

Hockeykjelke - Setebunn og knestøtte

Utvikling av ny kjelke til det norske
kjelkehockeylandslaget

Anders Seim

Produktutvikling og produksjon
Innlevert: august 2013
Hovedveileder: Detlef Blankenburg, IPM

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for produktutvikling og materialer

Forord

Prosjektet er gjennomført som tre 30 studiepoengs masteroppgaver og en 15 studiepoengs prosjektoppgave ved Institutt for Produktutvikling og Materialer (IPM) ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) i Trondheim, Norge. Prosjektet er en del av et utstyrsprosjekt som går over to år, fra januar 2012 til høsten 2013. Utstyrsprosjektet er igjen en del av et større prosjekt i regi av Olympiatoppen Midt-Norge for å øke det norske kjelkehockeylandslagetets medaljesjanser i Paralympics 2014 i Sochi, Russland.

Det overordnede kjelkehockeyprosjektet ble iverksatt av Olympiatoppen i 2011, etter en samtale mellom Øyvind Sandbakk i Olympiatoppen Midt-Norge og Cato Zahl Pedersen, tidenes mestvinnende norske paralympiske utøver og ansvarlig coach for paralympisk idrett i Olympiatoppen. En intern rapport (Sandbakk, 2011) indikerte at kjelken hadde et forbedringspotensial. Arbeidet med utstyrsforbedring startet opp som et prosjektarbeid i Eksperter i Team (EiT), et obligatorisk fag for masterstudenter ved NTNU (omtales heretter som EiT 2012). To av prosjektdeltagerne (Kjærnli og Seim) fortsatte med arbeidet i en sommerjobb og deretter i et forprosjekt samme året (omtales heretter som Forprosjekt 2012), og det er dette arbeidet som legges til grunn i dette prosjektet.

Takk til Stig Tore Svee, for å ha delt kunnskap, egen erfaring og mye tid, gjennom samtaler og praktisk testing av kjelker på is. Takk til Emil Sørheim, Ola Bye Øiseth, Morten Værnes, Atle Haglund, Kjell Christian Hamar og Jon Jenshagen for å ha bidratt som testpersoner, og for å ha delt sin kunnskap om utstyret og sporten. Disse bidragene har vært avgjørende for prosjektet. Takk til oppdragsgiver Olympiatoppen Midt-Norge ved Øyvind Sandbakk for hjelp til planlegging, gjennomføring og økonomisk støtte til prosjektet. Takk til førsteamanuensis Detlef Blankenburg ved IPM for veiledning til strukturering av prosjektet og faglig veiledning underveis. Takk til Thor Erik Kleppe og resten av de ansatte ved HandiNor Rehab AS for bidrag med kjelkehockeyutstyr, informasjon om utvikling og produksjon av utstyret samt kunnskap om idrettens bakgrunn.

Utviklingsarbeidet ble delt inn i fire deloppgaver, der hver av prosjektdeltakerne har arbeidet med hver sin fysiske del av produktet. Det har likevel vært et tett samarbeidet mellom prosjektdeltakerne gjennom hele prosessen. Alle deltakerne går femte årstrinn ved IPM:

Peder Kjærnli	Deloppgave 1 - Understell	(Masteroppgave)
Anders Seim	Deloppgave 2 - Setebunn og knestøtte	(Masteroppgave)
Tollak Ålgård	Deloppgave 3 – Utforming av setet	(Prosjektoppgave)
Tarjei Aarflot Kvasheim	Deloppgave 4 - Fastspenning	(Masteroppgave)

Prosjektdeltakerne leverer individuelle rapporter, en for hver deloppgave, men rapportene har flere felles deler som er identiske i alle rapportene. Rapportene er bygd opp på denne måten:

[Kapittel 1 – 5](#) er introduksjon til prosjektet og generelle betraktninger som gjelder hele kjelken og er utført av hele gruppen, og er derfor like i alle rapportene.

[Kapittel 6 – 12](#) er individuelle deler, med behov, konseptutvikling, detaljering, resultat, metode, videre arbeid og konklusjon.

[Kapittel 13 – 15](#) er en felles avslutning, med presentasjon og evaluering av resultat, evaluering av metodikk, og konklusjon, og er utarbeidet av Kjærnli og Seim.

I introduksjon, kapittel 1; *Introduksjon*, er det tatt utgangspunkt i *Introduksjon fra Forprosjekt 2012*, men der er i tillegg lagt til ny informasjon, og det hele er tilpasset prosjektet.

For de som er interessert i hele produktutviklingsprosessen er hele rapporten relevant..

For de som er interessert i sluttproduktet, den nye kjelken, er kapittel 13 - *Felles presentasjon og evaluering av resultater* relevant. I dette kapitlet er det en presentasjon av den nye kjelken, og den sammenlignes med landslagets kjelke (Proff) og den antatt beste kjelken på markedet (Ballistic). I slutten av kapitlet er det også en Youtube-link til et intervju med Haglund og Værnes, to landslagsutøvere som har deltatt i utviklingen og testet prototypen, der de forteller om den gode opplevelsen med den nye kjelken. (Intervjuet er også vedlagt i DAIM, og på CD.)

NTNU, Trondheim, 12.08.2013

Sammendrag

Kjelkehockey er basert på de samme prinsippene som ishockey, men er rettet mot utøvere med funksjonsnedsettelse i nedre del av kroppen. Utøverne sitter i en tilpasset kjelke med skøytestål på undersiden av bakre del av kjelken. De har en tilpasset hockeykølle i hver hånd, som har to funksjoner, i den ene enden er det pigger til å stake seg frem med på isen, og den andre enden ligner en vanlig hockeykølle og brukes til å håndtere pucken. Hyppige retningsforandringer gjør svingresponsen til en kritisk behov.

Studien beskriver utviklingen av en ny kjelke, med hovedfokus på overføringen av utøverens svingbevegelser og forbedret kraftoverføring fra utøveren til isen. Dette inkluderer fastspenning av utøveren til kjelken, setet og understellet (området mellom setet og skøytestålene).

Dagens kjelker ble undersøkt gjennom riggtester og istester og, sammen med utøvere på det norske kjelkehockeylandslaget ble de viktigste behovene for en kjelke identifisert. Funnene ble brukt som utgangspunkt for utviklingen av en rekke komponenter som til slutt resulterte i en prototype. Det var spesielt fokus på fire områder på kjelken: 1. Kraftoverføringen fra setet til skøytestålene (understellet), 2. Kraftoverføringen fra utøveren til understellet (setebunn, knestøtte og koblingen mellom sete og understell). 3. Utforming av setet med tanke på fastholding og korrekt sitteposisjon, 4. Fastspenning av utøveren til kjelken. Testkjelkene ble laget justerbare for å kunne tilpasses testutøvere og optimaliseres under testing i rigg og på is. Istesting ble i starten utført av prosjektdeltakerne, og etter hvert av erfarne kjelkehockeyspillere fra det norske landslaget. Testutøvere ga subjektiv tilbakemelding basert på egen erfaring.

De ulike oppsettene av prototypen hadde alle en oppdatert fastspenning, med justerbar plassering og vinkel på stroppene, støtter på innsiden av setet som hindret vertikal bevegelse av hoftepartiet, setebunn med hull til sitteknutene, knestøtte som hindret bevegelse av knærne, og et minimalistisk understell av få deler som likevel tilfredstilte kravet til stivhet uavhengig av seteposisjon. Tilbakemelding fra testutøvere var økt kontroll og svingrespons og forbedret balanse. En endelig prototype ble utviklet basert på tilbakemelding og resultater fra testingen.

Studien resulterte i en prototype av en nyutviklet kjelke, som i tester presterte betydelig bedre enn den beste eksisterende kjelken på markedet. De viktigste forbedringene var: 1: Korrekt plassering, vinkel og tilstrekkelig kraft på stroppene som spenner fast utøveren til kjelken. 2: Støtter på innsiden av setet ved øvre del av lårbenet som holder hindrer bevegelse av hoftepartiet til utøveren og bidrar til å opprettholde utøverens posisjon i kjelken. 3: Økt stivhet i setebunnen som gir forbedret kraftoverføring, og hull i setebunnen til sitteknutene som bidrar til å holde fast utøveren og opprettholde utøverens posisjon i kjelken. 4: Knestøtte som hinder bevegelse av knærne og bidrar til økt stabilitet, 5: Redusert vekt og antall deler i understellet, samtidig som understellet har tilstrekkelig stivhet og styrke. 6: I tillegg er alle funksjoner justerbare, som gir alle utøvere på det norske landslaget, til tross for store anatomiske forskjeller, en kjelke som responderer på svingbevegelser til spilleren på en best mulig måte.

Abstract

Ice sledge hockey is a modified version of regular ice hockey targeting athletes with lower body mobility impairments. A sledge is used as an adaptive device and two composite sticks for puck handling and player movement. In order to optimize the complex movements in the sport the transfer of forces from the athlete to the ice should be optimized.

This study describes the development of a new ice hockey sledge, with particularly focus on optimizing the transfer of forces between the athlete and the ice, resulting in a sledge which responds precisely to the players turning motions. Specifically, this involves the connection between the athlete and the seat and the connection and area between the seat and the blades.

Present sledges was examined in rig and ice tests, and together with athletes from the Norwegian national team, the critical properties for ice hockey sledges was established. The findings were used as design input for the development of an array of components to create a prototype. The work was performed with particular focus on four different areas of the sledge construction: 1: Transferring of forces between the seat and the ice (supporting structure), 2: Transferring of forces from the athlete to the supporting structure (interface between seat and supporting structure), 3: Providing a fixed positioning and support of the athlete (seat) and 4: Strapping the athlete to the sledge (strapping mechanism). The test sledges were made adjustable, to enable optimization in the test rig and while testing on the ice. The testing on the ice was initially performed by team members, and subsequently by experienced ice sledge hockey players, some of which are featured on the Norwegian national team. The subjects provided subjective feedback based on their experience.

The different setups for the prototype all utilized a revised version of the strapping mechanism providing adjustable placement and angle of the straps, flexible supports on the inner surface of the seat to achieve a fixed vertical positioning of the users thighs, a seat-insert with slots for the sit bones, a bracket to fasten the users' knees, and a minimalistic supporting structure requiring a reduced number of parts while providing correct stiffness regardless of seat position. Feedback from the subjects indicated improved control of the sledge and improved stability. A final prototype was developed, based on feedback and results from the testing.

The current study resulted in a prototype for a new developed ice hockey sledge, performing significantly better than today's available high performance sledges. The most important improvements are the five following aspects: 1: Improved strength, contact surface area, location and angle of the straps securing the athlete to the sledge, 2: Inner supports in the seat are fixing the athlete by the upper thigh bones to control and maintain the athletes' position, 3: A high stiffness seat bottom with slots for the sit bones to further control and maintain the athletes' position, 4: A bracket to fix the athletes' knees in position to improve stability, 5: Reduced weight and number of parts in the supporting structure while maintaining correct stiffness and strength. Additionally, all these features are made adaptable, providing all the athletes on the Norwegian National Team with a sledge that is responding in the best possible way to the players turning motions, despite the major anatomical differences.

Innhold

1	Introduksjon.....	1
1.1	Visjon og misjon.....	1
1.2	Spillet	1
1.3	Historie.....	2
1.4	Kjelken og utstyret.....	3
1.5	Utøverne.....	4
1.6	Tidligere studier.....	5
1.7	Problemstilling.....	8
1.8	Prosjektets rammebetingelser	9
2	Behov	11
2.1	Respons.....	11
2.2	Tilpasning.....	11
2.3	Sammenstøt: tåle påkjenninger og beskytte utøverne.....	12
2.4	Regler.....	13
2.5	Øvrige behov.....	13
2.6	Grunnbehov.....	14
3	Bruksanalyse - Generelt for hele kjelken	15
3.1	Brukere	15
3.2	Primære brukssituasjoner	16
3.3	Sekundære brukssituasjoner	19
4	Dagens kjelker og utstyrsleverandører	23
4.1	Hockeykjelke Proff – Produsert av HandiNor, Norge	23
4.2	Ballistic – Produsert av Unique Inventions Inc., Canada	27
4.3	Evaluering av kjelkenes respons.....	29
5	Testprosedyrer.....	31
5.1	Testing i lab - riggtest	31
5.2	Testing på is	31
6	Behov - Deloppgave 2: Setebunn og knestøtte	37
6.1	Generelt om setebunnen	37
6.2	Generelt om knestøtten	37

6.3	Bruksanalyse – definere bruker- og produktkrav	38
7	Konseptutvikling – Setebunn og knestøtte	53
7.1	Setebunn, med setekobling	53
7.2	Knestøtte	66
8	Detaljering – Setebunn og knestøtte	71
8.1	Sitteplate.....	71
8.2	Setebunn.....	78
8.3	Sitteplatekobling.....	81
8.4	Setekoblingen	82
8.5	Knestøtte	84
9	Presentasjon og evaluering av resultat – Setebunn og knestøtte	87
9.1	Evaluering opp mot grunnbehovene og produktkravene	88
9.2	Evaluering av resultatet opp mot produktkravspesifikasjonen	91
10	Evaluering av metodikk – Deloppgave 2	95
11	Videre arbeid – Deloppgave 2	97
12	Konklusjon – Deloppgave 2	98
13	Felles presentasjon og evaluering av resultater	99
13.1	Respons.....	99
13.2	Tilpasning.....	101
13.3	Sammenstøt.....	102
13.4	Regler.....	103
13.5	Øvrige krav.....	103
13.6	Den nye kjelken vs. dagens kjelker	104
13.7	Intervju med testutøvere	107
14	Evaluering av metodikk - Felles	109
15	Konklusjon - Felles.....	115
	Referanser	117

1 Introduksjon

1.1 Visjon og misjon

Prosjektet er en del av et større prosjekt i regi av Olympiatoppen i Norge, der visjonen er å øke det norske kjelkehockeylandslagets medaljesjanser i Paralympics 2014 i Sochi, Russland. En intern rapport (Sandbakk, 2011) indikerte at kjelken hadde et forbedringspotensial, og målet med utstyrsprosjektet er at de norske utøverne skal ha den beste kjelken i mesterskapet. I *Forprosjekt 2012* ble god respons kartlagt som viktigste behov ved kjelken, og **målet i dette prosjektet er å utvikle en kjelke som responderer godt (bedre enn dagens kjelker) på svingebevegelsene til utøveren.**

Visjon: Medalje i Sochi 2014

Misjon: Utvikle en kjelke med bedre respons enn dagens kjelker

1.2 Spillet



Figur – 1 Duellene i kjelkehockey er harde og foregår ofte i høyt tempo (Commoms.wikimedia.org, Calgarysun.com)

Kjelkehockey er rettet mot utøvere med funksjonsnedsettelse i nedre del av kroppen, og er basert på de samme prinsippene som vanlig ishockey. Spillet har et høyt tempo med hyppige fart- og retningsforandringer, og er kjennetegnet av mange og harde kollisjoner. Utøverne sitter i en tilpasset kjelke med skøytestål på undersiden av bakre del av kjelken. De har en tilpasset hockeykølle i hver hånd med en todelt funksjon: Den ene enden er utstyrt med pigger til å stake seg fremover med på isen, den andre enden ligner en standard hockeykølle og brukes til å håndtere pucken. Utøveren bruker forflytningen av kroppsvekt sammen med køllene for å utføre retningsforandring. Med mange tette dueller må kjelkene tåle kollisjoner med andre kjelker og vantet (harde vegger rundt banen) i tillegg til slag fra piggene på baksiden av køllene. Videre må den tåle treff fra den 160-gram tunge pucken i opptil 100 km/t. Bekledning og beskyttelse er den samme som i vanlig ishockey. Spillerne bruker hockeysko (uten skøytestål) og kne- og leggebeskyttere (Svee, 2012). Det er

Samme prinsipp som ishockey, både regler og utstyr.

Sitter i en kjelke, staker seg frem med to køller.

Høyt tempo, hyppige retningsforandringer, tette dueller og harde kollisjoner.

seks spillere på hvert lag, inkludert målmann, og det spilles på samme baner som ishockey i tre perioder á 15 minutter.



Figur 2 – Tilpassede hockeykøller med pigger i bakkant (Commons.wikimedia.org)



Figur 3 – Håndtering av puck (tyleringram.com)

1.3 Historie



Figur 4 – De første kjelkene var vanlige trekjelker påmontert skøytestål (facebook.com/icesledgehockey)

Kjelkehockey ble oppfunnet ved et rehabiliteringssenter i Stockholm, Sverige i 1961 for å hjelpe pasienter som var lamme fra livet og ned med rehabiliteringen. De festet vanlige skøytestål på en trekjelke (Figur 4) og spilte på en frossen innsjø i nærheten. Interessen økte, og i 1969 ble det dannet en femlags serie. Det samme året ble den første internasjonale kampen spilt, mellom lokale lag fra Stockholm og Oslo.

I 1976 spilte to svenske lag en oppvisningskamp under de paralympiske vinterleker i Sverige, og idretten spredte seg så til Canada og Storbritannia på 80-tallet. Idretten spredte seg videre til USA, Estland og Japan på 90-tallet. Under Paralympics på Lillehammer i 1994 var kjelkehockey for første gang en offisiell del av øvelsene, og idretten ble raskt en av

Idretten startet i Sverige i 1961

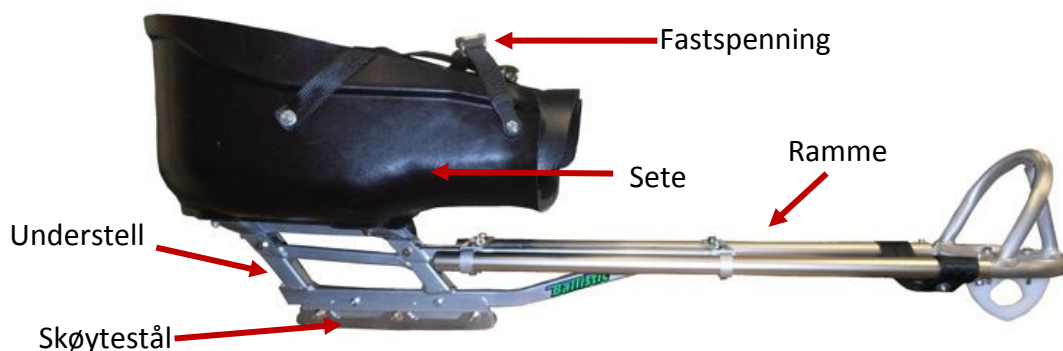
Europa, Nord-Amerika og Asia på 80- og 90-tallet

Paralympics på Lillehammer i 1994

publikumsfavorittene, mye på grunn av tøffe dueller og fartsfullt spill. I 1996 ble det første offisielle verdensmesterskapet arrangert i Sverige (IPC, 2012). I dag spilles kjelkehockey av utøvere fra 15 ulike land (Hawkeswood, 2011), og blir styrt og organisert av *The International Paralympic Committee (IPC)* og *The IPC Ice Sledge Hockey Technical Committee* (IPC, 2012).

Nordmannen Thor Erik Kleppe er en av personene som har bidratt mye til utbredelsen av kjelkehockey på verdensbasis. Han ble involvert i handikapidrett under sin utdanning ved Idrettshøyskolen i Sverige på 70-tallet, hvor han skrev hovedoppgave om rullestolens utvikling innenfor idrett. Han og ble senere involvert i både internasjonal rullestoldans (par), svømming, pigging og kjelkehockey. Han var med på å eksportere kjelkehockey til Canada og Storbritannia på 80-tallet, og USA, Estland og Japan på 90-tallet. I 1989 var han med å starte firmaet HandiNor i Norge, som blant annet utviklet og produserte hockeykjelker, og var ledende i utviklingen av kjelkehockey- og handikap-sportsutstyr for funksjonshemmede i mange år. HandiNor er fortsatt en av de viktigste produsentene av slikt utstyr. Han har også i 20 år vært engasjert i IPC Ice Sledge Hockey Technical Committee, og bidratt til etablering av reglement for internasjonal kjelkehockey, samt til utvikling av dommer- og klassifiseringsreglement for kjelkehockey. (Kleppe, 2013a)

1.4 Kjelken og utstyret



Figur 5 – Oppsettet på en kjelke: sete, ramme, understell, skøytebrakett og skøytestål (Uniqueinventions.com/ballistic)

Spillerne bruker en kjelke som består av et sete med fastspenning, en ramme, og et understell med skøytebrakett med to skøytestål. Setet er den primære koblingen mellom utøveren og kjelken og skal feste og posisjonere utøveren, i tillegg til å beskytte lårene mot slag fra kollisjoner, pigger og puck. Rammen skal beskytte bena mot slag fra front og side og holder bena oppe ifra isen. Understellet er forbindelsen mellom setet og skøytebraketten, og har som hovedfunksjon å overføre styrebevegelsene til utøveren, men fungerer også som forbindelsen mellom rammen og resten av kjelken. Understellet bestemmer avstanden fra spiller til isen, der høyde og posisjon på setet avhenger av spillers anatomi og spillestil.

Setet er den primære koblingen mellom utøver og kjelken.

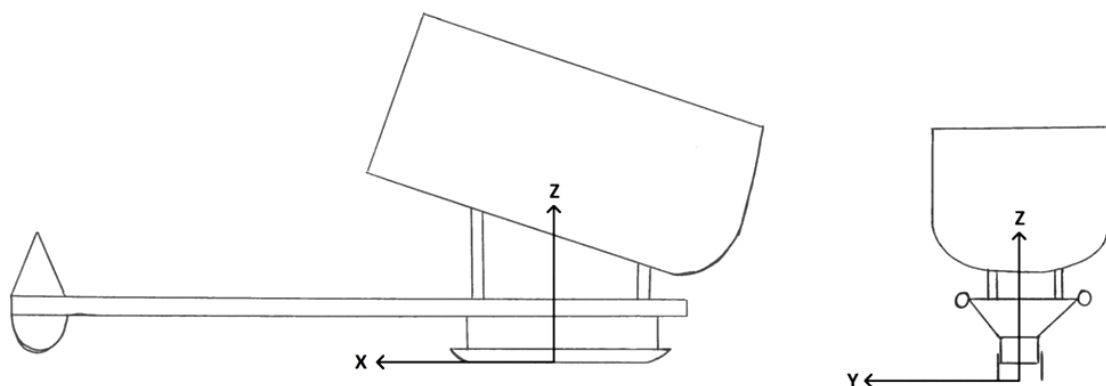
Rammen skal holde og beskytte bena.

Kjelkene bruker standard hockeyskøytestål.

Smal avstand mellom skøytestålene gir raskere svingrespons, men dårligere balanse.

Skøytebraketten er koblingen mellom understell og skøytestålene. Kjelkene leveres med ulik avstand mellom skøytestålene, bestemt av bredden på skøytebraketten. I sving er det kun det ene skøytestålet som er i kontakt med isen. Liten avstand mellom skøytestål gjør det raskere å komme seg over på skjæret, noe som gir raskere svingrespons. Men dette krever til gjengjeld god balanse. For aktive utøvere er det vanlig med en bredde på mellom 20 og 35 mm mellom skøytestålene (Svee, 2012). Under bruk er det kun skøytestålene, og ikke fronten av rammen, som er i kontakt med isen. Utøvere er derfor avhengige av at massesenteret er plassert slik at det blir et balansepunkt litt bak midten av skøytestålene, som oppnås ved å justere skøytebraketten i forhold til setet.

Koordinatsystemet som er antydnet i figuren under (Figur 6) vil være gjeldende for kjelken gjennom denne rapporten.



Figur 6 – Koordinatsystem for kjelken

Det norske landslaget bruker i dag kjelken Proff, produsert av norske HandiNor (se Figur 18 side 23).

1.5 Utøvere

I januar 2010 var det 83 registrerte funksjonshemmede som drev med ishockey i Norge, hvorav hovedandelen drev med kjelkehockey. På verdensbasis er det et estimert antall på 2000-2500 kjelkehockeyspillere (Svee, 2012b). Idretten ble startet av menn, og har gjennom historien vært mannsdominert. I 2009 endret IPC reglene, og åpnet for at kvinner og menn kunne spille på samme lag, og på klubbnivå i Norge spiller kvinner og menn i dag sammen. På det norske landslaget er det forøvrig kun mannlige spillere. For å delta i IPC-relaterte arrangement må spillerne ha permanente funksjonsnedsettelse i nedre del av kroppen. Vanlige funksjonsnedsettelse er benamputasjoner, lammelser, leddskader, cerebral parese eller dysmeli (underutviklede armer eller ben) (IPC, 2010).

83 spillere i Norge, et estimert antall på 2000-2500 spillere i verden.

Permanente funksjonsnedsettelse i nedre del av kroppen.

Amputasjon, lammelser, leddskade, CP eller dysmeli.

Ulike funksjonsnedsettelsene gir ulike behov til kjelken, spesielt i forhold til utformingen av setet og plassering av skøyteståle i lengderetningen i forhold til massesenter og balansepunkt.

1.6 Tidligere studier

1.6.1 Innstilling av hockeykjelker (Worden-Rogers, 2012)

Studien *Effect of sledge hockey configuration on sledge hockey performance* ble utført av en masterstudent ved Western Ontario, Canada, på oppdrag for Todd Sargeant og London Blizzard Sledge Hockey. Målet til studien var å evaluere utøverens posisjon på kjelken ved å måle knevinkel, setehøyde og stabilitet, og gjennomføre tidstester i to testløyper. En optimal posisjon kan øke en utøvers funksjon og prestasjonsevne, men før denne studien hadde trenere og utøvere brukt trivielle metoder for å posisjonere spilleren på kjelken. Resultatet var at innstillingen med knevinkel på 140 grader og middels høyde på sete i gjennomsnitt ga den raskeste tiden i testløypen.

140 grader knevinkel

Middels setehøyde

1.6.2 Skader i kjelkehockey (Hawkeswood et al., 2011)

Studien ble gjennomført ved University of British Columbia Divisjon of Physical Medicine and Rehabilitation, Vancouver, Canada, der målet var å få en oversikt over skadene som oppstår i kjelkehockey, se etter mulige skademønstre og foreslå tiltak for økt sikkerhet. Idrettsdeltakelse blant funksjonshemmede menes å gi økt livskvalitet, men ytterligere funksjonsnedsettelse som følge av idrettsskader er assosiert med betydelig redusert livskvalitet.

Flest skader i overkroppen: hjernerystelse og muskelstrekk.

Utformingen av kjelkene ikke direkte årsak til skadene.

Studien avslørte at det oppstår flest skader i overkroppen, med hjernerystelse og muskelstrekk som de vanligste skadene. Det kunne forekomme ben- og bløtdelsskader på lår, legg og fot, men det var sjelden det forhindret utøver fra å delta. Det ble antydnet at hyppige dueller med hard kroppskontakt, overdreven bruk av albuer i dueller, at vantet langs banen er svært hardt i hodehøyde til kjelkehockeyspillerne og uerfarne dommere kan ha påvirket hyppigheten av skader. Det kom ikke fram informasjon om at utformingen av kjelken til utøverne var en direkte årsak til skader, noe som antyder at dagens regler til kjelken er i tråd med hensikten; at den ikke skal volde skade, eller at den skal forhindre skade. Det kan være at dagens kjelker forebygger skader i nedre del av kroppen, eller at det ikke så ofte oppstår situasjoner der kroppsdelen er utsatt for skade. Dette må det tas hensyn til ved utforming av en ny kjelke, for fortsatt å ivareta utøvers sikkerhet.

1.6.3 Utforming av setet på rullestoler i konkurranseidrett

Forskere ved Loughborough University brukte utøvere i rullestolbasket, -rugby og -tennis for å avdekke de viktigste faktorene for å oppnå suksess i konkurranser med rullestol (Mason et al., 2010). De viktigste faktorene ble funnet til å være stabilitet, akselerasjon, manøvrerbarhet og hurtighet. Stabilitet ble rangert som den viktigste, da den også påvirket

alle de andre områdene. God fastspenning av utøver til setet ble identifisert som viktig for stabilitet og bevegelsesevne. Å være godt fastspent til rullestolen ga en følelse av "å være ett" med rullestolen, noe som ga økt følelse med underlaget og ga spillerne mulighet til å utføre mer avanserte bevegelser. Hurtig akselerasjon i de første skyvene og evnen til å svinge var viktig da disse bevegelsesmønstrene forekom hyppig. Hurtighet var ønskelig, men ikke høyest prioritert. De viktigste faktorene ved setet var høyde og utformingen av selve setet og ryggstøtten. Et høyt sete ga bedre oversikt og ballkontroll, men dårligere stabilitet, mens lavere setehøyde ga økt stabilitet og evne til rask manøvrering. Spillerne opplevde økt stabilitet med bøttesete (setebunnen høyere i front enn bak). Høy ryggstøtte økte stabiliteten men begrenset bevegelsen av overkroppen. Spillerne foretrakk en fast ryggstøtte som ga en tydelig støtte av nedre del av ryggen, fordi det bidro til å opprettholde en bedre kroppsposisjon for å kaste eller motta ballen, mens en løs ryggstøtte hadde en negativ effekt på bevegelsesevnen.

Stabilitet viktigst da det også påvirker andre egenskaper.

God fastspenning gav en følelse av "å være ett" med rullestolen, som gav økt følelse med underlaget og spillerne kunne utføre mer avanserte bevegelser.

Evnen til å svinge var viktig da det forekom hyppig.

De undersøkte idrettene i studien har lignende bevegelsesmønstre som kjelkehockey, og kan dermed antas å ha tilsvarende prestasjonsfaktorer. Spesielt interessant er avdekkingen av de viktigste prestasjonsfaktorene, og hvordan de ulike delene og innstillingen av rullestolen påvirket disse faktorene.

1.6.4 EiT våren 2012, ved NTNU

Gjennom faget Eksperter i Team (EiT) ved NTNU vårsemesteret 2012, ble to av deltagerne (Seim og Kjærnli) introdusert til det pågående utstyrsprosjektet til Olympiatoppen Midt-Norge og kjelkehockey som idrett. Det ble opparbeidet kunnskap om idretten gjennom samtaler med Stig Tore Svee, en erfaren spiller og kaptein på det norske Kjelkehockeylandslaget, deltakelse på treninger og tilgjengelig informasjon på internett. Det ble også opprettet god kontakt med HandiNor, som delte sin kunnskap om idretten og utstyret, og hvilke forbedringer de så for seg på den norske kjelken. Det ble gjennomført flere besøk hos dem i Fetsund, for å få ytterligere kunnskap og bedre innblikk i produksjonsprosessen.

Respons i kjelken kartlagt som viktigste behov.



Figur 7 – Utbøying på den norske kjelken (Foto: Emil Kjærnli)

Gjennom samtaler med Svee og HandiNor ble det avdekket at det største problemet med kjelken var dårlig respons ved utføring av svingebevegelser. Den første hypotesen var at dårlig kraftoverføring fra rumpen til isen var årsaken, og at problemet var manglende stivhet i understellet. Men analyse av konstruksjonen og simuleringer i CAD-programmet NX 7.5 avkreftet dette. En utbøyinganalyse i lab avslørte at innfestingen av setet til understellet ga mye fleksibilitet, noe som ble forsterket av det myke setet, og som resulterte i dårlig kraftoverføring. Konklusjonen var at en bredere innfesting og et stivere sete ville gi økt kraftoverføring og bedre respons. Det var også et ønske fra utøverne om lavere vekt for å oppnå bedre akselerasjon. Det umiddelbare forslaget var å få redusert antall deler og koblinger og å lage kjelken mer strømlinjeformet.

1.6.5 Forprosjekt 2012: Utvikling av en ny hockeykjelke (Kjærnli, Seim, 2012)

Forprosjektet ble gjennomført høsten 2012 og var fortsettelsen av EiT-prosjektet fra våren 2012 og forløperen til dette prosjektet og. Det hadde som mål å avdekke behovene til kjelken. Dagens kjelker og spillers karakteristikk ble analysert, og sammen med utøvere fra det norske landslaget ble det bekreftet at god respons er det viktigste behovet for at en kjelke skal prestere godt.

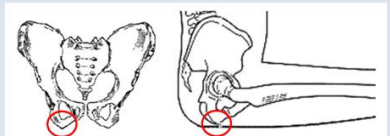
God respons det viktigste behov.

God fastpenning av utøver (ved hofter, knær og fot) og stiv bakre setebunn viktig for god respons.

Resultatene fra prosjektet ga et godt grunnlag for hvilke egenskaper som er viktig for å oppnå god respons:

1. Svingebevegelsene til utøveren skal transporteres direkte ned i kjelken uten forsinkelse eller tap. Utøveren må være godt festet til setet, slik at det ikke oppstår bevegelse mellom utøver og sete. Både faststropping og utforming av setet påvirker dette. I dagens kjelker har utøverne enten en vippebevegelse eller rotasjonsbevegelse inne i setet.
2. Det er viktig at stroppene er rett plassert og har tilstrekkelig kontaktflate mot kroppen. Utøveren bør stroppestes nær rotasjonspunktene i nedre del av kroppen, som er hoften, knærne og føttene. De må kunne stramme med tilstrekkelig kraft og tåle slag fra piggene på køllene.
3. Utøveren skal ikke bli slått ut av posisjon inne i setet ved sammenstøt. Dette var et problem med Proff (kjelken det norske landslaget bruker i dag).
4. Det er viktig at utøvere med ett eller to ben støttes under knærne, slik at det ikke oppstår vertikal eller sideveis bevegelse av knærne ved svinging. En knestøtte ble brukt til dette i prosjektet.
5. Stiv setebunn og bred kobling til understellet i bakre del av setebunnen, plassert under sitteknutene (se faktaboks til høyre), reduserte utbøying i setet og understell ved utføring av svingebevegelser, noe som ga økt kontroll og svingerespons.

Sitteknutene er nederste endene av bekkenet. De presser mot underlaget når en sitter.



(Noelkingsley.com)

6. En enkel og smal kobling mellom sete og understell gir tilstrekkelig støtte i fremkant av setet.

Det ble ikke funnet svakheter i rammen relatert til respons. Rammen bidrar ikke til kraftoverføring av svingebevegelser, men har som funksjon å holde utøverens føtter over isen og å ta imot sammenstøt fra andre kjelker slik at ikke bena blir rammet. Det ble derfor bestemt å ikke prioritere utvikling av denne i første runde av kjelkeutviklingen.

