

Projekt inom Integrerad produktutveckling:

Höjdregering av värmebäddsbord

KTH-Kista, Institutionen för tillämpad IT



Grupp: IPU3

Lars Viebke
Daniel Nilsson
Kim Ekholm
Wai-Wah Chong

Datum: 2004-03-14

1 Sammanfattning

På KTH i Kista genomförs slutprojekt bland maskinteknikeleverna, i form av skarpa projekt mot externa uppdragsgivare, företag eller innovatörer.

Projektet "Höjdregering av värmebäddsbord" har genomförts åt KanMed AB i Bromma, som tillverkar, utvecklar och marknadsför värmemadrasser för patientvård.

I sitt sortiment har de en värmemadrass för prematurt (för tidigt) födda barn. Till madrassen säljs ett värmebäddsbord som är höj- och sänkbar. KanMed anser att produktionskostnaden för bordet är för högt, främst lyftpelaren till bordet varför fyra studenter på KTH i Kista: Daniel Nilsson, Kim Ekholm, Lars Viebke och Wai-Wah Chong, har fått uppdrag att utreda, utveckla och demonstrera en billigare lösning.

I projektstarten gjordes en förstudie där befintliga lösningar utvärderades tillsammans med de lösningsförslag som gruppen genererat själva. De bättre förslagen gallrades ut för vidare undersökning och utvärdering, utifrån kraven KanMed ställt på höjdregeringen. Det vinnande förslaget baseras på ett ställdon bestående av en gängad stång i ett hus tillsammans med växel och vev integrerat i en styrelare. Styrelaren är en teleskopering bestående av två kvadratiska rör som löper i varandra. Olika förfaringssätt vid tillverkning av denna styrelare beskrivs vidare i rapporten.

Den valda lösningen presenterades i form av en fungerande prototyp. Lösningen uppfyller kraven från KanMed och kan därför användas för vidare produktion, dock bör KanMed se över hela värmebäddskonstruktionen för att reducera den totala tillverkningskostnaden.

Innehållsförteckning

1	Sammanfattning	2
2	Inledning	4
3	Projektförutsättningar	5
4	Målbeskrivning	5
4.1.1	Kravspecifikation	5
4.1.2	Önskvärda funktioner	5
5	Avgränsningar	6
6	Lösningsmetod	6
7	6	
8	Förstudie	7
8.1	Funktionsanalys	7
8.2	Huvuddelar och tillvägagångssätt vid tillverkning av höjdreglering	9
8.3	Tekniker för höjdreglering av värmebäddsbord	10
8.4	Brainstorming	10
8.4.1	Familjetråd	10
8.4.2	Manuella metoder	11
8.4.3	Elektriska metoder	12
8.4.4	Pneumatiska metoder	12
8.5	Grov utgallring	13
8.5.1		13
8.5.2		13
8.6	Undersökning	13
8.7	Jämförelse	14
8.7.1	Manuella metoder	14
8.7.2	Elektriska metoder	16
8.8	Utvärdering	18
8.9	Beslut	18
9	Lösningsförslag - styrdon	19
9.1		20
10	Styrpelare till vald lösning	20
10.2	Aluminiumprofiler till styrpelare	21
10.2.2		21
10.3	Distansbitar till styrpelare	22
10.3.1	Runda hålbrickor av plast	23
10.3.2	Plattor av plast	24
10.3.3	Plastplattor med justerskruvar	25
10.3.4	Plastprofiler	26
10.3.5	Fyllmedel	27
10.3.6	Beslut – vald distansbitlösning	29
11	Lösningsförslag - komplett höjdreglering / Prototyp	31
12	Rekommendationer	33
12.1	Förslag till ändringar från prototypen vid produktifiering	33
13	Källhänvisning	35
14	Bilaga	38
14.1		38

2 Inledning

KanMed utvecklar, tillverkar och marknadsför värmemadrasser för patientvård.

De har även en rullbar vagn i programmet, med en korg avsedd för prematurt (för tidigt) födda barn som behöver värmetillförsel. Höjden är ställbar genom en elektro-pneumatisk lösning för att medge bekväm arbetshöjd stående men även låg höjd vid mammans säng.

Höjdställningsutrustningen kostar för närvarande 3300kr i produktion om 100 enheter.

Kostnaden för denna enhet står för halva produktionskostnaden av vagnen och för att kunna sänka produktionspriset och därmed sänka försäljningspriset krävs att en billigare lösning införs. Denna rapport beskriver detta arbete från idé till prototyp.

Nuvarande lösning



Figur 1: KanMeds värmebäddsbord med nuvarande lyftpelare

Teknik: Elektropneumatisk med integrerad styrpelare

Tillverkare Magnetic Elektmotoren AG

Modell: TGC8AWAK

Data: max belastning 1000N, slaglängd 300mm, förflyttning

9mm/s, säkerhetsklass: IP 30

Pris: 3300kr vid inköp om 100 stycken enheter

3 Projektförutsättningar

- Projektet skall genomföras av elever på KTH-Kista, 4 elever om ca 200 timmar vardera
- KTH bidrar med mantimmar och mindre komponenter i form av maskinbearbetade delar och mindre standarddetaljer som skruv och mutter
- Utlägg för material till prototyp tillverkning utgår från KanMed

4 Målbeskrivning

Undersöka och ta fram lösning för höjdregering av värmebäddskorg, som klarar en variabel belastning om 10 till 30kg, med maximal förflyttning om 250-300mm, med en maximal produktionskostnad om 1000-1500kr vid 100 enheter, inklusive arbets- och montagekostnad om 500kr/timme.

Särskild vikt läggs på säkerhet och funktion.

Lösningen skall demonstreras i en prototyp.

Projektet skall dokumenteras och redovisas i en rapport och prototypen demonstreras vid en projektmässa.

4.1.1 Kravspecifikation

Lyftmekanism som skall kunna förflytta en varierande last. Kraven är ställda av KanMed AB och godkända av projektgruppen.

- Belastning: 10 till 30 kg
- Slaglängd maximalt 250-300mm
- Maximalt produktionspris vid 100 enheter: 1000-1500kr/st
- Livslängd: minst 10år
- Beräknad användningsfrekvens: 1 höjning och sänkning om dagen (totalt minst 3500ggr)
- Utnyttja befintlig överpelare (endast begränsade modifikationer tillåts, som förflyttning av hål)
- "Idiotsäker" - sjukhuspersonal och föräldrar skall kunna sköta enheten utan vidare förklaring
- Ingen klämrisk får förekomma
- Enkel att höja och sänka, lättåtkomliga reglage, operatören skall ha full kontroll över höjdläget
- Snygg konstruktion
- Stabil konstruktion som klarar dynamisk belastning vid förflyttning
- Risk för att korgen rasar ner när tex en låsspärr lossas får ej föreligga
- Korgen får ej sjunka ner vid spänningsförlust (vid ev elektrisk mekanism)

4.1.2 Önskvärda funktioner

- Hopvikbart för att minimera transportkostnad
- Enkel och okritisk ihopmontering vid sjukhuset
- Enkel konstruktion som ställer låga krav på tillverkande underleverantörer
- Enkel rengöring, lätt att komma åt alla exponerade ytor, god ytfinish

5 Avgränsningar

Undersökning av befintliga och möjliga lösningar behöver endast genomföras teoretiskt. KanMed skall godkänna den valda lösningen och eventuellt bestämma ändringar innan tillverkningen av en demonstrationsprototyp påbörjas.

Endast en prototyp skall tillverkas. Prototypen behöver inte kunna realiseras direkt i en producerbar produkt. Eventuell produktionsanpassning görs efter projektet.

KanMed skall stå för alla eventuella utgifter och godkänna dessa i förväg.

6 Lösningssmetod

- Teoretisk undersökning som främst utgår ifrån existerande lösningar på marknaden
- Teoretisk undersökning av mer lämpade funna lösningar
- Beräkning och eventuell simulering av lämpliga lösningar
- Praktiska laborationer och försök
- Prototyp tillverkning
- Undersökning och optimering av tillverkad prototyp
- Analys av resultat

7 Förstudie

Under förstudien undersöks vilka krav som kan ställas på en höjddreglering av ett värmebäddsbord generellt, idéer genereras kring tekniker som kan nyttjas för höjddregleringen och undersökning sker av de olika höjddregleringsteknikerna mer specifikt.

En stor del av förstudien består av faktainsamling, sökning och kontakt med tänkbara leverantörer eller tillverkare av system för lämplig höjddreglering.

7.1 Funktionsanalys

Under funktionsanalysen undersöks ett föremåls funktioner på ett organiserat sätt för att åskådliggöra och underlätta vid produktutveckling och vidareutveckling av föremålet. Funktionerna delas upp efter dess klass beroende på hur viktig funktionen är för föremålet.

Klasserna är:

- HF - Huvudfunktion, den primära funktionen för föremålet
- N - Nödvändiga funktioner, de funktioner som krävs för att huvudfunktionen skall uppfyllas och föremålet skall fungera utan anmärkning
- Ö – Önskvärda funktioner, egenskaper för föremålet som är positiva för föremålet men en inte så viktiga att föremålet inte fungerar om funktioner inte uppfylls

Funktionerna beskrivs med två ord. Eventuell förklaring till funktionen beskrivs under kommentarskolumnen. Den eller de komponenter som medverkar till funktionen benämns under komponentkolumnen. Sammanlagt syftar upplägget till att ge överskådlighet och standardisering av funktionsanalysen.

