

Cykelbud i Stockholm

-energiförbrukning och exponering för
luftföroreningar



Rapport från Arbets- och miljömedicin • 2003:7

Cykelbud i Stockholm – energiförbrukning och exponering för luftföroreningar

Eva Bernmark, Marie Lewné, Magnus Svartengren, Christina Wiktorin

Foto framsida: Gröna Budet, Stockholm



Arbets & Miljömedicin

Arbets- och miljömedicin • Norrbacka • 171 76 Stockholm

tel 08-517 730 56 • fax 08-33 43 33 • amm@smd.sll.se

Rapporten finns även på vår webbplats, www.sll.se/amm.

ISSN: 1651-0321

Innehåll

INNEHÅLL	3
BAKGRUND	4
SYFTE	4
MATERIAL OCH METOD	5
Maximalt syreupptagningstest	6
Fältmätningar	6
Pulsregistrering	6
Luftföroreningsexponering	7
Dataanalys	7
Maximal syreupptagning	7
Fältmätningar	7
Beräkning av energiåtgång och andningsvolym.....	7
RESULTAT	9
Maximalt syreupptagningstest	9
Figur 1. Sambandet för ett cykelbud HR-VO ₂ , samt R ²	10
Fältmätning	10
Energiförbrukning och andningsvolym	11
Luftföroreningsexponering under en arbetsdag	13
DISKUSSION	14
Maximalt syreupptagningstest	14
Energiförbrukning och andningsvolym	14
Luftföroreningsexponering under en arbetsdag	15
SAMMANFATTNING.....	16
FÖRFATTARNAS TACK	17
REFERENSER	18

Bakgrund

I Stockholms finns det ca 70 cykelbud fördelade på ett 10-tal cykelbudsfirmor. Ett cykelbuds arbetsuppgifter består i att cykla med försändelser mellan olika adresser. Uppdragen förmedlas kontinuerligt via kommunikationsradio under arbetsdagen. En arbetsdag brukar innebära 70-100 km cykling och gång i 20-60 trappor med 2-20 kilos börda över axeln. Arbetet sker på ackord och de flesta är timanställda. En del arbetar deltid men de flesta arbetar heltid (40 timmar/v). För att arbeta som cykelbud krävs det en hög fysisk kapacitet. I dag är det i stort sett bara unga vältränade idrottsmän/kvinnor som är cykelbud. De flesta cykelbud är även aktiva på fritiden. Anställningstiden i yrket är i regel kort – många cykelbud arbetar bara några år. Studier har visat att den genomsnittliga syreförbrukningen under en 8-timmars arbetsdag inte bör överstiga 30 % av den maximala syreupptagningsförmågan (Jørgensen 1985, Wu 2002). Det finns anledning att tro att cykelbud i Stockholm har en mycket hög energiförbrukning och att de överskrider de rekommendationer som finns för ansträngningsgrad under tungt kroppsarbete.



Ett cykelbuds arbetsplats är mitt i storstadstrafiken med dess föroreningar och buller. Ett cykelbud kommer därmed att andas in betydligt mer luftföroreningar än andra yrkesgrupper i Stockholm. Detta för att de hela dagen befinner sig mitt i trafiken och för att de på grund av tungt fysiskt arbete har en mycket högre lungventilation än andra yrkesgrupper.

Syfte

Syftet med studien var att beskriva energiförbrukning och exponering för luftföroreningar för 5 cykelbud i Stockholm under en hel arbetsdag (8 timmar).

Frågeställningar för att uppnå detta syfte var:

- Hur stor är den maximala aeroba kapaciteten?
- Hur ser sambanden mellan hjärtfrekvens (HR) och syreupptagning i liter syre per minut (VO_2) respektive HR och lungventilationen i liter luft per minut (VE) ut?
- Hur stor är energiförbrukningen?
- Hinner personerna återhämta sig mellan cykelperioderna?
- Hur stor är lungventilationen (VE)?
- Hur hög är exponeringen för partiklar och kvävedioxid (NO_2)?