1.7 Problemstilling

På bakgrunn av spillets karakteristikk, dagens kjelker og resultatene fra Forprosjekt 2012 etableres det en problemstilling, inndelt i fire deloppgaver der hver av prosjektdeltakerne jobber med hver sin deloppgave. Deloppgavene under er merket med fargekoder, og fargekoden vil følge den individuelle delen i alle rapportene. Fellesdelene i rapportene, som er identiske for alle, vil ha blå overskrifter, mens de individuelle delene i rapporten vil ha lik farge som deloppgavens fargekode i overskriftene, vist under. Når det refereres til deloppgavene i teksten vil også fargekodene benyttes.

1. **Understell - Peder Kjærnli:**

Det skal utvikles et nytt understell som er tilstrekkelig stivt, slik at svingebevegelser fra utøveren overføres godt ned til isen, indirekte via setebunnen. Det skal ikke opptre utbøyinger verken i understellet eller i koblingen mot delene over.

2. **Setebunn og knestøtte - Anders Seim:**

Det skal utvikles en tilstrekkelig stiv kontaktflate som støtter kroppen i området ved sitteknutene og under knærne, som skal absorbere svingebevegelser fra utøveren direkte, og overføre dem til understellet uten utbøyning i setebunnen eller koblingen mellom setebunn og understell (setekoblingen).

3. **Utforming av setet - Tollak Ålgård:**

Det skal utvikles en ny utforming av setet som sikrer at svingebevegelser overføres med minst mulig forsinkelse eller tap av krefter og at utøveren holder posisjonen inne i setet.

4. **Fastspenning av utøver - Tarjei Aarflot Kvasheim:**

Det skal utvikles en ny fastspenningsmekanisme som holder fast utøveren ved strategiske punkter på kroppen. Mekanismen skal forhindre bevegelse av hoften inne i setet og hindre bevegelse av knær og lår under utførelse av svingebevegelser.

I alle deloppgavene skal det utarbeides bruker- og produktkravspesifikasjon for de respektive komponentene, utvikles flere konsepter og disse skal evalueres mot hverandre før den mest lovende løsningen blir valgt til videre raffinering. Til slutt skal det produseres en prototype basert på den valgte løsningen.

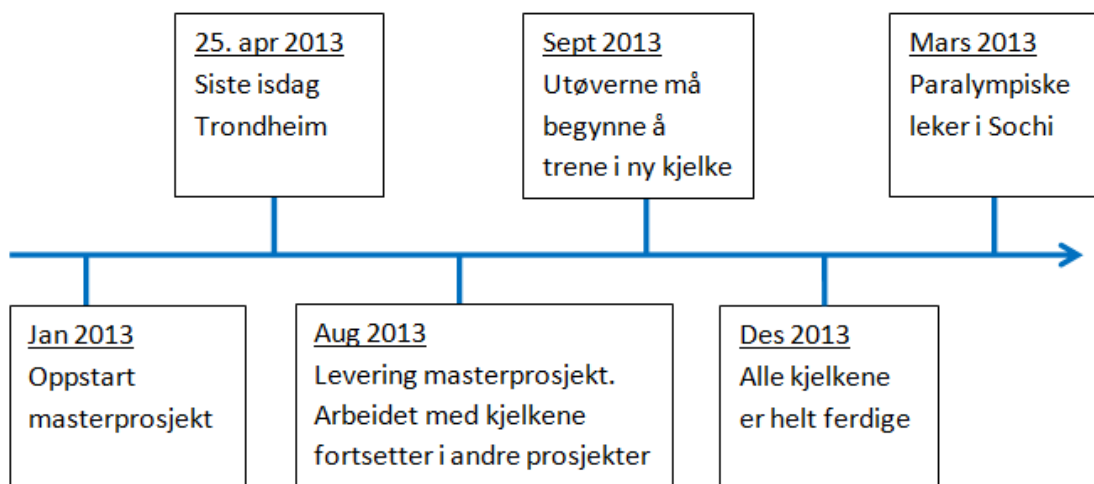
1.8 Prosjektets rammebetingelser

Det overordnede målet for prosjektet er at landslaget skal ha en ny og bedre kjelke i de paralympiske leker i Sochi 8.-15. mars 2014. For at utøverne skal kunne benytte kjelken i dette mesterskapet trenger de god tid til å trene og bli kjent med den nye kjelken, da store endringer av kjelken kan føre til at både spillteknikk og håndteringen av kjelken må endres. Det settes derfor krav til treningsklare kjelker til utøverne i løpet av september 2013. På bakgrunn av dette vil tidsbruk være en avgjørende faktor ved evaluering av løsninger i konseptutviklingen.

Treningsklar kjelke i september 2013

Andre forhold som spiller inn i den overordnede tidsplanen er til hvilke tider det er is i hallene i Trondheim. Under (Figur 8) følger en tidsplan som er utgangspunktet for planlegging av dette prosjektet.

(Rammebetingelsene refereres til som RB senere i teksten.)



Figur 8 – Tidsplan for prosjektet

Prosjektet skal resultere i en prototype som er testet av profilerte utøvere på det norske landslaget. Videre raffinering og ferdigstilling av kjelken til produksjon vil utføres av tre av prosjektdeltakerne etter avslutningen av dette prosjektet: Først som sommerjobb finansiert av Olympiatoppen Midt-Norge. Deretter vil to av deltakerne (Seim og Kjærnli) jobbe videre i regi av SIAT (Senter for Idrettsanlegg og teknologi) ved NTNU og én (Ålgård) vil jobbe videre i form av en masteroppgave. Prosjektdeltakerne skal jobbe med kjelkeprosjektet helt frem til kjelken er et ferdig produkt, og de vil ha eierskap i produktet ved ferdigstilling. Derfor vil prosjektdeltakernes "magefølelse" også være en parameter ved evaluering og valg gjennom prosjektet, for at det velges løsninger de har tro på kan være med på å styrke eierskapsfølelsen og troen på prosjektet, noe som er viktig for at prosjektet skal komme i mål og bli en suksess.

Prosjektet skal resultere i en prototype testet av landslaget

Prosjektdeltakerne viderefører også prosjektet

Produksjonen av kjelkene til det norske landslaget til Paralympics i Sochi i 2014 vil bli utført av Kjærnli og Seim sammen med HandiNor og deres underleverandører. Videre produksjon og salg etter Paralympics vil bli utført av HandiNor og deres underleverandører. Årlig kvantum anslås til å være 50-400 kjelker dersom kjelken kommer seg inn på det internasjonale markedet. Dette tallet tar utgangspunkt i tidligere salgstall fra HandiNor og Unique Inventions (en kanadisk produsent av hockeykjelker). HandiNor utfører hovedsakelig følgende maskineringsmetoder med manuelt bemannede maskiner: sveising, fresing, dreining, og standard maskinering som boring, kapping, bøying og lignende. De bygger også produkter i kompositt (glassfiber og karbonfiber) med kjerne. HandiNor utfører montasjen av kjelkene manuelt. Underleverandører utfører blant annet vannskjæring og vakuumentrekking. De ovennevnte produksjonsmetoder vil være grunnlag for valg og raffinering av konsepter, slik at løsningene tilpasses lave produksjonstall med stor grad av manuelt arbeid.

2 Behov

Det overordnede og styrende behovet for kjelken, respons, er allerede kartlagt og presentert i problemstillingen. I dette kapittelet kartlegges alle behovene som er viktige for at en kjelke skal prestere godt, og disse danner grunnlaget for utviklingen av kjelken videre i prosjektet. Disse ble kartlagt gjennom tidligere studier, samtaler med og observasjon av utøverne på det norske landslaget samt en analyse av idretten og av utstyret som finnes i dag.

2.1 Respons

Allerede i Forprosjekt 2012 ble det kartlagt at viktigste behov for kjelken er respons: Kjelken skal respondere til utøvernes svingebevegelser slik at utøveren opplever kontant svar fra isen. Dette er bekreftet gjennom samtaler med utøvere (STS, MV, ES, OBØ, REP).

2.2 Tilpasning

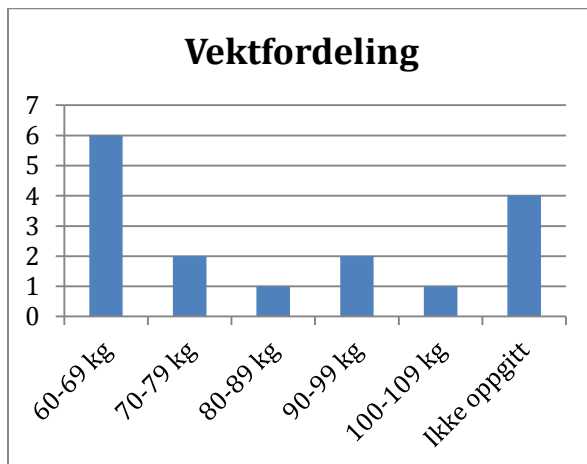
For at alle utøvere skal oppnå god respons, og for å oppfylle ulike behov knyttet til balanse og komfort er det viktig at kjelken er tilpasset ulikhetene til utøvere. Blant handikaputøvere har dette vært en utfordring, fordi forskjellene er ekstra store, og det blir derfor ofte behov for en stor grad av individuell tilpasning. For å delta i IPC-relaterte arrangement må spillerne ha permanente funksjonsnedsettelse i nedre del av kroppen, med benamputasjoner, lammelser, leddskader, cerebral parese eller benforkortning som de vanligste (IPC, 2010). Bilde av utøvere med ulik amputasjonsgrad følger under (Figur 9).



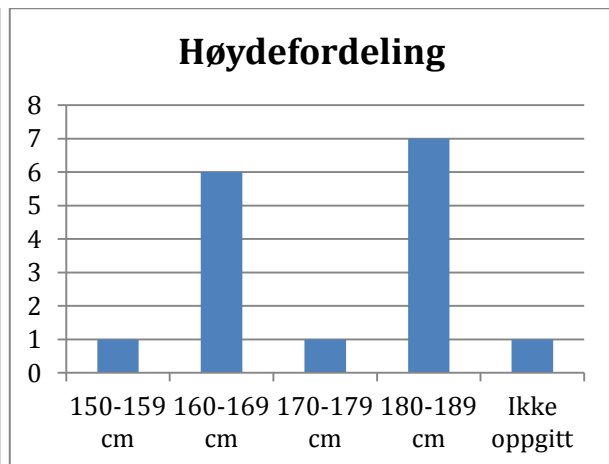
Figur 9 – Utøvere med ulik amputasjonsgrad (newyorkfestivals.com, zimbio.com, paralympic.org)

Hovedaspekter ved brukerne som er viktige for utformingen av hockeykjelken er grad av balanse og amputasjoner, høyde og vekt. Grad av balanse henger ofte sammen med funksjonshemming, og påvirker hvor mye støtte kjelken må gi og bredden mellom skøytestålene. Utøvere som har vanskeligheter med å holde overkroppen stabil på grunn av problemer med ryggen har behov for mer støtte i nedre del av ryggen (Svee, 2012). Dette gjelder for eksempel utøvere med ryggmargsbrokk. Grad av amputasjoner kan påvirke hvor mye designet må kunne tilpasses den enkelte utøver. Videre vil brukernes høyde og vekt styre krav til styrke i konstruksjonen.

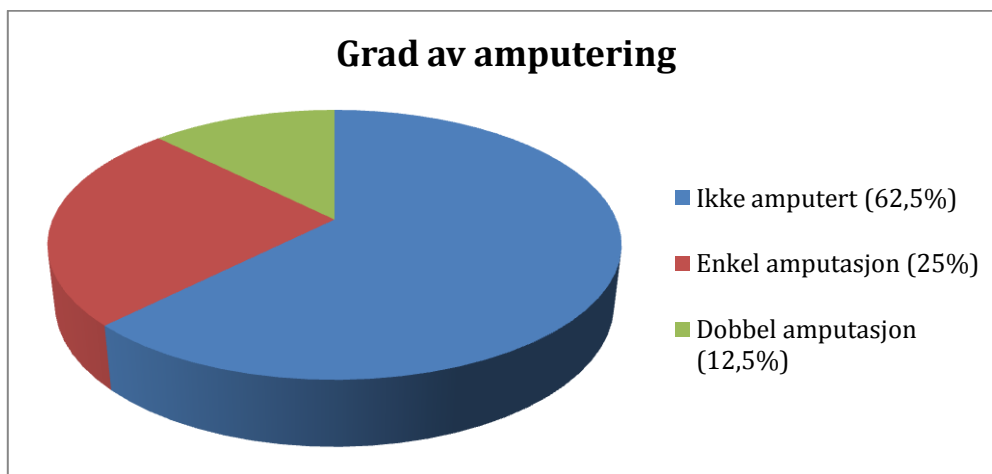
De primære brukerne i dette prosjektet er utøvere på det norske kjelkehockeylandslaget, som til VM i Sør-Korea i mars 2013 talte 16 spillere. De fleste av disse spillerne er aktuelle for videre satsing mot Paralympics 2014 i Sochi, Russland, og det er disse det tas utgangspunkt ved definering av behov i dette prosjektet. I figurene under (Figur 10, Figur 10 og Figur 11) er det presentert statistiske data fra disse spillerne. Informasjonen er hentet fra kapteinen på landslaget (Svee, 2013), IPC sin nettside (IPC biografi) og artikkel om kjelkehockeylandslaget i bladet LO Aktuelt (LO Aktuelt, 2012).



Figur 10 – Vektfordeling blant landslagsspillerne



Figur 11 – Høydefordeling blant landslagsspillerne



Figur 12 – Amputasjoner blant landslagsspillerne

Uten riktig tilpasning av kjelken er det ikke mulig å oppnå god respons, og tilpasning etableres dermed som et sekundært behov som det må tas hensyn til, men som ikke er styrende over respons.

2.3 Sammenstøt: tåle påkjenninger og beskytte utøverne

På samme måte som ishockey er kjelkehockey en kontaktsport, men de har i tillegg en kjelke med front av metall, og pigger på baksiden av køllene. Utstyret og utøverne utsettes dermed

for hyppige og kraftige sammenstøt med andre kjelker, pucken kan treffe kjelken, og pigger kan ripe opp eller stikke kjelke og utøver (Svee 2012, Nordstoga 2013). Det er derfor viktig at kjelken tåler disse sammenstøtene, samtidig som utøveren beskyttes. Regelverket for kjelkehockey er også i stor grad basert på sikkerhet.

2.4 Regler

Gjeldende regelverk for idretten skal overholdes, men enkelte aspekter ved reglementet, som utformingen av utstyret, kan fornyes og oppdateres ettersom nye materialer og produksjonsmetoder åpner for nye løsninger uten at det går ut over sikkerheten (Kleppe, 2012). Avdekkes det lovende løsninger som bryter med regelverket, men som ikke går ut over sikkerheten, kan det derfor undersøkes om reglene kan endres før løsningene skrinlegges.

2.5 Øvrige behov

Nedenfor følger øvrige behov som må tas hensyn til, men som blir overstyrt av behovene over.

2.5.1 Vekt

Utøverne på det norske landslaget ser på lav vekt som en viktig egenskap ved kjelke. I midlertidig vanlig med et overdrevet vektfokus blant idrettsutøvere. I denne idretten veier kjelken 5 - 6 kg, noe som tilsvarer omkring 6 % av totalvekten medregnet utøveren selv. En realistisk reduksjon på 0,5-2 kg vil dermed ha lite å si på totalvekten. Samtidig er kjelken "dødvakt" som oppfører seg annerledes enn egenvekten til utøveren. Det trengs mer arbeid for å endelig konkludere innvirkningen av vekt på prestasjon. På dette grunnlaget etableres lav vekt som et øvrig behov.

2.5.2 Komfort

Komfort går ofte på kompromiss med funksjon, og i dette prosjektet (toppidrett) er det funksjon som blir prioritert. Kjelken må likevel ha et minimum av komfort for å sikre at utøverne klarer å bruke utstyret tilstrekkelig lenge uten at det går ut over prestasjonsevnen eller at de får varige mén.

2.5.3 Produksjon, montasje og reparasjoner

Det er viktig å ta hensyn til produksjon ved utviklingen av kjelken for å holde unngå unødvendig høye kostnader, og for å oppnå en konkurransedyktig salgspris. Det lave produksjonsvolumet må tas hensyn til ved at det er stor grad av manuelt arbeid, og komplekse deler bør unngås. Det skal være mulig å montere manuelt, og det skal være enkelt for utøvere og materialforvaltere på landslaget å utføre utskiftninger og reparasjoner på kjelkene.

2.5.4 Isannsamling og rust

Det er stor grad av issprut fra isen når skøytestålene skjærer gjennom isen. Derfor bør delene som er nærmest isen, spesielt understellet og rammen, være av materialer som ikke

ruste eller behandles slik at de ikke ruste. Utformingen på skøytebraketten må også utformes og tilpasses slik at det ikke skjer isannsamling mellom skøytestålene.

2.5.5 Design

Utøverne ønsker tøffere design på kjelken (sammenlignet med Proff). Dette er viktig for det mentale, da en kjelke som ser god og tøff ut kan psyke ut motstanderne.

2.6 Grunnbehov

Disse behovene vil være grunnlag for utviklingsarbeidet i hele oppgaven og vil følge resten av rapporten gjennom *Utbrettark 1* som finnes på neste side:

- G.1. Respons:** *Kjelken skal utformes slik at den responderer godt til svingebevegelsene til utøveren. (Primært behov)*
- G.2. Tilpasning:** *Kjelken skal kunne tilpasses slik at utøverne, uavhengig av anatomi, opplever god respons. (Sekundært behov, må være på plass)*
- G.3. Sammenstøt:** *Kjelken skal tåle ytre påkjenninger og beskytte utøveren (sekundært behov, må være på plass)*
- G.4. Reglement:** *(Absolutt, må være på plass)*
- G.5. Øvrige behov:** *Lav vekt, komfort, produksjon/montasje/reparasjon, isannsamling og rust, design*

3 Bruksanalyse - Generelt for hele kjelken

I dette kapittelet presenteres brukersituasjoner og brukerkrav som er generelle for hele kjelken og dermed alle deloppgavene. Noen brukersituasjoner omtales uten å ende opp i brukerkrav i denne delen, men danner et grunnlag som vil ende opp i brukerkrav i de individuelle delene.

3.1 Brukere

Underveis i brukeranalysen vil brukerkravene knyttes til de som har kommet med kravene: utøvere, materialforvaltere og produsent. Utover de direkte brukerkravene er det også funn fra observasjoner, tester i lab og analyser som er blitt gjort av prosjektdeltakerne, som i etterkant har blitt bekreftet av brukerne og omdannet til produktkrav. Brukerne vil refereres til med initialer i parentes bak brukerkravet. Nedenfor følger en tabell med personer og reglement som det refereres til.

Landslagsutøvere:

STS	Stig Tore Svee, 15 sesonger på landslaget, kaptein
MV	Morten Værnes, 13 sesonger på landslaget
AH	Atle Haglund, 20 sesonger på landslaget (1986-2006)
ES	Emil Sørheim, 1 sesong på landslaget (7 sesonger totalt)
OBØ	Ola Bye Øiseth, rekrutt på landslaget
REP	Rolf Einar Pedersen, 15 sesonger på landslaget, en av verdens beste utøvere
KAN	Knut-André Nordstoga, 11 sesonger på landslaget
JRK	Jan Roger Klakegg, 4 sesonger på landslaget
KCH	Kjell Christian Hamar, 3 sesonger på landslaget
JJ	Jon Jenshagen, tidligere landslagsutøver

Støtteapparat:

AS	André Syversen, Materialforvalter: Er med på samlinger og turneringer og har ansvar for å holde kjelkene i stand. Innebærer blant annet reparasjoner, sliping av skøytestål, justering.
----	---

Produsenter:

TEK	Thor Erik Kleppe (Er omtalt noe i introduksjon). Har hatt en sentral rolle i utviklingen og utbredelsen av både idretten og utstyret. Daglig leder i HandiNor, som produserer og selger kjelken Proff.
EEW	Ernst Egil Wold, ansatt HandiNor, produksjon og utvikling av produkter

Andre:

R	Reglement
---	-----------

*Listen med brukere vil følge med resten av oppgaven på **Utbrettark 1** på neste side.*

3.2 Primære brukssituasjoner

Primære brukssituasjoner omhandler det som skjer under selve spillet i kjelkehockey. Her vil generelle brukssituasjoner presenteres som et grunnlag for hele rapporten, mens spesifikke brukerkrav og produktkrav basert på disse vil utarbeides i de respektive deloppgavene.

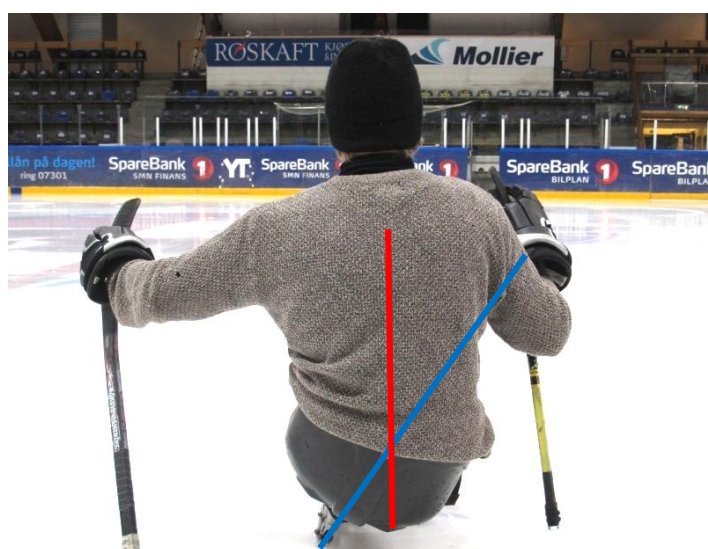
3.2.1 Respons: Krefter som opptrer i sving

For å ha et grunnlag for dimensjonering av kjelken er det her blitt gjennomført en forenklet analyse for å få et anslag på størrelsen på kreftene som påkjerner kjelken når utøveren gjennomfører svinger.



Figur 13 – Svee utfører lang sving

De største kreftene opptrer i krappe svinger i stor fart: Disse svingene er kontinuerlige, skjer ved stor hastighet og utøveren ligger stabilt på skjæret gjennom hele svingen og presser imot. I disse svingene lener utøverne seg innover i svingen, og støtter seg i isen med hånden, slik at oppstår en "bananform" på kroppen som gjør at resultantkraften ikke går gjennom senter av kjelken. Ved krappe korte svinger holder utøverne overkroppen tilnærmet vertikal mens hoften vris sideveis for å svinge kjelken. Her oppstår også denne "bananformen". Bildet nedenfor (Figur 14) illustrerer denne bevegelsen.



Figur 14 – Ved utførelse av krappe og korte svinger vrir utøverne hoften sideveis, noe som gjør at kroppen får en "bananform". Det gjør at resultantkraften ikke går gjennom senter av kjelken i det tilfellet.

Maksimal hastighet settes til 7 m/s , da dette er høyeste hastighet som er blitt målt under tester (Skålvik, 2013). Minimum radius i stor sving med maksimal hastighet settes til $3,5 \text{ m}$, som ble målt under istest med Morten Værnes.

$$v = 7 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad r = 3,5 \text{ m}$$

Dette gir en resultantakselerasjon på

$$a = 14 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1,4g$$

Denne akselerasjonen kan også beregnes ut fra vinkelen utøverne har på kjelken i de krappeste svingene. I de aller krappeste svingene går setet ned i isen (Svee 2012), som ved 15 cm setehøyde tilsvarer en vinkel på 45° . Om de lener seg brattere over vil skøytestålene løftes så de mister kontakt med isen. Ved sentripetalakselerasjon i horisontalplanet gir dette en resulterende akselerasjon på:

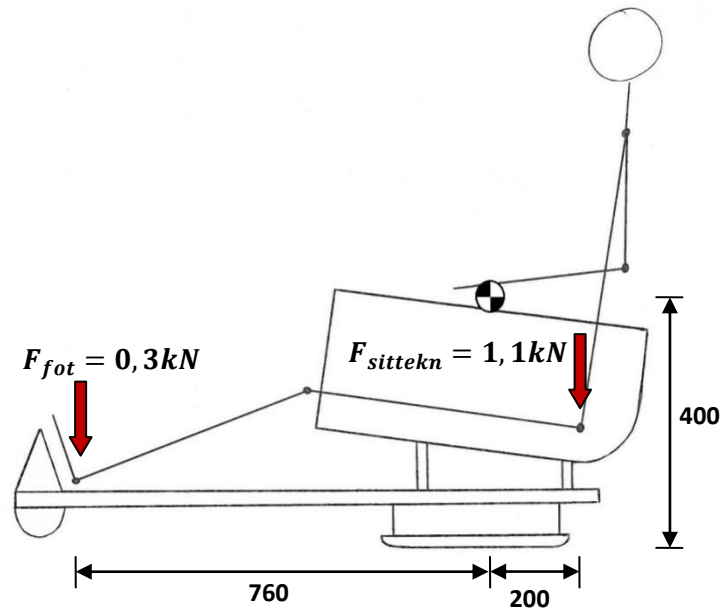
$$a \approx 1,4g$$

Som ved en utøver på 100 kg tilsvarer:

$$F \approx 1,4 \text{ kN}$$

Videre beregnes plassering av massesenter for å kunne beregne fordelingen av kreftene som påkjennes kjelken, og for å kunne beregne resultantkraftens retning ved sving med "bananform" i kroppen. Antakelser og forenklinger:

- Beregningen tar utgangspunkt i anatomien til Svee
- Plassering av massesenter i z-retning regnes ut ved hjelp av massefordeling (NASA man systems integration standards). Plassering i x-retning kan gjøres på samme måte, eller ved å måle plasseringen av balansepunktet på kjelken, som ved rett oppsett av kjelken er plassert litt bakom midten av skøytestålene.

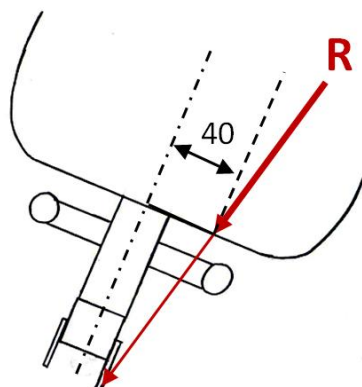


Figur 15 – Kjelkeoppsett og plassering av massesenter

Forenklet sett er kontaktpunktene mellom utøver og kjelke der det overføres krefter, ved sitteknuter og føtter. Det overføres noen krefter lenger frem i setebunn og langs sideveggene, men hovedsakelig overføres kreftene i området ved sitteknutene. Dermed ender det opp i følgende kraftfordeling:

- $F_{fot} = 0,3 \text{ kN}$
- $F_{sittekn} = 1,1 \text{ kN}$

Videre kan retningen til resultantkraften skisseres som nedenfor. Det er tatt utgangspunkt i vinkelen på utøveren på **Feil! Fant ikke referanseilden.**, noe som med massesenteret eregnet over vil føre til at resultantkraften fra utøveren treffer 40 mm til side for senter av setet:



Figur 16 – Ved utførelse av sving har kroppen en "bananform" som gjør at resultantkraften fra utøveren i sving treffer setet til siden for senter

3.2.2 Sammenstøt

Det oppstår som tidligere nevnt hyppige sammenstøt mellom utøverne, og mellom utøverne og vantet rundt banen. Utøverne kjører oftest i hverandre med front mot front, og front mot side. Av og til sklir de liggende på isen og treffer vantet med undersiden av kjelken (skøytestål) først. Kjelken må dimensjoneres for å tåle disse påkjeningene.



Figur 17 – Front-side kollisjon (ntnu.no/toppidrettsforskning)

3.2.3 Regler og begrensninger

Idretten følger reglene bestemt av den internasjonale paralympiske komité (IPC). De tar utgangspunkt i de generelle reglene til det internasjonale ishockeyforbundet (IIHF), og har i tillegg regler som regulerer spillernes utstyr med den hensikt å ivareta spillernes sikkerhet. Aktuelle regler i dette prosjektet blir omtalt i de fire deloppgavene. Fullstendig oversikt over reglene kan finnes på IPC sin nettside (IPC regler, 2011).

3.3 Sekundære brukssituasjoner

Her omtales brukersituasjoner som ikke har med selve spillet på isen å gjøre, men som likevel stiller viktige krav til kjelken. Disse er stort sett generelle for hele kjelken, og vil derfor fremstilles som brukerkrav her, for så å bli referert til i de individuelle delene.

3.3.1 Frakte kjelken fra bil/lager til garderoben og isen

Utøverne frakter sitt eget utstyr til garderoben. Utøverne som sitter i rullestol dytter utstyrsbagen foran seg, henger rammen til kjelken rundt halsen og støtter kjelken i fanget. Utøvere som kan gå triller utstyrsbagen og bærer kjelken. Det er en stor fordel at de er selvhjulpent og ikke er avhengig av hjelp fra andre.

Brukerkrav - Frakte kjelken til isen

Utøverne skal selv klare å frakte utstyret til garderoben og isen. (STS)

3.3.2 Sette seg inn og ut av kjelken

Det er viktig for utøverne å klare å komme seg inn og ut av kjelken på egenhånd, både for deres egen selvfølelse og av praktiske grunner (siden det gjerne er få medhjelpere tilgjengelig) (Svee, 2012b). Tradisjonelt sett plasserer utøverne kjelken på isen eller på gulvet like ved banen. Utøverne som bruker benprotese tar denne av før de skal på isen. De støtter seg på en fot, og setter seg ned i setet i kjelken, relativt kontrollert. De har begge hendene fri til å støtte seg med og klargjøre/åpne setet ved behov, men på grunn av redusert balanse er det en fordel at det er lett å komme seg oppi setet. Utøvere som sitter i rullestol plasserer kjelken ved siden rullestolen. De låser hjulene på rullestolen, og støtter seg med en hånd på kjelken og en i rullestolen. Så slepper de seg ned til setet på kjelken, en høydeforskjell på ca. 30-40 cm. Her støtter de nesten hele kroppsvekten på hånden som støtter på kjelken. Siden de bruker begge armene til denne bevegelsen må det være lett å komme oppi setet, uten at de må holde til side noe eller "klargjøre" setet på noen måte. Deretter skal de feste føtter, knær og rumpe og lår fast, og strammer egnede stopper på kjelken. Det kan være en utfordring å holde balansen når dette skal utføres, spesielt om de har smal bredde mellom skøytestålene.

Etter endt bruk på isen skal utøverne komme seg ut av kjelken på egenhånd. Utøvere som sitter i rullestol plasserer rullestolen ved siden av kjelken. Reimene som holder dem fast til kjelken løsnes. De støtter seg med den ene hånden på rullestolen og den andre på kjelken, mest på rullestolen og løfter seg opp i rullestolen, en høydeforskjell på 30-40 cm. Det er viktig at kjelken ikke henger fast i utøveren og følger med når utøveren løfter seg opp da dette kan gjøre at de mister balansen eller rullestolen sklir unna, og de kan falle i bakken. Ved skadesituasjoner er det også viktig at utøveren kan komme seg effektivt ut av kjelken, og da er det viktig at stroppene kan løsnes eller fjernes raskt og enkelt.

Brukerkrav - Sette seg og komme ut av kjelken

Det skal være mulig for utøverne å komme seg oppi kjelken på egenhånd (STS)

Det bør oppleves enkelt å komme seg ut av kjelken (STS)

Fastspenningen skal kunne løsnes enkelt og hurtig (STS)

3.3.3 Produksjon, montasje og vedlikehold

Produksjonen og montasje vil foregå med stor grad av manuelt arbeid, med et anslått årlig kvantum på 50 - 400 kjelker. Kjelken bør derfor utvikles for å tilpasses denne typen produksjon.

Materialansvarlige på landslaget skal vedlikeholde og gjennomføre nødvendig service på alle kjelkene til utøverne. Stort sett er dette knyttet til demontering av skøytestål for sliping, som blir gjort mellom hver kamp, og bytting av defekte deler. Derfor bør det være mulig å skifte ut defekt del uten å demontere hele kjelken.

Produksjon, montasje og vedlikehold

Enkelt å skru av skøytestål for sliping. Slipes mellom hver kamp (AS, M, STS)

Få ulike deler og ulike varianter av delene(AS, EEW)

Enkel montering og demontering (AS, EEW)

Få typer verktøy for montering og vedlikehold, standard verktøy (EEW, AS, STS)

Enkelt å skifte ut deler; Uavhengige deler som i høyest mulig grad kan demonteres fra understellet separat (AS)

Produksjon som er økonomisk sett i forhold til produksjonsvolum og som kan utføres av HandiNor og deres underleverandører (TEK, EEW)

3.3.4 Design

Kjelkehockey er en fartsfylt idrett med mye adrenalin og harde taklinger. Det mentale aspektet er viktig for å kunne prestere på topp. En kjelke som ser solid ut og har tøft design kan bidra til å gi et mentalt overtak. I tillegg skal kjelken lages slik at det er en designmessig helhet og sammenheng mellom de ulike komponentene.

Brukerkrav - Design

Tøft, helhetlig design som gir inntrykk av at utstyret er solid (STS, MV)

3.3.5 Brukerkravspesifikasjon for sekundære brukssituasjoner

Sekundære brukerkrav	
Brukssituasjon	Brukerkrav
Frakte kjelken til isen	Utøverne skal selv klare å frakte utstyret til garderoben og isen. (STS)
Sette seg og komme ut av kjelken	Det skal være mulig for utøverne å komme seg oppi kjelken på egenhånd (STS)
	Det bør oppleves enkelt å komme seg ut av kjelken (STS)
	Fastspenningen skal kunne løsnes enkelt og hurtig (STS)
Produksjon, montasje og vedlikehold	Enkelt å skru av skøytestål for sliping. Slipes mellom hver kamp (AS, M, STS)
	Få ulike deler og ulike varianter av delene (AS, EEW)
	Enkel montering og demontering (AS, EEW)
	Få typer verktøy for montering og vedlikehold, standard verktøy (EEW, AS, STS)
	Enkelt å skifte ut deler; Uavhengige deler som i høyest mulig grad kan demonteres fra understellet separat (AS)
	Produksjon som er økonomisk sett i forhold til produksjonsvolum og som kan utføres av HandiNor og deres underleverandører (TEK, EEW)
Design	Tøft, helhetlig design som gir inntrykk av at utstyret er solid (STS, MV)

4 Dagens kjelker og utstyrsleverandører

For å ha et utgangspunkt, og utnytte erfaringen med tidligere utstyr, har eksisterende kjelker blitt undersøkt. Her presenteres to kjelker, den første er norskprodusert og brukes av utøverne på det norske landslaget (Proff), den andre en kanadiskprodusert kjelke som går for å være den beste på det kommersielle markedet (Ballistic). Generelle spesifikasjoner for kjelkene blir lagt frem for å gi et grunnlag videre i rapporten, sammen med en kort oppsummering av hvordan kjelkene presterer med tanke på respons. Analysen ble gjennomført i Forprosjekt 2012, og for ytterligere informasjon henvises det til denne prosjektrapporten.

