

Arbete i kyla med sjukdom

En narrativ kunskapsöversikt

Albin Stjernbrandt¹

Eirik Reiерth²

Tohr Nilsson¹

*¹Institutionen för epidemiologi och global hälsa, Umeå
universitet, Umeå*

*²Universitetsbiblioteket, Norges Arktiske Universitet (UIT),
Tromsø*



GÖTEBORGS UNIVERSITET
ARBETS- OCH MILJÖMEDICIN

Första upplagan år 2024
Tryckt av Kompendiet, Göteborg
© Göteborgs universitet & Författarna

ISBN 978-91-85971-91-6
ISSN 0346-7821

CHEFREDAKTÖR

Kjell Torén, Göteborgs universitet

REDAKTION

Maria Albin, Stockholm

Lotta Dellve, Göteborg

Henrik Kolstad, Århus

Roger Persson, Lund

Kristin Svendsen, Trondheim

Mathias Holm, Göteborg

REDAKTIONSASSISTENT

Ulrika Sjödahl,

Göteborgs universitet

REDAKTIONSRÅD

Kristina Alexanderson, Stockholm

Berit Bakke, Oslo

Lars Barregård, Göteborg

Jens Peter Bonde, Köpenhamn

Jörgen Eklund, Stockholm

Mats Hagberg, Göteborg

Kari Heldal, Oslo

Kristina Jakobsson, Göteborg

Malin Josephson, Stockholm

Bengt Järholm, Umeå

Anette Kærgaard, Herning

Carola Lidén, Stockholm

Svend Erik Mathiassen, Gävle

Catarina Nordander, Lund

Torben Sigsgaard, Århus

Gerd Sällsten, Göteborg

Ewa Wikström, Göteborg

Eva Vingård, Stockholm

E-post: arbeteochhalsa@amm.gu.se, Telefon: 031-786 68 54

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning	2
Förkortningar och definitioner	1
Sammanfattning	4
Arbete i kyla med sjukdom	6
1. Introduktion	6
1.1 Exponering för kyla i arbetet	6
1.2 Effekter av exponering för kyla på människokroppen	11
1.3 Riskbedömning och riskhantering av arbete i kyla	16
1.4 Åldrande arbetskraft	17
1.5 Andra förändringar i arbetslivet	19
1.6 Övergripande syfte och specifika frågeställningar	19
2. Metod	20
2.1 Systematisk litteratursökning	20
2.2 Kompletterande litteratursökning	21
2.3 Syntes och värdering	22
3. Resultat	22
3.1 Riskbedömning av arbete i kyla	22
3.2 Arbete i kyla i relation till ålder	30
3.3 Arbete i kyla i relation till specifika sjukdomar	32
3.3.1 Hjärt-kärlsjukdom	33
3.3.2 Obstruktiv lungsjukdom	38
3.3.3 Diabetes	45
3.3.4 Besvär i rörelseapparaten	47
3.4 Reglering av arbete i kyla i Sverige och internationellt	50
4. Diskussion	59
4.1 Övergripande syfte	59
4.2 Specifika frågeställningar	60
4.3 Rekommendationer	63
4.3.1 Hjärt-kärlsjukdom	64
4.3.2 Obstruktiv lungsjukdom	64
4.3.3 Diabetes	65
4.3.4 Besvär i rörelseapparaten	65
4.3.5 Medicinska kontroller	65
4.4 Metodologiska aspekter	66
4.5 Kunskapsluckor	69
5. Slutsatser	70

6. Referenser	70
Appendix	87
Bilaga 1. Söksträng för den systematiska litteratursökningen	87
Bilaga 2. Bedömning av risk för bias	88

Förkortningar och definitioner

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
ACT	Asthma Control Test
AFS	Arbetsmiljöverkets författningssamling
CAT	Chronic Obstructive Pulmonary Disease Assessment Test
FEV ₁	Forcerad expiratorisk volym under den första sekunden
FVC	Forcerad vitalkapacitet
IREQ	Rekommenderad beklädnadsisolation
ISO	International Organization for Standardization
KOL	Kroniskt obstruktiv lungsjukdom
MET	Metabola ekvivalenter
mmHg	Millimeter kvicksilver
NYHA	New York Heart Association (-klass)
TRP	Transient Receptor Potential (-kanal)
Afferent	Inåtleddande, från kroppens periferi till centrala nervsystemet
Angina pectoris	Kärlkramp, syrebrist i hjärtmuskeln som ger tryck eller smärta i bröstet
Arbete i kyla	Arbete som innebär vistelse i lufttemperaturer vid eller under 10 °C [1]
Arytmi	Hjärtrytmrubbning
Ateroskleros	Åderförkalkning
Clo	En clo är mängden isolering som gör att en person i vila kan upprätthålla termisk jämvikt vid 21°C och 0,1 m/s luftrörelse (vilket ger enheten Kelvin × meter ² ÷ Watt) [2]
Efferent	Utåtleddande, från centrala nervsystemet till kroppens periferi
Erythrocyter	Röda blodkroppar
Evaporation	Förångning

Exacerbation	Försämringsepisod, accentuering av befintliga symptom
Exponering för kyla	Kylande klimatexponering oavsett fysikaliska omgivningsfaktorer
Förfrysning	Lokal kylskada (med iskristallbildning i vävnaderna) som uppstått i minusgrader, på engelska "freezing cold injury"
Hemorragisk	Förenad med blödning
Hjärt-kärlsjukdom	Sjukdomar som involverar hjärtat samt centrala och perifera blodkärl
Huttring	Ofrivilliga muskeldarrningar, på engelska "shivering"
Hyperglykemi	Högt blodsocker
Hyperlipidemi	Stegrade blodfetter
Hypertoni	Stegrat blodtryck, kan utgå från övertryck (systoliskt) och/eller undertryck (diastoliskt)
Hypoglykemi	Lågt blodsocker
Hypotermi	Helkroppsnedkylning, kärntemperatur understigande 35 °C [3]
Karpaltunnel-syndrom	Inklämning av medianusnerven i handledsnivå
KFI-skada	Lokal kylskada (utan iskristallbildning i vävnaderna) som uppstått i plusgrader vid långvarig exponering för kyla, fukt och immobilisering, på engelska "non-freezing cold injury"
Klimatexponering	Den omgivningstemperatur, lufthastighet och luftfuktighet som en person utsätts för [3]
Konduktans	Värmeledningsförmåga

Konvektion	(Värme)strömning
Kyla	Egenskapen att vara kall (oavsett temperatur)
Kyldiures	Ökad urinproduktion på grund av kyleffekt
Kyleffekt	Den effekt som exponering för kyla har på människokroppen [4], kan även benämnas kylverkan
Köldallodyni	Avvikande känsel där kylande stimuli uppfattas som smärtsam
Köldinducerad vasokonstriktion	Kallas även hunting- eller Lewisreaktion och innebär att blodkärl i fingrarna återkommande vidgas vid viss grad av lokal nedkylning [5]
Köldurtikaria	Allergisk reaktion med nässelutslag som utlöses av kyla
Leukocyter	Vita blodkroppar
Muskuloskeletala smärttillstånd	Alla typer av besvär som härrör till muskler, leder, senor, ligament, skelettdelar, nerver, broskytor och diskar [6]
Neuropati	Nervsjukdom, kan vara isolerad (mononeuropati) eller mer generaliserad (polyneuropati)
Obstruktiv lungsjukdom	Lungsjukdom förknippad med ökat luftvägsmotstånd vid utandning [7], vanligen i form av astma eller kroniskt obstruktiv lungsjukdom
Proprioception	Ledkänsl, förmågan att avgöra kroppsdelars position
Respiration	Andning
Termiskt klimat	Fysikaliska faktorer som påverkar värmebalansen som omgivningstemperatur, vindhastighet och luftfuktighet [3]
Trombocyter	Blodplättar
Vasoreglering	Styrning av blodkärlens sammandragning, där vasokonstriktion (kärlsammandragning) eller i

extremfallet vasospasm (kärlkramp) innebär en minskning av lumen (kärlens hålrum) och vasodilatation (kärlvidgning) en ökning av lumen

Vindens kyleffekt	Kombinerat mått på kyleffekten av omgivnings-temperatur och vindhastighet, på engelska ”wind chill index” eller senare ”wind chill equivalent temperature” [8]
Äldre arbetare	Här definierat som arbetande personer mellan 55–70 års ålder [9]

Sammanfattning

Det övergripande syftet med denna narrativa kunskapsöversikt var att beskriva hur hälsorisker förknippade med arbete i kyla påverkas av ålder och sjukdom. En systematisk litteratursökning genomfördes i Medline, Embase och World of Science för perioden 1980–2023 med tre huvudsakliga block: kall miljö, arbete och riskbedömning. Sökningen resulterade i 6965 artiklar varav 277 granskades i sin helhet och 13 av dessa inkluderades i översikten över riskbedömning och riskhantering av arbete i kyla. I tillägg till den systematiska litteratursökningen gjordes en fri sökning av vetenskaplig litteratur med fokus på åldrande och sjukdomar samt en genomgång av andra kunskapskällor.

Den systematiska litteratursökningen visade att det finns etablerade metoder för strukturerad riskbedömning av arbete i kyla även om arbetsmiljöerna kan se väldigt olika ut. De flesta rapporterar att både ålder och sjukdom kan påverka sårbarheten för kyla.

I den fria sökningen återfanns små experimentella studier som visar att sårbarheten för kyla ökar med åldern. Denna sårbarhet kan betingas av förändringar i värmeproduktion, isolerande förmåga, perifer vasoreglering samt temperaturdiskriminering.

Vad gäller hjärt-kärlsjukdom fanns vetenskapligt underlag för att exponering för kyla leder till högre blodtryck, både hos dem med och utan läkemedelsbehandling mot hypertoni. Personer med befintlig hjärt-kärlsjukdom uppvisar en lägre fysisk arbetsförmåga och en ökad sannolikhet att insjukna i akuta ischemiska hjärthändelser och arytmier vid exponering för kyla. Exponering för kyla förefaller även öka sannolikheten för stroke.

För obstruktiv lungsjukdom visade litteraturen att exponering för kyla kan öka symptombördan hos personer med astma eller kroniskt obstruktiv lungsjukdom. Särskilt exponering av ansiktet för kyla kan framkalla obstruktiva luftvägsbesvär. Det finns även vissa hållpunkter för att tidigare

friska personer som exponeras för kyla kan insjukna i obstruktiva luftvägsbesvär.

Vad gäller diabetes fanns beskrivet att exponering för kyla kan leda till försämrad metabol kontroll, ökad risk för hypoglykemier, ökad benägenhet till hypotermi samt möjligen även ökad risk för lokala kylskador och onormal köldkänslighet.

För rörelseapparaten fanns studier som visade att arbete i kyla ökar sannolikheten att rapportera muskuloskeletala smärttillstånd. Arbete i kyla kan också öka sannolikheten att rapportera nervrelaterade besvär som ischias och karpaltunnelsyndrom.

Sammanfattningsvis finns vetenskapligt underlag för att arbete i kyla kan vara förknippat med ökade hälsorisker för personer i högre arbetsför ålder och med befintliga sjukdomar. Hur arbete i kyla påverkar arbetsförmågan och den fortsatta prognosen är mindre tydligt. I Sverige saknas enhetlig reglering av arbete i kyla utomhus. Det finns metoder för riskbedömning och riskhantering av arbete i kyla samt förslag på praktiska tillvägagångssätt för arbetare, arbetsgivare och företagshälsor. Bland identifierade kunskapsluckor kan nämnas hälsoeffekter av långvarig men låggradig yrkesexponering för kyla, könsskillnader, aklimatisering, exponerings-responssamband samt samverkande effekter av kyla tillsammans med andra exponeringar.

ARBETE I KYLA MED SJUKDOM

1. Introduktion

Det finns många olika arbetsmiljörisiker att beakta och dessa får olika mycket uppmärksamhet inom arbetslivet, hälso- och sjukvården och forskarsamhället. Arbete i kyla kan vara en underskattad risk som vanligen förekommer samtidigt som andra fysiska arbetsmiljörisiker som till exempel exponering för hand-armvibrationer, buller och tunga lyft. Denna kunskapsöversikt har tillkommit för att beskriva risker med arbete i kyla utifrån särskilt känsliga grupper som äldre i arbetslivet och de med befintliga sjukdomar. Målgruppen för översikten är främst medicinskt utbildad personal verksam inom företagshälsor, primärvård samt på arbets- och miljömedicinska kliniker. Förhoppningen är att innehållet också ska kunna komma fler intressenter till gagn, som till exempel arbetsgivare och fackliga organisationer.

1.1 Exponering för kyla i arbetet

Arbete i kyla definieras som vistelse i lufttemperaturer vid eller under 10 °C enligt nu gällande ISO-standard [1]. I äldre litteratur har man i stället utgått från en temperatur understigande 12 °C [10]. Det finns också andra definitioner som inte utgår från temperaturgränser utan baseras på en subjektiv upplevelse av kyla [11], att värmeförluster uppstår [5] eller att kroppens termoregulatoriska system aktiveras [12]. Inom både forskning och arbetsmiljöarbete saknas gemensamma och enhetliga definitioner av vad som avses med kyla. Med begreppet *termiskt klimat* avses fysikaliska faktorer som påverkar värmebalansen som omgivningstemperatur, vindhastighet och luftfuktighet [3]. Vid arbete utomhus avser termen *klimatexponering* den omgivningstemperatur, lufthastighet och luftfuktighet som en person utsätts för. Vid kylande klimatexponering kan man i stället tala om *kyla-* eller *köldexponering*. *Kyleffekt* eller *kylverkan* beskriver påverkan på människokroppen vid exponering för kyla. Det finns också språkliga nyanser att beakta, eftersom engelskans *cold* kan översättas till bland annat *kyla*, *köld* och *kall*. Enligt en språkvårdare vid Institutet för de inhemska språken kan man betrakta *kyla* som det övergripande begreppet (och motsatsen till *värme*) medan *köld* indikerar stark kyla (och därmed motsatsen till *hetta*). Liknande förklaringar föreslås i Svenska Akademiens ordbok. I den medicinska litteraturen används *kyla* och *köld* ibland helt utbytbart medan man andra gånger gör en distinktion där *kyla* anger mildare förhållanden än *köld* som i stället anses indikera kallare temperaturer (och ofta under fryspunkten). I den

här kunskapsöversikten har vi valt att huvudsakligen använda begreppet *kyla* som en övergripande term och inte definierat den närmare i förhållande till själva klimatexponeringen.

Exponering för kyla kan leda till värmeförluster på ett flertal sätt (Tabell 1) [4]. Om man arbetar i en låg omgivningstemperatur förlorar man huvudsakligen värme genom strömning (konvektion), vilket innebär att uppvärmd luft runt kroppsytan transporteras bort. Denna effekt förstärks av vindhastighet. Vid samtidig exponering för både låga omgivningstemperaturer och höga vindhastigheter är det därför av värde att också väga in effekter av vind. Ett sätt är beräkna ett index för vindens kyleffekt ("wind chill equivalent temperature") [8]. Även värmestrålning från kroppen medför en värmeförlust, även om denna effekt är betydligt mindre betydelsefull än ovan beskrivna konvektion för en påklädd person i kallt klimat. Om klädseln är otillräcklig kan värmestrålning emellertid bli den dominerande typen av värmeförlust och utgöra ungefär två tredjedelar av den totala värmeförlusten [13]. Värmestrålning kan också ge ett positivt bidrag till värmebalansen, till exempel genom uppvärmning via mörka ytor, infravärmare och solljus. Andningsarbetet kan också bidra till nedkylning då man andas in kall luft som först värms och befuktas i luftvägarna och sedan lämnar kroppen (respiratorisk värmeförlust) och dessa förluster ökar med andningsarbetet vilket i sin tur korrelerar till fysisk ansträngningsgrad. När fukt från hudytan avdunstar förloras också värme (evaporativ värmeförlust) och denna effekt förstärks av svettning. I kyla är denna typ av värmeavgivning i regel ineffektiv eftersom flera lager av kläder hindrar passagen av vattenånga bort från kroppen, som i stället kan upptas i kläderna och försämra deras isolerande förmåga. Både respiratorisk och evaporativ värmeförlust är huvudsakligen avhängiga omgivningstemperatur och luftfuktighet [13]. Kroppen bevarar kärntemperatur in i det längsta genom att tillåta nedkylning av mer distalt belägna delar, till exempel genom perifer vasokonstriktion (kärlsammandragning) i händer och fötter. Detta innebär att lokala kylskador kan uppkomma långt innan man ser några tecken på hypotermi (helkroppsnedkylning). Kroppsdelar i kontakt med kalla föremål, ytor, vätskor eller gaser kan kylas ned mycket effektivt vilket snabbt också kan ge upphov till lokala kylskador. Vissa material som till exempel aluminium har en hög termisk konduktivitet vilket innebär att värme effektivt leds bort från huden genom kontaktytor. Denna värmeledning kan motverkas genom att använda handskar eller att bekläda sådana material med ett isolerande skikt av till exempel skumgummi. Vatten leder värme ungefär 25 gånger effektivare än luft, vilket både i direkt kontakt med vatten men även vid exponering för fukt med åtföljande våta kläder kan ge en mycket påtaglig kyleffekt [14]. Vissa bränslen som hanteras i kalla miljöer som till exempel bensin, etanol och fotogen har en fryspunkt under 0°C och kan därför snabbt ge allvarliga lokala kylskador om de kommer i kontakt med oskyddad hud [15].

Många av dessa avdunstar därtill snabbt och ökar därmed rent fysikaliskt värmeförlusterna, eftersom förångning är en endoterm process (som upptar värme ur sin omgivning). Även kondenserade gaser som propan, butan och flytande kväve kan av samma skäl ge en extremt snabb lokal nedkylning. Andelen värmeförluster av olika typ varierar stort beroende på omgivnings- och individfaktorer, men en översiktlig fördelning för en stående utomhusklädd person i kallt klimat återges nedan (Tabell 1):

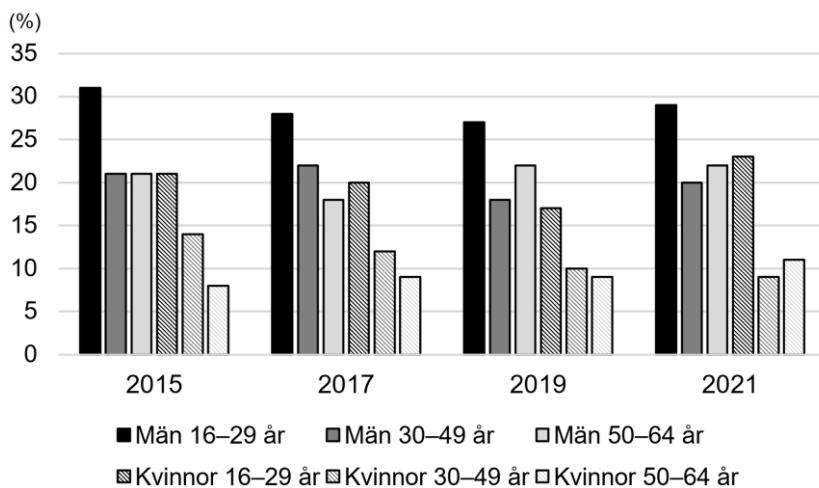
Tabell 1. Schematisk beskrivning av värmeförluster för en stående utomhusklädd person i kall miljö.

Typ av värmeförlust	Mekanism	Andel
Konvektion	Uppvärmad luft runt kroppsytor transporteras bort med vind eller strömmar	50–80 %
Respiration	Uppvärmad befuktad luft ventileras ut från andningsvägarna	10–15 %
Värmestrålning	Huvudsakligen infraröd strålning emitteras från kroppsytor	10–20 %
Evaporation	Vätska på hudytor förångas	5–20 %
Konduktion	Värme leds bort från kontaktytor	2–3 %

I de nordiska länderna är klimatet mycket omväxlande, främst på grund av västliga och sydliga luftströmmar som påverkas av den skandinaviska fjällkedjan, vilket innebär skiftningar mellan påtagligt kalla och varma perioder [14]. Temperaturväxlingarna i Norden är bland de största i världen, liksom molnigheten. I Sverige beräknas drygt 20 % av män och 10 % av kvinnor vistas i en kall miljö minst en fjärdedel av arbetstiden [16]. Arbetsmiljöerna kan se väldigt olika ut, beroende på var man bor och vilket arbete man har. I vissa fall handlar det om arbete utomhus hela dagar i temperaturer ned mot $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ i landets norra delar under vintern, medan det i andra situationer kan röra sig om betydligt kortare och mindre intensiva exponeringar. I vissa arbeten sker också hastiga växlingar mellan vistelse i varma och kalla miljöer, vilket ställer stora krav på både fysiologisk temperaturreglering och arbetsklädernas funktion. Om man till exempel arbetar med tunga lyft på ett lager med normal inomhustemperatur och endast undantagsvis vistas utomhus i kyla kan tillräcklig klädsel i den sistnämnda miljön innebära risk för svettning i den förstnämnda. Omvänt finns risk för nedkylning vid vistelse utomhus om klädseln i stället anpassas för fysiskt tungt arbete i normal inomhustemperatur. Därtill kan tidskrav göra det svårt för arbetaren att byta klädsel mellan miljöerna. Vid exponering för kyla utomhus

finns i regel även andra klimatfaktorer än omgivningstemperatur som påverkar exponeringen för kyla, som till exempel vind, luftfuktighet och nederbörd. Dessutom är exponeringen för kyla säsongsbetonad och ofta förekommande under en begränsad del av året [5]. Vid riskbedömning av arbete i kyla är det således av vikt att bedöma den verkliga klimatexponeringen och inte bara utgå från enstaka mätningar av omgivningstemperatur [3]. Det finns också arbeten som bedrivs helt eller delvis i artificiellt kylda inomhusmiljöer, som till exempel kyl- och frysrum. I sådana miljöer är exponeringen mer konstant och klimatet i regel strikt reglerat, men kan ändå innebära exponering för drag (och därmed konvektion) genom hög luftomsättning samt extremt låga temperaturer, i vissa fall kallare än $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Branscher där arbete i kyla är vanligt förekommande i Sverige innefattar byggnads- och anläggningssektor, transportindustri, utomhusmiljöförvaltning och barnomsorg. I vissa mindre branscher som skogsbruk, jordbruk, rennäring, fiske och gruvindustri kan exponeringen också vara mycket uttalad även om det rör sig om färre sysselsatta arbetare. Statistiska centralbyrån genomför vartannat år Arbetsmiljöundersökningen på uppdrag av Arbetsmiljöverket för att kartlägga både den fysiska och psykosociala arbetsmiljön i Sverige [16]. Enligt data från dessa undersökningar anger män generellt en högre exponering för kyla än kvinnor (Figur 1). Det finns också tendens till minskad yrkesexponering med högre ålder, både för män och kvinnor [16]. Detta mönster har också beskrivits i en studie från norra Sverige som konstaterade att exponering för kyla i arbetet förefaller att bli mindre uttalad med stigande ålder [17]. I Finland har man visat en annorlunda bild, där durationen av exponering för kyla i arbetet var högst bland män i åldrarna 55–64 år medan man inte kunde se någon skillnad utifrån ålder bland kvinnor [12]. Ett annat intressant fynd i den svenska Arbetsmiljöundersökningen är att andelen äldre (50–64 år) som exponeras för kyla verkar öka något över tid, vilket kan tolkas som att en större andel av den äldre arbetskraften fortsätter i kylaexponerade arbeten nu jämfört med tidigare. Det är i linje med en generell trend där fler arbetar högre upp i åldrarna, även inom fysiskt tunga utomhusarbeten som till exempel byggnadssektorn [18, 19].



Figur 1. Andel i procent vid respektive tillfälle som angivit att de arbetar i kyla minst en fjärdedel av tiden, stratifierat på kön och åldersgrupp. Data från Statistiska centralbyråns Arbetsmiljöundersökning 2015–2021 [20].

Det finns arbetsskadestatistik från USA som visar att kylrelaterad ohälsa är vanligast inom olje- och gasindustrin, transport, el- och gasdistribution, renhållning, bilservice, livsmedelstillverkning och byggnadssektorn [13]. Motsvarande statistik från Sverige finns emellertid inte tillgänglig, men enligt Afa Försäkring har ungefär 2 % av allvarliga arbetsolycksfall en koppling till temperatur (hetta, eld, explosion, svets, el eller kyla) [21].

De globala klimatförändringarna innebär en gradvis ökning av medeltemperaturen och takten på dessa processer är högre i de nordliga regionerna [22]. I Arktis bedöms uppvärmningen gå ungefär fyra gånger snabbare än det globala genomsnittet [23]. Samtidigt innebär klimatförändringarna att mer energi tillförs vädersystemen vilket ger fler akuta väderhändelser som till exempel värmeböljor, köldknäppar, stormar och översvämningar [24]. Trots den globala uppvärmningen kommer extremt kalla perioder att fortsätta förekomma och baserat på predicerade förlopp finns anledning att tro att negativa hälsokonsekvenser relaterade till exponering för kyla snarare än värme kommer att dominera i arktiska och subarktiska områden under de kommande decennierna [24, 25]. Enligt vissa beräkningar kommer också den direkta temperaturrelaterade dödligheten i Europa att fortsätta vara större för kyla än för värme inom överskådlig framtid [25, 26].

1.2 Effekter av exponering för kyla på människokroppen

Hur exponering för kyla påverkar människokroppen beror på ett flertal individfaktorer. Vanligen nämns ålder, biologiskt kön, kroppssammansättning (andel skelettmuskulatur och underhudsfett), kondition ("fitness"), antropometriska mått (i normalfallet längd, vikt och kroppsmasseindex), sjukdomar, läkemedel, klädsel samt fysisk aktivitetsgrad [27]. Personer med fysisk funktionsvariation samt gravida kvinnor kan betraktas som särskilt känsliga [28]. Kroppen fungerar som mest ändamålsenligt om kärntemperaturen hålls mycket nära 37°C. Skelettmuskulaturen är kroppens viktigaste värmealstrande organ och den fysiska aktivitetsgraden styr till övervägande del hur stor värmeproduktionen blir, vilket också återspeglas i energiförbrukningen. Ofta beskrivs aktivitetsgraden utifrån metabola ekvivalenter (MET) som definieras utifrån syreförbrukning. Till exempel motsvarar fullständig vila 1 MET och tung fysisk ansträngning som löpning 10 MET. Detta speglar också omfånget i vår värmealstrande förmåga (Tabell 2). Värmeförmågan kan också uttryckas Watt (W) och är starkt avhängig kroppsstorlek, men i vila cirka 90–100 W och kring 1000 W vid tung fysisk aktivitet. I arbete når emellertid den fysiska aktivitetsgraden sällan över 5 MET (500 W) [4].

Tabell 2. Exempel på fysisk aktivitetsgrad och värmeproduktion vid olika typer av uppgifter.

Uppgift	Aktivitetsgrad (MET)	Värmeproduktion (W)
Vila	1	100 W
Mycket lätt arbete (sittande handarbete, stående observation)	1,5	150 W
Lätt arbete (sittande montering eller sortering, stående borring, långsam gång)	2	180 W
Måttligt tungt arbete (stående spikning, slipning, krattning)	3	280 W
Tungt arbete (stående lyft, skottning, stenläggning, måttlig gång)	4	400 W
Mycket tungt arbete (klättring, snabb gång)	5	500 W

Fritt efter data från Holmér [4].

Därtill varierar verkningsgraden (även kallat arbetseffektiviteten) i våra muskler med graden av fysiska ansträngning. Vid dynamiskt arbete med stora muskelgrupper är verkningsgraden cirka 30 % vilket innebär att resterande 70 % av energiförbrukningen omsätts till värme i stället för kraftutveckling [3]. Vid mindre fysiskt ansträngande arbete som till exempel armrörelser är verkningsgraden betydligt lägre, kring 15 %.

Klädernas isoleringsförmåga kan anges i enheten clo, där 1 clo motsvarar mängden isolering som gör att en person i vila kan upprätthålla termisk jämvikt vid 21°C och 0,1 m/s luftrörelse [2]. Normal inomhusklädsel motsvarar ungefär 0,3–1,2 clo [29]. En full polardräkt kan nå omkring 4 clo men utgör också i princip den bortre praktiska gränsen för hur varmt man kan klä sig med någon grad av bibehållen rörlighet. För händerna är det svårare att rymma tillräckligt kraftig isolering och handskar med fingrar brukar kunna motsvara omkring 1 clo medan tumvantar kan nå cirka 2 clo [30]. Isoleringsförmågan i clo kan uttryckas antingen för enstaka plagg eller beräknat för hela klädseln [31].

Man kan exemplifiera klimatexponering med ett scenario där en person arbetar i 0 °C, vilket kan betraktas som arbete i kyla enligt internationell definition [1]. En person med varm klädsel (2–3 clo) som utför tungt fysiskt arbete kan bli varm och svettas vid denna temperatur, men om personen därefter vilar kan den termiska omgivningsmiljön i stället bli kall och detta kan förvärras av den fuktiga klädseln. Personen har alltså rört sig från en varm till en kall termisk miljö medan lufttemperaturen och isoleringen inte har förändrats [5].

Temperaturregleringen i människokroppen kan delas in i afferenta och efferenta system. Det afferenta systemet består primärt av termoreceptorer vilka är temperaturkänsliga jonkanaler som bland annat återfinns i fria nervändslut i huden men även i bukhålan, de stora blodkärlen och centrala nervsystemet [32]. Termoreceptorerna tillhör familjen transient receptor potential (TRP)-kanaler och det finns flera olika typer som aktiveras inom olika temperaturintervall [33]. I större delen av kroppen förmedlas information om temperatur genom sensoriska spinalnerver som kopplar till det laterala spinotalama bansystemet som i sin tur projicerar till talamus och vidare till sensoriska hjärnbarken [34]. Temperaturstimuli i ansiktet förmedlas i sin tur via trigeminusnerven till talamus, vilket har betydelse för vissa reflexmässiga reaktioner på kylande stimulering av ansiktet [35]. Det efferenta systemet består i sin tur av hypotalamus som det huvudsakliga temperaturreglерande centrat i centrala nervsystemet som initierar olika fysiologiska svar för att bevara värmebalansen. Dessa innefattar bland annat stimulering till huttring och perifer vasokonstriktion. Huttring definieras som ofrivilliga, asynkrona sammandragningar av antagonistiska skelettmuskelgrupper, som till exempel biceps och triceps i överarmen. Huttring kan öka värmeproduktionen mycket

effektivt (åtminstone 4–5 gånger) men bara under en begränsad tid på grund av den höga energiförbrukningen [36]. Huttring upplevs dessutom i regel som mycket obehagligt och tjänar därför som en viktig signal till att söka skydd och värme [4]. Huttring initieras redan tidigt vid sänkt kärntemperatur (under cirka 36 °C), är maximal vid 35 °C och avtar sedan med sjunkande kroppstemperatur för att helt försvinna vid ca 33 °C. Huttring förekommer företrädesvis vid låg fysisk aktivitetsgrad [3].

