



# Hitte-gerelateerde aandoeningen

Perry JJ van Genderen, MD, PhD, MSc  
Corporate Travel Clinic

Havensymposium, 29 november 2024

# FSO Safer | *A ticking time bomb*



A satellite image from June 19, 2020, shows the FSO Safer off the coast of Yemen. Maxar Technologies/AFP/Getty Images

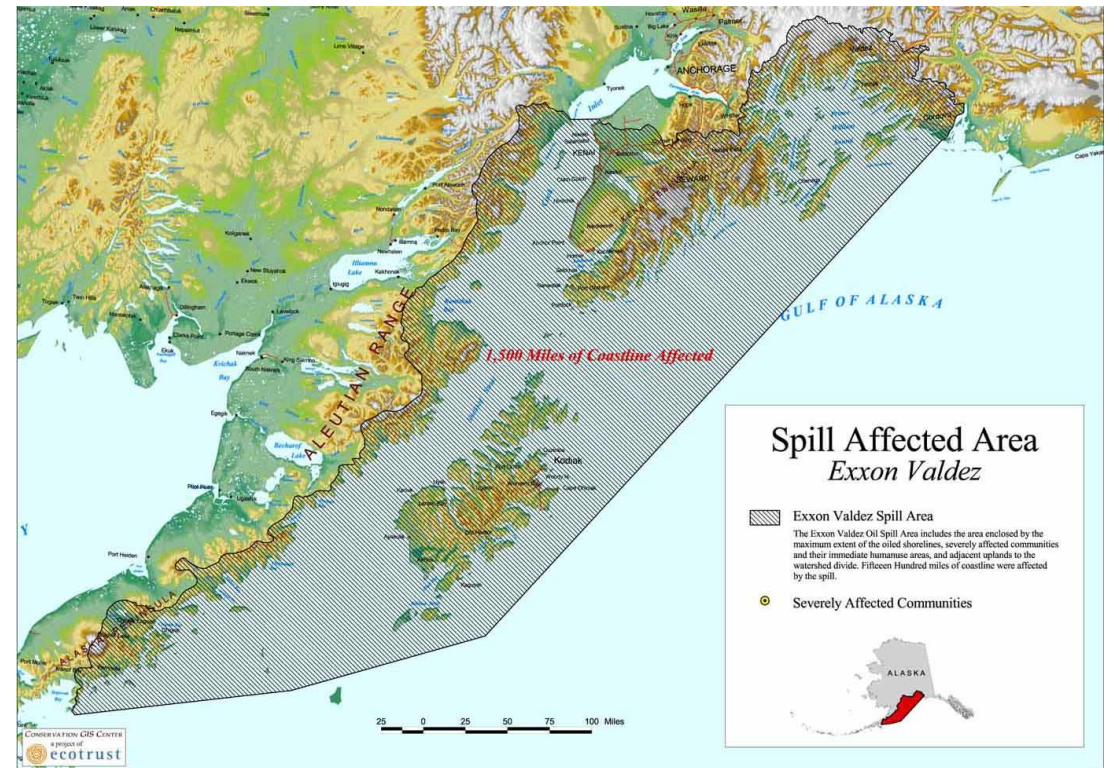
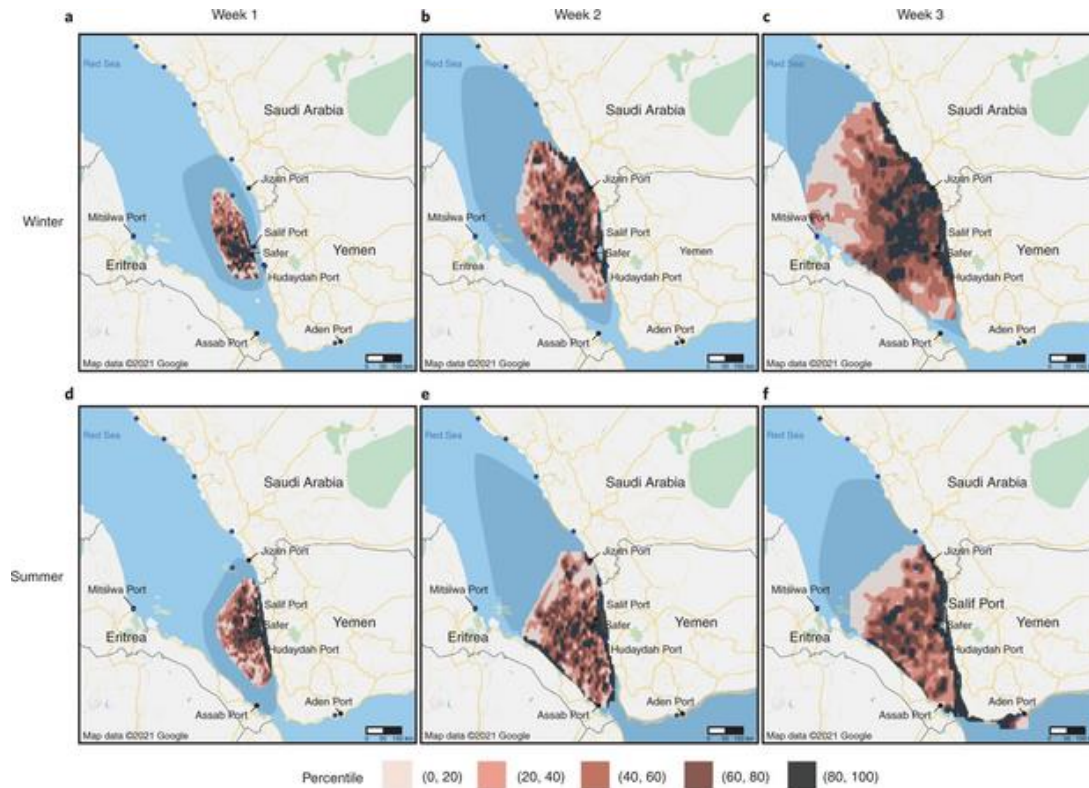
# FSO Safer | *wetenswaardigheden*