Produkt: Pelare för höjdregering av värmebäddsbord
 Område: Sjukhusteknik
 Datum: 2003-12-05
 Deltagare: IPU-grupp 3

Funktion	Klass	Kommentar	Komponent
Medge höjdregering	HF	slaglängd: 250-300mm	Höjdregeringsenhet
Äga stabilitet	N	Klara dynamisk belastning vid förflyttning över trösklar, klara av att stödja sig på för sjukhuspersonal, föräldrar eller besökare	Pelare
Äga säkerhet	N	Ingen klämrisk, får ej sjunka vid spänningsbortfall, ingen risk för att korgen rasar ner får föreligga	Pelare, höjdregeringsenhet
Medge rengöring	N	Lättåtkomliga ytor, god ytjämnhet	Pelare, ytbehandling
Medge belastningsändring	N	Belastning: 10-30 kg	Höjdregeringsenhet
Medge förflyttning	N	Klara av förflyttning mellan sjukhuslokaler	Pelare
Medge förståelse	N	Sjukhuspersonal och föräldrar skall kunna använda enheten utan vidare förklaring	Reglage
Äga design	Ö	Se snygg och ändamålsenlig ut	Form och ytbehandling
Maximera prisvärdhet	Ö	Max tillverkningskostnad: 1500 (100 enheter)	
Maximera livslängd	Ö	10 år, 3500 höjdändringar	Materialval, ytbehandling, ingående detaljer
Medge hållbarhet	Ö		Materialval, ytbehandling, ingående detaljer
Medge transport	Ö	Delbar, liten volym, inga utstickande delar	
Äga monteringsvänlighet	Ö	Enkel och okritisk montering vid sjukhuset	Pelare
Minimera produktionssvårighet	Ö	Ställa låga krav på tillverkande underleverantörer, få ingående detaljer	Ingående detaljer
Maximera användarvänlighet	Ö	Lättåtkomliga reglage	Reglage
Äga korrosionsbeständighet	Ö	Tåla avtvättning, de lösningsmedel som normalt nyttjas och vattenstänk	Ytbehandling
Minimera underhåll	Ö	Systemet skall vara så underhållsfritt så möjligt	Ytbehandling, ingående detaljer
Medge återvinning	Ö	Enkelt att demontera, materialmärkt	Ingående detaljer
Minimera egenvikt	Ö		Materialval, ingående detaljer

Kommentar till funktionsanalysen:

Ur funktionsanalysen kan utläsas att en pelare för höjdregering av värmebäddsbord måste medge höjdregering. Detta är pelarens huvudfunktion och det är höjdregeringsenheten som medverkar till denna funktion.

För att höjdregeringen skall fungera krävs därtill att de nödvändiga funktionerna: god stabilitet och säkerhet, möjlighet att variera lasten och medge förflyttning värmebäddsbordet mellan olika lokaler uppfylls. Därtill krävs att de nödvändiga funktionerna: att pelaren är enkel att använda och lätt kan rengöras uppfylls. De komponenter som medverkar till de nödvändiga funktioner är pelaren i sig och dess ytbehandling, höjdregeringsenheten och reglagen som styr höjdregeringsenheten.

7.2 Huvuddelar och tillvägagångssätt vid tillverkning av höjdreglering

Principen för höjdreglering av värmebäddsbordet består i grunden av tre huvuddelar. Dessa huvuddelar är:

- Ställdon - sköter lyftet men klarar endast vertikal belastning
- Styrpelare - omsluter ställdonet, styr och stabiliserar konstruktionen vid förflyttning i höjded och tar upp dynamiska och statiska sidobelastningar
- Kringutrustning - utrustning som eventuellt krävs för att ställdonet skall fungera och kunna styras i form av reglage, kontrollenheter, transformatorer och liknande.

Det finns tre generella tillvägagångssätt och utformningar av systemet för höjdreglering av värmebäddsbord ur tillverknings synpunkt, vilka har både fördelar och nackdelar:

Tillvägagångssätt	Fördelar	Nackdelar
Köpa komplett lyftpelare	+ Enkelt + Låg risk för problem	- Hög kostnad - Låg flexibilitet, styrd av vad som finns på marknaden
Köpa färdigbyggda ställdon och styrpelare och sammanställa dessa	+ Möjlighet till lägre kostnad än inköp av komplett lyftpelare	- Mer komplex tillverkning - Svårighet att anpassa ställdonet till styrpelaren
Egen tillverkning av hela höjdregleringsenheten	+ Möjlighet till låg tillverkningskostnad	- Komplex tillverkning - Risk för höga utvecklingskostnader - Avhängt på många ingående detaljer, risk för att dessa förändras föreligger

Valet mellan tillvägagångssätt styrs främst av kostnad, volym och möjlighet att producera eller styra en produktion. Eftersom KanMed säljer och marknadsför värmebäddsbordet och inte utför någon egen tillverkning utöver mindre montage av färdiga detaljer utan låter underleverantörer utföra all tillverkning, bör tillverkningen av värmebäddsbordet och dess höjdreglering vara en relativt enkel lättstyrd process. Detta gäller speciellt som volymen är relativt låg på värmebäddsbordet (100 enhet per tillverkning) och KanMed inte har möjlighet eller tid till större styrning av de tillverkande underleverantörerna. Därför bör det sista alternativet där alla delar eller stora delar av höjdregleringen tillverkas specifikt för KanMed och värmebäddsbordet inte vara så lämpligt.

Den nuvarande lösningen baseras på det första alternativet där höjdregleringen köps komplett, är det för KanMed, mest praktiska tillvägagångssättet. Men om kostnaden blir lägre kan även det andra alternativet vara lämpligt för KanMed där ställdonet och stödpelaren köps separat och anpassas för att bilda en enhet medan endast viss detaljtillverkning sker.

7.3 Tekniker för höjdregering av värmebäddsbord

Det finns flera tekniker för höjdregering av ett värmebäddsbord. För att systematiskt generera idéer till lämpliga lösningar som slutligen resulterar i en eller några få specifika lösningsförslag är det lämpligt att följa en bestämd väg.

Beslutsväg – från idégenerering till beslut

- ① **Brainstorming** – alla tänkbara alternativ för höjdregering
- ② **Grov utgallring** – system som kan tänkas uppfylla kraven
- ③ **Undersökning** – undersökning av utgallrade system
- ④ **Jämförelse** – de valda systemen i den finare utgallringen ställs systematiskt mot varandra för att se vilka som bäst uppfyller kraven, ex genom att ställa systemen mot varandra
- ⑤ **Utvärdering** – resultaten av jämförelsen utvärderas
- ⑥ **Beslut** – det eller de två bästa systemen spikas för ytterligare utveckling och senare demonstrationsbygge

7.4 Brainstorming

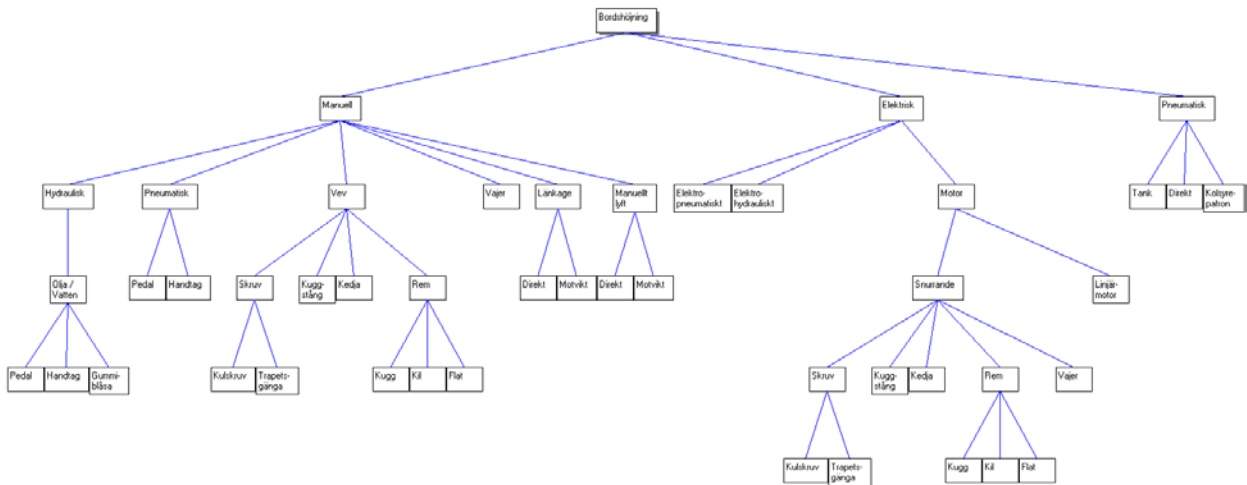
Vid en brainstorming tillåts deltagarna att på ett så kreativt sätt som möjligt generera idéer och alternativa lösningar på problem. Dessa behöver inte vara realistiska eller lämpliga. I efterhand sorteras mindre realistiska förslag bort vid en grovgallring, men anteckningarna kring resultatet av brainstormingen sparas för att senare kunna utnyttjas vid en utveckling åt ett annat håll.

Vid brainstormingen kring olika tekniker för höjdregering av värmebäddsbordet antecknades alla förslag som kom upp, dessa har utnyttjats för att generera ett familjetråd.

7.4.1 Familjetråd

I familjetråd åskådliggörs grafiskt möjliga metoder för höjdregering av värmebäddsbord. Tanken med trädet är att man åskådliggör hur man följer en ”väg” genom att välja teknik i ett antal olika nivåer. Vid beslutande av vald teknik markeras ”vägen” till denna i familjetrådet. Samtidigt kan man testa andra ”vägar” om den valda tekniken inte visar sig lämplig eller om problem uppstår med den valda tekniken. Med familjetrådet kan man även på ett enkelt sätt visa möjliga lösningar och dellösningar till personer som inte är insatta i ämnet.

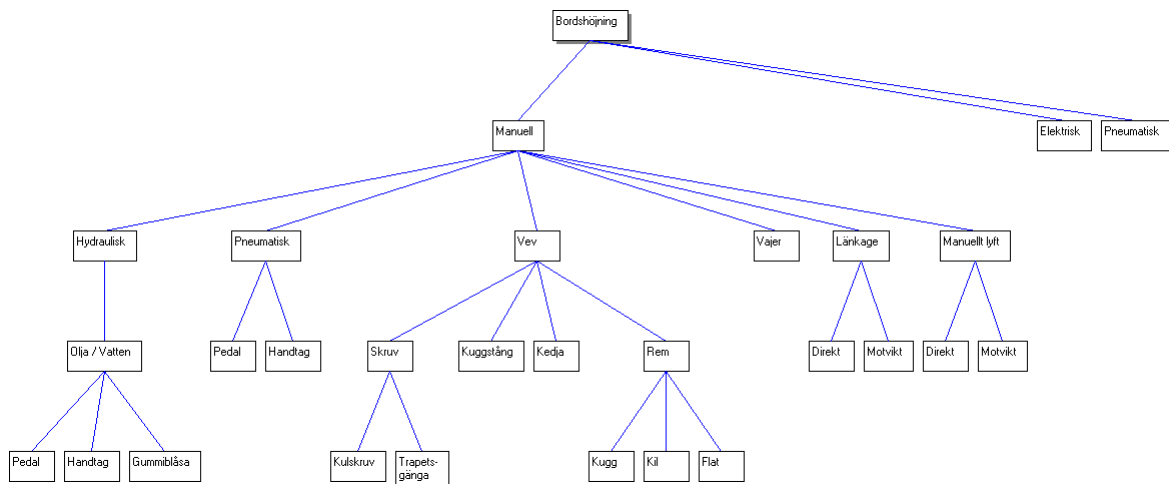
Nedan följer familjeträdet över tekniker ställdon till höjdgrelning av värmebäddsbord. Huvudteknikerna är manuella metoder, elektriska metoder och metoder där pneumatik utnyttjas för att driva ställdonet, förstoringar av dessa "grenar" följer.