Hudens cirkulation har också en mycket viktig roll i temperaturregleringen. Vid termoneutrala förhållanden är det genomsnittliga blodflödet genom huden cirka 0,3–0,5 liter per minut [37]. Vid kraftig exponering för kyla kan detta minska till nästan noll och vid maximal värmebelastning öka till omkring 7–8 liter per minut [38]. Denna stora variation i genomblödning ger en stor förmåga att spara respektive avge värme för att bibehålla värmebalansen, och påverkar även den isolerande förmågan i perifera vävnader (då hypoperfusion ger lägre konduktans). Vid maximal perifer kärlsammandragning minskar värmeförlusterna således på flera sätt. Dels blir gradienten mellan hudytan och omgivningen lägre, dels minskar värmeledningsförmågan i de låggradigt genomblödda vävnaderna. Dessutom omdirigeras blodflödet till djupare liggande kärl vilket fungerar som en värmeväxlare. Även om det finns många vasoaktiva substanser med lokal effekt på kärltonus förefaller det sympatiska nervsystemet utgöra den viktigaste styrningen av kärltonus, via frisättning av noradrenalin. I den hårlösa huden som täcker händer, fötter och delar av ansiktet finns ett utbyggt nätverk av arteriovenösa anastomoser där blod kan shuntas direkt från arterioler till venoler utan att passera kapillärbädden, vilket utgör ett särskilt effektivt sätt att reglera värmebalansen. Regleringen av dessa shuntar sker framför allt genom adrenoceptorer i kärlväggarna med affinitet för noradrenalin [37]. Till skillnad från den hårlösa huden är blodflödet till huvudet förhållandevis konstant. Därför kan mer än hälften av kroppens värmeförluster utgå från ett oskyddat huvud hos en person med i övrigt ändamålsenlig klädsel som vistas i –10 °C [4].

Tidigare forskning har föreslagit att anpassningar till ett kallt klimat förmodligen kan uppträda både under en livstid och över generationer. Anpassningar har föreslagits att kunna ske i åtminstone tre olika avseenden [5]:

1. Hypoterm anpassning, där man tillåter kroppstemperaturen falla något för att minska värmeförluster.
2. Isolerande anpassning, där man minskar värmeförlusterna genom ökad mängd fettväv (som kan vara mer eller mindre metaboliskt aktiv) samt gradvis justering av antropometriska mått som påverkar ytan i förhållande till volymen (som till exempel kortare och tjockare fingrar).

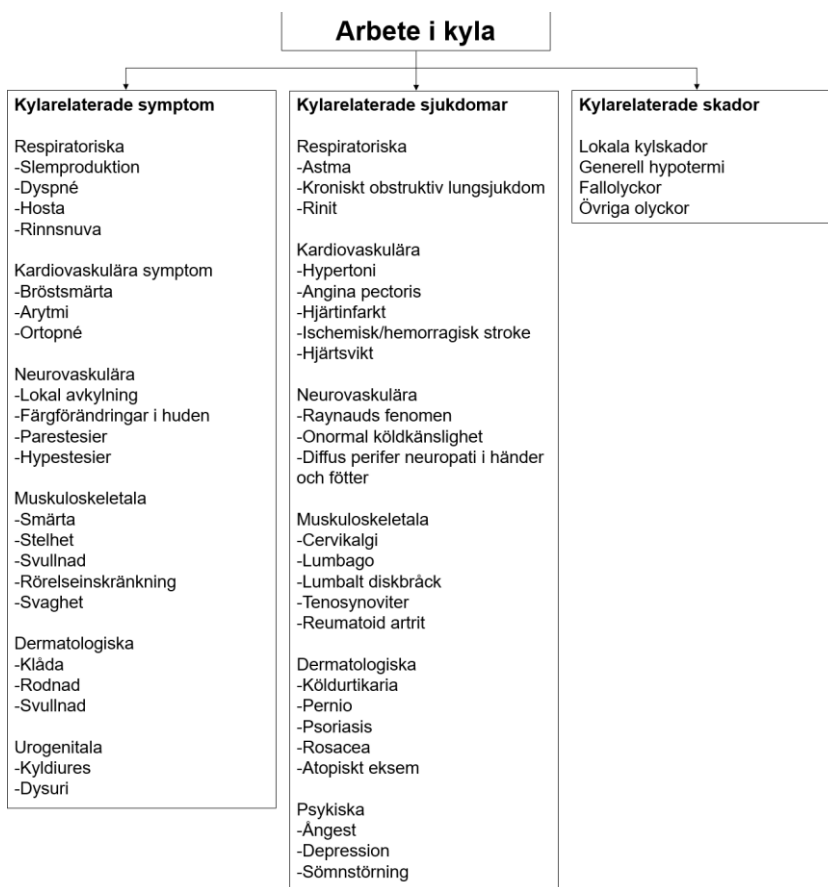
3. Metabol anpassning, där värmeproduktionen i vila ökas, till exempel genom aktivering av sköldkörtelhormon och ökad energiomsättning i bland annat fettväv, muskler och lever (vilket ibland kallas "non-shivering thermogenesis").

De ovan beskrivna anpassningarna inbegriper den totala värmebalansen. Därtill finns sannolikt mer kortfristiga anpassningar av temperaturregleringen i händer och fötter genom förändrad hudgenomblödning. Dessa anpassningar innefattar en dämpning av fysiologisk perifer vasokonstriktion eller en mer kraftfull perfusionsreaktion i form av det som kallas för köldinducerad vasodilatation (kärlvidgning, som ibland även benämns hunting- eller Lewisreaktion) [5]. Det sistnämnda är en fysiologisk reaktion på kraftig exponering för kyla som främst har studerats i händerna. När vävnadstemperaturen i fingrarna understiger cirka 10–15 °C förbyts maximal vasokonstriktion till cyklisk vasodilatation som uppträder med cirka 5–10 minuters intervall och gör att fingrarna delvis återuppvärms. Detta kan tolkas som en skyddsmekanism som ger ett visst skydd mot lokala kylskador och tillåter att den drabbade personen under en begränsad tidsperiod kan bibehålla sin känsel och motorik. Vid fortsatt exponering för kyla blir dock perioderna med vasodilatation allt kortare och infaller med allt längre intervall för att till slut försvinna helt och övergå i varaktig vasokonstriktion. Denna reaktion kan vara särskilt uttalad hos personer som ofta exponeras för kontaktkyla men har rapporterats vara mindre påtaglig hos vissa etniska grupper som till exempel afroamerikaner [39]. Slutligen finns förmodligen även psykologiska anpassningar, vilket kan göra att upplevelsen av kyla kan förändras med regelbunden exponering, till exempel genom att kylande stimuli uppfattas som mindre obehagligt [3].

Kyleffekter kan kategoriseras beroende på vilken del av kroppen som påverkas, till exempel helkroppsnedkylning, lokal nedkylning (av perifert belägna kroppsdelar) och luftvägsnedkylning [40]. Både helkroppsnedkylning och lokal nedkylning kan förekomma i temperaturer ovan fryspunkten (0 °C) [13]. Lokal nedkylning kan leda till lokala kylskador, som vanligen delas upp i två huvudsakliga typer, beroende på om de har uppstått i minusgrader ("freezing cold injuries") eller ovan fryspunkten ("non-freezing cold injuries") [41]. I svenskspråkig litteratur beskrivs dessa två begrepp som *förfrysningar* eller *kylskador med iskristallbildning* respektive *KFI-skador* (kyla, fukt, immobilisering) eller *kylskador utan iskristallbildning*. I militära sammanhang har KFI-skador som drabbar fötterna ibland benämnts som skyttegravs- eller livbåtsfot, vilket betonar att samtidig exponering för kyla och fukt är av betydelse för uppkomsten av sådana skador.

Förutom lokala kylskador, som har en uppenbar koppling till kallt klimat, finns ett stort antal andra symptom, sjukdomar och skador som har associerats

till arbete i kyla (Figur 2) [27]. Uppfattningen om associationen mellan exponering och utfall skiljer sig ofta åt. I vissa fall finns det konstaterat ett *orsakssamband* mellan exponering för kyla och insjuknande i ett visst tillstånd. I andra fall betraktas exponering för kyla som en *bidragande faktor* som inte ensam kan ge upphov till tillståndet, en *försämringsfaktor* för ett tillstånd som uppkommit på annan väg, eller en *utlösande faktor* som framkallar symptom av en viss sjukdom. Ett exempel är Raynauds fenomen (vita fingrar), där vissa anser att exponering för kyla är en orsakande faktor medan andra främst ser det som en utlösande faktor [42-44]. I flera fall kan dessutom läkemedelsbehandlingar förstärka kylpåverkan. Ett exempel på detta är ischemisk hjärtsjukdom som kan behandlas med betareceptorantagonister vilket påverkar förmågan till perifert och centralt vasoregulatoriskt svar [45, 46]. Andra exempel på läkemedel som kan påverka känsligheten för kyla är centralstimulantia (metylfenidat, lisdexamfetamin, atomoxetin), alkaloider (kinin, ergotamin, atropin), bensodiazepiner (diazepam, oxazepam, lorazepam, alprazolam) opiater och opioider (morfin, kodein, tramadol, oxykodon, metadon) samt neurotoxiska cytostatika. Slutligen framkallar exponering för kraftig kyla i regel ett subjektivt obehag som sannolikt uppträder tidigare än de flesta negativa somatiska hälsoeffekter och som föranleder en rad beteendemässiga åtgärder för att minska exponeringen [5]. Exempel på sådana åtgärder kan vara att öka den fysiska aktiviteten, ta på sig mer kläder samt söka värmekällor eller skydd.



Figur 2. Olika symptom, sjukdomar och skador med koppling till arbete i kyla. Anpassad efter förlaga från Mäkinen et al. [27].

1.3 Riskbedömning och riskhantering av arbete i kyla

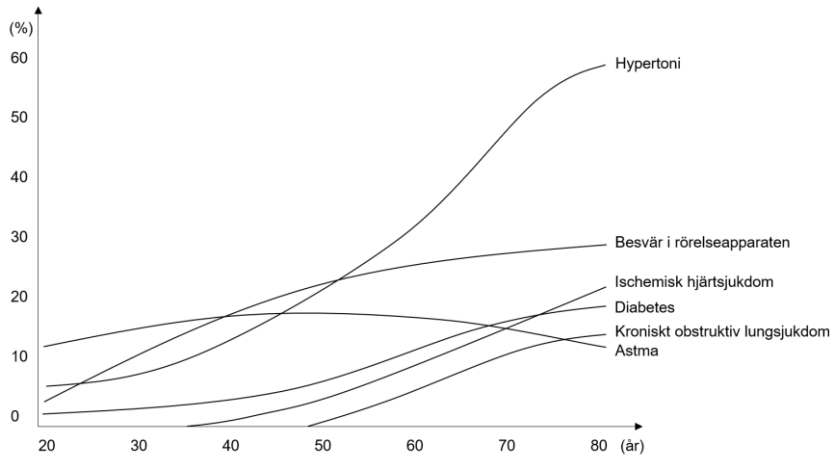
Enligt Arbetsmiljöverkets föreskrifter om systematiskt arbetsmiljöarbete (AFS 2001:1) ska arbetsgivaren regelbundet undersöka arbetsförhållandena och bedöma riskerna för att någon kan komma att drabbas av ohälsa eller olycksfall i arbetet. I en riskbedömning ingår att väga samman sannolikheten för att en farlig exponering ska inträffa med konsekvenserna av exponeringen i form av ohälsa eller skada. I texten nedan avses med begreppet riskbedömning mer specifikt en bedömning av hälsorisk. För vissa fysiska arbetsmiljörisiker finns detaljerade beskrivningar av hur exponeringar ska riskbedömas, som till

exempel buller eller hand-armvibrationer. För utomhusarbete i kyla har Arbetsmiljöverket emellertid inte utfärdat någon detaljerad rekommendation om hur riskbedömning och åtgärder ska gå till. Med riskhantering avses de åtgärder som vidtas när man har identifierat och bedömt en risk, i de fall risken inte helt kan undanröjas. Riskhantering kan kategoriseras i underrubriker, till exempel i termer av organisatoriska åtgärder som att begränsa vistelsetiden i kyla eller avbryta utomhusarbete vid en viss temperaturgräns, tekniska åtgärder som att beräkna nödvändig isolering och tillhandahålla skyddskläder, eller medicinska åtgärder som att besluta om restriktioner för arbetare med vissa sjukdomar eller ordna medicinska periodiska kontroller.

1.4 Åldrande arbetskraft

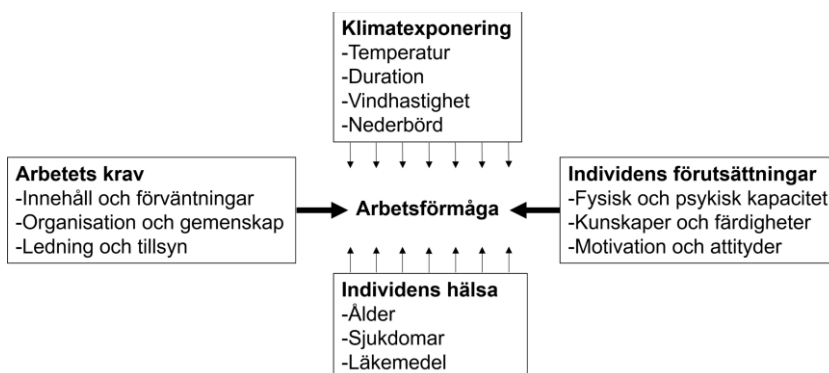
I större delen av världen karakteriseras befolkningssammansättningen av en ökande andel äldre, eftersom födelsetalen sjunker och människor lever längre. Detta ändrar förhållandet mellan andelen arbetsföra personer och pensionärer i samhället och får konsekvenser för pensionssystem och andra sociala trygghetssystem [9]. Aktuella beräkningar gör gällande att andelen över 60 år i den europeiska befolkningen kommer att ha fördubblats till cirka 40 % redan 2050 [9]. Det finns ingen enhetlig definition av äldre arbetare ("older workers") men man har föreslagit att det i dagsläget skulle kunna innefatta personer mellan 55–70 år, med reservation för att spannet kan behöva förskjutats till ännu högre åldrar i framtiden [9]. Statistiska centralbyrån har traditionellt definierat den arbetsföra befolkningen utifrån åldersspannet 20–64 år, medan begreppet pensionsålder har avsett dem som är 65 år eller äldre [47]. Utifrån dessa konstruktioner kan man beräkna den *demografiska försörjningskvoten* som anger hur många personer det finns i pensionsålder i förhållande till den arbetsföra befolkningen. Under 2021 fanns det 36 personer i pensionsålder per 100 arbetsföra individer, och andelen som är 65 år eller äldre har stadigt ökat sedan flera decennier tillbaka. Detta beror förstås på att åldersstrukturen i Sverige håller på att förändras mot en ökad andel äldre, men denna grupp innehåller också allt fler personer som kan och vill arbeta efter 65 års ålder [48]. Under 2023 skedde flera förändringar i åldersbestämmelser för den allmänna pensionen. Enligt Pensionsmyndigheten är avsikten att riktåldern (då man tidigast kan ta ut allmän pension eller få garantipension, inkomstpensionstillägg och bostadstillägg) successivt ska höjas för att kompensera för en allt längre medellivslängd. Eftersom förekomsten av sjukdomar i många fall ökar med åldern (Figur 3) kommer denna förändring också att innebära att fler personer kommer att arbeta under påverkan av varaktiga sjukdomar, där vistelse i kyla kan innebära att symptombördan ökar, prognosen för sjukdomen försämras eller arbetsförmågan minskar. I dessa

avseenden saknas kunskap om hur arbete i kalla miljöer påverkar hälsan och förmågan att utföra arbete om man är äldre eller har varaktiga sjukdomar.



Figur 3. Schematisk beskrivning av förekomsten av olika sjukdomar beroende på ålder. Utformad efter data från Socialstyrelsen [49] och Nationella folkhälsoenkäten [50].

Arbetsförmåga är ett svårt begrepp som både kan inbegripa förmåga att utföra ett specifikt arbete som man i något skede behärskat men också en mer generisk förmåga i förhållande till normalt förekommande arbeten [51]. I den senare, mer allmänna definitionen kan arbetsförmåga förstås som balanspunkten mellan arbetets krav och individens förutsättningar eller funktionsförmåga (Figur 4). Denna balans kan emellertid rubbas av externa faktorer som till exempel exponering för kyla samt individfaktorer, där både ålder och förekomst av sjukdomar ingår. Varaktiga sjukdomar som uppstår i medelåldern, även om de är behandlingsbara, kan ofta påverka arbetsförmågan både vad gäller specifika moment men också produktiviteten i allmänhet. I ett framtida arbetsliv kan man därför behöva skifta perspektiv från att fokusera på aktivitetsbegränsningar och medicinska hinder till att betona restförmåga under anpassningar [9]. I detta sammanhang kan man också behöva ta hänsyn till hur exponering för kyla kan vara begränsande för arbetsförmågan.



Figur 4. Schematisk bild över hur klimat- och individfaktorer kan påverka arbetsförmågan. Utformad fritt efter koncept av Ilmarinen et al. [52].

1.5 Andra förändringar i arbetslivet

Under de senaste 30 åren har svenskt arbetsliv förändrats mot en större tjänstesektor, där forskning ofta fokuserat på brister i psykosocial arbetsmiljö [53]. Samtidigt har traditionella fysiska arbetsmiljörisker funnits kvar men möjligen inte uppmärksammats i samma utsträckning. Parallellt har det funnits ett ökande antal utlandsfödda arbetare som i många avseenden har haft en sämre arbetsmiljö än svenskfödda, både vad gäller förekomst av olyckor, fysiska arbetsmiljöfaktorer och psykosociala belastningar [54]. I norra Sverige sker den så kallade gröna omställningen med nyindustrialisering och stora infrastrukturprojekt som sannolikt kommer att leda till att en ökad andel av arbetskraften sysselsätts utomhus med fysiska arbetsuppgifter. Exempel på sådana grupper är byggnads- och anläggningsarbetare, vindkraftstekniker, linjemontörer samt järnvägsarbetare. En andel av dessa kommer förmodligen att vara utlandsfödda, av annan etnicitet och möjligen också mer känsliga för arbete i kyla [28, 55-57]. Dessa perspektiv behöver sålunda också beaktas när man värderar risker med arbete i kyla och vi har därför valt att så långt som möjligt beskriva från vilka länder olika studier har utgått.

1.6 Övergripande syfte och specifika frågeställningar

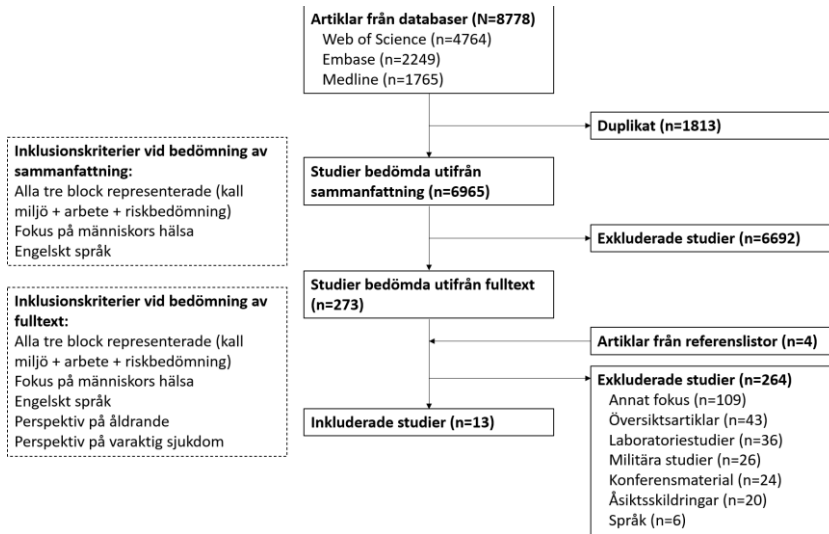
Det övergripande syftet med denna narrativa kunskapsöversikt var att beskriva hur hälsorisker förknippade med arbete i kyla påverkas av ålder och sjukdom. Specifika frågeställningar innefattade:

1. Hur kan man riskbedöma arbete i kyla i relation till ålder och sjukdom?
2. Hur påverkar åldrandet förmågan att hantera kyleffekter?
3. Vilka specifika hälsorisker medför arbete i kyla om man har befintlig hjärt-kärlsjukdom, obstruktiv lungsjukdom, diabetes eller besvär i rörelseapparaten?
4. Vad finns det för föreskrifter, standarder och annan litteratur som reglerar eller vägleder riskbedömning och riskhantering av arbete i kyla i Sverige och internationellt, särskilt i samband med högre ålder eller sjukdom?
5. Vilka kunskapsluckor finns inom området?

2. Metod

2.1 Systematisk litteratursökning

Litteraturgenomgången utgick från en systematisk sökning i Medline, Embase och World of Science. Anledningen till att sökningen skedde i flera överlappande databaser var att de delvis indexerar artiklar från olika tidskrifter. Standardiserade söktermer (MeSH/Emtree index) användes tillsammans med fritextsökningar i titel, sammanfattning ("abstract") och nyckelord där detta var möjligt. Avgränsningar var att sökningen enbart skulle omfatta medicinsk litteratur skriven på engelska samt avse studier på människor med publiceringsintervall 1980–2023. Avsedd kontext var kalla arbetsmiljöer och önskat begrepp riskbedömning. Söksträngen utvecklades i samråd med disputerad bibliotekarie (Eirik Reiherth) och innefattade tre huvudsakliga block: kall miljö, arbete och riskbedömning. Söksträngen återfinns i sin helhet i Bilaga 1. Litteratursökningen renderade 6965 artiklar där sammanfattningarna lästes av två granskare oberoende av varandra och bedömdes utifrån på förhand fastställda inklusionskriterier. Oenighet löstes med konsensusdiskussion tillsammans med en tredje granskare. Efter selektion baserad på sammanfattningarna återstod 273 artiklar som vid genomläsning renderade ytterligare fyra källor utifrån referenslistor. Totalt granskades således 277 fulltextartiklar. I Figur 5 framgår hur litteraturvalet gjordes.



Figur 5. Urval i den systematiska litteratursökningen.

Vid genomläsning av sammanfattningar exkluderades majoriteten på grund av att de saknade en eller flera av de tre boxar som definierats inför litteratursökningen. De flesta var inte humanstudier med medicinsk prägel utan handlade till exempel om mikrobiologiska agens, meteorologiska förhållanden eller materialhållfasthet i förhållande till temperatur.

Studier som exkluderades på grund av annat fokus (n=109) saknade något av följande perspektiv: arbete, kyla, riskbedömning, människors hälsa, åldrande eller varaktig sjukdom. Översiktsartiklar (n=43) exkluderades i den systematiska litteratursökningen men kunde ingå i den senare fria sökningen. Laboratoriestudier (n=36) som saknade mänskligt perspektiv exkluderades, till exempel teknisk testning av kläder, handskar och skor. Artiklar som strikt handlade om militära förhållanden (n=26) som till exempel sammansättning av matranser vid fältövningar exkluderades. Med konferensmaterial (N=24) avsågs indexerade konferenssammanfattningar och så kallade ”proceedings”. Åsiktsskildringar (n=20) innefattade ”position papers”, ”letters to the editors” och liknande, där det saknades originaldata och analyser. I några enskilda fall (n=6) hade artiklar engelska sammanfattningar men var i övrigt skrivna på ett annat språk.

2.2 Kompletterande litteratursökning

I tillägg till den systematiska litteratursökningen användes även en fri sökning i Medline där det tredje blocket (riskbedömning) ersattes med MeSH-termer för de begrepp som var av intresse för kunskapsöversikten: Aging;

Cardiovascular Diseases; Hypertension; Myocardial Infarction; Stroke; Heart Failure; Peripheral Arterial Disease; Lung Diseases; Asthma; Pulmonary Disease, Chronic Obstructive; Diabetes Mellitus; Musculoskeletal Pain; and Musculoskeletal Diseases. I denna sökning tillät vi alla artikeltyper, utgivningsår och språk. Vi gick även igen innehållet i Arbetsmiljöverkets författningssamling, relevanta arbetsmedicinska böcker (Arbetslivsfysiologi [3], Human Thermal Environments [5], Current Diagnosis & Treatment: Occupational & Environmental Medicine [58], Occupational and Environmental Health [13] och Handbok för kallt arbete [59]) samt tillämpliga ISO-standarder. Slutligen gjordes en sökning av så kallad grå litteratur med hjälp av sökmotorn Google och två olika söksträngar: [cold ~temperature work ~related occupational safety] och [cold ~temperature work ~place risk assessment]. Sökningen begränsades till engelskt språk och träffar på de fyra första sidorna.

2.3 Syntes och värdering

Från de 13 artiklar som inkluderades i den systematiska litteratursökningen extraherades information om författare, titel, utgivningsår, övergripande syfte, land för studiens genomförande, studiepopulation (yrke, antal personer och ålderssammansättning), exponering för kyla, kön, perspektiv på åldrande samt vilka individspecifika faktorer som undersöktes eller diskuterades. För att kunna göra en grundläggande värdering av risk för bias extraherades också uppgifter om hur exponering respektive hälsoutfall definierats, studiedesign, populationens storlek samt svarsfrekvens och bortfall under uppföljning. Dessa uppgifter fördes in i en matris (Bilaga 2) som inspirerades av Farbu et al. [60]. Utfallet på dessa variabler beaktades vid värderingen av studierna men resultaten stratifierades inte utifrån risk för bias. För artiklarna som identifierades i den fria litteratursökning skedde ingen systematisk extraktion. Vi utnyttjade också författarnas förkunskap om publicerad litteratur inom kunskapsområdet. Statistiska mått (som till exempel oddskvot, relativ risk och konfidensintervall) avrundades till en decimal. Ålder avrundades till heltal.

3. Resultat

3.1 Riskbedömning av arbete i kyla

Tretton studier uppfyllde urvalskriterier för den systematiska litteratursökningen (Tabell 3). Dessa var publicerade mellan 1995 och 2022. Sex artiklar utgick från ett nordiskt universitet, de övriga kom från Tyskland,

Frankrike, Iran, USA, Kanada, Brasilien och Kina. Tre särredovisade resultat för män respektive kvinnor och sex berörde artificiellt kylda inomhusmiljöer.

Tabell 3. Studier som analyserades i den systematiska litteratursökningen, sorterade efter utgivningsår.

Författare och utgivningsår	Syfte	Land	Studiepopulation	Exponering (° C)	Kön särredovisat	Åldrandeperspektiv	Individperspektiv
Olesen 1995 [61]	Att utvärdera metoder för bedömning av kalla och varma arbetsmiljöer samt individuella fysiologiska parametrar hos arbetare	Tyskland	Ej preciserat	Termiskt klimat inom- och utomhus	Nej	Nej	Individuell kapacitet
Holmér 2001 [62]	Att beskriva en metod för bedömning av exponering för kyla	Sverige	Arbetare i kalla miljöer	Låga omgivningstemperaturer (under -5 °C)	Nej	Ja	Vissa sjukdomar
Mäkinen et al. 2002 [63]	Att utveckla metoder för bedömning och hantering av specifika risker förknippade med exponering för kyla i arbetet och förbättra kunskaperna om kalla miljöer hos deltagande företag	Finland, Sverige, Norge	Byggnadsarbetare i Finland och Sverige, skogsarbetare och vägarbetare i Sverige samt fiskarbetare i Norge	Utomhusarbete samt artificiellt kylda inomhusmiljöer	Nej	Nej	Hälsorelaterade begränsningar
Hassi et al. 2003 [64]	Att utveckla ett formulär för hälsokontroller av kylaexponerade arbetare	Finland	Ej preciserat	Låga omgivningstemperaturer (vid eller under 10 °C)	Nej	Nej	Onormal köldkänslighet, köldurtikaria, luftvägssymptom, angina pectoris, arytmier, störd perifer cirkulation, migrän, Raynauds fenomen, lokala kylskador, smärtor i rörelseapparaten
Besnard et al. 2004 [65]	Att utveckla ett datorprogram för att hjälpa läkare att värdera värmebalansen vid olika fysisk aktivitetsgrad och omgivningsförhållanden för att föreslå gränsvärden för exponering ("duration-limited exposure")	Frankrike	Ej preciserat	Ej preciserat	Nej	Ja	Nej

Risikko et al. 2008 [66]	Att utvärdera implementeringen av riskhanteringsstrategier för arbete i kyla	Finland	Utomhusarbetare inom finska Sjöfartsmyndigheten (n=314); ålder i medeltal 48 år	Utomhusarbete	Nej	Nej	Kylarelaterade negativa effekter
Gao et al. 2008 [67]	Att sammanställa information om halkolyckor vintertid med fokus på skor och arbetarnas perspektiv	Sverige	Tidningsbud (n=66), värnpliktiga (n=40), gruvarbetare (n=52) och byggnadsarbetare (n=25) i norra Sverige; åldersintervall <20 till 69 år	Utomhusarbete	Ja	Nej	Ohälsa
Noroozi et al. 2014 [68]	Att föreslå en ny metod för att bedöma hur kalla arbetsmiljöer påverkar människors prestation	Kanada, USA	Operatörer och ingenjörer inom olje- och gasberedning offshore	Arbete i arktiska och subarktiska miljöer	Nej	Ja	Dålig hälsa
Ceballos et al. 2015 [69]	Att beskriva arbetsförhållanden vid livsmedelsproduktion till flygplansresor och föreslå förbättringar med avseende på arbetsmiljön	USA	Livsmedelsarbetare (N=130)	Artificiellt kylda inomhusmiljöer (5 till 6 °C)	Nej	Nej	Vissa infektionssjukdomar, kardiovaskulära och metabola störningar, muskuloskeletala problem
Jussila et al. 2017 [70]	Att undersöka gruvarbetares skyddsstrategier mot kyla och värdera om tillräckliga skyddskläder används	Finland	Gruvarbetare i dagbrott i norra Sverige, Norge, Finland och Ryssland (N=1323); ålder i medeltal 40 år med intervall 18–78 år	Utomhusarbete	Ja	Ja	Dålig generell hälsa
Tirtoni et al. 2018 [71]	Att analysera fingertemperatur hos slaktare och hur det kan kopplas till individuella och organisatoriska faktorer	Brasilien	Slaktare och livsmedelstekniker inom fågelhantering (N=143); ålder för kvinnor i medeltal 32 år med intervall 18–55	Artificiellt kylda inomhusmiljöer (9 till 12 °C), hantering av livsmedelsprodukter (1 till 11 °C)	Ja	Ja	Nej

			år, för män 29 år med intervall 18–54 år				
Tsang et al. 2018 [72]	Att föreslå ett riskövervakningssystem för både arbetsmiljörisker och produktkvalitet inom livsmedelslogistik baserat på Internetanslutna produkter ("Internet of Things-based risk monitoring system")	Kina	Tillverkare, distributörer och återförsäljare av temperaturkänsliga livsmedel	Artificiellt kylda inomhusmiljöer (–25 till 8 °C).	Nej	Ja	Nej
Golbabaei et al. 2022 [73]	Att bedöma hälsoeffekter av exponering för kyla hos arbetare inom petroleumindustrin	Iran	Driftstekniker (n=18), mekaniker (n=10) och kontrollrumsoperatörer (n=8) på bränsleöverföringsstationer; de flesta inom åldersintervallet 36–45 år	Utomhusarbete (–24 till 5 °C)	Nej	Nej	Hypertoni, angina pectoris och astma

Olesen et al. [61] redogjorde för olika ISO-standarder för bedömning av termiskt klimat inom- och utomhus, både vad gäller värme och kyla. Man beskrev att vid arbete i kyla är klädseln den enskilt viktigaste faktorn för att bibehålla adekvat värmebalans och att beräkning av rekommenderad beklädnadsisolations (IREQ) kan vara ett hjälpmedel. Man utgick då från en ekvation som tog hänsyn till aktivitetsgrad samt olika omgivningsfaktorer inklusive lufttemperatur. I artikeln gjorde man ingen bedömning avseende effekter av åldrande men betonade att det kan behövas en värdering av enskilda arbetares förmåga ("individual capacity") att utföra givna uppgifter under svåra förhållanden och att detta kan göras antingen i fält eller i en laboratoriemiljö.

