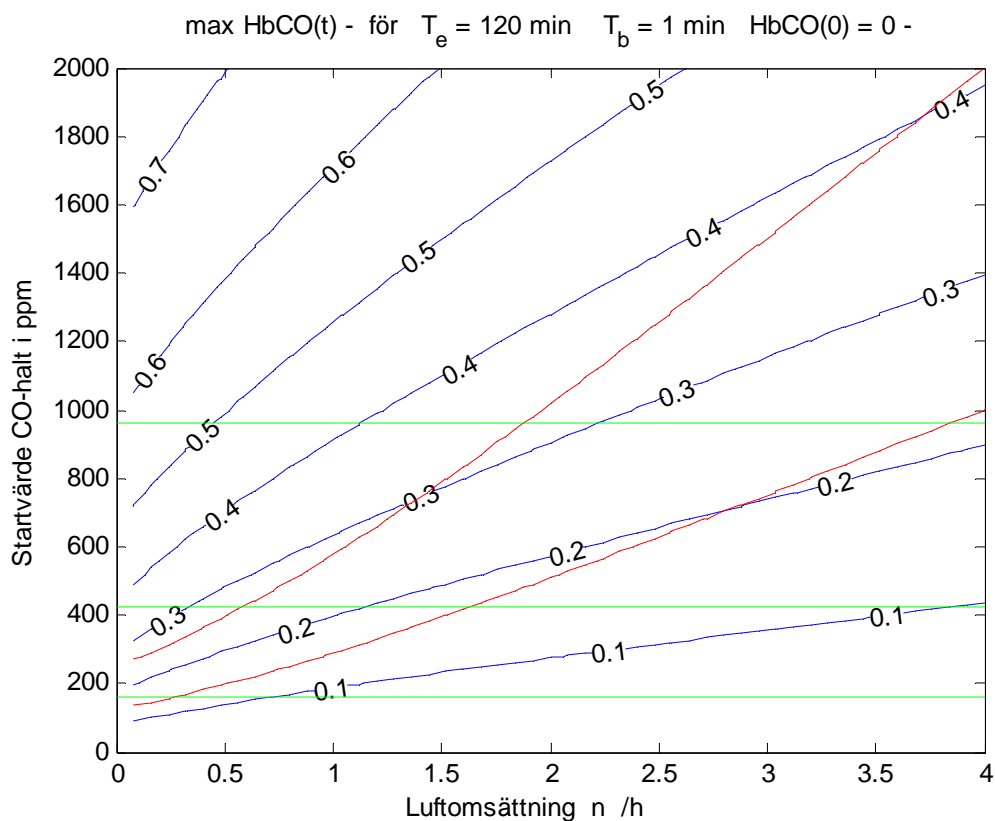


## 5 Högsta HbCO-nivå som funktion av luftomsättning

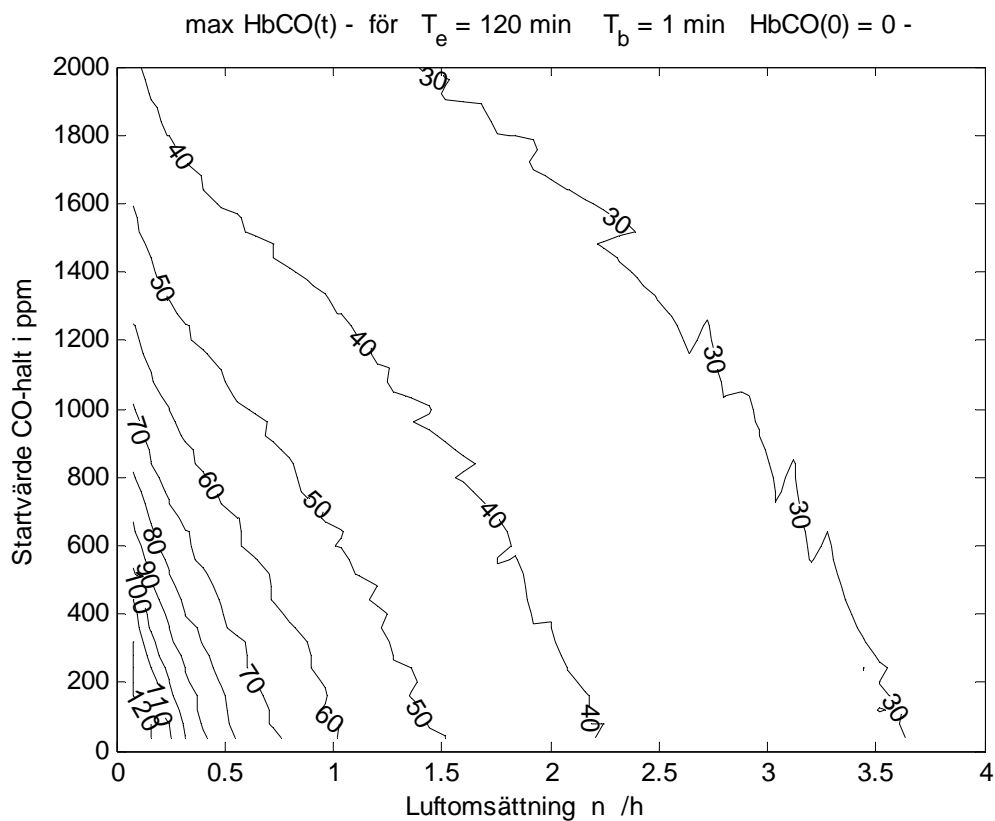
Samma två beräkningsfall som i avsnitt 4 med olika aktivitet och exponeringstiden 60 min redovisas här med luftomsättningen från 0 till 4 /h som x-axel.

Två fall med olika aktivitet redovisas med högsta HbCO-halt