



CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Ergonomiförbättringar på SKF

- Framtagna lösningsförslag som förbättrar ergonomin

Examensarbete inom högskoleprogrammet maskinteknik

Sabira Becic och Kim Jansson

Institutionen för Teknikens ekonomi och organisation
Avdelningen för Operations Management
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2014
Examensarbete E2014:059

EXAMENSARBETE. E2014:059

Ergonomiförbättringar på SKF

Framtagna lösningsförslag som förbättrar ergonomin

Sabira Becic

Kim Jansson

Institutionen för teknikens ekonomi och organisation
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2014

Ergonomiförbättringar på SKF

- Framtagna lösningsförslag som förbättrar ergonomin

Sabira Becic

Kim Jansson

© Sabira Becic, Kim Jansson 2014

Examensarbete E2014:059

Institutionen för teknikens ekonomi och organisation

Chalmers tekniska högskola

SE-412 96 Göteborg

Sverige

Telefon + 46 (0)31-772 1000

Sammanfattning

Att industrin har en ergonomisk bra arbetsmiljö är viktigt för att tillverkningsprocessen ska bli effektiv. Enligt SKF är människan den mest värdefulla resursen och det är varje anställds rätt att ha en säker och motiverande arbetsmiljö. SKF är ett svenskt företag som har huvudfokus på att producera lager, tätningar och kopplingssystem. De saluför en otalig mängd av lager med olika konstruktion och dimensioner. På en avdelning inom SKF tillverkas speciella grafitlager som inte ligger i den vanliga automatiserade produktionen utan tillverkas i mindre partier. En del av arbetet på avdelning sker manuellt och specifikt är det på stationen som monterar i grafitsegment som arbetsmiljön analyseras. Förslag på förbättringar som gagnar ergonomin på denna arbetsstation presenteras. Rapporten behandlar hur produktionen kan bibehållas eller ökas utifrån systemnivå. Vad ergonomi är samt dess effekter och symptom kommer studeras och förklaras. Första två frågeställningar som besvaras i rapporten är 'vad är ergonomi och vilka effekter och symptom som kan fås av dålig ergonomi'. Med kunskap om hur fysiska belastningar påverkar kroppen så söks åtgärder för att förbättra ergonomin på arbetsstationen. Dessa frågor besvaras i första teorikapitel i rapporten och en sammanfattning av svaren är: samspelet mellan människan och den fysiska, psykiska och sociala arbetsmiljön eller med andra ord, samspelet människa, arbetsuppgifter och den omgivande miljön.

Produktiviteten studeras ur ett bredare perspektiv där fler delar i processen analyseras. Nästa frågeställning som besvaras i rapporten är 'hur påverkar förändringar på systemnivå produktiviteten'. Frågeställningen omfattar olika delar, den största delen är inköp av lager. När lager beställs in som har en plasthållare pressas de isär utan att de bildas spånor. Då varken tvättas och torkas lagren, vilket gör att ledtiderna minskar med ungefär tre dagar. Slutsatsen är att göra ändring vid inköp så att alla lagermodeller har en plasthållare

En tidigare studier visar att det föreligger ett ergonomiproblem på denna arbetsstation och att det är i stort behov av att åtgärdas. I den insamlade information som ligger till grund för projektet finns tidigare utarbetat material om de ergonomiproblem som finns på avdelningen samt flöden och ledtidens beskaffenhet. Det utfördes en kvalitativ informationsinsamling i form av en intervjustudie där problemområden lokaliserades. Genom samtal med handledare på SKF införskaffades information som inte kunde finnas vid teoristudier. Dessa olika informationskanalernas bidrag skapar en möjlighet att generera lösningsförslag utifrån systematisk konstruktions tillvägagångssätt gällande produktframtagning.

De sista två frågeställningar som rapporten behandlar är 'vilka åtgärder kan göras för att förbättra ergonomin på arbetsstationen HTB2 där monotona arbetsuppgifter utförs vid grafitmonteringen' och 'vad kan göras för att bibehålla eller öka produktionen efter att ergonomiproblemet är löst'.

Förbättringar på arbetsstationen delas in i tre områden: stationslayout, kroppshållning och sittställning samt underlättande av finmotorik. Den slutgiltiga lösningen består alltså av flera delar som tillsammans löser ergonomiproblemet med bibehållen eller ökad produktion. De tre bilderna nedan visar de slutgiltiga lösningar. För att maximera produktionen ska en ombyggnation göras (se bild 1) där fyra personer arbetar åt gången samtidigt som de använder två olika hjälpmedel (se bild 2 och bild 3). Bild 2 visar ett hjälpmedel där en upprätt

sittställning kan hållas samtidigt som glasögonen har en förstoring vilket gör att arbetsuppgiften underlättas. Bild 3 är ett hjälpmedel som underlättar utförandet av arbetsuppgiften. I produktionsprocessen av grafitlagren finns flera förädlingsmoment och dessa studeras för att hitta moment som kan förbättra produktiviteten på systemnivå. Analysen visar på att omstrukturering av rutiner och fokusering på att lösa specifika problem i områden som inköp, tvätt och torkning av lager samt försäljning ger positiva effekter på hela processen. En lyckad implementering av de framtagna förslagen ger ökad produktivitet genom kortare ledtider samt en förbättrad arbetsmiljö både på och utanför arbetsstationen.

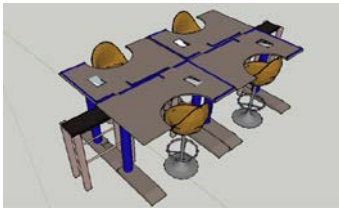


Bild 1.
Ombyggnation av
arbetsplatsen



Bild 2. Hjälpmedel
som underlättar
nackbesvär och
finmotorik (Optergo)



Bild 3. Hjälpmedel som
underlättar vid finmotorik

Nyckelord: Ergonomi, Produktivitet, Manuellt arbete

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	2
1.3 Avgränsningar	2
1.4 Precisering av frågeställningen	2
2. Teoretisk referensram	3
2.1 Vad är ergonomi	3
2.1.1 Fysiska faktorer	3
2.1.2 Psykosociala faktorer.....	3
2.2 Sittande arbete	4
2.3 Finmotorik och statisk påfrestning	5
2.4 Stress	6
2.5 Buller	6
2.6 Produktutvecklingsprocessen	6
2.6.1 Systematisk konstruktion.....	6
2.6.2 Förstudie	7
2.6.3 Produktspecificering.....	7
2.6.4 Konceptgenerering	8
2.6.5 Utvärdering och val av koncept.....	9
2.7 Problematiken med lösningsfokusering	9
2.8 Drylube -och Segmentlager	10
3. Metod	11
3.1 Problembeskrivning från SKF	11
3.2 Tidigare rapporter på Exopar	11
3.3 Frågeställningar - Problemprecisering.....	11
3.4 Generisk problemlösning på systemnivå.....	11
3.5 Informationsinsamling - intervjuer.....	12
3.6 Analysetod - Produktutveckling med systematisk konstruktion.....	12
3.7 Konceptgenerering	12
3.8 Eliminering av lösningsalternativ	12
3.9 Värdering av arbetet.....	13
4. Resultat	14
4.1 Intervju	14
4.2 Inköp till försäljning	16
4.3 Produktionshastighet	16
4.4 Drylube –och segmentlager	16
5. Analys	19
5.1 Lösningsförslag - arbetsstation	22
5.1.1 Stationsprototyp 1.....	22
5.1.2 Stationsprototyp 2.....	22
5.1.3 Stationsprototyp 3.....	23
5.1.3 Stationsprototyp 3.....	23
5.1.4 Elimineringmatriser av arbetsstationer.....	23
5.2 Lösningsförslag på hjälpmedel – underlätta nackbesvär	24

5.2.1 Lösningförslag 1. Prismaglas.....	24
5.2.2 Lösningförslag 2. Glasögon med förstoring och som vinklar synen nedåt.....	25
5.2.3 Lösningförslag 3. Justerbart hjälpmedel	25
5.2.4 Elimineringssmatris för hjälpmedel som ska underlätta nackbesvär	25
5.3 Lösningförslag på hjälpmedel – underlätta vid finmotorik	26
5.3.1 Lösningförslag 1.....	26
5.3.2 Lösningförslag 2. Prismaglas.....	27
5.3.3 Lösningförslag 3. Glasögon med förstoring.....	27
5.3.4 Lösningförslag 4. "Pez-funktion"	27
5.3.5 Elimineringssmatris för finmotorik	28
5.3.6 Slutsats.....	28
5.3.7 Kostnadsberäkningar	29
5.4 Analys på systemnivå.....	30
5.4.1 Från inköp till montering	31
5.4.2 Analys av Drylube och Segment	31
5.4.3 Försäljning.....	32
6. Slutsatser.....	33
7. Rekommendationer.....	34
8. Diskussion.....	35
8.1 En tredje metod	35
8.2 Ändring i beställning.....	35
8.3 Mer besparing	35
8.4 Ingen användning av klassisk ergonomianalys.....	35
Referenslista	36
Empiri	37
Bilagor	38
Bilaga 1	38

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Ergonomi är ett begrepp som är väldigt brett. Det kan till exempel handla om hur ljud- och ljusnivån på arbetsplatsen påverkar hur individen kan utföra sin uppgift eller hur personen kan utföra uppgiften utan att utsättas för skadliga belastningar vid utförandet.

Belastningsskador uppkommer ofta vid monotona arbetsuppgifter med ensidig belastning på kroppen. I Sverige är belastningsskador en av de vanligaste orsakerna till sjukskrivningar. Varje år anmäls omkring 14 000 arbetsskador som har en anknytning till belastning (www.arbetsmiljuppplysningen.se, 140212). Att kunna skapa en process där ergonomin ligger högt i prioriteringslistan ger positiv följd effekt av att processen blir mer effektiv med ökade möjligheter att utföra momenten snabbt och korrekt. Detta är ett faktum som borde genomsyra och implementeras på alla arbetsplatser för att skapa en konkurrenskraftig produktion (www.av.se, 140718).

Det finns självklart en ekonomisk vinning till att ha en bra arbetsmiljö både ur företagets och samhällets synsätt. Varje år går flera miljarder ur samhällets kassor till att betala för arbetsrelaterade skador. Detta drabbar ju också företagen ekonomiskt till följd av tappad produktion och omstruktureringar men också den psykosociala påverkan det får om en arbetsplats är dålig ur arbetsmiljöperspektiv. Att personalen har en säker och inspirerande arbetsmiljö är något som företaget Svenska Kullager Fabriken eller SKF argumenterar för. SKF är idag ett multinationellt företag med över 40 000 anställda. De startade i Göteborg 1907 med kullagertillverkning, och har idag utvecklats till en stor aktör på världsmarknaden för lager, tätningar och kopplingar vid kraftöverföringar (www.skf.com, 140121). Den avdelning som projektet genomförs inom är en mindre avdelning i Göteborgsfabriken där man i första hand producerar lager med speciella kundönskemål som inte finns i den normala produktionen. De speciella och olika kundkraven på lager gör att varje beställningskvot blir liten i jämförelse med den normala produktionen. En helautomatiserad process skulle bli mycket komplicerad och dyr på grund av de finmotoriska momenten som grafitmonteringen utgör och de många olika dimensioner av lager försvårar också automatiseringen (www.skf.com, 140121).

Lagerna kommer färdiga från en annan fabrik och börjar med att pressas isär för att sedan rengöras och torkas och går sedan vidare i processen. Det är nu vid hopsättningen av lagret som det uppstår rörelser som inte är ergonomiska. Vid montering ska en grafitdistans placeras mellan varje kula i lagret och sedan flyttas lagret över till ett rullband som för det vidare till en automatiserad press. Dessa repetitiva rörelser, att placera de små distanserna i lagret och sedan placeras de på transportbandet i en utåtroterande rörelse, leder efter ett tag till en otillfredsställande arbetsergonomi med risk för förslitningar och värk som följd (Jansson). Det finns tidigare studier som visar på att det föreligger ett ergonomiproblem på denna arbetsstation och att det är i stort behov av att åtgärdas. Exopar heter avdelningen som tillverkar special-lager. De flyttade till nya lokaler 2011 och tog då kontakt med företaget Feelgood för råd och analys avseende arbetsstationen HTB2 som hade byggts upp. Feelgood utförde en arbets säkerhetsanalys över hur ergonomin och de olika momenten på arbetsstationen såg ut. Resultatet blev ett dokument där arbetet delas upp i moment, risk, bedömning och eventuellt kommentarer på nödvändiga åtgärder (se bilaga 1). De flesta åtgärder har dock uteblivit på grund av tidsbrist. Dokumentet har använts som underlag och en garant för att arbetsbelastningsproblem verkligen finns.

1.2 Syfte

Syftet med projektet är att ge förslag som kan förbättra ergonomin på arbetsstationen HTB2, samt att belysa produktiviteten ur ett helhetsperspektiv

1.3 Avgränsningar

Lagerprocessen består av sex delar: inköp – demontering – rengöring – montering – förpackning – försäljning. Förpackning kommer inte analyseras då detta inte påverkar ergonomin på arbetsstation HTB2 och rapporten tar upp vissa delar av inköp och försäljning.