Holmér [62] beskrev en tänkt metod för att bedöma exponering för kyla i arbetet med fokus på temperaturer under -5 °C. Artikeln behandlade kyleffekter på hela kroppen, extremiteter, hud respektive luftvägar. I artikeln beskrevs hur ålder, kön, hälsa, kondition, acklimatisering, erfarenhet och kunskap är faktorer som modifierar kyleffekter, men man angav inte i detalj på vilket sätt. Man föreslog att personer som är särskilt känsliga för kyla eller har vissa sjukdomar ("special illnesses") kunde behöva utvärdering med kompletterande metoder som inte ingår i gällande ISO-standarder. Dessa metoder preciserades emellertid inte.

Mäkinen et al. [63] redovisade processen som sedermera resulterade i *ISO 15743 – Ergonomi för termiskt klimat – Kalla arbetsplatser – Bedömning och hantering av risker* och studien baserades på byggnadsarbetare i Sverige och Finland, skogs- och vägarbetare i Sverige samt fiskarbetare i Norge. Man fokuserade särskilt på att identifiera hälsorelaterade begränsningar ("health-related limitations") för kallt arbete med hjälp av ett enkätverktyg där arbetare fick ange om de hade besvär som kunde relateras till exponering för kyla. Hälsotillstånd som kunde vara av vikt för förmågan att arbeta i kyla redovisades emellertid inte. Man beskrev även översiktligt en process för informations-spridning och utbildning gällande hälsorisker förknippade med arbete i kyla.

Hassi et al. [64] beskrev innehållet i ovan presenterade enkät i större detalj och angav att hälsotillstånd av vikt för bedömningen kan vara onormal köldkänslighet, köldurtikaria (nässelutslag), obstruktiva och inflammatoriska luftvägssymptom, angina pectoris, arytmier (hjärtrytmrubbning), störd cirkulation i händer eller fötter, suddig syn, migrän, Raynauds fenomen, lokala kylskador samt smärtor i rörelseapparaten. Enkäten värderade också prestation vid arbete i kyla, i termer av koncentration, motivering, handstyrka och övriga muskuloskeletala funktioner. Om det skulle framkomma tecken på nedsatt komfort eller särskild känslighet föreslogs åtgärder via sjuksköterska, medan om det skulle finnas symptom på sjukdom rekommenderades att läkare engagerades i bedömningen. Man föreslog också att det kunde vara värdefullt

att genomföra periodiska medicinska kontroller för personer som har kylrelaterade sjukdomar eller andra begränsningar vad gäller hälsa och prestation men gav ingen mer detaljerad beskrivning.

Besnard et al. [65] rapporterade om utvecklingen av ett datorprogram med syfte att hjälpa läkare att förebygga temperaturrelaterade besvär. Detta program, som kallades PREDICTOL®, skulle användas för att beräkna hur länge personer kunde arbeta i kalla miljöer utan risk för negativa hälsoeffekter. Dessa beräkningar utgick från fysisk aktivitet och klädernas tekniska parametrar, men individfaktorer i form av ålder, längd, vikt och fettprocent ingick också i variabelistan. Det framgick emellertid inte hur ålder antogs modifiera kyleffekter.

Risikko et al. [74] utvärderade implementeringen av ett riskbedömningsverktyg för kallt arbete inom finska Sjöfartsmyndigheten. Man utgick från det systematiska arbetsmiljöarbetet och fyra olika nivåer för implementering: förändrat ledningssystem (organisatorisk nivå), riskhanteringsstrategier på olika arbetsställen (åtgärdsnivå), utbildning bland arbetare (medvetandegörande nivå) samt aktiviteter inom företagshälsan (stödande nivå). Man utvärderade resultatet av projektet efter tre år, bland annat genom en enkät som besvarades av 314 personer med en genomsnittlig ålder på 48 år. Sammanfattningsvis beskrevs en ökad medvetenhet kring arbete i kyla men inga egentliga förbättringar vad gäller exponeringen för fysiska arbetsmiljörisker och ingen skillnad vad gäller kylrelaterade negativa effekter ("cold-related adverse effects"). Man beskrev att kalla förhållanden påverkade människors hälsa genom att förvärra symptom av många kroniska sjukdomar, men preciserade inte dessa i större detalj.

Gao et al. [67] undersökte halkolyckor bland 183 personer som arbetade i kalla utomhusmiljöer. Studien omfattade tidningsbud, värnpliktiga, gruvarbetare och byggnadsarbetare i norra Sverige. Det fanns enstaka personer som var 60 år eller äldre bland tidningsbuderna och gruvarbetarna, men inte i de övriga yrkesgrupperna. Båda könen fanns representerade. Tonvikten var på omgivningsfaktorer av betydelse för halkolyckor men man beskrev också individfaktorer som kunde antas öka halkrisken i form av påverkan på syn, balansorgan, ledkänsl, muskuloskeletal funktion samt förekomst av ohälsa ("illness"). Man preciserade inte närmare vilka sjukdomar som skulle kunna påverka risken eller på vilket sätt.

Noroozi et al. [68] presenterade ett riskbedömningsverktyg för mänskligt felande inom den arktiska och subarktiska offshore-industrin. Med mänskligt felande avsågs både risk för olyckor som kan drabba människor men också felaktigt utförda arbetsuppgifter i en vidare bemärkelse. I verktyget ingick individparametrar i form av överskridande av fysisk förmåga samt dålig hälsa ("ill health") hos operatörer och man tog särskilt upp betydelsen av ålder hos personal som utför uppmärksamhetskrävande arbetsuppgifter ("perceptual

tasks”). Man värderade också den inbördes betydelsen av olika risker, där hög ålder fick den lägsta viktningen av de 38 ingående variablerna i modellen, vilket innebär att hög ålder i sig inte ansågs vara en särskilt betydelsefull förklaring till mänskligt felande i denna miljö.

Ceballos et al. [69] beskrev den fysiska arbetsmiljön för personal på fabriker som förberedde mat till flygresor, totalt cirka 130 personer där ålder inte angavs. Dessa miljöer kyldes till cirka 5 till 6 °C och arbetsuppgifterna innefattade kontakt med kalla föremål och repetitiva arbetsmoment. Studien var tekniskt orienterad utan egentliga utfallsparametrar som rörde människors hälsa, men man konstaterade att det fanns särskilda risker förknippade med arbete i kyla för personer med befintliga sjukdomstillstånd som infektioner, kardiovaskulära och metabola åkommor och muskuloskeletal problem (“certain infectious diseases, cardiovascular and metabolic disorders, or musculoskeletal problems”).

Jussila et al. [70] undersökte arbetsklädernas isoleringsförmåga hos gruvarbetare i den arktiska regionen, totalt 1323 personer varav majoriteten arbetade i ett ryskt dagbrott men vissa även i gruvmiljöer i norra Sverige, Norge och Finland. Medelåldern var 40 år (standardavvikelse 11 år) och 46 personer (3,5%) var 60 år eller äldre. Båda könen fanns representerade. Man analyserade hur mycket kläder arbetarna valde att bära och om detta påverkades av ålder, kön, vikt eller kroppsmasseindex. Studien påvisade inga statistiskt signifikanta skillnader utifrån dessa individfaktorer och isoleringsförmågan hos den valda klädseln. Det fanns emellertid en trend där personer med lågt eller normalt kroppsmasseindex (<25 kg/m²) föreföll att välja klädsel med högre isoleringsförmåga än dem med högt kroppsmasseindex (≥25 kg/m²). Arbetare med lägre självskattad hälsa (“bad general health”) tenderade också att välja klädsel med högre isoleringsförmåga än dem med god självskattad hälsa.

Tirloni et al. [71] undersökte arbetsmiljön för 143 fågelslaktare som arbetade i artificiellt kylda inomhusmiljöer. Båda könen fanns representerade. Omgivningstemperaturen varierade mellan 9 till 12 °C och arbetarna hanterade livsmedel med temperaturer mellan 1 till 11 °C. Fingertemperaturen mättes med infraröd termografi och 66 % av arbetarna hade minst ett finger med en temperatur ≤15 °C. Arbetarna var mellan 18–55 år och man kunde inte påvisa någon statistisk signifikant effekt av ålder på fingertemperaturen.

Tsang et al. [72] beskrev en mjukvara med suddig logik (“fuzzy logic”) med syfte att bland annat bedöma risker i arbetsmiljön inom kyltransportkedjor för matvaror. Projektet utgick från användandet av så kallade cyberfysiska system (“Internet of Things”) där teknisk apparatur är uppkopplad mot Internet och kommunicerar i ett komplext system. Arbetsmiljöerna innefattade både kylda livsmedelslokaler (0 till 8 °C) och rena frysrum (–25 till –18 °C). Man baserade delvis bedömningen på *ISO 11079 – Ergonomi för den termiska*

miljön – Bestämning och bedömning av termisk belastning i kyla med hjälp av rekommenderad beklädnadsisolering (IREQ) samt lokala avkylningseffekter och i programmet användes ålder och kroppsmasseindex som variabler i riskbedömningen, men det framgick inte i artikeln på vilket sätt dessa faktorer ansågs modifiera riskerna.

Slutligen beskrev Golbabaei et al. [73] en strategi för riskbedömning av arbete i kyla på bränsleöverföringsstationer i Iran. Omgivningstemperaturen varierade under studien mellan -24 till 5 °C bland 18 driftstekniker och tio mekaniker och man hade också en kontrollgrupp med åtta personer som arbetade inomhus i 22 °C med övervakande uppgifter. Man frågade om åldersintervall i en enkät och de flesta var 36–45 år. Man beskrev att exponering för kyla kunde förvärra symptom av vissa sjukdomar som högt blodtryck, angina pectoris och astma ("high blood pressure, angina, and asthma"). Utifrån detta fann man att screening och medicinsk undersökning skulle kunna vara motiverat för arbetare verksamma i kalla miljöer.

Slutsatser:

- Det finns etablerade metoder för strukturerad riskbedömning av arbete i kyla.
- Arbete i kyla förfaller vara ett heterogent begrepp som kan innefatta många olika arbetsmiljöer och klimatexponeringar.
- De flesta identifierade studier avseende riskbedömning av arbete i kyla rapporterar att både ålder och förekomst av sjukdom kan påverka sårbarheten för kyla, men preciserar inte detta i närmare detalj.

3.2 Arbete i kyla i relation till ålder

Vi ville kartlägga i vilken mån ålder påverkar kyleffekter i arbetet. I vår systematiska litteratursökning återfanns inga studier som specifikt hade undersökt risker med kallt arbete i högre åldrar. I den kompletterande fria litteratursökningen hade de flesta studier på ålder och kyla en fysiologisk inriktning utan arbetslivsfokus.

I en studie angavs att den fysiska aktivitet som utövas i de flesta yrken genererar en lägre metabol värmeproduktion än fysisk träning, vilket gör att arbetare i de flesta fall inte kan kompensera för kraftig kylande klimatexponering genom fysisk aktivitet i tillräcklig grad [75]. Detta utgör alltså en viktig skillnad mot till exempel konditionsidrottare på elitnivå, där det finns flera studier som undersökt effekter av långvarig vistelse i kyla och visat att en hög fysisk aktivitetsnivå i stor mån kan kompensera för exponering för kyla [76]. Det är också svårt att särskilja specifika effekter av åldrande från effekter av varaktiga sjukdomar och kroppssammansättning (andel kroppsfett

och skelettmuskler) som i sig är starkt associerade till ålder [75]. Vad gäller andelen kroppsfett i förhållande till andra beståndsdelar är den huvudsakliga nyttoeffekten med subkutan fettvävnad att upprätthålla kroppstemperaturen genom passiv isolering, men denna mekanism förefaller vara mindre effektiv hos äldre jämfört med yngre. Ett exempel är en brittisk studie som jämförde kärntemperatur hos äldre män (n=5; 63–70 år) i förhållande till yngre (n=4; 18–24 år) med jämförbara andelar kroppsfett och fann att kärntemperaturen sjönk med i medeltal 0,3 °C hos de äldre och 0,1 °C hos de yngre efter två timmars exponering för en låg omgivningstemperatur (6 °C) [77]. I artikeln resonerade man kring att åldersbetingade förändringar i aerob kapacitet (kondition) sannolikt förklarar en del av denna ökade sårbarhet för kyla. I en kanadensisk studie jämfördes yngre män (n=8; 21–29 år) med två grupper äldre män (n=8 och 11; 55–70 år) där den ena hade jämförbar fysisk förmåga med de unga medan den andra bestod av mindre fysiskt aktiva män [78]. Forskningspersonerna fick vila samt utföra måttlig fysisk ansträngning på testcykel i termoneutrala förhållanden samt i kyla (5 °C i en timme) Man rapporterade att båda grupper av äldre män fick en större påverkan på kärntemperatur än de yngre oavsett om de hade en hög aerob kapacitet eller ej och författarna konstaterade således att åldersrelaterad minskning i aerob kapacitet inte kan vara den enda förklaringen till en ökad sårbarhet för kyla hos äldre. Som alternativ förklaring har i stället anförts att åldrandet begränsar förmågan till perifer vasokonstriktion som reaktion på exponering för kyla vilket kan öka värmeförlusterna [75]. En sådan förändring skulle kunna bero på en förändrad eller minskad sensorisk afferent signalering som förmedlar information om exponering för kyla, en minskad efferent sympatikuseffekt eller försämrat svar i målorganen (blodkärlen) på grund av ateroskleros (åderförkalkning) eller andra ålderbetingade funktionsförändringar. En åldersrelaterad minskad förmåga att effektuera perifer vasokonstriktion skulle därför kunna öka värmeavledningen till omgivningen och därmed förlust av kärntemperatur. Sådana effekter på kärntemperatur vid exponering för kyla hos män har emellertid rapporterats uppträda först efter 45 års ålder [79]. I en studie på män som vistats på Antarktis (N=12; 26–52 år) kunde man i en logistisk regressionsmodell visa att ålder var inverst korrelerat till tålighet för kyla vid ett provokationstest (helkroppsnedkylning vid 10 °C i två timmar) [80]. Det finns också studier som visat att äldre män kan ha sämre förmåga till köldinducerad vasodilatation. Detta anses vara en fysiologisk reaktion på kraftig nedkylning av händerna som syftar till att bevara vävnadstemperaturen över en kritisk gräns. I en japansk studie jämfördes äldre män (n=6; 62–70 år) med yngre (n=7; 20–29 år) och man beskrev en fördröjd och minskad köldinducerad vasodilatation bland de äldre männen och hos två av dem kunde man inte alls framkalla reaktionen [81]. I en annan japansk studie rekryterades yngre (n=9; 20–25 år) och äldre män (n=10; 60–71 år) med jämförbar

kroppsbyggnad utifrån underhudsfett och kroppsytta i förhållande till massa [82]. I denna studie var värmeförlusterna lika stora i båda grupper medan den värmegenererande förmågan var lägre hos de äldre männen. Det kan också finnas skillnader i den subjektiva upplevelsen av kyla, där äldre individer kan ha en försämrad förmåga att uppfatta temperaturintervall jämfört med yngre. I en brittisk studie där friska äldre män och kvinnor (n=16; 68–87 år) jämfördes med yngre (n=16; 19–39 år) och där klädsel och omgivningstemperatur standardiserades noterades man en mindre precis temperaturdiskriminering hos de äldre även om komforttemperaturen var densamma för båda grupper [83].

I studier på enbart kvinnor har delvis annorlunda resultat beskrivits. I en amerikansk studie på yngre (21–28 år) och äldre (60–72 år) kvinnor sågs ingen skillnad i kärntemperatur efter tre timmars exponering för 17 °C omgivningstemperatur [84]. I en annan amerikansk studie hade äldre kvinnor (n=7; 51–72 år) högre kärntemperatur än yngre (n=10; 20–29 år) efter två timmars exponering för 10 °C omgivningstemperatur [85]. I båda fallen hade emellertid de äldre kvinnorna högre andel fett och mindre kroppsytta i förhållande till massa vilket kan ha maskerat en åldersrelaterad känslighet.

Slutsatser:

- Det saknas studier som undersöker effekter av åldrande ur ett arbetsmedicinskt perspektiv.
- Det finns små experimentella studier som visar att sårbarheten för kyla ökar med åldern. Denna sårbarhet kan betingas av förändringar i värmeproduktion, isolerande förmåga, perifer vasoreglering samt temperaturdiskriminering.
- En modifierande effekt av ålder på värmebalansen är sannolikt framträdande först efter cirka 40–50 års ålder.
- Det saknas tillräckligt vetenskapligt underlag för att uttala sig om könsskillnader vad gäller sårbarhet för kyla i högre ålder.

3.3 Arbete i kyla i relation till specifika sjukdomar

Vi ville undersöka vilka risker det innebär att arbeta i kyla om man har vanligt förekommande sjukdomar och hur dessa påverkar kyleffekter. Exponering för kyla har olika konsekvenser beroende på vilket sjukdomstillstånd som studeras, men det är rimligt att anta att all extra termisk belastning är oönskad vid varaktig sjukdom [28]. I vår systematiska litteratursökning kunde vi inte identifiera några studier som redovisade resultat gällande hur vissa sjukdomar påverkar förmågan att arbeta i kyla eller hur prognosen för sjukdomen påverkas av fortsatt arbete i kyla. Nedan följer i stället en redogörelse av studier som identifierades i den fria litteratursökningen och som har undersökt kopplingen mellan exponering för kyla och olika sjukdomar utan att

nödvändigtvis ta ställning till mekanismer och kausalitet, belysa effekter på arbetsförmåga eller undersöka fortsatt prognos. I studierna ingick inte heller nödvändigtvis enbart arbetande personer.

3.3.1 *Hjärt-kärlsjukdom*

Hypertoni (högt blodtryck) definieras som ett långvarigt stegrat arteriell blodtryck över ett visst tröskelvärde [86]. Inom svensk hälso- och sjukvård används ofta 140/90 millimeter kvicksilver (mmHg) som gräns för hypertoni hos i övrigt friska personer, medan de med vissa underliggande sjukdomar som till exempel ischemisk hjärtsjukdom eller diabetes kan ha ett lägre målvärde. Det har varit svårt att etablera en nivå under vilken det inte föreligger någon ökad risk för hjärt-kärlsjukdom och åtminstone ovan 115/75 mmHg går det att påvisa en överrisk [86]. Både kortare och längre tids exponering för kyla leder till blodtrycksstegring [87]. I experimentella studier har man visat att blodtrycket kan stiga med mellan 20–30 mmHg både systoliskt och diastoliskt vid kortvarig exponering för generell [88] och lokal [89] exponering för kyla. Vissa har funnit att det systoliska blodtrycket påverkas mer än det diastoliska [90]. I ett längre perspektiv har man påvisat ett högre genomsnittligt blodtryck under den kalla vinterperioden jämfört med resten av året [87] som huvudsakligen avspeglas i systoliskt blodtryck [91] och där blodtrycksbehandling inte tydligt motverkar denna effekt [92]. Man har även beskrivit att blodtrycksstegring relaterad till exponering för kyla kan förstärkas med åldern på grund av ökande arteriell stelhet [93]. Mekanismerna som driver hypertoni relaterad till exponering för kyla är inte fullständigt kända [90, 92]. I viss mån kan kortvarig blodtrycksstegring i kalla miljöer betraktas som en adaptiv reaktion som ett led i att öka den värmealstrande förmågan, men vid varaktigt stegrat blodtryck överväger sannolikt riskerna. Man har föreslagit att exponering för kyla huvudsakligen aktiverar det sympatiska nervsystemet, men möjligen också regleringen av renin-angiotensin-aldosteronsystemet samt den lokala omsättningen av vasoaktiva substanser som kväveoxid och endoteliner [90, 92]. Särskilt intresse har också riktats mot reflektoriskt ökat blodtryck vid exponering för kyla av ansiktet [35, 94], vilket medieras via temperaturkänsliga nervfibrer (av A δ -typ) i trigeminusnerven [95]. Denna reaktion har också rapporterats vara mindre uttalad hos äldre jämfört med yngre [96]. Liknande reflektoriska mekanismer finns beskrivna för andra delar av kroppen, där lokal nedkylning av huden kan ge en sympatikusinducerad perifer kutan eller visceral vasokonstriktion [37, 38, 97]. Blodtrycksstegring på grund av perifer kutan vasokonstriktion ger en ökad central blodvolym vilket successivt kompenseras genom sänkt hjärtfrekvens, minskad hjärtminutvolym utifrån slagvolym samt ökad filtration i njurarna (kyldiures). I en experimentell studie som jämförde kardiell belastning hos yngre (n=11; 20–34 år) och äldre (n=11; 58–76 år) friska personer beskrev man att den äldre

gruppen hade ökad belastning (uttryckt som både ”preload” och ”afterload”) vid nedkyllning och därmed större syrgaskrav i hjärtmuskeln jämfört med den yngre gruppen [98].

Vid ischemisk hjärtsjukdom finns aterosklerotiska förträngningar i hjärtats kranskärl som begränsar blodflödet till hjärtmuskeln. Det finns flera litteraturoversikter som kartlagt det vetenskapliga underlaget för en koppling mellan exponering för kyla och uttryck för ischemisk hjärtsjukdom [90, 99-102]. Studier har i regel inte designats för att undersöka om exponering för kyla ökar akuta manifestationer av underliggande ischemisk hjärtsjukdom av annan etiologi eller om exponering för kyla i sig ökar risken för utveckling av ischemisk hjärtsjukdom [103]. Vid arbete i kyla ökar hjärtmuskeln syrgaskrav samtidigt som exponering för kyla kan framkalla en vasokonstriktion i hjärtats kranskärl [104]. Även inandning av kall luft i en i övrigt varm miljö framkallar vasokonstriktion i kranskärlen [105]. Andra fysiologiska effekter innefattar ökat arteriellt tryck och interstitiellt vätskeläckage där upp till 15 % av plasmavolymen kan lämna cirkulationen [3]. Detta ger i sin tur koncentrerings av erythrocyter (röda blodkroppar) och trombocyter (blodplättar), högre viskositet samt påverkar hemostasen [106]. På så vis kan risken för angina pectoris och akut hjärtinfarkt förmodas öka. Hjärtsvikt innebär att hjärtats pumpförmåga (ofta uttryckt i hjärtminutvolym) understiger kroppens behov [107]. Tillståndet kan uppkomma som följd av ischemisk hjärtsjukdom eller andra strukturella hjärtsjukdomar så som klaffel och kardiomyopati (hjärtmuskelsjukdomar). Funktionsförmågan vid hjärtsvikt kan graderas med hjälp av New York Heart Association (NYHA)-klass, där NYHA I innebär att man är symptomfri och NYHA IV att man upplever dyspné (lufthunger) och trötthet redan i vila.

Liknande mekanismer som för ischemisk hjärtsjukdom finns föreslagna för ischemisk stroke, där underliggande ateroskleros kan utgöra riskfaktor för insjuknande i framför allt lakunära hjärninfarkter (små lokala infarkter i djupa delar av hjärnan som i regel beror på ocklusion av mindre kärl) och tromber (koagel) från rupturerade plack i större kärl [108]. Risken för ischemisk stroke är också stegrad vid till exempel förmaksflimmer, där embolier (blodproppar som följer med blodcirkulationen) från vänster hjärtöra kan avsättas till den cerebrala cirkulationen. I en nylig översiktsartikel om kyla och stroke föreslogs flera etablerade riskfaktorer för stroke variera med säsong och temperatur, däribland hypertoni, hyperglykemi (högt blodsocker), hyperlipidemi (höga blodfetter) och förekomst av förmaksflimmer [109]. Därtill kan en exponering för kyla aktivera av det sympatiska nervsystemet och möjligen också renin-angiotensin-aldosteronsystemet vilket kan leda till blodtrycksstegring, trombocyttaggregering och ett inflammatoriskt svar. Sådan aggregering av trombocyter vid exponering för kyla kan vara särskild uttalad vid stroke hos personer som är 65 år eller äldre [110]. Hemorragisk stroke (hjärnblödning) i

sin tur har en del gemensamma riskfaktorer med ischemisk stroke i form av till exempel hypertoni och rökning, men det finns också undergrupper med andra riskfaktormönster som till exempel subaraknoidalblödning där ärftliga faktorer och bindvävssjukdomar bidrar till utveckling och ruptur av intrakraniella aneurysm (kärlbräck) [111]. Man har föreslagit att hemorragisk stroke skulle kunna vara vanligare än ischemisk stroke vid exponering för kyla utifrån resultat från stora registerstudier och en möjlig mekanistisk förklaring i form av kylautlöst blodtrycksstegring [112]. Vilka delar av centrala nervsystemet som skadas vid en stroke kan också påverka den efterföljande sårbarheten för arbete i kyla. Om skadan finns i eller nära hypotalamus, hypofysen eller somatosensoriska hjärnbarken kan förmågan att reglera värmebalansen påverkas liksom förmågan att uppfatta både generell och lokal nedkylning [113]. Vid hjärnstamsinfarkter kan den normala puls- och blodtrycksreaktionen utebli när ansiktet exponeras för kyla [95]. Det finns också en rad andra vaskulära utfall som har en högre förekomst i kyla, som till exempel hypertensiv kris (mycket högt blodtryck och tecken till akut organpåverkan), djup ventrombos (blodpropp i benens vensystem), lungembolisering (blodpropp i lungorna) samt dissektion eller ruptur av aorta (brusten kroppspulsåder) [90, 114]. Nedan följer kortfattade redogörelser av identifierade studier som bedömdes relevanta för kunskapsöversiktens frågeställningar.

I en koreansk studie undersöktes manliga frysrumarbetare (n=68) och oexponerade kontroller (n=68). Bland frysrumarbetarna var åldern i medeltal 37 år (standardavvikelse 9 år), medan kontrollerna i medeltal var 39 år med samma standardavvikelse. Man beskrev statistiskt signifikant högre systoliskt och diastoliskt blodtryck hos de som arbetade i frysrum jämfört med kontrollerna [115]. Det fanns även en exponerings-responstrend där både systoliskt och diastoliskt blodtryck stegrades med sjunkande kärntemperatur. I en multipel regressionsmodell fann man att ålder ≥ 40 år ökade sannolikheten för hypertoni i kalla arbetsmiljöer (oddskvot 2,7; 95 % konfidensintervall 1,1–6,6). I en polsk studie på kyl- och frysrumarbetare (N=102) med medelålder 39 år (standardavvikelse 10 år) beskrevs ett högre systoliskt och diastoliskt blodtryck hos dem som arbetade i kallare miljöer (0 till 10 °C) jämfört med något varmare (10 till 14 °C) [116]. Blodtrycksreaktionen föreföll i denna studie mer uttalad hos kvinnliga arbetare (n=41).

I en finsk studie undersöktes förekomsten av kylrelaterade besvär i allmänbefolkningen (N=6951; 25–74 år) och resultaten stratifierades beroende på om hade varaktiga sjukdomar eller inte [117]. Man beskrev en ökad förekomst av kylrelaterad angina pectoris och arytmier hos dem med känd ischemisk hjärtsjukdom i jämförelse med friska och symptombördan ökade också med åldern. I en regressionsmodell var tidigare hjärt-kärlsjukdom (hypertoni, angina pectoris, hjärtsvikt, hjärtinfarkt, perkutan koronar

intervention, kranskärlskirurgi eller stroke) den viktigaste förklaringsvariabeln för kylrelaterad angina pectoris eller arytm. Ålder hade däremot ingen statistiskt signifikant effekt även om det fanns en icke-signifikant trend mot ökad förekomst efter den allmänna pensionsåldern (65–74 år). I en fördjupad studie på samma material fann man att män med behandlad hypertoni och ytterligare ett uttryck för hjärt-kärlsjukdom (läkardiagnosticerad angina pectoris, hjärtinfarkt, ischemisk eller hemorragisk stroke, kranskärlskirurgi eller perkutan koronar intervention) hade en ökad sannolikhet att rapportera kylrelaterad angina pectoris (oddskvot 22,8; 95 % konfidensintervall 10,0–52,3) och arytm (oddskvot 42,2; 95 % konfidensintervall 8,7–205,0) efter justering för ålder, kroppsmasseindex, rökning, alkoholvanor, kolesterolvärde och förekomst av diabetes [87]. För kvinnor sågs något lägre punktskattning avseende sannolikheten för kylrelaterad angina pectoris (oddskvot 18,9; 95 % konfidensintervall 9,0–39,9) och betydligt lägre punktskattning för arytm (oddskvot 9,4; 95 % konfidensintervall 4,2–21,0). Man sammanfattade att hypertoni i kombination med manifest hjärt-kärlsjukdom är starkt associerat till en ökad förekomst av kardiella symptom under kalla förhållanden för både män och kvinnor och att dessa personer kan betraktas som en särskilt sårbar grupp som kan vara betjänt av förebyggande insatser från hälso- och sjukvården.

Vad gäller exponering för kyla i arbetet finns en svensk registerstudie som utgick från män i Bygghälsokohorten (n=194501; 15–67 år) där man fann en överrisk för hjärtinfarkt (relativ risk 1,1; 95 % konfidensintervall 1,01–1,2) men inte stroke (relativ risk 1,1; 95 % konfidensintervall 0,9–1,3) bland byggnadsarbetare som bodde och arbetade i det kallaste området, efter justering för ålder, kroppsmasseindex och rökning [118]. Man begränsade analyserna till arbetare med normalt blodtryck vid den första undersökningen och använde Norrland som det kallaste området och Götaland som referensområde. Man beskrev också en interaktionseffekt med buller, där personer som förutom kyla också exponerades för buller i sitt arbete hade en än högre risk för hjärtinfarkt.