Figur2: Familjetråd över alla tänkbara alternativ för höjdgrelning av värmebäddsbord

7.4.2 Manuella metoder

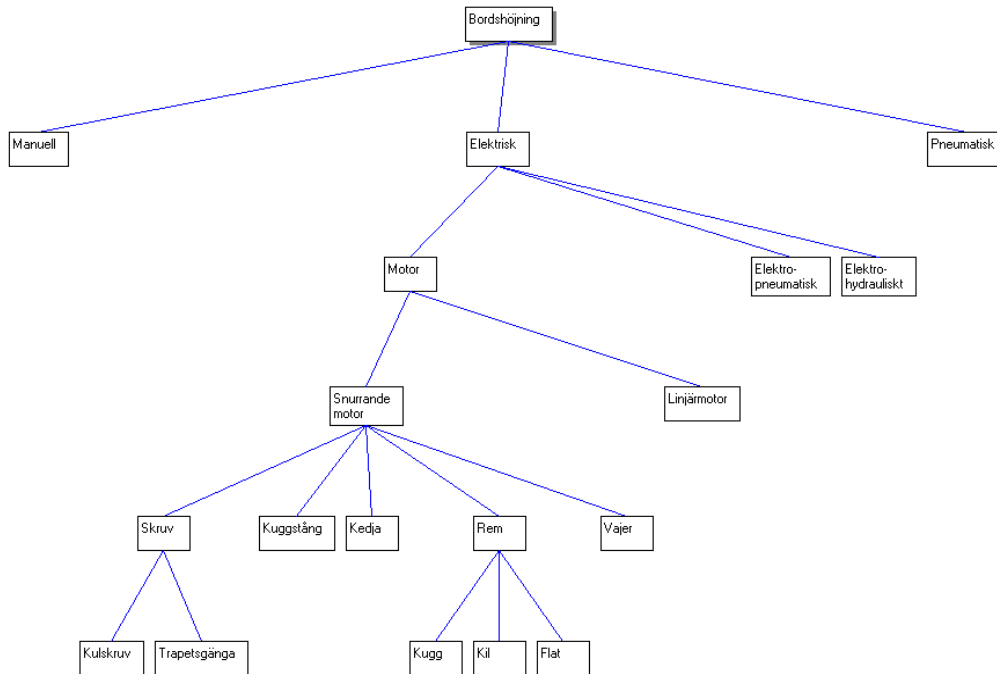
Med manuella metoder för höjdgrelning menas det att en mänsklig kraftkälla utnyttjas för att driva ställdonet.



Figur 3: Familjetråd alternativ för höjdgrelning av värmebäddsbord, manuella undermetoder

7.4.3 Elektriska metoder

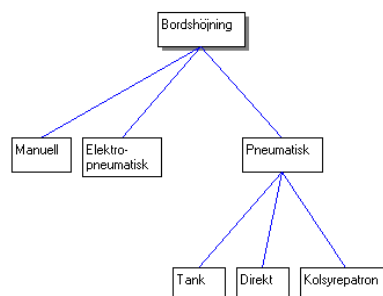
Med elektriska metoder för höjdregering menas de metoder där man utnyttjar nätström eller ett batteri för att driva ställdonet som åstadkommer höjdregering av ett värmebäddsbord.



Figur 4: Familjetråd alternativ för höjdregering av värmebäddsbord, elektriska undermetoder

7.4.4 Pneumatiska metoder

Med pneumatiska metoder menas de där man utnyttjar extern tryckluft eller annan gas för att åstadkomma höjdregeringen av värmebäddsbordet. Detta kan innebära direktanslutning till extern kompressor eller utnyttjande av engångs- eller flergångstrycktank.



Figur 5: Familjetråd alternativ för höjdregering av värmebäddsbord, pneumatiska undermetoder

7.5 Grov utgallring

Utifrån kraven från KanMed som ställts på höjdregeringen, samt funktionsanalysen har vissa alternativ sorterats bort vid en grovgallring. Främst har säkerhet och lämplighet styrt valen av alternativ men även en grov bedömning av kostnaden för de olika systemen har påverkat.

Nedan följer de alternativ som har bedömts lämpliga sorterade efter teknikområde och delteknik. Dessa har undersökts och utvärderats vidare:

<p>Manuella metoder</p> <ul style="list-style-type: none">• Hydraulisk• Vev- Skruv- Kuggstång- Kedja- Rem <p>Elektriska metoder</p> <ul style="list-style-type: none">• Motor- Skruv- Kuggstång- Kedja- Vajer- Rem• Elektropneumatisk• Elektrohydraulisk
--

7.6 Undersökning

De utgallrade höjdregeringsmetoderna har undersökts genom bred informationssökning främst på Internet. Speciellt intressanta lösningar har undersökts vidare genom telefonkontakt med återförsäljare i Sverige för kostnadsförfrågan och specifika frågor kring systemen.

Även färdiga applikationer som motorreglerade skrivbord har undersökts för att utröna möjligheten att utnyttja delar av dessa system eller tillverkare av dessa applikationer som tillverkare av höjdregeringen till värmebäddsbordet.

Tillverkare / återförsäljare som har kontaktats:

Ställdon, lyftpelare

- Aratron – stort sortiment, både styrdon och kompletta enheter, relativt höga priser
- MIT (Modern Industri Teknik) – marknadsför och säljer ställdon och motorer, lyftsystem och växlar köps in från Ketterer
- HT-lyftsystem – kompletta lyftpelare, överdimensionerade för den aktuella applikationen
- ROL-Egonomic – tillverkare av bl.a. höjdregerbart bord till IKEA

Elmotorer

- ELFA – stora på elektriska komponenter
- Nelmo – tillverkare av större elmotorer och växlar

7.7 Jämförelse

De olika höjdregeringsmetoderna medför olika för- och nackdelar för den specifika tillämpningen, höjdregering av värmebäddsbordet.

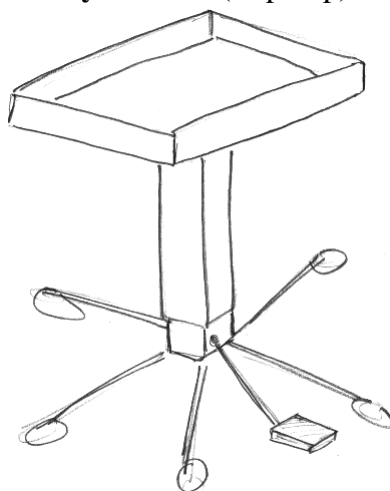
De som är möjliga att realisera inom de fysiska begränsningar, främst den plats höjdregeringen får ta, har jämförts med varandra. Övriga har rensats bort.

Vissa höjdregeringssystem inbegriper kompletta enheter, med integrerad styrpelare medan andra system enbart inbegriper ställdon. Generellt medför de mer kompletta systemen ett högre totalpris, men kostnadsbedömningen beror på hur styrpelarfunktionen realiseras.

För beskrivning över hur respektive höjdregeringsmetod hos värmebäddsbordet skulle kunna se ut se de schematiska skisserna!

7.7.1 Manuella metoder

Hydraulisk (fotpump)



Figur 6: Principskiss över manuell hydraulisk höjdregering av värmebäddsbordet

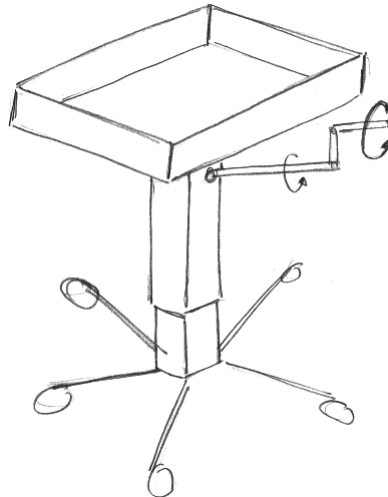
Fördelar	Nackdelar
+ Förhållandevis lågt pris + Lämpliga mått + Förekommer med integrerad styrpelare	- Ej möjligt att enkelt uppgradera med elektrisk styrning - Föreligger risk för att ställdonet sjunker vid läckage - Risk för skador p.g.a. hydraulvätska vid läckage

Vev

Av de utgallrade systemen för höjdregering med vev: skruv, kuggstång, kedja och rem är skruv den enda lösningen som bedömts att enkelt gå anpassa som ställdon till den aktuella applikationen.

