



UNIVERSITY OF
GOTHENBURG

Arbete i värme

ERIK HANSSON, MD PHD, OCCUPATIONAL AND ENVIRONMENTAL MEDICINE

Introduktion

- Värmefysiologi
- Värme-stress och värme-strain
- Reglering av värmestress på arbetet
- Värmestressprevention
 - Fall: Nicaraguansk sockerrörsplantage



Occupational heat exposure and kidney disease

Studies on the role of heat stress in the Mesoamerican epidemic of Chronic Kidney Disease of non-traditional origin

Erik Hansson

SAHLGRENSKA ACADEMY
INSTITUTE OF MEDICINE



Värmebalans

Värmebalans = Metabol värmeproduktion – värmeutbyte

- Kroppstemperaturen ökar om kroppens produktion av värme är större än utbytet av värme till omgivningen:
 - Värmeproduktion (metabolism - ämnesomsättning):
 - Vilometabolism
 - **Arbete**
 - Värmeutbyte
 - Yttre termiska faktorer ("**hetta**")
 - Klädsel
 - Hudblodflöde och svett

Arbete

Musklers omvandling av kemisk energi för att utföra mekaniskt arbete.

- Värme är en biprodukt.

Värmeutbyte – yttre miljö

Temperatur: Lägre gradient mellan kropp och yttre ger mindre värmeutbyte.

Luftfuktighet: Högre luftfuktighet leder till mindre avdunstning och mindre effektiv svettning.

Vind: Påverkar hastigheten på vilken luft uppvärmd och befuktad av huden byts ut.

Strålning: Överför energi från till exempel sol, ugnar, maskiner.

WBGT - Wet bulb globe temperature

- Avspeglar effekten av den yttre miljön på värmebalansen bättre än enbart temperaturen
- Mäts med tre termometrar:
 - Dry bulb ("vanlig" temperatur)
 - Wet bulb (klädd i ett vått tygstycke, påverkas mycket av luftfuktigheten)
 - Globe (inuti en svart glob, påverkad av strålning)

Många andra index finns.

Arbeten med värmeexponering

- Inomhus:
 - Tvätt
 - Bageri
 - Smältverk
 - Pappersbruk
 - Gruvor

Arbeten med värmeexponering

- Utomhus:
 - Jordbruk
 - Byggnadssektor
 - Gruvor
 - Transport
 - Service och turism
 - Militär
 - Havssaltsanläggningar

© Alex Schmitt / iStockphoto.com / iStockphoto.com

Credit: Ed Kashi

Värmeutbyte: Klädsel

Termal isolering: Förmågan att hålla kvar luft nära kroppen. T.ex. ull.

Evaporativ resistans: Förhindrar avdunstning. T.ex. regnkläder.

Inte bara värme som avgör klädsel:

- Kultur
- Skydd från mekaniska, kemiska och biologiska risker.

Värmeutbyte: Hudfunktion

Konvektion (överföring av värmeenergi)
påverkas av hudens blodflöde.

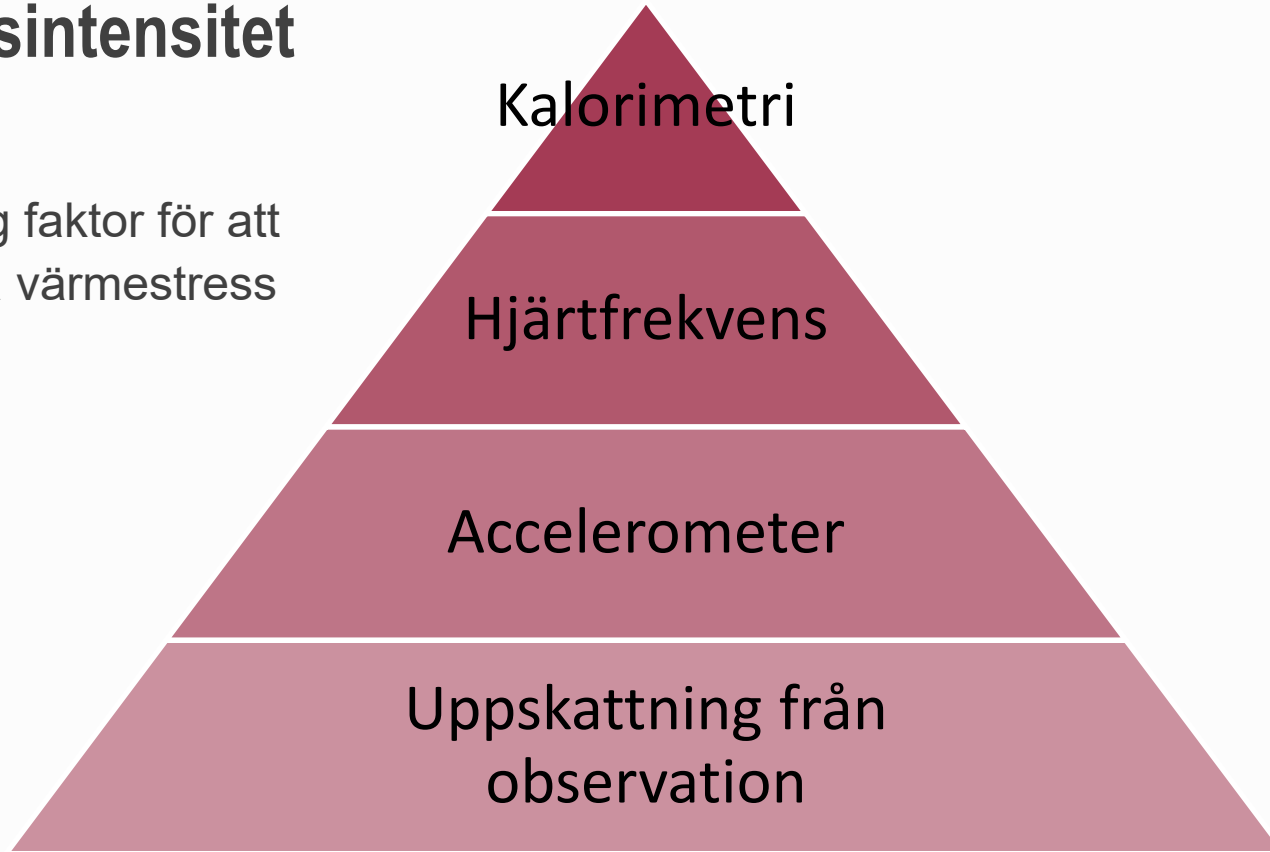
Evaporation (vätske-till-gas-omvandling) kräver
värmeenergi