Det finns även laboratoriestudier på personer med ischemisk hjärtsjukdom som fått göra arbetsprov på motionscykel i olika temperaturer. I en svensk studie på män med angina pectoris (N=9; 44–63 år) som cyklade upp till 130 W i –8 °C respektive rumstemperatur såg man samma arbetsförmåga och pulsutveckling i bägge miljöer men en kraftigare blodtrycksstegring vid ansträngning i kyla [119]. I en annan svensk studie på män med kylrelaterad angina pectoris (N=17; 45–60 år) jämfördes arbetsprov i –10 °C med 20 °C och man konstaterade att arbetsförmågan var sämre i kyla samtidigt som pulsen och blodtrycket ökade mer [120]. I en liknande norsk studie på män med angina pectoris (N=10; 30–61 år) jämfördes arbetsprov i –17 °C med 18 °C och man beskrev en nedsatt arbetsförmåga och kraftigare blodtrycksreaktion i kyla

[121]. Behandling med nitroglycerin förbättrade arbetsförmågan i kyla till samma nivå som i plusgrader.

I en meta-analys som undersökt närtidsassociationer mellan omgivningstemperatur och stroke redovisade man 20 studier där den sammantagna effekten av 1 °C minskning av temperatur gav 1,2 % ökning av den relativa risken för stroke (definierat med hjälp av en kompositvariabel bestående av incidens, akutbesök, sjukhusinläggning eller dödlighet) [122]. Föreslagna mekanismer innefattade stegring av blodfetter, blodsocker, fibrinogen och trombocyter under kalla perioder samt hemokoncentration och vasokonstriktion. Sedan denna meta-analys har det tillkommit nya studier varibland några som har fokuserat på populationer i arbetsför ålder. En litauisk befolkningsbaserad överkorsningsstudie (N=5396; 25–64 år) visade en ökad sannolikhet för ischemisk stroke vid kallare väderlek (oddskvot 1,1; 95-procentigt konfidensintervall 1,01–1,1) men inte hemorragisk stroke (oddskvot 1,0; 95-procentigt konfidensintervall 0,9–1,1) [123]. Man fann heller ingen effekt av ålder och kön på associationen mellan kyla och stroke. I en fransk prospektiv befolkningsstudie (N=160782; 18–69 år) undersökte man associationer mellan arbete i temperaturer <10 °C och insjuknande i ischemisk eller hemorragisk stroke [124]. För de som arbetade minst två timmar per dag i sådana kalla miljöer fanns ingen ökad sannolikhet för incident stroke (oddskvot 1,1; 95 % konfidensintervall 0,5–2,8) efter justering för ålder, kön, kroppsmasseindex, rökning yrke, hypertoni, diabetes, höga blodfetter och ärftlighet. Det finns också studier som föreslagit att strokerisken inte bara är avhängig den absoluta temperaturen utan också hastiga svängningar i temperatur över ett dygn, där en snabb sänkning av omgivningstemperaturen skulle kunna leda till en ökad trombocytaktivering [125].

Perifer arteriell insufficiens, ibland kallat fönstertittarssjuka eller claudicatio intermittens, innebär att det finns aterosklerotiska förträngningar i benens artärer, vilket kan framkalla ansträngningsrelaterad ischemisk smärta i främst underbenen. För detta tillstånd kunde vi inte identifiera några studier som undersökt associationer till arbete i kyla. Däremot finns det beskrivet att personer med sådan sjukdom har en ökad risk att ådra sig lokala kylskador i extremiteterna vid vistelse i kallt klimat [126].

För hjärtsvikt finns endast ett mycket begränsat vetenskapligt underlag. Det finns rapporter om ökad förekomst av dekompenenserad hjärtsvikt och sjukhusinläggningar under vintertid, men bakomliggande mekanismer är ofullständigt kända [114]. I en schweizisk studie på äldre män med hjärtsvikt (n=12), kranskärslsjukdom (n=13) och friska kontroller (n=12) sågs ingen skillnad i hemodynamiskt svar mellan dem med hjärtsvikt och de friska kontrollerna vid kallbad i samband med bastubad [127]. Åldern för männen med hjärtsvikt var i medeltal 62 år (standardavvikelse på 9 år) medan motsvarande siffror för dem med kranskärslsjukdom var 61 år

(standardavvikelse 11 år) och för friska kontroller 61 år (standardavvikelse 9 år). I en kanadensisk experimentell studie på personer med hjärtsvikt (n=33) och friska kontroller (n=12) som genomförde arbetsprov i termoneutral respektive kall miljö (-8 °C) fann man att de som hade hjärtsvikt uppvisade en minskad fysisk kapacitet i kyla medan de friska kontrollerna hade motsatt reaktion [128]. Åldern för männen med hjärtsvikt var i medeltal 60 år (standardavvikelse 11 år) medan kontrollerna var 52 år (standardavvikelse 14 år). I en liknande kanadensisk studie på hjärtsviktpatienter (N=11) med medelålder 61 år (standardavvikelse 6 år) som genomförde arbetsprov i kall miljö fann man en motsvarande försämrad fysisk kapacitet i kyla [129].

Slutsatser:

- Exponering för kyla leder till högre blodtryck, både hos dem med och utan läkemedelsbehandling mot hypertoni. Den blodtryckshöjande effekten av kyla är särskilt uttalad vid exponering av ansiktet.
- Personer med befintlig hjärt-kärlsjukdom uppvisar en lägre fysisk arbetsförmåga och en ökad sannolikhet att insjukna i akuta ischemiska hjärthändelser och arytmier vid exponering för kyla.
- Exponering för kyla förefaller även öka sannolikheten för stroke, men det finns motstridiga resultat gällande skillnader i risk för ischemisk respektive hemorragisk stroke.
- För personer med perifer arteriell insufficiens kan det föreligga en ökad risk för lokala kylskador.
- Personer med hjärtsvikt kan ha en försämrad fysisk kapacitet i kyla.

3.3.2 Obstruktiv lungsjukdom

Med begreppet obstruktiv lungsjukdom brukar man vanligen avse både astma, kroniskt obstruktiv lungsjukdom (KOL) och blandformer [7]. Astma är en inflammatorisk sjukdom i nedre luftvägarna med varierande grad av luftvägsobstruktion [130]. Sjukdomen har ett heterogent uttryck med flera fenotyper (kliniska varianter). Vanliga symptom är dyspné (lufthunger), pipande eller väsande andning samt hosta. Inandning av kall och torr luft ger uttorkning av bronkträdet och verkar bronksammandragande [131]. Det är väl etablerat att astma, oavsett bakomliggande etiologi, kan försämrats av inandning av kall och torr luft [131]. Det finns också beskrivet i äldre studier att upp till en tredjedel av astmatiker undviker utomhusaktiviteter vid kall väderlek för att undvika försämring [132], men sannolikt har denna andel minskat med moderna och mer effektiva behandlingar. Det finns också anledning att misstänka att nyinsjuknande i astma kan orsakas av exponering för kyla, även om detta är studerat i betydligt mindre utsträckning [133]. KOL medför som namnet antyder en mer kontinuerlig bronkobstruktion men det förekommer trots detta en viss variation i luftvägsmotståndet [7]. I en

översiktsartikel framgår att luftvägssymptom och obstruktivitet utlöst av exponering för kyla kan nedsätta arbetsförmågan i kalla miljöer, särskilt hos personer med astma eller KOL [27]. Samtidigt beskriver man att det finns få studier avseende luftvägsbesvär i relation till kalla arbetsmiljöer. Bronkiell hyperaktivitet är ett närbesläktat tillstånd till obstruktiva lungsjukdomar och innebär en överdriven bronksammandragning som reaktion på olika inhaleda kemiska och fysiska stimuli [134]. Tillståndet definieras som en onormal sänkning av utandningsförmågan (som ofta skattas med hjälp av forcerad expiratorisk volym under den första sekunden, FEV1) efter direkt eller indirekt provokation med till exempel metakolin, mannitol, ansträngning eller kall luft. Astma brukar uppvisa bronkiell hyperaktivitet men sådan kan även föreligga hos symptomfria individer samt vid interstitiella lungsjukdomar (som till exempel sarkoidos och cystisk fibros), reumatiska tillstånd och efter luftvägsinfektioner. Det finns olika verktyg för att värdera svårighetsgraden av obstruktiv lungsjukdom. För astma kan man till exempel använda Asthma Control Test (ACT), där personen får skatta sin symptombörda med hjälp av fem olika frågor som summeras till en poäng mellan 0–25 där ett lägre värde indikerar sämre kontroll över sjukdomen [135]. För KOL finns Chronic Obstructive Pulmonary Disorders Assessment Test (CAT) som innehåller åtta frågor som summeras till en poäng mellan 0–40 och där ett lägre värde i stället motsvarar en bättre sjukdomskontroll [136].

Det finns fysiologiskt inriktad vetenskaplig litteratur som beskriver hur exponering för kalla omgivningsmiljöer kan påverka de nedre luftvägarna. Inandning av stora volymer kall och torr luft ger vätskeförlust i bronkträdet vilket kyler slemhinnan och utlöser vasokonstriktion, reaktiv hyperemi, kärlläckage och ödem. Dehydrering av slemhinnan ökar osmolariteten i den pericililära vätskan och stimulerar frisättning av substanser som framkallar sammandragning av glatt muskulatur i bronkträdet [130]. Man kan också påvisa tecken på inflammation och epitelskada, till exempel i form av aggregering av olika typer av leukocyter i bronksköljvätska och epitel [137, 138]. Det finns också beskrivningar om att immunförsvarets funktion, obeaktat cellantal, kan försämrans av kyla, till exempel i termer av antikroppsproduktion och cytokinsekretion [139].

I en översiktsartikel om luftvägssymptom konstaterar författarna att även artificiellt kylda inomhusmiljöer kan orsaka exacerbationer av astma och KOL men tonvikten är då på luftkonditionerade hemmiljöer och inte arbetsmiljöer [140]. Moderna luftkonditioneringsystem kan innebära att stora volymer kall och torr luft tillförs i nära anslutning till där människor vistas inomhus och detta kan framkalla olika luftvägssymptom (dyspné, pipande andning och slembildning) och möjligen också öka mottagligheten för infektioner. I detta sammanhang kan nämnas att sådana kylanläggningar också kan utgöra reservoar för vissa luftvägsspatogener som till exempel Legionella [141].

Personer med bronkiell hyperreaktivitet är känsligare för temperaturförändringar i omgivningsluften än dem utan benägenhet till överdriven bronksammandragning och det finns visat att en temperatursänkning motsvarande 2 till 3 °C inomhus kan vara tillräckligt för att utlösa exacerbationer i astma och KOL [140]. Inte bara lufttemperaturen utan även andningsvolymerna påverkar hur stor kyleffekten blir. Luft i alveolerna är under normala fysiologiska betingelser cirka 37 °C och mättad med vattenånga. Enligt en tidigare experimentell studie får en person som andas 15 liter per minut med lufttemperatur 20 °C en lokal vävnadstemperatur i luftstrupen kring 34 °C medan ett ökat andningsarbete till 100 liter per minut med samma lufttemperatur ger en temperatursänkning till 31 °C [142]. Detta innebär att fysiskt krävande arbete i kalla miljöer kan ge en ökad kyleffekt på luftvägarna jämfört med mer lågintensivt arbete med mindre andningsvolym. Hög andningsfrekvens i kyla kan också påverka surfaktantlagret och leda till uttorkning och hypertonicitet. Att andas genom näsan ger viss uppvärmning och återfuktning av inandningsluften men med ökad ansträngningsgrad övergår man vanligen till att andas genom munnen i större utsträckning, vilket också förstärker exponeringen för kall och torr luft. Att andas genom näsan kan också ge en vidgning av submukösa venplexa i nässlemhinnan vilket kan ge nästäppa och rinnsnuva [131] och denna reaktion har rapporterats vara mer uttalad hos astmatiker jämfört med friska [143]. Vid lättare fysiskt arbete medieras sannolikt inte bronkokonstriktion av exponering för kall och torr luft i nedre luftvägarna utan snarare reflektoriskt via sensorisk innervation av ansiktet och övre luftvägarna.

Det finns beskrivningar av en samvariation mellan låga temperaturer och ökade halter av partiklar i omgivningsluften [144]. Många förbränningspartiklar ökar i koncentration under kalla perioder, på grund av att olika bränslen utnyttjas för värme- och elproduktion. Dessutom förändras transportmönster genom att fler använder fordon som drivs av fossila bränslen vilket också ger ett tillskott av förbränningspartiklar. Därtill används dubbdäck vilket river upp partiklar från vägbanan. Det finns också meteorologiska fenomen som till exempel inversion som gör att partikelhalter kan anrikas under kalla perioder. Detta gör att det ibland kan vara svårt att särskilja effekter av låg temperatur från effekter av ökade partikelhalter. Det finns även potentiella synergistiska effekter mellan exponering för kyla och tobaksrökning. En möjlig gemensam mekanism är aktivering av särskilda temperaturkänsliga jonkanaler (TRP-kanaler) som i sin tur ger hypersekretion av slem och försämrad ciliär funktion [145]. Slutligen finns beskrivningar av att man frånsett bronkokonstriktion även kan få kylamedierad vasokonstriktion i lungcirkulationen men detta har främst studerats hos personer med primärt Raynauds fenomen [146].

För en fullt påklädd person är ansiktet och luftvägarna det enda som exponeras för omgivande kall luft. I en experimentell studie visade man att nedkylning av ansiktet ($-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ och vindhastighet 5 m/s) kunde framkalla en statistiskt signifikant sänkning av FEV_1 vid spirometri hos friska män ($N=8$; $21\text{--}25$ år) [35]. Liknande effekter har även visats hos personer med astma och KOL och tillskrivits ett reflexmönster där stimulering av trigeminusnerven ger bronksammandragande reaktion som effektueras via vagusnerven [147]. Det är svårt att skydda luftvägarna mot kyla lika effektivt som resten av kroppen. Att öka klädernas isolerande förmåga har en mycket begränsad effekt på luftvägstemperaturen. Man kan använda olika typer av värmeväxlare som täcker munnen och ofta även näsan men dessa har huvudsakligen utvärderats för vinteridrottare och förefaller opraktiska inom arbetslivet, eftersom de tar plats, kan vara svåra att använda samtidigt med annan skyddsutrustning, hindrar kommunikation, försämrar gasutbytet och ökar andningsmotståndet [27, 130]. Därför har det föreslagits att arbetare med kroniska luftvägssjukdomar har bättre nytta av optimerad läkemedelsbehandling [27].

Det finns flera större studier som har visat en ökad morbiditet och mortalitet i obstruktiva luftvägssjukdomar i relation till perioder med låga omgivningstemperaturer [117, 148-157]. I de flesta fall har man utgått från meteorologiska data utan att undersöka den individuella exponeringen. Sålunda vet man heller inte om personer exponerats för kyla på arbetet.

Det finns emellertid också studier som haft tonvikt på yrkesexponering. I en stor finsk befolkningsbaserad studie ($N=6633$; $20\text{--}69$ år) som rekryterade inom mellersta delarna av landet rapporterade man att förekomsten av astma inte skiljde mellan inom- och utomhusarbetare [133]. Däremot var förekomsten av kronisk bronkit högre hos utomhusarbetare ($4,2\%$) jämfört med inomhusarbetare ($2,1\%$; $p<0,01$). När man jämförde utomhusarbetare i olika åldersgrupper såg man en högre förekomst av astma, kronisk bronkit, dyspné och pipande andning i den äldre åldersgruppen ($49\text{--}69$ år) jämfört med den yngre ($19\text{--}44$ år). I en multipel logistisk regressionsmodell beskrevs att kylarelaterad dyspné var associerat till utomhusarbete (oddskvot $1,2$; 95% konfidensintervall $1,03\text{--}1,5$), ålder mellan $60\text{--}69$ år (oddskvot $1,6$; 95% konfidensintervall $1,2\text{--}2,1$), rökning (oddskvot $1,9$; 95% konfidensintervall $1,7\text{--}2,2$), ärftlighet för obstruktiva lungsjukdomar (oddskvot $2,0$; 95% konfidensintervall $1,7\text{--}2,3$) och allergi (oddskvot $1,7$; 95% konfidensintervall $1,4\text{--}1,9$). När den oberoende variabeln i stället var luftvägssjukdom såg man ingen relation mellan utomhusarbete och astma (oddskvot $0,9$; 95% konfidensintervall $0,6\text{--}1,3$) men däremot kronisk bronkit (oddskvot $1,8$; 95% konfidensintervall $1,2\text{--}2,6$). I en annan finsk befolkningsstudie ($N=12695$; $20\text{--}69$ år) som delvis utgick från samma material som ovan men även innefattade en mer urban population från södra Finland var förekomsten av långvarig produktiv hosta högst hos rökande utomhusarbetare och lägst hos icke-rökande

inomhusarbetare [158]. Skillnaden mellan utom- och inomhusarbetare var statistiskt signifikant ($p < 0,05$). Ett liknande mönster kunde påvisas för utfallet pipande andning ($p < 0,01$). Kylarelaterade luftvägssymptom (dyspné, pipande andning eller svår hosta) var vanligare hos personer boende i norra delarna av landet jämfört med södra ($p < 0,001$) och hos kvinnor ($p < 0,001$). I en svensk tvärsnittsstudie på arbetande befolkning ($N=8740$; 18–70 år) beskrevs en koppling mellan yrkesmässig exponering för kyla och pipande andning (oddskvot 1,3; 95 % konfidensintervall 1,1–1,4), kronisk hosta (oddskvot 1,2; 95 % konfidensintervall 1,1–1,4) och produktiv hosta (oddskvot 1,3; 95 % konfidensintervall 1,1–1,4) efter justering för kön, ålder, kroppsmasseindex, tobaksvanor, astma och KOL [159]. Efter sex års uppföljningstid kunde man i samma kohort ($N=5017$, 24–76 år) konstatera att yrkesmässig exponering för kyla vid baslinjen var statistiskt signifikant associerat till nytillkomna luftvägssymptom hos tidigare friska personer i form av pipande andning (oddskvot 1,4; 95 % konfidensintervall 1,1–1,9) och produktiv hosta (oddskvot 1,4; 95 % konfidensintervall 1,1–1,8) men inte kronisk hosta (oddskvot 1,0; 95 % konfidensintervall 0,7–1,3) efter exklusion av personer med astma och KOL samt icke-arbetare och justering för ålder, kön, kroppsmasseindex, tobaksvanor och fysisk ansträngning i arbetet [160]. Det fanns en samvariation mellan exponering för kyla i arbetet och fysisk ansträngningsgrad, där de som var kraftigt kylaxponerade i arbetet också i större utsträckning utförde fysiskt ansträngande arbetsuppgifter ($p < 0,001$).

Det finns också flera studier som utgått från rena yrkeskohorter. Ett exempel är en finsk studie på manliga renskötare ($N=211$; 21–69 år) som arbetade utomhus i kalla miljöer men i detta fall noterades ingen ökad förekomst av luftvägssymptom eller försämring av lungfunktion jämfört med friska kontroller [161]. Bland renskötarna angav emellertid 14 % att de upplevde dyspné när de andades in kall luft. Det fanns en ålderberoende trend där detta symptom var minst vanligt bland de yngsta (3% i gruppen 21–29 år) för att sedan öka med åldern. En fransk studie jämförde livsmedelsarbetare i artificiellt kylda inomhusmiljöer ($n=12$) med ålder i medeltal 47 år (standardavvikelse 2 år) med oexponerade kontroller ($n=6$) med ålder i medeltal 44 år (standardavvikelse 2 år). Man konstaterade en ökad förekomst av luftvägssymptom, bronkiell hyperreaktivitet och nedsatt lungfunktion hos exponerade arbetare som vistades i 3 till 10 °C jämfört med oexponerade kontroller ($n=6$), där effekter var skönjbara efter ungefär sex månaders exponering [162]. En nyare tysk prospektiv studie följde arbetare ($N=46$) som vistades 15–30 minuter åt gången i ett frysrum (–55 °C), varav majoriteten arbetade mer än 16 timmar per månad i denna miljö [163]. Åldern var i medeltal 35 år (standardavvikelse 9 år). Man samlade in spirometriska data i snitt nio gånger per arbetare under en uppföljningsperiod på tio år. I denna studie kunde man inte påvisa någon onormal minskning av lungfunktionen

över tid, utvärderad genom FEV₁, forcerad vitalkapacitet (FVC), FEV₁/FVC och diffusionskapacitet.

Vinteridrott kan anses utgöra ett specialfall av arbete i kyla, eftersom elitidrottare kan betraktas som arbetare i en vidare bemärkelse. I en litteraturoversikt från 2020 beskrevs framväxten av kunskap om astma hos framför allt längdskidåkare som en yrkessjukdom under 1990-talet [130]. Olika temperaturgränser mellan -12 till -25 °C har föreslagits för att minska riskerna, beroende på tävlingsdistans, väderförhållanden samt de tävlandes ålder. I en svensk enkätundersökning av konditionsidrottare (N=402) var prevalensen av läkardiagnosticerad astma bland skidåkare i åldrarna 20–34 år 35 %, att jämföra med 16 % hos sommartävlande orienterare i samma åldersspann [164]. I en svensk enkätundersökning av elitskidåkare i gymnasieålder (N=244) var prevalensen läkardiagnosticerad astma 27 %, med en tydlig överrepresentation av kvinnor [165]. Åldern var i medeltal 17 år (standardavvikelse 1 år). Obeaktat astmadiagnos visade man i en finsk studie på elitskidåkare (N=40; 16–20 år) att 75% hade bronkiell hyperreaktivitet vid metakolintest och en kraftig ansamling av inflammatoriska celler i bronkträdets slemhinna [166] Man har även föreslagit att astma hos konditionsidrottare skulle kunna utgöra en egen fenotyp som inte tydligt kan kopplas till allergisk sensitisering eller rinitbesvär utan snarare karakteriseras av distinkta ansträngningsutlösta besvär, särskilt i kalla miljöer [167]. Det finns emellertid motstridiga uppfattningar om hur konventionella riskfaktorer (som till exempel allergier och ärftlighet för astma) spelar in i utvecklingen av astma hos konditionsidrottare [164].

Det finns en rad experimentella studier som undersökt associationer mellan exponering för kyla och obstruktiva besvär. I en svensk studie användes en klimatkammare med temperaturer mellan 0 till -10 °C där forskningspersonerna fick anstränga sig måttligt på ett gåband och gradera kylarelaterade besvär [168]. Man rekryterade friska (n=13; 26–65 år), personer med allergisk rinokonjunktivit (n=7; 25–47 år), läkardiagnosticerad astma (n=11; 21–55 år) eller KOL till följd av rökning (n=3; 70–73 år). Studien visade att kylautlösta symptom från nedre luftvägarna (hosta och dyspné) enbart uppstod hos dem med astma och KOL. Personerna med obstruktiva lungsjukdomar hade också en lägre fysisk arbetsförmåga i kallt klimat (skattad genom maximal syreupptagningsförmåga) jämfört med friska och personer med allergisk rinokonjunktivit. I en finsk laboratoriestudie exponerades patienter med stabil astma (N=19; 16–56 år) för kyla genom vistelse i klimatkammare (-20 °C) med normal inomhusklädsel, vilket gav en statistiskt signifikant sänkning av FEV₁ (i medeltal 5 %) [169]. Måttlig fysisk aktivitet i form av ett sex-minuters rullbandstest i samma kalla miljö gav ytterligare försämring av FEV₁ (i medeltal 12 %).

Det finns också studier som fokuserat på KOL som huvudsaklig utfallsvariabel, men de flesta av dessa har inte utgått från arbete i kyla. I stället har man använt meteorologiska data [170] som ibland kompletterats med temperaturmätningar [171]. I en dansk studie på äldre män (N=3387; 53–75 år) visade man i en multipel regressionsmodell att mer än fem års yrkesexponering för kyla och drag var associerat till kronisk bronkit (oddskvot 1,4; 95 % konfidensintervall 1,1–1,7) efter justering för ålder, rökning, alkoholvanor, längd, MNS-blodgrupp, blodtryck, samt exponering för damm och organiska lösningsmedel [139].

I en finsk laboratoriestudie på KOL-patienter (n=20) och friska kontroller (n=13) kunde man påvisa att helkroppsexponering för kall luft (−17 °C) resulterade i en minskning av FEV₁ både hos KOL-patienter och friska, utan statistiskt signifikant skillnad mellan grupperna [147]. Åldern bland KOL-patienterna var i medeltal 64 år (standardavvikelse 10 år) och för kontrollerna också 64 år (standardavvikelse 9 år). När man instruerade forskningspersonerna att hyperventilera kall luft (−13 °C) i tre minuter såg man en sänkning av FEV₁ hos KOL-patienterna men inte hos de friska kontrollerna. Man konstaterade att kall luft mot ansiktet kan ge viss bronksammandragning både hos KOL-patienter och friska men att reaktionen förstärks hos KOL-patienter vid aktiviteter som innebär ett ökad andningsarbete. I en kanadensisk laboratoriestudie på KOL-patienter med uttalad lungfunktionsnedsättning (N=26; 49–74 år) såg man ökad obstruktivitet (definierad som sänkning av FEV₁ >20%) hos 23 % vid hyperventilering av kall luft [172]. Lungfunktionsparametrar innan provokationen predicerade inte vilka som senare uppvisade obstruktivitet spirometriskt vid exponering för kall luft. I ytterligare en kanadensisk laboratoriestudie på KOL-patienter (N=27; 26–79 år) gav hyperventilering av kall luft (−18 °C) en sänkning av FEV₁ med minst 10 % hos blott tre patienter, medan 19 hade ett positivt metakolintest [173]. I en studie på kanadensiska pälsjägare (N=176) noterades en spirometrisk bild som vid KOL hos äldre individer (>40 år) och man resonerade kring att högt andningsarbete i extremt kall väderlek kan ha bidragit till lungfunktionsnedsättningen [174]. I kohorten var de flesta mellan 16–49 år men det fanns enstaka äldre varav tio personer (5,7 %) var >70 år. I en annan liknande studie på kanadensisk ursprungsbefolkning (N=211; 20–60 år) såg man liknande trend med accelererad minskning av FEV₁ jämfört med referenspopulationer, vilket man tillskrev inandning av kall luft [175], även om rökning, tuberkulos och systematiska skillnader i kroppsbyggnad kan ha bidragit till fynden. Man betonade särskilt den exponering för kyla som uppkom när personerna körde snöskoter, då andningsarbetet ökade och klädernas (särskilt huvans) isolerande effekt minskade.

Slutsatser:

- Exponering för kyla kan öka symptombördan hos personer med astma eller KOL. Särskilt exponering av ansiktet för kyla kan framkalla obstruktiva luftvägsbesvär.
- Det finns vissa hållpunkter för att tidigare friska personer som exponeras för kyla kan insjukna i obstruktiva luftvägsbesvär.
- Det är svårt att skydda luftvägarna mot kyla, särskilt i situationer som innebär stort andningsarbete. Värmeväxlar masker kan vara svåra att använda i många arbeten.
- För elitidrottare kan värmeväxlar masker vara användbara för att minska kyleffekten på luftvägarna vid träning i låga omgivningstemperaturer.

3.3.3 *Diabetes*

Diabetes mellitus är en samling metabola sjukdomar som medför att blodsockret stegras över längre tid, antingen på grund av brist på insulin eller dess verkan på målorganen [176, 177]. Diabetes karakteriseras av ett flertal metabola störningar som kan påverka både perifera blodkärl och nerver och därigenom termoregleringen [27]. Det finns studier som indikerar att förmågan till perifer vasoreglering är försämrade hos personer med diabetes [178, 179] och att blodflödet i perifera kroppsdelar kan bli otillräckligt vid exponering för kyla [180, 181]. Denna försämrade vasoreglering kan också leda till att man inte lyckas bevara kärntemperatur utan har en större risk att utveckla hypotermi i kalla miljöer [182]. Huttring kan bidra till att bibehålla kärntemperaturen, men denna reaktion kan dämpas av behandling med insulin [5]. En vanlig komplikation till diabetes, särskild vid bristande metabol kontroll, är olika former av nervpåverkan som kan delas upp i kliniska syndrom. Vanligast beskrivs en distal symmetrisk och huvudsakligen sensorisk polyneuropati (nervsjukdom) men det förekommer även autonoma och fokala neuropatier [183]. Diabetesutlöst perifer neuropati har föreslagits kunna öka känsligheten för kyla i händer och fötter [184, 185] men det finns också studier som inte funnit sådana associationer [186, 187]. I en svensk studie på personer som opererades för karpaltunnelsyndrom (N=66; 31–77 år) noterade man en kvardröjande onormal köldkänslighet i händerna bland personer med diabetes [184]. Vid en femårsuppföljning av samma grupp noterades emellertid att denna köldkänslighet minskade över tid, vilket tolkades som att det skedde en långsam återväxt av tunntrådiga sensoriska nervfibrer [188]. Liknande fynd har beskrivits i fötterna, där man i en studie på män (N=33; 42–76 år) som genomgick nervbiopsi i foten noterade en högre postoperativ förekomst av onormal köldkänslighet hos personer med diabetes [189]. Det finns också beskrivningar av avvikande pulsreaktioner hos personer med diabetes när ansiktet exponeras för kyla, vilket skulle kunna tala för en metabol centralnervös påverkan [95].