4.1 Hockeykjelke Proff – Produsert av HandiNor, Norge

HandiNor utvikler, produserer og tilpasser noen av produktene selv, og videreselger i tillegg ferdige produkter fra andre produsenter. De selger gjennomsnittlig 35 kjelker i året til utøvere i ulike land (HandiNor, 2012), og er også leverandør av produkter til NAV. Funksjonshemmede i Norge under 26 år får dekket hjelpemidler av NAV, noe som betyr at disse utøverne får kjelkehockeyutstyret fra HandiNor gratis (HandiNor, 2012).

Hockeykjelke Proff (omtales som Proff videre i denne rapporten) produseres av HandiNor, og er kjelken som brukes av blant annet det norske landslaget (Svee, 2012). Den vil dermed være utgangspunktet til de norske spillerne når de skal diskutere sine erfaringer og ønsker for utformingen av kjelken, og er en naturlig del av prosjektet. I tabellen under presenteres generell informasjon om Proff.



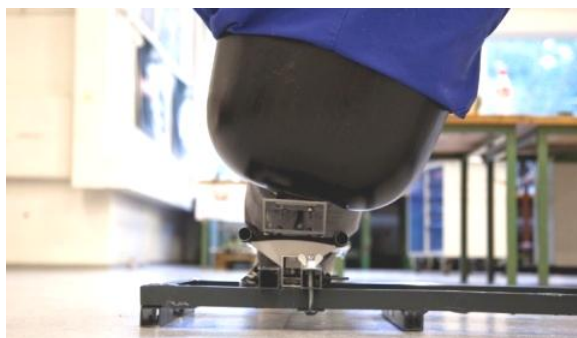
Figur 18 – Proff fra HandiNor (Foto: Emil Kjærnli)

Tabell 1 - Proff: funksjoner og generell informasjon (HandiNor, 2011)

Utviklet år	1998, redesignet 2003
Vekt	5553 g (med 150 mm setehøyde)
Pris	9990 NOK (Utøvere under 26 får betalt kjelken av NAV)
Seteposisjon	Justeres ved å legge til eller fjerne deler i understellet. Mulige setehøyder: 100 mm og 150 mm over isen. Mulige vinklinger av setet: 0 ° og 12 ° (bakover)
Lengde på ramme	Justeres på kjelken ved forskyvning (kontinuerlig/trinnløs) av rammen i lengderetningen.
Balansepunkt	Justeres ved å forskyve skøytebrakett (kontinuerlig/trinnløst) i lengderetningen. Justering: 80 mm
Skøytebredde	Justeres ved å bytte ut skøytebrakett og skøytebraketttholdere. Tilgjengelige bredder: 20 mm, 34 mm, 50 mm & 90 mm (målt mellom skøytestålene)

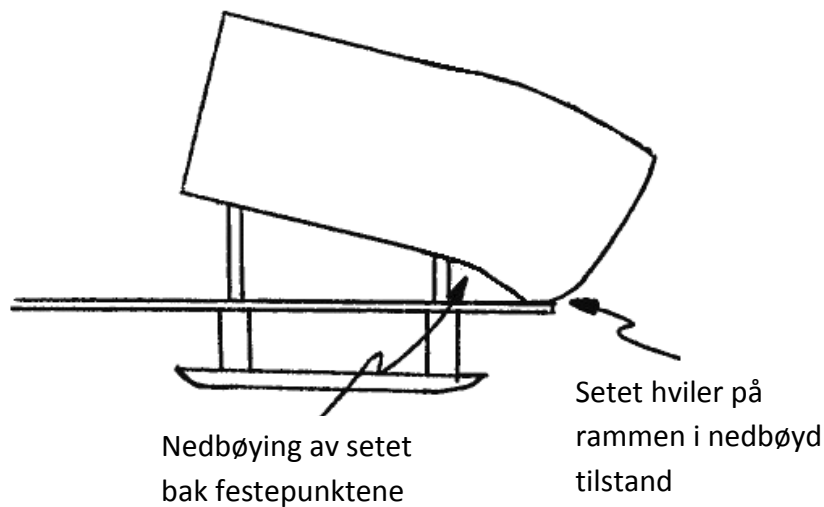
4.1.1 Respons

Den største kilden til mangel på respons på Proff er en utbøying i koblingen mellom setet og understellet som oppstår når utøverne lener seg over for å utføre en sving. Utøverne presenterte dette som det største forbedringspotensialet med Proff, og de opplevde betydelig bedre kontroll og respons i utførelse av sving etter at denne utbøyingen ble eliminert i en test utført i Forprosjekt 2012. Grunnen til at denne utbøyingen oppstår er at koblingen mellom sete og understell er for smal i en kombinasjon med at setebunnen er for myk.



Figur 19 – Riggtest av Proff for å lokalisere og måle utbøying (Forprosjekt 2012, foto: Emil Kjærnli)

Et annet problem er at koblingen mellom setet og understellet er plassert for langt frem, slik at setet bøyes ned og flekser i bakkant (Figur 20 – Kobling mellom setet og understellet på Proff er plassert for langt frem Figur 20) der de fleste av kreftene overføres.



Figur 20 – Kobling mellom setet og understellet på Proff er plassert for langt frem

Utøverne opplever også problemer med bevegelse inne i setet. Det er snakk om en rotasjonsbevegelse (Figur 21). Grunnen til dette er at setet på Proff har en u-formet profil og insiden av setet har en glatt overflate uten konturer som holder fast kroppens konturer.



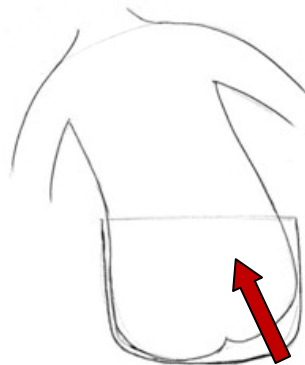
Figur 21 – Bevegelse av utøver inne i setet

Ved utførelse av svingbevegelser beveger lårene til utøveren seg frem og tilbake, og knærne vrir seg (Figur 22). Disse bevegelsene er uønsket, og fører til at svingbevegelsene til utøveren ikke føres direkte ned i isen.

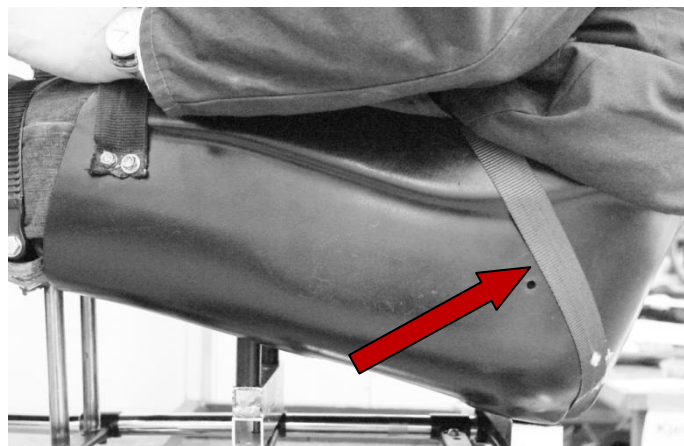


Figur 22 – Bevegelse i lår og knær ved utførelse av sving

Den øvre stroppen på Proff er plassert for langt fremfor hoften, den kan ikke strammes med tilstrekkelig kraft og den strammer ikke i riktig retning. Dette fører til at utøverne ikke blir holdt tilstrekkelig fast nede i setet og opplever en vippebevegelse (Figur 23) når de utfører svingbevegelser. Mange av utøverne har påmontert en jekkestropp for å kunne stroppe seg fast ved hoften og i en retning skrått bakover, slik at de holdes fast ned mot setebunnen og mot seteryggen (Figur 24).



Figur 23 – Vippebevegelse inne i setet



Figur 24 – Ekstra jekkestropp påmontert

Et siste problem er at stroppene gir for smal kontaktflate mot kroppen slik at de klemmer seg inn i kroppen. Dette fører til at det ikke gir en kontant støtte, og ved utføring av svingebevegelser tillates en løfting av låret ved at stroppen presses ytterligere ned i det, istedenfor å holde låret fast med en stor kontaktflate som forhindrer bevegelse.



Figur 25 - Stroppene presser seg ned i kroppen

4.2 Ballistic – Produsert av Unique Inventions Inc., Canada

Unique Inventions Inc. (omtales videre som Unique i denne rapporten) er en kanadisk produsent av utstyr til kjelkehockey lokalisert i Petersborough, Ontario i Canada. Mannen bak selskapet, Laurie Howlett, startet med å utvikle sykkelutstyr til funksjonshemmede fra sin egen garasje. Etter hvert endret han fokus til kjelkehockey og har siden 1991 utviklet og produsert utelukkende kjelkehockeyutstyr. I 2009 hadde selskapet tre fulltids- og tre deltidsansatte og produserte mellom 300 og 400 kjelker i året. De leverte i kjelker til det kanadiske og det amerikanske landslaget, og fikk bestillinger fra utøvere verden over (Wedley, 2009). Siden flere av de beste landslagene i verden bruker kjelkene deres er det interessant å bruke selskapet til benchmarking og som inspirasjonskilde.

Under (Figur 26 og Tabell 2) presenteres deres nyeste og beste kjelke, Ballistic. Setet til den tidligere modellen, Razor, vil også bli brukt i prosjektet. Setene er veldig like, men Ballistic-setet har fått en oppdatert form – fremre setebunn er forhøyet.



Figur 26 – Kjelken Ballistic fra kanadiske Unique (Uniqueinventions.com/ballistic)

Tabell 2 – Ballistic spesifikasjoner (Unique, 2012)

Utviklet år	Tilgjengelig for salg 2012
Vekt	4434 g (med 150 mm setehøyde)
Pris	749 USD + 25 % MVA = 5300 NOK
Vinkel- og høydejustering, sete	Understellet produseres etter utøvers oppgitte mål. Ingen justering.
Lengde på kjelke	Produseres etter utøvers oppgitte mål. Kan deretter justeres 38 mm
Balansepunkt	Skøytebraketten justeres i lengderetningen. Justering: 38 mm
Skøytebredde	Justeres ved å bytte ut skøytebrakett. Tilgjengelige bredder: 35 mm, 32 mm, 25 mm, 19 mm, 16 mm & 10 mm (målt i ytterkant av skøytestålene)

4.2.1 Respons

Understellet har en tilstrekkelig bred kobling mot setet, og koblingene er plassert i x-retning der kreftene blir overført fra utøveren, slik at de absorberer kreftene fra svingebevegelsene uten særlig utbøying og fører dem videre ned til isen. Det opptrer imidlertid noe utbøying i koblingen mellom setet og understellet, men det er uklart hvor mye utslag dette gir på isen. Utøverne opplever at kjelken er stiv og gir god respons i utførelse av svinger.



Figur 27 – Understellet på Ballistic festet til setet

Problemene som oppleves ved denne kjelken er relatert til at utøveren ikke er tilstrekkelig festet til kjelken, slik at alle svingebevegelsene ikke blir tatt opp på en god måte. Det største problemet er en vippebevegelse av hoften inne i setet, på samme måte som på Proff.

Andre problem som opptrer på Ballistic er bevegelse av knær og lår, samt problemet ved at stroppene er for smale og presser seg inn i kroppen. Begge disse problemene er beskrevet ovenfor under Proff.

4.3 Evaluering av kjelkenes respons

Under følger en oppsummering av hvordan de to kjelkene, Proff og Ballistic, presterer på respons. Det er lagt til en vurdering av hvor sterkt de ulike effektene **bidrar til god respons**. Skalaen er fra 1 - 6, der **1 er stort bidrag til svekket respons** og **6 er maksimalt bidrag til god respons**.

Tabell 3 – Evaluering av kjelkene Proff og Ballistic i forhold til respons

	Proff	Ballistic
Stivhet i kjelke	<p>Mye utbøyning mellom understell og setet</p> <p>Karakter: 2</p>	<p>Lite utbøyning innad i kjelken. Noe utbøyning opptrer i riggen i koblingen mellom sete og understell</p> <p>Utøverne opplever at kjelken er stiv og svarer godt</p> <p>Karakter: 5</p>
Hoftebevegelse	<p>Hofte roterer og vipper inne i setet</p> <p>Karakter: 3</p>	<p>Vippebevegelse inne i setet</p> <p>Karakter: 4</p>
Bevegelse knær og lår	<p>Lår og knær beveger seg opp og ned og sideveis, og de vrir seg</p> <p>Karakter: 4</p>	<p>Lår og knær beveger seg opp og ned og vrir seg</p> <p>Karakter: 4</p>
Stropper	<p>For smale, utilstrekkelig stramming og plassert for langt fremfor hoften</p> <p>Karakter: 3</p>	<p>For smale, utilstrekkelig stramming og plassert for langt fremfor hoften</p> <p>Karakter: 3</p>
Karakter respons:	3	4

5 Testprosedyrer

I dette prosjektet har i hovedsak to testprosedyrer blitt benyttet, test i lab og på is. Disse testprosedyrene beskrives her.

5.1 Testing i lab - riggtest

I Forprosjekt 2012 ble det bygget en testrigg og utviklet en laboratorietest der svingebevegelser simuleres for å undersøke stivheten til kjelken og fastholdingen av utøveren. Denne testmetoden viste seg å være svært nyttig og ble derfor videreført til dette prosjektet. Resultatene fra testing av andre kjelker i Forprosjekt 2012 ble brukt som sammenligningsgrunnlag for testene i dette prosjektet. Bildet under viser oppsettet for riggtesten.



Figur 28 – Testoppsett ved riggtesting (Forprosjekt 2012)

Riggtesten går ut på at en testperson sitter i kjelken og vugger fra side til side med varierende kraft, for å identifisere svake punkter i konstruksjonen. I dette prosjektet ble funksjonsmodeller testet i denne riggen for å se om de økte stivheten i kjelken, eller om det oppstod deformasjon innad i kjelken ved simulering av svingebevegelser. Det ble også utført tester for å undersøke om nye konsepter på fastholding forhindret bevegelse mellom utøver og kjelken. Det ble så gjort tiltak for å fjerne eventuelle svake punkter før ny testing ble gjennomført. Var resultatet vellykket ble det gjennomført tester på is for å se om en fikk forbedret prestasjon også der. Primært ble Kjærnli brukt som testperson og Seim som observatør, da de hadde erfaring med testingen og disse rollene fra Forprosjekt 2012.

Testing av stivhet ved simulerte svingebevegelser

5.2 Testing på is

Underveis i prosjektet har funksjonsmodeller og prototyper jevnlig vært på isen for testing. Noe av grunnen til at istester i stor grad har blitt benyttet i dette prosjektet, er at responsen og hvordan kjelken svarer til svingebevegelser best kan måles med en profilert utøvers

"feeling". Det er imidlertid vanskelig å måle "feeling", og det er også noe av grunnen til at det er blitt brukt mange ulike testpersoner, da de kan ha ulike preferanser.

Erfarne utøvere måler kjelkens egenskaper basert på erfaring og "feeling"

Testingen har i hovedsak gått ut på å kjøre aggressivt rundt på isen og ta kraftige svinger og start-stopp-bevegelser, samt å bruke kjelken i spill med andre, eller puckhåndtering sammen med kjøring alene. Avhengig av hva som skal testes har ulike utøvere vært testpersoner. Ved testing av prinsipper i tidlig fase, for å finne ut om prinsippet i det hele tatt kan brukes, har primært prosjektdeltaker Seim utført enkle tester, da han har opparbeidet seg gode basisferdigheter gjennom Forprosjekt 2012. For å teste mer nøyaktige modifikasjoner har profilerte utøvere, stort sett fra landslaget, vært testpersoner. En oversikt over disse personene presenteres senere.

På tester har nye modifikasjoner blitt utprøvd på en kjelke, samtidig som en referansekjelke har vært med i samme test som sammenligningsgrunnlag. Til dette har Proff eller Ballistic blitt benyttet, avhengig av hvilke modifikasjoner som har blitt testet. Det er også blitt gjennomført tester der modifikasjonen har vært mulig å ta av og på kjelken for enkelt å kunne evaluere om den ga ønsket endring i prestasjon.

Resultater av testingen ble samlet inn via subjektiv tilbakemelding fra testpersonen der "følelsen" beskrives, i tillegg til at testingen ble observert av prosjektdeltakerne, og filmet og fotografert.

5.2.1 Testpersoner

Utøverne ble valgt ut etter erfaring, interesse for utvikling av utstyret og tilgjengelighet. Det var også viktig å bruke utøvere med variasjon i anatomi og funksjonsnedsettelse, for å kunne verifisere om modifikasjoner fungerer for alle. Under følger en kort presentasjon av disse utøverne.

Tabell 4 – Utøvere som har vært testpersoner i prosjektet

<p>Stig Tore Svee</p> <p>Alder: 49 år Funksjonshemming: Tverrsnittskade på ryggmarg som gir lammelser i begge ben</p> <p>Svee er inne i sin 15. sesong på landslaget, der han også er kaptein. Gjennom årene han har vært aktiv i kjelkehockey, har han utforsket og tilpasset kjelken selv ut i fra svakheter han har oppdaget.</p>	 A photograph of Stig Tore Svee sitting on an ice sledge on an ice rink. He is wearing a black and red hockey jersey with a large 'C' logo, a white helmet, and black gloves. A Norwegian flag is visible on the wall behind him.
<p>Morten Værnes</p> <p>Alder: 30 år Funksjonshemming: Lammelse i ben</p> <p>Værnes har spilt kjelkehockey i 13 sesonger. Han er blant de beste og mest erfarne på landslaget, og tidligere kaptein. Han ønsker stadig å forbedre sin prestasjon på isen, og er interessert i utvikling av kjelken og utstyret generelt.</p>	 A photograph of Morten Værnes sitting on an ice sledge on an ice rink. He is wearing a blue and white hockey jersey with 'AMH' and 'OSL' logos, a white helmet, and red gloves.
<p>Atle Haglund</p> <p>Alder: 49 år Funksjonshemming: Amputert begge ben øverst på låret.</p> <p>Haglund har spilt kjelkehockey i 20 sesonger. Han har i dag gitt seg på landslaget, men spiller med det lokale laget.</p>	 A photograph of Atle Haglund sitting on an ice sledge on an ice rink. He is wearing a red, white, and blue hockey jersey with 'NORGE' written on it, a white helmet, and black gloves.

Emil Sørheim

Alder: 15 år

Funksjonshemming: Ryggmargsbrokk

Sørheim har spilt kjelkehockey i syv sesonger, og er inne i sin første sesong på landslaget. Han ønsker å etablere seg der fast, og har blitt lagt merke til internasjonalt som et lovende talent.

**Ola Bye Øiseth**

Alder: 14 år

Funksjonshemming: Dysmeli, har en vanlig og en kort fot.

Øiseth har spilt kjelkehockey i 3 sesonger, og er med som rekrutt på det norske landslaget.

**Kjell Christian Hamar**

Alder: 28 år

Funksjonshemming: Født med Hereditær spastisk paraparese (HSP). Bena stivner, og muskelkraften er dårlig.

Hamar er keeper på landslaget og har spilt kjelkehockey i 3 sesonger.

**Jon Jenshagen**

Funksjonshemming: Spastisk

Tidligere landslagsspiller



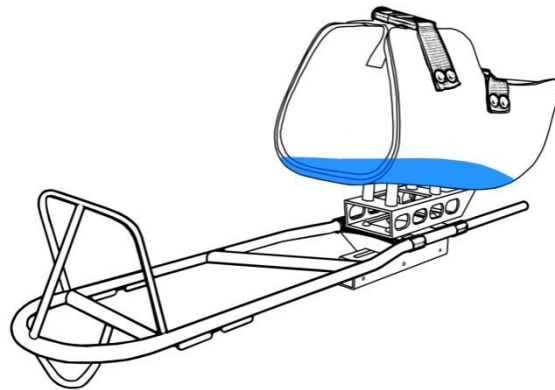
5.2.2 Hovedtester

Det ble gjennomført mye testing på is gjennom prosjektet, både for å teste ut prinsipper og mer helhetlige løsninger. Hovedsakelig ble testingen gjennomført i Leangen Ishall i Trondheim, men siste test, testingen av *prototype 2* ble gjennomført på Hønefoss da det ikke lengre var is tilgjengelig i Trondheim. I tabellen er en oversikt over hovedtestene som ble gjennomført, og hvordan de ble gjennomført.

Tabell 5 - Oversikt over hovedtestene som ble gjennomført på is i løpet av prosjektet

Leangen ishall Trondheim Februar-april Egentester	Testpersoner: Prosjektdeltakerne Det ble flere ganger gjennom februar, mars og april utført tester av prinsipper og funksjonsmodeller. Testingen ble gjennomført samtidig som utøverne i Rosenborg Kjelkehockey gjennomførte sin ukentlige trening
Leangen ishall Trondheim 16.04.2013	Testpersoner: Ola Bye Øiseth Funksjonsmodeller av sitteplaten, overliggende støtter til øvre lårben, ny stroppemekanisme og knestøtte ble testet samtidig for første gang på en profesjonell utøver. (Disse delene blir utviklet og omtalt videre i rapporten i individuelle deler).
Leangen ishall Trondheim 23.04.2013	Testpersoner: Seim og Kjærnli Pilottest av <i>Prototype 1</i>
Leangen ishall Trondheim 24.04.2013	Testperson: Stig Tore Svee <i>Prototype 1</i> ble testet for første gang på profesjonell utøver. I testen ble Ballistic også benyttet til sammenligning.
Schjongshallen Hønefoss 18.05.2013	Testpersoner: Morten Værnes, Atle Haglund, Kjell Christian Hamar og Jon Jenshagen <i>Prototype 2</i> ble testet for første gang på profesjonelle utøvere. I testen ble Ballistic og Proff benyttet som sammenligning. Til <i>Prototype 2</i> ble det laget to understell, for å gi ulike setehøyder (115 og 150 mm over isen). Det ble også laget to ulike seter med ulik stivhet og utforming, og ulike varianter av faststropping.

6 Behov - Deloppgave 2: Setebunn og knestøtte



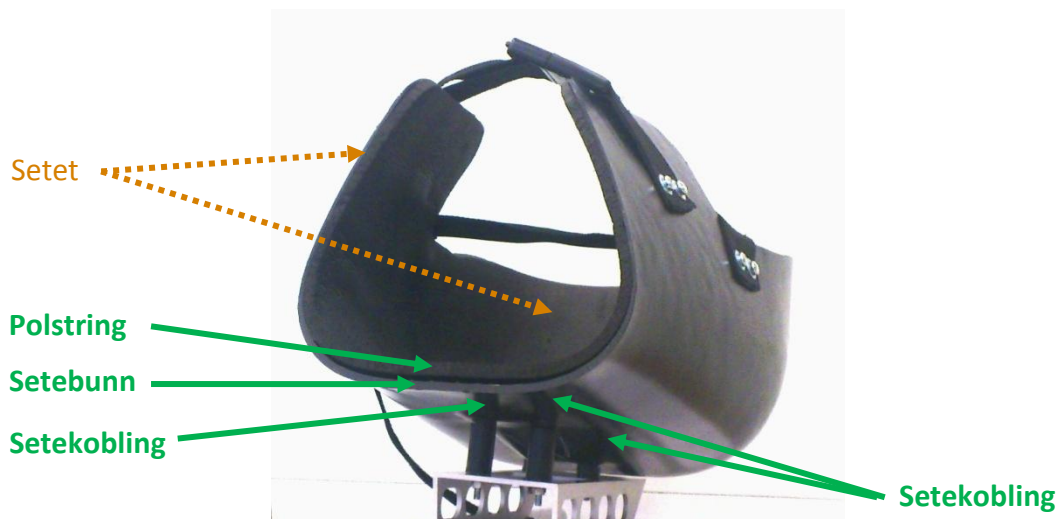
Figur 29 Det markerte området angir setebunnen og setekoblingen

6.1 Generelt om setebunnen

Setebunnen er nedre del av setet som er i direkte kontakt med utøvers rumpe og lår under bruk. Dens funksjon er å ta opp svingebevegelsene til utøveren og overføre dem til understellet via en kobling (heretter kalt *setekoblingen*) uten forsinkelse eller tap av krefter. Setet skal i tillegg beskytte utøveren, men dette vil bli tatt hensyn til i *Deloppgave 3 – Setet*.

Setebunnen er nedre del av setet. Setekoblingen forbinder setet og understellet.

Nedenfor er en oversikt over de ulike delene tilknyttet setebunnen og setekoblingen, og forklaring av uttrykk som brukes videre i oppgaven. (Øverste del av setet vil bli utviklet i *Deloppgave 3 – Setet*.)

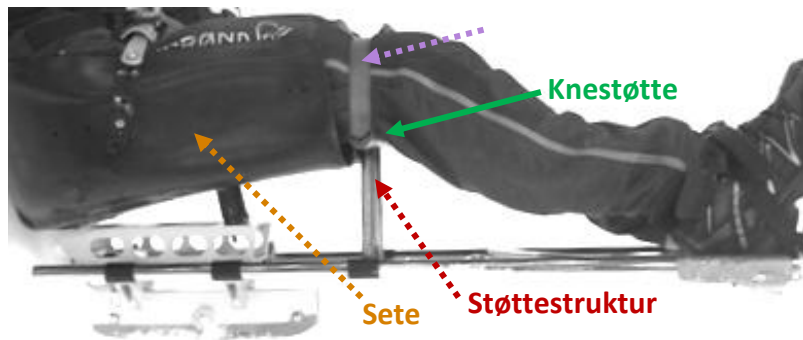


Figur 30 Setet og setekoblingen på Proff

6.2 Generelt om knestøtten

Knestøtten skal støtte bena ved knærne for å bidra til at utøveren sitter godt fast i kjelken. Den skal hindre vertikal og sideveis bevegelse av knærne, og hindre relativ bevegelse mellom utøveren og kjelken. Det er ikke vanlig med knestøtte på dagens kjelker, men to av utøverne

på landslaget (STS, MV) har fått laget og montert dette på eget initiativ. I tillegg har Forprosjekt 2012 bekreftet at den er viktig for fastholding av utøveren og at den har positiv innvirkning på respons. Derfor vil denne knestøtten bli inkludert i utviklingen av en ny kjelke. Selve knestøtten (øverste del) vil utvikles i denne oppgaven, mens støttestrukturen vist under utvikles i *Deloppgave 1 – Understell* og fastspenningen i *Deloppgave 4 – Fastspenning*.



Figur 31 Knestøtte montert på en kjelke

Problemstillingen danner utgangspunktet for utviklingen av setebunnen med tilhørende setekobling og knestøtten (kapittel 1.7).

Grunnbehovene til kjelken (*Utbrettark 1*) gir også føringer til utviklingsprosessen.

6.3 Bruksanalyse – definere bruker- og produktkrav

I dette kapitlet kommer en analyse av bruker, brukssituasjon, kunnskap fra tidligere studier og erfaringer fra dagens kjelker, med utgangspunkt i problemstillingen og grunnbehovene, begge presentert over, og er en fortsettelse av kapittel 2 og 3. Den vil danne bruker- og produktkrav, inndelt etter de fem grunnbehovene, og brukerkravene vil knyttes til de aktuelle brukerne (initialer angis i parentes bak kravene). I slutten av kapitlet presenteres en oversikt over kravene (*Utbrettark 2*), og det er den som danner grunnlaget for konseptutviklingen i kapittel 0.

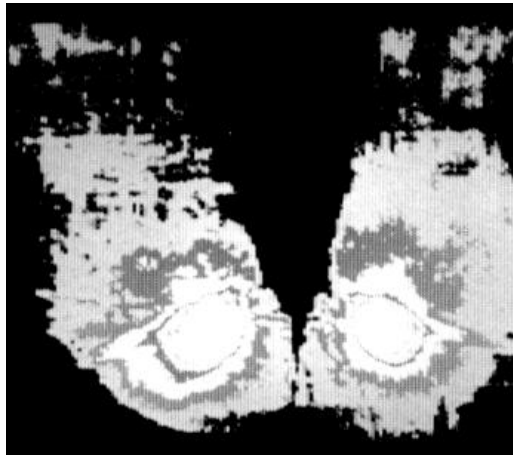
6.3.1 Respons

For å oppnå god respons må setebunnen overføre svingebevegelesene til utøveren ned til understellet, uten tap av krefter eller forsinkelse. Det er tidligere i rapporten presentert at den største delen av kreftene blir overført i bakre del av setebunnen, i området ved sitteknutene, og at det er viktig med en stiv konstruksjon og tilstrekkelig bredde og riktig plassering av setekoblingen for god kraftoverføring.

Undersøkelsen av brukssituasjoner i kapittel 3.2.1 avdekket at kjelken under normal bruk blir påkjent av en aksialkraft på opptil 1,4 kN. Største delen av disse kreftene, ca 1 kN, blir overført som normalkrefter på setebunnen, noe som gir en indikasjon på kreftene setebunnen utsettes for.

1 kN normalt på setebunnen i sving

Det er naturlig at kraftoverføringen skjer ved et fast område, og for rumpen betyr det sitteknutene og området rundt dem. Figuren under (Figur 32) viser trykkfordelingen når en person sitter på et hardt underlag (Shields et al., 1998), lysere farge indikerer høyere kontaktrykk. De to runde og lyseste områdene er sitteknutene, og en ser at trykket er høyest ved dem og området rundt, noe som underbygger påstanden om at kreftene overføres her.



Figur 32 – Figuren viser trykkfordelingen når en person sitter på et hardt underlag. Lysere farge angir høyere trykk, og som vi ser er trykket høyest ved sitteknutene og området rundt (Shields et al., 1998).

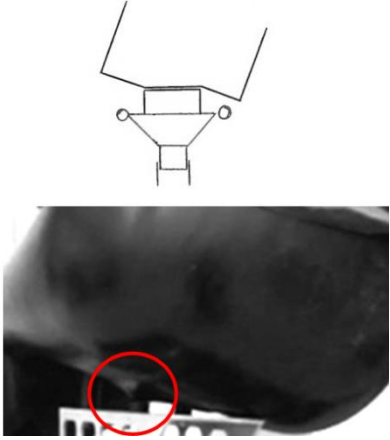
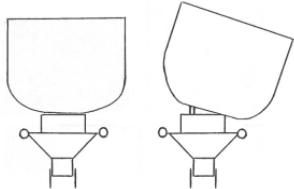

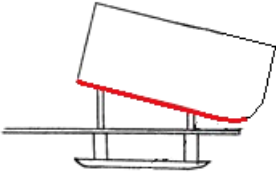
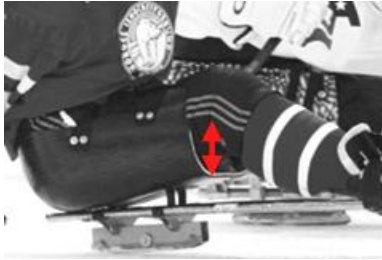
Normal avstand mellom sitteknutene er 100-160 mm (Specialized Body Geometry). Forsøk i Forprosjekt 2012 viste at økende bredde på støtte under rumpen ga stadig forbedret kraftoverføring (det ble gjort forsøkt opp til 170 mm bredde på støtten).

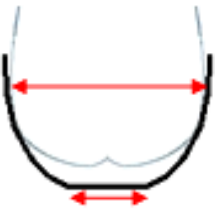


For å forbedre kraftoverføringen kan en øke kontaktarealet mellom utøver og setebunnen. For det første gir det en større flate kreftene kan overføres på, og det kan i tillegg brukes tynnere polstring mellom utøver og setebunnen (uten redusert komfort), noe som reduserer "dødgangen" ved belastning. Begge deler forbedrer respons. Dette kan oppnås gjennom å ha en mer ergonomisk og gjerne individuelt utformet setebunn.

Erfaringen og kunnskapen presentert over ender i brukerkrav og produktkrav som presenteres til slutt i en tabell i dette delkapittelet, og i *Utbrettark 2*.

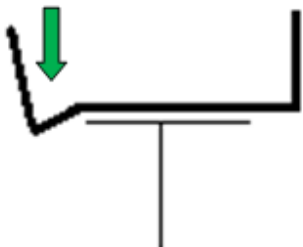
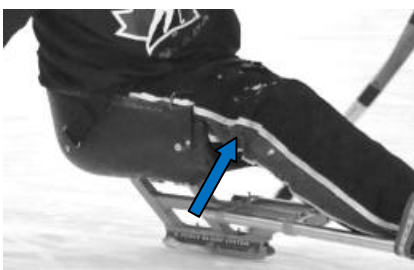
I tabellene under presenteres erfaringer fra dagens kjelker, først Proff og deretter Ballistic. Erfaringene gir brukerkrav, som presenteres i en tabell i slutten av dette delkapittelet og i *Utbrettark 2*. Det presenteres først forbedringspotensial med Proff og Ballistic (rød overskrift), så positive erfaringer med Ballistic (grønn overskrift).