Fuktig hud ger mycket större vätskeförluster.

→ Svett!

Arbetsintensitet

En viktig faktor för att
bedöma värmestress



Kalorimetri

- Mäter syreförbrukning (VO_2)
- Träffsäker mätning av ämnesomsättningen (ml syre som konsumeras per tidsenhet).
 - Dyrt
 - Tidskrävande
 - Svårt/kan inte göras på arbetsplatser

Hjärtfrekvens – uppskattning av energiförbrukning

- Puls och VO_2 är linjärt korrelerade
 - Om vissa faktorer är konstanta:
 - Yttre temperatur
 - Känslotillstånd/"stress".
 - Muskelgrupper. (Överkropp ger större pulsstegring än ben)

Hjärtfrekvens - mätningar

- **Optisk**

Handleds eller överarm. Mäter pulsreflektioner.

- **Elektronisk**

Bröstband. Mäter elektrisk aktivitet.

- Mer träffsäker.

Accelerometer – uppskattning av ene

- Mjukvara finns för att uppskatta energiförbrukning från accelerometer avläsningar.
 - Träffsäkert för gång/löpning (antal steg).
 - Överkroppsaktivitet underskattas?
 - Inte mycket validering av träffsäkerheten för fysiskt krävande verkliga arbeten.

Arbetsintensitet

- Uppskattning baserad på observationer

Metabolic rate class	ISO 8996:2021 Example task
Low	Standing, light activity (e.g. laboratory)
Moderate	Sustained hand and arm work (e.g. polishing)
High	Intense arm and trunk work with hand tools
Very high	Working with an axe

Värmestress

Den kombinerade exponeringen för yttre värme, metabol värmeproduktion och klädsel kan "summeras" som värmestress.

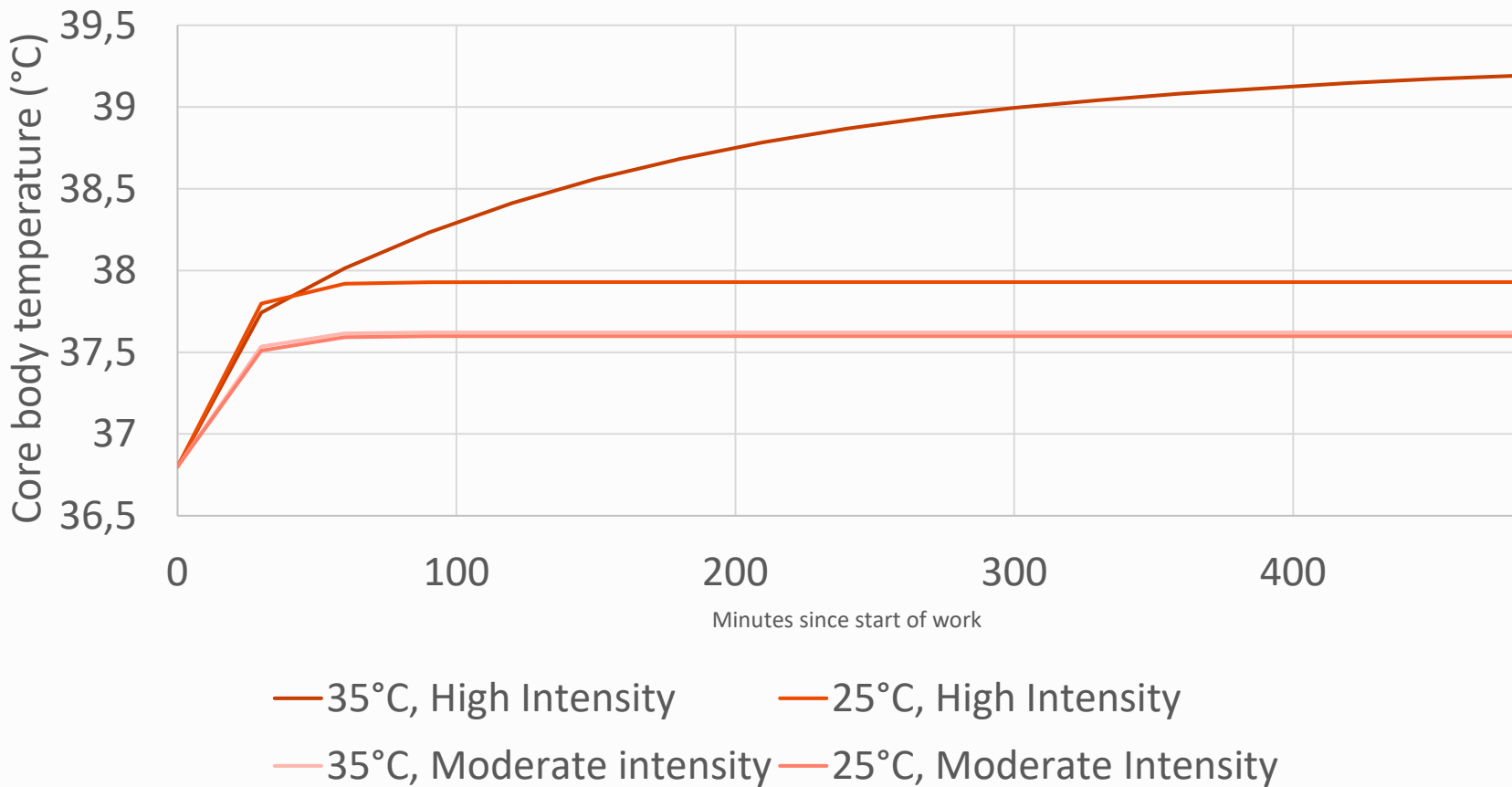
Värme strain

Strain är responsen på stress

Värmestrain innebär svar i kroppen som:

- Hypertermi
- Ökad hudblodflöde och svettning
- Takykardi
- Dehydrering

Predicted Heat Strain



Predictions using ISO 7933, based on acclimatised worker in 40% relative humidity, work clothes, no solar radiation (https://www.eat.lth.se/fileadmin/eat/Termisk_miljoe/PHS/PHS.html)

Kärntemperatur

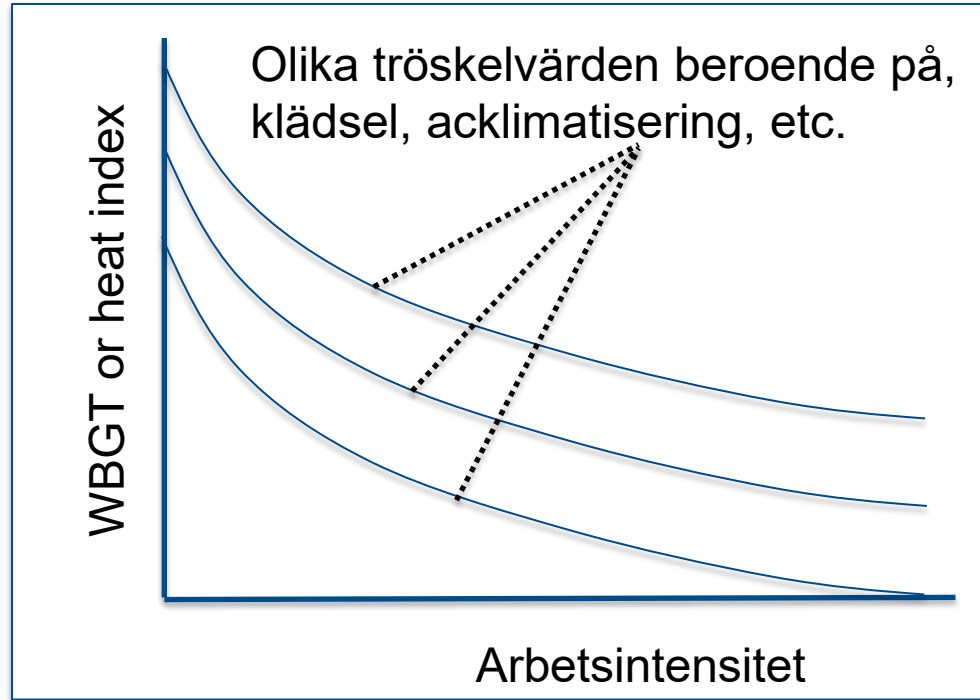
- Termometer på prob (svåranvänt på arbete)
- Termometerpiller

Kärntemperatur

- Kan uppskattas från hjärtfrekvensen över tid

Reglering av värmeexponering på arbete

- WBGT
 - Temperatur
 - Luftfuktighet
 - Vind
 - Strålning
- Heat index:
 - Temperatur
 - Luftfuktighet



”screening” för värmestressrisk – behov av mer utförliga mätningar?

Reglering av värmeexponering på arbete

- Rast/arbetsförhållande:
 - Tidsviktad medelvärdesexponering.

Table 1. Classification of workload in the Adelante cohort based on ISO 8996:2021, level 1 assessment.

Metabolic rate class	ISO 8996:2021 Example task	Adelante cohort job category
Low	Standing, light activity (e.g. laboratory)	Field support staff
Moderate	Sustained hand and arm work (e.g. polishing)	Irrigation repair work
High	Intense arm and trunk work with hand tools	Seed cutters
Very high	Working with an axe	Burned cane cutters

TIME OF DAY									
	6AM	7	8	9	10	11	12	13	14
REST (min/hr)	ISA REST SCHEDULE: BURNED CANE CUTTERS								
	0	0	0	20	10	20	No work	No work	
	ISA REST SCHEDULE: OTHER FIELD WORKERS								
	0	0	0	20	0	0	30	0	
	ACGIH RECOMMENDATIONS BASED ON MEDIAN OBSERVED WBGT								
	0	0	15	30	30	30	45	45	

Reglering av värmeexponering på arbete – utifrån hjärtfrekvens/värmestrain

- Värmestrain:
 - Puls
 - Efter 1 minuts vila <120 bpm
 - Bestående puls <180-ålder

American Congress of Government Industrial Hygienists (ACGIH)
 - Kan uppskatta kärntemperaturen utifrån kontinuerlig hjärtfrekvensmätning.
 - Kärntemperatur <38° C (WHO 1969)
 - Medicinskt utvalda, akklimatiserade arbetare kan komma upp till 38.5° C under övervakning (ACGIH)

Reglering av värmeexponering på arbetet – i Sverige

- AFS är begränsad till inomhusklimat:
 - Tidsvägt värmeindex för till exempel metallindustri

Gäller ej för situationer där solstrålning är dominerande källa till värme.

Inga specifika medicinska kontroller inför värmeexponering.