Material och metod

Fem cykelbud deltog frivilligt i studien. Alla var unga friska män. Medelåldern var 25 år (20 - 32 år, se tabell 1). Ingen av försökspersonerna var rökare. Inklusionskriteriet var att de hade jobbat som cykelbud i minst ett år.

Tabell 1. Försökspersoner som ingick i studien.

Tabellen visar försökspersonernas ålder, längd, vikt samt beräknad syreupptagning i vila VO_{2vila} .

	Ålder (år)	Längd (cm)	Vikt (kg)	VO_{2vila} (O_2 l/min)
Fp 1	32	177	77	0,27
Fp 2	23	190	82	0,29
Fp 3	20	178	69	0,24
Fp 4	26	202	92	0,32
FP 5	26	174	71	0,25
Medel	25	184	78	0,27
SD	4	12	9	0,03

Försöket bestod av två delar. En laboratoriedel där maximal syreupptagningsförmåga mättes och en fältmättningsdel där pulsfrekvens och luftföroreningar mättes under en till två arbetsdagar. Fyra av försökspersonerna mättes under två arbetsdagar. Dessa två dagar analyserades som två separata mätdagar. Totalt analyserades alltså 9 arbetsdagar (tabell 2). Alla försökspersoner registrerades minst en gång med respektive instrument.

Tabell 2. Fältmätningar som gjordes vid respektive tillfälle, där a står för första mätdagen och b för andra mätdagen.

Fp	Datum	Puls	Partiklar	NO_2
Fp 1a	2002-10-11		x	x
Fp 1b	2002-11-04	x		x
Fp 2a	2002-11-28	x		x
Fp 2b	2003-01-27	x	x	x
Fp 3a	2002-12-17		x	x
Fp 3b	2001-12-19	x		
Fp 4a	2002-10-11	x	x	x
Fp 4b	2002-11-04	x		x
Fp 5a	2002-11-08	x	x	x

Maximalt syreupptagningstest

För att ta reda på varje försökspersons individuella aeroba kapacitet gjordes ett maximalt syreupptagningstest på Idrottshögskolan i Stockholm. Testet utfördes på ergometercykel Monark 839E (Monark, Varberg, Sverige). Testet startade med 6 minuters uppvärmning på låg effekt, ca 120 Watt. Därefter ökades belastningen successivt med 50 W varannan minut tills dess att försökspersonen avbröt testet p.g.a. utmattnings. Kadensen var 80 trampningar/minut.

Pulsen (HR) registrerades med en pulsklocka Sporttester (Polar Electro Inc., Finland). Syreupptagningsförmåga (VO_2) och andningsvolym (VE) registrerades med AMIS 2001 (Innovision, Danmark) (Jensen). Under testet registrerades HR, VO_2 och VE kontinuerligt. Det högsta uppmätta värdet definierades som HR_{max} , VO_{2max} resp-ektive VE_{max} .



Fältmätningar

På morgonen före arbetsdagen utrustades försökspersonerna med de instrument som under dagen registrerade deras puls samt den mängd partiklar och kvävedioxid som de exponerades för.

Försökspersonerna blev också instruerade att fylla i en dagbok över start- och stopptider för cykelperioder, viloperioder samt lunch. I dagboken antecknades även adresser dit de cyklat under dagen. Efter arbetsdagen intervjuades personen om det hade varit en ordinär arbetsdag med avseende på fysisk belastning.

Pulsregistrering

Alla försökspersoner registrerades under en hel arbetsdag med en pulsklocka PE 3000 (Polar Electro Inc., Finland). Pulsmätaren består av ett band med sändare som spänns fast runt bröstet och en armbandsklocka som fungerar som mottagare och datainsamlare. Ett pulsvärde per minut registrerades. För att undvika störningar från omgivande elektronik som t.ex. mobiltelefoner och datorer användes en klocka med kabel.

Luftföroreningsexponering

För luftföroreningsexponering mättes partiklar med ett direktvisande mätinstrument DataRAM modell pDR-1000 (MIE Inc, USA). Instrumentet som är 12*6*4 cm och väger ca 0,8 kg bärs i en speciell sele på bröstet. Instrumentet registrerar inhalerbart damm (partiklar i storleks ordningen 0,1-10 μ m) och är kalibrerat mot ett standarddamm (SAE fine dust test). Resultatet för partikelmätningen anges i μ g/m³. Ett mätvärde registrerades varje minut.