Tabell 6 **Forbedringspotensial for Proff**


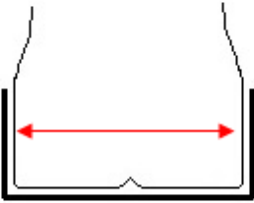
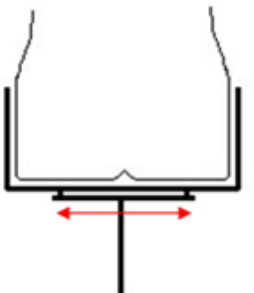

	<p>Manglende stivhet i setebunnen</p> <p>Spillerne syntes det var dårlig respons i Proff ved svinging og at det var utfordrende å kontrollere svingen. Spillerne mente mykt plastmateriale var den viktigste årsaken. (STS, MV).</p> <p>Bøyetesting i rigg (Forprosjekt 2012) bekreftet dette. Bildet til venstre viser deformasjon av setebunnen ved skruefestene på Proff under bøyetesten, bunnen blir "dratt ut" i området ved skruefestet.</p>
	<p>Smal setekobling</p> <p>Innfestingen av setet til undertellet er for smal. Kombinert med myk setebunn og feil plassert setekobling gjør dette at setet vipper til siden ved svinging. Gir dårlig kraftoverføring og feeling med underlaget (isen), som gjør det vanskelig å kontrollere svingen. (Riggtest)</p>
	<p>Feil plassering av setekobling</p> <p>Setekoblingen er plassert for langt fremme. Kombinert med en for myk setebunn fører dette til fleksing i setet, og dårlig respons ved svinging. (REP)</p>
	<p>Skrå setebunn gir bakoverlent sittestilling</p> <p>Utøverne vinkler setet oppover for å få mer støtte under lårene. Dette gir imidlertid de en bakoverlent og mer passiv sittestilling, som er negativt for både fremdrift og reaksjonsevne. (MV)</p>
	<p>Bevegelse av knær</p> <p>Mangel av støtte ved knærne gjør at knærne kan bevege seg under svinging, som gir redusert respons og kontroll og følelsen av å ikke sitte fast. To av utøverne på landslaget har eksperimentert med en knestøtte med god effekt. Forprosjekt 2012 bekreftet også dette. (STS, MV)</p>

	<p>Smal setebunn – dårlig kontakt med setebunnen</p> <p>Setebunnen er for smal. Den myke plasten deformeres ved stramming av setestroppene, og forsterker den tidlige avrundingen og presser utøveren oppover i setet. Dette gjør at utøveren ikke kommer skikkelig ned i setet og får dårlig kontakt med setebunnen, som resulterer i dårlig overføring av styrebevegelsene og feeling med underlaget (isen).</p>
	<p>Rotasjon sideveis</p> <p>Utøverne roterer sideveis inne i setet, og blir slått ut av posisjon ved kollisjoner med motspillere eller vantet. (REP, STS, MV)</p>
	<p>Sklir fremover i setet</p> <p>Utøverne opplevde at de skled fremover i Proff-setet under bruk, noe som ga en mer bakoverlent og passiv sittestilling. Det gikk utover fremdriften og evnen til å reagere raskt. (AH, JJ)</p>

Tabell 7 Forbedringspotensiale for Ballistic

	<p>Enda stivere setebunn</p> <p>Med stor påkjent kraft i bøyetesting i rigg ble det identifisert noe deformasjon av setebunnen til Ballstic-setet. Det er usikkert om de påkjente kreftene er overdrevet, men dette kan være et forbedringspotensiale. (Riggtest)</p>
	<p>Manglende støtte ved knær</p> <p>Ballistic-setet støtter ikke godt nok opp under knærne, som gjør at de kan bevege seg horisontalt og vertikalt, det samme problemet som vi så med Proff. (STS)</p>

Tabell 8 Positive elementer ved Ballistic

	<p>Stiv setebunn</p> <p>Ballistic har et mye stivere sete enn Proff, og det er laget av en stivere plasttype. Setebunnen har i tillegg profiler innstøpt for å gi ytterligere stivhet. Ballistic oppleves som mer responsiv ved svinging, og det antas (basert på testresultat fra Forprosjekt 2012) at mye av årsaken er den stivere setebunnen som overfører kreftene bedre ned til understellet.</p>
	<p>Riktig bredde på setebunn</p> <p>Ballistic har en mer firkantet profil med en bredere setebunn, som gjør at en kommer mer ned i setet og oppnår bedre kontakt med setebunnen. Det forbedrer kraftoverføringen og feelingen med underlaget, som er viktig ved kontrollering av en sving. (<i>Riggtest</i>)</p>
	<p>Økt bredde på setekobling</p> <p>Ballistic har en bredere setekobling enn Proff. Det er en breiere flate som støtter under setet, og skruefestene er plassert litt bredere. Dette gir utøveren bedre støtte under rumpen, og gjør at kreftene fra utøveren går mer rett igjennom koblingen og til understellet. (<i>Riggtest</i>)</p>
	<p>Plassering av setekobling</p> <p>Setekoblingen er plassert lengre bak på Ballistic enn Proff, i området der sitteknutene hviler mot setebunnen. Kraftene går mer direkte fra utøver gjennom og setekoblingen. Bøyetesting i Forprosjekt 2012 viste tydelig mindre fleksing av setet når koblingen var plassert bak på setet, noe som vil gi forbedret respons ved svinging. (<i>Forprosjekt 2012</i>)</p>





Kommentar til erfaringene med dagens kjelker

Knestøtte er mest relevant for utøvere med ett eller to ben eller amputasjoner nedenfor knærne. Ved amputasjon over knærne blir vekten av lårene liten, og de vil i mindre grad bevege seg fra side til side ved svinging. Da kan det være tilstrekkelig at sidene på setet og setebunnen støtter lårene mot bevegelse nedover og sideveis. (AH, STS, MV)

Erfaringene fra dagens kjelker presentert over ender direkte i brukerkrav og produktkrav som presenteres under (neste side) og i slutten av kapittelet i *Utbrettark 2*. Flere av disse kravene blir validert gjennom de standardiserte rigg- og istestene som ble presentert i kapittel 5.

Tabell 9 Bruker- og produktkrav knyttet til respons for setebunnen og knestøtten

Respons		
Brukerkrav	Produktkrav	Illustrasjon
<p>Stivhet i setebunnen</p> <p>Setebunnen under rumpen til utøveren må ha høy stivhet, for å overføre styrebevegelsene uten tap av krefter eller forsinkelse. (STS, MV)</p>	<p>Standardisert riggtest: Utbøyinger i skal ikke være synlige i setebunnen</p> <p>Standardisert istest med landslagsutøvere: Skal ikke føle at kjelken gir etter</p>	
<p>Stivhet i setekoblingen</p> <p>Det skal ikke opptre utbøyning i overgangen mellom setebunn og understell ved utføring av svingebevegelser (STS, MV)</p>	<p>Standardisert riggtest: Utbøyinger skal ikke være synlige</p> <p>Standardisert istest med landslagsutøvere: Skal ikke føle at kjelken gir etter</p>	
<p>Plassering av setekobling</p> <p>Setet skal kobles til understellet der utøvernes sitteknuter hviler mot setebunnen. (REP, STS, MV)</p>	<p>Setekoblingen skal plasseres 70 mm foran setets nullpunkt.</p>	<p>Setets nullpunkt</p>
<p>Bred setebunn</p> <p>Setebunnen må være bred nok til at utøveren kommer skikkelig ned i setet, og oppnår god kontakt med setebunnen. (STS)</p>	<p>Bredde på setebunnen skal være tilnærmet lik hoftebredden til utøveren, 0 – -60 mm</p>	

<p>Fremoverlent sittestilling</p> <p>Bakre del av skal være horisontal eller vinklet fremover for å bidra til en fremoverlent og mer aggressiv sittestilling. (MV)</p>	<p>Setebunnen under rumpen til utøveren skal være horisontal eller vinklet fremover</p>	
<p>Hindre at en sklir fremover</p> <p>Hindre at utøverne sklir fremover i setet (AH, JJ)</p>	<p>Standardisert istest med landslagsutøvere: Utøverne skal ikke føle at de sklir fremover i setet</p>	
<p>Hindre rotasjon sideveis</p> <p>Forhindre rotasjon om inne i setet, x-aksen (REP, STS, MV, AH)</p>	<p>Standardisert istest med landslagsutøvere: Utøverne skal ikke føle at de roterer sideveis inne i setet</p>	
<p>Knestøtte</p> <p>Utøverne med ett eller to ben, eller amputasjoner nedenfor knærne, må støttes opp ved knærne for å hindre vertikal og horisontal bevegelse av dem (STS, MV)</p>	<p>Standardisert riggtest: Det skal ikke være synlig bevegelse av knærne</p> <p>Standardisert istest med landslagsutøvere: Utøverne skal ikke føle at knærne beveger seg i forhold til kjelken</p>	

6.3.2 Tilpasning

Setebredde

Setet må tilbys i bredder som dekker alle utøvernes behov. Det tas utgangspunkt i breddene som tilbys av Ballistic-setet inntil videre, som er målt ut fra utøvernes hoftebredde. Breddene som tilbys er 8-17" (tommer), med 1" økende bredde for hver størrelse. Undersøkelser blant utøverne tyder på at det er behov for bredder i størrelsene 11-17".

Avstand mellom rygg og sitteknuter

Sitteknutene og området rundt er identifisert som det primære området som overfører styrebevegelsene fra utøveren, og det er tidligere slått fast at setekoblingen bør plasseres i dette området. Avstanden fra rygg/bakerste del av rumpe til sitteknutene, når utøveren sitter i kjelken, varierer. Den blir blant annet påvirket av størrelsen av muskulaturen i rumpen (setemuskelen). Utøvere som er lamme i bena vil over tid miste muskulatur ved

rumpen, og dermed vil avstanden bli kortere. Målinger som er gjort av testutøverne og deltakerne i prosjektet viste en avstand mellom 60-80 mm. På Ballistic, som har en godt fungerende setekobling, er avstanden fra seterygg (innvendig) til setekobling 70 mm. På bakgrunn av dette brukes en avstand på 70 mm for setekoblingen inntil videre.

Setekoblingen plasseres 70 mm fra seteryggen

Det ble foreslått å øke kontaktarealet mellom utøver og setebunn med en mer ergonomisk tilpasset setebunn (6.3.1). Denne avstanden er også da av interesse. Den må kunne passe alle avstander mellom 60-80 mm, stegvis eller kontinuerlig.

Bredde mellom sitteknutene

I tillegg til avstanden mellom rygg og sitteknuter er det interessant med bredden mellom sitteknutene dersom en skal utforme en mer ergonomisk setebunn. Som tidligere nevnt (6.3.1) varierer denne avstanden mellom 100-160 mm, og setebunnen må kunne passe alle bredder i dette intervallet, stegvis eller kontinuerlig.

Posisjonering av knestøtten

Ulik benlengde og sitteposisjon mellom utøverne gjør at knestøttens posisjon må kunne justeres i lengden og høyden. Dette vil bli utviklet i *Deloppgave 1 – Understell*.

Funksjonshemminger

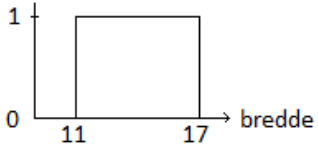

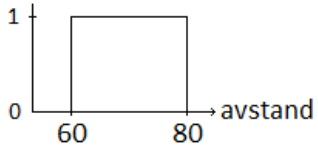
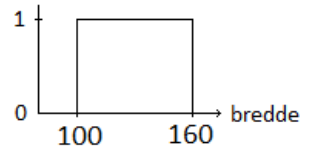
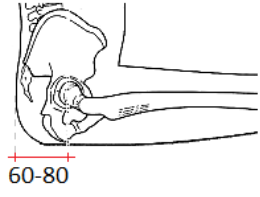
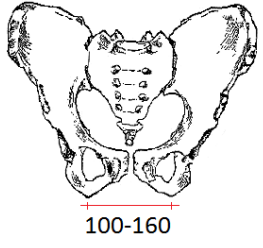
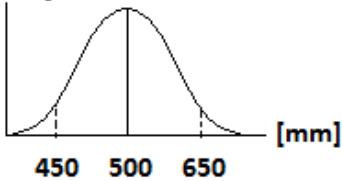
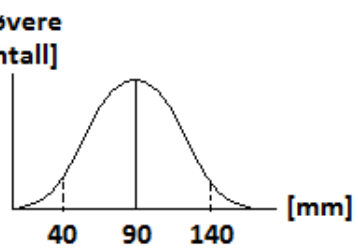
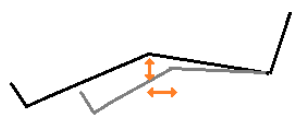
Vanlige funksjonshemminger blant utøverne er amputasjoner eller dysmeli, med manglende eller utviklede lemmer som kan gi usymmetri ved legg, lår og hofta. Dette kan gjøre at de trenger innlegg i setet for å sitte rett og/eller fast. Det kan være nødvendig å støtte opp under øvre lår i stedet for ved kne, og knestøtten må da kunne justeres tilstrekkelig eller setebunnen må støtte låret.

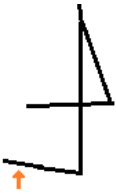
Kompatibelt med annet utstyr

Knebeskytterne som utøverne bruker dekker legger og knær, og strekker seg litt over knærne og inn på låret. Det brukes ulike varianter av knebeskyttere, med litt varierende bredde og utforming, noe som må tas hensyn til ved utformingen av spesielt knestøtten slik at det ikke skaper problemer.

Informasjonen presentert over ender direkte i brukerkrav og produktkrav. Disse presenteres på neste side og i slutten av kapittelet i *Utbrettark 2*.


Tabell 10 Brukerkrav og produktkrav knyttet til tilpasning

Tilpasning		
Brukerkrav	Produktkrav	Illustrasjon
Setene må tilbys i bredder som dekker alle utøvernes behov (STS, MV)	<p>Setebredde (innvendig): 11-17"</p> 	
Setebunnen må tilpasses slik at utøverne får god støtte og fastholding ved rumpe, uavhengig av anatomi og funksjonshemming (STS, MV, AH)	<p>Avstand rygg-sitteknuter: Varierer mellom 60-80 mm</p>  <p>Bredde sitteknuter: Varierer mellom 100-160 mm</p> 	 
Knestøtten må kunne posisjoneres riktig til hver enkelt utøver (STS, MV)	<p>Posisjon lengde: Mellom 450-650 mm fremfor setets nullpunkt, med justering på 50 (+/- 10) mm.</p> <p>Utøvere [antall]</p>  <p>Posisjon høyde: Mellom 40-140 mm høyere enn setets nullpunkt.</p> <p>Utøvere [antall]</p> 	

Utøvere med amputasjon over knærne må støttes ved lårene i stedet for ved knærne (STS, MV)		
Knebeskytterne som utøverne bruker må ikke komme i konflikt med knestøtten (STS, MV)	Knestøtten skal passe alle utøvere, uavhengig av bredden på knær eller knebeskyttere.	

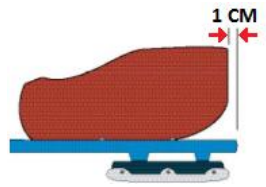
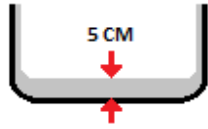
6.3.3 Sammenstøt

Det mest ekstreme tilfellet for setebunnen er dersom utøveren sklir sidelengs på siden og treffer vantet rundt isbanen, som ikke gir noe etter, med skøytestålene først. Dette er ikke noe som skjer regelmessig gjennom en kamp, men kan skje (STS). For knestøtten blir den største påkjenningen når andre utøvere kolliderer inn fra siden, og treffer utøveren med fronten av rammen i områdene ved knærne.

Brukerkrav	Produktkrav	
Setebunnen, setekoblingen og knestøtten må tole sammenstøt	Testes ved bruk i kampsituasjon på landslagsnivå av 3 utøvere . Skal tåle 5 kamper uten at setebunnen, setekoblingen eller knestøtten har fått skader som gjør at de ikke lenger oppfyller sin funksjon.	

6.3.4 Regler


Tabell 11 – Aktuelle regler for setebunnen og knestøtten

Regler	Produktkrav	Illustrasjon
Setet kan lages av <u>hvilket som helst egnet materiale</u> . (R)		
Setet skal ikke ha <u>skarpe kanter</u> . (R)	Kjelken må bli godkjent i juriens kontroll før kamp	
<u>Maks 1 cm</u> av rammen kan stikke ut bak setet. (R)	<u>Maks 1 cm</u> av rammen kan stikke ut bak setet	
Polstringen inne i setet må <u>ikke overstige 5 cm</u> . (R)	Polstringen inne i setet må <u>ikke overstige 5 cm</u>	

6.3.5 Øvrige behov: Komfort

Komforten i setet må være god nok til at utøverne kan bruke kjelken gjennom en hel kamp, og minimum en periode á 15 minutter av gangen, uten at det går ut over prestasjonsevnen ved at det gir stort ubehag, eller at utøverne får varige mén. Dette er toppidrett, med prestasjon i fokus, og da er det viktig at komfort ikke går på bekostning av yteevnen.

Utøvere som har vært lamme i bena i flere år har mistet muskulaturen ved rumpe og lår. De har problemer med å sitte på et hardt underlag fordi det raskt kan gi trykk og gnissesår mellom sitteknutene og huden, noe som kan holde dem borte fra trening i uker og måneder. På grunn av lammelsene kjenner de heller ikke at skaden oppstår, og de må derfor være sikker på at dette ikke kan bli et problem. De har derfor hittil vært avhengig av god polstring i setebunnen, og det er viktig at skruene som fester setet til understellet ikke har skarpe kanter og stikker for langt opp fra setebunnen.

Brukerkrav	Produktkrav	
<p>Komfort</p> <p>Komforten må være god nok til at den ikke går ut over prestasjonsevnen, ved at det oppstår ubehag under bruk eller de får varige mén (<i>STS, MV</i>)</p>	<p>Utøverne skal klare å bruke kjelken minst en periode <u>å 15 minutter</u> uten at det går ut over prestasjonsevnen, de får skader ved rumpe, lår og knær (gnagsår, muskelskader) eller spasmer eller stoppet blodtilførsel.</p> <p>Det skal ikke stikke skarpe eller harde kanter og flater opp fra setebunnen som er i kontakt med rumpen til utøveren.</p>	

6.3.6 Øvrige behov: Produksjon, montasje og vedlikehold

Generelle krav for produksjon og montasje og reparasjoner ble omtalt i felles bruksanalyse (kapittel 2.5.3). Kravene som gjelder setebunnen og knestøtten er tatt med i oversikten på neste side og gjort om til produktkrav.

Få varianter og ulike deler reduserer delelager hos produsent og materialansvarlig. For materialansvarlige er utgifter til frakt av delelageret i dag en betydelig utgift ved flyreiser til samlinger og turneringer på grunn av høy vekt og stort volum.

Montasje skal kunne utføres av HandiNor og deres ansatte. Utskiftning av ødelagte seter skal kunne utføres av materialansvarlig på landslaget, både under samlinger og turneringer. For å spare tid og verktøylager er det ønskelig med få verktøy. Der det er mulig ønskes det å kunne bruke en drill til å skru.

Det kan bli nødvendig å skifte ut deler på kjelken under en kamp. Det settes derfor som krav at utskiftning av sete eller knestøtten ikke skal ta mer en 15 minutter. Dette kravet er usikkert og kan bli justert i ettertid.

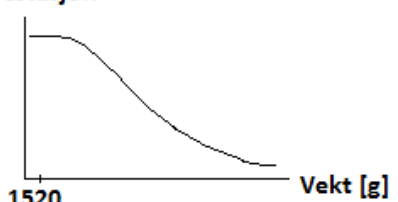
Som nevnt i felles bruksanalyse er det et ønske at kjelken skal kunne produseres av HandiNor eller deres underleverandører. Samlet har de følgende produksjonsmetoder tilgjengelig:

1. Manuell sveising, boring, kutting, bøying og fresing
2. Vannskjæring
3. CNC-fresing
4. Bygging i kompositt av glassfiber eller karbon m/kjerne

Brukerkrav	Produktkrav
Produksjon som er lønnsom økonomisk i forhold til produksjonsvolum og som kan utføres av HandiNor eller deres underleverandører (EEW)	Produksjonsmetoder: 5. Manuell sveising, boring, kutting, bøyning og fresing 6. Vannskjæring 7. CNC-fresing 8. Bygging i kompositt av glassfiber eller karbon m/kjerne Montasje: 1. Skruer eller standard deler Tid for montering av komplett sete eller knestøtte: 15 minutter
Få ulike deler og få varianter av delene (AS, EEW)	Maksimalt antall varianter av deler: 7

6.3.7 Øvrige behov: Vekt

Som tidligere nevnt ser utøverne på vekt som en viktig egenskap. Det tas utgangspunkt i Ballistic-setet (1520 gram) og settes som krav at det nye setet ikke skal være tyngre. Til sammenligning veier Proff-setet 1970 gram.

Brukerkrav	Produktkrav
Lav vekt er ønskelig når det ikke går på bekostning av stivhet og respons (STS)	Vekt på sete: Under 1520 gram Prestasjon 



6.3.8 Øvrige behov: Design

Brukerkrav	Produktkrav
Tøft, helhetlig design, som gir inntrykk av at utstyret er solid (Alle utøvere på Utbrettark 1)	

7 Konseptutvikling – Setebunn og knestøtte

I dette kapittelet skal kunnskapen som ble opparbeidet i kapitlene 1 – 6 utnyttes til å generere konsepter og løsninger. Konseptene og løsningene blir vurdert opp mot produktkravspesifikasjonen (*Utbrettark 2*) og rammebetingelsene (*RB*) fra kapittel 1.8. De mest lovende løsningene blir tatt med videre i prosessen. I kapittel 0 skal de mest aktuelle løsningene detaljeres før det velges en endelig løsning til prototyping. Gjennom hele prosessen vektlegges det å begrunne valgene.

Gjennom rapporten vil det bli brukt ulike flagg med forskjellige betydninger:

	<u>Gult flagg</u> : Mer arbeid behøves. Disse flaggene vil bli oppsummert i kapittel 11, <i>videre arbeid</i> .
	<u>Målflagg</u> : En avgjørelse blir tatt
Det viktigste	<u>Gul skriftbakgrunn</u> : Ved evaluering vil de viktigste og avgjørende argumentene merkes med gul bakgrunn


Av produktkravspesifikasjonen (heretter kalt PKS) ser en at setebunnen og knestøtten utfører ulike oppgaver. På bakgrunn av dette deles oppgaven opp i to områder som utviklers hver for seg: Setebunn i kapittel 7.1 og knestøtten i kapittel 7.2.

7.1 Setebunn, med setekobling

7.1.1 Hva skal setebunnen og setekoblingen utføre

I tabellen under (Tabell 12) presenteres delfunksjonene som setebunnen og setekoblingen skal utføre. D.4-D.5 skal absorbere styrebevegelsene til utøveren, og D.1-D.2 skal bidra til at disse blir overført til understellet (kritiske funksjoner, merket med gult i tabellen under). I tillegg er det nødvendig å knytte setebunnen sammen med resten av setet for å få en helhetlig seteløsning (D.3). Delfunksjonene er knyttet til PKS, de aktuelle kravene er gitt i parentes bak delfunksjonene:

Tabell 12 Oversikt over funksjonene setebunnen og setekoblingen skal utføre

Område	Hovedfunksjon	Delfunksjon
Setebunn og setekobling 	Overføre krefter fra utøvers rumpe til understell	D.1: Ta opp trykkrefter fra utøveren, normalt på setebunnen (PK 1.1, 1.4)
		D.2: Setekobling - Overføre kreftene til understellet (PK 1.2, 1.3)
		D.3: Integrering med resten av setet og (Deloppgave 3 – Utformingen av setet)
	Fastholding av utøver	D.4: Hindre at utøvers rumpe sklir fremover (PK 1.6)
		D.5: Hindre rotasjon av rumpen sideveis, om x-aksen (PK 1.7)

7.1.2 Idégenerering

Ballistic-setet fra Unique er det beste av dagens hockeyseter og tilfredsstillende kravene til setebunnen bra. Setet er et greit utgangspunkt for å utvikle et nytt og bedre sete, men siden det har noen mangler ble det søkt etter andre ideer og løsninger som tilfredsstillende delfunksjonene bedre, og som eventuelt kan integreres med setet. Siden Ballistic-setet er det beste innen kjelkehockey ble det søkt etter løsninger i andre idretter med lignende bevegelsesmønstre eller andre likhetstrekk. Under presenteres to konsepter som ga gode resultater: *minimalistisk sete* og *maksimal stivhet*.

7.1.2.1 Minimalistisk sete – ro-setet

Det ble tidligere i rapporten kartlagt at hovedandelen av kreftene overføres fra utøveren til setebunnen under rumpen til utøveren. En ide var å begynne med et minimalistisk sete, og bygge på med elementer etter hvert for å se hvilke som er nødvendige, og eventuelt avdekke nye løsninger og elementer for setebunnen.

Det var ønskelig å få laget et slik minimalistisk sete og teste det på is. Det ble derfor sett etter eksisterende løsninger som kunne brukes, direkte eller som inspirasjon. Setene i konkurranse robåter er minimalistiske og støtter kun under rumpen, lik den løsningen det ble sett etter. I roing må utøveren opprettholde balansen i en smal og ustødig båt, på samme måte som kjelkehockeyspillerne skal opprettholde balansen på smale skøytestål. Ro-setene har også hull til sitteknutene (heretter kalt *sittehull*), for økt kontroll og for å hindre at en sklir av setet. Dette er en løsning som kan brukes i hockeysetene for å hindre at utøveren sklir fremover i setet.



Figur 33 – Konkurranseroing



Figur 34 – Konkurransero-sete

Et konkurransero-sete ble lånt (av NTNUI Roing) og brukt som utgangspunkt til å lage en versjon av setet (heretter kalt *ro-setet*) som testes på en kjelke på is. Det ble laget et forenklet sete av relativt tykk kryssfiner og skrudd på Proff-kjelken. Stropper ble brukt til fastspenning og til å gi støtte i ryggen. *Ro-setet* ble testet på is (av prosjektdeltaker Seim) med oppsiktsvekkende resultater. Det minimale, men stive setet, ga veldig god kontroll ved svinging og god følelse med underlaget, merkbart bedre enn Proff-setet. Hullene til sitteknutene hindret effektivt at en skled fremover eller roterte sideveis. Mangelen av sidestøtte var ikke tydelig merkbar. Knestøtten støttet knærne og holdt knærne og lårene godt fast. Testpersonen følte han satt godt fast til kjelken og at kjelken responderte godt til svingebevegelsene.



Figur 35 – Testoppsettet ved testing av *ro-setet* på is

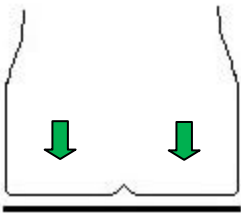
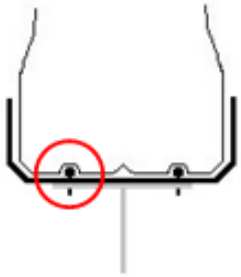

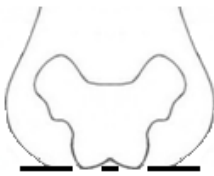

Testen over avslørte at hull til sitteknutene er en effektiv måte å hindre bevegelse av rumpen sideveis og fremover i forhold til setet. Sitteknutene har en oval form, men nederste del er litt spissere. Når en sitter så presser de mot underlaget, se Figur 36 under. Ved å lage to hull i underlaget som sitteknutene stikkes ned i "låses" utøveren mot bevegelse (i x- og y-retning).



Figur 36 Sitteknutene presser mot underlaget når man sitter (Foto: Specialized)

I tabellen under evalueres *ro-setet* opp mot del funksjonene setebunnen skal utføre (Tabell 12)

Tabell 13 Evaluering av *ro-setet* opp mot de funksjonene setebunnen skal utføre

Delfunksjon	Illustrasjon	Evaluering
D.1: Ta opp krefter fra utøveren		Løsningen kan brukes direkte
D.2: Setekobling – overføre kreftene til understellet		Det kan brukes skruer med <u>avrundede skruenhoder</u> for å unngå at skruene presser mot utøvers rumpe og skaper ubehag. Løsningen kan brukes
D.3: Integrering med øvre del av setet		Det er ingen direkte løsning. Funksjonen mangler
D.4: Hindre at utøvers rumpe sklir fremover		Funksjonen kan brukes, men må optimaleres (tilpasning, komfort)
D.5: Hindre rotasjon av rumpen sideveis		

Som det kommer frem av oversikten over tilfredsstillende *ro-setet* direkte de fleste funksjonene som setebunnen skal utføre, men trenger raffinering. Det som er usikkert er integreringen med øverste delen av setet. Mulige løsninger kan være å integrere det med Ballistic-setet, ved å integrere det i setebunnen eller som en plate som festes til setebunnen.

7.1.2.2 Maksimal stivhet – sitski-sete

Et annet spennende konsept får en ved å fokusere på maksimal stivhet, og da er setene som brukes i sitski-alpint en god løsning. Sitski-alpint minner om vanlig alpint skikjøring, med stor fart og krappe svinger. Utøverne sitter i en tilpasset kjelke med alpinski under, og har en bakoverlent sittestilling for å kompensere for den bratte helningen på skiløypen. Setet skal overføre styrebevegelsene fra utøver via understellet ned til skien. Utstyret må også tåle fall i stor fart. Setet er svært stivt, og blir laget av en kompositt av glassfiber og karbon. Formen på hoveddelen av setet (sett bort fra ryggstøtten) minner mye om Ballistic-setet, og sitski-setet kan sees på som en stivere versjon av Ballistic-setet. Setet festes til understellet med en bred skruekobling. Til kjelkehockey kan det tas mye inspirasjon fra dette setet som en helhetlig seteløsning, både med tanke på utforming og materialbruk.

Sitski-setet er en stivere versjon av Ballistic-setet

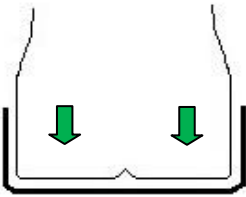
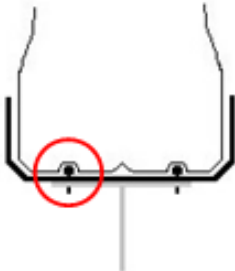




Figur 37 – Sitski-kjelke til alpint, med et svært stivt sete av glassfiber og karbon

I tabellen under evalueres sitski-setet opp mot del funksjonene setebunnen skal utføre

Tabell 12):

Tabell 14 Evaluering av sitski-setet opp mot funksjonene setebunnen skal utføre

Delfunksjon	Illustrasjon	Evaluering
D.1: Ta opp krefter fra utøveren		Løsningen kan brukes direkte
D.2: Setekobling – overføre kreftene til understellet		Det kan brukes skruer med <u>avrundede skruenhoder</u> for å unngå at skruene presser mot utøvers rumpe og skaper ubehag. Løsningen kan brukes
D.3: Integrering med øvre del av setet		Sitski-setet er et komplett sete, med setebunn og øvre del av setet i en del. Løsningen kan brukes direkte
D.4: Hindre at utøvers rumpe sklir fremover		Funksjonen mangler
D.5: Hindre rotasjon av rumpen sideveis		

Som en ser i oversikten over har sitski-setet de kritiske funksjonene på plass, og i tillegg til løsningen som manglet for *ro-setet*. Men det mangler løsninger for å hindre utøveren å skli på setet. Et alternativ er å bruke løsningen med sitteknutene fra *ro-setet*.



7.1.3 Aktuelle løsninger for setebunnen

På bakgrunn av tidligere informasjon og arbeidet med de to konseptene over ble det i samråd med *Deloppgave 3 – Utforming av setet* kommet frem til to gode løsninger som tilfredsstilte både kravene til setebunnen og til seteskallet (øvre del av setet), for å sørge for en helhetlig seteløsning. I tillegg ble det konferert med *Deloppgave 1 – Understell* og *Deloppgave 4 – Fastspenning* for å sørge for at løsningen også ville fungere for understellet og fastspenningen. Det ble valgt et tradisjonelt seteskall, hovedsaklig siden det tilfredsstilte kravet til beskyttelse og de øvrige kravene til setet, og det er i tillegg et velprøvd design.

Den første løsningen er et sete i kompositt av glassfiber og/eller karbon, og er en optimalisering av sitski-setet presentert over. Den andre er et sete i plast, en videreutvikling av Ballistic-setet, med økt stivhet i setebunnen. Begge løsningene tar med seg løsningen for fastholding av utøveren fra *ro-setet*, med hull til sitteknutene, gjennom en *sitteplate* som integreres i setebunnen eller festes til setebunnen.

I tabellen på neste side (Tabell 15) evalueres de to helhetlige løsningene i forhold til PKS og delfunksjonene som skal utføres:

Tabell 15 Presentasjon og evaluering av mulige løsninger for setebunnen

Løsning	Illustrasjon	Evaluering
<p>Komposittsete m/sitteplate:</p> <p>Maks stivhet og respons – topp funksjon</p>		<p>+ Svært god kraftoverføring og respons (PK 1.1,1.2, 1.4)</p> <p>+ Utøverne sklir ikke fremover eller roterer inne i setet (PK 1.6, 1.7)</p> <p>+ Lav vekt (PK 7.1)</p> <p>+ Tøft design (PK 8.1)</p> <p>- Usikker utviklingstid (RB)</p> <p>- Usikker leveringstid (RB)</p> <p>- Usikker holdbarhet ved sammenstøt (PK 3.1)</p>
<p>Plastsete m/sitteplate:</p> <p>Rask løsning og fungerende løsning</p>		<p>+ Bra kraftoverføring/respons (bedre enn dagens seter), men dårligere enn komposittsetet (PK 1.1,1.2, 1.4)</p> <p>+ Utøverne sklir ikke fremover eller roterer inne i setet (PK 1.6, 1.7)</p> <p>+ Kort utviklingstid (RB)</p> <p>+ Kort produksjonstid, bruker eksisterende produsent for Proff-setet (RB)</p> <p>- Høy vekt (avstiving av setebunnen vil trolig føre til høyere vekt enn Ballistic-setet)</p>

Ved integrering av sitteplaten i setebunnen vil en ikke ha justeringsmulighet, setene må derfor lages i ulike varianter (PK 6.2). Siden løsningen med sitteplaten er begrenset testet på utøverne ansees det sannsynlig at sitteplaten må oppdateres underveis i tilpasningsprosessen gjennom høsten 2013, og da er det en fordel med løs sitteplate (PK 2.2).

I forhold til å erstatte ødelagte seter er det en fordel med færrest mulig varianter. Da er det en fordel med løs sitteplate som kan tilpasses alle utøverne, slik at det kun er setebredden som varierer (6.2).

Fordelen med integrert sitteplate er litt lavere vekt og færre deler (PK 6.2, 7.1).

Begge løsningene (integrert eller "løs" sitteplate) antas å gi god nok fastholding av utøveren, som er funksjonen til sitteplaten (PK 1.6, 1.7).

Fordelene ansees som små i forhold til ulempene med integrert sete, og derfor velges det å bruke en løs sitteplate som festes til setebunnen.



Komposittsetet har det største potensialet med tanke på kraftoverføring og respons (PK 1.1, 1.2) og antas å ha størst potensial for optimalisering av vekt (PK 7.1). Det er usikkerhet knyttet til holdbarhet ved sammenstøt (PK 3.1), men i denne sammenheng er det respons som er det viktigste. Det er noe usikkerhet i forhold til utviklingstid og leveringstid (RB), siden det må utvikles et produksjonsapparat. Det kan tas mye inspirasjon fra sitski-setet med tanke på form og material for å spare tid, og utviklingen kan gjøres over flere steg og underveis i tilvenningsperioden. På den måten kan en likevel ha en klar treningskjelke til september (RB), og utvikle og forbedre setet kontinuerlig ut over høsten.