(Se även elektriska metoder – motor - skruv)

Vev - Skruv (trapetsgänga)



Figur 7: Principskiss över höjdregering av värmebäddsbordet med vev

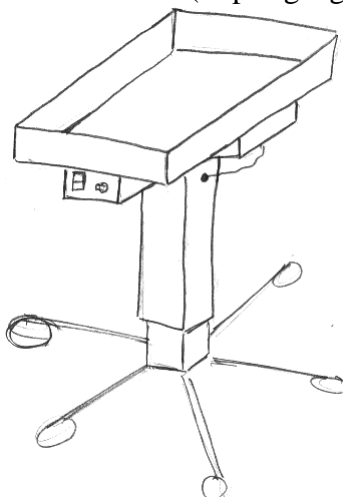
Fördelar	Nackdelar
<ul style="list-style-type: none">+ Lågt pris+ Lämpliga mått+ Enkel konstruktion+ Ingen risk för läckage eller liknande+ Självhämmande – ingen risk för att ställdonet sjunker+ Möjligt att enkelt uppgradera med motor för elektrisk höjdregering	<ul style="list-style-type: none">- Saknar i lågkostnadsversioner integrerad styrelsefunktion, kan endast ta upp axiell belastning

7.7.2 Elektriska metoder

Motor

Av de utgallrade systemen för motordrift: skruv, kuggstång, kedja, vajer och rem är skruv den enda lösning som bedömts enkelt gå att anpassa som ställdon till den aktuella applikationen. (Se även manuella metoder – vev - skruv)

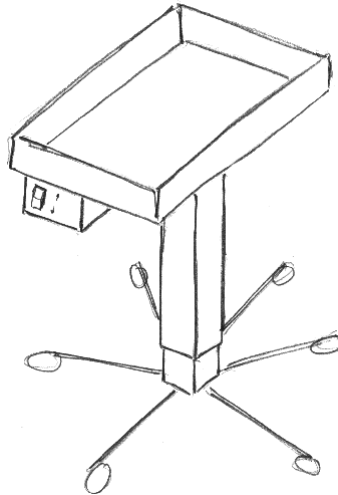
Motor - skruv (trapetsgänga)



Figur 8: Principskiss över höjdregering av värmebäddsbordet med motor kopplad till skruv

Fördelar	Nackdelar
<ul style="list-style-type: none">+ Förhållandevis lågt pris+ Lämpliga mått+ Relativt enkel konstruktion (ingen risk för läckage eller liknande)+ Självhämmande – ingen risk för att ställdonet sjunker vid spänningsförlust+ Möjlighet att förbilliga genom att utnyttja handvev istället för motor	<ul style="list-style-type: none">- Saknar i lågkostnadsversion integrerad styrelsfunktion, kan endast ta upp axiell belastning

Elektropneumatisk (se även *Nuvarande lösning-Inledning!*)



Figur 9: Principskiss över elektropneumatisk höjreglering av värmebäddsbordet med

Fördelar	Nackdelar
+ Jämn och stabil gång + Förekommer med integrerad styrpelare + Lämpliga mått + Förekommer med spärr för att förhindra att systemet sjunker vid spänningsförlust eller läckage	- Relativt högt pris

Elektrohydraulisk

Fördelar	Nackdelar
+ Klarar mycket hög belastning	- Högt pris - Hög ljudnivå - Föreligger risk för att ställdonet sjunker vid läckage - Risk för skador p.g.a. hydraulvätska vid läckage

7.8 Utvärdering

De manuella och elektriska metoderna har utvärderats separat för att finna den bästa lösningen inom båda. Om det i vissa system har funnits möjlighet att utnyttja ett grundsystem som kan nyttjas både manuellt och elektriskt har detta ansetts som en stor fördel då KanMed har visat intresse av en sådan lösning.

Beslutsmatris

I en beslutsmatris jämförs olika produkter, metoder eller liknande med en referens utifrån de egenskaper som önskas. Egenskaperna viktas utifrån hur viktiga de anses vara för de produkter, metoder eller liknande som jämförs.

Beslutsmatris – höjdregering av värmebäddsbordet

		Manuella metoder		Elektriska metoder		
Egenskap	Vikt	Hydraulisk	Vev - skruv	Motor - skruv	Pneumatisk	Hydraulisk
Lågt pris	9	9	9	9	R	-9
Ingen klämrisk	8	-8	8	0	E	-8
Enkel att använda	7	-7	-7	0	F	0
Lång livslängd	6	6	6	0	E	0
God stabilitet	5	5	-5	-5	R	5
Enkel konstruktion	4	4	4	4	E	-4
Kombineringsbart*	3	0	3	3	N	0
Attraktivt utseende	2	-2	-2	-2	S	-2
Ingen läckagerisk	1	-1	1	1		-1
	Σ	6	17	10		-19

* *Kombineringsbart = möjlighet att kombinera manuell + elektrisk*

Resultat

Summan erhålls genom att kolumnvis summera alla positiva vikter som sedan subtraheras med de negativa vikterna. Den lösning som erhåller den högsta positiva summan "vinner". I detta fall fick **Vev-skruv** högst poäng. Bland de elektriska metoderna fick **Motor-skruv** högst poäng. Då dessa metoder går att kombinera, d.v.s. en manuell metod som baseras på en vevdriven skruv kan byggas ut med en motor är det metoden Vev – skruv som är den lämpligaste lösningen för höjdregeringen av värmebäddsbordet.

7.9 Beslut

Vald lösning av styrdon:

Vev + skruv (eventuellt kompletterat med motor)

Motivation:

- Billig
- Passar väl in i befintligt utrymme
- Möjlighet att koppla in motor varvid KanMed kan sälja två lösningar i en
- Ingen risk för att ställdonet sjunker, självhämmande skruv

8 Lösningförslag - styrdon

Vev + skruv, kompletteringsbart med motorstyrning:

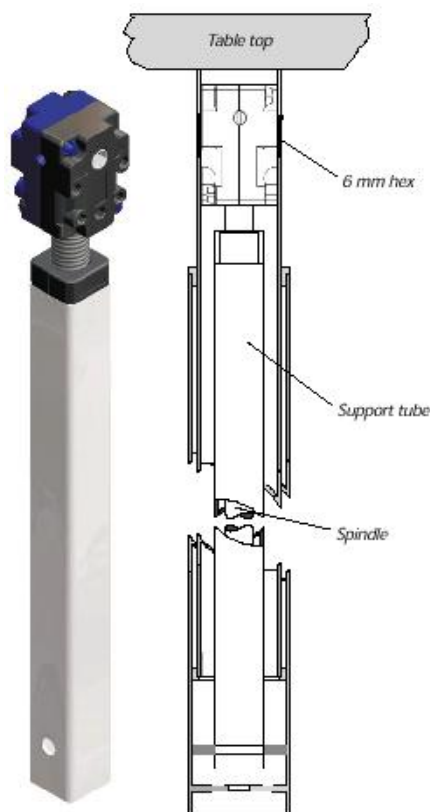
- Ställdon: Ketterer Bevel gear 3039
- Vev: Ketterer 5186

För datablad över Bevel Gear 3039 och Ketterer 5186 se bilaga!

Det valda lösningförslaget baseras på ett ställdon bestående av en gängad stång i ett hus tillsammans med växel och vev. Bädden vevas upp och ner för hand.

Stigningen på skruven kan väljas efter kundkrav. 16 millimeter stigning på skruven bedöms som lämplig vilket tillsammans med växeln på 1:1 ger en höjdregering på 16 millimeter för varje varv som veven vevas. Den kraft som krävs vid maximal belastning om 30 kilo på ställdonet beräknas då till 9 Newton (0,9 kgp) (*för se beräkning se bilagan!*).

Till detta ställdon kan även en motorstyrning inkopplas för att ersätta veven, ett dyrare men användarvänligare alternativ.



*Figur 10: Bild av ställdon - Bevel gear 3039
till vänster: tredimensionell vy av ställdonet
till höger: snittbild monterad i styrelare*

Detta ställdon säljs av företaget MIT i Västerhaninge och tillverkas efter beställning i Tyskland av tillverkaren Ketterer och därför varierar priset starkt med hur många ställdon som beställs per tillfälle.

Pris vid enstyckesbeställning av Ketterer Bevel gear 3039:

- Pris (bara ställdon + vev) 1600 kr exl moms
- Pris (med motorstyrning) 3500 kr exl moms

Vid beställning av 100 enheter åt gången som KanMed avser att göra hamnar priset (ställdon + vev) på **480 kr/st** exl moms enligt MIT.

Priset för elektrisk styrpelare baserad på Bevel gear 3039 med motor istället för manuell vev, inklusive styrenhet, manöverdon, motorkrets och motorkabel hamnar på **1340 kr/st** exl moms vid beställning av 100 enheter åt gånger.

9 Styrpelare till vald lösning

Vid användande av ett ställdon av denna typ krävs en styrning, lämpligen en pelare som styr, stabiliserar och tar upp dynamiska och statiska sidobelastningar.

Styrpelarfunktionen kan genomföras på olika sätt beroende på krav på friktion, glappfrihet, livslängd, utseende och belastningstålighet.

Direkt passande styrpelare till ställdonet Bevel Gear 3039 enl figur 10 tillverkas ej av Ketterer eller marknadsförs av MIT.

Styrpelare kan istället köpas färdigbyggda eller specialbyggas av företag som konstruerar höjdregeringsstyrdon och teleskopering, bl.a. Aratron. Detta är ett mer attraktivt alternativ för KanMed än att låta legotillverkaren tillverka styrpelaren.

Möjligheterna till att köpa en komplett styrpelare har därför undersökts. Resultatet visar dock att kostnaden blir så hög att den både hamnar utanför vad som är rimligt inom kravspecifikationen och i vissa fall att kostnaden till och med hamnar över dagens kompletta lösning för höjdregeringen. Därtill passar ingen färdigbyggd styrpelare in så pass att inte förändringar i den övriga konstruktionen av värmebäddsbordet måste genomföras vilket KanMed i största möjliga mån vill undvika.

Därmed har istället beslutats att en styrpelare skall tas fram för att vid produktifiering monteras ihop av samma legoföretag som tillverkar värmebäddsbordet idag.

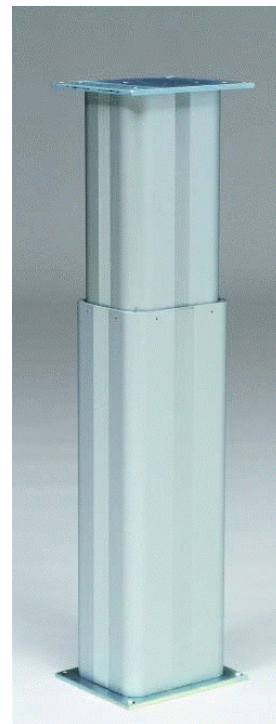
Konstruktionen bör vara så enkel som möjligt, innehålla få delar, och ställa relativt låga krav på legotillverkaren.

För bästa funktion och låg glappfrihet utnyttjas någon typ av skenstyrning där glidytor separeras genom kulor eller rullar. Denna lösning har dock bedömts för dyr för den aktuella applikationen och de krav som ställts.

I stället har en styrpelare, baserad på teleskoperande rör med distanser som glidytor mellan under- och överpelaren valts då denna lösning är enkel och kostnadseffektiv.

Vid de aktuella tillverkningsserierna om 100 stycken enheter har teleskoprör bestående av två standardprofiler av anodiserad strängpressad aluminium bedömts som den mest lämpliga lösningen. Styrpelaren omsluter ställdonet och ger en attraktiv, skyddad höjdregering. Lösningen liknar dessutom den nuvarande lösningen som av KanMed anses ha ett önskvärt utseende.

Skisser över förslag till teleskopering återfinns i bilagan!