För mätning av kvävedioxid (NO₂), som är ett mått på exponeringen för dieselavgaser används en passiv dosimeter (IVL Svenska miljöinstitutet AB, Göteborg). Själva mätaren består av en liten plastknapp, 25 mm i diameter, som fästs som en brosch vid bröstet. Efter avslutad mätning skickas dosimetern till IVL för analys och svaret ges som ett medelvärde för arbetsdagen uttryckt i μ g/m³.

Dataanalys

Maximal syreupptagning

För att ta reda på varje individs förhållande mellan puls (HR) och syreupptagning (VO₂) plottades de kontinuerligt uppmätta värdena från varje försökspersons cykeltest in i ett diagram där x-axeln representerade HR och y-axeln VO₂. I samma diagram plottades även personens skattade vilovärde för VO₂ och HR. Som vilovärde användes vilopulsen samt syreförbrukningen i vila. Syreförbrukningen i vila beräknades för varje individ genom att multiplicera kroppsvikten i kg med 0,0035. För varje person anpassades de enskilda mätpunkterna och det skattade vilovärdet till en exponentiell regressionslinje med hjälp av minsta kvadratmetoden. Därefter bestämdes ekvationen $VO_2 = Ae^{B \cdot HR}$ för att beskriva personens individuella samband mellan HR och VO₂.

På liknade sätt gjordes en exponentiell regressionslinje för sambandet mellan puls (HR) och lungventilation (VE), $VE = Ce^{D \cdot HR}$. Som vilovärde för VE användes 7 l/min (Åstrand 1990). A, B, C och D i ekvationerna är konstanter som beräknades för varje försöksperson. I de båda fallen beräknades även förklaringsgraden R² mellan VO₂ och HR respektive VE och HR.

Fältmätningar

Arbetsdagen delades med hjälp av dagbok och körjournaler in i tre perioder: 1) cykling, 2) övrigt (t.ex. vänta på nytt uppdrag) samt 3) lunchrast. Data från lunchrasterna har tagits bort, så att resultaten endast kommer att gälla arbetstid. Resultaten från NO₂ mätningarna utgör ett integrerat mått för hela arbetsdagen inklusive lunch.

Beräkning av energiåtgång och andningsvolym

Vid beräkning av den totala syreförbrukningen och andningsvolymen under arbetsdagen användes för varje försöksperson resultaten från pulsmätningen samt de exponentiella ekvationerna som beskriver försökspersonens individuella samband mellan VO₂ och HR respektive VE och HR.

Efter att ha räknat ut den totala syreförbrukningen kunde även den total energi förbrukningen beräknas enligt antagandet att vid förbrännig av en liter syre frigörs 4,8 kcal (20,2 kJ).

Energiförbrukningen kan också beskrivas som multiplar av basalmetabolismen (MET). En fördel med att beskriva energiförbrukningen i MET är att det blir lättare att jämföra individer med olika storlek. Vid vila är MET=1 vilket motsvarar 3,5 ml O₂/min*kg (Ainsworth 1993). Stillasittande arbete motsvarar 1,3 MET (Pernold 2002). Basalmetabolismen i l O₂/min beräknas genom att multiplicera försökspersonens vikt i kg med 0,0035. MET kan därefter bestämmas genom att dividera aktuell syreförbrukning med basalmetabolismen.

Resultat

Maximalt syreupptagningstest

Tabell 3. Resultat från det maximala syreupptagningstestet.

Tabellen visar den maximala pulsen HR_{max} , den maximala syreupptagningen VO_{2max} , den maximala andningsvolymen VE_{max} samt den belastning som försökspersonerna cyklade på då de maximala värdena noterades.