Vi går mot varmare tider

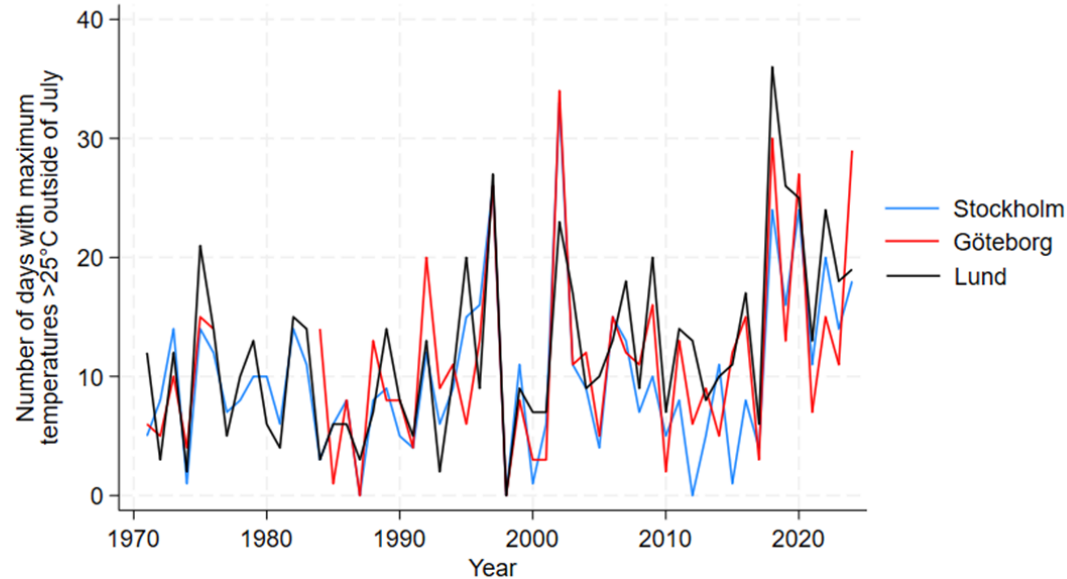


Figure 1

Data from Swedish Meteorological and Hydrological Institute

”optimal” temperatur
varierar geografiskt

Konsekvenser av värmestress

- Minskad produktivitet:
 - Högre puls för värmereglering – mindre utrymme för arbete
 - Dehydrering minskar arbetskapacitet
 - Minskad arbetstakt
 - Behov av pauser
- Symptom

Konsekvenser av värmestress

Godartat

Akut sjukdom, hög dödlighet

Värmesjukdom – ett
spektrum

Värmeutslag

Värmekramper

Värmeutmattning

Värmeslag

Konsekvenser av värmestress

- Ökad risk för olyckor på arbetet

Effects of Temperatures and Heatwaves on Occupational Injuries in the Agricultural Sector in Italy
Chiara Di Blasi et al Int. J. Environ. Res. Public Health 2023, 20(4)

Konsekvenser av värmestress

- Kroniska tillstånd från upprepade värmestress
 - Mindre kända (och svårare att studera) än omedelbara effekter.
 - Kronisk njursjukdom av icke-traditionell genes (CKDnt) "heat stress nephropathy"

Photo: Ed Kashi

Kronisk njursjukdom av icke-traditionell genes (CKDnt)

- Arbetsrelaterad sjukdom med folkhälsokonsekvenser i delar av Centralamerika
- Speciellt knuten till odling av sockerrör: Tungt arbete i värme som involverar en stor del av arbetskraften.

Hansson et al BMC Public Health 2021

Sockerrörsplantagen San Antonio, Nicaragua

- Mycket hög risk för akut och kronisk njursjukdom.
- Samband mellan arbetsintensitet och risk för akut njurskada.

Irrigation repair
and supervision

Seed cutting

Burned cane cutting

Förebyggande av värmesjukdom

- Minska/avskärma exponering från källan (t.ex. ugn)
- Raster, arbetsintensitet
- Förbättrade verktyg
- Skugga
- Hydrering
- Acklimatisering
- Tidiga varningssystem
- Kompis-system

Acklimatisering

- Kan ta upp till två veckor av gradvis ökande värmeexponering.
- Värmeslag sker oftast hos de som är nyanställda
“Most (73%) fatal heat related injuries occurred during the first week on the job.” (Tustin et al, JOEM 2018).

Acklimatisering

Tränar svettkörtlarna:

- Svettas mer
- Svettas tidigare
- Svettas över större del av kroppen

Värmestressprevention

”empowering laborers to self-pace is the basis of heat mitigation”

Iouannou et al. 2021

Värmestressprevention

- Slaget om Ramadi, Juli 1917, Irak
- 50° C.