De framtagna lösningsalternativen bör inte överstiga en investeringskostnad på 300 000 kr.

1.4 Precisering av frågeställningen

Projektet kommer i huvudsak att avhandla lösningar på ett ergonomiproblem. För att få en bra grund till vad ergonomi är så kommer frågan nedan att besvaras. Frågan är uppdelad i två delar.

- *Vad är ergonomi och vilka effekter och symptom som kan fås av dålig ergonomi.*

Projektet är uppdelat i två olika delar. Den ena delen är att titta på lösningar som löser ergonomiproblemet på stationen HTB2. Den andra delen är att se problemet ur ett helhetsperspektiv och göra analyser på systemnivå för att se vilka faktorer som kan förbättra produktiviteten samt att se vilka faktorer som har indirekt påverkan på ergonomin på HTB2. Frågan som kommer att besvaras är:

- *Hur påverkar förändringar på systemnivå produktiviteten?*

Svaret kommer att innefatta hela produktionsprocessen som behandlar segment- eller grafitlagerna som det också omnämns som, samt den nya lagertypen Drylube. Om man skapar separata dellösningar på alla aktiviteter i processen kan det leda till en ökad produktivitet om ledtiderna minskas.

De sista frågeställningarna i rapporten är:

- *Vilka åtgärder kan göras för att förbättra ergonomin på arbetsstationen HTB2 där monotona arbetsuppgifter utförs vid grafitmonteringen?*
- *Vad kan göras för att bibehålla eller öka produktion efter att ergonomiproblemet är löst?*

Den komplexa slutprodukten som ska genereras kräver att tre områden hanteras var för sig. Stationens layout, operatörernas kroppshållning och sittställning samt underlättande av finmotorik. Dessa tre summeras sedan till en slutlösning.

2. Teoretisk referensram

Det här kapitlet börjar med att besvara första frågeställningen från föregående kapitel som är 'vad är ergonomi och vilka effekter kan fås av dålig ergonomi' och fortsätter med att beskriva vilka arbetsområden som rekommenderas för att uppnå bra ergonomi på arbetsplatser.

Eftersom grafitmonteringen på HTB2 är en uppgift som är finmotorisk handlar nästa avsnitt om finmotorik och statisk påfrestning. Det fjärde avsnittet i detta kapitel behandlar två av nutidens stora arbetsmiljöproblem, stress och buller (www.av.se, 140315, 140218). Dessa faktorer kan upplevas på avdelningen Exopar och här behandlas vilka effekter som kan fås av dessa två. Nästa delkapitel behandlar produktutvecklingsprocessen. I detta avsnitt framgår bland annat vilken struktur projektet kommer att följa och därefter kommer en beskrivning av varför projektet kommer att utföras på detta sätt. En morfologisk- och elimineringsmatris redogörs här. Dessa två matriser kommer att användas senare i projektet. Drylube och segment är två olika lagertyper med liknande egenskaper som produceras på olika sätt och de riktar mot samma kunder, varför det avslutande avsnittet tar upp dessa två lagertyper.

2.1 Vad är ergonomi

Enligt Arbetsmiljöverket definieras ergonomi som "samspelet mellan människan och den fysiska, psykiska och sociala arbetsmiljön eller med andra ord, samspelet människa, arbetsuppgifter och den omgivande miljön" (www.av.se, 140211). Som tidigare nämnts och utifrån definitionen ovan kan man förstå att ergonomi är väldigt brett.

2.1.1 Fysiska faktorer

Många av arbetsskadorna uppstår när kroppen felbelastas (www.arbetsmiljöupplysningen.se, 140319). All fysisk belastning i arbetet är inte skadligt. Några exempel som kan leda till arbetsskador är dålig lyftteknik vid tunga lyft, ensidig och upprepande rörelser, dålig utrustning och felutformade arbetsplatser. Då kroppen utsätts för belastning, både i korta- och långa perspektiv, har tiden som kroppen utsätts en viktig betydelse. Värk, stelhet och trötthet i musklerna är några tecken på att skador kan uppkomma. Dessa signaler ska uppmärksammas för att kunna sätta igång med åtgärder så fort som möjligt (Bohgard *et al.*, 2010). Vid repetitiva rörelser där belastningen är låg kan det ta flera år för skador att utvecklas. Våra leder är mycket känsliga för just dessa repetitiva rörelserna och dess komplexa utformning med rörelsemönster i upp till tre dimensioner gör att om en skada uppkommer kan läkningsprocessen ta flera år (Berlin). Oftast är det först när det inträffar ett ergonomiskt problem som företagen tar upp problemet och börjar fundera på hur man utformar en ergonomiskt bra arbetsplats, istället för att göra det från början (www.arbetsmiljöupplysningen.se, 140319). Belastningar kan förebyggas genom arbetsväxling/rotation, variera arbetsställningen, korta pauser eller andra faktorer som ökar variationen i arbetet. Ergonomi handlar om att anpassa arbetet efter individens olika behov och inte tvärtom. Målet på en arbetsplats måste vara att skapa arbetsuppgifter med en hälsosam variation av bra arbetsrörelser.

2.1.2 Psykosociala faktorer

Psykosocial arbetsmiljö är väldigt omfattande. Det handlar om sådant som till exempel att ha möjlighet till personlig utveckling i jobbet, att ha en trygg anställning och att det ska vara en trivsamt arbetsplats (www.suntliv.se, 140408). Ensidigt och upprepat arbete ger små

möjligheter till både personlig- och yrkesmässig utveckling, vilket leder till understimulans som i sin tur kan bidra till ohälsa (www.av.se, 140218). En annan form av understimulering är att inte vara efterfrågad i arbetet eller att ha för lite att göra, som också kan vara psykiskt påfrestande. En stressig arbetsmiljö kan bidra till att problemen förvärras.

2.2 Sittande arbete

De flesta arbetsställningar kan utföras utan att någon skada uppkommer om de inte upprepas ofta eller pågår under en längre tid (www.av.se, 140407). Arbetsställningar som är kraftigt vridna, böjda eller sträckta ökar risken för skador. En arbetsplats som är väl utformad för sittande arbete kännetecknas av att personalen kan arbeta i en ställning med överarmarna nära kroppen och med sänka axlar. Arbetsuppgifterna ska utföras med avspända axlar och verktygen nära kroppen så att armarna hålls nära kroppen inom underarmsavståndet, som benämns på bilden nedan som "inre arbetsområde", för att minska skaderisken.

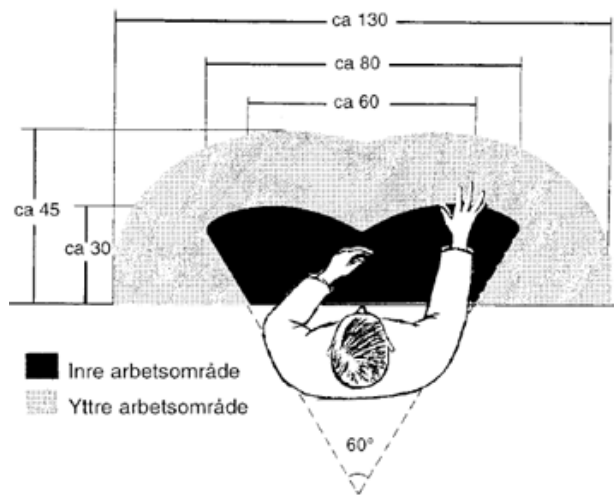


Bild 4. Arbetsområden för händerna. Måtten är i centimeter (Arbetsmiljöverket).

Oavsett om ett arbete utförs stående eller sittande så är den mest lämpade arbetshöjden i de flesta arbeten armbågshöjd. Att kunna anpassa arbetshöjden till personalen är viktigt. Det bästa sättet att åstadkomma detta är genom att ha arbetsbord och arbetsstol som är reglerbara. Det är även viktigt att arbetsstolens ryggstöd går att justera (www.av.se, 140407). I bilden nedan visas lämpliga arbetshöjder med den ytan som är mörkare och de arbetsställningar som är mindre lämpliga är markerade med en ljusare yta.

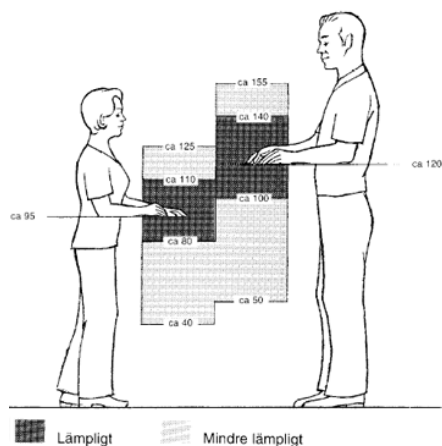


Bild 5. Lämpliga arbetshöjder för personer med olika längder. Måtten är i centimeter (Arbetsmiljöverket).

Arbetsmiljöverket tipsar att dessa punkter ska uppnås för att man ska belasta rätt:

- Ha arbetsredskapen nära kroppen
- Variera arbetsställningen
- Ta korta pauser
- Stå gärna upp och prata i telefonen
- Stå upp under kafferasten
- Se över stolens och bordets funktioner utnyttja inställningsmöjligheterna.

2.3 Finmotorik och statisk påfrestning

Motorik betyder rörelsemönster eller rörelseförmåga (www.slo.all.se, 140520). Den är indelad i två grupper grov- och finmotorik. Grovmotorik är när de stora kroppsdelarna rör sig som till exempel armar, ben och fötter och de medför rörelser som simma, springa och hoppa. Finmotoriken handlar istället om de mindre kroppsdelarna som exempelvis fingrar, tår och tunga. Rörelsemönstret blir litet och precist, som när man skriver eller vickar på tårna. Vid finmotorik förblir kroppshållningen statisk. Den statiska muskelspänningen leder till trötthet, hämmande av muskelfunktioner och smärta om det inte finns möjligheter till pauser. Den egna kroppstyngden i kombination med repetitiva rörelser leder ofta till överbelastningar av muskulaturen. Finmotorik får ofta följd effekter av att synen ansträngs, vilket kompenseras med att huvudet får en framåtlutad hållning som påverkar nackmuskulaturen och leder till värk om hållningen inte justeras. Rekommendationer för huvudets- och nackens position bestäms av arbetets synkrav och placering av de objekt som observeras (Bohgard *et al.*, 2010). I bilden nedan visas de rekommenderade begränsningarna på 15 grader för att minska besvär i nacken och kunna ha en ergonomisk ställning (Bohnstedt).

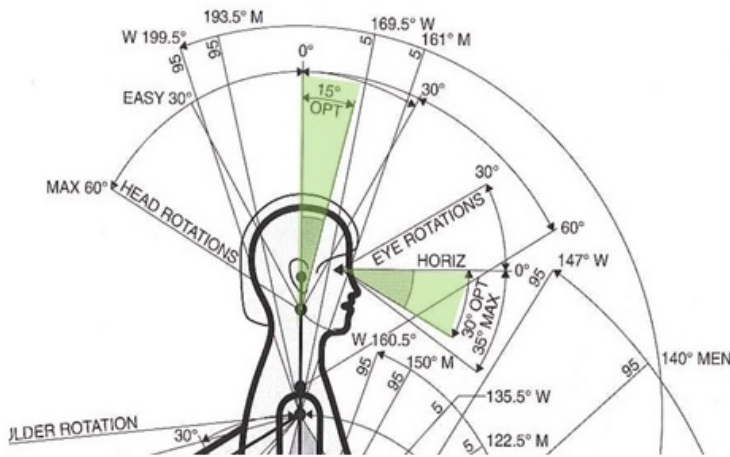


Bild 6. Det gröna området på bilden visar den rekommenderade framåt lutningen på 15 grader (Arbetsmiljöverket).

2.4 Stress

Var tionde kvinna har någon form av besvär av dålig arbetsmiljö och uppger att stress och psykiska påfrestningar är orsaken. Det finns en mängd olika faktorer som kan orsaka negativ stress, några exempel är stor arbetsmängd och ensidiga arbetsuppgifter och dessa kan leda till psykologisk ohälsa. Även här är lösningen att skapa mer variation och att kunna ta pauser vid ensidigt arbete en faktor som bidrar till att förebygga stress (arbetsmiljöupplysningen.se, 140415).

2.5 Buller

Oönskat ljud benämns ofta som buller. Buller har en negativ effekt på arbetsmiljön och kan ge skador, nedsatt arbetsförmåga och motivation. Det ljudtryck man mäter i kallas Decibel (dB) och vid arbetsmiljömätningar används ofta skala-A som är anpassat att efterlikna örats funktion som gör det känsligare vid vissa frekvenser. En (A)-vägd ljudtrycksnivå ligger på för samtal vid 60 dB, motorsåg 90 dB och har en smärtgräns vid 120 dB (www.av.se, 140408). Enligt Arbetsmiljöverket ska dagligt buller exponering vara maximalt 85 dB under åtta timmar och en maximal (A)-vägd ljudtrycksnivå på 115 dB.