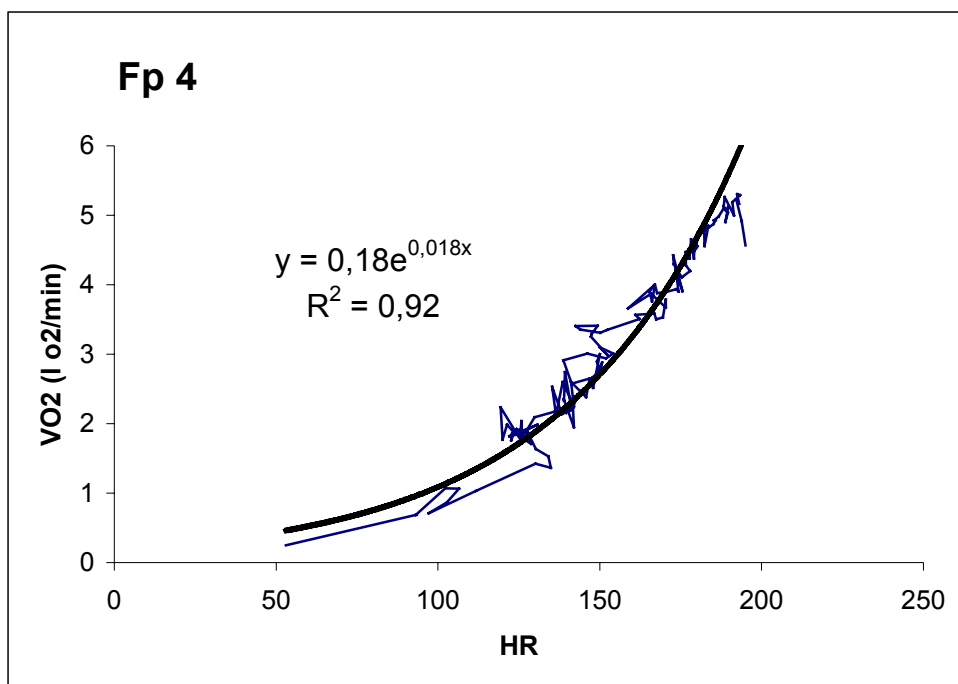
	HR_{max}	VO_{2max}	VO_{2max}/kg	VE_{max}	Belastning
	(slag/min)	(O ₂ l/min)	(O ₂ l/min/kg)	(l/min)	(Watt)
Fp 1	186	5,0	66	170	400
Fp 2	180	5,4	66	225	400
Fp 3	189	4,2	61	189	370
Fp 4	195	5,3	58	202	440
Fp 5	201	4,4	58	174	360
Medel	190	4,9	62	192	394
SD	8	0,5	4	22	31

Den genomsnittliga maximala syreupptagningsförmågan för försökspersonerna var 4,9 l O₂/min (4,2 - 5,4 l O₂/min). Försökspersonernas maxpuls var i genomsnitt 190 (180 -201).

Den maximala andningsvolymen var i genomsnitt 192 l/min (170 -225 l/min). Den genomsnittliga belastningen var då maxvärdena för puls och syreupptagning noterades var i genomsnitt 394 W (360 - 440 W).

Förklaringsgraden R^2 för regressionslinjen som beskrev det exponentiella sambandet mellan puls (HR) och syreupptagning (VO₂) var i genomsnitt 0,90 (0,83-0,94) (tabell 4). Förklaringsgraden R^2 för regressionslinjen som beskrev det exponentiella sambandet mellan HR och lungventilation (VE) var i genomsnitt 0,94 (0,88 - 0,96) (tabell 4).

Figur 1 visar ett exempel på sambandet mellan VO₂ och HR för försöksperson nr. 4 (fp4).



Figur 1. Sambandet för ett cykelbud HR-VO2, samt förklaringsgraden R²

Tabell 4. Förklaringsgraden R² över sambanden mellan syreupptagning och puls (VO₂-HR) samt mellan andningsvolym och puls (VE-HR).