Antagligen mycket små
möjligheter att anpassa
arbetstakten och vila

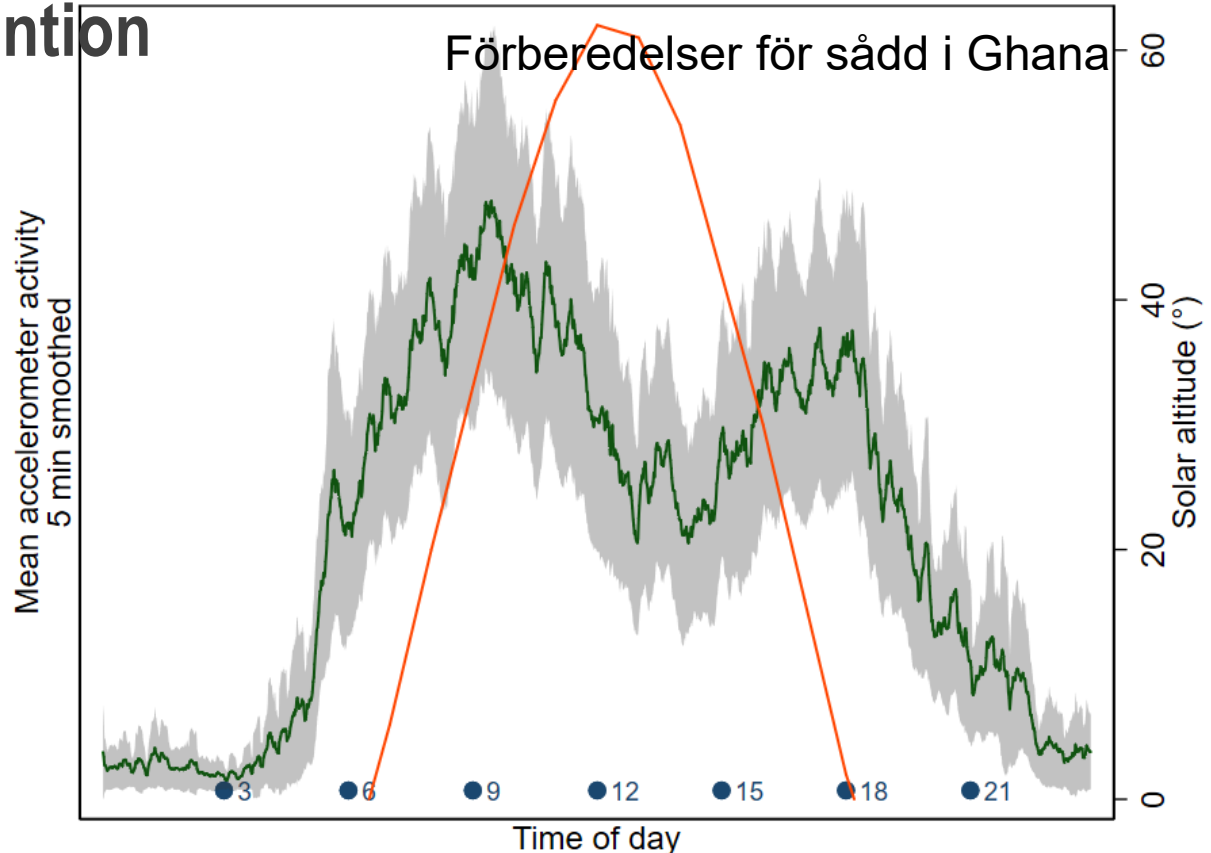
"our total casualties amounted to 566. Of these 321 were due directly to the heat, which thus caused us greater loss than the enemy." Moberly (1927)

Värmestressprevention

- Migrantarbetare i gulfstater, exempelvis inom byggindustrin
 - Inga pass
 - Skuldsatta
 - Kan inte byta arbetsplats
- Preliminära studier visar på hög förekomst av CKD hos återvändande gästarbetare i Nepal

Värmestressprevention

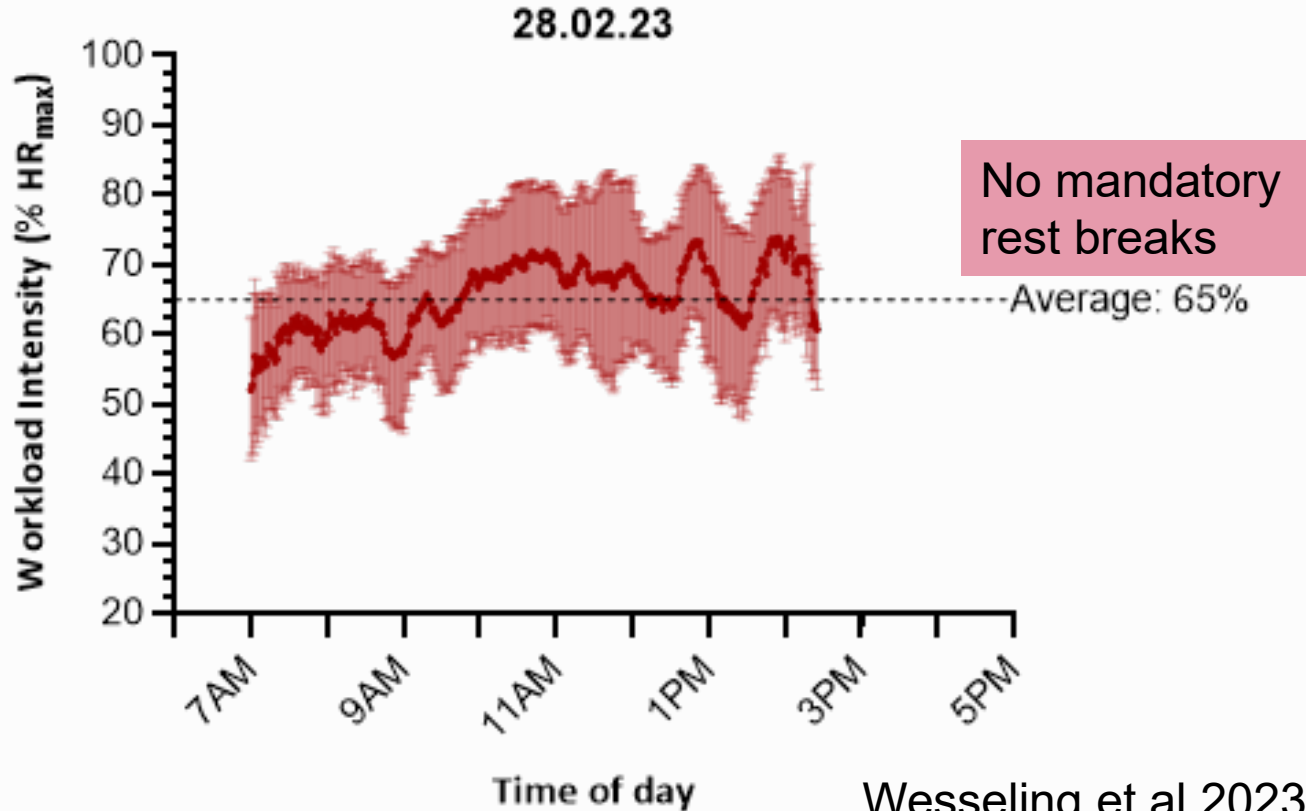
- Självhushållande jordbrukare
 - Arbete behöver göras men tidpunkten kan anpassas?