2.6 Produktutvecklingsprocessen

2.6.1 Systematisk konstruktion

De första dokumenterade metoderna presenterades i slutet av 70-talet och har där efter i omgångar förnyats (Johannesson *et al.*, 2004). Det beskriver de aktiviteter och steg som används i konstruktionsprocessen. Att använda sig av systematiska eller preskriptiva konstruktionsmetoder bygger på strukturerat arbete efter sex grundsteg: Förstudie, produktspecificering, konceptgenerering, utvärdering och val av koncept, detaljkonstruktion och produktlayout samt det sista steget tillverkningsanpassning. De två sistnämnda stegen förklaras inte då dessa är irrelevanta för rapporten när det inte är en färdig produkt som skall framställas och serietillverkas. Metod för informationsinsamling är en ständigt pågående

process för att ny information senare i ett projekt kan förändra produktens slutgiltiga lösning eller andra generiska lösningar. Det finns argument både för och mot detta arbetsätt. De positiva effekterna är bland annat att de hjälper att fokusera på problemet, stödjer generering och analys av lösningsalternativ, använda checklistor så att viktiga moment inte glöms bort och det blir självdokumenterande. De nackdelar som diskuteras är att de kan hämma kreativiteten, dokumentationen tar tid samt att konstruktionsproblem ofta är unika och en generell metod då kan vara svår att applicera. Men kärnpunkten är ändå att den systematiska metoden angriper och behandlar problemet på ett för många ovanligt sätt. När problem påträffas i vardags så som i den kommunala eller privata sektorn sker arbetet allt som oftast med ett lösningsfokuserat synsätt. Det systematiska analysättet vänder på det hela och tänker problemfokuserat istället, samt bryter ner problemet i de variabler som kommer påverka slutresultatet och det som man vill uppnå med processen, tjänsten eller produkten. Innan detta tankesätt eller metod etablerades var risken att mängder av olika prototyper fick tillverkas och ändras allt eftersom som information och brister hos produkten framkom. Det sättet blir både tidsmässigt och ekonomiskt väldigt påfrestande och ju senare in processen en förändring måste ske ju dyrare och mer komplicerad blir den.

2.6.2 Förstudie

Beroende på vilken typ av projekt som ska genomföras ser förstudien olika ut (Johannesson *et al.*, 2004). Var -och på vilket sätt informationen samlas in är viktigt för den ska sedan vägleda och ligga till grund för de produkt -och formegenskaper som ska tilltala kunden eller segmentet. Ju mer information man kan införskaffa ju tydligare blir de kriterier som behöver finnas med eller absolut inte får finnas med, vilka som är nyckelfaktorer och vad som bara ses som en bonus på slutprodukten. Att börja med ”hur produkten skall vara” innan man förstår vem som skall använda den och vad som är viktigt för den specifika gruppen kan leda till att produkten inte löser problemet eller behovet som kunden har.

2.6.3 Produktspecificering

Ställer frågan *vad* som tillverkas och beskriver målet och den informationen ska vara så pass utförlig att konstruktionslösningar kan genereras (Johannesson *et al.*, 2004). Genom att en förstudie sker så skapas krav- och önskemålskriterier som ligger till grund för att målet uppfyller de behov eller löser problem som förväntas av produkten. Systematisk konstruktion använder checklistor som är en form av matris där produktens livscykel beskrivs, checklistan används för att viktiga delar i produktens livscykel finns med som underlag när krav på produktens beskaffenhet genereras. Sådana viktiga element kan vara ekonomi -och miljöaspekter genom produktens olika faser.

Tabell 1. Exempel på checklista. (Johannesson *et al.*, 2004).

Livscykelphas	Aspekter			
	Process	Miljö	Människa	Ekonomi
Alstring (Utveckling, konstruktion, m m)	1.1	1.2	1.3	1.4
Framställning (Tillverkning, montering, kontroll, lagring, m m)	2.1	2.2	2.3	2.4
Avyttring (Försäljning, distribution, m m)	3.1	3.2	3.3	3.4
Brukning (Installation, användning, underhåll, m m)	4.1	4.2	4.3	4.4
Eliminering (Borttransport, återvinning, förstöring, m m)	5.1	5.2	5.3	5.4

Med denna samlade information ska en kravspecifikation göras. I stora och komplicerade projekt kan dessa kravspecifikationer bli svårhanterliga när krav börjar ställas mot varandra men det finns programvaror som är utvecklade för att vara behjälpliga vid kravhantering.

Tabell 2. Exempel på kravspecifikation. (Johannesson *et al.*, 2004).

Kriterie nr	Cell	Kriterium	Krav=K Ö.mål=Ö	Fkn=F Begr=B
1	1.1	Hållfasthetsberäkning enligt Vägverkets anvisningar	K	B
2	1.2	Miljövänligt material	Ö, 3	Ö
3	1.3	Ej klättringsbar för barn	Ö, 4	B
4	1.4	Utvecklingskostnad < x kSEK	K	B
5	2.1	Tillverkning = Bockning + Svetsning	Ö, 5	B
6	2.2	Tillverkningsprocesser får ej inverka på intern	K	B

2.6.4 Konceptgenerering

Ett koncept kan variera från en skiss som beskriver detaljen till en fullt fungerande produkt beroende på i vilket sammanhang och i vilken typ av industri man agerar inom (Johannesson *et al.*, 2004). I det systematiska konceptgenereringsarbetet är en funktionsanalys ett steg på vägen. Här beskrivs hur ett krav eller önskemål skall kunna realiserats där man skapar delfunktioner som ska försöka lösas med dellösningkoncept. När olika dellösningar är framtagna antingen med systematiska eller kreativa metoder eller en kombination av de båda sammanställs dessa enligt det systematiska konstruktionssättet i en morfologisk matris (Johannesson *et al.*, 2004). Här kombineras de olika dellösningarna för att skapa olika totallösningar som sedermera viktas och jämförs mot varandra senare i framtagningsprocessen. Detta är framförallt viktigt vid komplicerade produkter där ett totalkoncept som lyckas ta hänsyn till alla krav och önskemål är svårt att skapa.

Tabell 3. Exempel på morfologisk matris (Johannesson *et al.*, 2004).

Delfunktion	Dellösningalternativ			
	Volym med rektangulära tvärsnitt	Sfärisk volym	Isolerad påse	
Rymma mat				
Hålla temperatur	Kompressorsystem	Torris fyllning	"Hål i marken"	Husets värmepumpsystem
Ge tillträde	Lucka	Jalusi	Skjutdörr	

2.6.5 Utvärdering och val av koncept

I utvärderingen analyseras de totalkoncept som framkommit under processen och ställs nu i ett värde/kvalitet förhållande mot de krav och önskemål som finns (Johannesson *et al.*, 2004). Då kvalitet och värde är subjektivt och olika för var och en så är det viktigt att veta vem som skall godkänna slutprodukten. Man önskar kunna få fram faktiska mått så att jämförelsen mellan koncept blir mer tydlig och inte lika individberoende. Men så är oftast inte fallet.

Att eliminera lösningalternativ startar egentligen redan när det första koncept- eller lösningförslaget genereras. Detta för att redan tidigt kunna eliminera de lösningar som inte kommer att vara genomförbara eller helt uppenbart inte kommer att klara av de krav som ställs. Men de alternativ som verkar realiserbara måste ändå på något vis utsorteras för att det bästa alternativet skall kunna hittas. Elimineringsmatrisen är en effektiv metod för att utvärdera bra från dåliga lösningar. Att stapla upp ett antal viktiga kriterier för en produkt och sedan se vilket av lösning förslagen som uppfyller flest av dessa kriterier. En sådan viktig variabel kan vara "uppfylls alla krav". Lösningförslagen viktas sedan mot denna variabel och får ett "+" om det är sant, ett "-" om den inte uppfyller detta och ett "?" om det kräver mer information. Det förslaget med flest "+" blir också de vinnande förslaget och blir det alternativet som fortsätter utvecklas.

Tabell 4. Exempel på elimineringsmatris (Johannesson *et al.*, 2004).

Lösning	Elimineringsmatris för:							Elimineringskriterier:	
	Löser huvudproblemet	Uppfyller alla krav	Realiserbar	Inom kostnadsramen	Säker och ergonomisk	Passar företaget	Tillräcklig info	(*) Ja	(-) Nej
1	+	+	+	+	+	+	+	(*)	(*)
2	+	+	-	-	-	-	-	(-)	(-)
3	+	+	?	+	+	+	+	(?)	(?)
4								(?)	(?)
5								(?)	(?)
6								(?)	(?)
7								(?)	(?)

2.7 Problematiken med lösningsfokusering

Problemlösning kräver en helhetssyn för att det ofta är flera aspekter som påverkar problemet. Det finns på divergenta problem också många lösningar och detta sätter både analytiskt som kreativt tänkande på prov (Johannesson *et al.*, 2004). För att få en bild av de effekter som kan uppkomma vid ett felaktigt problemlösningssätt kan reportage ut tidningar och internet ge en indikation. De ger en generell bild även om dessa medier inte kan ses som korrekt forskningsunderlag kan det ändå visa på ett återkommande felaktigt beteende hos

beslutsfattare. Neddragningar som sker för att lösa ekonomiska bekymmer i stunden kan längre fram eller på annat ställe både i privata och kommunala verksamheter skapa en merkostnad eller en effekt av beslutet som inte var medräknad, (www.svd.se, 140327), (www.svt.se, 140718). Att se på problem ur ett större perspektiv och vilka faktorer som kan påverka är i många fall en nödvändighet för att det i slutändan ska bli en ekonomisk och effektiv lösning. Detta beröringsätt hanterar inte bara ekonomiska termer utan kan implementeras mot de flesta problemlösningar. Att se till hela kedjan på de faktorer som berör och berörs av problemet ger att variabler kan elimineras eller användas till en förändring av problemet. Detta leder till att det kvarstående problemet kan lösas på ett helt annat sätt än tidigare tänkt och även ge upphov till del lösningar eller fler förslag. Ett sätt att undvika att faktorer glöms bort eller inte tas hänsyn till är att använda det tänk som förespråkas av systematisk konstruktion som fokuserar på problemet istället för lösningen. Enligt kap 2.6.1 Systematisk konstruktion så bygger en problemfokusering på att en tydlig målbild på vad man vill åstadkomma med hjälp av del lösningar som blir en totallösning istället för en lösningsfokusering där vad man inte vill ha är i fokus (Johannesson *et al.*, 2004)

2.8 Drylube -och Segmentlager

Att använda grafitsegment i lagren för att minska friktionen och att öka värmetåligheten hos lagret är en teknik som funnits hos SKF sedan 80-talet och det är en produkt som kunderna är vana vid (SKF, 2008). Segmentlagret består av nio kulor som rullar inne i en lagerbana och mellan varje kula placeras en distans som är gjord av grafit. När lagret sedan börjar rotera glider kulan mot grafitytan som av värmen bildar en yta med låg friktion för kulan att vila mot. Nackdelen med segmentlagret är just den problemfyllda arbetsprocessen med långa ledtider och ergonomiproblem vid produktion. Drylube är det senaste i utvecklingen gällande grafitlager. Själva bearbetningen av lagret består i att en grafitmassa pressas in och sedan härdas och detta ger också ett lager med lågt rullmotstånd. Processen är i stort sätt automatiserad och lider inte av segmentlagrens bekymmersamma process (Jansson).

3. Metod

3.1 Problembeskrivning från SKF

Det togs en kontakt med SKF efter ett tips om en förmodad brist i arbetsmiljön på avdelningen Exopar. SKF upplyste oss om att det fanns en arbetsstation på Exopar avdelningen som drogs med bristande ergonomi. Stationen där grafitdistanser placeras in i lagret och sedan pressas samman heter HTB2. Enligt tillvägagångssätt i systematikkonstruktionen så ska produktspecifikationen ta hänsyn till så många aspekter som möjligt, så det är viktigt att tillräckligt med information samlas in för att slutprodukten ska lösa kundens problem. Efter att visuellt ha sett och fotograferat samt tagit del av de moment som utfördes på stationen och fått en generell genomgång av de olika delmomenten från inköp till försäljning skapades en övergripande bild om hur produktionen såg ut.

3.2 Tidigare rapporter på Exopar

Arbetsstationen HTB2 har granskats under ett tidigare tillfälle under 2011. Företaget Feelgood ombads genomföra en studie och en analys av arbetsmiljön på Exopar-avdelningen (se bilaga 1). Det framkom av studien (se bilaga 1) att det finns betydande brister i ergonomin på den arbetsstation som projektet har fokuserat på.

3.3 Frågeställningar - Problemprecisering

I den systematiska konstruktionsmetoden sker en ständigt pågående informationsinsamling om konstruktionsuppdraget för att om möjligt hitta alla variabler som kan påverka den eller de slutgiltiga lösningarna. Efter att tagit del av produktionsmomenten med hjälp av avdelningschefen samt studerat den information och rapporter som fanns på avdelning så beslöts därefter att vidga problemområdet och se till hela produktionen för att på så sätt undersöka om det var möjligt att hitta lösningar till ergonomiproblemet på andra platser i produktionen, så som systematisk konstruktion förespråkar att informationsinsamlingen skall förlöpa. Dessa förändringar kan sedermera leda fram till att ergonomin förbättras på stationen som är det huvudsakliga målet (Johannesson *et al.*, 2004).