- Floating oil **S**torage and **O**ffloading vessel
- 1976 | gebouwd als supertanker (single hull)
- Lengte 362 m | Breedte 70 m (ruim 3 voetbalvelden)
- 1987 | afgemeerd 4 nm uit kust (Jemen)
- 2015 | verlaten sinds 2015 (burgeroorlog)
- 2017 | falende systemen (w.o. inert gas)
- Aan boord 200 miljoen liter ruwe olie
- 2023 | onder auspiciën VN rescue missie vanwege explosie/brandgevaar en dreigende milieu ramp



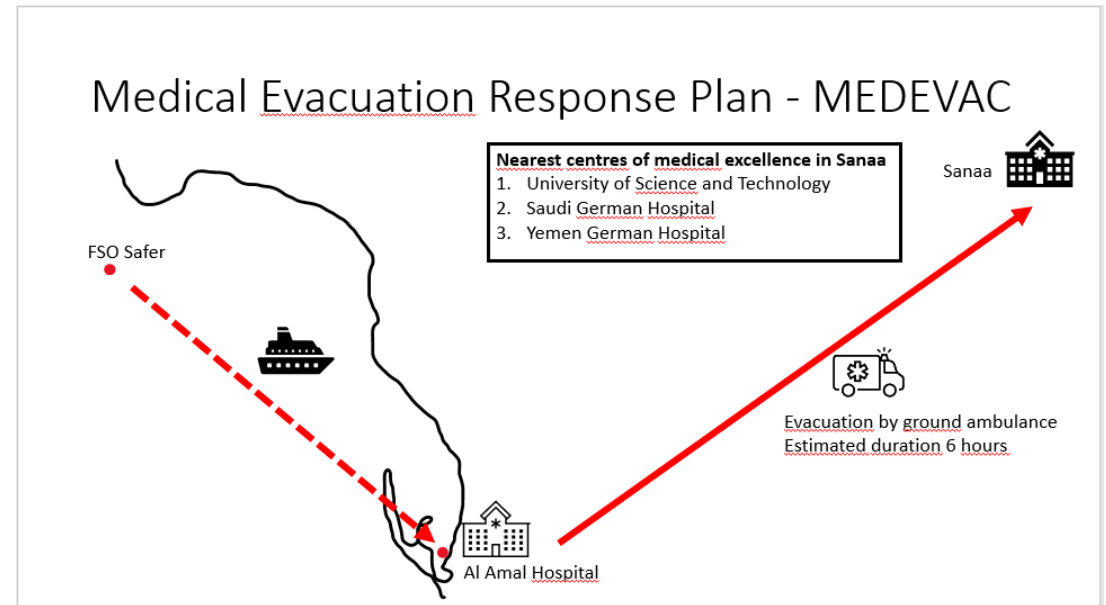
# Indien spill olie FSO Safer | *4 x zo erg als Exxon Valdez*