I en meta-analys beskrevs fem större studier där meteorologiska data kopplats till mortalitetsstatistik för personer med diabetes [179]. Man analyserade populationer i Kanada, Kina och Filippinerna och fann en viss överrisk för död vid kall väderlek (meta-relativ risk 1,2; 95 % konfidensintervall 1,1–1,5). Utöver denna meta-analys finns ytterligare enstaka studier med liknande resultat [190]. De bakomliggande mekanismerna är inte kända, men man har spekulerat i att en ökad mortalitet kan ha bakgrund i minskad fysisk aktivitet, förändrat kostintag (mindre frukt och grönsaker och mer mättade fetter) samt lägre D-vitaminsnivåer [191]. Det kan också finnas en ojusterad kovarians med framför allt hjärt-kärlsjukdom. I en annan nylig översiktsartikel lyfte man emellertid fram studier som inte visat någon ökad mortalitet hos personer med diabetes vid kall väderlek och efterlyste större studier [192]. I en arbetsmedicinsk skrift rekommenderades att diabetes ska betraktas som en riskfaktor vid kallt arbete men angav inte av vilka anledningar [193]. I en finsk befolkningsstudie (N=6951; 25–74 år) beskrev man att personer med diabetes oftare rapporterade kylrelaterad angina pectoris eller arytmi (7,6 % av män och 7,3 % av kvinnor) jämfört med friska (1,0 % respektive 2,0 %) [117]. I en fördjupad studie på samma population där även en uppföljningsenkät fem år senare ingick, fann man att personer med typ 2-diabetes uppvisade en ökad sannolikhet att rapportera kylrelaterad angina pectoris (oddskvot 2,1; 95 % konfidensintervall 1,3–3,3), arytmi (oddskvot 1,7; 95 % konfidensintervall 1,02–3,0) och dyspné (oddskvot 1,7; 95 % konfidensintervall 1,3–2,3) efter justering för ålder, kön, kroppsmasseindex, utbildning, rökning, alkoholvanor, geografiskt område, hypertoni och hjärt-kärlsjukdom [194]. Man beskrev också en konsekvent ökning av olika kylrelaterade symptom med försämrad metabol kontroll. För personer med insulinbehandlad diabetes finns beskrivet en ökad risk för hypotermi på grund av hypoglykemi och ketoacidosis [176]. Man resonerar även kring att den metabola kontrollen kan försämrats eftersom nedkyllning skulle kunna innebära nedsatt endogen insulinfrisättning, ökad insulinresistens och nedsatt omsättning av vanliga energisubstrat som glukos [176]. Det kan också vara svårare att tillförlitligt mäta blodsockret genom kapillär blodprovstagning i kalla arbetsmiljöer på grund av perifer vasokonstriktion i fingrarna [195]. Man har föreslagit att personer med insulinbehandlad diabetes ska bedömas av företagsläkare för lämplighet att arbeta vid extremt låga temperaturer med särskilt beaktande av hypotermirisk, och att den glykemiska kontrollen samt eventuell förekomst av diabetesrelaterade komplikationer ska vara vägledande i bedömningen [176]. I en översiktsartikel angavs att personer med diabetes som arbetar i kyla behöver rådgivning vad gäller negativa hälsoeffekter av exponering för kyla, särskilt med avseende på hjärt-kärlsjukdom [27]. I en studie baserad på samma finska befolkningsstudie som ovan (N=6951; 25–74) beskrevs diabetes vara associerat med en ökad sannolikhet att ådra sig en

allvarlig lokal kylskada (oddskvot 2,6; 95 % konfidensintervall 1,1–5,7) efter justering för ålder och kön [196]. Mekanismen föreslogs vara att diabetes medför en ökad förekomst av perifer neuropati och avvikande termoreglering vilka i sin tur kan öka risken för lokala kylskador. I en liknande svensk befolkningsstudie (N=5017; 24–76 år) sågs emellertid ingen koppling mellan diabetes vid baslinjen och nyttillkommen lokal kylskada i ansikte, händer eller fötter efter sex års uppföljningstid [197].

Slutsatser:

- Exponering för kyla kan innebära vissa problem för personer med diabetes, i form av försämrad metabol kontroll, ökad risk för hypoglykemier, ökad benägenhet till hypotermi samt möjligen även ökad risk för lokala kylskador och onormal köldkänslighet.
- Riskerna för personer med diabetes att arbeta i kyla förefaller större vid insulinbehandling samt möjligen även vid utvecklad diabetesneuropati.

3.3.4 Besvär i rörelseapparaten

Muskuloskeletala smärttillstånd har definierats som alla typer av besvär som härrör till muskler, leder, senor, ligament och skelettdelar [198]. I vissa definitioner ingår även nerver, broskytor och diskar [6]. Vad gäller nerver kan det handla om neuropatiska smärtkomponenter i ett mer generaliserat smärttillstånd eller tillstånd som inbegriper någon grad av perifer nervpåverkan. Till denna senare grupp kan räknas till exempel cervikal radikulopati (nervpåverkan i halsryggen), ischias och karpaltunnelsyndrom. Långvariga besvär i rörelseapparaten kan påverka både livskvalitet och arbetsförmåga, särskilt hos dem som har fysiskt ansträngande arbeten [199]. I statistik över sjukskrivning och arbetsförmågenedsättning utgör nack- och ländryggssmärta en stor andel [200]. Det finns omfattande kunskap om hur rörelseapparaten påverkas av kyla och denna kommer främst från fysiologiska studier i laboratoriemiljöer, där man har påvisat försämrad muskulär uthållighet, kraft, hastighet och koordination [112]. Förmågan att utföra muskelarbete minskar initialt med upp till 10 % för varje grads minskning av vävnadstemperaturen och vid muskeltemperaturer under 27 °C blir kraftutvecklingen ännu mer påverkad. Ledrörligheten försämras också i kyla, och vid vävnadstemperaturer under 22 °C börjar till exempel förmågan att böja fingrarna att försämras [112]. Även stödjevåvnader som till exempel senor och ligament kan få försämrad hållfasthet i kyla [201]. Nervledningshastigheten nedsättes med cirka 1-2 meter per sekund för varje grads minskning av vävnadstemperaturen, vilket påverkar bland annat senreflexer och proprioception (ledkänsl). Det finns flera föreslagna mekanismer som kopplar arbete i kyla till en ökad besvärsförekomst i rörelseapparaten. Man har till

exempel visat att personer med långvarig ländryggssmärta har en större benägenhet till vasospasm, som dessutom korrelerar till skattad smärtintensitet [202]. En möjlig mekanism skulle därför kunna vara att tungt fysiskt arbete i kyla framkallar en situation där syrgaskraven i skelettmuskelnerna inte kan tillfredsställas vilket framkallar ischemiska muskelsmärter. Man har också resonerat kring förekomsten av en högre basal skelettmuskeltonus i vila och försämrad kraftutveckling under ansträngning vid exponering för kalla omgivningsmiljöer, vilket skulle ge en större relativ muskelbelastning [203-206]. Central sensitisering på grund av exponering för kyla har också föreslagits som en bidragande mekanism [207]. För besvär i kotpelaren har man resonerat kring att nedkyllning kan påverka vätskefördelning och belastningstålighet i intervertebraldiskarna och möjligen öka risken för herniering av diskmaterial [208]. Slutligen kan kläderna som används vid arbete i kyla också bidra till en ökad besvärsförekomst genom att vara tunga och otympliga samt begränsa rörligheten [205, 209].

Det finns ett större antal studier som undersökt i vilken mån arbete i kyla kan kopplas till smärta i rörelseapparaten, varav många sammanfattas i tidigare litteraturoversikter [60, 198, 208]. Särskilt kan nämnas några skandinaviska studier som undersökt associationer mellan arbete i kyla och besvär i rörelseapparaten. I en svensk befolkningsstudie (N=12627; 18–70 år) beskrevs en logistisk regressionsmodell som visade associationer mellan arbete i kyla och nacksmärta (oddskvot 1,4; 95 % konfidensintervall 1,2–1,6), ländryggssmärta (oddskvot 1,4; 95 % konfidensintervall 1,2–1,6) och ischias (oddskvot 1,4; 95 % konfidensintervall 1,1–1,7) efter justering för ålder, kön, kroppsmasseindex, fysisk arbetsbelastning, rökning och stress [210]. Vid en sexårsuppföljning av samma population kunde man visa att de som var besvärsfria men arbetade i kyla vid baslinjen hade en ökad sannolikhet för tillkomst av nacksmärta (oddskvot 1,5; 95 % konfidensintervall 1,03–2,2), ländryggssmärta (oddskvot 1,6; 95 % konfidensintervall 1,1–2,3) och ischias (oddskvot 1,9; 95 % konfidensintervall 1,1–3,2) efter justering för samma faktorer som ovan [211]. I en norsk befolkningsstudie (N=6533; 30–67 år) sågs associationer i logistiska regressionsmodeller mellan arbete i kyla minst en fjärdedel av tiden och långvarig smärta i rörelseapparaten [212]. Tydligast var associationerna för nacksmärta (oddskvot 1,5; 95 % konfidensintervall 1,1–1,9), skuldersmärta (oddskvot 1,4; 95 % konfidensintervall 1,1–1,8) och bensmärta (oddskvot 1,5; 95 % konfidensintervall 1,1–2,0) efter justering för ålder, kön, utbildningsnivå, kroppsmasseindex, sömnstörning, fysisk belastning på arbete och fritid samt rökning. I en långtidsuppföljning efter 7–8 år kunde man visa att arbete i kyla minst en fjärdedel av tiden var associerat till nyinsjuknande i långvarig smärta i rörelseapparaten [213]. I en tysk fallkontrollstudie (N=587) där majoriteten (52%) av fallen var äldre än 55 år fann man att arbete i en kall miljö var associerat till degenerativ disksjukdom i

lëndryggen hos män (oddskvot 2,2; 95 % konfidensintervall 1,3–3,7) men inte kvinnor (oddskvot 1,6; 95 % konfidensintervall 0,8–3,3) [214].

Det finns också studier som undersökt förekomsten av muskuloskeletala besvär i rena yrkeskohorter. I en finsk studie på köttfabriker och mejerier undersöktes arbetare (N=1117; 18–64 år) som huvudsakligen arbetade i omgivningstemperaturer mellan 0 till 10 °C men i vissa fall ned till –25 °C [199]. I en logistisk regressionsmodell var lokal nedkylning på arbetet associerat till ökad sannolikhet för nacksmärta (oddskvot 6,5; 95 % konfidensintervall 2,8–15,0), skuldersmärta (oddskvot 6,3; 95 % konfidensintervall 2,5–15,7), handledsmärta (oddskvot 21,7; 95 % konfidensintervall 11,6–40,5) och lëndryggsmärta (oddskvot 5,8; 95 % konfidensintervall 2,9–11,3), efter justering för kön, kroppsmasseindex, antal år i arbetet, arbetsförmåga och fysisk aktivitet på fritiden. Man undersökte också arbetsförmåga genom självskattning på en skala mellan noll och tio, där en skattning under sju definierades som nedsatt arbetsförmåga. I en logistisk regressionsmodell sågs en gränssignifikant association mellan exponering för drag och nedsatt arbetsförmåga (oddskvot 1,6; 95 % konfidensintervall 1,00–2,4) men inte vistelse i en kall arbetsmiljö (oddskvot 1,4; 95 % konfidensintervall 0,9–2,2) efter justering för kön, anställningsduration, arbetsfrånvaro och fysisk aktivitet på fritiden. En norsk studie undersökte förekomsten av muskuloskeletala besvär bland arbetare på fisk- och skaldjursfabriker (N=744) där åldersfördelningen inte var tydligt rapporterad men andelen över 50 år varierade mellan 19–28 % beroende på kön [200]. Man fann att de som ofta kände sig kalla på arbetet hade en ökad sannolikhet att rapportera muskuloskeletala besvär i nacke/skuldra (oddskvot 10,5; 95 % konfidensintervall 3,1–35,3), handled/hand (oddskvot 7,6; 95 % konfidensintervall 2,9–20,3), armbåge (oddskvot 5,4; 95 % konfidensintervall 1,6–17,9), rygg (oddskvot 11,0; 95 % konfidensintervall 4,5–26,8) samt ben (oddskvot 8,9; 95 % konfidensintervall 3,0–26,1) i jämförelse med dem som aldrig kände sig kalla, efter justering för ålder, kön, rökning, utbildningsnivå och arbetserfarenhet. Sannolikheten att rapportera muskuloskeletala besvär i nacke/skuldra, handled/hand samt armbåge var högre hos kvinnor än hos män. Förekomsten av alla muskuloskeletala besvär fränsett ryggsmärta ökade också med åldern.

Vad gäller perifer nervpåverkan finns studier som visat ökad förekomst av symptom förenliga med karpaltunnelsyndrom. I en studie från Taiwan på frysrumarbetare (N=207) beskrevs en ökad risk för neurografiverifierat karpaltunnelsyndrom hos dem som arbetade i kyla med repetitiva uppgifter (oddskvot 9,4; 95 % konfidensintervall 2,4–37,2) jämfört med oexponerade kontroller, vilket var avsevärt högre än hos dem som bara arbetade repetitivt (oddskvot 2,2; 95 % konfidensintervall 0,2–21,2), efter justering för ålder, kön och anställningsduration [215]. Åldern var i medeltal 42 år (standardavvikelse

14 år) för dem som exponerades för kyla och repetitiva uppgifter, 38 år (standardavvikelse 13 år) för dem som bara arbetare repetitivt och 40 år (standardavvikelse 12 år) för oexponerade kontroller. I en israelisk studie på patienter som opererats för karpaltunnelsyndrom (n=127) och köns- och åldersmatchade kontroller (n=102) fann man en ökad förekomst av neurografiverifierat karpaltunnelsyndrom hos dem som arbetade i kalla miljöer (oddskvot 3,5; 95 % konfidensintervall 1,1–11,5), efter justering för kroppsmasseindex, utbildningsnivå och repetitiva handledsrörelser [216]. Åldern var i medeltal 52 år (standardavvikelse 8 år) för fallen och 50 år (standardavvikelse 10 år) för kontrollerna. I en svensk befolkningsstudie (N=5017; 24–76 år) var både kontakt med kalla föremål och exponering för omgivningskyla associerat till en ökad sannolikhet att rapportera subjektiva symptom på karpaltunnelsyndrom [217]. Associationen var starkast hos dem som nästan alltid arbetade i förhållanden som innebar kyla, väta eller vind som gav nedkylning trots ordentlig klädsel (oddskvot 4,0; 95 % konfidensintervall 2,1–7,7), efter justering för ålder, kön, kroppsmasseindex, rökning, diabetes, ledsjukdom och hand-armvibrationsexponering. Man beskrev också exponerings-responssamband mellan arbete i kyla och symptom på karpaltunnelsyndrom.

Slutsatser:

- Arbete i kyla ökar sannolikheten att rapportera besvär i rörelseapparaten, framför allt i form av smärta.
- Arbete i kyla kan också öka sannolikheten att rapportera nervrelaterade besvär som ischias och karpaltunnelsyndrom.
- Det finns endast begränsad kunskap om hur befintliga besvär i rörelseapparaten påverkar förmågan att arbeta i kyla.
- Klädsel med hög isolering kan minska kyleffekten men öka belastningen på rörelseapparaten genom ökad vikt och rörelseinskränkning.

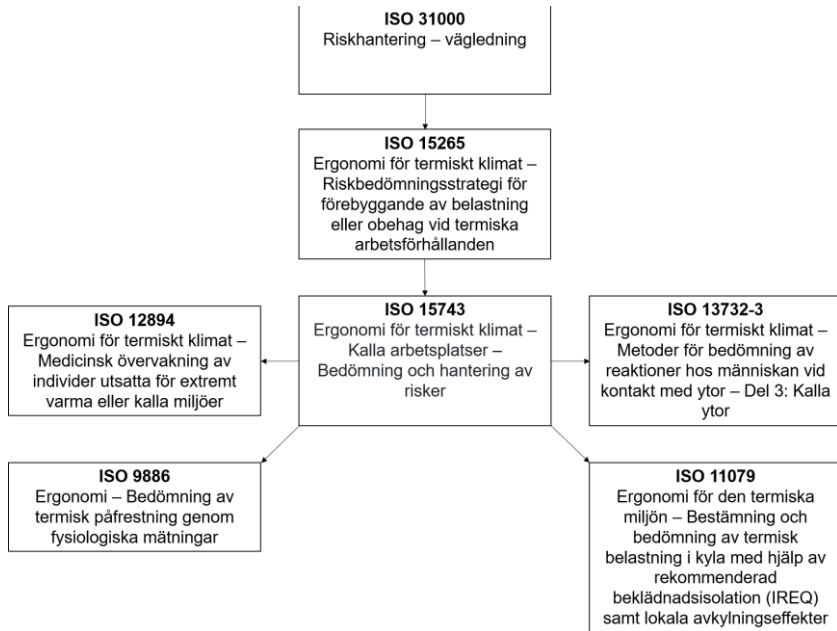
3.4 Reglering av arbete i kyla i Sverige och internationellt

Arbetsmiljöverkets författningssamling (AFS) består av föreskrifter som reglerar hur arbete får bedrivas i Sverige. Det finns ingen egen föreskrift om arbete i kalla utomhusmiljöer, men frågan om arbete i kyla berörs kortfattat i ett tiotal föreskrifter med annan huvudinriktning. En ny regelstruktur träder i kraft 2025-01-01 och genomgången nedan rör nu gällande regelverk inklusive ändringsföreskrifter. I *AFS 2020:1 – Arbetsplatsens utformning* framgår att fasta arbetsplatser utomhus ska vara utformade så att arbetstagarna skyddas mot väder och vind. Tillfälliga arbetsplatser ska så långt som möjligt utformas

på samma vis (§ 86). I kylda livsmedelslokaler ska arbetsgivaren ordna arbetet så att nedkylning av händerna genom kontakt med frysta eller kylda varor eller förpackningar förebyggs (§ 131). Arbetsgivaren ska också se till att personlig skyddsutrustning, till skydd mot avkylning under arbetet, används (§ 134). Det har tidigare funnits en föreskrift om arbete i kylda livsmedelslokaler (AFS 1998:2) men den har nu införlivats i föreskriften om arbetsplatsens utformning. I de allmänna råden till AFS 2020:1 finns hänvisning till *ISO 7730 – Ergonomi för den termiska miljön – Analytisk bestämning och bedömning av termisk komfort med hjälp av indexen PMV och PPD samt kriterier för lokal termisk komfort* men denna standard redovisar metoder för att bedöma måttliga termiska miljöer (10 till 30 °C) och inte kalla arbetsmiljöer. För arbete i kylda lokaler hänvisas i de allmänna råden till *ISO 11079 – Ergonomi för den termiska miljön – Bestämning och bedömning av termisk belastning i kyla med hjälp av rekommenderad beklädnadsisolation (IREQ) samt lokala avkylningseffekter* för exempel på beräkning av erforderlig skyddsklädsel samt lämplig längd på arbetspass. I *AFS 1999:3 – Byggnads- och anläggningsarbete* beskrivs att arbetare vid verksamhet utomhus ska skyddas mot atmosfärisk påverkan som kan inverka menligt på deras hälsa och säkerhet (§ 64). I *AFS 2005:15 – Vibrationer* anges att man vid värdering av risker förknippade med exponering för hand-armvibrationer särskilt ska uppmärksamma bland annat stress, temperatur, klimat och ergonomiska förhållanden (kommentarer till § 6). I *AFS 2007:5 – Gravida och ammande arbetstagare* beskrivs att arbete i extrem kyla är en fysikalisk faktor som skulle kunna medföra fosterskador och eller avlossning av moderkakan eller för tidig födsel (förteckning till § 4). Samtidigt anges i kommentarer till samma paragraf att kyla hittills inte visats innebära någon ökad risk vid graviditet eller amning om lämpliga skyddskläder används. I *AFS 2016:16 – Dykeriarbete* framkommer i en bilaga att åtgärder mot inverkan av kyla i och ovanför vattnet är ett exempel på förhållanden som kan vara lämpliga att beakta vid förberedelse för dykning (bilaga till § 4). I *AFS 1997:7 – Gaser* beskrivs att kemikalieskyddsdräkt kan behöva vara utförd i ett särskilt kylatåligt material eller kompletteras med tillsatsskydd om risk finns för att den utsätts för stark kyla vid utsläpp av kondenserande gaser som till exempel ammoniak, svaveldioxid eller klor (kommentarer till § 11). I *AFS 2006:4 – Användning av arbetsutrustning* anges att tillfälligt höjdarbete bara får utföras när väderförhållandena inte innebär någon risk för ohälsa eller olycksfall. Stark kyla och underkyllt regn anges som exempel på olämpliga väderförhållanden (kommentarer till bilaga till § 11). Vidare anges att förarhytter som skydd mot kyla eller värme ska vara försedda med anordning för att hålla god luftväxling och lämplig temperatur (bilaga till § 8). I *AFS 2001:3 – Användning av personlig skyddsutrustning* framgår att skyddskläder innefattar skydd mot kyla (kommentar till § 1), att man trots skyddskläder kan behöva pauser vid arbete i kyla eftersom klädsel medför hög belastning

(kommentar till § 9) samt att arbetsgivaren har ansvar att underhålla skyddskläder, vilket för skydd mot kyla kan innebära torkning av fuktiga skyddskläder (kommentar till § 12). I *AFS 1982:3 – Ensamarbete* anges att arbete i stark kyla så som vissa arbeten i fryshus ska ordnas så att arbetaren kan få snabb hjälp i en nödsituation (kommentar till § 4). Slutligen finns i *AFS 2019:3 – Medicinska kontroller i arbetslivet* utrymme för att anordna periodiska medicinska kontroller även i andra fall än dem som preciseras i föreskriften (§ 80). Detta ska då vara baserat på att en riskbedömning visat att det är motiverat och att en medicinsk kontroll kan utformas med ett innehåll som är anpassat till den risk som exponeringen kan innebära och vars resultat kan vara användbart för de åtgärder som kan krävas för att minimera risken. I vägledningen till föreskriften framkommer att det kan handla om exponeringar som inte omfattas av föreskriften men ändå innebär en särskild risk, eller arbetsplatser med särskilt känsliga grupper av arbetare.

Det finns också en rad ISO-standarder som kan vara användbara vid riskbedömning av kallt arbete (Figur 6). *ISO 31000 – Riskhantering – Vägledning* är den övergripande standarden för riskhantering som fördjupas vad gäller riskbedömningsstrategier för termiska arbetsförhållanden i *ISO 15265 – Ergonomi för termiskt klimat – Riskbedömningsstrategi för förebyggande av belastning eller obehag vid termiska arbetsförhållanden*. Tillämpad riskhantering för arbete i kyla beskrivs i *ISO 15743 – Ergonomi för termiskt klimat – Kalla arbetsplatser – Bedömning och hantering av risker* där man föreslår en struktur för riskbedömning och riskhantering, en checklista för att identifiera kylrelaterade risker på arbetsplatsen, ett enkätverktyg för att identifiera arbetare med hälsobesvär med koppling till kyla samt riktlinjer för hur man kan använda andra standarder och validerade metoder i bedömningen. Som komplement till denna finns *ISO 12894 – Ergonomi för termiskt klimat – Medicinsk övervakning av individer utsatta för extremt varma eller kalla miljöer* som beskriver hur medicinsk övervakning kan ske i arbete vid eller under 0 °C samt *ISO 9886 – Bedömning av termisk påfrestning genom fysiologiska mätningar* som beskriver fysiologiska mätmetoder vid termisk belastning. För mer tekniskt orienterade åtgärder finns *ISO 13732-3 – Ergonomi för termiskt klimat – Metoder för bedömning av reaktioner hos människan vid kontakt med ytor – Del 3: Kalla ytor* som anger värmeavledningsförmåga för olika material samt hur exponering för kontaktkyla vid kontakt med solida föremål kan riskbedömas. Slutligen anger *ISO 11079 – Ergonomi för den termiska miljön – Bestämning och bedömning av termisk belastning i kyla med hjälp av rekommenderad beklädnadsisolation (IREQ) samt lokala avkylningseffekter* bland annat hur lämplig klädsel kan beräknas utifrån IREQ. Ovan angivna ISO-standarder är emellertid bara ett utdrag av de som kan vara aktuella att nyttja vid bedömning och hantering av risker förknippade med arbete i kyla.



Figur 6. ISO-standarder för värdering av arbete i kyla.

I USA har arbetsmiljöingenjörer och yrkeshygieniker organiserade inom American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) föreslagit gränsvärden ("threshold limit values") för arbete i kyla samt en rad praktiska förhållningsregler [218]. Enligt dem bör klädsel och aktivitetsnivå styras så att kärntemperaturen ständigt bibehålls över 36 °C. Vid lufttemperaturer under 2 °C ska arbetare som riskerar att bli blöta ges möjlighet att byta arbetskläder. Vid samtidig exponering för kyla och vind ska man beräkna *vindens kyleffekt* ("wind chill equivalent temperature"). Om vindens kyleffekt uppgår till -12 °C eller lägre ska arbetaren vara under konstant observation, antingen av arbetsledare eller kollega ("buddy system") och arbete som innebär låg fysisk aktivitet eller inaktivitet ska undvikas. Direkt exponerad hud får inte förekomma om vindens kyleffekt uppgår till -32 °C eller lägre. Vidare beskriver man hur arbetet bör organiseras utifrån omgivningstemperatur, vindhastighet och fysisk aktivitetsgrad med åtgärder i form av förkortade arbetspass (30–75 minuter) och upprepade raster (10 minuter) i uppvärmda utrymmen. Äldre arbetare och de med hjärt-kärlsjukdomar bör genomgå en fördjupad riskbedömning med stöd av läkare som har särskilda kunskaper om hälsoeffekter av arbete i kyla varpå man kan föranstalta om förebyggande åtgärder. Exempel på sådana åtgärder kan vara att tillhandahålla extra kläder eller förkorta arbetspassen i kyla. Utfärdande av läkarintyg med tjänstbarhetsbedömning föreslås för dem som arbetar i väldigt

kalla miljöer, men dessa omständigheter definieras inte närmare. Arbetare råds att begränsa sitt intag av kaffe på grund av diuretiska (vätskedrivande) och cirkulatoriska effekter. Det finns också en rad förhållningsregler som gäller händerna. Om arbetare utför precisionsarbete med oskyddade händer i temperaturer under 16 °C i mer än 10–20 minuter ska man vidta åtgärder för att värma händerna. Handtag på verktyg av metall ska isoleras. Om arbetarna inte utför precisionsarbete ska handskar användas vid 16 °C vid stillasittande uppgifter, 4 °C vid lätt arbete och –7 °C vid måttligt tungt arbete. Om lufttemperaturen understiger –17.5 °C ska man använda tumvantar i stället för handskar med fingrar. Om handskar, tumvantar, skor eller ansiktsskydd inte kan förebygga nedkylning ska aktivt uppvärmda alternativ tillhandahållas. Man ska särskilt sörja för att undvika spill av vätskor med fryspunkt under 0 °C så som alkoholer och bensin. Om det förekommer kontakt med kalla ytor som understiger –7 °C ska det finnas synliga varningar som förebygger oavsiktlig kontakt med oskyddad hud.

I boken *Arbetslivsfysiologi* räknar man upp sjukdomar som kan innebära besvär vid exponering för kyla: Hypertoni, ischemisk hjärtsjukdom, diabetes, astma, KOL, Raynauds fenomen, psoriasis, atopiskt eksem, hypofyosvikt, hypotyreos samt rörelseorganens sjukdomar [3]. Man beskriver att hjärt-kärlsjukdom kan medföra högre blodtryck och risk för ischemiska hjärthändelser vid vistelse i kyla. Diabetes kan vara förenat med nedsatt nervfunktion och blodcirkulation perifert vilket kan förvärra nedkylningen. Astma och KOL kan föranleda ansträngningsutlösta besvär i kyla. Raynauds fenomen innebär en kraftigt ökad kärlsammandragning i företrädesvis händer vilket kan förvärra lokal nedkylning. Hudsjukdomar som psoriasis kan skada hudbarriären och öka värmeavgivningen vilket också kan predisponera för lokala kylskador. Atopiskt eksem ges som exempel på hudsjukdom som kan förvärras vintertid på grund av kall och torr luft. Sjukdomstillstånd som ger nedsatt produktion av tillväxt- och sköldkörtelhormon kan påverka metabolismen och därmed värmeproduktionen negativt. Vad gäller rörelseorganens sjukdomar beskriver man kopplingar till tendinopatier samt besvär i ländrygg, axlar och knän.

I läroboken *Human Thermal Environments* föreslås olika åtgärder för att undvika att arbetare exponeras för kyla [5]. I kylda inomhusmiljöer för lagring och logistik föreslås användning av robotar i stället för människor. I livsmedelslokaler kan man designa asymmetriska termiska miljöer där arbetare till exempel vistas i ett rum som håller 16 °C men där kylda livsmedel om 4 °C passerar genom rummet enligt en löpande band-princip. Man beskriver att yngre arbetare (25–45 år) är mer tåliga för arbete i kyla än äldre och redovisar även en lista på möjliga kontraindikationer för arbete i artificiellt kylda inomhusmiljöer som utarbetats av The British Refrigerated Food Industry Confederation (Tabell 4).

Tabell 4. Möjliga kontraindikationer för arbete i artificiellt kylda inomhusmiljöer.

Hjärt-kärlsjukdom

Diabetes

Sköldkörtelsjukdom

Blodsjukdom

Njursjukdom

Led- eller skelettsjukdom

Infektion i öron, näsa eller hals

Nedsatt lungfunktion

Kronisk gastroenterit

Neurologisk sjukdom

Psykologiska problem

Nedsatt syn eller hörsel

Receptbelagda läkemedel

Denna lista är fritt översatt, mycket generell och lämnar stort tolkningsutrymme. Man redovisar därför även en mer specifik lista på krav och kontraindikationer som har använts inom livsmedelstillverkning med omgivningstemperaturer mellan -10 till -40 °C (Tabell 5).

Tabell 5. Kontraindikationer och rekommendationer för arbete i artificiellt kylda livsmedelslokaler.

Kontraindikationer

Graviditet

Astma

Genomgången hjärtinfarkt

Anemi

Kronisk gastrointestinal sjukdom

Sjukdom i urinvägarna

Allvarlig endokrin sjukdom

Alla kroniska infektioner, inklusive ögon- och öroninfektioner

Rekommendationer

Ålder lämpligen 18–35 år

Muskulös kroppsbyggnad med tillräcklig fettvävnad

Ingen anamnes på kronisk luftvägssjukdom, sinuit eller allergi och bör uppvisa normal lungfunktion enligt peak expiratory flow (PEF) eller spirometri

Ingen anamnes på hjärt-kärlsjukdom, cirkulationsrubbingar som Raynauds fenomen eller liknande och bör uppvisa normalt blodtryck

Vaksamhet för hemoglobinopatier som till exempel sicklecellsjukdom

Inga neurologiska sjukdomar och ingen anamnes på psykisk sjukdom

Ingen anamnes på reumatisk sjukdom eller artros

Vid insulinbehandlad diabetes kan insulin doser behöva justeras, man bör även ha normal halt sköldkörtelhormon

Helst ingen alkohol åtminstone tolv timmar innan arbete, måttligt tobaksintag

Syn och hörsel bör vara adekvata, glasögonbärare kan få problem med imning när man lämnar lokalerna, försiktighet med kontaktlinser

Behandling med till exempel barbiturater, fentiaziner, bensodiazepiner och betablockare kan utgöra ett hinder för arbete

Denna lista är också fritt översatt och disponerad men mer utförlig och specifik än den ovan beskrivna och ställer också mycket höga krav på arbetaren.