3.4 Generisk problemlösning på systemnivå

Med den information som samlades in om processen kunde sedan en analys göras. Det togs fram områden där förändringar leder till positiva effekter på arbetsmiljön. Ledtiderna på de olika stationerna och momenten hämtades från tidigare arbetet som gjorts på avdelningen (Münster *et al.*, 2012). På områdena inköp, torkning samt försäljning fanns det variabler som ger följdverkan på arbetsstationen. För att ta fram generiska lösningar på inköp söktes information om hur inköpsprocessen ser ut från handledaren på SKF. Lösningförslagen viktades mot vad processen behöver för att fungera och kunde på så sätt generera lösningförslag. När vi studerade torkning fokuserades analysen kring ledtider som kunde kortas och de torkningsalternativ som fanns att tillgå på avdelningen. Försäljningen var det sista området som studerades och här jämfördes olika lagers egenskaper mot varandra för att se om det fanns möjlighet till förändringar i försäljningen. Området där monteringen sker har från tidigare rapporter har redan bevisligen ett ergonomiproblem fastställts och det är även den huvudsakliga frågeställningen så detta område analyseras inte på systemnivå.

3.5 Informationsinsamling - intervjuer

Intervjuer används som forskningsmetod och är enligt Dalen (2008) bland de vanligaste vetenskapliga metoderna. För att samla in kvantitativ data används ofta intervjuer som en vetenskaplig metod enligt Högskolan i Jönköping (www.hj.se, 140410). Genom att intervjua en person åt gången fås möjligheten att få en insikt om hur personen upplever en viss situation, vilket också var syftet med intervjun. En av oss ställde frågor och den andre noterade personalens svar. Svaren dubbelkollades sedan med den anställde så att inget hade blivit fel noterat eller missats. Anledningen till denna typ av intervjugenomförande var att skapa en dialog för att motverka missförstånd över våra frågor eller i personalens svar. Efter att ha fått deras åsikter om hur de upplever arbetsförhållanden kunde en tydlig bild fås om vilka belastningar på kroppen som kan uppkomma.

Mycket av informationen runt- och kring produktionen kommer ifrån avdelningschefen. De han inte kunnat svara på har han visat oss var information funnits att hämta i form av produktblad, företagsdatabas eller andra anställda med djupare kunskap om sakfrågan. Vi betraktade den informationen som korrekt sekundär information.

3.6 Analysmetod - Produktutveckling med systematisk konstruktion

Fokuset läggs enbart på monteringsstationen. Från den förstudie av intervjuer med personal, tagit del av tidigare material om HTB2, utrett vilka begränsningar som finns och studerat information om påverkbara variabler började nu själva produktutvecklingen.

Det första steget var att göra en checklista, där de livscyklar som är viktiga vid utformning av produkt tas fram. Dessa cykler ställdes sedan mot olika aspekter som påverkar krav och önskemål för produkten. Med detta som grund tog en kravspecifikation sedan fram som är nästa steg i systematisk konstruktion. De krav och önskemål är kriterier som sedan lett fram till de slutgiltiga lösningsförslagen som tas fram.

3.7 Konceptgenerering

Vid konceptgenereringen användes kravspecifikationen som underlag där delfunktionerna är en breddning och något mer abstrakta än krav och önskemål, exempelvis kraven "höjbara och sänkbara bord och stolar" blir som delfunktion "korrigerig av arbetshöjd".

Dellösningalternativ brainstormades fram av författarna till rapporten genom en stunds tankesmedja, lösningar som var för sig löser de respektive delfunktionerna. Lösningarna sammanställdes sedan i en morfologisk matris. De olika dellösningalternativen kombinerades så att olika helhetslösningar kunde genereras. Den komplexa slutprodukt som ska genereras krävde att genereringen delades upp i tre områden där utformning av arbetsstationen är den första, lösa problemet med den påfrestande nackvinkeln den andra och generera lösningar som ska underlätta finmotoriken den tredje och sista.

3.8 Eliminering av lösningalternativ

För att ta fram lösningalternativ användes elimineringsmatrisen där enligt Paul och Beitz (2004), finns givna villkor och sedan studerades om produkten uppfyller dessa. Den produkt som uppfyller villkoren i elimineringsmatrisen bäst blir slutprodukt.

Uppdelningen till de tre områdena, stationens layout, operatörernas kroppshållning och sittställning samt underlättande av finmotorik gör att en elimineringsmatris för varje område måste skapas och således genereras ett lösningsalternativ för varje område. Dessa lösningar läggs ihop och blir till ett total lösningsalternativ.

3.9 Värdering av arbetet

En nackdel med att genomföra intervjuerna på det viset vi valt är att man kan missa att skriva ner något, då personalen kan ge långa svar med mycket information. Ett annat alternativ skulle vara att låta personalen skriva ner sina svar själva.

I rapporten har en del empiriska källor används. Dessa är sådant som vi fått veta genom att ha fört en dialog med handledaren på SKF. Ett sådant exempel är den första kostnads kalkylen som är gjord i kapitel 5. Analys. Kostnader för bord och stolar är framtagna från tidigare investeringar som gjorts. Dessa kalkyler har vi inga bilagor till utan det är empiri från handledaren.

Det har ofta varit svårt att få bra information om ergonomi från trovärdiga källor. Information från Arbetsmiljöverkets hemsida har använts. Mestadels av den informationen har dubbelkollats med examinatorer för ergonomikurser på Chalmers för att få bekräftelse om informationen stämmer. I ergonomikursen "Människa-teknik" som går på Chalmers tekniska högskola har undervisningsmaterial används som är från Prevent, varför denna källa har använts i rapporten eftersom vi anser den som trovärdig just på grund av att den används som skolmaterial.

Eva Bohnstedt är legitimerad optiker och jobbar på företaget Optergo som tillverkar glasögon. När vi gjort elimineringsmatrisen på hjälpmedel har vi utgått ifrån att det Bohnstedt sagt om skärpan vid olika storlekar på glas är trovärdigt eftersom hon vet hur det fungerar. Vi har valt att använda henne som källa även om Optergo saluför en konkurrerad produkt. Vid samtalet med Bohnstedt avslöjades inte några andra lösningsförslag utan vi diskuterade bara olika storlekar på prismaglas.

4. Resultat

Det här kapitlet innehåller en sammanställning av alla resultat och observationer. Kapitlet inleds med de intervjuer som gjorts med personalen som arbetar på avdelningen Exopar. En del av kravspecifikationen kommer att göras utifrån personalens svar tillsammans med teori som tagits fram. Beskrivning av hur processen går till från inköp till försäljning behandlas i nästa avsnitt. Det sista avsnittet i kapitlet behandlar de två olika lagertyperna som kommer att jämföras senare i rapporten. Bilderna visar hur dem ser ut och tabellen nedan visar deras olika egenskaper.

4.1 Intervju

Fem anställda svarade separat på nio frågor, deras svar ligger sedan till grund för vilka variabler som kommer vara viktiga att uppfylla för att ergonomiskt förbättra arbetsstationen.

1. Upplever du någon stress?

- Ja, man måste ställa om ”linen” och jag känner pressen av att jag måste göra klart grafitmonteringen snabbt samtidigt som det måste göras noga, vilket kräver koncentration. Det finns olika lager som vi jobbar med och då blir det jämt en omställning. Jag blir lätt nervös för att göra fel, en omarbetning är inte alltid möjlig att göra.
- Ja, speciellt när vi får stora partier. Då får man sitta där tills allting blivit klart, jag brukar alltid känna mig stressad när vi har mycket att göra. Omställningen kan ta mycket tid. Tidsramen är kompakt.
- Ja, jag var väldigt stressad i början nu är det bättre men stressen finns fortfarande kvar dock inte lika mycket.
- Ja men inte alltid. Komponenterna finns inte alltid i tid och vi måste vara klara i tid, då blir det tidsbrist och då känner jag mig stressad eftersom jag känner pressen av att jag måste arbeta fortare.
- Nej.

2. Vad är det jobbigaste med arbetsplatsen?

- Arbetskamrater som inte kan lösa problem ensamma, då måste jag hjälpa till och då monterar jag automatiskt mindre grafitdistanser och förlorar den tiden. Arbetskamrater som tjarar mer än vad dem jobbar.
- Det jobbigaste är att montera in distanserna mellan kulorna, det är väldigt pillrigt och smått. Jag får alltid ont i nacken efter att ha suttit där en liten stund.
- Det jobbigaste är att lägga i grafitten mellan kulorna, det tar tid och är väldigt pillrigt.
- Stationen är inte ergonomisk, den är utformad för två personer. Vi stäcker oss och lyfter ofta.
- När det blir stora volymer, men jag gör små mängder åt gången.

3. Upplever du någon typ av obehag på kroppen? Var? Skala 1-5, där 5 är jätteont och 1 är att man knappt känner av smärta.

- Ja, mest i nacken, där ligger skalan på 5. Ryggen och ögonen ligger på snäppet under. Värken kommer efter 20 minuter.

- Nacke, en klar 4a. Jag blir även trött i ögonen efter ett tag.
- Nacke och axlar, båda två ligger på skala 5.
- Ja, i hela kroppen men mest i nacken och axlar. Båda ligger på en klar 3a.
- Ja, i nacken och axlar. En 5a på båda.

4. Kan du ta paus när du vill?

- Nej, inte om det är mycket jobb.
- Nej, man kan inte gå upp för att sträcka lite på sig ens.
- Nej.
- Nja, kan jag inte så gör jag det ändå.
- Ja, även om andra inte tycker om det.

5. Hur ofta tar du paus?

- Vi börjar oftast klockan 6.00 och första pausen är vid 8, då har vi 20-30 minuter paus, därefter jobbar vi till 11.15 och har lunch.
- Jag börjar vid 6.00 och första rasten är 8.00-8.15. Sen fortsätter vi att jobba till lunchen som är 11.15. Efter lunch byter vi arbetsplats.
- Jag börjar jobba 6.00 och första rasten är 8.00-8.20. Sen jobbar jag fram till lunch, alltså 11.15. Efter lunchen byter jag arbetsuppgift.
- Jag sitter ofta länge eftersom man vill få det gjort, jag tar oftast paus vid paustiderna efter att jag har arbetet i ungefär två timmar så är det paus och sedan jobbar jag på igen.
- Jag tar paus vid behov och det blir korta pauser när man hämtar lager så passar jag på att sträcka på mig.

6. Är det ansträngande för ögonen?

- Ja det är det.
- Ja, man spänner ögonen och nacken vid finmotorik när grafitdistanserna är små.
- Ja, ofta.
- Ja, spänner ögonen när det är pillrigt.
- Nej

7. Hur många dagar i veckan är du på stationen?

- Oftast fem dagar i veckan.
- Varje dag.
- Nästan varje dag, oftast 4 dagar i veckan.
- Dagligen oftast.
- Det varierar. Ibland blir det två kortare pass per dag med paus mellan och ibland sitter man en längre tid.

8. Hur många timmer per dag är du på stationen?

- Cirka 4 h per dag.
- 2-3 timmar.
- 4-5 timmar.

- 2-3 timmar, beroende på hur stora volymer vi får in.
- Mellan 2-4 timmar.

9. Har du några förslag på förbättringar?

- Mer rotation, kortare pass. Eftersom alla inte tar lika mycket ansvar tycker jag att Niclas behöver prata med alla och ”ge order” på vad som ska göras. Kommunikationen bland medarbetarna måste bli bättre, vi behöver en ledare. Jag tror att det hade fungerat bättre om vi haft morgonmöten och pratar ihop oss om vad vi ska göra.
- Bygga om stationen. Idag är den konstruerad för att en person att arbeta i taget. Ladda en hylsa, likt en stång, med grafitdistanser och klickar ner de mellan kulorna.
- Nej, det händer inte så mycket även om jag kommer med förslag.
- En flexlink som är bra placerat så man slipper sträcka på sig lika mycket som vi gör idag.
- Automatiserad.
En vändare till lagren när ena sidan har pressats och den andra ska pressas så vi slipper stå och vända lagren för hand. Det kan bli stora partier. En ny arbetsstation löser inte problemet.
Någon form av ”Pez” funktion där man kan ladda en stång med grafiter och sedan trycka ner dem mellan kulorna.

4.2 Inköp till försäljning

Inköp av lagren sker i huvudsak från en och samma fabrik inom SKF-koncernen, som finns i Italien (Jansson). Lagren fraktas till avdelningen Exopar där bearbetningen sker. Det flesta lager kommer färdigmonterade och då börjar processen med att de slås isär. Vissa lagertyper kommer med en plasthållare och då behövs inte detta moment utföras. Lagren som har blivit isärslagna går sedan vidare till en tvätt för att avlägsna de spånor som bildats vid isärslagningen. Mellan varje station finns fördröjning och väntetider. Tvätten genomförs på 30 minuter och lagren placeras efteråt på träpallar för att lufttorkas i tre dagar. Efter torkningen går lagren vidare till monteringsstationen där först botten av lagret pressas dit varefter segment placeras i lagret. Avslutningsvis pressas ett lock på. Lagren går sedan vidare till förpackningsmaskinen och sedan vidare ut till kund.