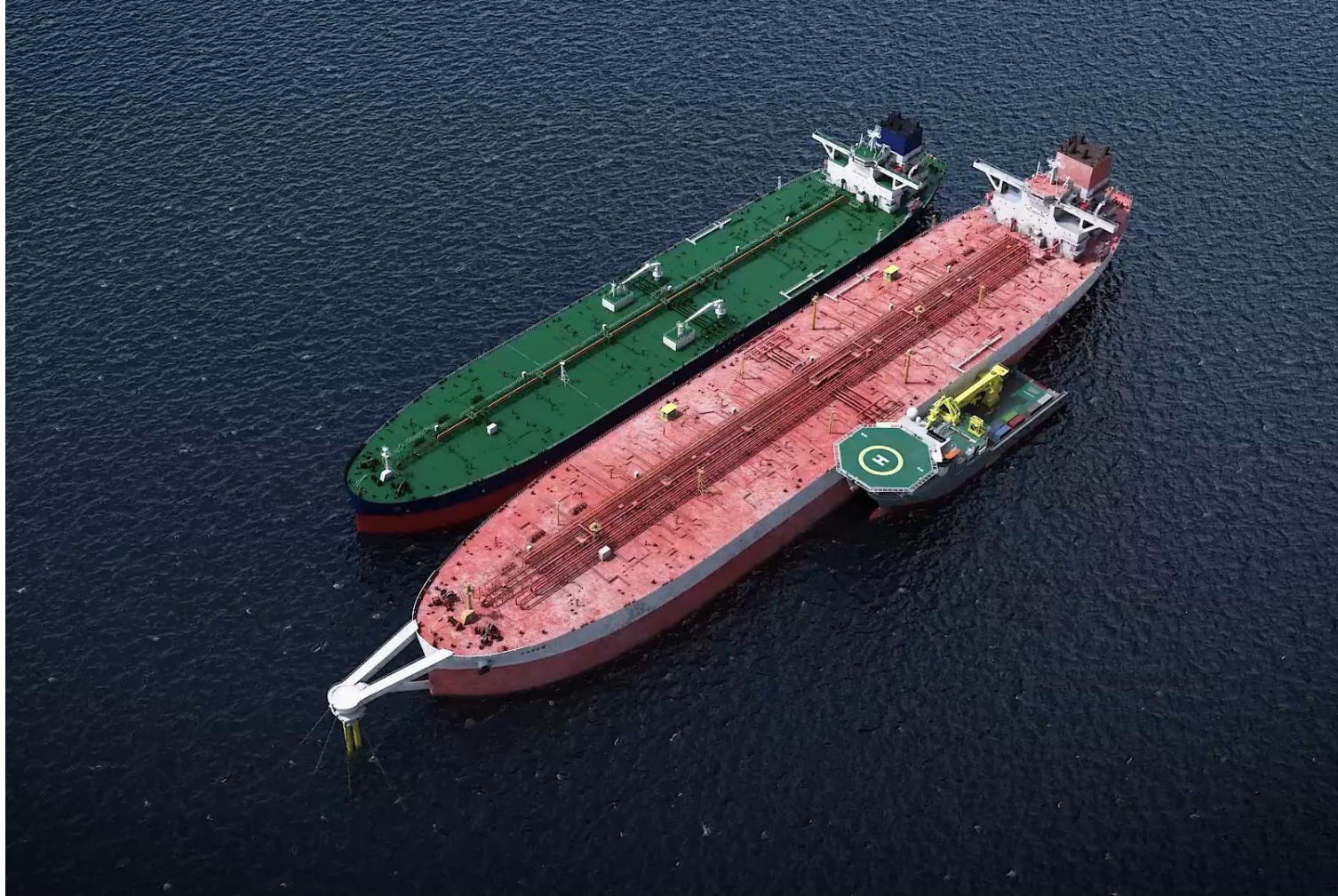
Milieuramp + ernstige verstoring passage door Rode Zee en Suez kanaal

# FSO Safer | *high risk mission*

- Explosie gevaar
- Brandgevaar
- Hoge temperatuur
- Hoge luchtvochtigheid
- Oorlogsgebied (instabiel)
- XRM locatie
- No-fly zone