Plastseter er den dominerende løsningen i markedet i dag, og er utprøvd med tanke på holdbarhet (PK 3.1). Plastsetet vil få en stivere setebunn enn dagens plastseter og dermed forbedret respons, men plastsetet vil få lavere stivhet enn komposittsetet (PK 1.1, 1.2). Vekten vil trolig øke noe i forhold til det beste plastsetet i dag, Ballistic, på grunn av at stivheten i setebunnen skal økes (PK 7.1). Produsent og produksjonsmåte til Proff-setet (vakuumentrekking) kan også brukes til plastsetet. Formen som brukes i produksjonen må oppdateres, den kan freses ut med CNC-fres ved NTNU eller en av HandiNors underleverandører (PK 6.1). Totalt sett gjør dette plastsetet til en forutsigbar løsning med tanke på levering og pris, (produksjonskostnadene vil bli tilsvarende som Proff), og gjør at en med god sikkerhet kan anta at plastsetet blir klart til september (RB).







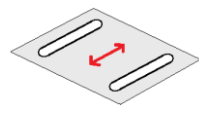
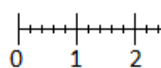

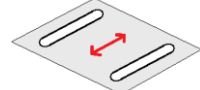
Det velges å jobbe videre med både plast- og komposittsetet. Plastsetet ansees å være en tilfredsstillende og sikker løsning med tanke på ferdigstilling i september. Komposittsetet ansees å være en mer optimal løsning med tanke på stivhet og respons, men mer usikker i forhold til ferdigstilling innen september. Ved å velge begge løsningene inntil videre er en sikret et tilfredsstillende resultat uansett.



7.1.4 Sitteplatekobling – fester sitteplaten til setebunnen


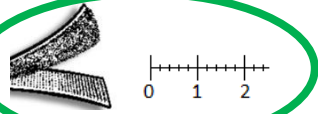
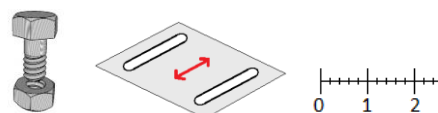

Det ble bestemt å ha en løs sitteplate inne i setet og ikke å integrere den i setebunnen (kapittel 7.1.3). Det må derfor utvikles en kobling av sitteplaten til setebunnen (heretter kalt sitteplatekoblingen). I morfologitabellen under presenteres delfunksjonene til sitteplatekoblingen med tilhørende mulige prinsippløsninger. Prinsippløsningene settes sammen til fullstendige prinsippstrukturer, og de mest lovende blir tatt med videre i prosessen.

Tabell 16 Delfunksjoner og prinsipløsninger for sitteplatekoblingen

Delfunksjon	Prinsipløsninger			
Låse i x-, y- og z-retning	Skruer 	Borrelås 	Riller 	
Justere posisjon	Flere skruehull 	Borrelås 	Riller 	Spor 
Orientere platen	Merking 	Spor/riller 	Riller 	

Fra morfologitabellen over ble det satt sammen flere prinsippstrukturer på bakgrunn av hva som passet godt sammen og tilfredstilte PKS og delfunksjonene som skulle utføres. De mest lovende, helhetlige prinsippstrukturene presenteres i tabellen under:

Tabell 17 De mest lovende prinsippstrukturene for sitteplatekoblingen

	Riller holder fast sitteplaten i planet, borrelås holder fast sitteplaten oppover. Justering med borrelås, merking angir plassering.
	Borrelås holder fast sitteplaten. Justering med borrelås, merking angir plassering.
	Skrue holder fast sitteplaten. Trinnløs justering i av platen med spor. Merking angir plassering.
	Skrue holder fast platen. Flere sett med skruehull for justering, ikke trinnløs. Merking angir plassering.

Borrelås gjør det enkelt og raskt å justere posisjonen av sitteplaten. Det var litt usikkert om borrelås ville holde sitteplaten fast med tilstrekkelig kraft (PK 1.6, 1.7) og om koblingen ble

”fast og stiv nok”, men en istest med sitteplaten i Ballistic-setet viste at løsningen fungerte bra. Borrelås er standard utstyr og er enkelt å montere (PK 6.1) og har lav vekt (7.1).

Borrelås kan kombineres med riller i den mest påkjente retningen, x-retning, for en sterkere kobling. Denne løsningen har de samme fordelene som over, men vil trolig være mer tidkrevende siden rillene må inkluderes i både sitteplaten og setebunnen under produksjon.

Rillene kan også brukes til å motvirke bevegelse i både x- og y-retning (PK 1.6, 1.7), som gjør at det holdes igjen for større krefter enn i løsningen over. Ulempen er at det stiller høyere krav til presisjon i produksjonen, da rillene i sitteplaten og setebunnen skal treffe riktig begge steder. Siden det skal holdes igjen for relativt små krefter i y-retning, anses ulempen med denne løsningen større enn fordelene.

Skruekobling vil holde best i mot bevegelse (PK 1.6, 1.7). Både spor og flere sett med hull er skissert som justeringsløsninger. De krever begge mer av produksjonen (presisjon, tid, operasjoner) enn borrelås. En løsning kan være å bruke borrelås som midlertidig kobling i starten til posisjonene er funnet, for så å borre hull til skruerkobling som permanent løsning etter det. Skruene kan likevel fjernes i ettertid om det skulle bli behov for justering.

Det vil brukes merking av sitteplaten og setebunnen som angir posisjonen til sitteplaten, gjennom avstand fra senter av sittehullene i sitteplaten til seteryggen. Avstanden fra utøvers rygg til sitteknutene kan måles på forhånd for gjøre det enklere å få riktig plassering av sitteplaten i setet (se kapittel 8.1.1 for målemetode).



Til bygging av funksjonsmodeller stod borrelås frem som en rask og god løsning. Testene viste at sitteplaten ble holdt godt fast, og det var enkelt å justere posisjonen til platen. Derfor velges denne som foreløpig løsning videre. Viser det seg å være nødvendig med en stivere kobling vil sitteplaten skrues fast etter riktig plassering i setet er oppnådd.

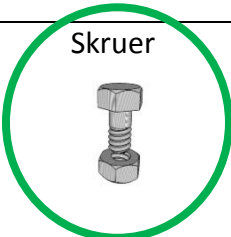
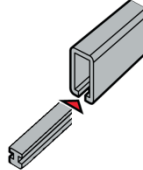

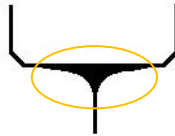
7.1.5 Setekobling

Som nevnt i starten av kapittelet (7.1.1) skal setekoblingen feste setet til understellet og overføre svingbevegelesene til utøveren som setet har fanget opp. Setekoblingen kunne også posisjonert setet, med den funksjonen ble lagt til understellet (*Deloppgave 1*).

Problemet med dagens setekobling er et resultat av kombinasjonen myk setebunn og smal setekobling, som resulterer i utbøying mellom setet og understellet. I Forprosjekt 2012 ble det vist at en bredere plassert kobling ville eliminere mye av problemet. Ved testing av ro-setet tidligere i prosjektet ble det brukt en svært stiv setebunn på Proff-kjelken, men med den samme smale koblingen som tidligere. Likevel var det positive resultat med tanke på respons, noe som indikerer at en svært stiv setebunn eliminerer mye av problemene med setekoblingen.

Skruer er det mest brukte prinsippet for koblinger generelt, også for setekoblingen i kjelkehockey og sitski-alpint. Selv om en svært stiv setebunn vil eliminere mye av problemet med dagens setekoblinger, ble det valgt å søke etter andre prinsipper og kombinasjoner for å se om det raskt ble avdekket noen gode nye løsninger. I tabellen under vises fire mulige prinsipløsninger:

Tabell 18 Prinsipløsninger for setekoblingen

Funksjon	Prinsipløsninger			
Låse i x-, y- og z-retning	 Skruer	 Skinner	 Riller	 Integrert

Det viktigste er at koblingen overfører kreftene godt i z-retning uten noe fleksibilitet, siden fleksibilitet vil påvirke svingresponsen negativt (*PK 1.2*).

Skruer er den klart mest utbredte koblingsmetoden generelt. Dette trolig fordi den er enkel å montere og demontere og justere (med flere skruehull eller spor), har god kraftoverføring, og er en standard som det er enkelt og rimelig å få tak i (*PK 6.1*), og har relativt lav vekt (*PK 7.1*). Det er allerede valgt å bruke en svært stiv setebunn (kapittel 7.1.3) og da vil en skuekobling fungere godt.

Skinner og riller er andre utbredte koblingsmetoder, og de kan begge kombineres med skruer for å låse posisjonen. Dersom kreftene hadde blitt overført fra utøveren til setet over et større område kunne skinner vært et godt koblingsprinsipp, men siden kreftene som tidligere nevnt hovedsakelig overføres i bakre del av setet vil skruetekoblingen overføre kreftene tilstrekkelig.

En integrert løsning for setet og understellet, gjerne av en kompositt av glassfiber eller karbon, er en ny og spennende løsning som vil ha svært god kraftoverføring (PK 1.1, 1.2). I tillegg vil den gi helhetlig design (PK 8.1) og har et potensial for lav vekt (PK 7.1). Utfordringen er mangel på justeringsmuligheter (PK 2.2) og at hele delen må skiftes ut om deler av den blir ødelagt, noe som gjør at understellet/setet må lages i flere varianter og delelageret vil øke (PK 6.2).

Skruer skiller seg ut som det beste prinsippet totalt sett, med god kraftoverføring med stiv setebunn (PK 1.1, 1.2). Skruer er standard deler og er enkelt å få tak i og enkelt å montere (PK 6.1) og det er en utprøvd og forutsigbar løsning (RB). I tillegg vil det bli brukt skruer andre steder på kjelken, og det kan tilstrebes å bruke like eller lignende skruer for å få færre ulike deler og behov for færre ulike verktøy (PK 6.1). Derfor vil det bli brukt skruer som prinsipp for setekoblingen.




7.2 Knestøtte

I Forprosjekt 2012 ble det slått fast at det var viktig å støtte og holde fast bena ved knærne, da denne fastholdingen reduserte bevegelsen mellom utøveren og kjelken og resulterte i forbedret respons. I denne deloppgaven er det øverste delen av knestøtten som skal utvikles, den delen som er i direkte kontakt med utøveren (heretter kalt knestøtten). Strukturen under knestøtten utvikles i *Deloppgave 1 – Understell*, og fastspenningen, som skal presse knærne ned mot knestøtten, utvikles i *Deloppgave 4 – Fastspenning*.

I tabellen under presenteres funksjonene knestøtten skal utføre:

Tabell 19 Oversikt over funksjonene knestøtten skal utføre

Område	Hovedfunksjon	Delfunksjoner
Knestøtte 	Fastholding av utøver	D.6: Hindre nedbøying av knær og lår (PK 1.8)
		D.8: Hindre sideveis bevegelse av knær og lår (PK 1.8)
		D.9: Feste fremre setebunn til understellet eller setet (PK 1.8)

Knestøtten skal bidra til å holde bena fast til kjelken ved å hindre vertikal og sideveis bevegelse av knærne. Dette bidrar til at svingebevegelsene blir tatt opp av kjelken, og gjør at utøverne kan utføre kjappere svinger og får økt kontroll. Isesting med og uten knestøtte på STS og MV bekreftet at knestøtten er en kritisk del. Mangelen av knestøtte ga merkbart redusert kontroll og respons ved svinging. For lamme utøvere blir problemet forsterket fordi de ikke har muligheten til å spenne muskulaturen for å motvirke bevegelse av knær og lår.

Ved raske svingbevegelser blir knærne kastet fra side til side, noe som motvirker den ønskede svingbevegelsen og reduserer responsen. Som nevnt i PK 1.8 gjelder knestøtten utøvere med ett eller to ben eller amputasjoner nedenfor knærne, da de med dobbel amputasjon over knærne trolig vil få nok støtte av setet (STS, MV, AH).

Knestøtten som STS og MV bruker i dag er utviklet av STS på eget initiativ og tatt i bruk av MV i ettertid. Bildet under (Figur 38) viser en tilsvarende modell, som ble laget til en testkjelke i Forprosjekt 2012. Det er et stålrør på toppen av knestøtten, som er polstret for økt komfort. Størrelsen på den reelle overflate om er i kontakt med undersiden av utøvers lår er omtrent 230x15 mm.



Figur 38 Knestøtte på testkjelke i Forprosjekt 2012, tilsvarende den STS og MV bruker

Den eksisterende knestøtten fungerer bra, men har forbedringspotensial. Den hindrer vertikal bevegelse, men tillater noe sideveis bevegelse av knærne. I tillegg presser knestøtten inn i lårene, noe som reduserer blodtilførselen og gir ubehag over tid. Problemet har ikke blitt avdekket tidligere siden STS og MV, som er de eneste utøverne som har brukt knestøtte tidligere, begge er lamme i bena. Problemet ble avdekket av prosjektdeltakerne (Seim og Kjærnli) ved istesting. Problemene som skal løses er dermed:




Den eksisterende knestøtten støtter ikke sideveis, og har dårlig komfort

1. Hindre at knær/lår beveger seg sideveis
2. Hindre at knestøtten gir ubehag ved at den presser seg inn i lårene

Det vil nå bli presentert løsninger for de to problemene over, i samme rekkefølge, før det til slutt velges den løsningen som totalt sett er best.

I tabellen under (Tabell 20) presenteres tre alternativ som kan redusere sideveis bevegelse, og alle går på utformingen overflaten på knestøtten:

Tabell 20 Løsninger som kan redusere sideveis bevegelse av knærne

Hindre bevegelse av knær/lår sideveis	Vuggeformet 	Sidestøtter 	Midtstøtte 
---------------------------------------	--	--	--

En vuggeformet overflate vil kunne bidra til å redusere sideveis bevegelse av knærne, og er en enkel videreutvikling av dagens versjon. Men for å få dette til å fungere må de passe godt til den enkelte utøver og ha en tett passform. Variasjon i bredde på knær og knebeskyttere gjør at den må kunne justeres eller det trengs flere varianter (PK 2.5).

En fast støtte på hver side av knærne vil fjerne sideveis bevegelse. Men det er da viktig at den sitter godt inntil på sidene, som gjør at den må tilpasses den enkelte utøver, og det er nødvendig med justering eller ulike varianter for å passe alle (PK 2.5).

En støtte mellom knærne (heretter kalt *midtstøtte*) vil hindre det ene kneet i å bevege seg til siden. Fastspenningen sørger for å holde knærne sammen, og på denne måten vil det hindre begge bena i å bevege seg. Prinsippet vil fungere uavhengig av bredde av knær og knebeskyttere, og det kan dermed lages én størrelse som vil passe alle som har to ben eller amputasjoner nedenom knærne (PK 1.8, 2.5). For utøvere med et ben eller amputasjon over knærne vil midtstøtten kunne være i veien dersom de ønsker å sentrere benet (OBØ). En løsning er å ha en midtstøtte som kan plasseres i to posisjoner, en sentrert posisjon for utøvere med to ben og en usentrert posisjon for utøvere med et ben. På den måten trenger en kun én variant av midtstøtten, som kan tilpasses alle utøverne.

Det ble laget en funksjonsmodell med midtstøtte og testet i lab. Den motvirket effektivt sideveis bevegelse, og viste at midtstøtte er en god løsning.

Løsningen med midtstøtten velges fordi den hindrer godt sideveis bevegelse (D.8), og det kan lages én variant som kan tilpasses alle utøverne (ulike knebeskyttere) (PK 6.2, 2.5).



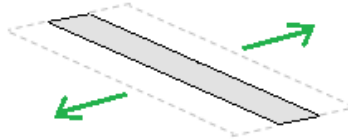
Det andre problemet som skulle løses var å hindre ubehag som oppstår når knestøtten presses inn i lårene. Under presenteres og diskuteres to prinsipløsninger som kan redusere problemet:

Tabell 21 Prinsipløsninger som reduserer ubehag som oppstår når knestøtten presser seg inn i lårene

Hindre at knestøtten gir ubehag ved at den presser seg inn i lårene	<p>Øke kontaktarealet</p>	<p>Plassering i forhold til blodårer og nervebaner</p>
---	---------------------------	--

(medicalrf.com, superstock.com)

Det første alternativet er å øke kontaktarealet mellom lårene og knestøtten, slik at kontaktrykket blir fordelt over et større område og dermed blir lavere. Ett alternativ er å forlenge utstrekningen av knestøtten (i lengderetningen), et annet er ha en mer ergonomisk tilpasset overflate tilpasset formen på lårene.



Figur 39 Øke kontaktarealet mot utøveren ved å forlenge overflaten knestøtten

Et annet alternativ er å hindre at knestøtten presser mot lårene i området der det er mye blodårer og nervebaner ved å endre plassering av knestøtten eller tilpasse overflaten av knestøtten. Det er usikkert hvor stor effekt en slik løsning vil gi.

Økt kontaktareal ved å forlenge knestøtten ga tydelig forbedret komfort ved testing, og en ble holdt bedre fast selv med lavere stramming av festestroppen. I motsetning til en ergonomisk tilpasset knestøtte vil den kunne passe alle utøvere. Løsningen ansees som lett å produsere og vil gi tilstrekkelig komfort (PK 5.1). Derfor velges økt kontaktareal ved å forlenge knestøtten som løsning på problemet med komfort.



8 Detaljering – Setebunn og knestøtte

I konseptfasen i kapittel 0 ble det valgt prinsipper og løsninger som tilfredsstilte produktkravspesifikasjonen (*Utbrettark 2*) og funksjonene som skulle utføres (Tabell 12 og Tabell 19). I dette kapitlet skal utformingen av delene bestemmes og detaljeres, før det til slutt utvikles en prototype. PKS brukes til evaluering av løsningene.

De delene som skal detaljeres i dette kapitlet er:

1. Sitteplaten
2. Sitteplatekoblingen
3. Setebunnen
4. Setekoblingen
5. Knestøtten

8.1 Sitteplate

Det ble bestemt å bruke en løs sitteplate som festes til setebunnen i kapittel 7.1.3. I dette kapitlet skal sitteplaten detaljeres.

Funksjonsmodellen av sitteplaten som ble laget for å teste konseptet fungerte bra, men den bør forbedres. Det som skal utføres er:

1. Bestemme diameter på hull til sitteknutene
2. Bestemme form på kanten av hullene
3. Bestemme dybde på hullene
4. Undersøkte hvor kritisk er det at sitteknutene passer akkurat midt i sittehullene?
5. Størrelse på sitteplaten
6. Bestemme form på overflaten som er i kontakt med kroppen

Testingen i denne prosessen med å bestemme de overnevnte punktene ble gjennomført av prosjektdeltakeren selv (Seim), da det ble sett på som tilstrekkelig for å teste ut løsningene på det tidspunktet i prosessen.

Det ble laget forenklete funksjonsmodeller i kryssfiner med ulik diameter på hullene (35, 45, 50, 55 mm) og montert i Ballistic-setet. Det ble gjennomført testing i testtriggeren og undersøkt hvilken diameter som hindret best mot å skli fremover og rotere sideveis inne i setet.



Figur 40 – Funksjonsmodell av sitteplaten i kryssfiner

Det viste seg at en diameter på 50 mm var den som ga best fastholding, en kom godt ned i hullene uten at det ble for mye "slark". (Det ble brukt en bukse av fleksibelt stoff, lik buksene utøverne bruker i kjelkene.) Dette er samme diameter som på konkurranse-ro-setet (Figur 34). Dermed vil det bli brukt en diameter på 50 mm på sittehullene inntil videre.



Funksjonsmodellen av *ro-setet* og spesielt funksjonsmodellene av sitteplaten var mindre komfortable å sitte på enn konkurranse-ro-setet (7.1.2.1 34). Funksjonsmodellene av sitteplaten var laget av tynne plater av kryssfiner, og det ble en kant ved sittehullene som presset mot kroppen og skapte ubehag over tid. Det ble derfor utforsket med ulik utforming av kantene på hullene, med både varierende avrunding av kantene og en mer oval form på grunn av sitteknutenes ovale form (Figur 36). Til dette ble det brukt hard skumplast (XPS). XPS er lett og raskt å forme, men likevel hardt nok til å fungere som "hardt materiale". Ved å bruke et hardt materiale kjenner en raskere om overflaten på sitteplaten har riktig form i forhold til sitteknutene. Bildet under viser noen av variantene som ble testet.



Figur 41 Bygging av funksjonsmodeller med ulik form på hullene til sitteknutene

En avrunding av kantene på *sitteshullene* med radius på 10 mm rundt hele hullet eller i frem- og bakkant, på grunn av sitteknutenes ovale form (Figur 36), ga god komfort samtidig som en

satt godt fast. Det var ingen merkbar forskjell mellom de to alternativene, og derfor velges den varianten som er enklest å produsere, som antas å være avrunding rundt hele hullet.



Sittehullene og sitteplaten må ha en tilstrekkelig dybde til at sitteknutene kommer skikkelig ned, uten å treffe setebunnen eller skruene til setekoblingen (skruene kommer midt i sittehullene (PK 1.3)). Skumplaten nevnt over, med riktig form og diameter på hullene, ble brukt til å finne ut hvor langt sitteknutene stikker ned i hullene. (Hvor langt sitteknutene stikker ned påvirkes av både hull diameter og avrunding av hullene.) Det ble målt at sitteknutene "stakk" 10 mm ned i hullene. Skruene til setekoblingen stikker ca 5 mm opp fra setebunnen, som gjør at sitteplaten må være minst 15 mm tykk for å gi 10 mm "fri" klaring til sitteknutene. I tillegg vil polstringen på sitteplaten bygge litt og gi 2-5 mm ekstra "klaring". På bakgrunn av dette velges det inntil videre å bruke en tykkelse på 15 mm på sitteplaten i området ved sitteknutene.



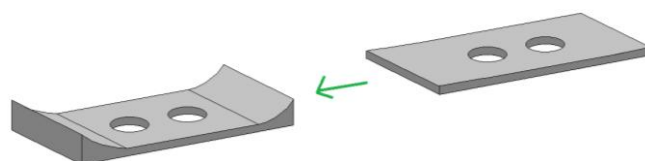
Det ble laget sitteplater med ulik bredde mellom sittehullene (senter - senter hull) som ble prøvesittet av prosjektdeltakerne for å finne ut hvor stor toleranse det er på bredden som kan brukes. Deltakerne hadde tidligere fått målt avstanden mellom sitteknutene, som varierte fra 105 mm (Seim) til 130 mm (Kjærnli). (Målemetoden presenteres senere i dette kapitlet, Figur 45). Det viste seg å være liten toleranse på bredden mellom sittehullene, og det er derfor nødvendig med små forskjeller mellom størrelsene. Det blir brukt en forskjell på 10 mm mellom størrelsene inntil videre.



Størrelsen på sitteplaten skulle også bestemmes. *Ro-setet* som ble testet tidligere var litt for lite, både i bredde og lengde, slik at rumpen gikk utenfor og presset mot kanten og skapte ubehag over tid. Gjennom flere iterasjoner ble det funnet en størrelse som både var stor nok til at rumpen ikke ble presset utenom sitteplaten og liten nok til at platen passet inne i setet (Ballistic-setet ble brukt til dette). Ved testing av prototypen av landslagsutøverne på Hønefoss var den ingen problem knyttet til størrelsen på sitteplaten eller utformingen, derfor brukes denne utformingen og størrelsen inntil videre (resultatet kan sees i Figur 43 og Figur 44 og under), men størrelsen på sitteplaten må oppdateres når endelig form på seteskallet er bestemt. I tillegg må det undersøkes om det skal brukes en fast bredde eller om bredden på sitteplaten skal tilpasses setebredden. Dette tas derfor med i videre arbeid.



Form på overflaten skulle også bestemmes. Konkurransero-setet hadde forhøyning på sidene som dannet en "vuggeform" (se Figur 42 under).



Figur 42 En vuggeformet sitteplate ga følelsen av bedre kontakt med underlaget og økt støtte

Ideen var at denne vuggeformen ga forbedret komfort, og det ble derfor laget en sitteplate med "vuggeform". Testing i rigg viste at denne "vuggeformen" ga en følelse av bedre kontakt med underlaget og økt sideveis støtte av rumpen, i tillegg til forbedret komfort på grunn av økt kontaktareal. Resultatet vises i Figur 44 under. Sitteplaten vil derfor videre ha en "vuggeformet" overflate.



Prototype

Med de viktigste dimensjonene bestemt for sitteplaten kunne det lages en prototype, med oppdatert form, funksjon, utseende og vekt. Det ble laget en 3D-modell av sitteplaten i CAD-programmet Siemens NX (heretter kalt NX) og, og modellen ble frest ut i kryssfiner med en CNC-fres. Under er bilder av prototypen:



Figur 43 Prototypen av sitteplaten, tilpasset Ballistic-setet, frest ut i kryssfiner med en CNC-fres

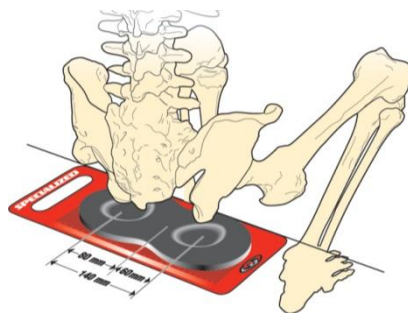


Figur 44 Prototypen av sitteplaten, tilpasser Ballistic-setet. Bildet viser profilen til platen – "vuggeform"

Det ble laget to versjoner av sitteplaten, en tilpasset Ballistic-setet og en tilpasset sitski-setet. I tillegg ble det laget flere bredder mellom sittehullene, tilpasset utøverne som skulle teste prototypen.

8.1.1 Tilpasning

Alle utøverne trenger en sitteplate tilpasset deres behov, med riktig bredde mellom *sittehullene* og riktig plassering i setet. Det viktigste er da å få kartlagt bredden mellom sitteknutene og avstanden fra ryggen til sitteknutene. Dette er spesielt viktig for lamme utøvere, siden de ikke vil kjenne om platen passer eller er plassert riktig. Det kan tas utgangspunkt i en "rumpemåler" – Ass-O-Meter – som sykkelprodusenten Specialized har laget for å hjelpe syklister til å velge riktig setebredde. "Rumpemåleren" er en skumplate som en sitter på, og etterpå måles avstanden mellom avtrykkene etter sitteknutene. Det kan enkelt inkluderes måling av avstanden fra ryggen til sitteknutene i samme operasjon, ved å gjøre testen med ryggen inntil veggen eller tilpasse måleutstyret.



Figur 45 Specialized sin "rumpemåler" måler avstanden mellom sitteknutene (Specialized Ass-O-Meter)

I følge produktkravspesifikasjonen varierer sitteknutene mellom 100-160 mm i bredde, og avstanden til ryggen mellom 60-80 mm. Det kan lages flere varianter med ulik bredde mellom sittehullene eller bredden mellom hullene kan være justerbar. Fordelen med en justerbar versjon er at den kan tilpasses alle og trengs dermed kun lages i en variant. Dette reduserer delerlager hos materialansvarlig på landslaget og hos produsenten (PK 6.2), og kan gjøre produksjonen enklere og rimeligere. Siden det fortsatt trengs mer testing av utøverne med fokus på selve utformingen av sitteplaten velges det å ikke bruke tid på å utvikle en justerbar sitteplate på dette tidspunkt (RB). Det velges derfor inntil videre å lage ulike varianter av sitteplaten med ulik bredde mellom sittehullene, og ikke ha en plate med justerbar avstand mellom sittehullene.



En justerbar sitteplate kan bli mer aktuell ved senere kommersialisering, både for å redusere lagerbehov (PK 6.2) og for å gjøre det enklere å tilpasse kjelken til hver enkelt utøver. Derfor vil utvikling av en justerbar sitteplate inkluderes i videre arbeid.



8.1.2 Material og produksjon

Produksjonsvolum av kjelkene er i første omgang 15 kjelker til landslagsutøverne, og mellom 50-400 kjelker årlig på lengre sikt (RB, kapittel 1.8).

Prototypen ble som nevnt frest ut i kryssfiner med CNC-fres (tidsbruk ca 10 min per plate), og enkel pussing med sandpapir ga en fin overflate. Prototypen fungerte bra med tanke på fastholding og komfort, men det er usikkert hvordan kryssfiner vil være i forhold til holdbarhet på lang sikt, siden det oppstår fuktighet i setet når spillerne svetter under bruk av kjelken. Platen kan lakeres for å forbedre holdbarheten mot fukt, men det ansees ikke som en varig løsning. Et alternativ kan være å bruke hardplast som ikke absorberer fuktighet, for eksempel PE-plast (polyeten). PE-plast vil kunne formes på samme måte som kryssfiner og vil tilfredsstille funksjonene bra (Tabell 19). Det trengs mer arbeid for å bestemme hvilken type PE som kan velges til sitteplaten.



En annen mulighet er å støpe i kompositt. Det vil gi bedre holdbarhet mot fukt, en penere overflate, lavere vekt og økt stivhet. Produksjonen vil være mer tidkrevende en CNC-fresing og materialet dyrere enn både kryssfiner og PE-plast. Løsningen vil trolig heller ikke gi bedre

fastholding av utøveren. Kompositt kan være et godt alternativ for optimalisering av vekt på et senere tidspunkt, men PE-plast ansees som en bedre løsning på fuktproblemet.

Et alternativ kan være å lage den første versjonen av sitteplaten i kryssfiner og skifte til en versjon i PE-plast senere. Dette vil kunne gi mer tid til valg av material.

Det velges å frese ut sitteplaten med CNC-fres til de 15 kjelkene som skal lages i landslaget i første omgang, siden det fungerte bra for prototypen. Fresingen vil bli utført ved NTNU sitt verksted siden det antas å være den rimeligste og raskeste løsningen med det gitte produksjonsvolumet (15 kjelker). Prototypen ble også laget ved NTNU. Ved senere produksjon med større produksjonsvolum kan HandiNors underleverandører utføre fresingen. Siden det trengs mer arbeid for å bestemme plasttype velges det å bruke kryssfiner til første versjon, for å sikre ferdigstilling innen fristen (RB), men den vil bli skiftet ut med en sitteplate i plast etter hvert som en varig løsning.

8.1.3 Evaluering av endelig løsning

Den valgte løsningen vil evalueres i forhold til PKS:

Respons: Sitteplaten hjelper til med å opprettholde posisjonen til utøveren i kjelken, slik at overkroppen har best mulig posisjon i forhold til fremdrift og puckhandling. En mer riktig posisjon vil gjøre at utøveren vil kunne reagere raskere enn med den gamle kjelken, og utøveren unngår å bli slått ut av posisjon ved kollisjoner.

Sittehullene gjør at polstringen i setet kan reduseres. Dette gir utøverne bedre kontakt med setebunnen, noe som gir forbedret overføring av svingebevegelser og forbedret følelse med underlaget, og resulterer i forbedret svingrespons og svingkontroll.

Tilpasning: Sitteplaten kommer i ulike varianter, med forskjellig bredde mellom sittehullene. Den kan posisjoneres i lengderetning (x-retning) etter utøvers ønske. Dermed vil alle utøverne få en sitteplate og posisjon av sitteplaten tilpasset deres behov.

Sitteplaten kan også bygges opp i ulike høyder, til de som har usymmetrisk hofte/lår. Dette er en enkel og rimelig måte å løse dette problemet, i stedet for å "skreddersy" hele seter.

Regler: Sitteplaten vil komme inn under definisjonen *polstring/oppbygging inne i setet* (PK 4.3) og kan ikke være tykkere enn 50 mm. Tykkelsen på sitteplaten vil være mellom 10-20 mm tykk. I tillegg vil det være 5-10 mm polstring, men samlet er dette innenfor regelkravet.

Øvrige krav:

- **Komfort:** Sittehullene bidrar til økt komfort (PK 5.1), gjennom at setebunnen er bedre tilpasset overflaten på rumpen. Det gir bedre blodgjennomstrømming og hindrer at rumpen og bena dovner bort.

- **Produksjon:** Sitteplaten freses ut med CNC-fres fra en 3D-modell. Det gjør det enkelt å lage ulike varianter (bredde mellom sittehullene) (PK 2.2), ved å endre 3D-modellen. Fresingen er automatisert og kan utføres av HandiNors underleverandører (PK 6.1).

Det er planlagt å lage en justerbar versjon på et senere tidspunkt (PK 2.2, 6.2), og arbeidet med den justerbare versjonen blir inkludert i *videre arbeid*.

8.2 Setebunn

8.2.1 Valg av løsning og prototype

I konseptfasen (kapittel 7.1.3) ble det valgt å gå videre med to løsninger for setebunnen, komposittsetet og plastsetet, siden det ikke var tilstrekkelig informasjon til å velge én av løsningene. Spørsmålene som var ubesvart var:

Plastsetet:

1. Hvordan kan setebunnen på plastsetet stives av?
2. Hvor mye stivere må plastsetet være før det ikke opptrer utbøying i riggtesting, og hvilken effekt får det på responsen?

Komposittsetet:

1. Hvor mye bedre er komposittsetet enn plastsetet i forhold til respons, på grunn av den økte stivheten i setebunnen?
2. Holdbarhet?

Det ble identifisert noe deformasjon av setebunnen til Ballistic ved bøyetesting i rigg med stor belastning, og det var ønskelig å finne ut om utbøyingen hadde en negativ effekt på responsen. Som løsning for å stive av setebunnen ble sitteplaten skrudd fast til setet og understellet. Testing i riggen viste at deformasjonen av setebunnen var eliminert, og testpersonen (Kjærnli) fortalte at den føltes betydelig stivere sideveis. Han kunne nå ikke kjenne at noe "ga etter" lengre, noe han hadde kjent tidligere ved stor belastning. På dette tidspunktet var det ikke lenger tilgang på is i Trondheim, så det var ikke mulig å få gjennomført en istest for å teste svingresponsen med den avstivede setebunnen. Men erfaringen vår fra testing av oppsett og kjelker tidligere gjorde at det ble antatt at den økte stivheten som ble avdekket i riggtesten ville forbedre responsen. Spørsmålet var i hvor stor grad responsen ville forbedres.