Data från Zanello et al 2020, *Scientific data*

Värmestressprevention

- Ackord-betalda arbetare i industriellt jordbruk

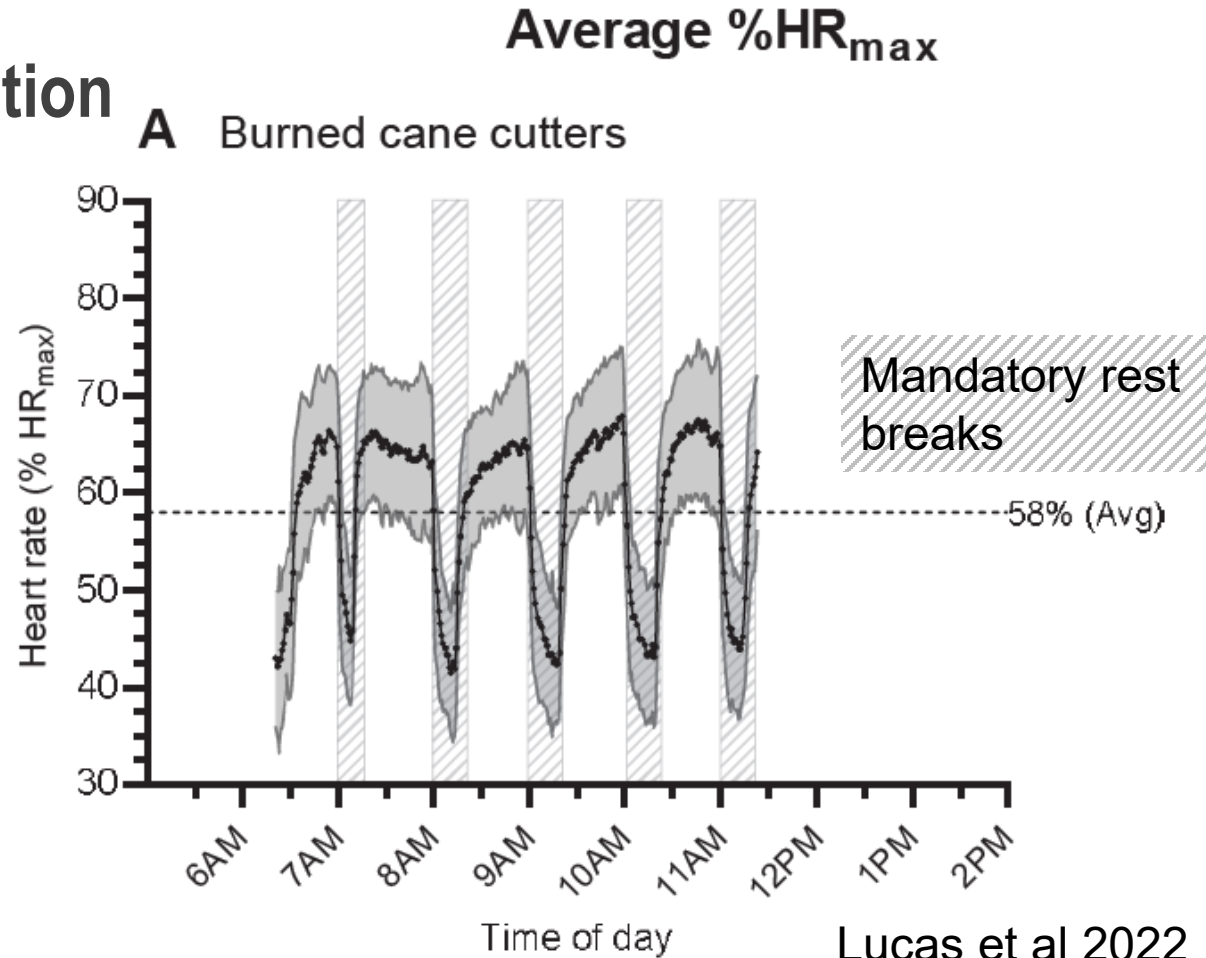


© 2023 ERM

Wesseling et al 2023

Värmestressprevention

- Ackord-betalda arbetare i industriellt jordbruk



Skugga

Hydrering

- Var medveten om risken för hyponatremi (vattenintoxikation)
- Elektrolyter
 - Mat är den viktigaste källan.
 - För arbete > 2 timmar i värme så kan elektrolyter rekommenderas.

Photo: Ed Kashi
Photo: Ed Kashi

Adelante study



ORIGINAL RESEARCH

Preventing kidney injury among sugarcane workers: promising evidence from enhanced workplace interventions