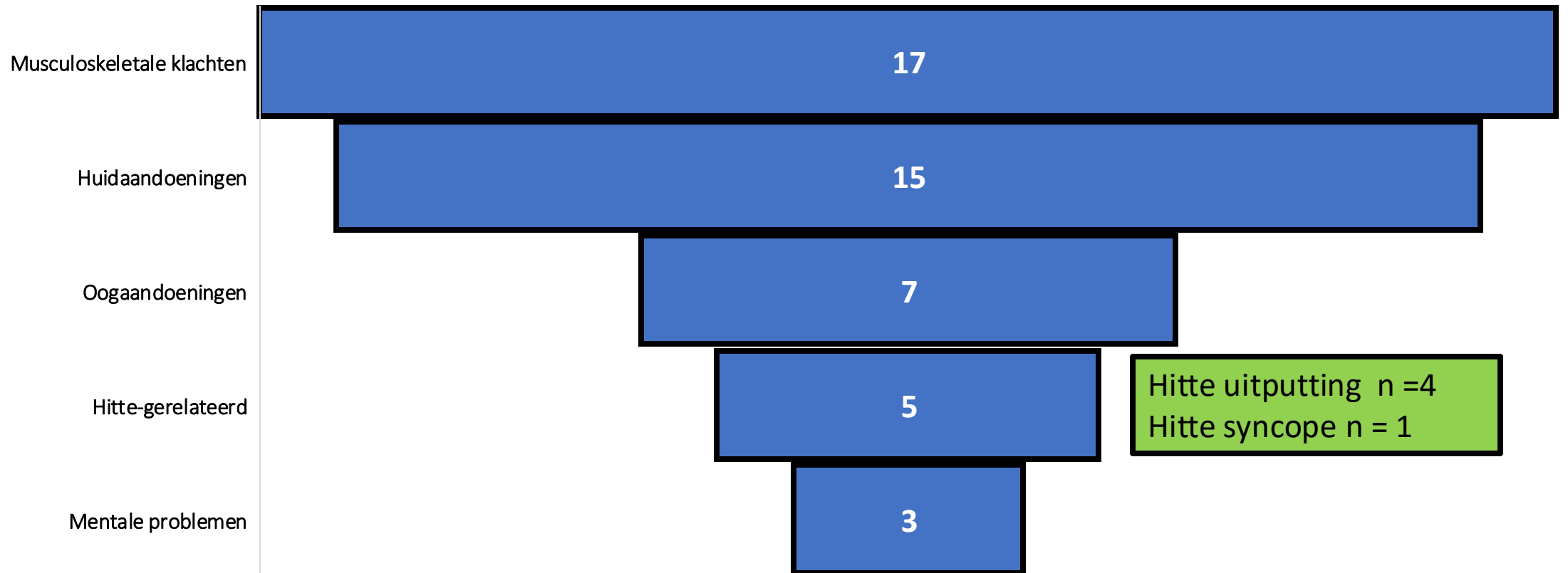


**FSO Safer |**  
*rescue  
mission  
geslaagd!*

Mentimeter vraag 1

# FSO Safer | *gezondheidsproblemen*

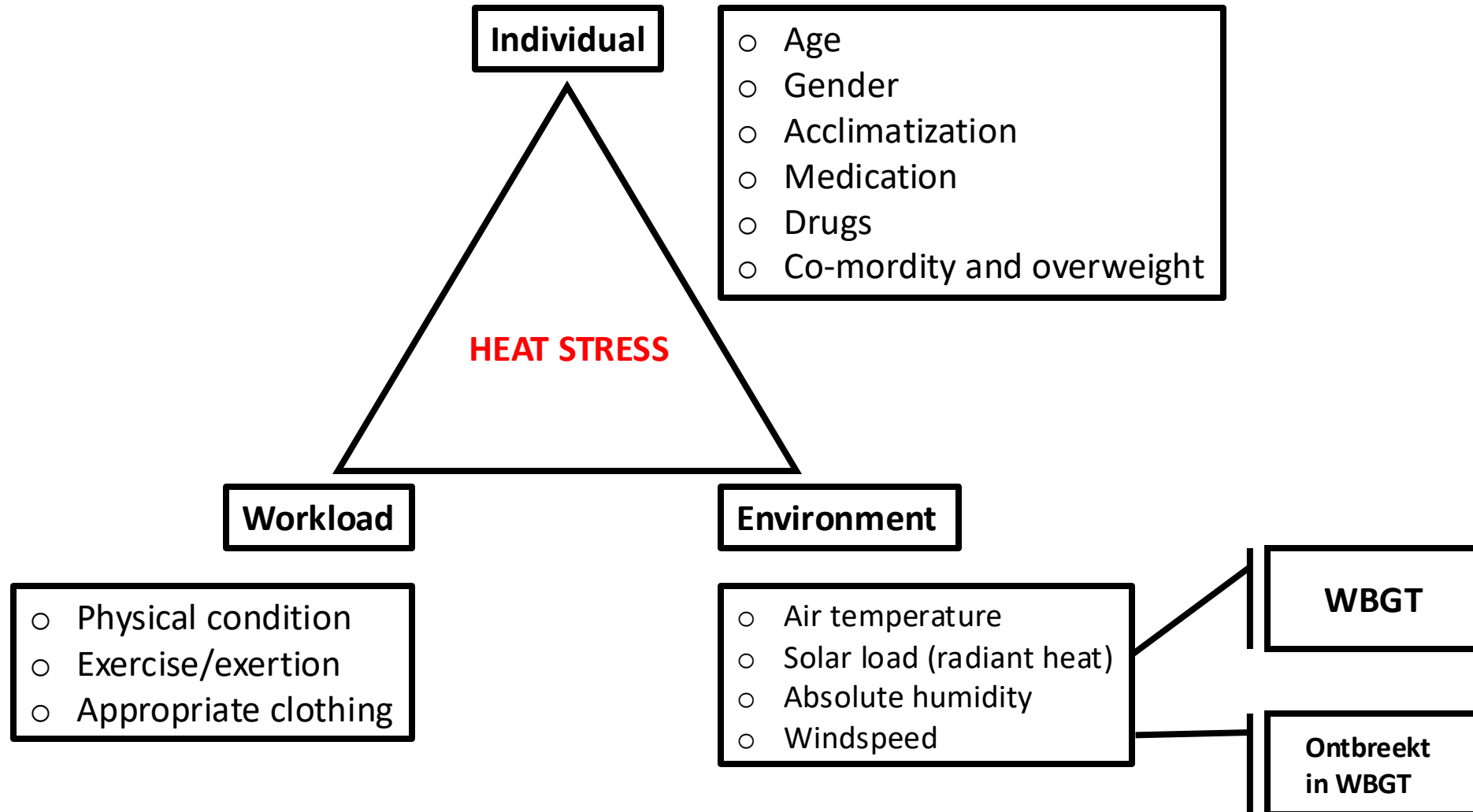
Gezondheidsproblemen FSO Safer project (3 mnd)