Siden avstiving av setebunnen på Ballistic-setet ga en positiv effekt på testingen av stivhet i rigg, var det enda mer aktuelt å få testet komposittsetet, siden setet og setebunnen ville være enda stivere. Det ble vurdert å bygge et komposittsete, men det ble vurdert for tidkrevende og utfallet for usikkert. Løsningen ble et sitski-sete levert av HandiNor. Det viste seg at seteformen på sitski-setet passet bedre enn forventet, og det trengtes kun mindre justeringer før setet kunne monteres på kjelken. Setet ble montert på en prototype av det nye understellet (understellet ble også brukt til testen av Ballistic-setet over) og testet i riggen. (Kjærnli ble fortsatt brukt som testperson). I riggtesten var det absolutt ingen deformasjon i setebunnen eller overgangen mellom setet og understellet. Oppsettet føltes svært stivt, merkbart stivere enn det avstivede Ballistic-setet.

På dette tidspunktet i prosjektet var det bestemt å gjennomføre testing av prototypen av kjelken i Schjongshallen, Hønefoss. Det ble valgt å skulle teste både komposittsetet og plastsetet. Sitski-setet ble valgt til testing av komposittsetet og Ballistic-setet til testing av plastsetet, og begge setene ble klargjort med sitteplater. Testingen av prototypen av kjelken

med sitski-setet ga svært gode resultater. Kjelken hadde svært god svingrespons, og responsen var rask og kontant. Morten Værnes, som var en av testutøverne, mente prototypen presterte klart bedre enn Ballistic og svært mye bedre enn Proff. (Ballistic og Proff ble brukt til sammenligning). Skøytestålene grov seg godt ned i isen ved svinging, i større grad enn tidligere. Det tyder på at kreftene blir overført bedre fra utøver til isen. Riggtesten viste ingen deformasjon av setebunnen eller utbøying i setekoblingen, en stor forbedring fra tidligere, så det antas at den stivere setebunnen er mye av årsaken til den kraftig forbedrede responsen av kjelken.

I testen ble det også brukt nye løsninger for fastspenning av utøveren og en støtte på innsiden av setet som holdt hoftepartiet godt fast til setet, noe som bidro til å holde utøveren svært godt fast til kjelken. Utøverne uttrykte at de satt svært godt fast til kjelken, betydelig bedre enn med Ballistic og Proff. Dette bidro også mye til de gode testresultatene.

(Ballistic-setet ble ikke testet på grunn av begrenset tid, testing av sitski-setet ble prioritert.)

Ut fra resultatene fra testingen av prototypen kan en konkludere med at en svært stiv setebunn er kritisk for god svingrespons. Komposittsetet ansees derfor å være den beste løsningen for setebunnen. I [deloppgave 3 – Utformingen av setet](#) ble komposittsetet valgt som endelig løsning for øverste delen av setet, og derfor blir komposittsetet valgt som endelig løsning for hele setet.



Det er ennå usikkert hvilken stivhet som er tilstrekkelig for maksimal svingrespons. Dette er noe som kan være nyttig ved optimalisering av vekt og stivhet, og vil bli tatt med i videre arbeid.



Ved videre salg av kjelken gjennom NAV vil ikke HandiNor kunne øke utsalgsprisen de neste to årene. I dag utgjør setet en betydelig del av de totale produksjonskostnadene til Proff. Det antas at komposittsetet blir dyrere å produsere enn Proff-setet i dag, men det er usikkert hvor mye dyrere det blir. En løsning kan være å tilby et avstivet plastsete som standard og komposittsetet som en mulig oppgradering. Det avstivede plastsetet vil trolig ha en tilsvarende produksjonskostnad som dagens Proff-sete. I videre arbeid vil det derfor bli undersøkt om et avstivet plastsete vil være akseptabel løsning med tanke på respons, for å sikre at den nye kjelken blir en kommersiell suksess for HandiNor.



Ytterligere detaljering av formen på setebunnen inkluderes i videre arbeid. Det vil bli utført i en masteroppgave ved NTNU (Ålgård) høsten 2013.



8.2.2 Evaluering av endelig løsning

Respons: Testingen av prototypen viste betydelig forbedret respons i forhold til Ballistic, og svært mye bedre enn Proff. Den svært stive setebunnen på sitski-setet ansees å være et viktig bidrag til den forbedrede responsen, ved at styrebevegelsene til utøveren blir overført til understellet uten forsinkelse eller tap av krefter. Riggtesting viste at det var ingen utbøying i setebunnen eller i overgangen mellom setebunnen og understellet. (PK 1.1, 1.2).

Bredere sete gjør at en kommer godt ned i setet og får god kontakt med setebunnen (PK 1.4). Det gjør at styrebevegelsene til utøveren raskere blir absorbert av kjelken, og forbedrer svingrespons og svingkontroll.

Tilpasning: Setet kommer i bredder som dekker behovet til alle utøvere. Setene vil bli lagt i størrelsene 11-17" (innvendig bredde i hoftehøyde).

Sammenstøt: Testingen av prototypen har ikke vist tegn til svakheter med setebunnen. Det gjenstår å validere dette (PK 3.1).

Regler: Det stikker ingen spisse kanter ut fra setebunnen, og rammen stikker ikke ut bak setet.

Øvrige:

- **Komfort:** Den brede setebunnen gir økt komfort ved at setet ikke presser utøvene inn mot utøveren i overgangen mellom setebunn og setesider, noe som tidligere var et problem. Det gir forbedret blodsirkulasjon og hindrer at ben og rumpe "dovner bort".
- **Produksjon:** Det trengs mer arbeid for å bestemme materialvalg og produksjonsmetode. Dette vil bli utført i en masteroppgave (Ålgård) høsten 2013.

8.3 Sitteplatekobling

Borrelås ble tidligere valgt som prinsipp for å feste sitteplaten til setebunnen (7.1.4). Koblingen skal nå detaljeres.

Under testing av funksjonsmodeller av sitteplaten ble det brukt borrelås langs midten og sidene på sitteplaten. Platen ble holdt godt fast under bruk (PK 1.6, 1.7), og det var enkelt å justere posisjonen til platen (PK 2.2). Under er prototypen av sitteplaten som ble montert i Ballistic-setet.



Figur 46 Prototypen av sitteplaten, tilpasset Ballistic-setet, med borrelås i midten og langs sidene



Figur 47 – Ballistic-setet sitteplate og borrelås til sitteplatekobling

Borrelåsen bygger noe i høyden, og det blir derfor valgt å plassere borrelåsen i innsenkede spor i sitteplaten for å ha god kontakt mellom sitteplaten og setebunnen. Det velges å bruke vanlig borrelås (Figur 48) inntil videre, siden det er lett å få tak i og det fungerte bra under testingen. Skulle det vise seg å trenge en sterkere fastlåsing av sitteplaten kan det brukes en kraftigere borrelås, av typen 3M™ Dual Lock™ (Figur 49).



Figur 48 – Vanlig borrelås



Figur 49 – Kraftig borrelås, 3M™ Dual Lock™

For å gjøre det lettere å plassere sitteplaten i riktig posisjon i setet vil det lages "hjelpelinjer" i setebunnen og på sitteplaten. Det vil bli valgt en løsning som angir avstanden fra seteryggen til senter av sittehullene på sitteplaten. Dette vil bli gjort sammen med detaljeringen av setebunnen høsten 2013, og inkluderes i videre arbeid.



8.3.1 Evaluering av endelig løsning

Respons: Koblingen holder sitteplaten godt fast under bruk, og bidrar til å holde utøveren fast godt fast til kjelken (PK 1.6, 1.7).

Tilpasning: Posisjonene på platen kan enkelt og raskt justeres til hver enkelt utøver, og merking angir posisjonen til sitteplaten (PK 2.2).

Sammenstøt: Testing av prototypen avdekket ingen problem i forhold til sammenstøt.

Øvrige krav:

- **Vekt:** Løsningen har svært lav vekt.
- **Produksjon:** Enkelt å montere, få deler og standard deler (PK 6.1, 6.2).

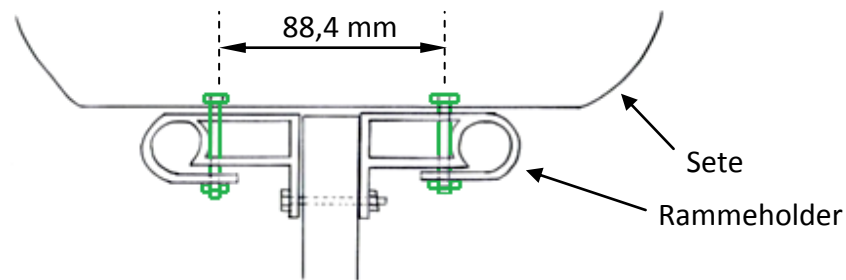
8.4 Setekoblingen

8.4.1 Detaljering

I konseptutviklingen (kapittel 7.1.5) ble skruer valgt som prinsipp for setekoblingen. Setekoblingen er grensesnittet mellom setet og understellet, og påvirker også *deloppgave 1* i stor grad. Det må velges en løsning som fungerer og tilfredsstillende kravene (produktkravspesifikasjonen) for begge områdene, og derfor er mange av avgjørelsene gjort sammen med *deloppgave 1*.

Bakre setekobling ble plassert 70 mm fremfor setets nullpunkt, i området der sitteknutene hviler mot setebunnen (PK 1.3). Fremre kobling ble plassert i fremkant av setet. I samråd med *deloppgave 1* ble det bestemt å bruke en kobling med 122 mm bred flate som støttet på undersiden av setet, og med 88,4 mm bredde mellom skruefestene (bredde på skruekoblingen). Bredden på skruekoblingen ble i hovedsak bestemt av understellet og innfestingen av rammen. Det måtte derfor gjennomføres en riggtest for å avgjøre om det var tilstrekkelig bredde for setekoblingen (testen omtales under).

Øverste delen av understellet, som setet skulle kobles fast til, ser dermed slik ut (Figur 50):



Figur 50 – Skru kobling (Kjærnli, Deloppgave 1)

Ved testing i rigg med Ballistic-setet var det noe utbøying mellom setet og rammeholderne ved stor belastning, som følge av at skruene som festet setet til rammeholderne var plassert for smalt (PK 1.2) og at setebunnen var litt for myk (PK 1.1). Denne utbøyingen ble eliminert ved å stive av setebunnen ved å skru fast sitteplanten på innsiden av setet. Det ble tidligere i rapporten bestemt å bruke borrelås til sitteplaten (kapittel 8.3), så derfor må det brukes et sete med en stiv setebunn for å eliminere problemet med utbøying.

Med sitski-setet var det ingen utbøying mellom setet og rammeholderne ved testing i rigg (kapittel 8.2.1).

8.4.2 Prototype og endelig løsning

Siden det allerede er bestemt at setebunnen skal være svært stiv blir plasseringen av skruene til sittekoblingen opprettholdt. Det brukes skruer med avrundede skruerhoder for å unngå at skruene presses mot utøvers rumpe og sitteknuter og skaper ubehag eller skader.

8.4.3 Evaluering av endelig løsning

Respons: Det oppstår ingen utbøying mellom setebunnen og understellet ved testing i rigg eller på is (PK 1.1, 1.2)

Sammenstøt: Testing av prototypen på is viste ingen tegn til svakheter i setekoblingen.

Øvrige:

- **Komfort:** Det brukes avrundede skruerhoder for økt komfort.
- **Produksjon:** Setekoblingen blir kombinert med rammeholderne (*deloppgave 1*) for å få færre deler (PK 6.2). Det brukes skruer til å montere setet på understellet (PK 6.1).

8.5 Knestøtte

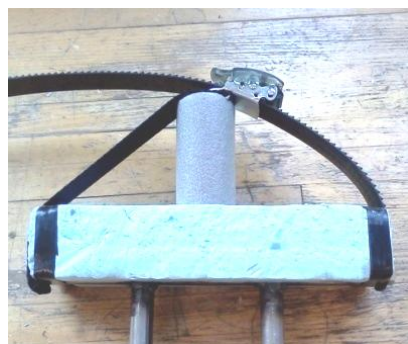
8.5.1 Detaljering

I konseptfasen (kapittel 7.2) ble det tatt utgangspunkt i knestøtten STS og MV brukte (Figur 38). Sideveis støtte ble forbedret med en midtstøtte, og økt kontaktareal mot utøveren ga forbedret komfort. I dette kapittelet skal knestøtten detaljeres.

Knestøtten må være stiv nok til at den ikke bøyer seg for mye under belastning. Materialet på overflaten til knestøtten bør være fast for å unngå fleksibilitet (PK 1.8), men samtidig ikke gi ubehag mot utøveren (PK 5.1). En løsning kan være en fast kjerne (tre, glassfiber eller karbon eller plast) med polstring (skumplast) utenpå. Polstringen kan limes fast på toppen av knestøtten, på samme måte som polstringen limes fast inne i setene i dag.

Knestøtten er laget bred nok til at den gir god støtte på hele bredde på undersiden av lårene ved knærne. Den er laget smal nok til at den ikke stikker ut på utsiden av knebeskytterne, både for å beskytte knestøtten mot ytre slag og for at det ikke skal stikke ut skarpe kanter som kan skade andre spillere (faller inn under PK 4.2). 230 mm bredde er funnet som et godt kompromiss, og bredden har fungert godt for alle utøvere som har testet knestøtten. Derfor blir denne bredden valgt til prototypen.

En funksjonsmodell med midtstøtte og økt kontaktflate mot utøveren ble laget ved valg av prinsippøsninger i forrige kapittel (7.2) og testet i lab og på is (av Seim). Overflaten på knestøtten ble økt fra 230x15 mm på den gamle versjonen som STS og MV brukte (Figur 38) til 230x50 mm, som gir en tredobling av kontaktarealet mot utøveren. Det ble brukt en 80 mm høy midtstøtte som var polstret med skumplast. Knestøtten var merkbart mer komfortabel enn den gamle versjonen og den holdt bena godt fast, det var ingen vertikal eller sideveis bevegelse.



Figur 51 Funksjonsmodell for en ny knestøtte, med midtstøtte og økt kontaktflate mot utøveren. Overflaten på knestøtten er 50x230 mm. Midtstøtten er 80 mm høy.

Funksjonsmodellen ble laget av et "rammeverk" av sammensveiste stålrør. Knestøtten ble kledd med hard skumplast (XPS, blå) for å gi en stor og fast kontaktflate mot undersiden av utøverens lår. Midtstøtten ble polstret med myk skumplast, tilsvarende polstringen i setet. Det er usikkert om polstring er nødvendig siden midtstøtten presser mot knebeskytterne og ikke direkte mot knærne/lårene, men inntil videre brukes det polstring for sikkerhetskyld.

8.5.2 Prototype og endelig løsning

Til prototypen ble det tatt utgangspunkt i formen på funksjonsmodellen. Det ble valgt å lage knestøtten av en kryssfinerplate, den hadde tilstrekkelig stivhet, lav vekt og minimalistisk design. Platen ble lakkert for økt motstand mot fukt, og polstret med skumplast for økt komfort. Som midtstøtte ble det brukt en tilsvarende løsning som på funksjonsmodellen: stålrør med polstring. Prototypen fungerte bra under istesten på Hønefoss, og blir derfor valgt som endelig løsning. Mindre endringer er kommentert i teksten under.

Bildene under viser prototypen av knestøtten montert sammen med den fullstendige prototypen av kjelken. Knestøtten ble montert til understellet via rør som stikker frem fra under setet.



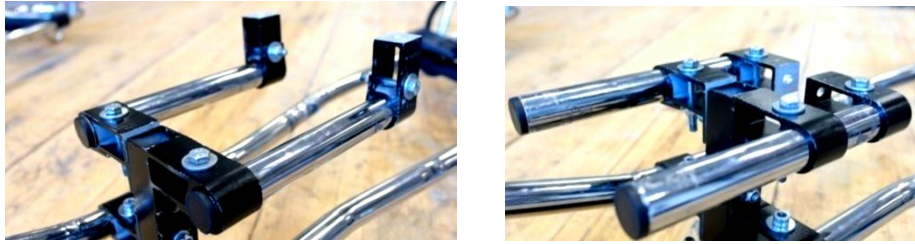
Figur 52 – Komplette prototype. Knestøtten ble montert til undertellet via rør som stakk frem under setet

På prototypen med sitski-setet ble det valgt å montere midtstøtten i fremre del av setebunnen på grunn av svært begrenset tid til byggingen, og dette var den raskeste løsningen som ga tilfredsstillende resultat (Figur 53). Som endelig løsning plasseres midtstøtten på knestøtten, siden det vil gi best fastholding (festes til de harde knebeskytterne) og penest design. I tillegg kan en midtstøtte i setet komme i veien når utøverne skal sette seg i setet.



Figur 53 På prototypen med sitski-setet ble midtstøtten montert i fremre del av setet. Som endelig løsning skal den monteres på knestøtten.

Platen skrues fast til støttestrukturen fra understellet, som gir kontinuerlig lengdejustering og to ulike høyder med 35 mm forskjell (se Figur 54 under).



Figur 54 V: Understellet gir kontinuerlig lengdejustering og to høyder. V: høy og lang. H: kort og lav. (Kjærnli, Deloppgave 1)

Ytterligere høydejustering gjøres med mellomleggsskiver i plast. Slike ble brukt til høydejustering av Proff-setene, og HandiNor har disse på lager (PK 6.1). De er tilgjengelig i høyder på 5-50mm, og det kan kombineres flere av dem. Dette tilfredsstiller kravet til plassering og justering av knestøtten (PK 2.3).



Figur 55 Mellomleggsskiver i plast brukes for ytterligere høydejustering

8.5.3 Evaluering av endelig løsning

Respons: Sideveis bevegelse av knærne er eliminert, knærne til utøverne blir låst helt fast til kjelken. Under testingen av prototypen fungerte knestøtten svært bra (MV).

Tilpassning: Knestøtten kan tilpasses alle utøverne (PK 2.3).

Sammenstøt: Det har ikke vært problem tilknyttet sammenstøt ved testing av prototypen. Bredden er smal nok til at knebeskytterne stikker utenom og tar i mot ved sammenstøt. Men dette må undersøkes videre.

Regler: Det er ingen spisse kanter som stikker ut på knestøtten.

Øvrige:

- **Komfort:** Økt kontaktareal mellom utøveren og overflaten på knestøtten ga forbedret komfort. Problemet med redusert blodgjennomstrømming er eliminert, og bena dovner ikke lengre bort.

9 Presentasjon og evaluering av resultat (Deloppgave 2 - Setebunn og knestøtte)

Alle delene som er tilknyttet setebunnen og knestøtten er nå utviklet. Under følger en presentasjon og evaluering av resultatet opp mot grunnbehovene og produktkravspesifikasjonen.

I kapittel 13 er det en felles presentasjon av resultatene til den fullstendige prototypen, der det vil utdypes ytterligere hvordan prototypen av den nye kjelken presterte under testingen av landslagsutøverne.



Figur 56 Komplette prototype med sitski-sete og knestøtte



Figur 57 – Prototypen av knestøtten. Det skal i tillegg monteres en midtstøtte på knestøtten (se Figur 51)

9.1 Evaluering opp mot grunnbehovene og produktkravene

Respons

Målet var å få til en konstruksjon under rumpen til utøveren som absorberte svingebevegelesene til utøveren godt, og overførte disse til understellet, uten forsinkelse eller tap.

Resultatet er en svært stiv setebunn, med en *sitteplate* som er formet etter rumpen med to hull (*sittehull*) til sitteknutene og en relativt bred kobling mot understellet (*setekobling*). Setebunnen er bredere, og setet har en litt firkantet profil.

I riggtesten var det ingen tegn til utbøying i setebunnen eller setekoblingen, og testpersonene mente oppsettet følte svært stivt, det var ikke noe som "ga etter" i det hele tatt. *Sitteplaten* bidrar til å fastholde utøveren til kjelken, og hindrer effektivt at utøveren sklir fremover i kjelken eller sideveis i setet. Økt bredde på setebunnen gjør at utøveren kommer godt ned i setet og får god kontakt med setebunnen. *Sittehullene* gjør setet mer ergonomisk tilpasset, noe som gjør at tykkelsen på polstringen kan reduseres. Redusert polstring mellom utøverens rumpe og setebunnen gjør at svingebevegelesene til utøveren blir raskere tatt opp av setet, noe som forbedrer responsen. Utøverne som testet kjelken sammenlignet det med å gå fra en personbil til en racerbil: momentan og kontant respons, kjelken er rask og presis. De kjente hvordan den "skjøt fart" i svingen (*MV*).

Undersøkelser og testing i Forprosjekt 2012 og i starten av prosjektet indikerte at stivheten til setebunnen var kritisk i forhold til å overføre svingebevegelesene til utøveren godt til understellet og skøytestålene. Forprosjekt 2012 viste at en økt bredde på setekoblingen ville redusere utbøying mellom setet og understellet og gi forbedret svingrespons. Resultatet i dette prosjektet viser at en svært stiv setebunn er kritisk for god svingrespons, og at så lenge setebunnen er stiv kan bredden på setekoblingen reduseres.

Utøvere var i starten av prosjektet fokusert på at det var lav vekt som var blant de viktigste, kanskje den viktigste, egenskapene til en god kjelke. De mente at en lettere kjelke ville reagere raskere og være lettere å utføre raske bevegeleser med. Resultatet fra dette prosjektet viser at det viktigste er en stiv kjelke som overfører svingebevegelesene godt. En lettere kjelke vil gjøre at en kommer raskere opp i fart, men en kjelke som reagere raskere på svingebevegelesene vil gjøre at du kan opprettholde farten gjennom svingene, og dermed redusere behovet for å komme opp i fart.

Ved riggtesting ble det observert noe utbøying i riggtesten med Ballistic (dagens beste kjelke), og testpersonen kjente at den ga noe etter ved relativt stor belastning, noe som indikerte et forbedringspotensial. Som nevnt ble det ikke observert noe utbøying i riggtesten med den nye kjelken, og testpersonen kunne heller ikke kjenne at noe ga etter. Dette kan indikere at det ikke er så mye mer å hente på å forbedre responsen gjennom ytterligere økt stivhet i setebunnen og setekoblingen.

Ytterligere testing av de nye kjelkene gjennom høsten 2013, og spesielt i landskamper mot de antatt beste landslagene (Canada, USA) vil vise hvor stor betydning den forbedrede svingresponsen har i reelle kampsituasjoner.

Tilpasning

Setet kommer i bredder, sitteplaten kommer i ulike versjoner med forskjellig bredde mellom *sittehullene*, sitteplatens posisjon kan justeres i lengderetningen (x-retning) og knestøttens posisjon kan justeres i lengden og høyden.

Alle utøvere vil finne et oppsett av setet som ivaretar deres behov, med kun små endringer og justeringer.

Det er få på landslaget som har hatt seter som er godt tilpasset deres behov, setebunnen har hatt feil form eller manglende støtte. Med det nye setet (setebunnen), sitteplaten og knestøtten vil alle kunne finne et oppsett som passer godt.

Det er også samlet informasjon omkring hvilke tilpasninger som er nødvendige, og hvilke tilpasningsbehov som er de mest utbredte blant spillerne. Denne informasjonen kan bidra til at flere spillere finner en sitteposisjon og oppsett av kjelken som passer dem godt.

Sammenstøt

Det var i utgangspunktet ikke knyttet problemer til setebunnen og knestøtten i forhold til sammenstøt, men det er tenkt på gjennom prosessen ved at det ikke ble valgt løsninger der nye problemer kunne oppstå. Den mest utsatte delen er knestøtten, og den blir beskyttet av knebeskytterne til utøverne.

Regler

Alle regler er overholdt.

Øvrige behov: Komfort

Målet var at utøverne skulle klare å bruke kjelken i én periode (15 min) av gangen, uten å få skader eller varige mén.

Sitteplaten med sittehull til sitteknutene gir en mer ergonomisk tilpasset setebunn enn eksisterende seter, og knestøtten har økt kontaktflate mot utøveren. Begge deler bidrar til forbedret blodsirkulasjon ved rumpen og bena, og en unngår at de dovner bort over tid. Utøverne syntes den nye kjelken var mer komfortabel å bruke. Komfort ble ivaretatt på tross av at de satt bedre fast i den nye kjelken enn tidligere, noe som gjerne er motsetninger.

Tidligere måtte utøvere "løsne" kjelken med faste mellomrom, siden de spente seg så hardt fast at blodsirkulasjonen ble redusert i ben og rumpe.

Det gjenstår arbeid med å få bekreftet at komfort er ivaretatt tilstrekkelig for alle utøverne. Dette kan først gjøres når alle utøverne har fått brukt den nye kjelken over en lengre

periode. Det er forventet at det må gjøres noe optimalisering av formen på overflaten av sitteplaten.

Øvrige behov: Produksjon, montasje og vedlikehold

Det var et mål at kjelken skulle kunne produseres av HandiNor eller deres underleverandører og at kjelken skulle være enkel å montere med behov for få ulike verktøy.

Alle delene kan lages av HandiNor eller deres underleverandører. Sitteplaten freses ut i kryssfiner eller PE-plast med CNC-fres. Sitteplatene til kjelkene som skal produseres til landslaget i denne omgang vil bli produsert av NTNU, da det vil bli den rimeligste og raskeste løsningen. For videre salg etter Paralympics i Sochi vil platene kunne produseres av en av HandiNors underleverandører som utfører CNC-fresing. Knestøtten lages i en variant, som kan justeres til å passe for alle. Sitteplaten lages i ulike varianter, men det er kun avstanden mellom *sittehullene* som varierer, noe som forenkler produksjonen. På lengre sikt er det planlagt å få til en justerbar sitteplate, og dermed kun ha en variant av sitteplaten. Det er brukt standard deler på både sitteplatekoblingen og setekoblingen, henholdsvis borrelås og skruer, som begge er enkle å få tak i og enkle og raske å montere. Komposittsetet kan lages av en av HandiNors underleverandører, og dersom plastsetet velges å brukes kan dagens produsent av Proff-setet brukes.

HandiNor kan benytte sine ansatte i stor grad til produksjon, og på den måten opprettholde aktiviteten innenfor firmaet, som har vært et av deres ønsker.

Videre skal det undersøkes muligheten for at HandiNor selv kan produsere komposittsetene. De produserer allerede hockeykøller i karbon, og har allerede mye av nødvendig utstyr på plass. Det må utvikles en effektiv produksjonsmetode for setene. Samtidig kan det undersøkes mulighetene for effektivisering av hockeykølleproduksjonen, siden HandiNor at ytre et ønske om å effektivisere den. Etterspørselen etter hockeykøllene er stor, men produksjonskostnadene med dagens produksjon er høy.

Øvrige behov: Vekt

Lav vekt var ønskelig, men ikke noe krav.

Seteløsningen vil bli lettere enn Proff, som utøverne bruker i dag, og tilsvarende som Ballistic, den antatt beste kjelken på markedet i dag. Knestøtten er ikke på dagens kjelker, og vil således tilføre vekt totalt sett, men ulempen med vektøkningen ansees som neglisjerbar og effekten av knestøtten betydelig for prestasjonen.

Vektreduksjon ansees som et av forbedringspotensialene ved den nye kjelken, og det vil inkluderes i *videre arbeid*. Men siden det ennå er usikkert hvor stor betydning vekt har for prestasjonen ansees ikke vektreduksjon å ha høyest prioritet ved videre optimalisering av kjelken.

Øvrige behov: Design

Målet var å utvikle en tøff og helhetlig kjelke som ga inntrykk av å være solid.



Den nye kjelken gir inntrykk av å være mer gjennomført og helhetlig utviklet. Utøverne har gitt uttrykk for at de synes den nye kjelken ser tøffere og mer solid ut.

Det vil bli lagt mer fokus på design i videre arbeid.






9.2 Evaluering av resultatet opp mot produktkravspesifikasjonen

I tabellen under følger evaluering av resultatet opp mot produktkravspesifikasjonen.

Følgende symboler vil bli brukt i evalueringen:

	Kravet er fullstendig oppnådd
	Kravet er delvis oppnådd, og inkluderes i <i>videre arbeid</i>

Tabell 22 Evaluering av endelig resultat i forhold til produktkravspesifikasjonen

Produktkrav	Måloppnåelse
1. Respons	
PK 1.1, 1.2: Det var ikke synlige utbøyinger av setebunnen eller i overgangen mellom sete og understell ved standardisert riggtest. Kjelken kjentes svært stiv ut, og det kunne ikke merkes at noe ga etter i det hele tatt, noe det tidligere har gjort selv med den beste kjelken på markedet, Ballistic.	
PK 1.3	
PK 1.4: Setet har økt bredde i setebunnen, utøveren kommer godt ned i setet	
PK 1.5:	
PK 1.6, 1.7, 1.8: Utøverne blir hindret i å skli fremover og rotere inne i setet. De merket godt at sitteplaten holdt de igjen på setet. Knærne beveger seg ikke. Utøverne føler de sitter "dønn fast" i kjelken (MV, AH).	
2. Tilpasning	

2.1: Setene vil bli laget i bredder som dekker alle behov (11-17")	✓
2.2: Sitteplaten kommer i flere bredder, og kan posisjoneres i forhold til kravene i PKS.	✓
2.3: Kan tilpasses behovet til alle utøverne	✓
2.4: Utøverne får god støtte under lårene ved at fremre del av setebunnen er hevet	✓
2.5: Det er tatt hensyn til knebeskytterne ved utforming av knestøtten, og det har fungert bra med testing av utøverne. Det gjenstår mer testing for å få dette endelig bekreftet (<i>videre arbeid</i>)	✓
3. Sammenstøt	
3.1: Setebunnen, setekoblingen eller knestøtten har ikke vist noen svakhetstegn ved testingen som er blitt utført. Det gjenstår mer testing for å få dette bekreftet (<i>videre arbeid</i>).	✓
4. Regler	
4.1, 4.2, 4.3: Tilfredsstillende alle regler	✓
5. Komfort	
5.1: Alle testutøverne opplevde forbedret komfort med de nye løsningene for setebunnen (inkludert sitteplaten) og knestøtten	✓
6. Produksjon	
6.1: Delene kan lages hos HandiNor eller deres underleverandører. Montasjen er enkel, og det brukes skuer eller standard deler (borrelås). Tid for montasje av komplett sete antas å kunne gjennomføres på mindre enn 15 minutter.	✓
6.2: Det er få varianter av deler (knestøtten er universal) og kun mindre variasjoner der nødvendig (lik utforming men ulik plassering av sittehull på sitteplaten)	✓
7. Vekt	
7.1: Setet er ikke ferdigutviklet, så kravet kan ikke vurderes. Det blir ferdigutviklet gjennom en masteroppgave høsten 2013. Vekten på komposittsetet blir trolig tilsvarende Ballistic-setet.	✓

8. Design

Mer helhetlig design. Testutøverne uttrykte at ser tøffere ut, og mer solid og gjennomført ut enn Proff. Det vil bli ytterligere fokus på design videre i den siste delen av utviklingsprosessen.



Alle kravene i produktkravspesifikasjonen er fullstendig eller delvis oppnådd. Det gjenstår ytterligere testing på flere utøvere, ferdigutvikling av setet og ytterligere forbedring av design.

10 Evaluering av metodikk (Deloppgave 2)

Arbeidet med deloppgaven ble strukturert etter IPM-modellen (Hildre 2004), som deler prosessen inn i fem faser. Modellen ble valgt fordi den var kjent fra tidligere prosjektarbeider gjennom studietiden, og det var erfart at den fungerte godt til utviklingsprosjekter lik dette prosjektet og den aktuelle deloppgaven. Også projektrapporten ble hovedsakelig strukturert etter IPM-modellen.

Til etablering av behov og produktkravspesifikasjonen ble det hentet mye informasjon fra Forprosjekt 2012. Deler av kartleggingen av behov og produktkrav ble gjennomført i fellesskap med de andre prosjektdeltakerne, siden mye var aktuelt for hele kjelken. Behovene ble kartlagt gjennom tett samarbeid med utøverne, materialforvalterne på landslaget og HandiNor. Noen krav kom direkte fra dem, andre krav kom fra observasjoner på isen og testing i lab og ble deretter bekreftet av dem. Utøverne kom ofte med generelle krav eller problemer, som ble spesifisert gjennom observasjon på isen og testing i lab. Det tette samarbeidet med utøverne var avgjørende for å få en god produktkravspesifikasjon.

Siden det var et klart mål i prosjektet at de norske utøverne skulle ha den beste kjelken i Paralympics til vinteren måtte det utvikles løsninger som var bedre enn konkurrentenes. Derfor ble det i starten av konseptfasen bestemt å søke etter andre løsninger som kunne utføre alle eller deler av funksjonene til setet bedre enn de eksisterende setene. Dette resulterte i to nye løsninger for setet: sitteplaten og komposittsetet.

Bygging og testing av funksjonsmodeller ble mye brukt både i konseptfasen og i den påfølgende detaljeringen til å evaluere løsninger. Dette var svært nyttig og en av de viktigste årsakene til at det ble avdekket løsninger som fungerte i praksis. Denne prosessen viste at når det skal utvikles deler som skal være i direkte kontakt med kroppen er det viktig å lage fysiske modeller og teste de ut.

Det ble valgt å gå for en smal idégenerering i starten og raskt gå for en eller to løsninger, i stedet for en bred utvikling med mange konsepter. Dette for å sørge for at løsningene ble tilstrekkelig testet og gjennomarbeidet, for å sikre en fungerende prototype til slutt. Siden det ble sett lite på alternative konsepter hadde og en ikke mange "reserveløsninger" i bakhånd. Det ble derfor kontrollert at løsningene ville fungere for de andre deloppgavene før endelige valg ble gjort.

Det ble samarbeidet mye med de andre prosjektdeltakerne, og spesielt [Ålgård – Deloppgave 3](#) og [Kvassheim – Deloppgave 4](#). Alle tre jobbet med setet, og løsningene var sterkt avhengig av hverandre. Samarbeidet sikret helhetlige løsninger, og det ble unngått at de samme funksjonene ble utført dobbelt av to deler eller at løsningene var til hindrer for hverandre. I løpet av konseptfasen ble det valgt helhetlige konsepter for setet og grensesnittene mellom delene i de ulike deloppgavene ble fastsatt. Det gjorde at den påfølgende detaljeringsfasen

gikk raskt. I detaljeringen ble det først kartlagt hvilke konkrete utfordringer som skulle løses, og deretter ble problemene løst en etter en (eller flere samlet).