4.3 Produktionshastighet

På arbetsstationen HTB2 varierar antalet anställda i produktionen mellan en till fyra personer (Jansson). Det finns ett rullande schema med tider då de anställda ska vara vid monteringsstationen men dessa rutiner efterlevs i varierande grad. Varje anställd tillverkar i snitt tre lager per minut och den pressmaskin som sedan bearbetar lagerna klarar att tillverka tolv lager per minut. Produktionshastigheten är idag inte högre än det antal lagermaskinen hinner pressa, så med dagens hjälpmedel, stationslayout och rutiner bildas inga buffertzoner.

4.4 Drylube –och segmentlager

De lager som analyseras i Exopars produktion är enradiga spårager med en smörjfunktion av grafit, antingen med grafitsegment eller också härdad grafitmassa som ligger mellan kulorna. Se bild 4 och 5. Enradiga spårkullager väljs av kunden bland annat för de höga

varvtalsegenskaperna (SKF, 2008). De lager som har en smörjning av grafitpulver har även ett brett temperaturregister. Enradiga spårlager som har mer konventionell smörjning med diverse olika fetter har en arbetstemperatur som är minus 50 – minus 30 grader och upp till 150 - 160 grader (SKF, 2008) medan lager med grafitmörjning har ett arbetsområde från minus 150 – minus 60 grader upp till 250 – 350 grader beroende på modell.

Två av grafitlagertyperna som produceras på avdelningen är Drylube- och segmentlager. De har närliggande egenskaper men skiljer i konstruktion och produktionssätt. Bilden nedan till vänster visas ett Drylube lager med den härdade grafitmassan som ligger runt lagret. Den högra bilden visar segmentlagret med små grafitdistanser som ligger mellan varje kula.



Bild 7. Drylube lager (SKF, 2008)

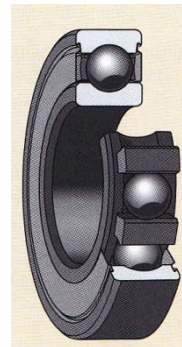


Bild 8. Segmentlager (SKF, 2008)

I tabellen nedan beskrivs de egenskaper och varianter som Drylube-lagret har. Överst ses olika varianter av Drylube-lager där egenskaper skiljer i konstruktion, hur friktionen hålls låg, temperatur område och längst ner den maximala hastighet som lagret kan rotera med. När tabellen togs fram mättes den maximala värmetåligheten till 350 grader som tabellen visar, men detta värde har sedermera fått reduceras till 250 grader efter fälttester.

Tabell 5. Egenskaper för Drylube lager (SKF, 2008)

Characteristics of SKF DryLube bearings	Variant							
	VA260	VA210	VA261	VA2101	VA267	VA237	VA270	VA2103
Phosphated rings, rolling elements and cages	Yes	-	Yes	-	Yes	-	Yes	-
Lubrication								
Graphite-based lubricant	Yes	-	Yes	-	Yes	-	-	-
Molybdenum-disulfide-based lubricant	-	-	-	-	-	-	-	Yes
Low-friction additive	-	-	Yes	-	Yes	-	-	-
Nano particles	-	-	-	-	Yes	-	-	-
NSF H1 food grade	Yes	-	-	-	-	-	-	-
Vacuum capability	-	-	-	-	-	-	Yes	Yes
Dry lubricant only	Yes	-	-	-	-	-	-	-
Operating temperature								
Minimum	-60 °C (-75 °F)	-	-60 °C (-75 °F)	-	-60 °C (-75 °F)	-	-150 °C (-240 °F) ¹⁾	-
Maximum								
• open bearings	250 °C (480 °F)	-	250 °C (480 °F)	-	250 °C (480 °F)	-	250 °C (480 °F)	-
• bearings with a shield on both sides (designation suffix 2Z) ²⁾	350 °C (660 °F)	-	350 °C (660 °F)	-	350 °C (660 °F)	-	350 °C (660 °F)	-
Limiting speed [r/min]³⁾								
	$\frac{15\,000}{d_m}$	-	$\frac{60\,000}{d_m}$	-	$\frac{120\,000}{d_m}$	-	$\frac{15\,000}{d_m}$	-

På denna tabell beskrivs uppbyggnad och egenskaper för segmentlager. Från toppen ses modellnumret som segmentlagret har, sedan följer beskrivning av konstruktion och

egenskaper. Näst längst ner beskrivs arbetstemperaturområdet och under det den maximala hastigheten.

Tabell 6. Egenskaper för segmentlager (SKF, 2008)

VA208 DGBB
<ul style="list-style-type: none">• Bearing with a segmented cage made of graphite• Dry lubricant: minute amounts of graphite powder released from the cage lubricate the bearing.• A shield on both sides of the bearing guides the cage segments.• Even at the upper temperature limits, the segmented graphite cage will not release harmful vapours.• Should not be used for applications where the direction of rotation changes frequently.
-150 to +350 °C -240 to +660 °F
$\frac{4\ 500^1)}{d_m}$

5. Analys

Första steget i systematisk konstruktion är att göra en checklista som används för att hitta variabler ur olika faser i produktens livscykel se tabell 7. Här har bara två faser valts för att systemet som ska genereras inte kommer att anpassas för serieproduktion eller försäljning. De fem aspekter är valda utefter vad som påverkar uppbyggnaden av en ergonomisk arbetsstation.

Tabell 7. Checklista

Aspekter Livscykel fas	Material	Geometri	Ergonomi	Säkerhet	Ekonomi
Alstring	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
Framställning	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5

Siffrorna som står i cellerna i checklistan ovan används sedan när en kravspecifikation tas fram som är nästa steg i systematisk konstruktion. Kravspecifikationen används för att bryta ner de celler som checklistan skapar till olika kriterium som sedan värderas till krav eller önskemål för att uppnå ett önskat resultat. Hur kraven och önskemålen har tagits fram beskrivs under kravspecifikationen. En kravspecifikation har gjorts gemensam för lösningsförslagen på arbetsstationen och hjälpmedlen.

Tabell 8. Kravspecifikation

Nr	Cell	Kriterium	Krav/Önskemål
1	1.1	Robust konstruktion	K
2	1.1	Inte material som skadar människa eller miljö	K
3	1.2	Minimal arbetsyta 400*900 mm	K
4	1.2	Maximal infräsningsradie 400 mm	K
5	1.2	Minimal infräsningsradie 200 mm	K
6	1.2	Maximalt mått till transportband 60° ut från kropp och 300 mm framåt	K
7	1.3	Inte vinkla nacke mer än 15° framåt	K
8	1.3	Maximal stationsyta 5000*3820 mm	K
9	1.3	100 % avlastning av armar & axlar	Ö
10	1.3	Höj- och sänkbart bord och stol	Ö
11	1.3	Underlätta synfokus	Ö
12	1.3	Maximal arbetstid 1 timme i sträck med minst 2 timmar paus mellan	Ö
13	1.4	Ingen klämrisk på transportband	Ö
14	2.1	Prisvärda material	Ö
15	2.5	Maximal 300 000 kr i tillverkningskostnad	K

De finmotoriska momenten underlättas när stödkonstruktionerna, såsom arbetsstationen och hjälpmedlen, är robusta och stabila. Det underlättar monteringen när utrusningen inte flexar eller böjer sig vid precisionsarbetet. Materialet i konstruktionen får inte leda till besvär hos personalen då risken för att utveckla överkänslighet när hjälpmedlen används under lång tid och utifrån det har krav 1 och 2 i kravspecifikationen fastställts.

Nummer 3-5 är mått som mätts fram med utgångspunkt från befintlig arbetsstation med marginal ifall att en förändring behöver göras.

Kriterium nummer 6 är mått till transportband. Dessa mått är beskrivna under kapitel 2.2 Sittande arbete och bild 1 på sida 4 visar vilket arbetsområde för händer som rekommenderas för att minimera arbetsskador.

Krav nummer 7 finns beskrivet i teorikapitel 2.3. För att minimera risk för spänningar och verk i nackmuskulaturen bör nackvinkeln maximalt ha en lutning på 15 grader nedåt, se bild 3. Utifrån intervjuerna, se kapitel 4.1 Intervjuer, har operatörerna svarat på fråga nummer 3, ”upplever du någon typ av obehag på kroppen”. Fyra av fem operatörer som intervjuades känner extremt mycket obehag i nacken. Andra områden på kroppen som dessa operatörer får ont i är rygg och axlar, och bedömer obehaget till ungefär 5/5 på båda, vilket innebär att en åtgärd bör göras så fort som möjligt. Eftersom lösningsförslagen är grundade på deras svar samt rekommendationer som finns är ett krav att nackvinkeln inte får vara mer än 15 grader och ett önskemål att 100 % avlastning är möjligt se nummer 7 i kravspecifikationen ovan. Om värken minimeras genom att ergonomin förbättras leder det till att personalen orkar arbeta mer och då kommer produktionen att öka (www.adaptab.se, 140210).

Krav nummer 8 är den ytan som maximalt kan utnyttjas för arbetsstationen eftersom det finns stationära punkter på arbetsstationen som inte kan förflyttas.

Nummer 10 i kravspecifikationen är ett önskemål om höj- och sänkbara bord och stolar på arbetsstationen. I teorikapitel 2.2 Sittande arbete finns beskrivet att det är viktigt att kunna anpassa arbetshöjden till personalen.

När operatörerna intervjuades svarade nästan alla att de känner sig stressade när de får in stora partier av lager som ska bearbetas, då tidsramen är kompakt, se fråga 1 på kapitel 4.1 Intervjuer. Om partierna innehåller lager som ska monteras in med så grafitdistanser blir det ansträngande för ögonen. Vid dålig synfokus i kombination med stress spänns ögats muskel, som i sin tur leder till att muskelspänningarna i nacke och skuldror ökar. Vid minskning av muskelspänningarna leder även detta till att man orkar arbeta mer då ergonomin förbättras. Det leder till att produktionen ökar. Önskemålet är att underlätta synfokus, se nummer 11 i kravspecifikationen ovan.

Då företaget Feelgood gjorde sin riskbedömning kom de med förslag att operatörerna bör undvika att arbeta mer än en timma vid stationen på förmiddagen och en timma på eftermiddagen, alltså maximalt två timmar på en dag och det ska gå minst två timmar mellan passen (se bilaga 1). Idag arbetar operatörerna i snitt cirka fyra timmar per dag, nästan varje dag, se frågorna 7 och 8 under kapitel 4.1 intervjuer. Arbetsstationen ska vara utformad på ett
















sätt där personalen inte har möjlighet att arbeta utan paus eftersom de i nuläget oftast arbetar längre tid än rekommenderat, därför är ett önskemål att försöka hålla den rekommenderade arbetstiden, se nummer 12 i kravspecifikationen.

Det sista önskemålet handlar om prisvärda material. Priskostnader på material är inget som kommer tas fram i detta arbetet, varför detta är definierat som ett önskemål.

Det sista kravet är en maximal kostnad som lösningsalternativet ska hålla sig inom. Det kravet har fått från handledaren på SKF. En kostnads kalkyl på det framtagna lösningsförslaget kommer sedan att göras för att se till att kravet uppfylls.

Nästa steg i systematisk konstruktion är att göra en morfologisk matris. I matrisen används kriterierna som tagits fram från kravspecifikationen för att skapa delfunktioner. Dessa delfunktioner har sedan ett eller flera dellösningalternativ som ska kombineras med varandra för att generera olika total lösningalternativ. Varje färg i matrisen nedan visar de kriterier som stationsprototypen är framställd av. I matrisen finns tre färger, därför har tre olika stationsprototyper gjorts, dessa tre redovisas i nästa avsnitt.

Tabell 9. Morfologisk matris. (Johannesson *et al.*, 2004).

Delfunktion	Dellösningalternativ		
Tillräcklig stabilitet	Geometrisk konstruktion   	Tillräcklig E-modul	
Max matningsposition 60° ut från kropp och 300mm framåt	Hål i skiva 	  Transportsystem från sittposition	
Nackvinkel maximal 15° framåt	Placera produkt högre upp	Bryta synvinkel	
Korrigera arbetshöjd	Bord	  Stol	Bord och  stol
Underlätta syn fokus	Förstoring	Ha produkten närmare sig	
Avlastning	Max 1 h arbete i sträck, max 2 h arbete per dag	Buffringssystem	
God arbetsyta	Fri yta på 400 * 900 mm   		
Stöd	Infräsning mellan 200-400 mm   		

- De celler som är markerade med rött i morfologiska matrisen är de kriterier som uppfylls vid stationsprototyp nummer 1.
- Stationsprototyp nummer 2 uppfyller de kriterier som är markerade med grönt.
- Den sista stationsprototypen har både bord och stolar som är höj- och sänkbara. Även denna stationsprototyp visas i nästa avsnitt och uppfyller alla kriterier från morfologiska matrisen som är markerade med blått.