Figur 11: Exempel på styrpelare som omsluter ställdonet

9.1 Aluminiumprofiler till styrpelare

De två största tillverkarna i Sverige av aluminiumprofiler har undersökts, för att bedöma vilken som är lämpligast som tillverkare och leverantör för aluminiumprofilerna till styrpelaren.

- SAPA
- Profilgruppen

SAPA

SAPA säljer både standardprofiler som strängpressas med färdiga verktyg eller tillverkar verktyg efter kundernas efterfrågan, verktyg som därefter ägs av kunden och förvaras hos SAPA.

Verktyg till lämpliga profiler finns på hyllan.

Priset vid strängpressning med befintligt verktyg ligger kring 50 kr/kg i mindre volymer kring 30 kr/kg i större volymer (några hundra kilo). Kilopriset vid strängpressning med specialtillverkade verktyg är något lägre, 30-40 kr/kg.

Verktygskostnaden för lämplig profil uppskattas till 20 000 – 30 000 kronor per verktyg.

Profilgruppen

Profilgruppen säljer endast kundanpassade lösningar och strängpressar inga profiler ur befintliga verktyg utan det krävs att nya verktyg tas fram till kunden.

Kostnaderna är ungefär samma som hos SAPA.

Resultat:

Eftersom SAPA har disponibla verktyg till lämplig profil medan det vid köp från Profilgruppen krävs att verktyg tillverkas med tillhörande kostnad anses SAPA vara lämpligast som tillverkare och leverantör av aluminiumprofilerna till styrpelaren.

Bland de disponibla verktygen som SAPA kan erbjuda finns bl.a. verktyg för måtten 80x80x3 resp. 90x90x3 millimeter vilket ger vikten 2,55 kg/m resp. 2,8 kg/m för profilerna. Dessa profiler är lämpliga som över- och underpelare till teleskoperingen. Sammanlagt skulle vikten för både över- och underpelare bli 238 kg vid beställning om 100 stycken kompletta pelare. Priset hamnar då mellan 70 – 120 kr för profilerna till över- och underpelaren, beroende på val av verktyg och orderstorlek.

För CAD-ritningar av över- och underpelaren se bilaga!

9.2 Distansbitar till styrpelare

För att åstadkomma teleskoperingens funktionen att någon form krävs distansbitar i glidytorna mellan den övre ytterpelaren och den undre innerpelaren, som stödjer vid statisk och dynamisk belastning och ger låg friktion vid höjdregering.

Avståndet mellan pelarna kan variera med några millimeter, om under- och överpelaren är tillverkade i strängpressad aluminium med de dimensioner som kan komma till fråga (överpelaren 90x90mm, underpelaren 80x80mm, fyrkantsprofiler).

Därmed krävs att distansbitarna som skall fylla ut hålrummet och fungera som stöd mellan överpelaren och underpelaren, måste kunna anpassas efter aktuellt avstånd.

Vid denna enkla typ av styrpelarfunktion får man acceptera ett visst glapp mellan över- och underpelare. Glappet får dock ej upplevas som störande oavsett i vilket höjdläge styrpelaren befinner sig i eller vid höjdregering. Om glappet är stort riskerar även teleskoperingen komma i självsvängning under höjdregering vilket medför vibration och oljud.

KanMed har uppskattat att maximalt tillåtet glapp i styrpelaren åstadkommer maximalt 1mm svängning uppe i sängen. Detta innebär ett maximalt glapp i distanserna mellan över- och underpelaren på maximalt någon tiondels millimeter med styrpelare med aktuella dimensioner på styrpelarna och de dimensioner på distansbitarna som skulle kunna komma ifråga.

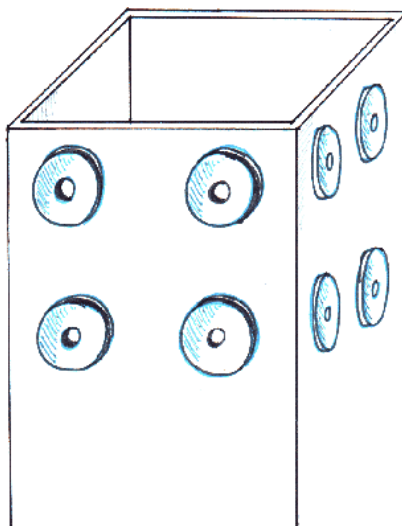
Genom brainstorming har troliga lösningar på distansbitar och styrning till teleskoperingen har genererats:

- Standardiserade runda plastbrickor med hål
- Plattor av plast
- Specialanpassade plastprofiler
- Glidbanetejp, tejp med goda friktionsegenskaper anpassad för applicering på glidytor
- Fyllmedel, epoxiharts eller liknande som appliceras mellan över- och underpelaren

Dessa principer kan delas upp i undergrupper beroende på hur de appliceras eller hålls på plats mellan över- och underpelaren, och vilket material som utnyttjas för distansen.

9.2.1 Runda hålbrickor av plast

Standardiserade runda plastbrickor med hål fungerar som distanser. Materialet är polyamid (nylon) eller annan termoplast med goda lågfriktionsegenskaper med god formbeständighet. Många olika tjocklekar på brickor krävs för att fylla ut utrymmet mellan över- och underpelaren beroende på den aktuella storleken.

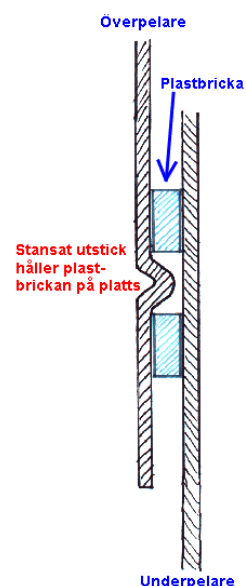


Figur 12: Underpelare med runda plastbrickor som distanser till överpelaren

Fördelar	Nackdelar
+ Standardartikel + Förekommer i många tjocklekar + Låg kostnad	- "Pillrig" montering, många lösa delar att hålla reda på (16st brickor krävs) - Svårighet vid val av rätt tjocklek - Svår att åtgärda vid eventuella fel

Plastbrickorna kan fästas på olika sätt mellan över- och underpelaren:

- Fastsättning med dubbelhäftande tejp
- Fastsättning genom limning
- Fastsättning i stansade utstick i överpelaren



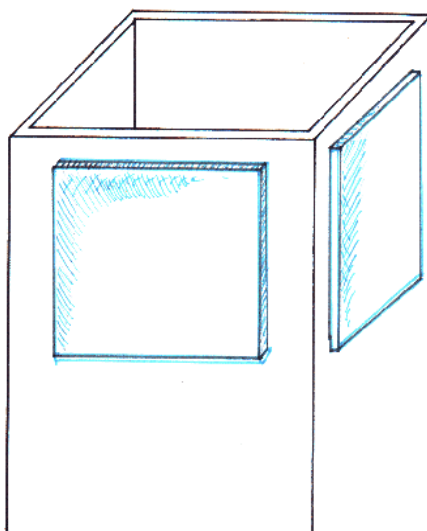
Figur 13: Rund plastbricka mellan över- och underpelaren som hålls på plats i ett stansat utstick

9.2.2 Plattor av plast

Plattor av polyamid (nylon) eller annan termoplast med goda lågfriktionsegenskaper med god formbeständighet fungerar som distanser och fästs på över- och/eller underpelaren.

Plattorna kan vara formsprutade till korrekt tjocklek men troligare är att det handlar om standardiserade plastplattor som NC-bearbetas till korrekt tjocklek för att passa i spelet mellan över- och underpelaren.

Plastplattorna ger stor kontaktyta och gott stöd åt teleskoperingen.

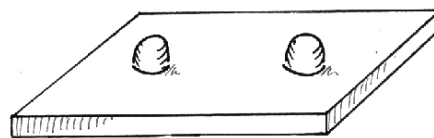


Figur 14: Underpelare med plastplattor som distanser till ytterpelaren

Fördelar	Nackdelar
+ Stor yta ger stabilitet + Enkel montering	- Ingen standardartikel - Högt pris vid låg volym - Svårighet vid val av rätt tjocklek

Plastbrickorna kan fästas på olika sätt mellan över- och underpelaren:

- Fastsättning med dubbelhäftande tejp
- Fastsättning genom limning
- Fastsättning i stansade utstick i överpelaren
- Piggars i plattorna som fäster i hål i över- och/eller underpelaren



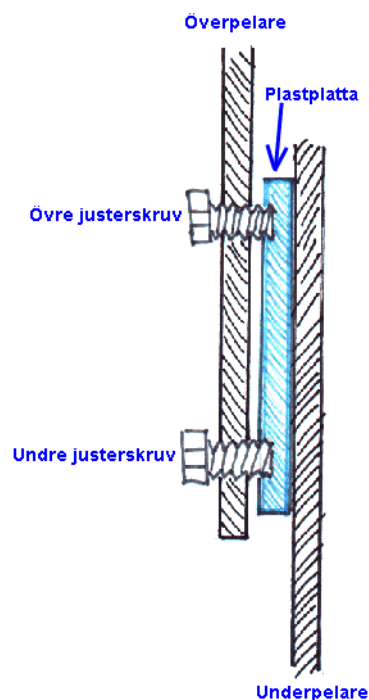
Figur 15: Exempel på fastsättning av plastplattorna: piggars som fäster i hål i över- eller underpelaren

9.2.3 Plastplattor med justerskruvar

I stället för att plastplattor med anpassad godstjocklek för att passa i spelet mellan över- och underpelaren utnyttjas, kan man utnyttja en lösning där plastplattor med standardiserad tjocklek både hålls på plats och justeras med justerskruvar gängade i överpelaren.

Lösningen förutsätter större spel mellan över- och underpelaren för att en grövre platta skall få plats och att gängor i överpelaren tillåts men erbjuder annars flexibel och förhållandevis produktionsvänlig.

Ett högt kontaktryck på skruvpunkterna i plastplattan kan ge deformation med tiden vilket gör att distanslösningen kan kräva viss efterjustering.