I boken *Current Diagnosis & Treatment: Occupational & Environmental Medicine* beskriver man att det föreligger risk för hypotermi i många yrken, både inom- och utomhus [58]. Risken anges öka med åldern samt en rad andra faktorer: droger, alkohol, läkemedel (barbiturater och neuroleptika), rökning, binjuresvikt, diabetes, hypotyreoos, neurologisk sjukdom (som drabbar hypotalam eller hypofysär funktion eller påverkar perifer sensorik), perifer kärlsjukdom eller kardiovaskulär sjukdom (som innebär minskad hjärtminutvolym). Det sistnämnda är en delvis annorlunda avgränsning jämfört med annan litteratur som huvudsakligen fokuserat på ischemisk hjärtsjukdom och risk för akuta hjärthändelser, medan man i denna bok lägger tonvikt på hjärtats pumpförmåga i relation till risken för hypotermi. Vidare skriver författarna att arbeten ska utformas så att arbetare hålls relativt fysiskt aktiva i kalla miljöer och har tillgång till torra, vindskyddade och uppvärmda miljöer för mer fysiskt inaktiva arbetsuppgifter. De som arbetar utomhus ska ha möjlighet att ta rast i uppvärmda lokaler med tillgång till varm mat och dryck. Nyanställda arbetare ska introduceras till arbete i kyla långsamt och få information om skyddsutrustning, strategier för att upprätthålla kroppstemperaturen, tecken på begynnande lokala kylskador samt tidiga symptom på hypotermi.

I boken *Occupational and Environmental Health* beskriver man att arbetare med störst risker förknippade med arbete i kyla är äldre, de med kardiovaskulära sjukdomar samt de som har läkemedel som påverkar regleringen av kroppstemperatur eller tolerans för kyla [13]. Ur ett tekniskt perspektiv föreslår man att lufttemperaturen ska övervakas när den kan förväntas understiga 16 °C. Om lufttemperaturerna faller under -1 °C anmodas man göra täta mätningar, minst var fjärde timme. Vindhastighet ska också mätas om den överstiger 2 m/s eller om omgivningstemperaturen faller under -1 °C. Ur ett medicinskt perspektiv föreslår man att arbetare som regelbundet exponeras för temperaturer under -18 °C under samtidig inverkan av vind eller -25 °C utan vind bör genomgå medicinska kontroller. Personer som har sjukdom eller läkemedelsbehandling som påverkar temperaturreglering eller tolerans för kyla bör undantas från arbete vid eller under -1 °C. Nyanställda arbetare bör få möjlighet att acklimatisera sig till kallt arbete genom kortare arbetspass under de första dagarna och utbildas kring symptom på kylrelaterade hälsobesvär samt lämpliga åtgärder.

I *Handbok för kallt arbete* beskriver man att det individuella hälsotillståndet påverkar i vilken mån kroppen avkyls [59]. Som exempel nämns förekomst av hjärt-kärlsjukdom, perifera cirkulationsrubbnings, lungsjukdom, neuromuskulär sjukdom, hudsjukdom och allmän överkänslighet. Man beskriver att dessa tillstånd måste beaktas vid bedömning på en företagshälsa.

Man föreslår att man ordnar med periodiska medicinska kontroller för att upptäcka kylrelaterade problem med luftvägarna [112]. Man hänvisar också till *ISO 12894 – Ergonomi för termiskt klimat – Medicinsk övervakning av individer utsatta för extremt varma eller kalla miljöer* som beskriver lämplig utformning av periodiska medicinska kontroller vid kraftig termisk belastning. En omgivningstemperatur under 10 till 15 °C innebär sådana effekter på kroppen att risken för påverkan på hälsa och arbetsförmåga måste bedömas, lämpligen via en företagshälsa. Om man har tillgång till både en formell riskbedömning av arbetsinnehållet samt resultat av periodiska medicinska kontroller kan man göra en individuell bedömning av hälsorisker för en enskild arbetare [219]. Man föreslår att en periodisk medicinsk kontroll utformas med ett frågeformulär om kylrelaterade hälsobesvär som följs upp av en intervju och klinisk undersökning som kan genomföras av företagssjuksköterska eller företagsläkare. Om man finner tecken på sjukdom med relation till arbete i kyla eller annan faktor som begränsar arbetsförmågan i kyla kan det behövas en fördjupad bedömning och ibland remiss till annan medicinsk expertis inom hälso- och sjukvården [219]. Sådana medicinska kontroller bör anordnas periodiskt återkommande och man föreslår ett intervall om tre år. Arbetare som har sjukdom eller annan begränsning med relation till arbete i kyla bör få individualiserad och detaljerad information via företagshälsan om typer av möjliga inskränkningar i arbetsinnehållet, hur dessa ska hanteras, när arbetet ska avbrytas, vilken behandling som krävs och när medicinsk personal ska konsulteras [219]. Även arbetsgivaren bör få information om vilka åtgärder som är nödvändiga för att arbetaren ska kunna fungera i verksamheten. Organisatoriska åtgärder kan vara att planera vissa arbetsuppgifter utomhus till varma årstider, utföra delar av arbetet inomhus, avsätta mer tid för arbetsuppgifter som utförs i kyla, rotera mellan fler arbetare för att minska den individuella exponeringstiden, organisera arbetet med inslag av raster (fler eller längre) i uppvärmda utrymmen med tillgång till varm mat och dryck, ombesörja att personalen har tillräcklig kunskap om arbetsförhållanden, träna komplexa arbetsuppgifter under varmare förhållanden samt tillhandahålla värmekällor [15]. Man bör utbilda nyckelpersoner inom verksamheterna, så som skyddsombud och arbetsmiljöingenjörer. Vidare föreslår man att man ska ordna med tillförlitliga kommunikationssystem vid arbete i kyla utomhus, variera arbetsintensitet samt utöva ömsesidig övervakning av kollegors reaktioner och beteenden. Vad gäller tekniska förebyggande åtgärder föreslås att man använder utrustning som är testad och avsedd för att användas under kalla förhållanden, väljer verktyg som kan användas med handskar eller tumvantar på händerna, att verktyg förvärms innan användning (till exempel genom att förvara dem i ett uppvärmt utrymme), att handtag och reglage isoleras samt att reparations- och underhållsarbete av verktyg utförs inomhus [15]. När stående arbete utförs utomhus kan man minska värmeförlusterna mot

marken genom att isolera underlaget och använda skärmar eller kurer för skydd mot vind, regn och snö. Vid arbete i artificiellt kylda inomhusmiljöer kan man minska lufthastigheten inom arbetszoner, hålla luftfuktigheten låg, utnyttja lokal uppvärmning (som till exempel infravärmare) samt separera materialflöde och arbetsplatser med olika temperaturzoner [15].

Slutsatser:

- Det saknas svenska arbetsmiljöföreskrifter som i detalj reglerar arbete i kyla utomhus.
- Det finns ett flertal ISO-standarder och policydokument som kan vägleda arbetsgivare och företagshälsor i riskbedömning och riskhantering.
- För arbete som innebär mer uttalad exponering för kyla eller för särskilt sårbara arbetare skulle det kunna finnas ett värde i periodiska medicinska kontroller.

4. Diskussion

4.1 Övergripande syfte

Det övergripande syftet med denna narrativa kunskapsöversikt var att beskriva hur hälsorisker förknippade med arbete i kyla påverkas av ålder och sjukdom. I ett första steg ville vi undersöka hur man vid riskbedömning av arbete i kyla kan ta hänsyn till dessa modifierande faktorer. Vår systematiska litteratursökning identifierade 13 studier som hade tagit med ålder eller sjukdom i bedömningen. Flera av de ingående studierna indikerade att arbete i kyla i högre ålder kan innebära större hälsorisker men inte på vilket vis [62, 65, 68, 72]. Det gick inte heller att utläsa riskens storlek eller om det fanns någon ålderströskel vid vilken kylarelaterade besvär blir en relevant fråga att ta ställning till. Det ingick även studier som undersökte men inte fann någon effekt av åldrande [70, 71]. Vad gäller sjukdomar föreslogs ett antal olika tillstånd kunna innebära svårigheter eller risker vid arbete i kyla, däribland hjärt-kärlsjukdom [64, 69, 73], obstruktiva lungsjukdomar [64, 73] och besvär i rörelseapparaten [64, 67, 69]. Detta urval av sjukdomar vägledde sedan vår fria kompletterande litteratursökning. Kroppssammansättning ingick som parameter i riskbedömningen i flera av studierna som identifierades i den systematiska litteratursökningen [65, 70, 72], där en låg andel kroppsfett eller lågt kroppsmasseindex ansågs kunna innebära en ökad risk för negativa hälsoeffekter vid arbete i kyla. Ytterligare medicinska tillstånd som anfördes som möjliga problem vid arbete i kyla var köldurtikaria, tidigare lokala kylskador, perifera cirkulationsrubbingar, migrän, arytmier, metabola

tillstånd och infektioner [64, 69, 73]. Det var emellertid svårt att förstå på vilken grundval dessa tillstånd har identifierats som särskilt betydelsefulla för riskbedömningen.

Endast tre av de identifierade studierna redovisade om personer av bägge biologiska kön ingick i den undersökta populationen [67, 70, 71] men ytterligare en studie beaktade effekter av kön [62]. Det var utifrån detta underlag inte tydligt på vilket sätt kön påverkar riskbedömningen vid arbete i kyla.

Närmare hälften av de identifierade studierna fokuserade på artificiellt kylda inomhusmiljöer, så som kyl- och frysrum. Detta gjorde dem mindre tillämpliga på svenska förhållanden, där merparten av exponering för kyla förekommer vid arbete utomhus. Till exempel har en tidigare befolkningsundersökning i norra Sverige visat att endast cirka 3 % av kvinnor och 4 % av män anger att de arbetar i kylda inomhusmiljöer minst en fjärdedel av tiden [220]. Artificiellt kylda inomhusmiljöer skiljer sig från kalla utomhusmiljöer på flera sätt. Till att börja med är omgivningsfaktorerna strikt reglerade, till exempel vad gäller temperatur, luftfuktighet och drag, vilket skiljer sig från utomhusmiljöer där väderförhållanden är säsongsberoende, kan förändras relativt hastigt och där också nederbörd förekommer. Vidare kan temperaturerna i artificiellt kylda inomhusmiljöer vara extremt låga, till exempel $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ [163], vilket knappast förekommer utomhus i Sverige. Dessutom hanteras ofta kalla föremål i sådana miljöer, så som livsmedel och paket, vilket gör att arbetarna kan exponeras både för kraftig omgivningskyla och kontaktkyla [199].

En av de ingående studierna undersökte isoleringsförmågan för den valda klädseln bland gruvarbetare i dagbrott [70]. Studien visade att personer med lägre självskattad hälsa tycktes kompensera genom att välja varmare kläder, vilket är ett exempel på hur personer med varaktig sjukdom skulle kunna anpassa sig efter sina förutsättningar. Flera studier föreslog att man kunde föranstalta om periodiska medicinska kontroller för personer som arbetar i kyla, särskilt dem med hälsotillstånd som kunde antas innebära en särskild känslighet [61, 62, 64, 73].

4.2 Specifika frågeställningar

Vi ställde oss frågan om hur åldrande påverkar förmågan att arbeta i kyla. Vår systematiska litteratursökning var inkonklusiv i detta avseende, men utifrån det kompletta underlaget där även en fri litteratursökning ingick fanns det indikationer på att högre ålder i sig, även i frånvaro av sjukdom, kan innebära en ökad sårbarhet för arbete i kyla [75]. Denna uppfattning baserades till stor del på äldre experimentella studier med få deltagare och begränsad kvinnlig representation. Man beskriver att den värmealstrande kapaciteten på gruppnivå

generellt sett är nedsatt på grund av förändringar i kroppssammansättning, huvudsakligen i form av nedsatt skelettmuskelmassa [77]. Ökad isolering i form av subkutan fettvävnad verkar inte kunna kompensera för minskad värmeproduktion från skelettmusklerna. Det fanns också hållpunkter för att den perifera regleringen av kärntonus är mindre effektiv i högre ålder [75], vilket gör att man inte lika effektivt kan effektuera en dynamisk perifer vasoreglering för att bevara kärntemperatur, så att man riskerar att förlora mer värme till omgivningen. Dessutom minskar den sensoriska förmågan att diskriminera temperatur med åldern [83]. För alla dessa potentiella effekter av åldrande bör det emellertid föreligga en påtaglig interindividuell variation. Vissa studier gör gällande att effekter av åldrande blir relevanta först efter 40–50 års ålder [79] medan andra indikerar att känsligheten för kyla kan öka tidigare [80]. Det saknas arbetsmedicinska studier om åldrande liksom tillräckligt underlag för att uttala sig om känslighet i högre ålder i relation till biologiskt kön. I tillägg till dessa resonemang kan även poängteras att förekomsten av varaktiga sjukdomar ökar med åldern, vilket gör att det kan vara svårt att särskilja rena effekter av åldrande från modifierande effekter av sjukdomar.

Därför ville vi även kartlägga vilka specifika risker som fanns med vissa sjukdomstillstånd. Vi kunde konstatera att exponering för kyla generellt sett leder till blodtrycksstegring men att det saknades kunskap om hur arbete i kyla skulle kunna ingå som en etiologisk faktor i utvecklingen av hjärt-kärlsjukdom [103]. Däremot framkom att det för personer med befintlig hjärt-kärlsjukdom kan finnas ökade risker för akuta försämringar vid vistelse i kyla [87] och att riskerna förefaller störst för dem med ischemisk hjärtsjukdom. Dessa personer har i regel också en lägre fysisk arbetsförmåga i kyla jämfört med friska arbetare. Även stroke förefaller vara kopplat till exponering för kyla, men det är inte helt tydligt hur riskbildningen skiljer sig för ischemisk och hemorragisk stroke. För perifer arteriell insufficiens var det vetenskapliga underlaget otillräckligt för att kunna uttala sig om kopplingar till arbete i kyla, fränsett farhågor om ökad risk för lokala kylskador. Hjärtsvikt innebär ofta att den fysiska kapaciteten är nedsatt, men utgör ett förhållandevis ovanligt tillstånd bland personer i arbetsför ålder. Hos personer med hjärtsvikt indikerar det begränsade vetenskapliga underlaget att den fysiska förmågan kan nedsättas ytterligare vid exponering för kyla.

För obstruktiva lungsjukdomar fanns vetenskapligt underlag som indikerade att exponering för kyla i sig skulle kunna bidra till den etiologiska utvecklingen av tillståndet och detta var huvudsakligen studerat för astma [133]. De studier som hade undersökt relationen mellan exponering för kyla och besvär relaterade till KOL [147, 170-173] var huvudsakligen genomförda på personer som var äldre än vad som vanligen ses inom svenskt arbetsliv. Endast enstaka studier indikerade en högre förekomst av kronisk bronkit hos

kylaexponerade arbetare [133, 139] och en accelererad lungfunktionsnedsättning hos kylaexponerad ursprungsbefolkning i Kanada [174]. Personer med befintlig obstruktiv lungsjukdom rapporterades i stor utsträckning erfarit förvärrade symptom vid exponering för kyla. Det uppmärksammades också att det är mycket svårt att skydda luftvägarna från exponering för kyla. Ur ett arbetsmedicinskt perspektiv kan betonas att även om arbete i kyla kan förvärra obstruktiva luftvägsbesvär finns det förmodligen även här en stor interindividuell variation vilket gör att det är svårt att ge universella rekommendationer. Generellt är personer med allvarligare obstruktiv lungsjukdom mer sårbara för olika provocerande faktorer, men känsligheten för en luftvägsirritant som till exempel damm förutsäger inte reaktionen på kyla, och vice versa [221].

För diabetes fanns inga studier som indikerade att exponering för kyla skulle bidra till utvecklingen av sjukdomen, men däremot att sjukdomen i sig skulle kunna medföra en ökad mortalitet i kall väderlek ur ett befolkningsperspektiv [179] samt innebära en risk vid arbete i kalla miljöer [176]. I arbetet betonades särskilt risken för försämrad metabol kontroll och hypoglykemier. Vidare beskrevs hållpunkter för försämrad temperaturreglering vid diabetes, både vad gäller kärntemperatur [182] och perifer temperatur [180, 181]. Riskerna föreföll generellt mer uttalade hos personer med insulinbehandlad diabetes. Försämrad reglering av perifer vävnadstemperatur skulle i sin tur kunna öka risken för lokala kylskador i händer och fötter hos personer med diabetes, men där fanns motstridiga resultat [196, 197].

Vad gäller besvär i rörelseapparaten fanns flera studier som indikerade en ökad risk för besvärsutveckling vid arbete i kyla, med tonvikt på nack- och ländryggsbesvär [60, 198, 208]. Det fanns också ett flertal postulerade mekanismer som skulle kunna förklara associationerna [210]. Däremot fanns det få studier som undersökt hur befintliga besvär i rörelseapparaten påverkade förmågan att arbeta i kyla. Ett antal studier beskrev en ökad risk för nervrelaterade besvär som ischias [210, 211, 214] och karpaltunnelsyndrom [215-217]. Utifrån litteraturen finns sammanfattningsvis tydliga incitament att beakta risken för långvariga smärtor i rörelseapparaten hos dem som utför arbete i kalla miljöer, särskilt om det samtidigt föreligger andra belastningsergonomiska riskfaktorer så som arbete med böjd och vriden bål, tunga lyft eller exponering för helkroppsvibrationer [206]. Det finns också flera synbarligen paradoxala förhållanden som ännu är ofullständigt kartlagda. Till exempel kan ökad fysisk ansträngning alstra mer värme vilket minskar risken för nedkylning, samtidigt som belastningen på rörelseapparaten kan öka risken för besvär. Ett annat exempel är effekten av tjock vinterklädsel som kan öka isoleringen mot kyla men samtidigt begränsa rörligheten, försämra manuell finmotorik och öka den fysiska belastningen [205, 209].

Sammanfattningsvis finns det många studier som undersökt hur exponering för kyla kan associeras statistiskt till olika sjukdomar och symptom, men i begränsad omfattning hur åldrande och sjukdom påverkar förmågan att arbeta i kyla eller fortsatt prognos. De flesta studier på yrkeskohorter var små och svåra att generalisera. De experimentella studier som ingick saknade till största del arbetsperspektiv. Att försöka extrapolera resonemang från studier på allmänbefolkning till arbetslivet kan innebära risk för att man både över- och underskattar problemen med arbete i kyla. Det behövs således mer kunskap i form av arbetsinriktade studier för att kunna besvara våra frågor.

Vi ville också kartlägga i vilken mån det finns föreskrifter, standarder och policydokument som vägledning till arbetsgivare vid riskbedömning och riskhantering av arbete i kyla. Vi kunde konstatera att den svenska tillämpade arbetsmiljölagstiftningen i form av Arbetsmiljöverkets författningssamling saknar detaljerade beskrivningar avseende dessa risker, särskilt vid arbete i kyla utomhus. I stället har man till stor del lämnat till arbetsmarknadens parter att överenskomma om lämpliga avvägningar och det finns flera positiva exempel på hur detta kan ske i praktiken. Till exempel finns det inom byggnadssektorn fackliga överenskommelser om avbrytande av arbete på grund av otjänligt väder. Även inom exempelvis transportindustrin och vindkraftssektorn finns särskilda överenskomna rutiner för riskbedömning av arbete i kyla. Det finns ett flertal ISO-standarder som kan användas i det systematiska arbetsmiljöarbetet och där torde *ISO 15743 – Ergonomi för termiskt klimat – Kalla arbetsplatser – Bedömning och hantering av risker* utgöra en grund tillsammans med de ovan beskrivna mer tekniska standarderna. Vårt intryck är emellertid att dessa verktyg används i förhållandevis liten utsträckning i Sverige. I vår bedömning av grå litteratur identifierades förslag på tröskelnivåer för exponering för kyla från ACGIH i USA där man också beskrev lämpliga intervall för arbete i kyla respektive återhämtning i uppvärmda lokaler. Dessa rekommendationer rörde dock extremt låga omgivningstemperaturer som sällan förekommer i Sverige. ACGIH gav emellertid många andra goda åtgärdsförslag vid kallt arbete, som skulle kunna inspirera arbetsgivare och företagshälsor i Sverige till en mer stringent riskhantering. Vi fann också intressanta resonemang om arbete i kyla i flera arbetsmedicinska läroböcker, där värdet av periodiska medicinska kontroller återkommande betonades.

4.3 Rekommendationer

Utifrån den sammantagna litteraturen och vår kliniska erfarenhet kan översiktliga rekommendationer ges avseende lämpliga åtgärder vid arbete i kyla för personer med befintlig sjukdom.

4.3.1 Hjärt-kärtsjukdom

Enbart välreglerad hypertoni kräver inga specifika åtgärder, men en person som återkommande arbetar i kyla kan behöva kontrollera sitt blodtryck oftare (och gärna även under arbetsdagen) för att tillse att det individuella behandlingsmålet nås. Personer med manifest ischemisk hjärtsjukdom kan behöva anpassningar vid arbete i kyla och dessa kan innefatta mindre fysiskt ansträngande uppgifter (på grund av nedsatt fysisk arbetsförmåga i kyla), kortare arbetsperioder i kyla (för att minska risken för hypotermi), tillgång till varm dryck (på grund av hypotermirisk och förstärkt kylddiures) samt tillgång till skyddskläder med ökad isolering (på grund av ökad risk för perifer nedkylning och cirkulatorisk belastning) [222]. Hur aktiva förebyggande åtgärder som bör vidtas är avhängigt både exponeringens art och omfattning men också arbetarens individuella förutsättningar varför företagshälsan lämpligen kan få i uppdrag att göra bedömningen i det enskilda fallet. Läkemedelsbehandlingen kan också behöva anpassas, till exempel genom att välja en betareceptorantagonist med huvudsaklig β_1 -affinitet som bisoprolol för att minska risken för den nedkylning av händer och fötter som förknippas med flera andra betareceptorantagonister. Efter genomgången stroke kan det föreligga en ökad temperaturkänslighet, särskilt vid lesioner i hypotalamus, hypofys eller den somatosensoriska hjärnbarken. Detta kan innebära att man har svårare att reglera kroppstemperatur eller att uppfatta om kroppsdelar blir nedkylda, varför det kan finnas skäl att undvika återkommande arbete i kyla [113]. Vid perifer arteriell insufficiens saknas robust vetenskapligt underlag, men vid betydande påverkan i benen (definierat som en kvot av systoliskt blodtryck vid ankeln dividerat med motsvarande i överarmen understigande 0,7) finns det ändå skäl att avråda från återkommande arbete i kyla [126]. På samma vis rekommenderas att man undviker återkommande arbete i kyla vid hjärtsvikt med mer uttalad funktionspåverkan (NYHA-klass III–IV).

4.3.2 Obstruktiv lungsjukdom

För personer med astma eller KOL krävs en individuell bedömning. Symptomens svårighetsgrad bör värderas, till exempel med instrumentet ACT för astma och CAT för KOL. Vidare bör man klarlägga anamnestiskt om exponering för kyla i arbetet faktiskt är en faktor som förvärrar luftvägssymptom hos individen. Om man har uttalade luftvägssymptom (ACT < 20 för astma eller CAT \geq 20 för KOL), särskilt parat med en ofullständig effekt av läkemedelsbehandling trots optimering, kan anpassningar i arbetsinnehållet behöva göras [221]. Dessa kan innefatta mindre fysiskt ansträngande uppgifter, kortare arbetsperioder i kyla, eller tillgång till värmeväxlarmask. Om arbetet kräver andningsskydd bör man välja sådana som inte innebär högt andningsmotstånd eller påtaglig nedkylning av inandningsluften, utan lämpligen en uppvärmd friskluftsmatad helmask. För

elitidrottare bör det etableras skarpare och åldersanpassade temperaturgränser vid tävling och man kan också uppmuntra användningen av värmeväxlarmasker vid träning i kyla.

4.3.3 Diabetes

De flesta personer med välreglerad tablettbehandlad typ 2-diabetes bör kunna arbeta i kyla utan anpassningar. Personer med diabetes, oavsett typ, riskerar sämre metabol kontroll vid arbete i kyla eftersom nedkylning kan nedsätta kvarvarande endogen insulinfrisättning, öka den perifera insulinresistensen samt minska metaboliseringen av glukos [176]. Därför kan det krävas tätare uppföljning av långtidsblodsocker (HbA1c). För personer som har insulinbehandlad diabetes kan det finnas en ökad risk för hypoglykemier och ketoacidosis vilka båda i sin tur kan öka risken för hypotermi. Det finns också beskrivet att behandling med insulin kan inhibera huttring vilket ytterligare ökar risken för hypotermi [5]. Därför kan det vara motiverat att personer med insulinbehandlad diabetes som återkommande arbetar i kyla inte arbetar ensam utan hålls under observation av en arbetsledare eller kollega.

4.3.4 Besvär i rörelseapparaten

Vid långvariga besvär i rörelseapparaten kan arbete i kyla försvåras, eftersom smärta, stelhet och rörelseinskränkning kan förvärras i en kall miljö. Man kan också ha svårt att bära varma skyddskläder, som ofta är tunga, otympliga och begränsar rörligheten. Vissa personer med långvarig smärta utvecklar också en onormal köldkänslighet eller köldallodyni, vilket kan närmast omöjliggöra arbete i kyla [223]. För de flesta personer med långvariga besvär i rörelseapparaten är en belastningsergonomisk översyn sannolikt av större betydelse än åtgärder riktade mot exponering för kyla. För personer med karpaltunnelsyndrom kan det vara lämpligt att undvika hantering av kalla föremål eller arbete i kalla omgivningsmiljöer, särskilt om man har motoriska symptom eller otillräcklig effekt av konservativ icke-kirurgisk behandling som handledsortos.

4.3.5 Medicinska kontroller

I vissa situationer skulle det kunna vara motiverat att ordna med periodiska medicinska kontroller i arbetslivet enligt § 80 i AFS 2019:3 – Medicinska kontroller i arbetslivet. Man kan tänka sig två huvudsakliga indikationer för sådana kontroller:

Den ena indikationen skulle utgå från exponeringen och man skulle då kunna avgränsa kontrollerna till dem som regelbundet arbetar i extrem kyla, vilket enligt litteraturen ovan skulle kunna definieras som temperaturer under

–18 °C under samtidig inverkan av vind eller –25 °C utan vind [13], alternativt att en teknisk riskbedömning visar att det finns särskilda arbetsmiljörisiker kopplade till kyla enligt Annex A i *ISO 15743 – Ergonomi för termiskt klimat – Kalla arbetsplatser – Bedömning och hantering av risker*. Exempel på sådana risker är att man arbetar med kalla vätskor eller föremål, eller i kyla under långa sammanhängande perioder utan möjlighet till uppvärmning.

Den andra indikationen skulle i stället utgå från arbetarnas sårbarhet för arbete i kyla och baseras på en screeningenkät, där personer med kylrelaterade hälsobesvär skulle kunna erbjudas kompletterande undersökning enligt Annex D i samma ISO-standard. Den medicinska kontrollen skulle kunna bestå av ett läkarbesök med anamnestagning, kroppsundersökning (allmäntillstånd, hjärta, blodtryck, lungor, hud, perifer cirkulation samt neurosensorisk funktion i händer och fötter), spirometri samt blodprover på riktad frågeställning (som till exempel metabol kontroll vid diabetes). Periodiciteten skulle lämpligen vara vart tredje år [219]. Kontrollen skulle i övrigt kunna följa rekommendationerna i *ISO 12894 – Ergonomi för termiskt klimat – Medicinsk övervakning av individer utsatta för extremt varma eller kalla miljöer*. Däremot förefaller det inte indicerat att den medicinska kontrollen skulle utmyнна i en tjänstbarhetsbedömning.

4.4 Metodologiska aspekter

Ett grundläggande problem inom forskningsområdet är att definiera kyla. Rent språkligt kan det engelska begreppet ”cold” översättas till både *kyla*, *köld* och *kall* och dessa svenska begrepp används ibland som utbytbara trots att det kan finnas nyansskillnader. I inledningen av kunskapsöversikten gör vi en ansats att definiera *kyla* och skilja begreppet från *köld*. Denna nomenklatur är emellertid varken helt vedertagen eller enhetlig och återspeglas heller inte i den engelskspråkiga vetenskapliga litteraturen. Även bortsett från språkliga nyanser saknas konsensus om vad som ska anses utgöra exponering för kyla. Vissa författare definierar kyla utifrån en subjektiv komfortupplevelse medan andra utgår från fysikaliska parametrar som till exempel omgivningstemperatur. Detta faktum gör det svårt att jämföra exponering mellan studier.

Vår systematiska litteratursökning utformades med ett block om riskbedömning tillsammans med block om kyla och arbete. Denna strategi användes för att begränsa litteratururvalet som skulle bedömas genom läsning av sammanfattningar. Trots detta val gav litteratursökningen närmare sju tusen unika träffar. En alternativ strategi hade varit att göra flera parallella litteratursökningar med ålder eller olika sjukdomsbegrepp som ett block tillsammans med kyla och arbete, men detta hade sannolikt renderat ett betydligt större antal irrelevanta sökträffar. Till exempel gav MeSH-termerna

Cardiovascular Diseases och Lung Diseases cirka 2,7 miljoner respektive 1,3 miljoner träffar vardera i Medline. Vår bedömning är att det är osannolikt att vår litteratursökning har missat ett betydande antal studier som undersökt hur ålder eller sjukdomar påverkar förutsättningarna att arbeta i kallt klimat. Vi ville dessutom hitta litteratur som beskrev hur man systematiskt skulle gå tillväga för att bedöma och hantera risker förknippade med arbete i kyla i relation till åldrande och sjukdomar och mot detta mål svarade vår litteratursökning väl. Vi kompletterade vår systematiska litteratursökning med en fri sökning för att få ett bredare underlag för bedömningen av effekter av åldrande och olika sjukdomar och inte heller denna sökning är rimligen heltäckande. Vår uppfattning är ändå att det samlade underlaget som presenteras i denna narrativa kunskapsöversikt torde ge en orienterande bild över kunskapsområdet.

Någon grundlig värdering av risk för bias har inte genomförts eftersom syftet var att skriva en narrativ kunskapsöversikt och de inkluderade studierna var så olika. Vi gjorde emellertid en enklare värdering utifrån en matris som inspirerats av Farbu et al. [60] (Bilaga 2). Det allmänna intrycket var att resultatet av den systematiska litteratursökningen utmynnade i studier med vitt skilda metoder, kontext och storlek. Antalet ingående studiedeltagare varierade mellan 36–1323 personer och i sju av studierna saknades uppgifter om studiepopulation. Endast tre studier redovisade att man inkluderat arbetare av bägge kön. Man kan föreställa sig att det föreligger risk för en typ av selektionsbias där personer som arbetar i kyla är särskilt friska (så kallad "healthy worker effect"), men denna risk går inte närmare att bedöma utifrån beskrivningarna av studiepopulationerna. I fyra studier fanns mätningar av omgivningstemperatur, som i sin tur varierade mellan -25 till 12 °C vilket alltså utgjorde ett stort spann. I flera andra fall var exponeringsmåttan mycket ospecifika. Även utfallen var många gånger ottydligt definierade och ofta självrapporterade.