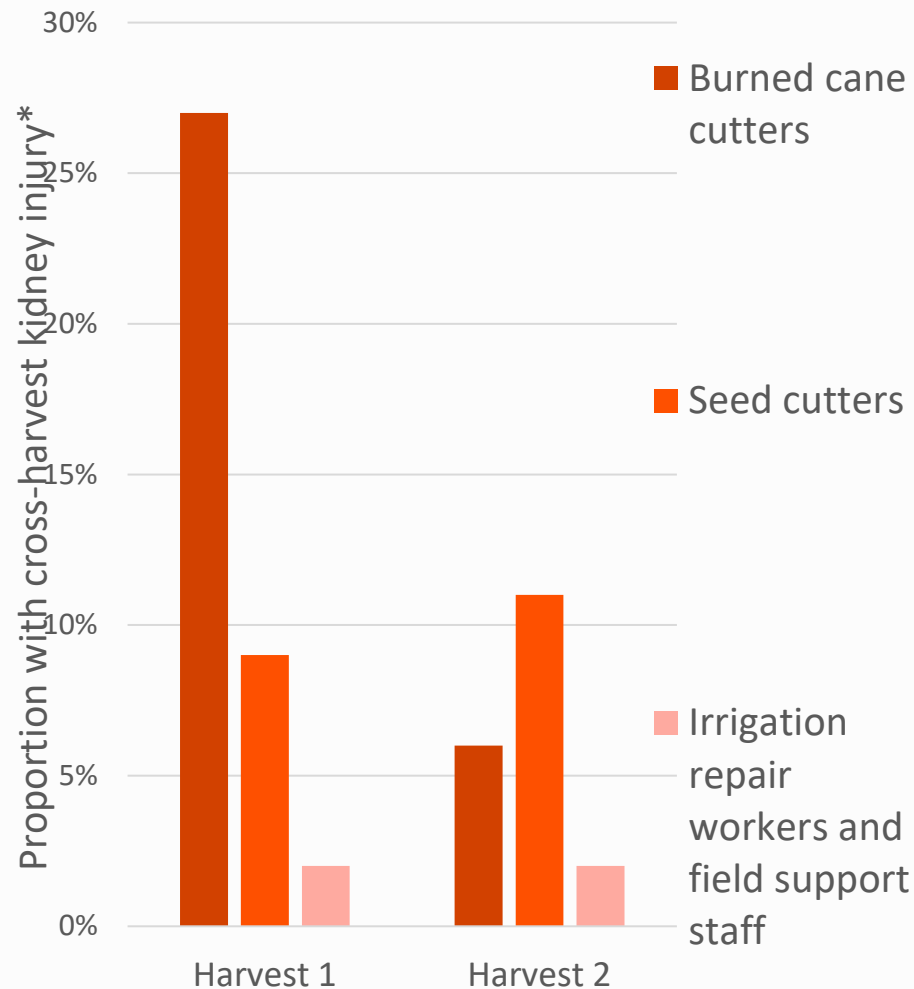
Jason Glaser,^{1,2} Erik Hansson ,^{1,3} Ilana Weiss,¹ Catharina Wesseling,^{1,4} Kristina Jakobsson,^{3,5} Ulf Ekström,^{1,6} Jenny Apelqvist,^{1,6} Rebekah Lucas,^{1,7} Esteban Arias Monge,^{1,8} Sandra Peraza,^{1,9} Christer Hogstedt,^{1,4} David H Wegman^{1,10}

- Historical control trial av Rest-Shade-Hydration intervention på Ingenio San Antonio (ISA)
- Ökad andel raster, bättre tillgång till hydrering och skugga.
- Jämförelse av njurskador under säsongen innan interventionen.

Photo: Ed Kashi

Adelante study

- Tydlig minskning i gruppen med störst arbetsbelastning



Workplace



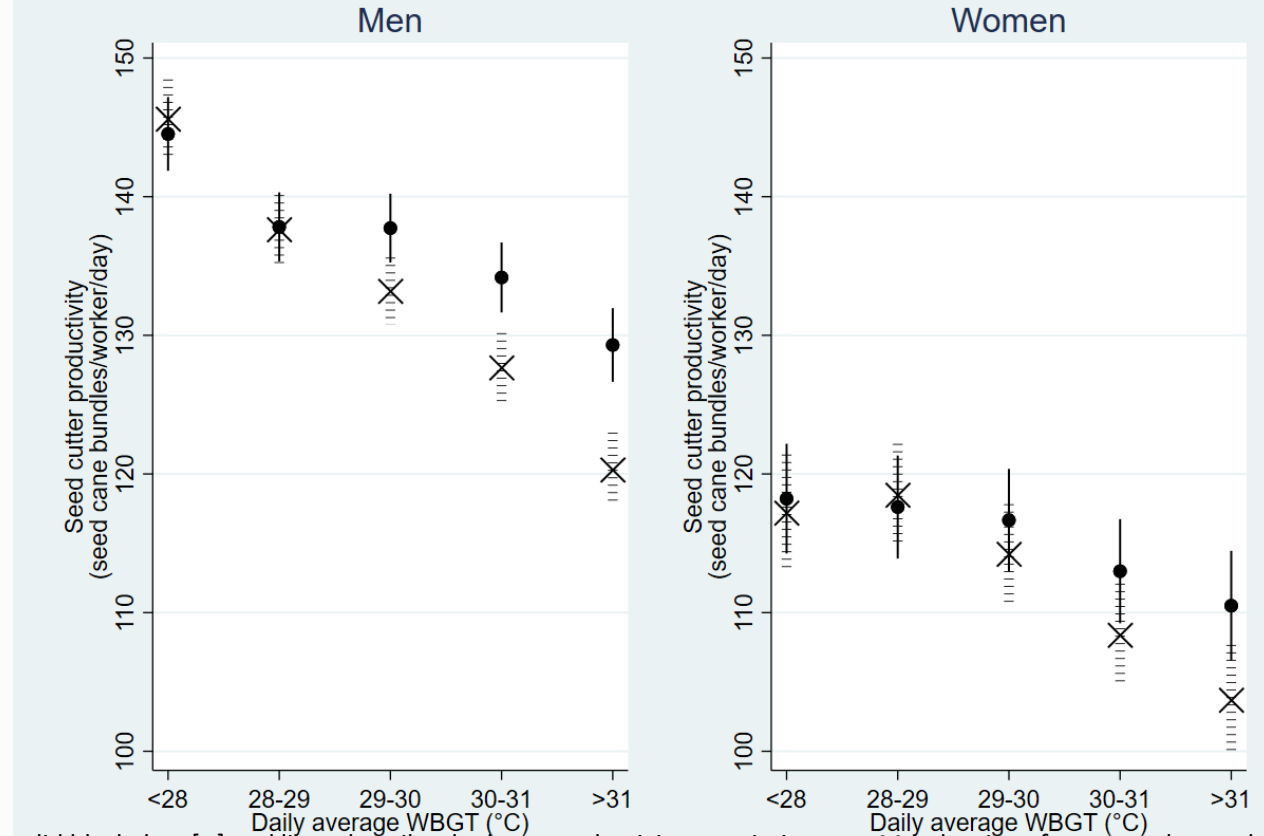
ORIGINAL RESEARCH

Preventing kidney injury among sugarcane workers: promising evidence from enhanced workplace interventions