och tid till högsta HbCO-halt parvis i Figur 5.1-2 för blodets omsättningstid 1 min respektive 5.3-4 för blodets omsättningstid 0.5 min. Exponeringstiden har varit 120 min.

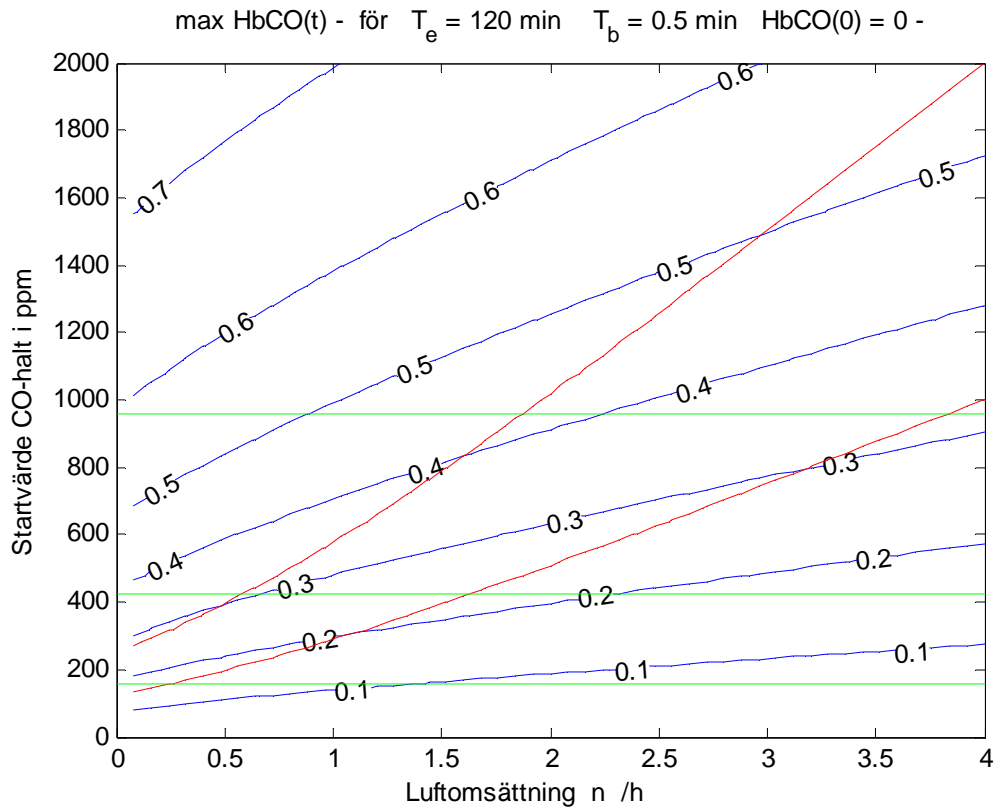
Isolinjer i Figur 5.1 visar att CO-dosen 30000 ppmmin motsvarar en HbCO-halt omkring 0.4 och i Figur 5.3 en högre HbCO-halt omkring 0.5.