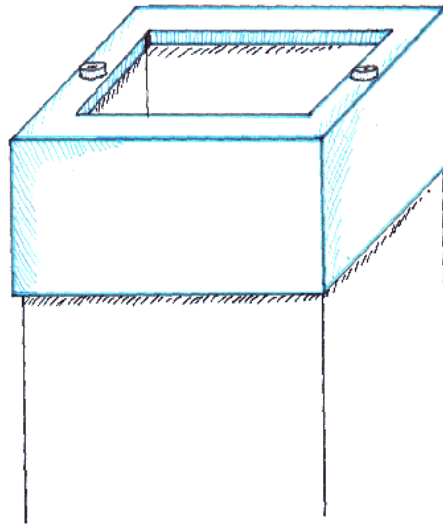


Figur 16: Plastplatta mellan ytter- och innerpelaren som hålls på plats och justeras med två justeringsskruvar gängade i ytterpelaren

Fördelar	Nackdelar
<ul style="list-style-type: none">+ En tjocklek på distansen räcker+ Justerbar i efterhand+ Relativt enkel applicering	<ul style="list-style-type: none">- Krävs större spel mellan pelarna än 5mm- Deformationsrisk vid skruvinfästningen i plastplattorna kan ge krav på efterjustering- Risk för att teleskoperingen förstörs vid felaktig justering- Kräver justerskruvar som syns och kan riskera fastna i föremål om de sticker ut från överpelaren- Krävs specialhuvud på justerskruvarna för att inte obehöriga skall råka skruva och förstöra teleskoperingen

9.2.4 Plastprofiler

Plastprofiler specialutformade i termoplast för teleskoperingen, antingen formsprutade eller NC-bearbetade, är ett alternativ som ger enkel montering och god teleskopningsfunktion. Plastprofilerna görs av ett plastföretag direkt mot tillverkaren av teleskoperingen eller tillsammans med tillverkaren av aluminiumprofilerna till pelarna där både pelarna och plastprofilerna och anpassas direkt till varje teleskopering. Kostnaden vid små serier blir mycket hög.



Figur 17: Principskiss på plastprofil på underpelaren som distanser till överpelaren

Fördelar	Nackdelar
+ Enkel montering + Få delar att hålla reda på	- Dyr specialtillverkning - Kräver direkt anpassning mot över- och underpelaren - Svårt att utföra externt utan direkt kontakt med plastföretag och aluminiumprofil tillverkare

9.2.5 Fyllmedel

Fyllmedel kan utnyttjas som distanser och stöd mellan över- och underpelaren till teleskoperingen. Det finns flera möjliga fyllmedel, främst baserade på harts som appliceras mellan över- och underpelaren och som sedan härdar.

Lämpliga fyllmedel bedöms vara härdplaster, rumstemperaturhärdande tvåkomponentsystem eller värmehärdande enkomponentsystem:

- Epoxi
- Omättad polyester
- Polyuretan

Fyllmedel	Fördelar	Nackdelar
Epoxi	+ Mycket goda limmande egenskaper mot ytterpelaren + Goda mekaniska egenskaper, hög formbeständighet, trycktålighet + Låg krympning under härdningen + Innehåller inga lösningsmedel, ringa lukt, påverkar inte termoplaster eller lack	- Mycket goda limmande egenskaper som kräver effektivt skydd mot att epoxin fäster mot underpelaren under härdningen - Relativt högt pris - Allergirisk vid hudkontakt - Kritisk för felaktig och dålig blandning av bas och härdare vid tvåkomponentsutförande
Omättad polyester	+ Lågt pris + Enkelt att reglera härdtiden + Begränsad limmande förmåga ställer låga krav på skydd mot limning mot innerpelaren under härdningen	- Innehåller lösningsmedel (styren) med kraftig lukt som är farlig vid inandning och kan påverka termoplaster och lacker - Relativt hög krympning under härdningen
Polyuretan	+ God elasticitet + Ringa lukt	- Hög friktion - Högt pris - Svår hantering och blandningsförfarande

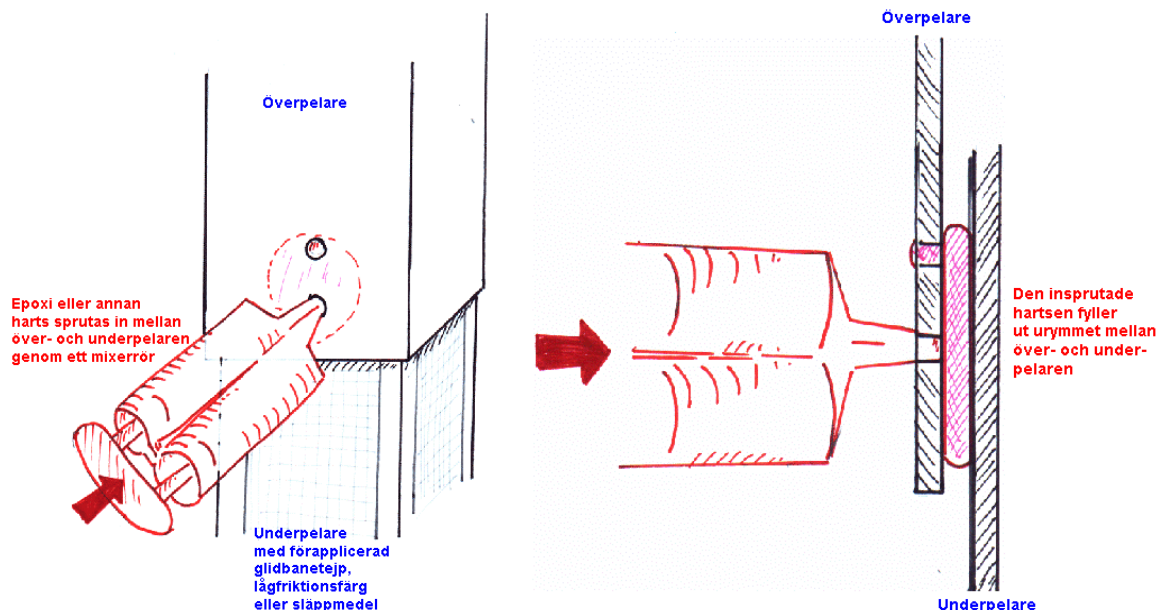
Fyllmedlet kan appliceras på olika sätt:

1. Injicering

Fyllmedlet appliceras med en spruta genom ett eller flera borrarade hål i överpelaren efter att under- och överpelaren har fixerats. Fyllmedlet fyller ut utrymmet med en form av runda plattor. Krav ställs att fyllmedlet har högre viskositet (mer trögflytande) än ren vätska för att inte fyllmedlet skall rinna bort från utrymmet.

För att distansbitarna av härdad harts skall ge låg friktion mellan över- och underpelaren och därmed god teleskoperingsfunktion krävs goda glidytor. Detta åstadkommes genom att utnyttja speciell glidbanetejpp eller harts som ger låg friktion mot underpelarens direkta metallyta.

För att inte hartsen skall fästa mot glidytan under härdningen krävs antingen att ytan är hal, dvs en "fet" yta med låg ytspänning (*epoxins ytspänning ligger kring 35-45 mN/m, hala plaster som t.ex. teflon ligger kring 18,5 mN/m medan polyeten ligger kring 32 mN/m*) vilket glidbanetejpen har eller att underpelaren förses med någon form av släppmedel.



Figur 18: Distans mellan ytter- och innerpelaren åstadkommes genom att spruta i härdande harts eller spackel, som epoxi, genom hål i ytterpelaren. Innerpelaren är försedd med glidbanetejp men låg friktion av teflon, polyeten eller liknande.

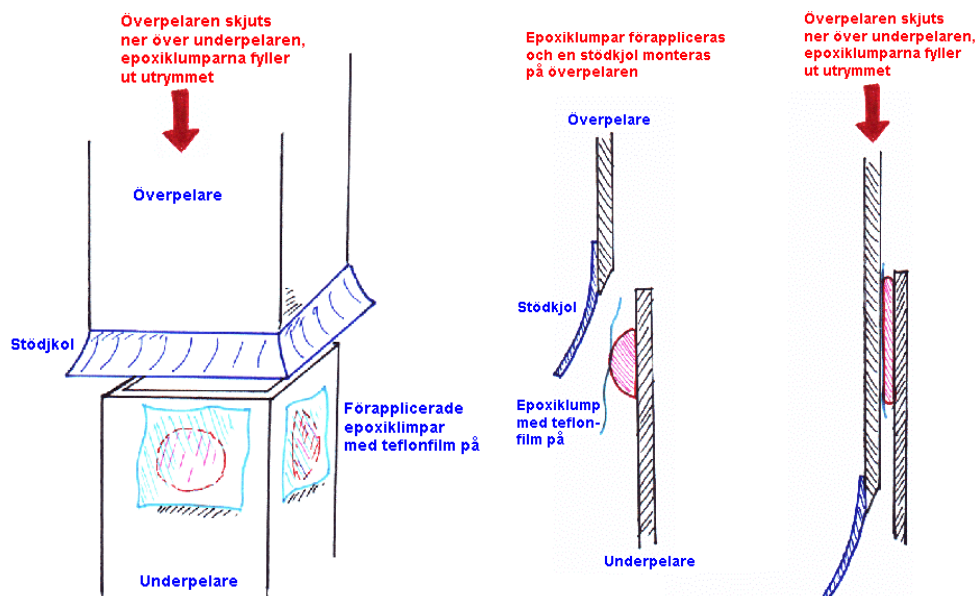
2. Förapplicering av klumpar med harts på underpelaren varefter överpelaren skjuts på

Metoden förutsätter att hartsen har hög eller mycket hög viskositet, likt lera eller tjockare spackel. Detta har t.ex. s.k. ”knådepoxi”, stavar (ofta metallfärgade) med härdaren i kärnan och basen runt om som börjar härda då epoxin knådas samman.

Metoden förutsätter även att överpelaren förses med en stödkjol som underlättar då pelarna skjuts samman.

Hartsklumpen måste förses med en teflonfilm eller liknande för hartsen inte skall fästa vid överpelaren och rulla med då pelarna skjuts samman.

Risk för att hartsklumpen förflyttas då pelarna skjuts samman förekommer dock ändå, varför metoden är osäker.



Figur 20: Distans mellan ytter- och innerpelaren åstadkommes genom att applicera ”klumpar” av harts eller spackel, som epoxi, på innerpelaren, med lapp av teflontejp eller liknande på, varefter överpelaren träns på, en stödkjol på överpelaren fungerar som stöd och styrning då pelarna skjuts samman

9.2.6 Beslut – vald distansbitlösning

Alternativen för distansbitar i teleskoperingen har utvärderats efter att en undersökning har genomförts av vad som finns tillgängligt på marknaden, och vad som är möjligt att åstadkomma i de serier som kan komma i fråga (produktion om 100 stödpelare åt gången).