PU-journalen ble aktivt brukt gjennom prosjektet. Mange skisser av ideer og mulige løsninger ble laget og aktivt brukt gjennom hele prosessen. Dette sørget for å ta vare på gode ideer underveis, og de kunne bli tatt frem ved behov. Det var et mål å ikke gjøre det samme arbeidet flere ganger eller gruble på det samme problemet flere ganger for å sørge for kontinuerlig og effektiv fremdrift i prosjektet. Det ble også laget arbeidsskisser i verkstedet, og disse kunne tas frem igjen senere dersom det skulle lages flere eller andre versjoner. Ulike erfaringer med arbeidet i verkstedet ble også notert på disse skissene.

Det ble brukt en logg på pc-en der alle tanker, ideer, tips, nyttige kontakter og lignende ble lagret. Loggen ble ikke redigert, og det ble skrevet enkelt og gjerne i stikkordsform. Dette for å gjøre det enkelt å bruke loggen og for å sørge for at den ble aktivt brukt. Loggen førte til at tanker og tips ble lagret på et sted (eller i PU-journalen, nevnt over), og det ble flere ganger hentet informasjon fra loggen. Det ble også kort notert daglig eller ukentlig hva som var blitt utført, noe som ga en bedre oversikt over prosjektet.

Modellering i NX ble brukt til å lage en oppdatert prototype av sitteplaten som deretter kunne freses ut med CNC-fres. Dette ble gjort både for å få en fin prototype og for å få testet ut en mulig produksjonsmetode.

Det var et mål å rekruttere Ålgård til også å skrive masteroppgaven på kjelkehockeyprosjektet det påfølgende semesteret (høsten 2013), siden det ble sett på som en svært god løsning for å få fullført utviklingen av kjelken. Det ville sikre kjelkehockeyprosjektet tilgang til nødvendig kompetanse, utstyr og god arbeidskraft. Planen var i utgangspunktet at Seim og Kjærnli skulle fullføre utviklingen etter endt masteroppgave som vanlig jobb, men det var usikkert om det ble mulighet til å finansiere dette. Ålgård hadde i utgangspunktet bestemt seg for en annen masteroppgave, og det ble derfor ekstra viktig å gi han godt innblikk i prosjektet og mulighetene prosjektet ga, og å øke interessen og eierskapet til prosjektet. Håpet var at dette ville føre til at han ville velge kjelkehockey i stedet. Han bestemte seg faktisk helt i slutten av prosjektet å skifte til kjelkehockeyprosjektet på masteroppgaven, så arbeidet lønte seg.

Generelt gjennom prosjektet ble det fokusert på å engasjere og begeistre personene som ble involvert gjennom prosjektet, for å bidra til et spennende arbeidsmiljø for prosjektdeltakerne og fordi det kunne åpne for nye uante muligheter gjennom prosjektet. Det var også et mål å kunne fortsette med kjelkehockeyprosjektet eller lignende prosjektet som vanlig jobb etter fullført masteroppgave, og da er gode og mange kontakter nyttig og viktig. Dette lønte seg også, med deltakelse på en internasjonal forskningskonferanse og videre jobb med kjelkehockeyprosjektet som vanlig jobb etter fullført masteroppgave.

11 Videre arbeid (Deloppgave 2)

Her vil punktene gjennom rapporten merket med gule flagg oppsummeres:



1. Størrelsen på sitteplaten må oppdateres når endelig form på setet/seteskallet er bestemt. I tillegg må det undersøkes om det skal brukes en fast bredde eller om bredden på sitteplaten skal tilpasses setebredden.
2. En justerbar sitteplate kan bli mer aktuell ved senere kommersialisering, både for å redusere lagerbehov (PK 6.2) og for å gjøre det enklere å tilpasse kjelken til hver enkelt utøver.
3. Det trengs mer arbeid for å bestemme hvilken type PE-plast som kan velges til sitteplaten.
4. Det er ennå usikkert hvilken stivhet ved setebunnen som er tilstrekkelig for maksimal svingrespons. Dette er noe som kan være nyttig ved optimalisering av vekt og stivhet.
5. Undersøke om et avstivet plastsete vil være akseptabel løsning med tanke på respons. Et slikt sete blir rimeligere å produsere enn komposittsetet, og kan fungere som et "budsjett-sete" dersom HandiNor vil tilby rimeligere modeller.
6. Ytterligere detaljering av formen på setebunnen vil bli utført i en masteroppgave ved NTNU (Ålgård) høsten 2013.
7. For å gjøre det lettere å plassere sitteplaten i riktig posisjon i setet vil det lages "hjelpelinjer" i setebunnen og på sitteplaten. Det vil bli valgt en løsning som angir avstanden fra seteryggen til senter av sittehullene på sitteplaten. Dette vil bli gjort sammen med detaljeringen av setebunnen høsten 2013.

12 Konklusjon (Deloppgave 2)

I prosjektet har forbedret respons vært i fokus, og respons ble ansett som det viktigste behovet for en god kjelke. Løsningene som ble utviklet for setebunnen og knestøtten tilfredsstilte behovet svært godt, basert fra testresultat fra tester i lab og tester på is. De sekundære behovene tilpasning, komfort, reglement og vekt er ivaretatt på en god måte. Det gjenstår noe arbeid i forhold til produksjon av setet.

Respons blitt ivaretatt gjennom et komposittsete med en svært stiv setebunn som overfører styrebevegelsene fra utøveren til understellet uten utbøying av setebunnen eller koblingen mellom setebunnen og undertellet, og er en viktig årsak til den forbedrede svingresponsen. Knestøtten bidrar sammen med fastspenningen til å holde bena til utøveren godt fast til kjelken, og bidrar til at styrebevegelsene til utøveren blir absorbert av kjelken. Sitteplaten med hull til sitteknutene bidrar til at utøveren opprettholder riktig posisjon i kjelken og bidrar til effektiv fremdrift.

Ved å gå over fra Proff-setet til det nye setet vil utøverne oppleve en enorm forbedring av svingrespons og svingkontroll, bedre tilpasset sittestilling som gir en mer optimal posisjon av overkroppen for fremdrift, balanse og puck-håndtering, og forbedret komfort som bidrar til å opprettholde konsentrasjonen til spillerne gjennom kampen.

Det nye setet tilfredsstillt produktkravspesifikasjonen. Arbeidet som gjenstår er først og fremst ytterligere optimalisering og tilpassing av setebunnen.

Det er utviklet en fungerende prototype som ga svært gode resultater i labtesting og istesting.

På bakgrunn av overnevnte grunner ansees prosjektet å være vellykket.

13 Felles presentasjon og evaluering av resultater

Fra og med dette kapitlet er rapporten identisk for alle deloppgavene (Masteroppgave Kjærnli, Masteroppgave Seim, Masteroppgave Kvassheim og Prosjektoppgave Ålgård) Disse kapitlene er skrevet av Kjærnli og Seim. Resten av rapporten er basert på alle de fire deloppgavene, så det kan være en fordel å ha vært innom disse først for å ha et best mulig grunnlag for siste del av rapporten. Likevel er alle resultatene presentert kort her, slik at det skal gå fint å henge med uten å ha lest alle deloppgavene i forkant.

I dette kapitlet presenteres og evalueres den nye kjelken som helhet i forhold til grunnbehovene til en god kjelke (*Utbrettark 1*). Hele kjelken (utenom rammen) gjennomgikk en utviklingsprosess i prosjektet.

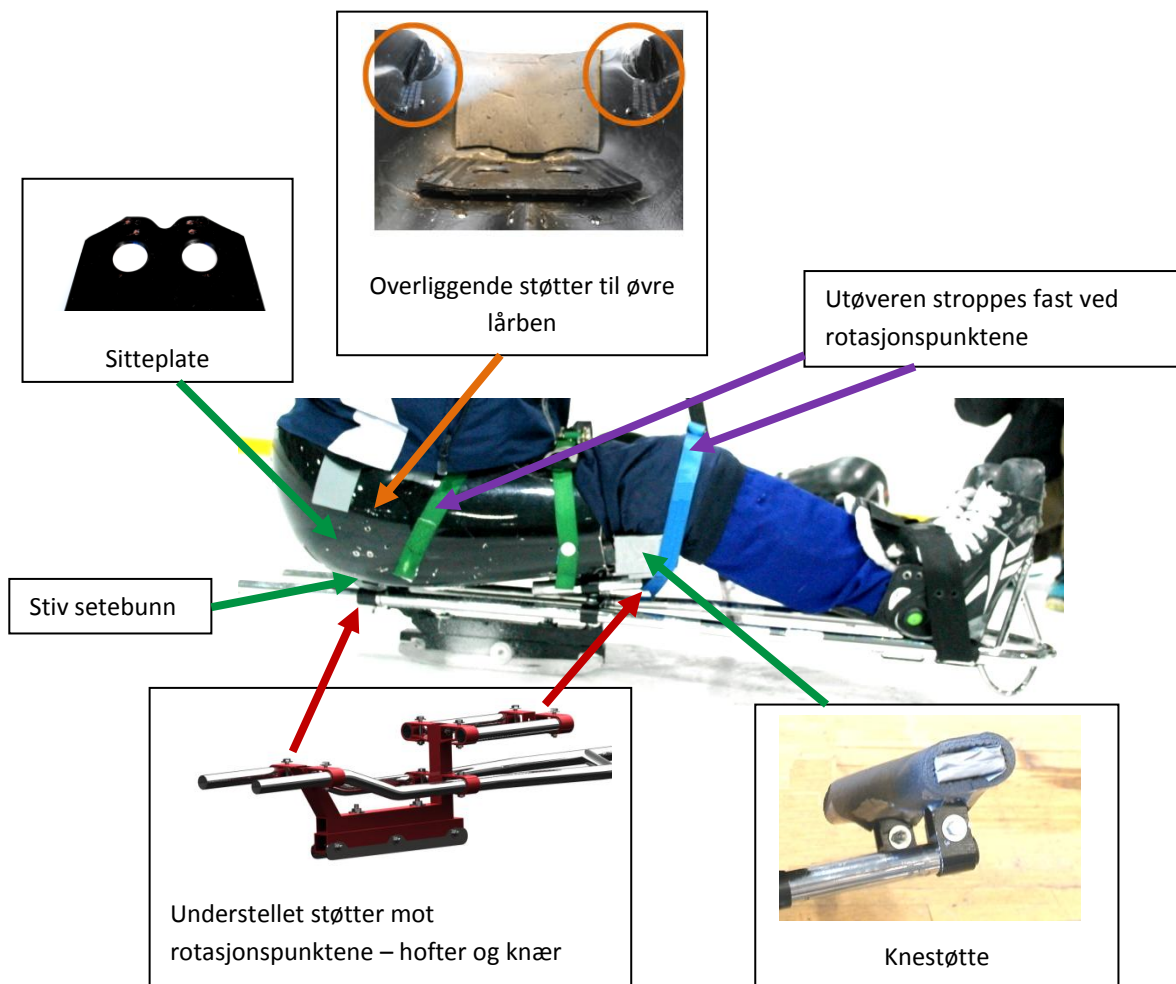


Figur 58 - Prototype 2 - lav versjon

13.1 Respons

Utviklingsprosessen ble rettet mot å få en kjelke som responderer godt på svingebevegelsene til utøveren.

For å holde fast utøveren til kjelken og overføre kreftene direkte fra utøveren til isen tar den nye kjelken utgangspunkt i skjelettet og de fastere områdene på kroppen. Ved å stroppe fast utøveren ved rotasjonspunktene som er hoftene og knærne (eventuelt endepunkter/stump for amputerte) holdes utøveren godt fast og bevegelsene fanges opp. Med stiv setebunn og god støtte ved knærne overføres svingebevegelsene godt fra utøveren og ned til understellet, og det stive understellet overfører kreftene ned til skøytestålene og isen.



Figur 59 - Figur som oppsummerer konsepter for god respons. Fargene på pilene refererer til fargene i deloppgavene.

Stroppene er strategisk plassert, og stroppene og strammemekanismene sterke nok til å gi tilstrekkelig trykk til å holde hofte og knær fast til setet og kjelken slik at det ikke opptrer noe bevegelse. Stroppene har økt bredde, for å kunne tillate høyt strammetrykk mot kroppen uten å skjære inn i den. Det var et problem med de gamle, smale stroppene at de skar seg inn i kroppen, noe som førte til dårlig fastholding og ubehag. Stroppene fungerer godt til å holde utøveren ned i setet. Overliggende støtter til øvre lårben (øverst på Figur 59) holder igjen for vippebevegelse og rotasjon sideveis inne i setet, ved å være en fysisk hindring i overkant av øvre lårben, ved hoften. Både stroppene og støttene bidrar på denne måten til at svingebevegelsene til utøveren blir absorbert av kjelken, noe som hindrer tap av respons. Knærne holdes fast mot vertikal og sideveis bevegelse av knestøtten med midtstøtte og stropp. Hullene i sitteplaten i setet bidrar til fastholding av utøveren, ved å forhindre at utøveren sklir fremover eller roterer inne i setet.



Figur 60 - Stroppe med kraftig strammemekanisme og bred kontaktflate mot utøveren. Sitteplate med hull til sitteknutene

Sitteplaten fungerer også til å definere plasseringen til utøveren i setet, ved at sitteknutene plasseres ned i hullene i sitteplaten og hullene holder dermed utøveren på plass. På denne måten opprettholdes riktig posisjon for optimal fremdrift, og utøverne trenger ikke bruke krefter på å opprettholde posisjonen.

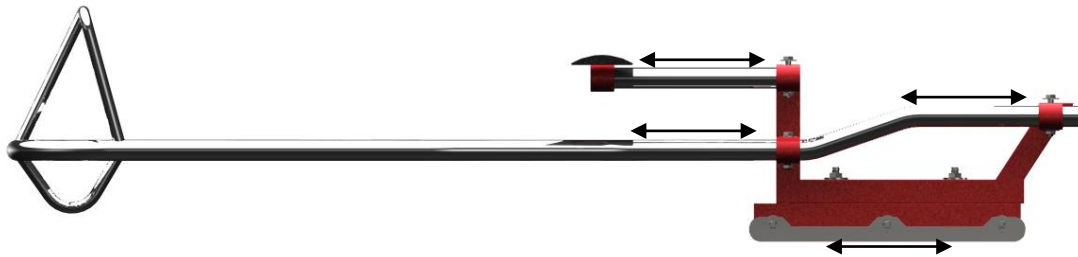
Konseptet som tar utgangspunkt i skjelettet for å definere holdepunkter ser ut til å gi en svært fast kobling av utøveren til kjelken. Under istesten utrykte utøverne (MV, AH) at de følte de satt skikkelig godt fast i kjelken. Morten Værnes utrykte: "Her er det absolutt ingen slark noe sted, bevegelsene går rett i kjelken". Etter å ha tatt noen kraftige svinger på isen sa han: "Dette er helt noe annet enn de andre kjelkene (refererer til Proff og Ballistic). Knallgod respons! Stålene skjærer seg ned i isen og kjelken svarer kontant med en gang." Atle Haglund ble svært positivt overrasket da han prøvde kjelken: "Jeg har spilt kjelkehockey på landslaget siden 1986, og har aldri sittet ordentlig fast i setet før. Tidligere kunne jeg bare løfte meg rett ut av setet uten å løsne stropningen. Her sitter jeg dønn fast". Jon Jenshagen får lett spasmer i bena. Med den gamle kjelken opplevde han dårlig fremdrift fordi han måtte anstrenge seg mye for å holde posisjonen i kjelken, noe som førte til at han fikk spasmer. Dette var noe av grunnen til at han ga seg med kjelkehockey. Den nye kjelken ga han gløden tilbake: "Her trenger jeg ikke tenke på å holde posisjonen, jeg er avslappet i overkroppen og fremdriften går mye bedre. Er det plass på landslaget tror du Morten?" (snakker til Morten Værnes).

13.2 Tilpasning

Det er store forskjeller blant utøverne på landslaget, noe som stiller krav til tilpasning av kjelken for at alle skal oppleve god respons. Konseptet med å holde fast i skjelettet går, i tillegg til å feste rotasjonspunkt til harde punkt (der det er lite muskelvev, og det er mer direkte på ben og skjelett), også ut på at utøveren holdes fast i de delene av kroppen som er mest like fra person til person. Amputerte utøvere har øvre lårben og sitteknuter intakt. Utøvere med lammelser har muskelsvinn, men skjelettet er som vanlig. Konseptet reduserer dermed tilpasningsbehovet til noen få punkter: Seteskallene må komme i ulike bredder men

kan ellers være likt. Resten av tilpasningen gjøres ved å endre plasseringen av overliggende støtter til øvre lårben og sitteplaten (Figur 60), som begge er justerbare på kjelken. Hoftestroppen og lårstroppen har standard plassering, men kan flyttes ved å bore nye hull i setet. Knestroppen følger den justerbare knestøtten.

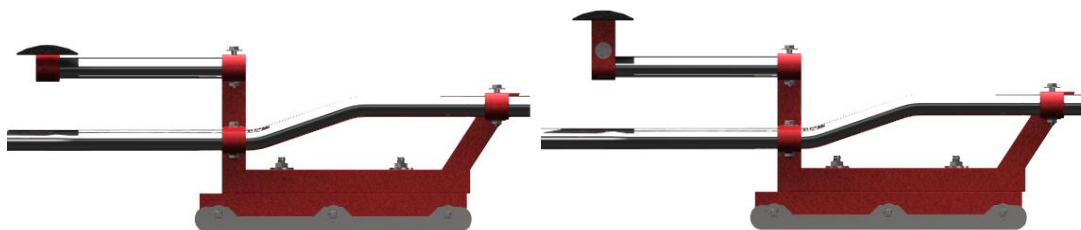
Understellet er laget slik at tilpasninger ikke påvirker stivhet og respons. Delene som kommer i ulike varianter lages fra samme utgangspunkt, og variasjonen skjer sent i produksjonsprosessen. Dette gjør at alle sittestillinger kan oppnås uten at produksjonskostnadene øker vesentlig.



Figur 61 - Mulige justeringer i kjelkens lengderetning: knestøtte, rammelengde og skøytebrakett



Figur 62 - Setehøydevariasjon



Figur 63 - Høydevariasjon knestøtte

13.3 Sammenstøt

Delene som er utsatt for sammenstøt er: understellet, seteskallet og stroppene. De utsatte delene på understellet er dimensjonert som tilsvarende deler som fungerer godt på dagens kjelker, og understellet er utformet slik at rammen beskytter de øvrige delene. Seteskallet har en utfordring med holdbarhet ved gjentatte sammenstøt. Dette er noe som vil bli løst i videre arbeid høsten 2013 (masteroppgave av Ålgård), der endelig utforming av seteskallet og dimensjonering mot sammenstøt skal utføres. Stroppene er plassert slik at de er mindre utsatt for å komme i klem mellom kjelkene i sammenstøt, og de har polstring som beskytter

stroppene og utøver mot stikk fra kjøllene. Strammemekanismen er solid og tåler tøffe påkjenninger, mens stroppene er billige og enkle å skifte ut om de skulle ryke.

13.4 Regler

Den nye kjelken tilfredsstiller alle gjeldende regler.

13.5 Øvrige krav

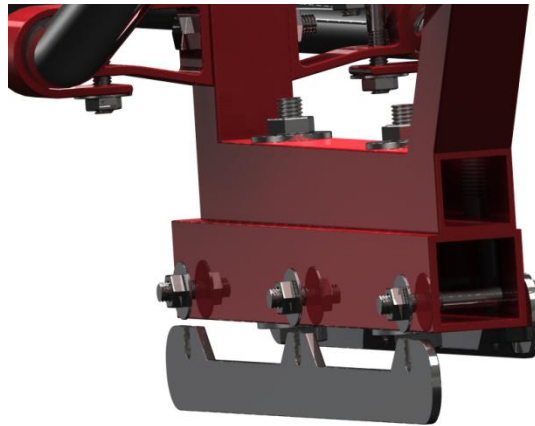
Vekten av understellet er betydelig redusert sammenlignet med Proff, og sammenlignet med Ballistic (dagens letteste kommersielle kjelke) er vekten tilsvarende. Dette er mer utfyllende diskutert under *Deloppgave 1, Understell*.

Komfort er ivarettatt ved utviklingen av de områdene som er i kontakt med kroppen: sitteplate, knestøtte, overliggende støtter til øvre lårben og stropper. Totalt sett er kjelken behagelig å sitte i enn både Proff og Ballistic, noe som gjør det lettere å holde fokus på spillet og holde konsentrasjonen oppe gjennom hele kampen.

Sammenlignet med den gamle kjelken er det nye understellet enklere å produsere, med færre deler og økt gjenbruk av deler (Figur 64). Delene kan også produseres av HandiNor eller deres underleverandører, noe som var et av målene i prosjektet. Færre deler og varianter reduserer også delelageret til materialansvarlig på landslaget, noe som var et stort ønske fra dem. Montering og vedlikehold er enklere, ved at det er enklere å komme til for å skru, en kan skifte ut enkeltdeler uten å måtte demontere store deler av kjelken og det trengs færre forskjellige verktøy enn tidligere. Alle skruer i understellet er M6 eller M8 sekskantskruer. Skøytestålene kan tas av kjelkene ved kun å løsne skruene og "skli" stålene ut uten å måtte ta ut skruene, noe som gjør det raskere og enklere å få de slipt (Figur 65).



Figur 64 - Gjenbruk av deler: rammeholderen brukes åtte steder på understellet



Figur 65 - Enkelt å ta av skøytestål for sliping

Landslagsspillerne syntes den nye kjelken så solid og gjennomført ut. "Den ser tøff ut, vi gleder oss til å ta den i bruk" uttrykte Værnes. Godt design er god reklame, og Paralympics i Sochi en viktig arena for å vise frem produktet og avgjørende for kommersiell suksess (Kleppe, 2013). Det vil derfor bli lagt mer vekt på design i slutten av utviklingsprosessen når alle funksjonene er på plass (høsten 2013).




13.6 Den nye kjelken vs. dagens kjelker

I dette delkapittelet sammenlignes den nye kjelken med kjelken som blir brukt av landslaget i dag (Proff), og den beste kjelken på markedet (Ballistic). Grunnlaget for sammenligningen er grunnbehovene til en god kjelke, med fokus på de to viktigste behovene for utøverne: respons og tilpasning. Sammenligningen fokuserer på de aspektene ved kjelkene som har blitt sett på som de viktigste i prosjektet. Prosjektet har gått ut på å forbedre disse aspektene, og tester viser at dette har blitt oppnådd, og derfor får den nye kjelken gode karakterer veien på alle punktene.

Det blir brukt en tilsvarende evaluering som i kapittel 4.3, *Dagens kjelker og utstysleverandører*, der ulike effekter ved kjelken vurderes etter hvor mye de **bidrar til god respons**. Skalaen er fra 1 - 6, der **1 er stort bidrag til svekket respons** og **6 er maksimalt bidrag til god respons**.

Tabellen vises på de neste sidene.

Tabell 23 – Sammenligning av den nye kjelken med Proff og Ballistic med fokus på respons og tilpasning

	Proff	Ballistic	Den nye kjelken
			
1. Respons			
Stivhet i kjelke	<p>Mye utbøying mellom understell og setet</p> <p>Karakter: 2</p>	<p>Lite utbøying innad i kjelken. Noe utbøying opptrer i riggen i koblingen mellom sete og understell</p> <p>Utøverne opplever at kjelken er stiv og responderer godt</p> <p>Karakter: 5</p>	<p>Ingen utbøying. Stiv setebunn og bred og riktig plassert setekobling hindrer utbøying mellom sete og understell. Stiv konstruksjon hindrer utbøying i understell. Utøverne opplever at kjelken er svært stiv og responderer svært godt på svingebevegelsene</p> <p>Karakter: 6</p>
Hofte-bevegelser	<p>Hofte roterer og vipper inne i setet</p> <p>Karakter: 3</p>	<p>Vippebevegelse inne i setet</p> <p>Karakter: 4</p>	<p>Rotasjon og vipping i setet forhindres av overliggende lårstøtter. Rotasjon forhindres også av sitteplaten som holder igjen sitteknutene. Solide stropper med rett plassering og stor kontaktflate hindrer vippebevegelse.</p> <p>Karakter: 6</p>
Bevegelse knær og lår	<p>Lår og knær beveger seg opp og ned og sideveis, og de vrir seg sideveis</p> <p>Karakter: 4</p>	<p>Lår og knær beveger seg opp og ned og vrir seg sideveis</p> <p>Karakter: 4</p>	<p>Knestøtten støtter opp under knærne, og sammen med med knestroppen holder de knærne fast mot bevegelser opp og ned. Midtstøtten og knestroppen hindrer sammen sideveis bevegelse og vridning av knær.</p> <p>Karakter: 6</p>
Stropper	<p>For smale, utilstrekkelig stramming og plassert for langt fremfor hofte</p> <p>Karakter: 3</p>	<p>For smale, utilstrekkelig stramming og plassert for langt fremfor hofte</p> <p>Karakter: 3</p>	<p>Svært kraftig strammekraft, strategisk plassert (hofte, lår og knær) og med god kontaktflate mot kroppen.</p> <p>Karakter: 6</p>
Karakter respons:	3	4	6

2. Tilpasning

- Vurderes etter tilpasningsmulighet og om respons opprettholdes i alle posisjoner

Setehøyde	Koblingen til setet mister stivhet om annen setehøyde enn 110 velges. Ekstra deler må legges til og vekt øker betydelig. Karakter: 2	Samme støtte av setet i alle høyder og dermed like god stivhet. Ingen ekstra deler, tilpasses i produksjon ved å kutte til understell i rett høyde Karakter: 6	Samme støtte av sete og knær i alle høyder og dermed like god stivhet. Ingen ekstra deler. Samme understell brukes til alle høyder, men kuttes til rett høyde. Karakter: 6
Knevinkel	Setet må vinkles og dette fører til bakoverlent seterygg som gir passiv sittestilling Karakter: 3	Setet må vinkles og dette fører til bakoverlent seterygg som gir passiv sittestilling Karakter: 3	Knestøtte sørger for knevinkel uten at setet behøver å tiltes. Kontinuerlig lengdejustering av knestøtte, to mulige standard høyder, der oppbyggingsplate i skum brukes for andre høyder. Strukturen er like stiv i alle posisjoner. Respons: 6
Passform i setet	Mykheten i setet gjør at det til en viss grad føyer seg til kroppen. Utøverne sitter behagelig, men de sitter ikke fast. Setet er formet slik at man ikke kommer skikkelig nedi, og det er rundt slik at man roterer inne i setet. Karakter: 3	Setet er støpt i en standardform i kroppsform. Plasten er såpass stiv at den ikke føyes, og den passer dermed ikke veldig godt. Karakter: 4	Hoftefestene kan enkelt justeres for å treffe øvre lårben på alle utøvere. Passer også de med asymmetrisk anatomi. Utøveren kan tilpasse sitteplaten slik at sitteknutene treffer hullene. Med dette holder setet alle utøvere fullstendig fast ved skjelettet. Karakter: 6
Karakter tilpasning:	2,7	4,3	6
Karakter totalt:	2,9	4,1	6

13.7 Intervju med testutøvere

To utøvere, Haglund og Værnes, som var med å teste prototypen (på Hønefoss i mai), ble intervjuet om hvordan de opplevde den nye kjelken. Oppsummert opplevde de økt respons på grunn av en stivere kjelke og at de satt svært godt fast til kjelken. De gledet seg begge til å se og prøve den endelige kjelken.

Bildeserien under er fra intervjuene. Intervjuet kan sees på Youtube (se link under bildeseriene), eller på CD som er vedlagt i den trykte utgaven av rapporten.



Figur 66 – Bildeserie fra intervjuet med Atle Haglund og Morten Værnes om den nye kjelken og deres opplevelse av testingen prototypen

Link til intervjuet på Youtube: <http://goo.gl/8HiMae>

Kommentar til filmen: Tradisjonelt omtaler utøvere alt som er under setet (ramme og understell) for *rammen*. Når de i filmen snakker om *rammen*, refererer de til det som i rapporten kalles *understellet*.

14 Evaluering av metodikk - Felles

Dette er en evaluering av metodikk for prosjektet som helhet, og den er lik i alle rapportene. Metodikk for deloppgavene ble omtalt tidligere i rapporten (kryssref).

I dette kapittelet er det gjort en evaluering på hvordan prosjektarbeidet som helhet ble strukturert og gjennomført.

Prosjektet ble hovedsakelig strukturert etter IPM-modellen (Hildre 2004), som deler prosessen inn i fem faser (Figur 67). Metoden ble valgt fordi prosjektdeltakerne hadde opparbeidet seg god erfaring med bruk av denne i prosjektarbeider tidligere i studiet, og de hadde erfart at den fungerte godt i produktutviklingsprosjekter lik dette prosjektet. Prosjektrapporten ble også hovedsakelig strukturert etter IPM-modellen.

(Den siste fasen i IPM-modellen, produksjonsforberedelse, blir gjennomført i et påfølgende prosjekt høsten 2013.)



Figur 67 – IPM-modellen (Hildre 2004)

I starten av prosjektet ble erfaringer og funn fra tidligere studier og samtaler med utøverne brukt til å identifisere de grunnleggende behovene til kjelken. Dette ble gjort for å enklere kunne bestemme hva som skulle være fokus i prosjektet, og ble gjort av prosjektdeltakerne samlet.

Deretter ble det gjennomført et møte med de mest sentrale personene i prosjektet: Svee (kaptein på landslaget), Sandbakk (Olympiatoppen Midt-Norge, oppdragsgiver), Blankenburg (veileder), Aasland (veileder i Forprosjekt 2012) og alle fire prosjektdeltakerne. På møtet presenterte prosjektdeltakerne funnene om de grunnleggende behovene til kjelken, og en kom sammen frem til hvilket behov som var det viktigste ved kjelken, og som skulle ha hovedfokus i prosjektet (respons). Deretter ble det bestemt hvilke områder på kjelken som skulle forbedres: Understell, setebunn og knestøtte, sete og fastspenning. Møtet ble holdt for å sørge for at målet ble riktig i forhold til visjonen til prosjektet, og at målet og prosjektet var godt forankret i forhold til utøverne og Olympiatoppen. I tillegg var det viktig å få presisert for alle partene hva som skulle være fokus og målet i prosjektet. Det ble også fastsatt viktige milepæler, for å sikre at alle parters viktige datoer ble tatt hensyn til i planleggingen av tidsplanen til prosjektet. Områdene på kjelken som skulle utvikles ble etter møtet fordelt mellom prosjektdeltakerne.

Siden to av prosjektdeltakerne, Kjærnli og Seim, allerede hadde arbeidet med kjelkehockeyprosjektet i tidligere prosjekter, ble det i starten av prosjektet satt av tid til å gi

de to "nye" prosjektdeltakerne, Kvasheim og Ålgård, en introduksjon til kjelkehockey og prosjektet. Dette ble gjort gjennom videoer, samtaler, informasjon fra *Forprosjekt 2012* og Kvasheim og Ålgård også fikk prøve kjelkehockey selv. Målet med tiltaket var at de raskt skulle få interesse og kunnskap om prosjektet og idretten. Mye av dette ble gjort samlet som en gruppe, både for teambuilding og for at introduksjonen skulle gå raskere. Tiltaket førte til at de "nye" deltakerne ble raskt engasjert og aktivt deltakende i prosjektet. Det var også et ønske at deltakerne jobbet parallelt i prosjektet, og da var det viktig å få de "nye" deltakerne raskt i gang. Deloppgavene var sterkt avhengige av hverandre, spesielt de tre tilknyttet setet og fastspenningen (deloppgave 2, 3 og 4). En parallell utvikling kunne gjøre det enklere å få løsningene til å fungere sammen, og bidra til å få en helhetlig og fungerende løsning.



Figur 68 – Ålgård og Kvasheim prøver kjelkehockey

Det ble også fokusert på at gruppen bestod av fire likeverdige deltakere, og ikke to "nye" og to "gamle". Et eksempel er bordplassering ved møter, der "gamle" og "nye" deltakere ble "blandet" og ikke ble plassert på hver sin side av bordet. Etter at dette tiltaket ble innført ble alle deltakerne merkbart mer aktive, og gruppefølelsen ble også forbedret.

For å sikre tett samarbeid og fremdrift benyttet gruppen et fast grupperom, med ett fast ukentlig møte og ellers møter ved behov. På det faste møtet ble siste ukes arbeid presentert, og det ble lagt en plan for arbeidet videre. Dette gjorde at gruppen hadde god kontroll på hva som var utført og hvordan prosjektet lå an i forhold til tidsplanen. Det faste møtet ble også sett på som viktig for å styrke gruppefølelsen, og ved å møtes måtte en også i større grad stå til ansvar for det arbeidet som var gjort den siste uken, og en kunne hjelpe hverandre dersom noen "stod fast". Totalt sett bidro dette til kontinuerlig fremdrift.

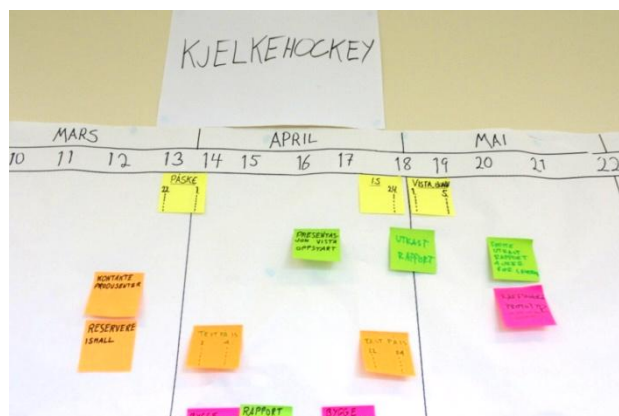


Figur 69 – Samarbeid i det faste grupperommet

Samarbeidet mellom prosjektdeltakerne ble kontinuerlig utnyttet til å generere og evaluere idéer, løsninger og konsepter. Idémyldring var en av metodene som ble mye brukt. Det var fokus på at grensesnittene mellom delene skulle stemme overens, og at det ble valgt løsninger som totalt sett ga det beste resultatet. Dette resulterte i helhetlige løsninger, der delene utnyttet hverandre i stedet for å gjøre den samme funksjonen dobbelt eller var et hinder for hverandre. Et eksempel er setebunnen, som ble avstivet for å løse et problem med utbøyning i understellet.

En ulempe med å dele opp oppgaven i fire deler, der hver av deltakerne fikk hver sin del av kjelken, var at enkelte deler og løsninger var avhengige hverandre. Et eksempel var fastspenningen, som var sterkt avhengig av utformingen på seteskallet, siden seteskallet bestemte hvor festepunktene til fastspenningsmekanismen kunne være. Dette ble løst ved at evaluering og valg, og delvis utviklingen, av konsepter og løsninger ble gjort som samarbeid og ble gjort samtidig for de ulike delene.