5.1 Lösningförslag - arbetsstation

Det genererades först tre lösningförslag till arbetsstationens utformning där det huvudsakliga kraven tillgodoses men det skiljer ändå något mellan lösningarna. Att arbeta med utformning av fyra platser är för att produktionen ska vara högre än den är idag och att stresspåverkan vid stora partier ska minska samt att ytan på HTB2 är begränsad vilket gör att fler bord får inte plats. En högre produktion ger också möjlighet att bygga upp ett buffertsystem så att lämpliga avbrott med avlastning kan ske. Borden har en infräsning för att avlastning för armar kan ske. Bordens yta är utformad utifrån de krav som finns på kravspecifikationen.

5.1.1 Stationsprototyp 1

Vid denna station finns transportbandet alldeles under monteringsbordet och lagren placeras på transportbandet för hand genom hålet i höger överkant. Stolarna är höj- och sänkbara men borden är fasta för att transportbandet alltid ska vara lätt återkomligt. Här behövs transportbandet breddas för att lagren med enkelhet ska kunna placeras på transportbandet.

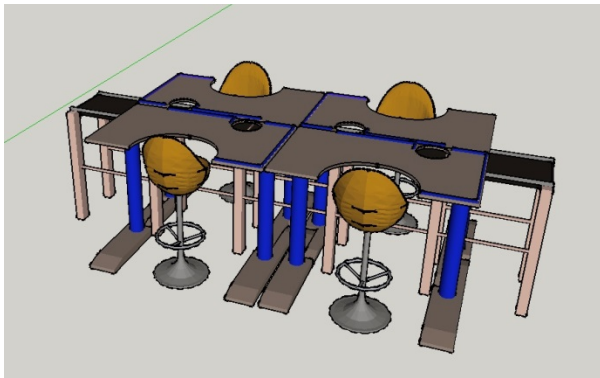


Bild 9. Stationsprototyp 1

5.1.2 Stationsprototyp 2

Vid denna station är transportbandet i mitten och ner till det går ett sluttande plan som lagren glider ner för till bandet. Borden är inte höj- och sänkbara men stolarna är det. Eftersom borden är stationära kan de sluttande planet monteras fast i transportbandet och i borden som är högre än transportbanden som bilden visar, de befintliga transportbandet kan då användas.

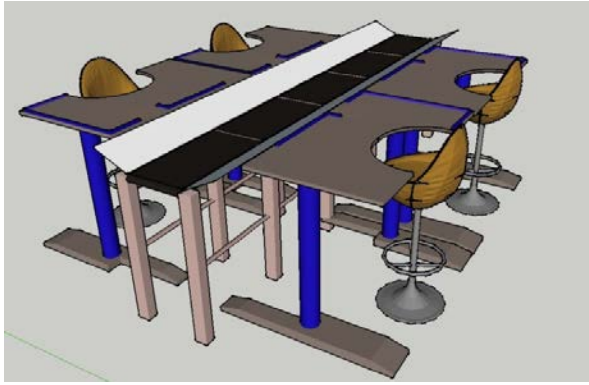


Bild 10. Stationsprototyp 2

5.1.3 Stationsprototyp 3

Den tredje prototypen skiljer från övriga med att här är även bordet höj- och sänkbart och en ränna löper från varje bord ner till transportbandet. Stolarna är som innan höj- och sänkbara. Rännan är förankrad i transportbandet med en led och sedan löst liggande på bordskanten så att det finns möjlighet till att höja och sänka bordet. När bordet är i det lägsta möjliga läget kommer den resterande biten av rännan sticka upp, bilden är ritad som om borden står i högsta läget.

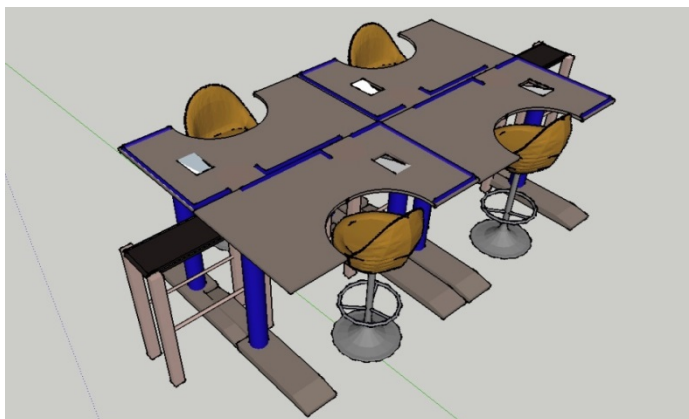


Bild 11. Stationsprototyp

5.1.4 Elimineringmatriser av arbetsstationer

I elimineringsmatrisen är de tre lösningsförslagen viktade mot varandra. I matrisen nedan har de benämningen "stationsprototyp". Siffrorna 1, 2 och 3 motsvarar bild 4, bild 5 och bild 6 från föregående delkapitel.

Tabell 10. Elimineringmatris för stationsprototyper (Johannesson et al., 2004).

Elimineringskriterier:

(+) Ja

(-) Nej

Elimineringsmatris för arbetsstationer					
Stationsprototyp	Uppfyller alla krav gällande arbetsstationer	Löser grundantalet arbetare (4 pers)	Realiserbar	Inom kostnadsramen	Höj- och sänkbart
1	+	+	+	+	-
2	+	+	+	+	-
3	+	+	+	+	+

Elimineringsmatrisen visar att alla tre lösningsförslagen uppfyller alla krav gällande arbetsstationen, se kravspecifikation, och de löser grundantalet arbetare som är 4 personer. Alla tre lösningsförslagen är realiserbara och inom kostnadsramen (Jansson). Ett viktigt önskemål som tagits med är om bord och stolar är höj- och sänkbara. Det är endast lösningsförslag 3 som uppfyller det och eftersom önskemålet är betydande i den här situationen så är det lösningsförslag 3 som passar bäst.

5.2 Lösningsförslag på hjälpmedel – underlätta nackbesvär

Nedan följer lösningsförslag på hjälpmedel som ska underlätta nackproblemen som uppstår. Lösningsförslagen ska vara utformade på ett sätt som gör att blicken kan lyftas då arbetet utförs så att den maximala nackvinkeln blir en lutning på 15 grader framåt som är rekommenderat, se teorikapitel 2.3. Under varje lösningsförslag finns först en bild på hjälpmedlet och sedan en beskrivande text på vilka funktioner objektet har.

5.2.1 Lösningsförslag 1. Prismaglas

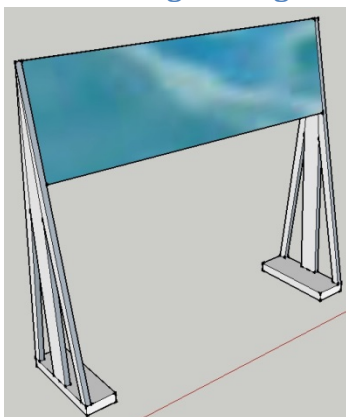


Bild 12. Prismaglas

Prismaglasets har en yta på 10*30 cm. Glaset har en förstoring på 2.0 och vinklar synen nedåt vilket underlättar att utföra arbetet vid finmotorik och en upprätt arbetsställning kan hållas.

Prismaglasat är inte portabelt utan monteras fast på bordet som man kan se på bilden ovan. Alla operatörer kan använda detta hjälpmedel, oavsett om man har ett synfel eller inte så fungerar det på samma sätt.

5.2.2 Lösningförslag 2. Glasögon med förstoring och som vinklar synen nedåt



Bild 13. Glasögon med förstoring (Optergo)

Lösningförslaget är ett par glasögon som ”vinklar” synen nedåt och har en förstoring på 2.0 för att arbetsuppgiften ska kunna utföras med tillräckligt bra skärpa. Med hjälp av glasögonen kan en upprätt arbetsställning hållas med en nackvinkel inom gränsvärden.

5.2.3 Lösningförslag 3. Justerbart hjälpmedel

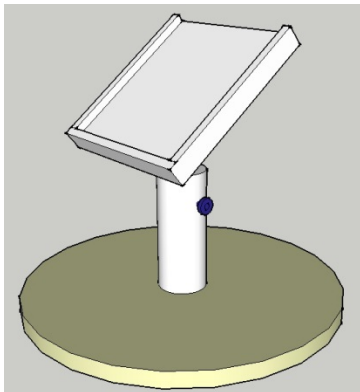


Bild 14. Justerbart hjälpmedel

Hjälpmålet är höj- och sänkbart och har en yta på 12*12 cm där ett lager ska få plats och ett antal grafitdistanser. Ytan är också justeras fram och tillbaka. Operatören behöver ha armstöd på båda sidor om hjälpmålet för att få bra stöd för armarna då arbetet utförs. Dessa finns inte beskrivna virtuellt. Hjälpmålet är portabelt och det är även armstödet.

5.2.4 Elimineringmatris för hjälpmedel som ska underlätta nackbesvär

Elimineringmatrisen nedan visar hur de tre framtagna lösningförslagen uppfyller de olika kriterier som ställs. Lösningförslag 1,2 och 3 är beskrivna ovan och nu ställs dessa mot varandra för att identifiera för- och nackdelar.

Tabell 11. Elimineringssmatris för hjälpmedel som underlättar nackbesvär. (Johannesson et al., 2004).

Elimineringssmatris för hjälpmedel som ska underlätta nackbesvär						
Lösning	Uppfyller krav 7, maximal nackvinkel 15grader	Realiserbar	Inom kostnadsramen	Portabel	Lätt att använda	Bra avlastning
1	+	-	?	-	+	+
2	+	+	+	+	+	+
3	+	+	+	+	+	-

Elimineringssmatrisen visar att alla tre lösningsförslagen uppfyller kravet från kravspecifikationen att nackvinkeln får maximalt vara 15 grader. Prismaglasets som är det första lösningsförslaget är inte realiserbart, eftersom skärpan vid så stora ytor inte blir tillräckligt bra vid finmotorik (Bohnstedt). Eftersom lösningsförslaget inte är realiserbart har tillverkningspriserna inte tagits fram för prismaglasets. De andra två lösningsförslagen är realiserbara och båda två är inom kostnadsramen, portabla och lätta att använda. När det gäller kriteriet om det är möjligt att få en bra avlastning så uppfyller lösningsförslag nummer 3 inte det, eftersom armarna ska hålls intill kroppen och överarmarna ska ha en maximal vinkel på 10-20 grader (Bohnstedt), vilket kan vara svårt att uppfylla. Lösningsförslag nummer 2, som är glasögon med en förstoring som vinklar synen nedåt är det förslag som enligt elimineringssmatrisen fått det bästa resultatet. Optergo gör personanpassade glasögon, även personer som redan har glasögon får då rätt styrka efter att ha gjort en undersökning.

5.3 Lösningsförslag på hjälpmedel – underlätta vid finmotorik

Lösningsförslagen är hjälpmedel som ska underlätta arbetsuppgiften vid grafitmonteringen. Operatörerna anser arbetsuppgiften som en uppgift som är jobbig att utföra när det är små lager som bearbetas blir det väldigt smått och ansträngande för ögonen, se resultat kapitel 4.1 Intervjuer.

5.3.1 Lösningsförslag 1.



Bild 15. Placeringshjälpmedel vid finmotorik

Hjälpmidlet ska underlätta vid finmotoriken när grafitdistanserna ska läggas in mellan kulorna på lagren. Det används för att förflytta alla kulor på samma gång istället för att flytta kulorna för hand en i taget och lägga in grafitdistanser mellan varje förflyttning av kulorna som det görs idag. När hjälpmidlet används och kulorna har flyttats mellan varje ”pinne” på hjälpmidlet så ska lagret sitta kvar på objektet tills alla grafitdistanser har lagts in. Lösningen underlättar inte bara vid finmotoriken, den sparar även tid då arbetet utförs fortare.

5.3.2 Lösningförslag 2. Prismaglas

Prismaglasets finns beskrivet i föregående kapitel 5.2.1. Eftersom hjälpmidlet har en förstoring medför det att arbetsuppgiften känns mindre ”pillrig”, som operatörerna uttryckte att det kändes.

5.3.3 Lösningförslag 3. Glasögon med förstoring



Bild 16. Glasögon med förstoring och en lupp (Optergo)

Glasögonen som beskrivits i kapitel 5.2.2, löser inte bara nackbesväret utan det underlättar även vid finmotorik. Eftersom operatörerna anser att arbetsuppgiften är ”pillrig”, se resultat kapitel 4.1 Intervjuer, när små lager bearbetas kan luppen användas vid behov eftersom den har en dubbel förstoring.