	VO ₂ -HR	VE-HR
	R ²	R ²
Fp 1	0,94	0,95
Fp 2	0,91	0,88
Fp 3	0,90	0,96
Fp 4	0,92	0,94
FP 5	0,83	0,95
Medel	0,90	0,94
SD	0,05	0,03

Fältmätning

Två av arbetsdagarna skattades av försökspersonerna som normala, tre arbetsdagar som tyngre än normalt och fyra arbetsdagar som lättare än normalt vad gäller fysisk belastning (tabell 5).

Energiförbrukning och andningsvolym

Cykelbudens arbetsdag (exklusive lunchrast) indelades i perioder av cykling eller övrigt. Ett cykelbud cyklade i genomsnitt 82 % (77 - 89 %) av arbetsdagen, lunchen exkluderad (tabell 5). Medelvärdet för cykelbudens puls (HR) under cykelperioderna var 108 (99-121) och för övrig tid 81 (67-89). Under cykelperioderna var cykelbudens syreupptagning (VO_2) i genomsnitt 1,5 O_2 /min vilket motsvarar 5,2 MET (tabell 10). Under den övriga arbetstiden var medelvärdet för VO_2 0,9 O_2 /min som motsvarar 3,1 MET.

Tabell 5. Energiberäkningar för cykel- respektive övrigt- perioderna

	Del av dagen (%)		HR		VO_2 (O_2 l/min)		MET		Ansträngning
	Cykling	Övrigt	Cykling	Övrigt	Cykling	Övrigt	Cykling	Övrigt	
Fp 1a	77 %	23 %	103	67	1,5	0,8	5,7	3,1	Normal
Fp 2a	85 %	15 %	110	81	1,8	1,0	6,2	3,6	tyngre
Fp 2b	78 %	22 %	99	78	1,5	1,0	5,2	3,4	lättare
Fp 3a	89 %	11 %	110	80	1,4	0,8	5,8	3,3	tyngre
Fp 4a	81 %	19 %	110	88	1,4	1,0	4,4	3,1	lättare
Fp 4b	87 %	13 %	121	89	1,7	0,9	5,3	2,9	Normal
Fp 5a	80 %	20 %	102	83	0,9	0,6	3,5	2,3	lättare
Medel	82 %	18 %	108	81	1,5	0,9	5,2	3,1	
SD	5 %	5 %	7	7	0,3	0,1	0,9	0,4	

I genomsnitt gjorde varje cykelbud av med 3000 kcal (12,5 MJ) (1800-3700 kcal) under en arbetsdag (8h) vilket motsvarar 4,8 MET (3,3-5,8 MET) (tabell 6). Vid en lätt arbetsdag förbrukades 4,4 MET (3,5-5,2 MET) under cykelperioderna. Vid en tung arbetsdag förbrukades under cykelperioderna 6,0 MET (5,8-6,2 MET), och för en normal arbetsdag låg energiförbrukningen på 5,5 MET (5,3-5,7 MET) under cykelperioderna. Energiförbrukningen vid övrig tid låg på 3,1 MET (2,3-3,6 MET) (tabell 5).

Av den totala arbetsdagen låg i genomsnitt 10 % (1-17 %) av tiden över 50 % av individernas maximala syreupptagningsförmåga (tabell 6).

Tabell 6. Energiberäkningar för hela arbetsdagen (lunchen exkluderad).

	MET 8h	Energiåtgång 8h	Energiåtgång/kg 8h	> 50% av VO_{2max}	% av VO_{2max}
	(medel)	kcal	kcal/kg	% av dagen	
Fp 1a	5,1	3000	39	8 %	28 %
Fp 2a	5,8	3700	45	17 %	31 %
Fp 2b	4,8	3000	37	4 %	25 %
Fp 3a	5,5	2900	43	17 %	32 %
Fp 4a	4,2	2700	30	7 %	26 %
Fp 4b	5,8	3600	39	16 %	31 %
Fp 5a	3,3	1800	26	1 %	19 %
Medel	4,8	3000	37	10 %	27 %
SD	0,9	600	7	7 %	5 %

Andningsvolymen var i genomsnitt 81 % (59-113 %) högre under cykelperioderna jämfört med övrig tid (tabell 7). I genomsnitt andades under cykelperioderna 33 l/min och under övrig tid 19 l/min.