Gällande metoder i de ingående studierna i kunskapsöversikten i stort finns ett större antal registerbaserade tvärsnittsstudier där man associerat exponering till utfall utan närmare hänsyn till mekanistiska förklaringar. Det finns även befolkningsbaserade tvärsnittsstudier där man i vissa fall försökt begränsa urvalet till populationer i arbetsför ålder eller som i enkäter angivit att man arbetar i kalla miljöer. I dessa studier saknas emellertid fortfarande uppgifter om exponeringen föregått besvärdebuten, vilket gör att man inte kan dra slutsatser om tidssamband. I några studier har man undersökt specifika yrkesgrupper, som till exempel renskötare eller gruvarbetare, men även då med tvärsnittsmetodik. Vår litteraturgenomgång har enbart identifierat ett mycket begränsat antal prospektiva studier som undersökt hälsorisker av arbete i kyla [160, 163, 211, 213]. Slutligen finns experimentella studier där man i huvudsak

fokuserat på fysiologiska parametrar men i regel inte beaktat arbetsperspektivet.

En central fråga i vår kunskapsöversikt var hur åldrandet påverkar förmågan att hantera kyleffekter. I epidemiologiska studier är stigande ålder sammankopplat med period- och kohorteffekter och den kumulativa exponeringen för kyla kommer i många fall att vara starkt associerad till just ålder. Dessutom ökar prevalensen av sjukdomar med åldern, obeaktat yrkesexponeringar. Dessa omständigheter gör det sammantaget svårt att reda ut hur åldrandet i sig påverkar sårbarheten för kyla.

Vi begränsade denna kunskapsöversikt till att omfatta hjärt-kärlsjukdom, obstruktiva lungsjukdomar, diabetes samt besvär i rörelseapparaten. Det finns många fler medicinska tillstånd som kan försämrats av eller innebära hinder för arbete i kyla, vilket beskrivs översiktligt i Figur 2. Till exempel finns ett gediget kunskapsunderlag som visar att symptom av Raynauds fenomen kan försämrats i kall miljö [224, 225] och sannolikt kan även kraftig exponering för kyla utgöra en etiologisk faktor i utvecklingen tillståndet [43, 226]. Neurosensoriska symptom i händer och fötter är också starkt associerade till arbete i kyla [17]. Det finns studier som visar att känseltrösklar i händer påverkas negativt av vistelse i kyla [227], särskilt om man ådrar sig en lokal kylskada [228]. I gränslandet mellan Raynauds fenomen och perifer neuropati i händerna finns tillståndet onormal köldkänslighet, som definieras som en samling förvärvade symptom som resulterar i undvikande av kyla, i form av smärta, känselrubbing, stelhet eller färgförändringar, vilket kan uppstå efter en skada [229]. Detta tillstånd kan uppkomma efter en lokal kylskada [186] men också som resttillstånd till vibrationsskador och olika former av traumatiska handskador [230]. I tillägg till obstruktiva lungsjukdomar kan sannolikt både övre luftvägssymptom som rinit samt restriktiva lungsjukdomar ha en koppling till arbete i kyla [131, 174]. Det finns flera hudsjukdomar som försämrats i kyla, som till exempel atopiskt eksem, psoriasis, rosacea och vissa former av urtikaria [27]. En del reumatiska sjukdomar kan också försämrats i kyla och i denna kontext har huvudsakligen reumatoid artrit studerats [231]. Vidare finns det också studier som beskriver en koppling mellan exponering för kyla och psykisk ohälsa som ångest- och depressionstillstånd samt sömnstörning [232, 233]. Det finns också rapporter om att personer med psykisk ohälsa kan vara mer benägna att rapportera kylarelaterade symptom [117]. Mottagligheten för en del infektionssjukdomar kan sannolikt påverkas i viss mån av vistelse i kyla, även om säsongsvariationer för smittämnen och beteendemönster förmodligen är av större betydelse [234]. Obeaktat förekomst av sjukdom eller ej kan arbete i kyla nedsätta både fysisk och kognitiv förmåga [40, 201, 235] samt öka risken för arbetsplatsolyckor [236]. Det finns således fler aspekter av arbete i kyla att ta i beaktande än vad denna kunskapsöversikt omfattar.

4.5 Kunskapsluckor

Knardahl et al. konstaterade redan 2010 i en kunskapsöversikt en rad kunskapsluckor vad gäller arbete i kyla [237]. Bland annat pekade man på att de flesta studier om hälsoeffekter av kyla har undersökt akuta effekter av kraftig exponering, medan långvarig men mer låggradig exponering sällan har studerats. De flesta experimentella studier har rekryterat unga män och det är inte säkert att resultaten går att generalisera till äldre personer eller kvinnor. De studier som undersökt könsskillnader är huvudsakligen experimentella och det saknas värdering av skillnadernas relevans i en arbetskontext. Arbete i kyla under obekväma arbetstider är också otillräckligt undersökt. Eftersom cirkadiska rytmer och därmed temperaturreglering påverkas av till exempel nattarbete kan skiftarbete i kalla miljöer vara en särskilt ohälsosam kombination. Det behövs också en systematisk utvärdering av kort- och långsiktiga acklimatiseringseffekter för arbete i kyla i relation till arbetskraftsmigration. Slutligen saknas studier som värderar hur befintliga medicinska tillstånd påverkar förmågan att arbeta i kyla. Sedan kunskapsöversikten av Knardahl et al. har det tillkommit flera epidemiologiska och experimentella studier som främst undersökt relationen mellan exponering för kyla och olika hälsoeffekter. Dessvärre är det fortfarande få av dessa som berör just en arbetskontext. Exponeringen för kyla är ofta definierad med mindre precisa mått, till exempel dikotoma enkätfrågor. I vissa fall har man gjort mätningar av omgivningstemperaturen men det är ytterst sällsynt med en fullständig värdering av kyleffekter, där man väger samman bland annat omgivningstemperatur, vindhastighet, luftfuktighet, klädernas isoleringsförmåga, fysisk aktivitetsnivå och relevanta individfaktorer. I Skandinaviskt arbetsliv är det sannolikt betydligt vanligare med långvarig men låggradig exponering för kyla i arbetet än kortvariga men kraftiga exponeringar och studier borde därför utformas för att studera effekter av sådan exponering. Det saknas också studier som undersöker effektstorlek, exponerings-responssamband och eventuella tröskeleffekter. Med sådan kunskap skulle man bättre kunna besvara frågor om lämpliga temperaturgränser för olika typer av hälsorisker, vilka ibland ställs inom arbetslivet. Vidare saknas studier om arbete i kyla med fokus på fysiologiska och kognitiva effekter av åldrande. Tidigare studier har ofta bedrivits i laboratoriemiljö utan arbetskontext och studiepopulationerna har ofta varit ännu äldre än vad som förekommer i arbetslivet. Därför skulle det behövas studier som kartlägger utmaningar för äldre arbetare i spannet 55–70 år som vistas i kalla miljöer. Sådana skulle med fördel kunna utformas med participativ ansats så att både arbetsgivares och arbetares perspektiv tas tillvara. Man bör också inkludera perspektiv på arbetsförmåga och pensionsålder i relation till arbete i kyla. Vad gäller varaktiga sjukdomar och arbete i kyla har tidigare studier till övervägande del undersökt om arbete i

kalla miljöer kan utlösa befintlig sjukdom eller orsaka sjukdom hos tidigare friska, men inte hur befintlig sjukdom påverkar möjligheten att arbeta i kyla eller den fortsatta prognosen. Här skulle det behövas fler prospektiva studier som i närmare detalj beskriver sjukdomsutvecklingen vid arbete i kyla. Slutligen saknas också kunskap om hur flera samtidiga exponeringar skulle kunna samverka. Exempel på sådana exponeringskluster som skulle vara intressanta att beforska är kyla, buller och hand-armvibrationer i relation till vibrationsskador i händerna, kyla och oorganiskt damm i relation till obstruktiva eller restriktiva lungsjukdomar, kyla och skiftarbete i relation till hjärt-kärlsjukdom samt kyla och belastningsergonomiska riskfaktorer i relation till besvär i rörelseapparaten.

5. Slutsatser

Det finns vetenskapligt underlag för att arbete i kyla kan vara förknippat med ökade hälsorisker för personer i högre arbetsför ålder och med befintliga sjukdomar. Hur arbete i kyla påverkar arbetsförmågan och den fortsatta prognosen är mindre tydligt. I Sverige saknas enhetlig reglering av arbete i kyla utomhus. Det finns metoder för riskbedömning och riskhantering av arbete i kyla samt förslag på praktiska tillvägagångssätt för arbetare, arbetsgivare och företagshälsor. Bland identifierade kunskapsluckor kan nämnas hälsoeffekter av långvarig men låggradig yrkesexponering för kyla, könsskillnader, akklimatisering, exponerings-responssamband samt samverkande effekter av kyla tillsammans med andra exponeringar.

6. Referenser

1. International Organization for Standardization. ISO 15743:2008 - Ergonomics of the thermal environment - Cold workplaces - Risk assessment and management. Bryssel: International Organization for Standardization; 2008.
2. International Organization for Standardization. ISO 11079:2007 – Ergonomics of the thermal environment – Determination and interpretation of cold stress when using required clothing insulation (IREQ) and local cooling effects. Bryssel: International Organization for Standardization; 2007.
3. Gavhed D. Arbetslivsfysiologi. 1 uppl. Lund: Studentlitteratur; 2008. Kapitel 9, Arbete i kyla och värme; 307-45.
4. Holmér I. Handbok för kallt arbete. 1 uppl. Stockholm: Arbetslivsinstitutet; 2002. Kapitel 2, Effekter på människan av kallt klimat; 19-27.

5. Parsons K. Human Thermal Environments. 3 uppl. Boca Raton: CRC Press; 2014. Kapitel 15, Cold Stress; 355-85.
6. da Costa BR, Vieira ER. Risk factors for work-related musculoskeletal disorders: A systematic review of recent longitudinal studies. *Am J Ind Med.* 2010;53:285-323.
7. Balmes J, Becklake M, Blanc P, Henneberger P. American Thoracic Society Statement: Occupational contribution to the burden of airway disease. *Am J Resp Crit Care.* 2003;167:787-97.
8. Lankford HV, Fox LR. The Wind-Chill Index. *Wilderness Environ Med.* 2021;32:392-9.
9. Goodall HN, Grimley Evans J. Fitness for work: The medical aspects. 5 uppl. Oxford: Oxford University Press; 2013. Kapitel 26, The older worker; 525-51.
10. BSI Group. BS 7915:1998 – Ergonomics of the thermal environment. Guide to design and evaluation of working practices for cold indoor environments. London: BSI Group; 1998.
11. Ikäheimo TH, J. Frostbite in circumpolar areas. *Glob Health Action.* 2011;4.
12. Mäkinen TM, Raatikka VP, Rytönen M, Jokelainen J, Rintamäki H, Ruuhela R, et al. Factors affecting outdoor exposure in winter: population-based study. *Int J Biometeorol.* 2006;51:27-36.
13. Krake AM. Occupational and Environmental Health: Recognizing and Preventing Disease and Injury. 7 uppl. Oxford: Oxford University Press; 2017. Kapitel 12C, Extremes of Temperature; 271-88.
14. Hassi J, Rintamäki H, Raatikka V-P. Handbok för kallt arbete. 1 uppl. Stockholm: Arbetslivsinstitutet; 2002. Kapitel 1, Exposition för kyla; 9-17.
15. Risikko T, Abeysekera J, Holmér I, Kuklane K, Mäkinen T, Påsche A. Handbok för kallt arbete. 1 uppl. Stockholm: Arbetslivsinstitutet; 2002. Kapitel 4, Riskbedömning och riskhantering; 51-79
16. Arbetsmiljöverket. Arbetsmiljön 2021. Stockholm: Arbetsmiljöverket; 2022.
17. Stjernbrandt A, Björ B, Andersson M, Burström L, Liljelind I, Nilsson T, et al. Neurovascular hand symptoms in relation to cold exposure in northern Sweden: a population-based study. *Int Arch Occup Environ Health.* 2017;90:587-95.
18. Schwatka NV, Butler LM, Rosecrance JR. An aging workforce and injury in the construction industry. *Epidemiol Rev.* 2012;34:156-67.
19. Ilmarinen JE. Aging workers. *Occup Environ Med.* 2001;58:546-52.
20. Statistiska centralbyrån. Arbetsmiljöundersökningen [Internet]. Solna: Statistiska centralbyrån; 2024 [citerad 2024-02-08]. Hämtad från: <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/arbetsmarknad/arbetsmiljo/arbetsmiljoundersokningen/>.
21. Afa Försäkring. Allvarliga arbetsskador och långvarig arbetsfrånvaro. Stockholm: Afa Försäkring; 2023.

22. Previdi M, Smith K, Polvani L. Arctic amplification of climate change: a review of underlying mechanisms. *Environ Res Lett.* 2021;16:093003.
23. Rantanen M, Karpechko AY, Lipponen A, Nordling K, Hyvärinen O, Ruosteenoja K, et al. The Arctic has warmed nearly four times faster than the globe since 1979. *Commun Earth Environ.* 2022;3:168.
24. Hassi J, Rytönen M, Kotaniemi J, Rintamäki H. Impacts of cold climate on human heat balance, performance and health in circumpolar areas. *Int J Circumpolar Health.* 2005;64:459-67.
25. García-León D, Masselot P, Mistry MN, Gasparrini A, Motta C, Feyen L, et al. Temperature-related mortality burden and projected change in 1368 European regions: a modelling study. *Lancet Public Health.* 2024;9:e644-e53.
26. Friedman LS, Abasilim C, Fitts R, Wueste M. Clinical outcomes of temperature related injuries treated in the hospital setting, 2011–2018. *Environ Res.* 2020;189:109882.
27. Mäkinen TM, Hassi J. Health problems in cold work. *Ind Health.* 2009;47:207-20.
28. Parsons K. *Human Thermal Environments.* 3 uppl. Boca Raton: CRC Press; 2014. Kapitel 13, Thermal Comfort for Special Populations; 307-21.
29. Rijal HB, Humphreys MA, Nicol JF. Adaptive model and the adaptive mechanisms for thermal comfort in Japanese dwellings. *Energy Build.* 2019;202:109371.
30. Shitzer A, Stroschein LA, Santee WR, Gonzalez RR, Pandolf KB. Quantification of conservative endurance times in thermally insulated cold-stressed digits. *J Appl Physiol (1985).* 1991;71:2528-35.
31. International Organization for Standardization. ISO 9920:2007 – Ergonomics of the thermal environment – Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble. Bryssel: International Organization for Standardization; 2007.
32. Hensel H. Thermoreception and temperature regulation. *Monogr Physiol Soc.* 1981;38:1-321.
33. Wang H, Siemens J. TRP ion channels in thermosensation, thermoregulation and metabolism. *Temperature (Austin).* 2015;2:178-87.
34. Yin K, Zimmermann K, Vetter I, Lewis RJ. Therapeutic opportunities for targeting cold pain pathways. *Biochem Pharmacol.* 2015;93:125-40.
35. Gavhed D, Mäkinen T, Holmér I, Rintamäki H. Face temperature and cardiorespiratory responses to wind in thermoneutral and cool subjects exposed to -10 degrees C. *Eur J Appl Physiol.* 2000;83:449-56.
36. Haman F, Blondin DP. Shivering thermogenesis in humans: Origin, contribution and metabolic requirement. *Temperature (Austin).* 2017;4:217-26.
37. Johnson JM, Minson CT, Kellogg DL, Jr. Cutaneous vasodilator and vasoconstrictor mechanisms in temperature regulation. *Compr Physiol.* 2014;4:33-89.

38. Charkoudian N. Mechanisms and modifiers of reflex induced cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans. *J Appl Physiol* (1985). 2010;109:1221-8.
39. Daanen HA. Finger cold-induced vasodilation: a review. *Eur J Appl Physiol*. 2003;89:411-26.
40. Holmér I. Work in the cold. Review of methods for assessment of cold exposure. *Int Arch Occup Environ Health*. 1993;65:147-55..
41. Imray C, Grieve A, Dhillon S, Caudwell Xtreme Everest Research G. Cold damage to the extremities: frostbite and non-freezing cold injuries. *Postgrad Med J*. 2009;85:481-8.
42. Maricq HR, Carpentier PH, Weinrich MC, Keil JE, Palesch Y, Biro C, et al. Geographic variation in the prevalence of Raynaud's phenomenon: a 5 region comparison. *J Rheumatol*. 1997;24:879-89.
43. Stjernbrandt A, Pettersson H, Lundström R, Liljelind I, Nilsson T, Wahlström J. Incidence, remission, and persistence of Raynaud's phenomenon in the general population of northern Sweden: a prospective study. *BMC Rheumatol*. 2022;6.
44. Kriemler S, Mateikaitė-Pipirienė K, Rosier A, Keyes LE, Paal P, Andjelkovic M, et al. Frostbite and Mortality in Mountaineering Women: A Scoping Review-UIAA Medical Commission Recommendations. *High Alt Med Biol*. 2023;24:247-58.
45. Heintzen MP, Strauer BE. Peripheral vascular effects of beta-blockers. *Eur Heart J*. 1994;15.
46. Simecková M, Janský L, Lesná II, Vybíral S, Sránek P. Role of beta adrenoceptors in metabolic and cardiovascular responses of cold exposed humans. *J Therm Biol*. 2000;25:437-42.
47. Statistiska centralbyrån. Antalet äldre per arbetsföra invånare ökar i Sverige [Internet]. Solna: Statistiska centralbyrån; 2021 [citerad 2024-02-01]. Hämtad från: <https://www.scb.se/pressmeddelande/antalet-aldre-per-arbetsföra-invanare-okar-i-sverige/>
48. Berglund T, Seldén D, Halleröd B. Factors Affecting Prolonged Working Life for the Older Workforce: the Swedish Case. *Nord J Working Life*. 2017;7:19-36.
49. Socialstyrelsen. Patientregistret [Internet]. Stockholm: Socialstyrelsen; 2024 [citerad 2024-02-02]. Hämtad från: <https://www.socialstyrelsen.se/statistik-och-data/register/patientregistret/>
50. Folkhälsomyndigheten. Folkhälsoenkäten [Internet]. Solna: Folkhälsomyndigheten; 2022 [citerad 2023-12-22]. Hämtad från: <https://www.folkhalsomyndigheten.se/folkhalsorapportering-statistik/om-vara-datainsamlingar/nationella-folkhalsoenkaten/>
51. Tengland PA. The concept of work ability. *J Occup Rehabil*. 2011;21:275-85.
52. Ilmarinen J, Tuomi K, Seitsamo J. New dimensions of work ability. *International Congress Series*. 2005;1280:3-7.

53. Corin L, Pousette A, Berglund T, Dellve L, Hensing G, Björk L. Occupational trajectories of working conditions in Sweden: Development trends in the workforce, 1997-2015. *Scand J Work Environ Health*. 2021;47:335-48.
54. Akay PA, Ahmadi N. The Work Environment of Immigrant Employees in Sweden—a Systematic Review. *J Int Migr Integr*. 2022;23:2235-68.
55. Mäkinen TM. Human cold exposure, adaptation, and performance in high latitude environments. *Am J Hum Biol*. 2007;19:155-64.
56. Burgess JE, Macfarlane F. Retrospective analysis of the ethnic origins of male British army soldiers with peripheral cold weather injury. *J R Army Med Corps*. 2009;155:11-5.
57. Maley MJ, Eglin CM, House JR, Tipton MJ. The effect of ethnicity on the vascular responses to cold exposure of the extremities. *Eur J Appl Physiol*. 2014;114:2369-79.
58. Seward JP, Potocko J. *Current Diagnosis & Treatment: Occupational & Environmental Medicine*. 6 uppl. New York: McGraw Hill; 2021. Kapitel 13, Injuries Caused by Physical Hazards; 168-96.
59. Hassi J, Mäkinen T, Holmér I, Påsche A, Risikko T, Toivonen L, et al. *Handbok för kallt arbete*. Stockholm: Arbetslivsinstitutet; 2002.
60. Farbu EH, Höper AC, Reiherth E, Nilsson T, Skandfer M. Cold exposure and musculoskeletal conditions: A scoping review. *Front Physiol*. 2022;13:934163.
61. Olesen BW. International Standards and the Ergonomics of the Thermal Environment. *Applied Ergonomics*. 1995;26:293-302.
62. Holmér I. Assessment of cold exposure. *Int J Circumpolar Health*. 2001;60:413-21.
63. Mäkinen TM, Hassi J, Pasche A, Abeysekera J, Holmér I. Project for developing a cold risk assessment and management strategy for workplaces in the Barents region. *Int J Circumpolar Health*. 2002;61:136-41.
64. Hassi J, Raatikka VP, Huurre M. Health-check questionnaire for subjects exposed to cold. *Int J Circumpolar Health*. 2003;62:436-43.
65. Besnard Y, Launay JC, Guinet-Lebreton A, Savourey G. PREDICTOL (R): a computer program to determine the thermophysiological duration limited exposures in various climatic conditions. *Comput Methods Programs Biomed*. 2004;76:221-8.
66. Risikko T, Remes J, Hassi J. Implementation of cold risk management in occupational safety, occupational health and quality practices. Evaluation of a development process and its effects at the Finnish maritime administration. *Int J Occup Saf Ergon*. 2008;14:433-46.
67. Gao C, Holmér I, Abeysekera J. Slips and falls in a cold climate: Underfoot surface, footwear design and worker preferences for preventive measures. *Appl Ergon*. 2008;39(3):385-91.

68. Noroozi A, Abbassi R, MacKinnon S, Khan F, Khakzad N. Effects of Cold Environments on Human Reliability Assessment in Offshore Oil and Gas Facilities. *Human Factors*. 2014;56:825-39.
69. Ceballos D, Mead K, Ramsey J. Recommendations to Improve Employee Thermal Comfort When Working in 40 degrees F Refrigerated Cold Rooms. *J Occup Environ Hyg*. 2015;12:D216-21.
70. Jussila K, Rissanen S, Aminoff A, Wahlström J, Vaktskjold A, Talykova L, et al. Thermal comfort sustained by cold protective clothing in Arctic open-pit mining—a thermal manikin and questionnaire study. *Ind Health*. 2017;55:537-48.
71. Tirloni AS, Reis DC, Dias NF, Moro ARP. The use of personal protective equipment: Finger temperatures and thermal sensation of workers' exposure to cold environment. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(11).
72. Tsang YP, Choy KL, Wu CH, Ho GTS, Lam CHY, Koo PS. An Internet of Things (IoT)-based risk monitoring system for managing cold supply chain risks. *Ind Manag Data Syst*. 2018;118:1432-62.
73. Golbabaei F, Azrah K, Goodarzi Z, Ahmadi O, Karami E. Risk assessment of cold stress in petroleum transfer station in the northwestern regions of Iran: Subjective and field measurements. *J Therm Biol*. 2022;110.
74. Risikko T, Remes J, Hassi J. Implementation of Cold Risk Management in Occupational Safety, Occupational Health and Quality Practices. Evaluation of a Development Process and Its Effects at the Finnish Maritime Administration. *Int J Occup Saf Ergon*. 2008;14:433-46.
75. Young AJ, Lee DT. Aging and human cold tolerance. *Exp Aging Res*. 1997;23:45-67.
76. Thein LA. Environmental conditions affecting the athlete. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1995;21:158-71.
77. Collins KJ, Easton JC, Belfield-Smith H, Exton-Smith AN, Pluck RA. Effects of age on body temperature and blood pressure in cold environments. *Clin Sci (Lond)*. 1985;69:465-70.
78. Falk B, Bar-Or O, Smolander J, Frost G. Response to rest and exercise in the cold: effects of age and aerobic fitness. *J Appl Physiol* (1985). 1994;76:72-8.
79. Mathew L, Purkayastha SS, Singh R, Sen Gupta J. Influence of aging in the thermoregulatory efficiency of man. *Int J Biometeorol*. 1986;30:137-45.
80. Budd GM, Brotherhood JR, Hendrie AL, Jeffery SE. Effects of fitness, fatness, and age on men's responses to whole body cooling in air. *J Appl Physiol* (1985). 1991;71:2387-93.
81. Sawada S. Cold-induced vasodilatation response of finger skin blood vessels in older men observed by using a modified local cold tolerance test. *Ind Health*. 1996;34:51-6.
82. Inoue Y, Nakao M, Araki T, Ueda H. Thermoregulatory responses of young and older men to cold exposure. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1992;65:492-8.

83. Collins KJ, Hoinville E. Temperature requirements in old age. *Build Serv Eng Res Technol.* 1980;1:165-72.
84. Bernstein LM, Hick FK, Inouye T, Johnston LC, Ryan R. Body composition as related to heat regulation in women. *J Appl Physiol.* 1956;9:241-56.
85. Wagner JA, Horvath SM. Influences of age and gender on human thermoregulatory responses to cold exposures. *J Appl Physiol* (1985). 1985;58:180-6.
86. Giles TD, Materson BJ, Cohn JN, Kostis JB. Definition and classification of hypertension: an update. *J Clin Hypertens (Greenwich).* 2009;11:611-4.
87. Ikäheimo TM, Lehtinen T, Antikainen R, Jokelainen J, Näyhä S, Hassi J, et al. Cold-related cardiorespiratory symptoms among subjects with and without hypertension: the National FINRISK Study 2002. *Eur J Public Health.* 2014;24:237-43.
88. Komulainen S, Oja T, Rintamäki H, Virokannas H, Keinänen-Kiukaanniemi S. Blood pressure and thermal responses to whole body cold exposure in mildly hypertensive subjects. *J Therm Biol.* 2004;29:851-6.
89. Korhonen I. Blood pressure and heart rate responses in men exposed to arm and leg cold pressor tests and whole-body cold exposure. *Int J Circumpolar Health.* 2006;65:178-84.
90. Ikäheimo TM. Cardiovascular diseases, cold exposure and exercise. *Temperature (Austin).* 2018;5:123-46.
91. Barnett AG, Sans S, Salomaa V, Kuulasmaa K, Dobson AJ. The effect of temperature on systolic blood pressure. *Blood Press Monit.* 2007;12:195-203.
92. Sun Z. Cardiovascular responses to cold exposure. *Front Biosci.* 2010;2:495-503.
93. Hess KL, Wilson TE, Sauder CL, Gao Z, Ray CA, Monahan KD. Aging affects the cardiovascular responses to cold stress in humans. *J Appl Physiol* (1985). 2009;107:1076-82.
94. Schlader ZJ, Coleman GL, Sackett JR, Sarker S, Johnson BD. Sustained increases in blood pressure elicited by prolonged face cooling in humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2016;311:R643-8.
95. Khurana RK, Watabiki S, Hebel JR, Toro R, Nelson E. Cold face test in the assessment of trigeminal-brainstem- vagal function in humans. *Ann Neurol.* 1980;7:144-9.
96. Collins KJ, Abdel-Rahman TA, Easton JC, Sacco P, Ison J, Doré CJ. Effects of Facial Cooling on Elderly and Young Subjects: Interactions with Breath-Holding and Lower Body Negative Pressure. *Clin Sci.* 1996;90:485-92.
97. Wilson TE, Sauder CL, Kearney ML, Kuipers NT, Leuenberger UA, Monahan KD, et al. Skin-surface cooling elicits peripheral and visceral vasoconstriction in humans. *J Appl Physiol* (1985). 2007;103:1257-62.

98. Wilson TE, Gao Z, Hess KL, Monahan KD. Effect of aging on cardiac function during cold stress in humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2010;298:R1627-33.
99. Näyhä S. Cold and the risk of cardiovascular diseases. A review. *Int J Circumpolar Health.* 2002;61:373-80.
100. Fan JF, Xiao YC, Feng YF, Niu LY, Tan X, Sun JC, et al. A systematic review and meta-analysis of cold exposure and cardiovascular disease outcomes. *Front Cardiovasc Med.* 2023;10:1084611.
101. Manou-Stathopoulou V, Goodwin CD, Patterson T, Redwood SR, Marber MS, Williams RP. The effects of cold and exercise on the cardiovascular system. *Heart.* 2015;101:808-20.
102. Emmett JD. A review of heart rate and blood pressure responses in the cold in healthy subjects and coronary artery disease patients. *J Cardiopulm Rehabil.* 1995;15:19-24.
103. Kristensen TS. Cardiovascular diseases and the work environment. A critical review of the epidemiologic literature on nonchemical factors. *Scand J Work Environ Health.* 1989;15:165-79.
104. Price AE. Heart disease and work. *Heart.* 2004;90:1077-84.
105. Muller MD, Gao Z, Drew RC, Herr MD, Leuenberger UA, Sinoway LI. Effect of cold air inhalation and isometric exercise on coronary blood flow and myocardial function in humans. *J Appl Physiol (1985).* 2011;111:1694-702.
106. Donaldson GC, Keatinge WR. Early increases in ischaemic heart disease mortality dissociated from and later changes associated with respiratory mortality after cold weather in south east England. *J Epidemiol Community Health.* 1997;51:643-8.
107. McMurray JJ, Adamopoulos S, Anker SD, Auricchio A, Böhm M, Dickstein K, et al. ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012: The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure 2012 of the European Society of Cardiology. Developed in collaboration with the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur Heart J.* 2012;33:1787-847.
108. Grysiewicz RA, Thomas K, Pandey DK. Epidemiology of ischemic and hemorrhagic stroke: incidence, prevalence, mortality, and risk factors. *Neurol Clin.* 2008;26:871-95.
109. Chen Z, Liu P, Xia X, Wang L, Li X. The underlying mechanisms of cold exposure-induced ischemic stroke. *Sci Total Environ.* 2022;834:155514.
110. Chen Z, Liu P, Xia X, Cao C, Ding Z, Li X. Low ambient temperature exposure increases the risk of ischemic stroke by promoting platelet activation. *Sci Total Environ.* 2024;912:169235.
111. Lawton MT, Vates GE. Subarachnoid Hemorrhage. *N Engl J Med.* 2017;377:257-66.