5.3.4 Lösningförslag 4. ”Pez-funktion”

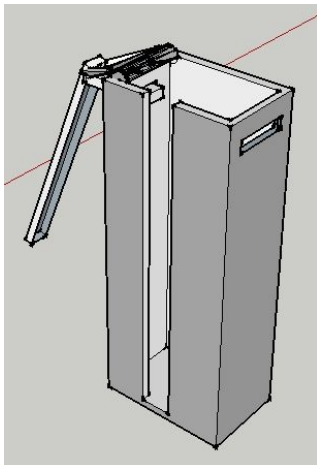


Bild 17. Hjälpmiddel med ”pez-funktion”

Ett hjälpmedel som laddas med grafitdistanser som sedan lättare pressas ner mellan kulorna i lagren. Genom att trycka på handtaget, som visas på bilden ovan, pressas en grafitdistans ut åt gången.

5.3.5 Elimineringssmatris för finmotorik

Elimineringssmatrisen visar hur de fyra framtagna lösningsförslagen uppfyller kriterierna. Lösningsförslagen ställs mot varandra för att se dess för- och nackdelar.

Tabell 12. Elimineringssmatris för hjälpmedel som underlättar vid finmotorik. (Johannesson et al., 2004).

Elimineringssmatris för finmotorik						
Lösning	Uppfyller aminimering av finmotorik	Lätt att använda	Realiserbar	Inom kostnadsramen	Portabel	Följd problem
1	+	+	+	+	+	+
2	+	+	-	?	-	+
3	+	+	+	+	+	+
4	+	+	+	+	+	-

Enligt elimineringssmatrisen är lösningsförslag nummer 2 inte realiserbart (Bohnstedt), därför har kostnaden för detta hjälpmedel inte tagits fram. Lösningsförslag nummer 4, som kallas "Pez-funktionen" medför följdproblem eftersom det är tidskrävande att ladda hjälpmedlet med grafitdistanser även om det underlättar själva genomförandet av arbetsuppgiften. Det blir ett extra moment innan grafitmonteringen kan utföras. Glasögonen som enligt förra elimineringssmatrisen fick bäst resultat visar det även nu, se lösningsförslag 1. Det näst sista lösningsförslaget har också fått + tecken på alla kriterier. Eftersom båda uppfyller alla kriterier så väljs båda två som det bästa lösningarna.

5.3.6 Slutsats

Slutsatsen blir att arbetsstationen som har både bord och stolar som är höj-och sänkbara blev det lösningsförslaget som fick bäst resultat enligt elimineringssmatrisen, alltså stationsprototyp 3, som finns beskrivet i början av detta kapitel. Bilden nedan visar arbetsstationen.

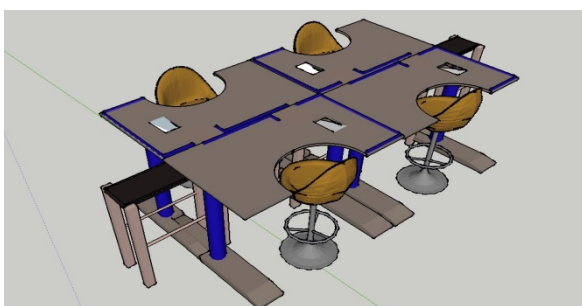


Bild 18. Stationsprototyp 3

Arbetsstationen ska tillsammans med hjälpmedel förbättra ergonomin på arbetsplatsen och utförande av arbetsuppgiften, grafitmontering. Det hjälpmedel som ger operatören möjlighet att sitta upprätt samtidigt som nackvinkeln är en lutning på maximalt 15 grader nedåt, som är det som rekommenderas, är glasögonen från Optergo. Glasögonen underlättar inte bara nackbesväret utan även vid utförande av arbetsuppgiften på HTB2, se lösningsförslag på hjälpmedel – underlätta vid finmotorik på sida 26. Slutsatsen är att glasögonen är det hjälpmedel som löser de två viktigaste problemen och är det lösningsförslaget som fått bäst resultat på båda elimineringsmatriserna om att underlätta nackbesvär och finmotorik. Vid elimineringsmatrisen om finmotorik fick både glasögonen och placeringshjälpmedlet lika bra resultat. Därför blir det två hjälpmedel som blir lösningsförslag, eftersom de löser olika problem. Dessa två lösningsförslagen visas nedan.



Bild 19. Hjälpmedel som underlättar nackbesvär och finmotorik (Optergo).



Bild 20. Placeringshjälpmedel som underlättar vid finmotorik

5.3.7 Kostnadsberäkningar

En avgränsning som fås från handledaren var att lösningsförslagen inte bör överstiga 300 000 kr totalt, varför kostnadskalkyler tagits fram för både ombyggnationen och de hjälpmedel som tagit fram i slutsatsen ovan. Den första investeringskalkylen visar hur mycket prototyp nummer 3 kostar att investera.

Tabell 13. Investeringskalkyl för arbetsplats (mallar.biz)

Investeringskalkyl för arbetsplats		
Investering		
Bord, 4st * 7 000		28 000,00
Stolar, 4st * 5 000		20 000,00
Totalt		48 000,00

Totalsumman för nya bord och stolar blir 48 000 kr. Nästa investeringskalkyl visar hur mycket det första hjälpmedlet kostar för totalt 10 personer.

Tabell 14. Investeringsberäkning för hjälpmedel – glasögon (mallar.biz)

Investeringsberäkning för hjälpmedel - glasögon

Investering	Styckpris	
Glasögon utan lupp 6st	11 500,00	69 000,00
Glasögon med lupp 4st	22 900,00	91 600,00
Totalt		160 600,00

Investeringskalkylen ovan visar att totalsumman blir 160 600 kr. Anledningen till att 10 glasögon totalt behöver köpas in är på grund av att det är så många personer som arbetar på stationen HTB2 där grafitmonteringen sker. Arbetsstationen är utformad för fyra personer och därför behöver bara fyra luppas köpas in eftersom lupporna kan sättas på glasögonen och tas bort vid behov.

Tabell 15. Investeringsberäkning för hjälpmedel – placeringshjälpmedel (mallar.biz)

Investeringsberäkning för placeringshjälpmedel		
Investering	Pris en uppsättning a´ 4 stycken	10 uppsättningar
Hjälpmedel	2 000,00	20 000,00

Kalkylen ovan beskriver det ungefärliga pris som det skulle kosta att tillverka placeringshjälpmedlet. Priset är inget offertpris utan bara en ungefärlig kostnad baserad på tid att framställa produkten (Magnusson). En uppsättning är för en storleksdimension av lager baserat på fyra arbetsstationer. Tio olika uppsättningar skulle då kosta cirka 20 000.

Dessa tre lösningsförslag ihop ger en total investeringskostnad på 48 000 + 160 600 + 20 000 = 228 600 , vilket gör att avgränsningen inte på 300 000 inte överskrids.

5.4 Analys på systemnivå

I det här kapitlet kommer en analys att göras utifrån hur processen går till, från inköp av lager – lagermontering – rengöring av lager – grafitmontering av lager – försäljning. Första analysen omfattar inköp av lager, lagermontering, rengöring och montering. Mellan varje station finns väntetider, rengöringsstationen innehåller både tvättning och torkning av lager, hela den processen går till så här:

Isärslagning -> väntan -> tvätt -> väntan -> tork -> väntan -> montering.

Nästa delkapitel kommer egenskaper att jämföras mellan de två olika lagren som beskrivits i kapitel 4.4 Drylube- och segmentlager och sedan kommer en analys av försäljning att göras för att se vilken av lagertyperna är mest lönsam.

5.4.1 Från inköp till montering

Det finns ett konkret problem vid inköp av lager. Exopar önskar att få lager som inte är färdigmonterade. Det leder till att lagren hamnar direkt på monteringsstationen HTB2. Idag slås lagerna först isär, vilket skapar spånor som måste tvättas bort eller på annat sätt avlägsnas. I nuläget är ledtiden på isärslagning, tvätt och torkning, cirka tre och en halv dag (Jansson). Torktiden utgör cirka tre dagar av totala ledtiden.

Det finns ingen entydig förklaring till varför leverantörerna undviker att skicka lager som inte är färdigmonterade. Att inte ändra eller bryta produktionen för de små partierna som Exopar önskar nämns som en orsak. Det finns idag vissa lagertyper som tillverkas med en plasthållare så att när det kommer till Exopar kan dessa pressas isär utan att spånor uppstår och på sådant sätt försvinner hela momentet med tork och tvätt. Detta görs tyvärr inte med alla lager. Ett möjliggörande av att dessa hållare finns till alla lagermodeller kortar ledtiden med både tvätt och torkmomentet vilket innefattar tre dagar. En bråkdel av den kortade ledtiden kan användas till att fler kortare avbrott vid montering kan läggas in för att personalen kan få avlasta nacke och axlar. Slutsatsen är att så många lager som möjligt bör beställas med plasthållare.

Tittar man till hela processen och förändrar inköp och får lager som inte behövs bearbetas före montering kan både isärslagningsmaskinen och lagertvätten tas bort. Isärslagningsmaskinen förbrukar el som kan sparas, arbetsmiljön blir också bättre då maskinen skapar mycket buller i drift. När lagren sedan tvättas rent används Shellsol-T som är ett lösningsmedel som kan ge lungskador, hudsprickor och orsaka skadliga långtidseffekter i vattenmiljön (Jansson). Av denna kemikalie avdunstar det med mellan 150 – 200 kg om året i lokalen och cirka 800 liter om året behöver gå till destruktion (Jansson). Att slippa denna kemikalie i processen är till stor fördel för både människa och miljö. Den torktid som sedan följer är väldigt lång. Lagren lufttorkas i cirka tre dagar. Det finns en ugn som användas vid torkning av Drylube-lagren. Denna ugn har kapacitet att torka segmentlagren också men det görs inte i nuläget. Det krävs en förändring av de rutiner som sker efter tvätten för att ugnen ska användas. De nya rutinerna sänker ledningen från tre dagar till ungefär 30 minuter. Denna minskning kan användas likt ovan till fler korta avbrott vid monteringen.

5.4.2 Analys av Drylube och Segment

Först jämfördes data i form av max varvtal och temperaturlåghet mellan lagerkonstruktionerna Drylube 260, 261, 267 och Segment 208, se tabell 1 och 2. Till lager gjorda enligt Drylube-metoden är det maximala varvtalet mellan 3 till 26 gånger högre än för segmentlager. Vid temperaturegenskaper klarar inte drylublagret samma gradantal utan ligger ungefär 100 °C under segmentens 350 grader (Jansson). En variabel som är viktig för kunden är priset, men den prisbild som framkom när fyra olika lagermodeller (208, 260, 261 och 267) och över 40 dimensioner granskades, gav inget entydigt svar. Priserna varierar mellan 100 - 800 kr men den variationen beror på dimensionen och inte i första hand vilken modell det är. Drylube 261 och 267 ligger nära varandra i pris men likväl fanns inget lagerkonstruktion som alltid var dyrast eller alltid billigast utan varierade med dimensionen. Generellt var ett större lager dyrare än ett litet.

5.4.3 Försäljning

Tanken med analysen var att se om Drylube-konstruktionen kunde matcha det kundkrav som fanns, temperatur, varvtal och pris gentemot segmentkonstruktionen och på så sätt göra det ekonomiskt fördelaktigt för kund att välja Drylube-alternativet. Detta leder till en utfasning av segmentlagren där arbetsstationen med grafitmonteringen finns.

Ett annat alternativ är att om FoU lyckades höja temperaturlågheten på Drylube för att sedan arbeta mot en prisnivå där segmentlagren ligger och helst under för att ha både pris och varvtal som argument till kund för möjlig utfasning av segmentlager 208 som produceras på arbetsstationen HTB2.

6. Slutsatser

I avsnitt 1.4 precisering av frågeställningar står fyra frågor som har besvarats i rapporten. I det här kapitlet kommer de viktigaste att lyftas fram. Första frågeställningen som besvarats är:

- *Vad är ergonomi och vilka effekter och symptom som kan fås av dålig ergonomi*

Svaren på frågorna är sammanfattade i följande punkter:

- Samspelet mellan människan och den fysiska, psykiska och sociala arbetsmiljön eller med andra ord, samspelet människa, arbetsuppgifter och den omgivande miljön
- Värk, stelhet och trötthet i musklerna
- Skador på leder och ligament

Frågan har besvarats i teorikapitel 2.1 Vad är ergonomi.

Den andra frågeställningen är:

- *Hur påverkar förändringar på systemnivå produktiviteten*

De första två slutsatserna har besvarats i analyskapitel 5.4.1 Från inköp till montering och den sista slutsatsen står i kapitel 5.4.3 Försäljning. De tre slutsatserna till den andra frågeställningen är:

- Inköp: Plasthållare till alla lagermodeller
- Torkning: Använd ugnen till torkning för att minska ledtider.
- Försäljning: Utveckla Drylube-lagren så att prestandan blir minst lika bra som segmentlagren för att sedan sälja Drylube-lagren till ungefär samma pris.