Tabell 7. Lungventilationen VE vid övrigt resp. cykling, samt den relativa höjningen.

	VE (l/min)	VE (l/min)	ökning
	övrigt	cykla	
Fp 1a	15	32	113 %
Fp 2a	23	44	91 %
Fp 2b	22	35	59 %
Fp 3a	14	26	86 %
Fp 4a	22	35	59 %
FP 4b	23	43	87 %
Fp 5a	11	19	73 %
Medel	19	33	81 %
SD	5	9	19 %

Luftföroreningsexponering under en arbetsdag

Den genomsnittliga partikelkoncentrationen för cykelperioderna var 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (47-95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). För övrig tid var den genomsnittliga partikelhalten 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (45-71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tabell 8).

Tabell 8. Resultat från partikelmätningarna.

Partiklar	Övrigt $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Cykling $\mu\text{g}/\text{m}^3$	8h $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Fp 1a			33
Fp 2b	49	39	41
Fp 4a	45	47	47
Fp 5a	71	95	90
Medel	55	60	53
SD	14	30	25

Den genomsnittliga mängden NO_2 för arbetsdagen var 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (33-60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tabell 9).

Tabell 9. Resultat från NO_2 mätningar under arbetsdagen.

	NO_2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Fp 1a	33
Fp 1b	60
Fp 2a	37
Fp 2b	49
Fp 4a	34
Fp 5a	59
Medel	45
SD	12

Diskussion

Maximalt syreupptagningstest

Den maximala syreupptagningen ($VO_{2\text{ max}}$) hos försökspersonerna var mycket hög (4,2 – 5,4 l O_2 /min). Cykelbudens arbetssituation med ca.10 mils cykling per dag kan ses som träning på arbetstid. De flesta av försökspersonerna tränar även konditionsidrott på fritiden. Två av försökspersonerna, fp1 och fp2 var multisportare på elitnivå. Värdena från maxtestet kan jämföras med professionella tävlingscyklister som har $VO_{2\text{ max}}$ mellan 4,4 och 6,4 l O_2 /min (Mujika 2001).

Sambandet mellan syreupptagning (VO_2) och puls (HR) samt lungventilation (VE) och puls (HR) har för den här studien antagits vara exponentiellt. Enligt litteraturen är sambandet vid fysiskt arbete linjärt (Åstrand 1986). Ett linjärt samband skulle kunna användas även för våra personer så länge man studerar belastning inom ett begränsat intervall. Problemet uppkommer om man även är intresserad av viloperioderna och således vill ha en beskrivning av sambandet mellan VO_2 och HR över hela spannet från vila till max. Vid låga pulsvärden under ca 90-100 slag får man influenser från sympaticus aktivitet (t ex nervositet) samt att hjärtat inte har nått sin fulla slagvolym vilket medför ett svagare samband mellan VO_2 och HR (Åstrand 1986). Eftersom vi även önskade att få in värden vid övrig, tid då försökspersonerna inte cyklade, bedömde vi det rimligt att använda ett exponentiellt samband.

Energiförbrukning och andningsvolym

Energiförbrukningen för de fem cykelbuderna varierade mellan 3,3 och 5,5 MET under de sju registrerade arbetsdagarna. Variationen berodde i första hand på antalet uppdrag och väderförhållanden för dagen. Antal uppdrag för dagen beror på antal efterfrågade bud och tillgången på cykelbud. Budbranschen är mycket konjunkturkänslig. Vid högkonjunktur anlitas cykelbuderna i större grad än under lågkonjunktur. Antalet bud varierar också över året vid t.ex. julhelgen levereras många julklappar till kunder via cykelbud. Det förklarar varför försökspersonerna 2a och 3a som jobbade dagarna före julhelgen visade förhöjd belastning. Väderförhållanden har också betydelse för hur jobbig arbetsdagen blir. Cykelbuderna fick efter avslutad arbetsdag bedöma om det hade varit en normal, lätt eller tung arbetsdag. Energiförbrukning och andningsvolym varierade med vad som bedömdes.