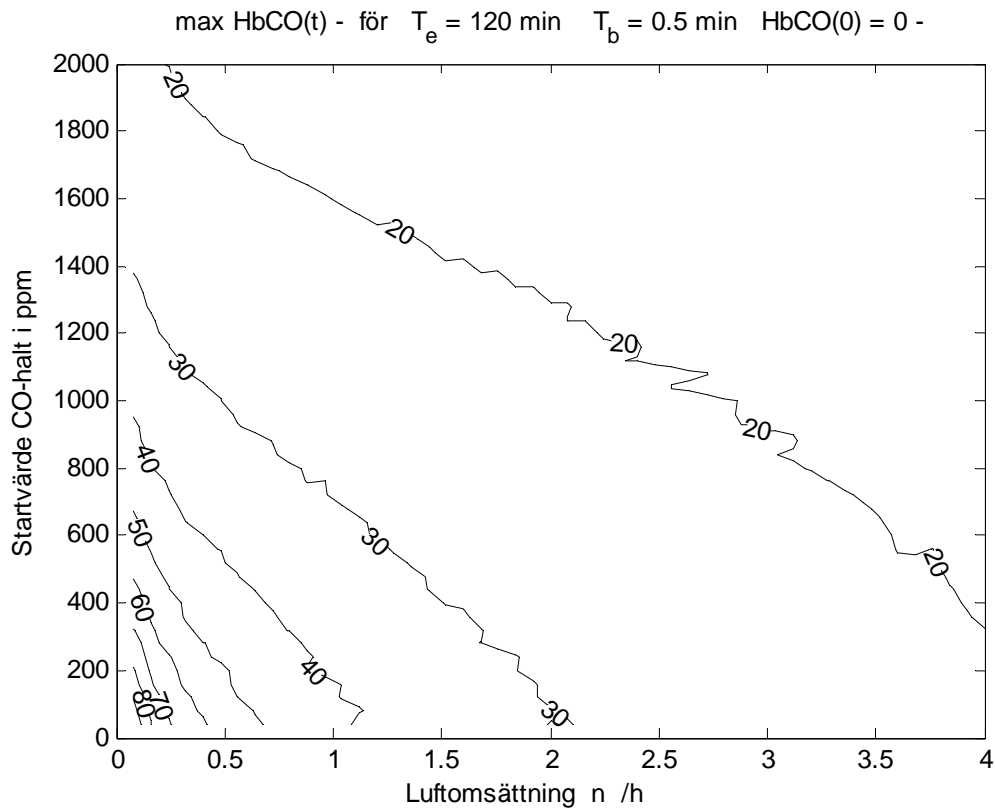
Figur 5.1 Högsta HbCO-halt som funktion av luftomsättning och CO-starthalt.



Figur 5.2 Tid för högsta HbCO-halt som funktion av luftomsättning och CO-starthalt.



Figur 5.3 Högsta HbCO-halt som funktion av luftomsättning och CO-starthalt.



Figur 5.4 Tid för högsta HbCO-halt som funktion av luftomsättning och CO-starthalt.