Hitte-gerelateerde klachten maakten ongeveer 8% uit van alle (n=62) gezondheidsklachten en waren MATIG qua ernst



# Heat stress | *determinants*



# Wet Bulb Globe Temperature (WBGT)

*de manier om environmental heat stress vast te stellen*

**Dry bulb thermometer** – temperatuur lucht in schaduw

**Black globe thermometer** – temperatuur zonnestraling (radiant heat)

**Wet bulb thermometer** – absolute luchtvochtigheid

$$WBGT = 0,7 T_w + 0,2 T_g + 0,1 T_{amb}$$



Example of WBGT Equipment

Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) from Temperature and Relative Humidity

		Temperature in Degrees Fahrenheit															
		68.0	71.6	75.2	78.8	82.4	86.0	89.6	93.2	96.8	100.4	104.0	107.6	111.2	114.8	118.4	122.0
Relative Humidity (%)	0	58.6	60.9	64.3	65.5	67.7	69.9	72.1	74.3	76.4	78.5	80.6	82.6	84.7	86.6	88.6	90.5
	5	59.6	62.1	65.6	67.0	69.3	71.7	74.0	76.4	78.6	80.9	83.1	85.3	87.5	89.9	92.1	94.2
	10	60.7	63.3	66.9	68.4	70.8	73.3	75.8	78.2	80.7	83.0	85.5	88.0	90.3	92.8	95.1	97.6
	15	61.7	64.5	68.1	69.6	72.2	74.8	77.4	80.0	82.6	85.2	87.8	90.2	92.8	95.4	98.0	
	20	62.7	65.6	69.4	70.9	73.6	76.3	79.2	81.8	84.5	87.1	89.8	92.5	95.2	97.8		
	25	63.8	66.7	70.5	72.2	75.1	77.8	80.6	83.4	86.2	89.0	91.8	94.6	97.4			
	30	64.8	67.6	71.7	73.4	76.3	79.2	82.1	84.9	87.8	90.8	93.6	96.6	99.4			
	35	65.6	68.6	72.7	74.6	77.5	80.5	83.5	86.4	89.4	92.4	95.3	98.3				
	40	66.7	69.6	73.8	75.7	78.8	81.8	84.8	87.8	90.9	94.0	97.0					
	45	67.5	70.6	74.8	76.8	79.9	83.0	86.1	89.2	92.3	95.4	98.6					
	50	68.4	71.5	75.8	77.8	81.1	84.1	87.4	90.5	93.7	96.9						
	55	69.3	72.4	76.7	78.8	82.1	85.3	88.5	91.9	95.1	98.3						
	60	70.1	73.3	77.7	79.8	83.2	86.4	89.8	93.1	96.3	99.6						
	65	70.9	73.8	78.6	80.9	84.2	87.5	90.8	94.1	97.5							
	70	71.7	75.0	79.5	81.7	84.9	88.6	91.9	95.3	98.6							
	75	72.4	75.9	80.3	82.7	86.1	89.6	92.9	96.4								
80	73.2	76.7	81.2	83.6	87.1	90.4	93.9	97.4									
85	74.0	77.4	82.0	84.5	88.0	91.5	94.9	98.5									
90	74.7	78.2	82.9	85.3	88.9	92.3	95.9	99.4									
95	75.5	78.9	83.6	86.1	89.6	93.2	96.8										
100	76.1	79.7	84.4	86.9	90.5	94.1	97.7										

NOTE: This chart is calculated using temperature and humidity, assuming a very clear sky (maximal solar load), and atmospheric pressure of 1ATA (760 mmHg). Chart A was developed by Professor Yoram Epstein to be used in Ariel's Checklist for hikers in Israel.