Jason Glaser,^{1,2} Erik Hansson ,^{1,3} Ilana Weiss,¹ Catharina Wesseling,^{1,4} Kristina Jakobsson,^{3,5} Ulf Ekström,^{1,6} Jenny Apelqvist,^{1,6} Rebekah Lucas,^{1,7} Esteban Arias Monge,^{1,8} Sandra Peraza,^{1,9} Christer Hogstedt,^{1,4} David H Wegman^{1,10}

Produktivitet

- ~3% produktivitetsförlust / °C WBGT

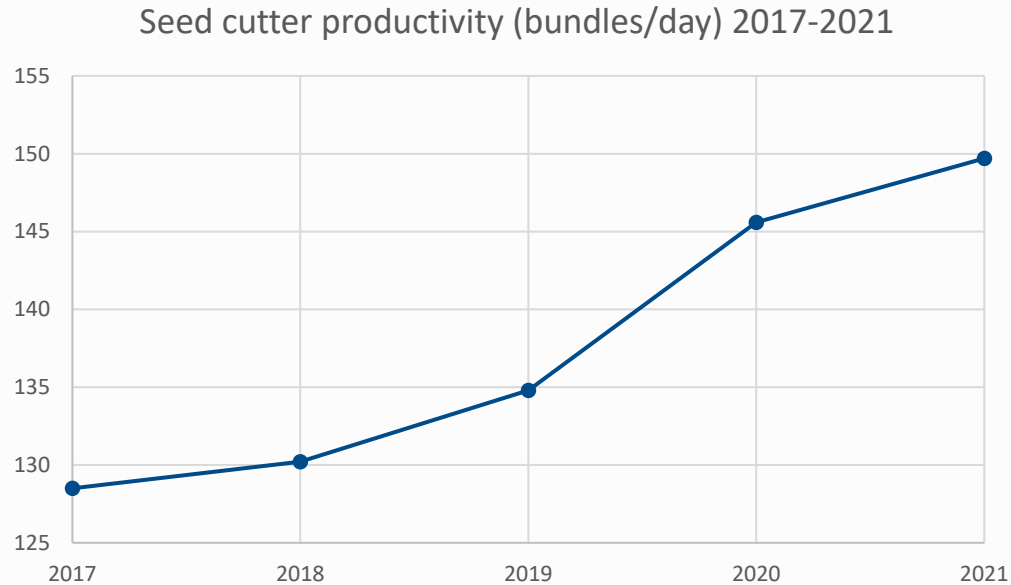


The solid black dots [•] and lines describe the heat-productivity association on a Monday, i.e. after a rest day, and the crosses [X] and horizontal dash lines describe the heat-work association on a day preceded by a non-Monday in the same WBGT category, i.e. the accumulated effect of two days of equal heat exposure.

Annals of Work Exposure and Health, 2024 Feb 17;68(4):366–375. doi: [10.1093/annweh/wxae007](https://doi.org/10.1093/annweh/wxae007)

Produktivitet ökade under intervention mot värmestress

- Dehydrering och hypertermi sänker produktivitet
- Andra organisatoriska förbättringar



Kompissystem

- Arbetare har koll på varandra
 - Hydrering
 - Tidiga symtom på värmestress:
 - Trötthet,
 - Huvudvärk,
 - Illamående,
 - Känna sig varm/febrig,
 - Irritabilitet
 - Första hjälpen, inklusive snar nedkylning och transport till sjukhus

Mekanisering

Konsekvenser för
lokalsamhällen?

1 skördetröska ersätter
~60 arbetare

Tidigt varningssystem: ClimAPP

Estimerar
WBGT från
väderdata,
och inkluderar
skattat fysiskt
arbete för att
uppskatta heat
strain.

Tidigt varningssystem

- Ha en plan: Vad göra när det kommer en varning?
 - Anpassa uppgifter för dagen?
 - Anpassa schema?

- ClimApp



Sammanfattning

- Värmestress minskar produktivitet
- Värmestress kan leda till akuta och kroniska hälsoeffekter.

Sammanfattning

- Värmestress beror på
 - Temperatur,
 - Luftfuktighet,
 - Strålning,
 - Vind/Ventilation,
 - Klädsel
 - Isolering
 - Evaporation
 - Arbetsintensitet (metabolt arbete)

Sammanfattning

- Hälsorisker vid värmeexponering beror på
 - Acklimatisering
 - Ålder
 - Bakomliggande sjukdomar
 - Kroniska: hjärt- och njursjukdom, hypertoni, diabetes etc.
 - Akut: hudåkommor, infektioner
 - Hur akuta värmesjukdomar tas om hand
 - Förebyggande arbete mot värmestress

Sammanfattning

- Risker med värmestress på arbetet kan förebyggas:
 - Raster
 - Skugga
 - Hydrering
- Behöver beakta hur arbetet är organiserat och hur incentiv för arbete ser ut.
- Förebyggande arbete kan leda till bättre produktivitet.