Föreslagna maxvärden för energiförbrukning för en man under en 8-timmars arbetsdag med tungt kroppsarbete är 2500 kcal (10,3 MJ) (Åstrand 1986). Alla utom ett cykelbud hade en energiförbrukning på mer än 2500 kcal för en 8-timmars arbetsdag (1800-3600 kcal). Vid en så hög energiåtgång krävs det att personen får i sig tillräckligt med energi för att orka med arbetsdagen.

Noterbart är att cykelbuderna inte kom ned lägre i puls än i genomsnitt 81 på den övriga tiden mellan cykelperioderna vilket motsvarar 0,9 O_2 /min (3,0 MET).

Det har även ansetts lämpligt att över en 8-timmars arbetsdag i genomsnitt inte överskrida 30 % av den maximala syreupptagningsförmågan ($VO_{2\text{ max}}$) (Jørgensen 1985). Tre av cyklisterna överskred denna gräns. Att ansträngningen över dagen i tre av fem fall ligger över den rekommenderade övre gränsen kan ses som naturligt

då det rör sig om unga vältränade män med god teknik och hög motivationsgrad som har sökt sig till arbetet för att få träna. Dessa faktorer ökar kapaciteten att arbeta med hög relativ aerob ansträngning.

Det finns också rekommendationer att man bör undvika anaerobt arbete, vilket äger rum vid $> 50\%$ $VO_{2\max}$ (Ilmarinen 1984). Alla cykelbud hade perioder med arbete som någon gång under dagen överskred 50% av $VO_{2\max}$. Det är möjligt att denna rekommendation bör kompletteras med en tidsgräns som inte bör överskridas.

Sambandet mellan puls och andningsvolym är som förväntat mycket starkt. Vid en viss belastning passerar man dock den s.k. ”ventilatoriska tröskeln”, där ventilationen ökar snabbare än VO_2 eftersom ventilationen styrs av att bli av med det extra koldioxid som bildas vid neutraliseringen av mjölksyra.

Under en cykelperiod andas ett cykelbud 81% mer luft jämfört med mellan cykelperioderna.

Luftföroreningsexponering under en arbetsdag

Mätningar av luftföroreningar i samband med arbete i trafikmiljö har tidigare genomförts på vardera ca 40 buss-, taxi- och distributionsförare under ordinarie arbete (Lewné et al, manuskript). Samma mätmetoder har använts som för cykelbuden. Mätningarna genomfördes 1997 – 1999 och medelvärden för partiklar var $26\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ för taxiförare, $44\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ för bussförare och $57\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ för distributionsförare. För kvävedioxid var motsvarande exponeringsnivåer 48, 60 respektive $68\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ för taxi-, buss- och distributionsförare (Lewné et al, manuskript).

I London har man jämfört exponeringsnivåerna av fina partiklar ($PM_{2,5}$) vid förflyttning med olika transportmedel. Nivån var lägst för cyklister ($34\ \mu\text{g}/\text{m}^3$), något högre för bussåkare ($39\ \mu\text{g}/\text{m}^3$) och bilåkare ($38\ \mu\text{g}/\text{m}^3$) (Adams et al 2001).

Exponeringsnivåerna vid cykling i storstad tycks vara jämförbara med exponeringsnivåerna för personer som befinner sig inne i ett fordon. Den stora skillnaden för cykelbuden i Stockholm är att de med sin extrema fysiska påfrestning har en betydligt högre lungventilation och att den inandade mängden luftföroreningar därmed sannolikt kan uppgå till det dubbla jämfört med andra yrkesgrupper.

Kvävedioxidkoncentrationen (NO_2) under en arbetsdag låg i snitt på $45\ \mu\text{g}/\text{m}^3$. Det är ungefär dubbelt så högt som dygnsmedelvärdet på $22\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ som uppmättes för en grupp Stockholmare i en tidigare studie (Svartengren et al 2000).