Ezelsbruggetje: Temperatuur (°C) ~ (Temperatuur °F – 30)/2

Conduction  
(via direct contact)

- Conduction is the direct flow of heat through a material resulting from physical contact.

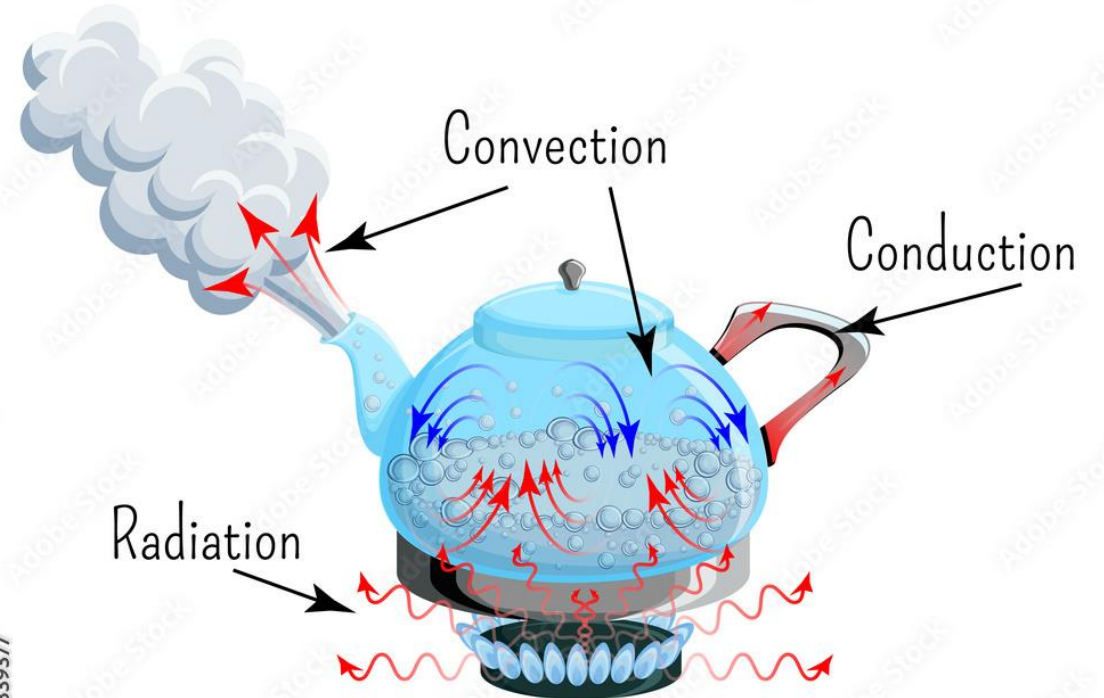
Convection  
(via fluid)

- heat transfer between a surface and adjacent fluid (gas, air or liquid) and by the flow of fluid from one place to another, induced by temperature

Radiation  
(via electromagnetic Radiation)

- No transfer medium required
- It's the transfer of thermal energy through matter of space by electromagnetic waves.

# Heat transfer methods



Adobe Stock | #208899377

Conduction through a solid or a stationary fluid	Convection from a surface to a moving fluid	Net radiation heat exchange between two surfaces

# Heat stress | *de basics*

- Thermoregulatie voor constante lichaamstemperatuur ~ 37 °C
- Kern (core) temperatuur stijgt ---> huiddoorbloeding ↑ door vasodilatatie\*
- Warmte kwijt raken door verdamping van zweet (evaporative heat loss)\*\*
- Hitte stress als warmte productie > warmte verlies (verstoring thermo-equilibrium)
- Tijdens voortdurende inspanning (hitte generatie) bloed flow vooral naar spieren, minder naar darmen
- Dit beperkt water resorptie door darm tot 1200 mL/uur
- Verlies water (zweeten)\*\*\* > intake ---> dehydratie (minder effectief circulerend volume) met als consequentie voor behoud warmte verlies door zweeten verdere daling effectief circulerend volume

\*= in rust ~ 9% totale bloedvolume | bij heat stress 4 x ↑ | \*\*= 1 liter zweet (30 °C) verwijdert 580 kcal (140kJ) hitte-energie

\*\*\*= zweet productie tot 2 L/uur en tot 15 L /dag



# Heat stress | *biology of heat transfer*

Heat transfer			
Mode of heat transfer	Contribution		
	25 °C	30 °C	35 °C
Radiation	67%	41%	4%
Conduction and convection	10%	33%	6%
Evaporation	23%	26%	90%

Bij 20 °C warmte verlies door radiatie (conduction en convection ~10%). Boven 35 °C is het niet mogelijk om hitte kwijt te raken door radiatie, conductie of convectie. We overleven bij hoge temperaturen door ons vermogen om te zweten. Evaporative heat loss (verdamping) kan dan echter alleen maar plaatsvinden als de lucht niet verzadigd is met waterdamp, bijvoorbeeld in droge woestijn en veel minder in regenwoud.