112. Hassi J, Rintamäki H. Handbok för kallt arbete. 1 uppl. Stockholm: Arbetslivsinstitutet; 2002. Kapitel 3, Effekter av kyla på hälsa och arbetsförmåga; 29-49.
113. Hardie RJ, Pool J. Fitness for work: The medical aspects. 5 uppl. Oxford: Oxford University Press; 2013. Kapitel 6, Neurological disorders; 102-131.
114. Fares A. Winter cardiovascular diseases phenomenon. *N Am J Med Sci.* 2013;5:266-79.
115. Kim J-Y, Jung K-Y, Hong Y-S, Kim J-I, Jang T-W, Kim J-M. The Relationship between Cold Exposure and Hypertension. *J Occup Health.* 2003;45:300-6.
116. Bortkiewicz A, Gadzicka E, Szymczak W, Szyjkowska A, Koszoda-Włodarczyk W, Makowiec-Dabrowska T. Physiological reaction to work in cold microclimate. *Int J Occup Med Environ Health.* 2006;19:123-31.
117. Näyhä S, Hassi J, Jousilahti P, Laatikainen T, Ikäheimo TM. Cold-related symptoms among the healthy and sick of the general population: National FINRISK Study data, 2002. *Public Health.* 2011;125:380-8.
118. Pettersson H, Olsson D, Järvholm B. Occupational exposure to noise and cold environment and the risk of death due to myocardial infarction and stroke. *Int Arch Occup Environ Health.* 2020;93:571-5.
119. Rosengren A, Wennerblom B, Bjurö T, Wilhelmssen L, Bake B. Effects of cold on ST amplitudes and blood pressure during exercise in angina pectoris. *Eur Heart J.* 1988;9:1074-80.
120. Lassvik C. Angina pectoris in the cold. Effects of cold environment and cold air inhalation at exercise test. *Acta Med Scand Suppl.* 1981;644:21-2.
121. Stanghelle JK, Nilsson S. Angina pectoris and cold. *Int Rehabil Med.* 1983;5:189-91.
122. Lian H, Ruan Y, Liang R, Liu X, Fan Z. Short-Term Effect of Ambient Temperature and the Risk of Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health.* 2015;12:9068-88.
123. Vaičiulis V, Jaakkola JJK, Radišauskas R, Tamošiūnas A, Lukšienė D, Rytönen NRI. Risk of ischemic and hemorrhagic stroke in relation to cold spells in four seasons. *BMC Public Health.* 2023;23:554.
124. Fadel M, Sembajwe G, Tripodi D, Bonnetterre V, Leclerc A, Roquelaure Y, et al. Association between reported work in cold environments and stroke occurrence in the CONSTANCES cohort: a prospective study. *BMJ Open.* 2022;12:e054198.
125. Zhai G, Zhang J, Zhang K, Chai G. Impact of diurnal temperature range on hospital admissions for cerebrovascular disease among farmers in Northwest China. *Sci Rep.* 2022;12:15368.
126. Golant A, Nord RM, Paksima N, Posner MA. Cold exposure injuries to the extremities. *J Am Acad Orthop Surg.* 2008;16:704-15.
127. Radtke T, Poerschke D, Wilhelm M, Trachsel LD, Tschanz H, Matter F, et al. Acute effects of Finnish sauna and cold-water immersion on

- haemodynamic variables and autonomic nervous system activity in patients with heart failure. *Eur J Prev Cardiol.* 2016;23:593-601.
128. Blanchet M, Ducharme A, Racine N, Rouleau JL, Tardif JC, Juneau M, et al. Effects of cold exposure on submaximal exercise performance and adrenergic activation in patients with congestive heart failure and the effects of beta-adrenergic blockade (carvedilol or metoprolol). *Am J Cardiol.* 2003;92:548-53.
129. Juneau M, Larivée L, White M. Cold temperature impairs maximal exercise performance in patients with heart failure: attenuation by acute ACE inhibitor therapy. *Can J Cardiol.* 2002;18:981-6.
130. Hanstock H, Ainegren M, Stenfors LE. Exercise in Sub-zero Temperatures and Airway Health: Implications for Athletes With Special Focus on Heat-and-Moisture-Exchanging Breathing Devices. *Front Sports Act Living.* 2020;2.
131. Koskela HO. Cold air-provoked respiratory symptoms: the mechanisms and management. *Int J Circumpolar Health.* 2007;66:91-100.
132. Millqvist E, Bengtsson U, Bake B. Occurrence of breathing problems induced by cold climate in asthmatics--a questionnaire survey. *Eur J Respir Dis.* 1987;71:444-9.
133. Kotaniemi J-T, Latvala J, Lundbäck B, Sovijärvi A, Hassi J, Larsson K. Does living in a cold climate or recreational skiing increase the risk for obstructive respiratory diseases or symptoms? *Int J Circumpolar Health.* 2003;62:142-57.
134. Borak J, Lefkowitz RY. Bronchial hyperresponsiveness. *Occup Med (Lond).* 2016;66:95-105.
135. Nathan RA, Sorkness CA, Kosinski M, Schatz M, Li JT, Marcus P, et al. Development of the asthma control test: a survey for assessing asthma control. *J Allergy Clin Immunol.* 2004;113:59-65.
136. Jones PW, Harding G, Berry P, Wiklund I, Chen WH, Kline Leidy N. Development and first validation of the COPD Assessment Test. *Eur Respir J.* 2009;34:648-54.
137. Sue-Chu M, Karjalainen EM, Altraja A, Laitinen A, Laitinen LA, Naess AB, et al. Lymphoid aggregates in endobronchial biopsies from young elite cross-country skiers. *Am J Respir Crit Care Med.* 1998;158:597-601.
138. Sue-Chu M, Larsson L, Moen T, Rennard SI, Bjermer L. Bronchoscopy and bronchoalveolar lavage findings in cross-country skiers with and without "ski asthma". *Eur Respir J.* 1999;13:626-32.
139. Suadicanì P, Hein HO, Meyer HW, Gyntelberg F. Exposure to cold and draught, alcohol consumption, and the NS-phenotype are associated with chronic bronchitis: an epidemiological investigation of 3387 men aged 53-75 years: the Copenhagen Male Study. *Occup Environ Med.* 2001;58:160-4.
140. D'Amato M, Molino A, Calabrese G, Cecchi L, Annesi-Maesano I, D'Amato G. The impact of cold on the respiratory tract and its consequences to respiratory health. *Clin Transl Allergy.* 2018;8:20.

141. Ijaz MK, Zargar B, Wright KE, Rubino JR, Sattar SA. Generic aspects of the airborne spread of human pathogens indoors and emerging air decontamination technologies. *Am J Infect Control*. 2016;44:S109-20.
142. McFadden ER, Jr., Pichurko BM, Bowman HF, Ingenito E, Burns S, Dowling N, et al. Thermal mapping of the airways in humans. *J Appl Physiol* (1985). 1985;58:564-70.
143. Hanes LS, Issa E, Proud D, Togias A. Stronger nasal responsiveness to cold air in individuals with rhinitis and asthma, compared with rhinitis alone. *Clin Exp Allergy*. 2006;36:26-31.
144. Fuzzi S, Baltensperger U, Carslaw K, Decesari S, Denier van der Gon H, Facchini MC, et al. Particulate matter, air quality and climate: lessons learned and future needs. *Atmos Chem Phys*. 2015;15:8217-99.
145. Grace MS, Baxter M, Dubuis E, Birrell MA, Belvisi MG. Transient receptor potential (TRP) channels in the airway: role in airway disease. *Br J Pharmacol*. 2014;171:2593-607.
146. Fahey PJ, Utell MJ, Condemi JJ, Green R, Hyde RW. Raynaud's phenomenon of the lung. *Am J Med*. 1984;76:263-9.
147. Koskela HO, Koskela AK, Tukiainen HO. Bronchoconstriction due to cold weather in COPD. The roles of direct airway effects and cutaneous reflex mechanisms. *Chest*. 1996;110:632-6.
148. Analitis A, Katsouyanni K, Biggeri A, Baccini M, Forsberg B, Bisanti L, et al. Effects of cold weather on mortality: results from 15 European cities within the PHEWE project. *Am J Epidemiol*. 2008;168:1397-408.
149. Cold exposure and winter mortality from ischaemic heart disease, cerebrovascular disease, respiratory disease, and all causes in warm and cold regions of Europe. The Eurowinter Group. *Lancet*. 1997;349:1341-6.
150. Rocklöv J, Forsberg B. The effect of temperature on mortality in Stockholm 1998--2003: a study of lag structures and heatwave effects. *Scand J Public Health*. 2008;36:516-23.
151. Gasparrini A, Guo Y, Hashizume M, Lavigne E, Zanobetti A, Schwartz J, et al. Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. *Lancet*. 2015;386:369-75.
152. Hajat S, Kovats RS, Lachowycz K. Heat-related and cold-related deaths in England and Wales: who is at risk? *Occup Environ Med*. 2007;64:93-100.
153. Näyhä S. Environmental temperature and mortality. *Int J Circumpolar Health*. 2005;64:451-8.
154. Harju T, Mäkinen T, Näyhä S, Laatikainen T, Jousilahti P, Hassi J. Cold-related respiratory symptoms in the general population. *Clin Respir J*. 2010;4:176-85.
155. Ikäheimo TM, Jokelainen J, Näyhä S, Laatikainen T, Jousilahti P, Laukkanen J, et al. Cold weather-related cardiorespiratory symptoms predict higher morbidity and mortality. *Environ Res*. 2020;191:110108.

156. Hyrkäs H, Jaakkola MS, Ikäheimo TM, Hugg TT, Jaakkola JJ. Asthma and allergic rhinitis increase respiratory symptoms in cold weather among young adults. *Respir Med.* 2014;108:63-70.
157. Belachew AB, Rantala AK, Jaakkola MS, Hugg TT, Ruuhela R, Kukkonen J, et al. Effect of cold winters on the risk of new asthma: a case-crossover study in Finland. *Occup Environ Med.* 2023;80:702-5.
158. Kotaniemi JT, Pallasaho P, Sovijärvi AR, Laitinen LA, Lundbäck B. Respiratory symptoms and asthma in relation to cold climate, inhaled allergens, and irritants: a comparison between northern and southern Finland. *J Asthma.* 2002;39:649-58.
159. Stjernbrandt A, Stenfors N, Liljelind I. Occupational cold exposure is associated with increased reporting of airway symptoms. *Int Arch Occup Environ Health.* 2021;94:1945-52.
160. Stjernbrandt A, Hedman L, Liljelind I, Wahlström J. Occupational cold exposure in relation to incident airway symptoms in northern Sweden: a prospective population-based study. *Int Arch Occup Environ Health.* 2022;95:1871-9.
161. Reijula K, Larmi E, Hassi J, Hannuksela M. Respiratory symptoms and ventilatory function among Finnish reindeer herders. *Arctic Med Res.* 1990;49:74-80.
162. Jammes Y, Delvolgo-Gori MJ, Badier M, Guillot C, Gazazian G, Parlenti L. One-year occupational exposure to a cold environment alters lung function. *Arch Environ Health.* 2002;57:360-5.
163. Velasco Garrido M, Rentel N, Herold R, Harth V, Preisser AM. Does working in an extremely cold environment affects lung function?: 10 years follow-up. *Int Arch Occup Environ Health.* 2023;96:1039-48.
164. Norqvist J, Eriksson L, Söderström L, Lindberg A, Stenfors N. Self-reported physician-diagnosed asthma among Swedish adolescent, adult and former elite endurance athletes. *J Asthma.* 2015;52:1046-53.
165. Eklund LM, Irewall T, Lindberg A, Stenfors N. Prevalence, age at onset, and risk factors of self-reported asthma among Swedish adolescent elite cross-country skiers. *Scand J Med Sci Sports.* 2018;28:180-6.
166. Karjalainen EM, Laitinen A, Sue-Chu M, Altraja A, Bjermer L, Laitinen LA. Evidence of airway inflammation and remodeling in ski athletes with and without bronchial hyperresponsiveness to methacholine. *Am J Respir Crit Care Med.* 2000;161:2086-91.
167. Couto M, Stang J, Horta L, Stensrud T, Severo M, Mowinckel P, et al. Two distinct phenotypes of asthma in elite athletes identified by latent class analysis. *J Asthma.* 2015;52:897-904.
168. Sjöström R, Söderström L, Klockmo C, Patrician A, Sandström T, Björklund G, et al. Qualitative identification and characterisation of self-reported symptoms arising in humans during experimental exposure to cold air. *Int J Circumpolar Health.* 2019;78:1583528.

169. Koskela H, Tukiainen H, Kononoff A, Pekkarinen H. Effect of whole-body exposure to cold and wind on lung function in asthmatic patients. *Chest*. 1994;105:1728-31.
170. Schwartz J. Who is sensitive to extremes of temperature?: A case-only analysis. *Epidemiology*. 2005;16:67-72.
171. McCormack MC, Paulin LM, Gummerson CE, Peng RD, Diette GB, Hansel NN. Colder temperature is associated with increased COPD morbidity. *Eur Respir J*. 2017;49.
172. Arnup ME, Mendella LA, Anthonisen NR. Effects of cold air hyperpnea in patients with chronic obstructive lung disease. *Am Rev Respir Dis*. 1983;128:236-9.
173. Ramsdale EH, Morris MM, Roberts RS, Hargreave FE. Bronchial responsiveness to methacholine in chronic bronchitis: relationship to airflow obstruction and cold air responsiveness. *Thorax*. 1984;39:912-8.
174. Schaefer O, Eaton RD, Timmermans FJ, Hildes JA. Respiratory function impairment and cardiopulmonary consequences in long-time residents of the Canadian Arctic. *Can Med Assoc J*. 1980;123:997-1004.
175. Rode A, Shephard RJ. The ageing of lung function: cross-sectional and longitudinal studies of an Inuit community. *Eur Respir J*. 1994;7:1653-9.
176. Iavicoli I, Gambelunghe A, Magrini A, Mosconi G, Soleo L, Vigna L, et al. Diabetes and work: The need of a close collaboration between diabetologist and occupational physician. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2019;29:220-7.
177. American Diabetes Association. Diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care*. 2010;33:S62-9.
178. Stansberry KB, Hill MA, Shapiro SA, McNitt PM, Bhatt BA, Vinik AI. Impairment of peripheral blood flow responses in diabetes resembles an enhanced aging effect. *Diabetes Care*. 1997;20:1711-6.
179. Song X, Jiang L, Zhang D, Wang X, Ma Y, Hu Y, et al. Impact of short-term exposure to extreme temperatures on diabetes mellitus morbidity and mortality? A systematic review and meta-analysis. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2021;28:58035-49.
180. Winocour PH, Mitchell WS, Gush RJ, Taylor LJ, Baker RD. Altered hand skin blood flow in type 1 (insulin-dependent) diabetes mellitus. *Diabet Med*. 1988;5:861-6.
181. Mitchell WS, Winocour PH, Gush RJ, Taylor LJ, Baker RD, Anderson DC, et al. Skin blood flow and limited joint mobility in insulin-dependent diabetes mellitus. *Br J Rheumatol*. 1989;28:195-200.
182. Kenny GP, Sigal RJ, McGinn R. Body temperature regulation in diabetes. *Temperature (Austin)*. 2016;3:119-45.
183. Feldman EL, Callaghan BC, Pop-Busui R, Zochodne DW, Wright DE, Bennett DL, et al. Diabetic neuropathy. *Nat Rev Dis Primers*. 2019;5:41.
184. Thomsen NO, Cederlund R, Rosén I, Björk J, Dahlin LB. Clinical outcomes of surgical release among diabetic patients with carpal tunnel

- syndrome: prospective follow-up with matched controls. *J Hand Surg Am.* 2009;34:1177-87.
185. Konen JC, Curtis LG, Summerson JH. Symptoms and complications of adult diabetic patients in a family practice. *Arch Fam Med.* 1996;5:135-45.
186. Stjernbrandt A, Carlsson D, Pettersson H, Liljelind I, Nilsson T, Wahlström J. Cold sensitivity and associated factors: a nested case-control study performed in Northern Sweden. *Int Arch Occup Environ Health.* 2018;91:785-97.
187. Khabbazi A, Farzaneh R, Mahmoudi M, Shahi M, Jabbaripour Sarmadian A, Babapour E, et al. Cold intolerance and associated factors: a population study. *Sci Rep.* 2022;12:18029.
188. Thomsen NO, Cederlund RI, Andersson GS, Rosén I, Björk J, Dahlin LB. Carpal tunnel release in patients with diabetes: a 5-year follow-up with matched controls. *J Hand Surg Am.* 2014;39:713-20.
189. Dahlin LB, Eriksson KF, Sundkvist G. Persistent postoperative complaints after whole sural nerve biopsies in diabetic and non-diabetic subjects. *Diabet Med.* 1997;14:353-6.
190. Li Y, Lan L, Wang Y, Yang C, Tang W, Cui G, et al. Extremely cold and hot temperatures increase the risk of diabetes mortality in metropolitan areas of two Chinese cities. *Environ Res.* 2014;134:91-7.
191. Yang J, Yin P, Zhou M, Ou CQ, Li M, Liu Y, et al. The effect of ambient temperature on diabetes mortality in China: A multi-city time series study. *Sci Total Environ.* 2016;543:75-82.
192. Vallianou NG, Geladari EV, Kounatidis D, Geladari CV, Stratigou T, Dourakis SP, et al. Diabetes mellitus in the era of climate change. *Diabetes Metab.* 2021;47:101205.
193. Weadock V. Winter woes. *Occup Health Saf.* 2003;72:46-8, 50-1.
194. Ikäheimo TM, Jokelainen J, Hassi J, Hiltunen L, Keinänen-Kiukaanniemi S, Laatikainen T, et al. Diabetes and impaired glucose metabolism is associated with more cold-related cardiorespiratory symptoms. *Diabetes Res Clin Pract.* 2017;129:116-25.
195. Haupt A, Berg B, Paschen P, Dreyer M, Häring HU, Smedegaard J, et al. The effects of skin temperature and testing site on blood glucose measurements taken by a modern blood glucose monitoring device. *Diabetes Technol Ther.* 2005;7:597-601.
196. Mäkinen TM, Jokelainen J, Näyhä S, Laatikainen T, Jousilahti P, Hassi J. Occurrence of frostbite in the general population--work-related and individual factors. *Scand J Work Environ Health.* 2009;35:384-93.
197. Moen K, Stjernbrandt A. A prospective study on local cold injuries in northern Sweden. *Int J Circumpolar Health.* 2022;81:2149381.
198. Pienimäki T. Cold exposure and musculoskeletal disorders and diseases. A review. *Int J Circumpolar Health.* 2002;61:173-82.
199. Sormunen E, Remes J, Hassi J, Pienimäki T, Rintamäki H. Factors associated with self-estimated work ability and musculoskeletal symptoms

- among male and female workers in cooled food-processing facilities. *Ind Health*. 2009;47:271-82.
200. Aasmoe L, Bang BE, Egeness C, Lochen ML. Musculoskeletal symptoms among seafood production workers in North Norway. *Occup Med (Lond)*. 2008;58:64-70.
201. Racinais S, Oksa J. Temperature and neuromuscular function. *Scand J Med Sci Sports*. 2010;20:1-18.
202. Lapossy E, Gasser P, Hrycaj P, Dubler B, Samborski W, Muller W. Cold-induced vasospasm in patients with fibromyalgia and chronic low back pain in comparison to healthy subjects. *Clin Rheumatol*. 1994;13:442-5.
203. Oksa J, Rintamäki H, Rissanen S. Muscle performance and electromyogram activity of the lower leg muscles with different levels of cold exposure. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1997;75:484-90.
204. Burström L, Järvholm B, Nilsson T, Wahlström J. Back and neck pain due to working in a cold environment: a cross-sectional study of male construction workers. *Int Arch Occup Environ Health*. 2013;86:809-13.
205. Dovrat E, Katz-Leurer M. Cold exposure and low back pain in store workers in Israel. *Am J Ind Med*. 2007;50:626-31.
206. Skandfer M, Talykova L, Brenn T, Nilsson T, Vaktskjold A. Low back pain among mineworkers in relation to driving, cold environment and ergonomics. *Ergonomics*. 2014;57:1541-8.
207. Sundstrup E, Jakobsen MD, Brandt M, Jay K, Persson R, Andersen LL. Central Sensitization and Perceived Indoor Climate among Workers with Chronic Upper-Limb Pain: Cross-Sectional Study. *Pain Res Treat*. 2015;2015:793750.
208. Hildebrandt VH, Bongers PM, Dijk FJHv, Kemper HCG, Dul J. The influence of climatic factors on non-specific back and neck-shoulder disease. *Ergonomics*. 2002;45:32-48.
209. Piedrahita H, Punnett L, Shahnavaiz H. Musculoskeletal symptoms in cold exposed and non-cold exposed workers. *Int J Ind Econ*. 2004;34:271-8.
210. Stjernbrandt A, Hoftun Farbu E. Occupational cold exposure is associated with neck pain, low back pain, and lumbar radiculopathy. *Ergonomics*. 2022;65:1276-85.
211. Lewis C, Stjernbrandt A, Wahlström J. The association between cold exposure and musculoskeletal disorders: a prospective population-based study. *Int Arch Occ Env Hea*. 2023;96:565-75.
212. Farbu EH, Skandfer M, Nielsen C, Brenn T, Stubhaug A, Höper AC. Working in a cold environment, feeling cold at work and chronic pain: a cross-sectional analysis of the Tromso Study. *BMJ Open*. 2019;9:e031248.
213. Farbu EH, Höper AC, Brenn T, Skandfer M. Is working in a cold environment associated with musculoskeletal complaints 7-8 years later? A longitudinal analysis from the Tromso Study. *Int Arch Occup Environ Health*. 2021;94:611-9.

214. Elsner G, Nienhaus A, Beck W. Berufsbedingte degenerative Diskopathien im Lendenwirbelsäulenbereich. *Soz Präventivmed.* 1997;42:144-54.
215. Chiang HC, Chen SS, Yu HS, Ko YC. The occurrence of carpal tunnel syndrome in frozen food factory employees. *Gaoxiong Yi Xue Ke Xue Za Zhi.* 1990;6:73-80.
216. Yagev Y, Gringolds M, Karakis I, Carel RS. Carpal tunnel syndrome: under-recognition of occupational risk factors by clinicians. *Ind Health.* 2007;45:820-2.
217. Stjernbrandt A, Vihlborg P, Wahlström V, Wahlström J, Lewis C. Occupational cold exposure and symptoms of carpal tunnel syndrome - a population-based study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2022;23.
218. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. 2014 TLVs and BEIs: Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists; 2014.
219. Hassi J, Huurre M. Företagshälsovård vid arbete i kallt klimat. Hassi J, Mäkinen T, Holmér I, Påsche A, Risikko T, Toivonen L, et al., redaktörer. *Handbok för kallt arbete.* Stockholm: Arbetslivsinstitutet; 2002.
220. Stjernbrandt A. Cold exposure and health: A study on neurological and vascular hand symptoms in northern Sweden [Avhandling] 2021.
221. Palmer KT, Cullinan P. *Fitness for work: The medical aspects.* 5 uppl. Oxford: Oxford University Press; 2013. Kapitel 18, Respiratory disorders; 372-397.
222. Price AE, Petch MC. *Fitness for work: The medical aspects.* 5 uppl. Oxford: Oxford University Press; 2013. Kapitel 17, Cardiovascular disorders; 351-371.
223. O'Donnell A-M, Little C. *Fitness for work: The medical aspects.* 5 uppl. Oxford: Oxford University Press; 2013. Kapitel 12, Orthopaedics and trauma of the limbs; 233-267.
224. Wigley FM, Flavahan NA. Raynaud's Phenomenon. *N Engl J Med.* 2016;375:556-65.
225. Garner R, Kumari R, Lanyon P, Doherty M, Zhang W. Prevalence, risk factors and associations of primary Raynaud's phenomenon: systematic review and meta-analysis of observational studies. *BMJ Open.* 2015;5:e006389.
226. Maricq HR, Carpentier PH, Weinrich MC, Keil JE, Franco A, Drouet P, et al. Geographic variation in the prevalence of Raynaud's phenomenon: Charleston, SC, USA, vs Tarentaise, Savoie, France. *J Rheumatol.* 1993;20:70-6.
227. Carlsson D, Burström L, Lilliesköld VH, Nilsson T, Nordh E, Wahlström J. Neurosensory sequelae assessed by thermal and vibrotactile perception thresholds after local cold injury. *Int J Circumpolar Health.* 2014;73.

228. Burström L, Björ B, Nilsson T, Pettersson H, Rödin I, Wahlström J. Thermal perception thresholds among workers in a cold climate. *Int Arch Occup Environ Health*. 2017;90:645-52.
229. Campbell DA, Kay SP. What is cold intolerance? *J Hand Surg Br*. 1998;23:3-5.
230. Carlsson IK, Dahlin LB. Self-reported cold sensitivity in patients with traumatic hand injuries or hand-arm vibration syndrome - an eight year follow up. *BMC Musculoskelet Disord*. 2014;15:83.
231. Zeng P, Bengtsson C, Klareskog L, Alfredsson L. Working in cold environment and risk of developing rheumatoid arthritis: results from the Swedish EIRA case-control study. *RMD Open*. 2017;3:e000488.
232. Reed HL, Reedy KR, Palinkas LA, Van Do N, Finney NS, Case HS, et al. Impairment in cognitive and exercise performance during prolonged antarctic residence: effect of thyroxine supplementation in the polar triiodothyronine syndrome. *J Clin Endocrinol Metab*. 2001;86:110-6.
233. Palinkas LA. Mental and cognitive performance in the cold. *Int J Circumpolar Health*. 2001;60:430-9.
234. Eccles R. An explanation for the seasonality of acute upper respiratory tract viral infections. *Acta Otolaryngol*. 2002;122:183-91.
235. Falla M, Micarelli A, Hufner K, Strapazzon G. The Effect of Cold Exposure on Cognitive Performance in Healthy Adults: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18.
236. Ramsey JD, Burford CL, Beshir MY, Jensen RC. Effects of workplace thermal conditions on safe work behavior. *J Saf Res*. 1983;14:105-14.
237. Knardahl S, Medbø JI, Strøm V, Jebens E. *Utredning om virkninger av arbeid i kalde omgivelser*. Oslo: STAMI; 2010.

Appendix

Bilaga 1. Söksträng för den systematiska litteratursökningen

Block 1: Kall miljö

Exp cold/ OR Cold temperature*.ti,ab,kw. OR Low temperature*.ti,ab,kw. OR Freezing.ti,ab,kw. OR Cold environment*.ti,ab,kw. OR Cold condition*.ti,ab,kw. OR exp extreme cold weather/ OR Extreme cold.ti,ab,kw. OR (Cold* adj3 Wet*).ti,ab,kw. OR (Cold* adj3 damp*).ti,ab,kw. OR (Cold* adj3 Rain*).ti,ab,kw. OR (Cold* adj3 Snow*).ti,ab,kw. OR exp cold climate/ OR Cold climate*.ti,ab,kw. OR Polar region*.ti,ab,kw. OR Antarctic*.ti,ab,kw. OR (Cold adj3 stress).ti,ab,kw. OR Sub-zero.ti,ab,kw. OR Below zero.ti,ab,kw. OR Cold work*.ti,ab,kw. OR Cold related.ti,ab,kw. OR Winter weather.ti,ab,kw. OR Cold weather.ti,ab,kw. OR (Work* adj3 Cold).ti,ab,kw. OR Cold exposure.ti,ab,kw. OR exp Arctic/ OR Arctic.ti,ab,kw. OR (low adj3 temperature*).ti,ab,kw. OR Wind chill.ti,ab,kw. OR Circumpolar.ti,ab,kw. OR Contact cooling.ti,ab,kw. OR Cold object*.ti,ab,kw.

Block 2: Arbete

Exp occupation/ OR Industr*.ti,ab,kw. OR exp employment/ OR employment*.ti,ab,kw. OR exp occupational exposure/ OR (Work* adj3 environment*).ti,ab,kw. OR Occupational exposure*.ti,ab,kw. OR Work related.ti,ab,kw. OR Job related.ti,ab,kw. OR Employe*.ti,ab,kw. OR exp workplace/ OR Workplace*.ti,ab,kw. OR Work place*.ti,ab,kw. OR Occupational.ti,ab,kw. OR exp work/ OR job.ti,ab,kw. OR exp army/ OR military.ti,ab,kw. OR exp personnel/ OR labo?r.ti,ab,kw. OR Defence force.ti,ab,kw. OR air force.ti,ab,kw. OR conscript*.ti,ab,kw. OR navy.ti,ab,kw.

Block 3: Riskbedömning

Exp risk assessment/ OR Risk Assessment*.ti,ab,kw. OR Safety analys*.ti,ab,kw. OR risk adjustment*.ti,ab,kw. OR Risk Analys*.ti,ab,kw. OR Risk-Benefit Assessment*.ti,ab,kw. OR exp risk management/ OR Risk* Management*.ti,ab,kw. OR Risk Reporting*.ti,ab,kw. OR Risk Report*.ti,ab,kw. OR Incident* Report*.ti,ab,kw. OR Preventive measure*.ti,ab,kw. OR exp occupational safety/ OR occupational safety.ti,ab,kw. OR exp protective clothing/ OR Insulation clothing*.ti,ab,kw. OR exp health care planning/ OR Health Planning Guideline*.ti,ab,kw. OR (Guideline* adj3 Health Plan*).ti,ab,kw. OR Health Planning Recommendation*.ti,ab,kw. OR exp practice guideline/ OR guideline*.ti,ab,kw. OR ISO.ti,ab,kw. OR Occupational safety plan*.ti,ab,kw. OR Occupational health care plan*.ti,ab,kw. OR Primary prevent*.ti,ab,kw. OR Secondary prevent*.ti,ab,kw. OR exp accident prevention/ OR Injur* prevent*.ti,ab,kw. OR exp safety/ OR Code of practic*.ti,ab,kw. OR Threshold limit*.ti,ab,kw. OR Legislation*.ti,ab,kw. OR Intervention*.ti,ab,kw. OR Standard*.ti,ab,kw. OR guide*.ti,ab,kw. OR prevent*.ti,ab,kw.

Bilaga 2. Bedömning av risk för bias

Studie	Hälsoutfall	Exponering	Studiedesign	Studiestorlek	Svarsfrekvens	Total poäng
	Inte tydligt definierat (0)	Inte tydligt definierad (0)	Inte beskriven/annan (0)	Inte beskriven (0)	Inte beskriven (0)	
	Subjektivt rapporterat (1)	Subjektivt definierad (1)	Tvärsnitt (1)	Mindre än 50 personer (1)	Lägre än 70 % eller bortfall vid uppföljning högre än 30 % (1)	
	Diagnosticerat via sjukvården (2)	Objektivt definierad (2)	Longitudinell (2)	Mer än 50 personer (2)	Högre än 70 % eller bortfall vid uppföljning lägre än 30 % (2)	
Olesen 1995 [61]	0	0	0	0	0	0
Holmér 2001 [62]	0	2	0	0	0	2
Mäkinen et al. 2002 [63]	0	1	1	0	0	2
Hassi et al. 2003 [64]	0	2	1	0	0	3
Besnard et al. 2004 [65]	0	0	0	0	0	0
Risikko et al. 2008 [66]	1	1	2	2	1	7
Gao et al. 2008 [67]	1	1	1	2	2	7
Noroozi et al. 2014 [68]	0	1	0	0	0	1
Ceballos et al. 2015 [69]	0	2	1	2	0	5
Jussila et al. 2017 [70]	1	2	1	2	0	6
Tirloni et al. 2018 [71]	1	2	1	2	0	6
Tsang et al. 2018 [72]	0	2	0	0	0	2
Golbabaie et al. 2022 [73]	1	2	1	1	0	5