De flesta alternativ faller på det faktum att spelet mellan över- och underpelaren kan variera relativt kraftigt (med upp till 2 millimeter vid aktuella dimensioner av strängpressad aluminium). Passbitarna måste kunna fylla ut utrymmet med ett kvarvarande spel på maximalt någon tiondels millimeter utan att distansbitarna sitter för ”tight” för att en god teleskoperingsfunktion åstadkoms.

Vid bruk av fasta distansbitar måste dessa antingen framställas efter aktuellt spel, för varje stödpelare, eller så måste ett stort antal med tjocklekar finnas för att montören skall kunna välja lämpliga distansbitar för varje stödpelare.

Detta innebär att kostnaden blir hög, och den stora manuella hanteringen oacceptabel vid industriell produktion.

Metoden att utnyttja plastplattor med justerskruvar är ett intressant alternativ med den stora fördelen som efterjusterbarheten innebär. Dock är risken stor att metoden kräver efterjustering, något som inte kan genomföras vid bruk på sjukhus där värmebäddsbordet bör vara underhållsfritt.

Metoden att åstadkomma distansbitar till stödpelaren med fyllmedel är något kontroversiell, då det innebär att legotillverkaren eller montören måste kunna hantera kemikalier i viss omfattning. Om hanteringen av fyllmedlet, den härdande hartsen, hanteras rätt med korrekt utrustning bör det dock inte finnas någon risk att kunskapskraven på legotillverkaren eller montören blir för hög eller att arbetsmiljön försämras.

Metoden ger distansbitar som ”automatiskt” anpassas till spelet mellan över- och underpelaren, varvid det kvarvarande spelet ”automatiskt” blir lågt vilket ger en teleskopering med god funktion om fyllmedel med begränsad friktion mot glidyorna utnyttjas.

Om härdplast utnyttjas som fyllmedel ger det distansbitar med god formstabilitet och relativt hög slitstyrka vilket borgar för lång livslängd för teleskoperingen.

Injicering av fyllmedlet efter att över- och underpelaren har fixerats är en bättre metod än där fyllmedlet appliceras innan.

Därmed anses den bästa metoden för att åstadkomma distansbitar till teleskoperingen i stödpelaren vara injicering av fyllmedel.

Det lämpligaste fyllmedlet bedöms epoxi vara p.g.a. dess goda mekaniska egenskaper, ringa lukt och påverkan av arbetsmiljön och möjligheten att utnyttja automatiserande utrustning vid injiceringen.

Vald distansbitslösning

Epoxi insprutad mellan över- och underpelaren i teleskoperingen. Ett s.k. mixerrör utnyttjas där epoxins två komponenter, basen och härdaren blandas direkt innan applicering utan att någon manuell hantering eller omrörning behöver ske. Viskositeten på epoxin begränsas vid bruk av mixerrör men räcker för att fylla ett utrymme med tre millimeters spel utan risk för att epoxin rinner bort.

Applicering sker med spruta genom hål i ytterpelaren, med i förväg beräknad mängd epoxi eller genom rätt insprutad mängd.

Injicering genom två hål på varje sida horisontellt fördelade ger bättre stöd mot radiell belastning och mindre glapp än en injicering genom ett hål.

Motivation:

- Fyller ut utrymmet mellan ytter och innerpelaren jämnt med minimalt spel
- Låg deformationsrisk
- Hög livslängd
- Osynligt
- Enkel att applicera vid rätt fixering av pelarna och dosering av epoxin

9.2.6.1.1.1.1 Epoxi till vald lösning:

Loctite 3422 – trögflytande snabbhärdande tvåkomponentsepxi för rumstemperaturhärdning

Loctite 3425 – trögflytande långsamhärdande tvåkomponentsepxi för rumstemperaturhärdning

För datablad över Loctite:s epoxilim se bilaga!

Båda är lämpliga för att blanda och spruta med ett mixerrör. Enkel kringutrustning levereras av tillverkaren.

Loctite är marknadens största limtillverkare med stort sortiment och stor erfarenhet vilket borgar jämn och god kvalitet.

Lämpligen utnyttjas 200 milliliter dubbelpatron med mixerrör för applicering. Blandningen blir konstant, repeterbar och exakt. Kostnaden för dubbelpatronen är 350kr vid små volymer.



Figur 20: Vänster: Loctite 2425 200ml dubbelpatron samt mixerrör, mitten: Loctite sortiment av lämpliga epoxi i olika förpackningar, höger: sprutor i två storlekar (50ml och 200ml) med mixerrör

Glidbanetejp på prototypen:

3M polyetylenejp 5421 har utnyttjats på prototypen för att åstadkomma en glidbana och för att inte epoxin skall fästa på underpelaren under härdningen.

För prisberäkning se bilaga!

Praktiska prov har dock påvisat att denna glidbanetejp inte är ett bra lösning.

Tejpen är relativt känslig för onormal tryckbelastning under höjdreglering och känslig för rispor och liknande som kan uppstå om tejp kommer i kontakt med ett vasst föremål varvid hela teleskoperingsfunktionen fallerar.

Då underpelare i anodiserad aluminium utnyttjas bör glidytan mellan epoxin och aluminiumoxydytan fungera bra för teleskoperingsfunktionen. Däremot krävs det någon form av släppmedel för att inte epoxin skall fästa vid underpelaren under härdningen.

Ett lämpligt släppmedel för denna applikation är filmsläppmedel, polyvinylalkohol eller isopropanol som appliceras genom att sprayning, pensling eller doppning och tillåts torka en stund innan montering.

10 Lösningförslag - komplett höjdreglering / Prototyp

Den beslutade lösningen demonstreras med en fungerande prototyp med samma funktion och utseende som den föreslagna slutgiltiga lösningen.

Prototypen utnyttjas även för att utvärdera lösningen för att föreslå förbättringar.

Vissa delar är inte tillverkade med samma metod och av samma material som i slutprodukten.

Detta då materialen och tillverkningsprocessen för den slutgiltiga lösningen är anpassad till tillverkning om hundra enheter medan det vid prototyp tillverkningen skulle medföra omotiverat höga kostnader att utnyttja samma produktionsmetoder och material.

Detta gäller främst lyftpelaren där den föreslagna lösningen är av anodiserad strängpressad aluminium, men i prototypen är tillverkad av stål.



Figur 21: Komplet prototyp av höjdregeringen monterad tillsammans med övrig värmebäddsbord

Nr	Detalj	Utförande på prototyp	Utförande på lösningsförslag	Beräknad kostnad vid produktion om 100 enheter
①	Överpelare	Fyrkantör stål 90x90x6mm	Strängpressad anodiserad aluminiumprofil 90x90x3mm	60 kr
②	Underpelare	Fyrkantör stål 70x70x4mm	Strängpressad anodiserad aluminiumprofil 80x80x3	60 kr
③	Distanser till teleskopering	Epoxi, NM275 förtjockad med cellulosapulver, glidbanetejp Epoxin injicerad med spruta efter att ha blandat bas och härdare	Epoxi, Loctite 3422 eller 3425 (+släppmedel) Epoxin injiceras med spruta försedd med mixerrör	60 kr
④	Ställdon	Ketterer Bevel Gear 3039, stigning skruv: 3mm växel: 1:1	Ketterer Bevel Gear 3039 stigning skruv: 16mm växel: 1:1	480 kr
⑤	Vev med tillbehör	Ketterer 5186, vikbar vev	Ketterer 5186, vikbar vev	Ingår i priset för ställdonet

Utöver detaljerna i tabellen tillkommer övriga standarddetaljer som skruv och mutter, vars kostnad uppskattas till 30 kronor. Total materialkostnad beräknas då till **690 kronor** per enhet vid produktion om 100 enheter.

Arbetstiden för tillverkning och montering beräknas ta 30 minuter med dagens lösning. Med en rimlig timkostnad på 500 kronor per timme inklusive lönekostnader, maskintid, uppställningskostnader, verktygskostnader etc. blir den rena kostnaden för den föreslagna lösningen **940 kronor** (i jämförelse med 3300 kronor för dagens lösning).

Kostnaden ligger under kravspecifikationens kostnad på 1000 kr.

11 Rekommendationer

Projektets syfte var främst att förbilliga befintlig lösning med den elektropneumatiska lyftpelaren. Bakgrund för detta är att huvudobjektet: värmebäddsbordet idag är för dyrt att producera. Men eftersom enbart en del av det totala värmebäddsbordet har varit ifråga för omkonstruktion: lyftpelaren, som står för en relativt liten del av den totala tillverkningskostnaden, är den totala produktionsminskningen begränsad. KanMed bör därför se över hela värmebäddskonstruktionen för att se om alternativa billigare lösningar kunde ersätta de befintliga.

11.1 Förslag till ändringar från prototypen vid produktifiering

Annan stigning på skruven

Det ställdon som utnyttjas på prototypen har felaktig stigning, 3 millimeter per varv istället för den önskade stigningen på 16 millimeter per varv. Detta beror på en fel leverans från MIT. Tyvärr fanns inte tillräcklig tid inom projektet att korrigera detta fel. Stigningen för skruvgången i det föreslagna ställdonet går att variera efter kundbehov vid beställning och vid produktion väljs den lämpligaste stigningen.

Underpelare i strängpressad anodiserad aluminium

Prototypens under- och överpelare till teleskoperingen är av praktiska skäl tillverkad av stål. I den föreslagna lösningen utnyttjas istället profiler av anodiserad strängsprutad aluminium som ger ett bättre utseende, bättre toleranser goda glidytor och minimala krav på efterbearbetning och ytbehandling.

Anpassning av konstruktionen för att medge tippfunktion tillsammans med vev

På prototypen är tippfunktionen av värmebäddsbordet satt ur funktion för att medge upphängning av vevstyrning under bordet.

Vid en produktifiering måste ett annat alternativ väljas eller anpassa övrig konstruktion efter lösningen på prototypen:

- Ta bort tippfunktionen. Fästet mellan ytterpelaren och bordet måste då omkonstrueras. Möjlighet finns till integrering där ytterpelaren svetsas fast vid bordet. Denna lösning bör ge en kostnadsminskning, men försämrar bordets funktionalitet.
- Tar bort veven vid tippning, vevning kan endast ske i vinkelrätt läge, ett alternativ som måste anses som direkt dålig.
- Omkonstruktion av vevstyrningen, exempelvis genom montering av vevstyrningen i ett plattjärn som svetsat eller skruvas fast på bordets ytterpelare. Ett alternativ som anses bra men ger något ökad kostnad i form av förlängd tillverkningstid.
- Vevförlängning fast monterad i växeln utan vevstyrning, ett lämpligt alternativ då den valda vikbara veven gör att böjkrafterna distansen mellan veven och växeln ändå är begränsade. Lösningen kräver dock att länken mellan växeln och vevförlängningen ändras eller anpassas.