De sista två frågeställningarna är

- *Vilka åtgärder kan göras för att förbättra ergonomin på arbetsstationen HTB2 där monotona arbetsuppgifter utförs vid grafitmonteringen*
- *Vad kan göras för att bibehållen eller ökad produktion ska fås efter att ergonomiproblemet är löst?*

Även dessa har besvarats i analyskapitlet. Slutsatserna är:

- Göra en ombyggnation av arbetsplatsen (se avsnitt 5.3.6 Slutsats) och använda hjälpmedel som underlättar arbetsuppgiften så att en upprätt sittställning kan hållas.
- För att maximera produktionen ska fyra personer arbeta åt gången, vilket är de maximala antalet utifrån ombyggnationen.
- Om rutinerna för torkning ändras och ugnen används istället för att lagren ska lufttorka så minskas ledtiderna med drygt tre dagar (se avsnitt 5.4.1 Från inköp till montering).
- Om alla lagermodeller köps in med en inbyggd plasthållare så kan isärslagningsmaskinen tillsammans med tvätt -och torkmomentet tas bort. Även här minskas ledtiderna (se avsnitt 5.4.1 Från inköp till montering).

7. Rekommendationer

Inköp – Det finns en lösning som idag används på vissa lagermodeller (att en plasthållare monteras på för att hålla lagerdelarna på plats vid transport), vilket borde implementeras på alla de lagermodeller och -dimensioner som innehåller en segmentkonstruktion. En vidareutveckling av detta område skulle vara att lösa transport-dilemmat på annat sätt som både är lätt för underleverantören att realisera och utföra i sin process utan att skapa merarbete vid förädling av lagren på Exopar-avdelningen.

Torkning – Förändra och förtydliga de rutiner som finns. Genom att samtala om varför de nya rutinerna är viktiga för processen men också visuella instruktioner kan placeras på stationen innan för att motverka glömska och slentrian. De nya rutinerna skall utformas så att de tvättade lagren skall genomgå torkning i den befintliga ugn och inte lufttorkas. Uppfylls detta minskar ledtider avsevärt samt skapar en bättre arbetsmiljö på hela Exopar-avdelningen.

Montering – Att alltid bemanna arbetsstationen med fyra anställda för att produktionen och platsutnyttjandet skall maximeras och skapa buffertsystem som ger tillfällen till avlastning och minskar stress, se kap 4.3 och 2.4. Detta görs via rutiner på rotationer av anställda i Exopar-avdelningen. Att använda de slutgiltiga lösningsförslagen, se kap. 5.3.6, och den layout som framtagits gynnar den ergonomiska arbetsmiljön med förenkling av finmotoriska processer och en skonsammare kroppshållning. Vidare kan denna rapport användas som underlag för inköp av hjälpmedel samt vidareutveckla och tillverka fysiska prototyper för tester.

Försäljning – Om lagertypen som kallas drylube kan utvecklas och nå upp till segmentlagernas högre värmetålighet för att kunna förändra kundernas köpbeteende och välja Drylubelagret framför det ergonomiskt problematiska segmentlagret. När prestandan sedan är lika mellan lagertyperna kan en för kunden fördelaktig prisbild på det nya lagret locka till köp. Att med hjälp av SKF:s utvecklingsavdelning höja temperaturlågheten hos drylubelagret kan vara en av de viktigaste uppgifterna för Exopar-avdelningen om det skall möjliggöras en förändring av kundernas köpbeteende. Om SKF:s egen forsknings- och utvecklingsavdelning inte har resurser eller tiden så borde externa konsulter involveras.

8. Diskussion

8.1 En tredje metod

Rapporten har tagit upp två olika framtagningsprocesser på lager. Den första avser segmentlagren där en grafitdistans placeras för hand mellan varje kula i lagret. Den andra avser Drylube-lager. Denna är, i huvudsak, en automatiserad process där grafit pressas in i lagret. Det finns ett tredje sätt som idag används vid vissa lagerbearbetningar. Vissa lager köps in med ett lock på. När dessa lager ska bearbetas används en krona som pressas ner mellan kulorna. När kulorna är på sin plats så pressas lagret ihop och bearbetningen på HTB2 är klar. Denna metod är enkel att använda. Den är inte tidskrävande och framförallt känns inte arbetsuppgiften lika finmotorisk vid små lager som den gör då grafitdistanser läggs mellan kulorna en i taget. På grund av tidsbrist har denna metod inte analyserats men vi tror att det är en bra metod som kan utvecklas till att fler lagertyper kan utnyttja kronan istället för att lägga i grafitdistanserna en i taget när varje kula har förflyttas.

8.2 Ändring i beställning

Handledaren på SKF har sagt att han tidigare har mailat företaget där beställningarna på lager görs ifrån för att se om det finns möjlighet att ändra på vissa lagerbeställningar. Svaret har i stort sett varit ett ”nej”, utan något direkt förklaring. För att få en ändring i lagerbeställningar behövs ett större engagemang och ett möte öga mot öga för att förklara behovet så att inga missuppfattningar görs. SKF har sedan några år tillbaka haft sådana möten där ändringar i beställningar har gjorts. Vi tror att en ny beställning där flera lagertyper har en plathållare behöver göras, vilket även tagits upp i slutsatsen.

8.3 Mer besparing

Om handledaren på SKF vill hålla investeringskostnaden ännu lägre än det vi fått fram, kan befintliga stolar användas istället för att köpa in nya, eftersom de stolar som används idag är höj- och sänkbara och även bekväma. Då sparas ytterligare $4 * 5\ 000\ \text{kr} = 20\ 000\ \text{kr}$.

8.4 Ingen användning av klassisk ergonomianalys

Det finns olika metoder av för att göra analyser av arbetsmiljön som exempelvis RULA (Rapid Upper Limb Assessment) och REBA (Rapid Entire Body Assessment). Dessa metoder observerar i första hand kroppshållning (Berlin). Enligt metoderna finns ett neutralläge där kroppen har som bäst motståndskraft mot belastningar och ju längre ifrån denna hållning kroppen har ju större är risken för skador. I en REBA-analys så poängsätts dessa avvikelser tillsammans med kraftöverföring, gravitationskraft, speciella omständigheter och greppbarhet, tillsammans bidrar detta till den siffran mellan 1 - 15 som kommer tala om hur akut det är att åtgärda problemet. RULA fungerar i princip på samma sätt men fokuserar på överkroppen och används som analysverktyg vid hand/arm intensiva arbeten (Berlin) (www.ttl.fi, 140509). NIOSH lyftekvation är en annan metod som mer fokuserar på vikter och distanser laster förflyttar sig. Olika faktorer som avser den distans och på vilket sätt förflyttningen sker multipliceras men varandra för att få ut ett värde på den maximala vikt objektet får ha (Berlin). Vi valde att inte fokusera på någon av dessa med anledningen av att dessa analysmetoder kräver större vikter för att det ska visa på ett rättvist utslag och de lägger heller ingen större fokus på repetitiva moment eller rörelser med statisk belastning.

Referenslista

- Adapt. (2014). Ergonomi, friska medarbetare orkar mer. Hemsida:
<http://www.adaptab.se/produkter-tjanster/ergonomi>. Hämtad 10de feb 2014
- Arbetsmiljöupplysningen. (2014). Ont i kroppen. Hemsida:
<http://www.arbetsmiljoupplysningen.se/sv/Amnen/Ont-i-kroppen/>. Hämtad 12te feb 2014
- Arbetsmiljöupplysningen. (2014). Belasta rätt. Hemsida:
<http://www.arbetsmiljoupplysningen.se/sv/amnen/belasta-ratt/>. Hämtad 19de mars 2014
- Arbetsmiljöverket. (2014). Belastningsergonomiska studier. Hemsida:
http://www.av.se/dokument/aktuellt/kunskapsversikt/RAP2012_01.pdf. Hämtad 18de juni 2014
- Arbetsmiljöverket. (2014). Buller. Hemsida: <http://www.av.se/sok/omrsok.aspx?qt=buller>
Hämtad 15 mars 2014
- Arbetsmiljöverket. (2014). Ensidigt, upprepat och monotont arbete. Hemsida:
<http://www.av.se/teman/stress/psykosociala/eua/>. Hämtad 18de feb 2014
- Arbetsmiljöverket. (2010). Arbetsorsakade besvär 2010. Hemsida:
http://www.av.se/dokument/statistik/officiell_stat/ARBORS2010.pdf. Hämtad 15de feb 2014.
- Arbetsmiljöverket. (2014). Påfrestande arbetsställningar och arbetsrörelser. Hemsida:
<http://www.av.se/teman/ergonomi/risker/pafrestande/>. Hämtad 7de april 2014.
- Dalen, M. (2008). Intervju som metod. Oslo:, Monica Dalen. s.10
- Grooten, W. Leijon, O. Nyman, T. Tegbrant, K. (2013). Nack- och skuldbesvär i arbetet. Hemsida: <http://www.slso.sll.se/upload/CAMM/Faktablad/Nack-%20och%20skulderbesv%C3%A4r%20i%20arbetet%202013.pdf>
- Hig. (2014). BILDMATERIAL BELASTNINGSERGONOMI. Hemsida:
<http://www.hig.se/download/18.96359b211f728d9b6880001282/1353629588849/ErgoUtbilder.pdf>. Hämtad 12te april
- Högskolan i Jönköping. (2014). Intervjuer. hemsida:
<http://pingpong.hj.se/public/courseId/12876/lang-sv/publicPage.do?item=7275482>. Hämtad 10de april 2014
- Johannesson, H. Persson, J-G och Pettersson, D. Liber AB (2004). Produktutveckling. Stockholm:, Bulls House of Graphics.s. 127
- Läkartidningen. (2010). Stress som orsak till psykisk ohälsa. Hemsida:
http://ww2.lakartidningen.se/store/articlepdf/1/14349/lkt1019s1307_1310.pdf. Hämtad 6te mars 2014

Mallar.biz. (2012). Investeringskalkyl för marknadsföring - gratis mall. Hemsida: <http://www.mallar.biz/kalkyler/investeringskalkyler/mall-investeringskalkyl-marknadsforing/>. Hämtad 15te maj 2014

Münster, G And Vestin, U. (2012). *Improving product flows in order to reduce order-to-delivery lead times*. Gothenburg:, CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, p. 85

Nyberg, M. (2014). Läkarbesparing blev en dyr affär. Hemsida: <http://www.svt.se/nyheter/regionalt/nordnytt/lakarbesparing-blev-en-dyr-affar>. Hämtad 12 te mars

Optergo. (2014). Sitt rätt, se tydligt!. Hemsida: http://www.optergo.se/Optergo_folder_080131.pdf. Hämtad 27de spril 2014.

Sundén, M. (2012). Skolor förlorare på nytt it-system . Hemsida: http://www.svd.se/nyheter/stockholm/skolor-forlorare-pa-nytt-it-system_7275167.svd. Hämtad 27de mars

Suntliv. (2010). Vad är psykosocial arbetsmiljö?. Hemsida: <http://www.suntliv.nu/Amnen/Psykosocial-arbetsmiljo/>. Hämtad 8de april 2014

SKF (2008). SKF Huvudkatalog. Sverige: SKF. 290-291

SKF (2014). Om oss. Hemsida: <http://www.skf.com/se/our-company/index.html>. Hämtad 21ta jan 2014

SVT. (2014). Läkarbesparing blev en dyr affär. Hemsida: <http://www.svt.se/nyheter/regionalt/nordnytt/lakarbesparing-blev-en-dyr-affar>. Hämtad 18 Jun 2014

ttl. (2009). REBA (Rapid Entire Body Assessment) Hemsida: http://www.ttl.fi/en/ergonomics/methods/workload_exposure_methods/table_and_methods/Documents/REBA.pdf. Hämtad 9de maj

Waters, T-R. Vern Putz-Andersson, Ph.D. Arun Garg, Ph.D. (1994). U.S Department of health and human services. Hemsida: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/94-110/pdfs/94-110.pdf>. Hämtad 9de maj

Empiri

Niclas Jansson, handledare på SKF. Kontinuerliga intervjuer

Eva Bohnstedt, Optergo. (2014-04-24)

Fredrik Magnusson, Aröds Mekaniska. (2014-05-06)

Bilagor

Bilaga 1

Riskbedömning

Företag: SKF Sverige AB	Avd: Exopar – Grafitlager	Utförd datum: 2011-01-21, 2011-01-27, 2011-01-31, 2011-02-10, 2011-02-15, 2011-02-24
Analysen utförd av: Adel Santa, Mia Espefors, Vincha Conticelli, Niclas Jansson, Birgitta Westman, Elisabet Myrén		

Nr	Arbetsplats/arbetsuppgift	Risk	Bedömn.	Åtgärd / Kommentar
1.8	Grafitsegment monteras i lager (9-11 st). Ibland används skruvmejsel som verktyg. Operatören sitter ofta ner. Två arbetsplatser.	Belastningsrisk i nacke/skuldra pga framåtböjd nacke vid precisionsarbete. Statisk belastning på nacke. Repetitivt arbete. 240 lager/timma och operatör. Framåtböjd nacke: >15 grader = 2 > 20 grader = 3	Under 1h: 2 Över 1h: 3	Undvik att arbeta mer än en timma vid stationen på förmiddagen och en timma på eftermiddagen. Max två timmar per dag och minst två timmar mellan passen. Svagt lutande bordskiva Undvik drag på nya arbetsplatsen