I starten ble det utarbeidet en fremdriftsplan ut fra viktige milepæler og begrensninger, og denne ble hengt opp på veggen i grupperommet. Planen ble oppdatert underveis, og bidro til god kontroll på fremdriften i prosjektet i forhold til milepælene, og var et sentralt bidrag til at viktige milepæler ble holdt.



Figur 70 – Oversikt over milepæler

For å sikre god informasjonsflyt og tilgang på tilgjengelig informasjon ble fildelingstjenesten Dropbox aktivt brukt. På denne måten hadde alle prosjektdeltakerne til enhver tid tilgang på oppsamlet informasjon og hverandres arbeider. Dette gjorde at alle hadde den samme informasjonen tilgjengelig til enhver tid, en kunne følge med på hverandres arbeid og det ble unngått å gjøre ting dobbelt. Sandbakk og Svee hadde også tilgang på denne Dropbox-mappen for å kontinuerlig kunne følge med på arbeidet. Ved kommunikasjon med interne og eksterne parter ble alle prosjektdeltakerne inkludert i e-post, og etter møter og telefonsamtaler ble det skrevet og sendt ut referat. Dette bidro til at alle til en hver tid var oppdatert og følte seg inkludert og det bidro til fremdrift i prosjektet.

Verkstedet på skolen ble aktivt brukt til bygging av funksjonsmodeller for å teste ut ideer og løsninger, og til bygging av prototypen til slutt. Testingen av funksjonsmodellene ble et viktig bidrag til prosjektet, og ble en av de viktigste metodene for å teste ut og evaluere ideer tidlig i prosjektet. Byggingen og testingen var tidkrevende, men ga nesten uten unntak resultater. Arbeidet i verkstedet ble gjort i fellesskap, noe som bidro til å sikre helheten i kjelken. Kompetansen til hver enkelt ble utnyttet for å bidra til effektiv fremdrift, men også til å øke kompetansen til hverandre. Dette økte interessen, motivasjonen og eierskapet til prosjektet. En kunne effektivisere verkstedarbeidet ved at kun de mest erfarne utførte arbeidet, men det ble vurdert at en totalt sett ville komme frem til best resultat ved at alle deltok.



Figur 71 – Arbeid i verkstedet

Lab- og istesting var sentralt i hele prosjektet. Når forbedringspotensial ble kartlagt i lab ble funksjonsmodeller laget og testet og deretter raffinert til gode løsninger. Løsningene ble så testet på is. De to testmetodene utfylte hverandre godt, ved at detaljer kunne studeres i testriggen i lab, og effekten av disse kunne utprøves på is. Validiteten til testene er usikker, da det var vanskelig å vite sikkert hvor mye en liten utbøying i rigg, som ble identifisert ved stor belastning, hadde å si for en reell sving på isen. Dette kan ha ført til at stivheten ble "overdimensjonert", men under istestene, som ble utført ved å sammenligne to ulike funksjonsmodeller med ulik stivhet, var det funksjonsmodellen som hadde høyest stivhet ved labtesten som også presterte best på isen. En annen usikkerhet ved testene er at det i stor grad ble benyttet subjektive målemetoder. Ved testing i rigg var det en person som så etter utbøyinger og bedømte hvor betydelige de var, uten objektive målinger. Ved istestene ble utøvernes "feeling" brukt som evaluering. Personlige preferanser kan variere og andre forutsetninger, som dagsform, kan påvirke resultatet. Likevel har disse testmetodene blitt sett på som de mest realistiske for å måle responsen til kjelkene, og forskjellene mellom ulike kjelker og ulike funksjonsmodeller har vært tydelige. Forbedringene blitt påvist både i rigg og på is, og flere utøvere har opplevd samme resultater.



Figur 72 – Istest med Øiseth i Leangen Ishall

Forankring var en viktig del av prosjektet, og de ulike interessentene ble oppdatert gjennom hele prosjektet. Utøvere fra landslaget og støtteapparatet ble oppdatert og involvert gjennom testing, møter og e-post, og prosjektdeltakerne deltok på samlinger. HandiNor (produsent) ble involvert gjennom jevnlig møter, e-post og telefonsamtaler. Olympiatoppen ble tett involvert gjennom hyppig kommunikasjon via e-post og telefon og jevnlig møter.

I mai deltok to av prosjektdeltakerne, Seim og Kjærnli, på konferansen *Vista 2013* i Tyskland, og Kjærnli holdt foredrag om utviklingen av den nye kjelken. *Vista* er en internasjonal forskningskonferanse for utvikling av kunnskap, teknologi og utstyr innenfor de paralympiske idrettene. Representanter fra Olympiatoppen og kjelkehockeyavdelingen i den internasjonale paralympiske komiteen (IPC) var til stede på konferansen, og var svært interessert i den nye kjelken. Et mål med presentasjonen var å bygge opp tillit hos IPC og utøvere om at den nye kjelken var et godt utviklet produkt, som tilfredstilte krav til regler og sikkerhet. Det var ønskelig å få frem at det var gjennomført en omfattende forskning som

resulterte i en stor mengde kunnskap om både idretten og utstyret, og som resulterte i en helhetlig produktkravspesifikasjon, og at dette vil bidra til både utvikling av utstyret og sporten. På *Vista 2013* var også representanter fra andre kjelkehockeylandslag tilstede. De kan være potensielle kunder eller nyttige kontakter ved kommersialisering i en senere fase av kjelkehockeyprosjektet.



Figur 73 – Den norske delegasjonen med prototypen under Vista 2013. Kjærnli, Sandbakk (Olympiatoppen), Seim, Aasland (NTNU) og Zahl Pedersen (Olympiatoppen)

Gjennom den jevnlige kontakten med de involverte partene ble løsninger diskutert og justert i en tidlig fase, noe som var viktig for å sikre at de ferdige løsningene skulle fungere for brukerne og ikke bare "på papiret". En annen viktig motivasjon for forankringen var å få spesielt utøverne, men også materialansvarlig og HandiNor, til å få tiltro til prosjektdeltakerne, utviklingsprosessen og den ferdige kjelken, for å sikre at kjelken ble tatt raskt i bruk etter ferdigstilling. Forankring hos Olympiatoppen var svært viktig siden de har finansiert store deler av kjelkehockeyprosjektet i form av lønn til sommerjobber (2012) og utstyrsutgifter, og vil finansiere deler av fortsettelsen av prosjektet (sommerjobber 2013).

15 Konklusjon - Felles

Dette er en felles konklusjon for hele prosjektet, og den er lik i alle rapportene.

Resultatet av prosjektet er en helhetlig prototype der det meste av kjelken er nyutviklet, og i tillegg enkelte funksjoner er helt nytt for hockeykjelker. Prototypen er testet av profilerte utøvere på det norske landslaget og har gitt svært tilfredsstillende resultater. I tester i lab og på is presterer kjelken bedre enn dagens beste kommersielle kjelke (Ballistic).

Landslagsutøverne får dette ut av den nye kjelken: Den nye kjelken har klart bedre respons enn kjelken utøverne på det norske landslaget bruker i dag (Proff). Dette er oppnådd gjennom bedre fastspenning av utøveren til kjelken og en stivere konstruksjon. Den største forbedringen er fastholdingen av utøveren inne i setet, noe som tidligere var mangelfullt. Utøvere med svært ulik anatomi sitter "som støpt fast" i den nye kjelen med samme oppsett og kun små justeringer.

Kjelken har også god tilpasningsdyktighet til ulike sitteposisjoner og funksjonsnedsettelse. Dermed sørger kjelken for å gi optimal sittestilling for alle, til tross for den store variasjonen av preferanser. Fastholdingsmekanismen av utøveren tar utgangspunkt i det som er hardt på kroppen og likt fra person til person: den holder fast i skjelettet. På denne måten sitter alle utøvere, uavhengig av anatomi, like godt fast i setet. Dette bekreftes av istesten der en utøver som var dobbeltamputert, utøvere med lammelser i bena og spastiske utøvere alle uttrykte at de satt "som støpt fast" i det samme setet. Dette er et viktig og unikt resultat av utviklingen, da alle utøverne tidligere har sittet løst i setet, og beveget seg inne i setet på flere måter. Det nye setet og fastholdingsmekanismene (stropper, overliggende lårstøtter, sitteplate, midtstøtte og knestøtte) har forhindret all bevegelse inne i setet og samme løsning fungerer på tvers av funksjonsnedsettelse og anatomi. Utøverne på det norske landslaget vil delta i de Paralympiske leker i Sochi 2014 med den beste kjelken på markedet.

Utøvere på det norske landslaget vil ha den beste kjelken i Paralympisc i Sochi, 2014.

Materialforvalterne får dette ut av den nye kjelken (sammenlignet med Proff): Den nye kjelken har færre ulike deler og færre varianter av delene, noe som reduserer delelageret til samlinger og turneringer. Antallet skruer og skruer varianter er redusert, noe som reduserer både delelageret og antall nødvendige verktøy. De fleste skruene er også plassert slik at det skal være enkelt å komme til for hånd.

Handinor (produsenten) får dette ut av den nye kjelken (sammenlignet med Proff): Handinor får en kjelke som (ut fra tester) er den beste kjelken på markedet. Dette er et stort løft fra Proff, som ble utviklet for 15 år siden og begynte å bli utdatert. De vil med den nye kjelken for det første kunne holde seg i markedet og i tillegg kunne bli ledende, gjennom å være leverandør av verdens beste kjelke. Samtidig får Handinor en kjelke som har færre ulike deler og det er

HandiNor vil styrke sin posisjon i markedet

færre varianter av delene, som gjør produksjon og montasje både enklere og rimeligere enn den tidligere kjelken (Proff). Den nye kjelken har også flere deler som kan produseres av HandiNor selv, noe som vil redusere produksjonskostnadene ytterligere.

Olympiatoppen (oppdragsgiver) får dette ut av prosjektet: Prosjektet er i tråd med Olympiatoppens visjon: Å styrke prestasjon på tvers av prestasjonsarenaer gjennom samarbeid. Olympiatoppen får forsterket sitt omdømme blant spillerne som bidragsyter til utvikling og forbedret prestasjon. De får styrket sitt samarbeid med NTNU og tilgang på spisskompetanse som blir nyttig i videre utstyrsutvikling.

Oppsummert anses det største og unike fremskrittet i dette prosjektet å være den svært faste og tilpasningsdyktige fastspenningen av utøveren. Utøverne har i andre kjelker aldri sittet så godt fast til kjelken, slik at svingebevegelser har gått tapt i slark mellom utøver og kjelke. Samtidig er den store tilpasningsdyktigheten, uten å svekke respons eller å øke produksjonskostnader vesentlig, en suksess med denne utviklingen. Viktigheten av rett sitteposisjon er kartlagt, og den blir ivaretatt for alle utøverne i den nye kjelken.

Det meste av de nye funksjonenes prestasjoner anses å være bekreftet gjennom tester og erfaringer fra dagens kjelker. Likevel gjenstår en del testing, spesielt med tanke på holdbarhet ved sammenstøt. Det gjenstår også noe raffinering av løsningene, spesielt knyttet til utforming av seteskall, integrering av sitteplate og overliggende støtter til øvre lårben i setet og utforming av knestøtten. Dette vil bli utført gjennom videre arbeid for Senter for Idrettsanlegg og teknologi (SIAT) ved NTNU (Kjærnli og Seim) og en masteroppgave (Ålgård) gjennom høsten 2013.

Konklusjonen blir at utviklingsarbeidet har vært vellykket, tester tyder på at dette er den beste kjelken på markedet og produktet samsvarer med produktkravspesifikasjon og tilhørende brukerkrav. Landslaget er fornøyd, produsenten er fornøyd, oppdragsgiver (Olympiatoppen) er fornøyd og prosjektdeltakerne er fornøyd.

Alle interessentene er fornøyd med prosessen og resultatet

Referanser

EiT 2012. *Utvikling av en ny kjelke til det norske kjelkehockeylandslaget.*

Prosjektrapporten er tilgjengelig fra Senter for Idrettsanlegg og teknologi (SIAT), NTNU.

Forprosjekt 2012. Forberedende masterprosjekt for Kjærnli og Seim. *Utvikling av en ny kjelke til det norske kjelkehockeylandslaget.* Prosjektrapport tilgjengelig fra Institutt for Produktutvikling og Materialer (IPM), NTNU

Hawkeswood, Jonathan (2011). A pilot survey on injury and safety concerns in international sledge hockey. *The International Journal of Sports Physical Therapy*. September 2011, s. 173.

HandiNor (2012). Diskusjon om deres erfaringer. (Samtale, HandiNor, Fetsund, 2. april)

HandiNor (2011). *Hockeykjelke*. Tilgjengelig fra:

http://handinor.no/images/brosjyrer/Hockeykjelke_Proff.pdf

Hawkeswood et al. (2011). A pilot survey on injury and safety concerns in international sledge hockey. *The international Journal of Sports Therapy*. Volume 6, Number 3.

Tilgjengelig fra:

<<https://www.spts.org/CMS/UI/Views/Text.aspx?page=68725&AspxAutoDetectCookieSupport=1>>

Hildre (2004). IPM-modellen, produktutviklingsmetodikk.

IPC (2012). *About The Sport*. Tilgjengelig fra:

<http://www.paralympic.org/icesledgehockey/About>

IPC (2010). *IPC Ice Sledge Hockey Classification Handbook*. Tilgjengelig fra:

<http://www.paralympic.org/IceSledgeHockey/RulesandRegulations/Classification>

IPC biografi. Informasjon om spillerne. Tilgjengelig fra:

<<http://www.paralympic.org/IceSledgeHockey/Athletes/Bios>>

IPC regler (2011). *IPC Ice Sledge Hockey Rules 2011-2014*. Tilgjengelig fra:

http://www.paralympic.org/sites/default/files/document/121009114625521_ISH%2BRulebook.pdf

Kleppe, Thor Erik (2013a). Om sin rolle i handikapidrett. (Telefonsamtale, Oslo, 22. juli)

Kleppe, Thor Erik (2013b). Kommersialisering av kjelkene. (Telefonsamtale, Oslo, 25. juni)

Kleppe, Thor Erik (2012). Diskusjon om regler og sikkerhet. (Samtale, Fetsund, 2. april)

Mason B, Portcellato L, van der Woude L, Goosey-Tolfrey V (2010). A qualitative examination of wheelchair configuration for optimal mobility performance in wheelchair sports: A pilot study. *J Rehabil Med*; 2010, 42: 141-149. Tilgjengelig fra: <www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20140410>

NASA man-systems integration standards. Volume I, Section 3, ANTHROPOMETRY AND BIOMECHANICS. Tatt i bruk: 12.04.2012 Tilgjengelig fra: <<http://msis.jsc.nasa.gov/sections/section03.htm>>

Nicholson, Todd (2013). Samtale med Todd Nicholson om kjelkeutvikling og erfaring fra det kanadiske landslaget. Nicholson er merittert utøver på det kanadiske landslaget og medlem av IPC (International Paralympic Committee) (Samtale, Bonn, Tyskland, 2. mai)

Nordstoga, Knut André (2013). Sammenstøt. (Samtale, HandiNor, Fetsund, 21. mai)

Sandbakk, Øyvind (2011): *Rapport kjelkehockeyprosjektet Olympiatoppen Midt-Norge. Intern rapport i Olympiatoppen.*

Shields, Richards K et al. (1998). Lumbar Support Thickness: Effect on Seated Buttock Pressure in Individuals with and without Spinal Cord Injury. *Physical Therapy*; 1992, 72:218-226. Tilgjengelig fra: <<http://ptjournal.apta.org/content/68/11/1682.long>>

Skålvik, Tommy (2013). Måling av hastighet i kjelkehockey. (E-post, 28. februar 2013)

Specialized Ass-O-Meter. Tilgjengelig fra: <http://media.thehubsa.co.za/forum/uploads/monthly_09_2012/post-615-0-30467500-1346758444.jpg>

Specialized Body Geometry. Informasjon om sitteknutene. Tilgjengelig fra: <<http://www.specialized.com/specs/spec.jsp?speccode=bodygeometrystsaddles>>

Svee, Stig Tore (2013). Spillere som er aktuelle for Paralympic i Sochi 2014 (Samtale, Trondheim, 25. april)

Svee, Stig Tore (2012b). Informasjon om kjelkehockey. (Samtale, NTNU, Trondheim, 19. desember)

Svee, Stig Tore (2012). Introduksjon til kjelkehockey. (Samtale, NTNU, Trondheim, 24. januar)

Unique (2012). Produsent av kjelkehockeyutstyr. Tilgjengelig fra: <<http://www.uniqueinventionsinc.com>>

Worden-Rogers, Cliff (2012). *Effect of sledge hockey configuration on sledge hockey performance*. Masteroppgave, The University of Western Ontario, London, Ontario,

Canada. Tilgjengelig fra:

<<http://ir.lib.uwo.ca/cgi/viewcontent.cgi?article=2079&context=etd>>

Værnes, Morten (2013). Preferanser på sittestilling. (Samtale, Toppidrettscenteret, Oslo, 8. mai 2013)

Wedley, Brendan (2009). Sledge hockey teams around the world turn to Peterborough company for sledges. *The Peterborough Examiner*. 23. Desember 2009.

<<http://www.thepeterboroughexaminer.com/2009/12/23/sledge-hockey-teams-around-the-world-turn-to-peterborough-company-for-sledges>>

Figurer:

Calgarysun.com. Kollisjon på isen. Tilgjengelig fra:

<http://storage.canoe.ca/v1/dynamic_resize/sws_path/suns-prod-images/1297349866265_ORIGINAL.jpg?quality=80&size=650x>

Commoms.wikimedia.org. Kollisjon på isen. Tilgjengelig fra:

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/40/Loyd_Remi_Johansen,_VM_Ostrava_2009.JPG/640px-Loyd_Remi_Johansen,_VM_Ostrava_2009.JPG>

Commoms.wikimedia.org. Hockeykøller til kjelkehockey. Tilgjengelig fra:

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c2/Sled_hockey_sticks.jpg>

Facebook.com/icesledgehockey. De første hockeykjelkene. Tilgjengelig fra:

<https://fbcdn-sphotos-d-a.akamaihd.net/hphotos-ak-ash4/p480x480/419324_351538291553428_596210634_n.jpg>

Medicalrf.com. Nervesystemet i nederste del av kroppen. Tilgjengelig fra:

<http://www.medicalrf.com/The-nerves-of-the-lower-limb-image_RF000020456.html>

Newyorkfestivals.com. Sometimes you have to look down to find someone to look up to. Tilgjengelig fra:

<<http://www.newyorkfestivals.com/worldsbest/2011/pieces.php?iid=421096&pid=2>>

Noelkingsley.com. Sitteknuter. Tilgjengelig fra:

<<http://www.noelkingsley.com/blog/ischial%20tuberosities.bmp>,http://www.noelkingsley.com/blog/archives/2007/06/sitting_a_pain.html>

Ntnu.no/toppidrettsforskning. Svee i duell på isen. Tilgjengelig fra:

<<http://www.ntnu.no/toppidrettsforskning/prosjekter>>

Paralympic.org. Norway Ice Sledge Hockey Team. Tilgjengelig fra:

<<http://www.paralympic.org/image/norway-ice-sledge-hockey-team>>

Superstock.com. Blodårene i nederste del av kroppen. Tilgjengelig fra:

<<http://www.delivery.superstock.com/Image/1832/Thumb/1832R-6596.jpg>>

Tyleringram.com. Håndtering av puck. Tilgjengelig fra:

<<http://www.tyleringram.com/blog/2010-paralympic-winter-games-ice-sledge-hockey>>

Uniqueinventions.com/Ballistic. Kjelken Ballistic. Tilgjengelig fra:

<http://www.uniqueinventionsinc.com/index.php?option=com_content&view=article&id=17&Itemid=23>

Zimbio.com. Norsk kjelkehockeyspiller. Tilgjengelig fra:

<<http://www1.pictures.gi.zimbio.com/Paralympic+Winter+Games+Day+Six+RkZEc9oGmL1l.jpg>>

NORGES TEKNISK-
NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET
INSTITUTT FOR PRODUKTUTVIKLING
OG MATERIALER

**MASTEROPPGAVE VÅR 2013
FOR
STUD. TECHN. ANDERS SEIM**

**ISHOCKEYKJELKE - Setebunn og knestøtte
Ice Hockey Sledge**

Oppgaven er en del av et større prosjekt i regi av Olympiatoppen med formål å øke prestasjonen til det norske kjelkehockeylandslaget frem mot OL i Sochi 2014. Utstyret har stort forbedringspotensial og optimalisering av kjelken vil kunne bidra til bedre prestasjoner.

Hovedfokuset i prosjektet er forbindelsen mellom spilleren og isen, slik at det oppleves raskere respons ved sving, stopp og akselerasjon. Dette innebærer forbedringer og nye løsninger for disse delene av kjelken:

1. Understell
2. Setebunn og knestøtte
3. Seteutforming
4. Innfesting av spilleren

Prosjektet er delt inn i fire oppgaver mellom tre masterkandidater og en prosjektkandidat.

Prosjektet gjennomføres i samarbeid med HandiNor som produsent av dagens kjelke og viderefører arbeidet utført i EiT og i prosjektoppgaver gjennom 2012 ved NTNU.

Fokuset i denne oppgaven er: Setebunn og knestøtte, og omfatter også koblingen av setet til understellet (setekobling).

Oppgaven omfatter følgende punkter:

1. Analyse og beskrivelse av produkt, teknologi og marked
2. Inngående beskrivelse og verifisering av det tekniske grunnlaget for arbeidet
3. Utvikling av nødvendige spesifikasjoner som grunnlag for arbeidet
4. Utvikling, evaluering og presentasjon av alternative konsepter
5. Valg og videre detaljering av det mest lovende konsept
6. Bygging og testing av nødvendige funksjonsmodeller
7. Raffinering av konseptet
8. Integrasjon av resultatene fra de fire oppgavene for å oppnå et helhetlig og raffinert konsept.
9. Evaluering og presentasjon av resultatene
10. Evaluering av valgt metodikk og resultatene

Oppgaven skal aktiv ta i bruk PU - journal.

Besvarelsen skal ha med signert oppgavetekst, og redigeres mest mulig som en forskningsrapport med et sammendrag på norsk og engelsk, konklusjon, litteraturliste, innholdsfortegnelse, etc. Ved utarbeidelse av teksten skal kandidaten legge vekt på å gjøre teksten oversiktlig og velskrevet. Med henblikk på lesning av besvarelsen er det viktig at de nødvendige henvisninger for korresponderende steder i tekst, tabeller og figurer anføres på begge steder. Ved bedømmelse legges det stor vekt på at resultater er grundig bearbeidet, at de oppstilles tabellarisk og/eller grafisk på en oversiktlig måte og diskuteres utførlig.

Senest 3 uker etter oppgavestart skal et A3 ark som illustrerer arbeidet leveres inn. En mal for dette arket finnes på instituttets hjemmeside under menyen masteroppgave (<http://www.ntnu.no/ipm/masteroppgave>). Arket skal også oppdateres en uke før innlevering av masteroppgaven.

Besvarelsen skal leveres i elektronisk format via DAIM, NTNUs system for Digital arkivering og innlevering av masteroppgaver.

Kontaktpersoner:

Øyvind Sandbakk, Olympiatoppen
Stig Tore Svee, landslagskaptein



Torgeir Welo
Instituttleder



Detlef Blankenburg
Faglærer

Utbrettark 1

Grunnbehov

- G.6. Respons:** Kjelken skal utformes slik at den responderer godt til svingebevegelsene til utøveren. (Primært behov)
- G.7. Tilpasning:** Kjelken skal kunne tilpasses slik at utøverne, uavhengig av anatomi, opplever god respons. (Sekundært behov, må være på plass)
- G.8. Sammenstøt:** Kjelken skal tåle ytre påkjenninger og beskytte utøveren (sekundært behov, må være på plass)
- G.9. Reglement** (Absolutt, må være på plass)
- G.10. Øvrige behov:** Lav vekt, komfort, produksjon/montasje/reparasjon, isansamling og rust, design

Brukere

Landslagsutøvere:

STS	Stig Tore Svee, 15 sesonger
MV	Morten Værnes, 13 sesonger
AH	Atle Haglund, 20 sesonger
ES	Emil Sørheim, 3 sesonger
OBØ	Øla Bye Øiseth, Rekrutt
REP	Rolf Einar Pedersen, 15 sesonger
KAN	Knut-André Nordstoga, 11 sesonger
JRK	Jan Roger Klakegg, 4 sesonger
KCH	Kjell Christian Hamar
JJ	Jon Jenshagen

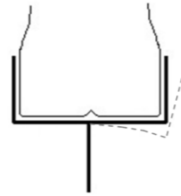
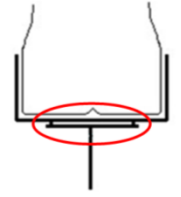
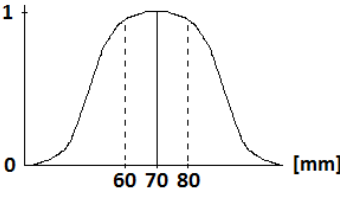

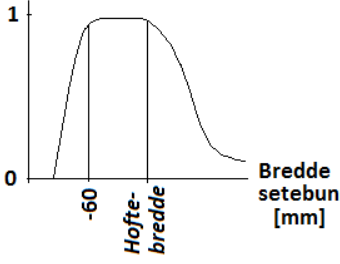
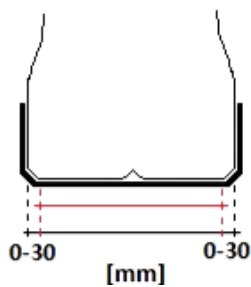


Støtteapparat:



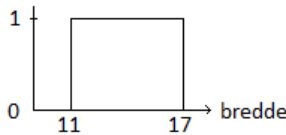
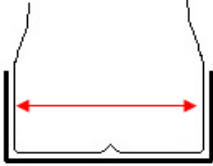
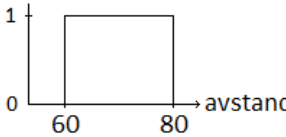
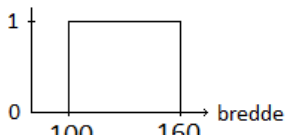
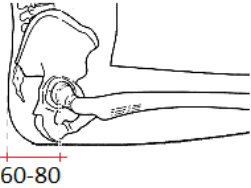
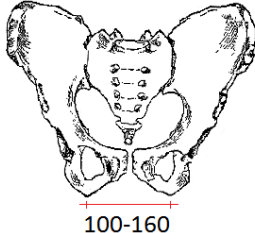
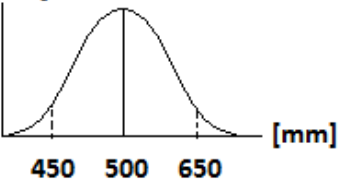

AS	André Syversen, Materialforvalter
----	-----------------------------------

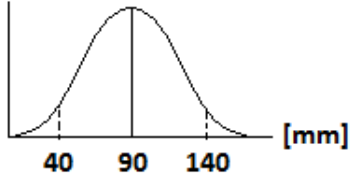
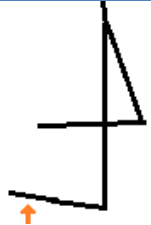

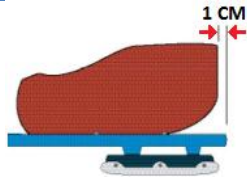
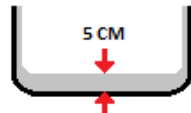
Produsenter:


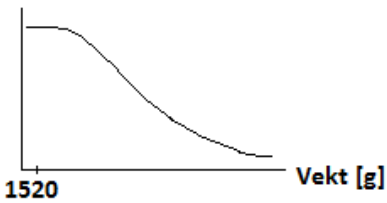
TEK	Thor Erik Kleppe, Handinor
EEW	Ernst Egil Wold, Handinor
R	Reglement

UTBRETTARK 2 Produktkravspesifikasjon Deloppgave 2 - Setebunn og knestøtte

Brukerkrav/regelkrav	Produktkrav	Illustrasjon
1. Respons		
1.1 Setebunnen under rumpen til utøveren må ha høy stivhet for å overføre styrebevegelsene uten tap av krefter eller forsinkelse. (STS, MV)	Standardisert riggtest: Utbøyinger i skal ikke være synlige i setebunnen Standardisert istest med landslagsutøvere: Skal ikke føle at kjelken gir etter	
1.2 Det skal ikke opptre utbøyning i overgangen mellom setebunn og understell ved utføring av svingebevegelser (STS, MV)	Standardisert riggtest: Utbøyinger i skal ikke være synlige i overgangen mellom setebunn og understell Standardisert istest med landslagsutøvere: Skal ikke føle at kjelken gir etter	
1.3 Setet skal kobles til understellet der utøvernes sitteknuter hviler mot setebunnen. (REP, STS, MV)	Setekoblingen skal plasseres 70 mm foran setets nullpunkt. 	
1.4 Setebunnen må være bred nok til at utøveren kommer seg godt ned i setet, og oppnår god kontakt med setebunnen. (STS)	Bredde på setebunnen skal være tilnærmet lik hoftebredden til utøveren, 0 – -60 mm 	
1.5 Bakre del av skal være horisontal eller vinklet fremover for å bidra til en fremoverlent og mer aggressiv sittestilling. (MV)	Setebunnen under rumpen til utøveren skal være horisontal eller vinklet fremover	
1.6 Hindre at utøverne sklir fremover i setet (AH, JJ)	Standardisert istest med landslagsutøvere: Utøverne skal ikke føle at de sklir fremover i setet	

<p>1.7 Hindre sideveis rotasjon av hofta inne i setet (<i>REP, STS, MV, AH</i>)</p>	<p>Standardisert istest med landslagsutøvere: Utøverne skal ikke føle at de roterer sideveis (om x-aksen) inne i setet</p>	
<p>1.8 Utøverne med ett eller to ben, eller amputasjoner nedenfor knærne, må støttes opp ved knærne for å hindre vertikal og horisontal bevegelse av dem (<i>STS, MV</i>)</p>	<p>Standardisert riggtest: Det skal ikke være synlig bevegelse av knærne Standardisert istest med landslagsutøvere: Utøverne skal ikke føle at knærne beveger seg i forhold til kjelken</p>	
<p>2. Tilpasning</p>		
<p>2.1 Setene må tilbys i bredder som dekker alle utøvernes behov (<i>STS, MV</i>)</p>	<p>Setebredde (innvendig): 11-17"</p> 	
<p>2.2 Setebunnen må tilpasses slik at utøverne får god støtte og fastholding ved rumpe, uavhengig av anatomi (<i>STS, MV, AH</i>)</p>	<p>Avstand rygg-sitteknute: Varierer mellom 60-80 mm</p>  <p>Bredde sitteknuter: Varierer mellom 100-160 mm</p> 	 
<p>2.3 Knestøtten må kunne posisjoneres riktig til hver enkelt utøver (<i>STS, MV</i>)</p>	<p>Posisjon lengde: Mellom 450-650 mm fremfor setets nullpunkt, med justering på 50 (+/- 10) mm.</p> <p>Utøvere [antall]</p>  <p>Posisjon høyde: Mellom 40-140 mm høyere enn setets nullpunkt.</p>	

	<p>Utøvere [antall]</p> 	
<p>2.4 Utøvere med amputasjon over knærne må støttes ved låret i stedet for knærne (STS, MV, AH)</p>		
<p>2.5 Knebeskytterne som ut utøverne bruker må ikke komme i konflikt med knestøtten (STS, MV)</p>		
<p>3. Sammenstøt</p>		
<p>3.1 Setebunnen, setekoblingen og knestøtten må tole sammenstøt</p>	<p>Testes ved bruk i kampsituasjon på landslagsnivå av 3 utøvere. Skal tåle 5 kamper uten at setebunnen, setekoblingen eller knestøtten har fått skader som gjør at de ikke lengre oppfyller sin funksjon.</p>	
<p>4. Regelverk</p>		
<p>4.1 Setet kan lages av hvilket som helst egnet materiale. (R)</p>		
<p>4.2 Setet skal ikke ha skarpe kanter. (R)</p>	<p>Kjelken må bli godkjent i juriens kontroll før kamp</p>	
<p>Maks 1 cm av rammen kan stikke ut bak setet. (R)</p>	<p>Maks 1 cm av rammen kan stikke ut bak setet</p>	
<p>4.3 Polstringen inne i setet må ikke overstige 5 cm. (R)</p>	<p>Polstringen inne i setet må ikke overstige 5 cm</p>	
<p>5. Øvrige behov: Komfort</p>		
<p>5.1 Komforten må være god nok til at den ikke går ut over prestasjonsevnen, ved at det oppstår</p>	<p>Utøverne skal klare å bruke kjelken minst en periode á 15 minutter uten at det går ut over prestasjonsevnen, de</p>	

<p>ubehag under bruk eller de får varige mén (STS, MV)</p>	<p>får skader ved rumpe, lår og knær (gnagsår, muskelskader) spasmer eller stoppet blodtilførsel.</p> <p>Det skal ikke stikke skarpe eller harde kanter og flater opp fra setebunnen som er i kontakt med rumpen til utøveren.</p>	
<p>6. Øvrige behov: Produksjon, montasje og vedlikehold</p>		
<p>6.1 Produksjon som er lønnsom økonomisk i forhold til produksjonsvolum og som kan utføres av HandiNor eller deres underleverandører (EEW, AS)</p>	<p>Produksjonsmetoder:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Manuell sveising, boring, kutting, bøyning og fresing 2. Vannskjæring 3. CNC-fresing 4. Bygging i kompositt av glassfiber eller karbon m/kjerne <p>Montasje:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Skruer eller standard deler <p>Tid for montering av komplett sete eller knestøtte: 15 minutter</p>	
<p>6.2 Få ulike deler og få varianter av delene (AS, EEW)</p>	<p>Maksimalt antall varianter av deler: 7</p>	
<p>7. Øvrige behov: Vekt</p>		
<p>7.1 Lav vekt er ønskelig når det ikke går på bekostning av stivhet og respons (STS)</p>	<p>Vekt på komplett sete: Under 1520 g</p> <p>Prestasjon</p> 	
<p>8. Øvrige behov: Design</p>		
<p>8.1 Tøft, helhetlig design, som gir inntrykk av at delen er solid (Alle utøvere på Utbrettark 1)</p>		