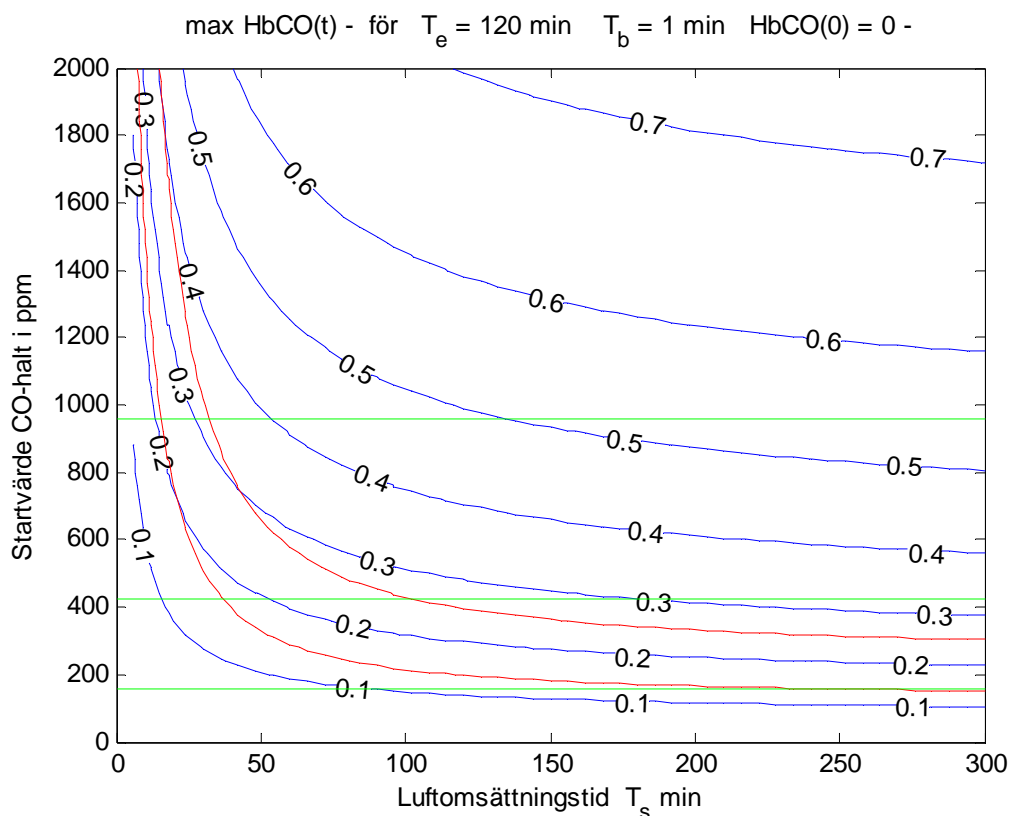


## 6 Högsta HbCO-nivå som funktion av luftomsättningstid

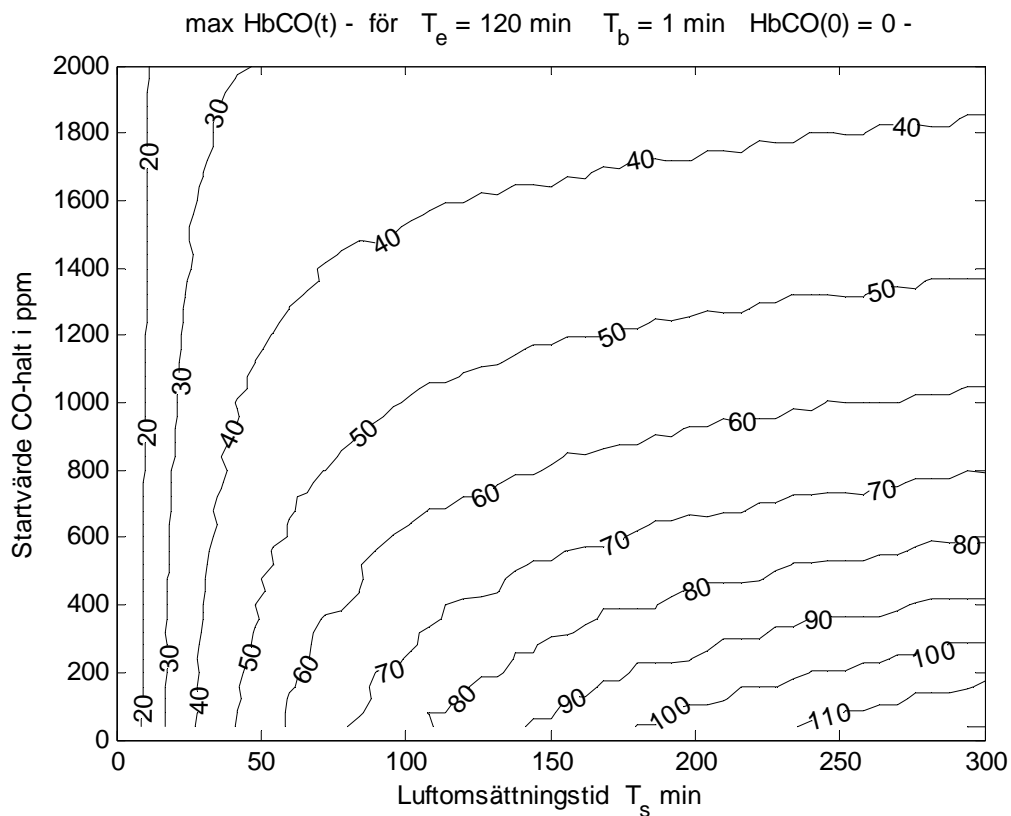
Samma två beräkningsfall som i avsnitt 4 med olika aktivitet och exponeringstiden 60 min redovisas här med luftomsättningstiden från 0 till 5 h eller 300 min som x-axel.