Als het zweet van je lichaam druipt, dan is er geen sprake van verdamping en dus is er ook GEEN hitte overdracht.

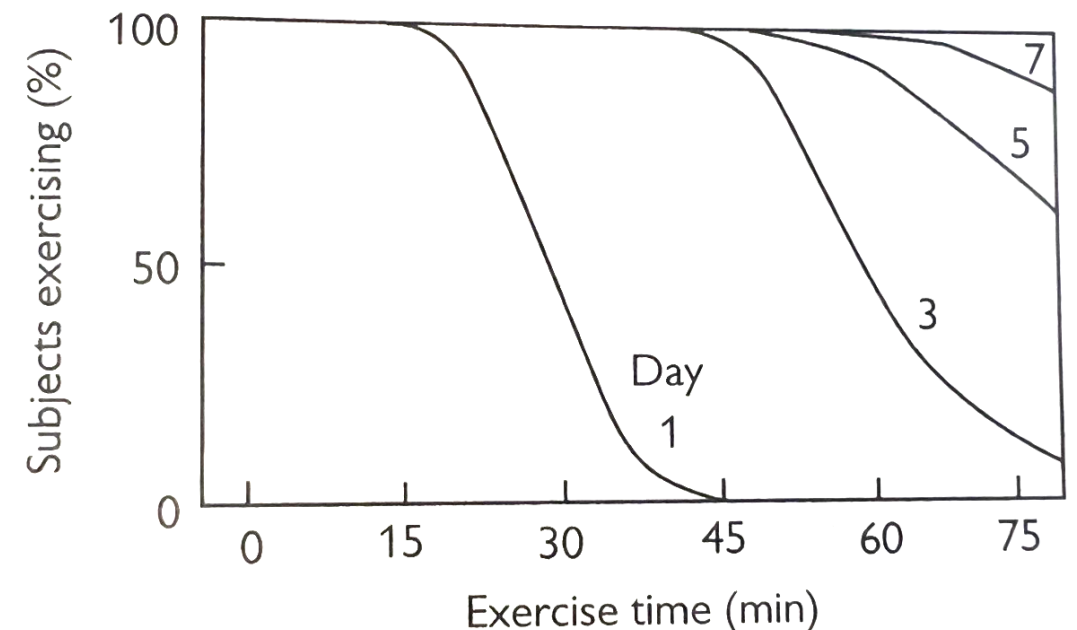
# Heat stress | *importance of acclimatization*

## Acclimatization to heat

- Na 10 -14 dagen

## Effecten

- Lagere hartslag in rust
- Toegenomen bloedvolume
- **Lagere kern en huid temperatuur**
- **Verminderd zoutverlies in zweet** (van 60 naar 5 mmol/L)
- Toegenomen zweetproductie (bij lagere kerntemperatuur)
- **Toegenomen bloeddoorstroming huid**
- **Toegenomen renaal water en zout retentie** (aldosteron)
- Verminderde glycogeen consumptie
- Toegenomen vermogen om in te spannen



# Verschillende vormen van hitteziekte

ziekte	ernst	lichaams- temperatuur	symptomen	klinisch beeld
		in °C		
warmte-oedeem	licht	37-40	oedeem, meestal in benen en voeten	
warmte-uitslag	licht	37-40	jeukende, erythemateuze papels, vesikels of pustels op de huid	
hittekrampe	licht	37-40	krampe die optreedt na fysieke inspanning met veel zweten	
hittesyncope	matig	37-40	bewustzijnsverlies in de warmte	snel herstel
syncope na inspanning	matig	37-40	bewustzijnsverlies na inspanning	snel herstel
hitte-uitputting	matig	> 38	duizeligheid, malaise, misselijkheid, hoofdpijn, onvermogen verder te gaan	rood, zweten, klamme huid; bewustzijn ongestoord
inspanningsgebonden hitteberoerte	ernstig	> 40	verminderd of veranderd bewustzijn na inspanning in (relatieve) hitte	warm of koud aanvoelend, zwetend of droge huid; veranderd bewustzijn
klassieke zonnesteek	ernstig	> 40	verminderd of veranderd bewustzijn; onvermogen warmte te vermijden	rood, droge huid; veranderd bewustzijn