Alternativ till glidbanetejp

Utvärdering av 3M:s glidbanetejp visar att tejpens har låg friktion och fungerar relativt bra som släppmedel vid epoxiinjiceringen. Däremot bedöms tejpens inte vara tillräckligt stark för att säkerställa god funktion under hela bordets livslängd, d.v.s. minst 10år. Om tejpens går sönder

vilket kan ske vid onormalt stor press då bordet höjdregeras eller om tejpens får en reva fallerar hela höjdregeringsfunktionen.

Mer högkvalitativa glidbanetejp baserad på teflon (PTFE) armerad med glasfiber kan vara en bättre lösning men har inte praktiskt utvärderats då lösningen ansågs för dyr.

Med en underpelare i anodiserad aluminium bedöms friktionen mellan injicerad epoxi och aluminiumoxidskiktet vara tillräckligt låg för att säkerställa en god teleskoperingsfunktion även om ingen glidbanetejp utnyttjas. Livslängden bör vara lång och risken för att oxidskiktet eller epoxin slits vid daglig höjdregering ut bedöms som låg.

Om ingen glidbanetejp utnyttjas måste underpelaren förses med släppmedel för att den härdande epoxihartsen inte skall fästa i underpelaren under härdningen.

Lämpligaste släppmedlet är s.k. filmsläppmedel, polyvinylalkohol eller isopropanol som bildar en tunn vattenlösning film på de ytor släppmedlet på. Applicering sker med sprayning, pensling eller doppning.

Underpelaren kan även impregneras med vax, teflon- eller silikonfilm eller andra typer av ämnen som ger en "fet" yta med låg ytspänning som inte epoxin kan fästa på.

Teleskoperingens överpelare integreras med bordets ytterpelare

Med den valda distansbitslösningen i styrpelarens teleskopering med injicering av epoxi medger att bordets ytterpelare integreras med styrpelarens övre rör. Denna omkonstruktion ger lägre material- och tillverkningskostnad utan att funktionaliteten försämras.

Vissa anpassningar och omkonstruktioner måste då dock genomföras:

- Ytterpelaren är idag bockad i form av en öppen sektion för att medge möjlighet att montera den nuvarande elektriska höjdregeringen. Då bordets ytterpelaren och styrpelarens övre rör integreras krävs att sektionen är sluten i form av ett fyrkantsrör. Denna konstruktion ger dessutom överlägsen vridstyvhet vilket kan vara positivt då annan utrustning skruvas fast på bordets överpelare.
- En grövre underpelare måste väljas. Detta för att passa i den övre pelaren som efter integrering med bordets ytterpelare bör vara större för att bibehålla yttermått från den nuvarande ytterpelaren. En fyrkantsprofil med mått kring 85x85x3 mm bedöms som lämplig.
- För att den utrustning som skruvas på ytterpelaren efter en integrering med styrpelarens övre rör inte skall riskera stöta mot underpelaren krävs att ytterpelaren och spelet mot innerpelaren tillsammans är minst 8 millimeter. Detta för att garantera minst 3 millimeters gänga i grepp för skruvarna och samtidigt en skuvman på 5 millimeter.

Ytterligare utvärdering av injicering av epoxi och fixering av pelarna vid härdning

Vid en produktifiering av den föreslagna lösningen bör injiceringsförfarandet av epoxin som utnyttjas i teleskoperingen ytterligare utvärderas och optimeras för att fungera väl i produktion. Över- och underpelaren måste fixeras under härdningen, något som kan åstadkommas med olika typer av tillfälliga eller permanenta stöd. Kravet på exakt fixering är begränsad och en viss manuell hantering tillåts varför stödförfarandet kan lösas på enkla sätt.

12 Källhänvisning

Litteratur:

Karlebo handbok

Författare: B. Lindström, R. Crafoord, B. Rundquist, L. Hågeryd m.fl.

Utgivningsår: 2000

Förlag: Liber

ISBN: 91-47-01558-6

Teknisk hållfasthetslära

Författare: Tore Dahlberg

Utgivningsår: 1997

Förlag: Studentlitteratur

ISBN: 91-44-00468-0

Hållfasthetslära för teknologi och konstruktion

Författare: Karl Björk

Utgivningsår: 1998

Förlag: Karl Björks Förlag

Mekanik

Författare: Ragnar Grahn, Per-Åke Jahnsson

Utgivningsår: 1997

Förlag: Studentlitteratur

ISBN: 91-44-00129-0

Elementär mekanik

Författare: Karl Björk

Utgivningsår: 2000

Förlag: Karl Björks Förlag

Formler och Tabeller för Mekanisk Konstruktion

Författare: Karl Björk

Utgivningsår: 2001

Förlag: Karl Björks Förlag

Materiallära

Författare: Erik Ullman m.fl.

Utgivningsår: 1997

Förlag: Liber

ISBN: 91-47-00157-7

Konstruktörens val av produktionsmetoder

Författare: Anders Tollstén, Per Strangert

Utgivningsår: 1990

Förlag: Mekanikförbundets förlag

ISBN: 91-524-1078-1

NM Epoxihandbok

Författare: Curt Augustsson

Utgivningsår: 2000

Utgivare: Nils Malmgren

The mechanical design process

Författare: David G Ullman

Utgivningsår: 2002

Förlag: MCGraw-Hill Publishing

ISBN: 0-07-112281-8

Dynamisk produktutveckling

Författare: Stig Ottosson

Utgivningsår: 1999

Förlag: Tervix

ISBN: 91-630-8174-1

Kommunikation för ingenjörer

Författare: Anders Folkesson, Olle Meyer

Utgivningsår: 1993

Utgivare: Institutionen för maskinkonstruktion, Kungl Tekniska Högskolan

Internet:

KanMed:

<http://www.kanmed.se>

ErgoNordic, svensk återförsäljare till KanMed: <http://www.ergonordic.se/>

Konkurrenter till KanMed

Ohmeda: http://www.datex-ohmeda.co.uk/products/infant_care/index.htm

Drägerwerk: <http://www.draeger.com>

Dräger, Babytherm 8010/8004, direktlänk:

http://170.251.108.220/MT/internet/EN/us/CareAreas/PerinatalCare/WarmingTherapy/Babytherm80108004/pd_babyth8010.jsp

Ginevri: <http://www.ginevri.com/>

Medix: <http://www.medix.com.ar/mercadointernacional/productos/productos.html>

Fisher & Paykel Healthcare: <http://www.fphcare.com/neonatal/warming.asp>

Heinen & Löwenstein: <http://www.hul.de/>

Heinen & Löwenstein, Lifetherm 2000, direktlänk:

http://www.hul.de/english/p_neonatologie/lifetherm2000.htm

Hill-Rom: <http://www.hill-rom.com>

Hill-Rom, direktlänk:

[http://www.hill-](http://www.hill-rom.com/uk/products/prodlist2.asp?reg=gbr&pos=4&prod_id=105&clin_area_id=22&service_id=&cat_id=&rentable_t=&search_string=)

[rom.com/uk/products/prodlist2.asp?reg=gbr&pos=4&prod_id=105&clin_area_id=22&service_id=&cat_id=&rentable_t=&search_string=](http://www.hill-rom.com/uk/products/prodlist2.asp?reg=gbr&pos=4&prod_id=105&clin_area_id=22&service_id=&cat_id=&rentable_t=&search_string=)

Ställdon

Magnetic: <http://www-magnetic-drivers.com>

MIT: <http://www.mit.se>

Ketterer: <http://www.ketterer.de>

HT Lyftsystem: <http://www.ht-lyftsystem.se/>
Aratron: <http://www.aratron.se>
ROL-Ergonomic: <http://www.rolgroup.com/>

Motorer, elektrisk information

ELFA: <http://www.elfa.se>
Nelmo: <http://www.nelmo.se>

Aluminiumprofiler

SAPA-aluminiumprofiler: <http://www.sapa.se>
Profilgruppen: <http://www.profilgruppen.se>

Epoxi

Loctite: <http://www.loctite.se>
CIBA ingenjörsfirma G.A Lindberg AB: <http://www.galindberg.se/nyaral.htm>
ABIC Kemi AB: <http://www.abic.se>
Epotex: <http://www.epotex.se>
Nils Malmgren: <http://www.nilsmalmgren.se>
Fiberkompositlaminering, epoxiinformation: <http://fiber.get.to>

Industriella maskiner för epoxiapplicering

Esska: <http://www.esska.de>
Scanrex: <http://www.scanrex.se>

Glidbanetejp

ATC Tape Converting AB: <http://www.atc.se>
3M: <http://www.3m.se>

Plast/Metall

Economos Sverige AB: <http://www.economos.com>
Holmbergs Industri AB: <http://www.holmbergsindustri.se>
Distanssystem: <http://www.distanssystem.com/se/main1.htm>
Nordbergs Tekniska AB: <http://www.nordbergstekniska.se>
Fermprodukter AB: <http://www.fermprodukter.se>
Ulinco: <http://www.ulinco.se/components>
Alutrade: <http://www.alutrade.se>
Rostfritt, Aston Carlsson: <http://astoncarlsson.intermax.se/>

Projektorganisation

Projektplan: http://www.isk.kth.se/utbildning/maskin/maskinprojekt/mars2004/ProjektPlan_02.htm
PISK: <http://internt.isk.kth.se/~richard/projektmetodik/projektmetodik.html>

13 Bilaga

Allmän bilaga:

- Projektorganisation
- Skiss över styrpelare
- Beräkning av erforderlig kraft för att veva upp 30kg med valt ställdon
- Beräkning av styrpelarens minsta materialtjocklek
- Kostnadsberäkning för 3M glidbanetejp
- Datablad: Ställdon - Ketterer Bevel gear 3039
- Datablad: Vev till ställdon - Ketterer 5186
- Datablad - Epoxi till teleskoperingsdistanser: Loctite epoxilim

CAD-ritningar:

- Lyftpelare
- Överpelare
- Underpelare
- Pelarrör
- Bottenplatta
- Fästplatta
- Distans

Rapporter:

- Beskrivning av prototypbygget
- Monteringsanvisning
- Ekonomirapport