Två fall med olika aktivitet redovisas med högsta HbCO-halt och tid till högsta HbCO-halt parvis i Figur 6.1-2 för blodets omsättningstid 1 min respektive 6.3-4 för blodets omsättningstid 0.5 min. Exponeringstiden har varit 120 min.

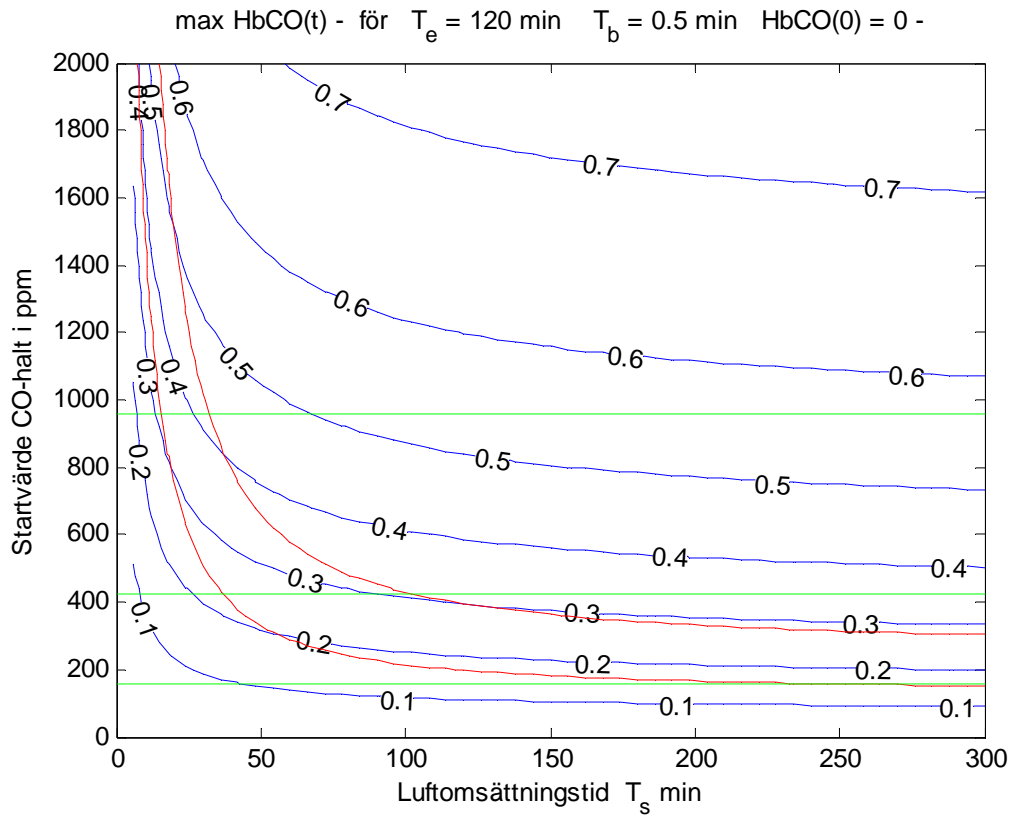
Isolinjer i Figur 6.1 visar att CO-dosen 30000 ppmmin motsvarar en HbCO-halt lägre än 0.4 och i Figur 6.3 en HbCO-halt högre än 0.4.