Sammanfattning

Energiförbrukning och exponering för luftföroreningar för 5 cykelbud i Stockholm för en genomsnittlig arbetsdag, lunchen exkluderad, kan sammanfattas enligt följande:

- Cykelbudens maximala syreförbruknings kapacitet var i genomsnitt 4,9 l O₂/min (62 ml O₂/min/kg).
- Förklaringsgraden var mycket hög både för ett exponentiellt samband mellan försökspersonernas syreupptagning VO₂ och puls HR samt för lungventilationen VE och HR. Medelvärdet för förklaringsgraden var 0,90 resp. 0,94.
- Energiförbrukningen för en arbetsdag var 3000 kcal (12,5 MJ)(1800-3700 kcal) vilket motsvarar 4,8 MET (3,3-5,7 MET).
- Personerna hann inte komma ned till vilopuls mellan cykelperioderna. Mellan cykelperioderna var pulsen 83 jämfört med deras verkliga vilopuls på 53.
- Lungventilationen var under cykling 81 % högre än under övrig tid (59-113%).
- Exponeringsnivån för partiklar < 10µm var 53 µg/m³
- Exponeringsnivån för kvävedioxid (NO₂) var 45 µg/m³.

Författarnas tack

Vi vill tacka följande personer som bidragit till att studien genomförts:

- Cykelbuden från Gröna Budet och Pickup i Stockholm som ställt upp som försökspersoner.
- Samuel Åberg, läkarstudent som genomfört en förstudie på cykelbud.
- Patrik Johansson, doktorand på idrottshögskolan , för värdefulla synpunkter och hjälp vid de maximala syreupptagningstesterna.

Referenser

1. Adams, H.S., Nieuwenhuijsen, M.J., Colvile, R.N., McMullen M.A.S., Khandelwal, P.(2001) Fine particle (PM_{2,5}) personal exposure levels in transport microenvironments, London, UK. *The Science of the Total Environment* 2001, 279; 29-44
2. Ainsworth, B., Haskell, W., Leon, A., Jacobs, D., Montoye, H., Sallis, J., Paffenbarger, R.(1993); *Compendium of physical activities: Classifications of energy costs of human physical activities. Med. Sci. sports Exerc.* 1993; 25:71-80
3. Ilmarinen, J.,(1984) Oxygen consumption and heart rate in different modes of manual postal delivery. *Ergonomics* 1984, vol 27, NO. 3, 331-339
4. Jensen, K., Jorgensen, S., Johansen, L. (2002) A metabolic cart for measurement of oxygen uptake during human exercise using inspiratory flow rate. *Eur J Appl Physiol* 87, 202-206
5. Jørgensen, K., (1985) Permissible loads based on energy expenditure measurements. *Ergonomics*,1985 Vol. 28, NO. 1, 365-369
6. Lewné, M. Lind, M-L., Nise, G., Gustavsson, P., (Manuscript) Motor exhaust exposure among taxi, bus and lorry drivers in Stockholm, Sweden.
7. Montoye, H., Kemper, H., Saris, W., (1996) Measuring physical activity and energy expenditure. *Human Kinetics.* 1996; pp. 3-14, 116-117, 123-133
8. Mujika, I., Padilla, S.,(2001) Physiological and performance characteristics of professional road cyclists. *Sports medicine* 2001; 31(7), 479-87
9. Pernold, G., Wigaeus Tornqvist, E., Wiktorin, C., Mortimer, M., Karlsson, E., Kilbom, Å et al (2002) Validity of occupational energy expenditure assessed by interview. *Am Ind Hyg assoc J* 63:29-33
10. Svartengren, M., Strand, V., Bylin, G., Järup, L., Pershagen, G.,(2000) Short-term exposure to air pollution in a road tunnel enhances the asthmatic response to allergen. *Eur Respir J* 2000; 15: 716-724
11. Wu, H., Wang, M.,(2002) Relationship between maximum acceptable work time and physical workload. *Ergonomics* 2002; vol. 45, no 4, p. 280-289
12. Åstrand, I., (1990) *Arbetets fysiologi.* p.55
13. Åstrand, P-O., Rodahl, K. (1986). *Physical performance.* In textbook of work Physiology: Physiological bases of exercise, 3 rd ed. (pp 332-336) New York: McGraw-Hill.