Mentimeter vraag 2



# Thermometer | *benaderen van KERN temperatuur*

- **Infrarood thermometer op huid:** huid temperatuur, sterk afhankelijk van omgevingstemperatuur en mate van huiddoorbloeding
- **Digitale staafthermometer in rectum:** rectale temperatuur correleert slecht met symptomen. Na koelen aanzienlijke lagtime alvorens rectale temperatuur daalt.
- **Digital staafthermometer in mond:** belangrijk nadelen zijn technisch: juiste plaatsing, voldoende lang meten en niet door mond ademen. Patiënt moet meewerken en bij bewustzijn zijn
- **Tympanische (trommelvlies) temperatuur** komt het best in de buurt bij de kerntemperatuur (zelfde bloedvoorziening als hypothalamus)
- Meeste (vooral de goedkopere) oorthermometers meten vaak de temperatuur mid oorkanaal.
- **Oor thermometer meest praktische compromis voor benadering kerntemperatuur**



# Hitte-gerelateerde ziekten

*miliaria rubra (prickly heat)*



- Ontstaat door overmatig zweten
- Jeukende, rode papels, vesikels of pustels (diameter 1-3 mm)
- Verstopping afvoergangen zweetklieren door ontsteking
- Behandeling verminderen hitte stress, rust, loszittende kleding en eventueel anti-jeuk middelen

# Hitte-gerelateerde ziekten | *warmte-oedeem*

- Ontstaat door veneuze en interstitiële pooling door perifere vasodilatatie
- Verminderen hitte stress, hoog houden aangedane extremiteit
- Geen indicatie voor diuretica



# Hitte-gerelateerde ziekten

## *hitte-krampe*

- Krampen na periodes van fysieke inspanning met veel zweten
- Vooral in benen (kuitsspieren), maar kan ook in andere spiergroepen
- Reden is onduidelijk: relatie met temperatuur, overmatig zweten, elektrolytenverlies, weersomstandigheden en neurogene vermoeidheid

### Behandeling:

- rust
- fysiotherapie
- rehydratie met isotone drank
- zo nodig suppletie van elektrolyten



# Hitte-gerelateerde ziekten | *hitte-syncope*

## Hitte syncope

- Bewustzijnsverlies na langdurig staan in hitte / opstaan na langdurig zitten in hitte
- Door warmte ontstaat perifere vasodilatatie met veneuze pooling
- Eventueel versterkt door dehydratie of verminderde vasomotore tonus
- Leidt tot verminderde cerebrale perfusie
- Liggend verplaatsen naar koele plek
- Evt. rehydratie en koeling

## Syncope na inspanning

- Bewustzijnsverlies na beëindigen inspanning
- Houdingsafhankelijke hypotensie door pooling van bloed in onderste extremiteiten
- Kan versterkt worden door dehydratie
- Behandeling is ondersteunend

# Hitte-gerelateerde ziekten | *uitputting*

- Onvermogen om inspanning te leveren na periode met eerdere inspanning en hittestress
- Verlaagde hartminuutvolume, meestal door dehydratie
- Kan bij alle omgevingstemperaturen voorkomen
- Bewustzijn is niet afwijkend
- Algehele zwakte en moe, misselijk, duizelig en hoofdpijn
- Tachypnoeïsch, tachycard en hypotensief
- Stoppen inspanning, verminderen hittestress, koelen en rehydratie vormen hoeksteen behandeling
- Kan onbehandeld verergeren tot hitte-beroerte

# Hitte-gerelateerde ziekten | *hitte-beroerte*

## Hitte beroerte

- Kerntemperatuur > 40 °C met disfunctie CZS (veranderd bewustzijn)
- Hitte stress komt door *inspanning*
- Vaak ook GI en neurologische verschijnselen
- Door hoge temperatuur cascade van reacties met uiteindelijk SIRS en orgaanschade
- Agressief koelen met in ijswater gedrenkte doeken/bad met ijswater of met zeil (TACO)
- Uitstel koelen hogere morbiditeit en mortaliteit

## Klassieke zonnesteek

- Kerntemperatuur > 40 °C met disfunctie CZS (veranderd bewustzijn)
- Hitte stress komt door *hogere omgevingstemperatuur* waardoor patient eigen warmte niet goed kwijt kan (verminderde hitte tolerantie)
- Vaak onderliggend lijden of hoge leeftijd
  - Niet kunnen verhogen van HMV
  - Inadequate perifere vasodilatatie
  - Gestoorde microcirculatie huid
  - Verminderde zweetproductie
- Gezien comorbiditeit hogere mortaliteit

## Heat-related illnesses | *7 Rs of managing HRI*

- **Recognize** signs and symptoms – *If in doubt treat as heat illness*
- **Rest** casualty in shade – *Get rest of group under cover and drinking water*
- **Remove** all clothing – *Strip to underwear*
- **Resuscitate** – *Maintain ABC*
- **Reduce temperature ASAP** – *Evaporative cooling and iv fluids*
- **Rehydrate** – *Oral or iv fluids*
- **Rush** to hospital – *Evacuate all serious heat casualties*