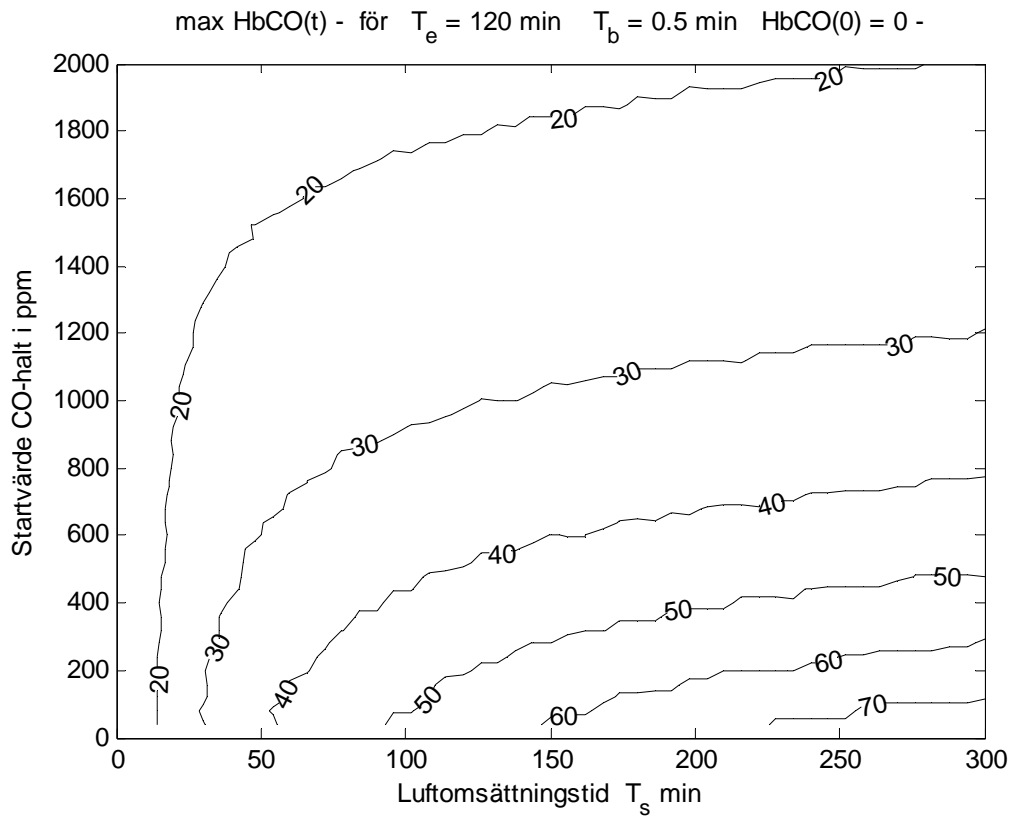
Figur 6.1 Högsta HbCO-halt som funktion av luftomsättningstid och CO-starthalt.



Figur 6.2 Tid för högsta HbCO-halt som funktion av luftomsättningstid och CO-starthalt.



Figur 6.3 Högsta HbCO-halt som funktion av luftomsättningstid och CO-starthalt.



Figur 6.4 Tid för högsta HbCO-halt som funktion av luftomsättningstid och CO-starthalt.