



Utveckling av innebandyblad

Development of floorball blades

Examinationsarbete inom maskinteknik

Författare: *Ahmed Hashi, Arian Rexhepi*

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP

CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Gothenburg, Sweden 2020

www.chalmers.se

Förord

Detta examensarbete har utförts mellan 3 mars - 31 maj och den består utav 15 högskolepoäng. Arbetet är utfört av studenter i Chalmers tekniska högskola inom maskiningenjörsprogrammet, 180 hp, med inriktning inom konstruktion. Examensarbetet har givits som uppdrag av företaget CHURCHVILLE AB.

Stort tack ges till Christer Persson, handledare och examinator från institutionen för industri- och materialvetenskap på Chalmers. Vi vill även tacka våra två handledare från CHURCHVILLE AB, David Anselmby och Johan Lindberg.

Abstract

The project comprises of the creation of unique Deemonz floorball blades for different playing styles. The approach for the project was to first define the problem (the reason to why new floorball blades need to be made) and create boundaries that were important to gain further in-depth knowledge and quality-oriented work. Furthermore, a market study was conducted in order to provide great knowledge on the topic of floorball blades and IFF's floorball-blade rules (these were carefully researched and then added to the requirements). Subsequently, a customer survey was created through an interview with floorball players and communication with the company that issued the assignment. This further provided that a requirement specification could be created to specify the limitations on the blade. Afterwards, the concept generation phase began, in which concepts were created through brainstorming and these concepts were analyzed in order to then be able to choose the most suitable concepts to proceed with. Three different concepts were selected and these were further analyzed by CAD modeling and then stress and deformation analysis could be performed. Thereafter, a final concept was chosen to proceed with and this concept was improved by altering the properties. This resulted in a final model that fits different types of floorball players, depending on the hook and scaling.

Sammanfattning

Projektet omfattar framtagandet av unika Deemonz innebandyblad för olika spelstilar.

Tillvägagångssättet för projektet var att först definiera problemet (anledningen till varför nya innebandyblad behöver genereras) och skapa avgränsningar som var viktiga för att kunna få ett mer fördjupad och kvalitetsinriktad arbete. Vidare så gjordes en marknadsundersökning som skulle ge bra kunskap i ämnet om innebandyblad samt IFFs innebandyblad regler (dessa forskades noggrant och sedan lades till i kraven). Därefter gjordes en kundundersökning genom intervju med innebandyspelare och kontakt med företaget som gav ut uppdraget. Detta gav vidare i att en kravspecifikation kunde skapas för att specificera begränsningar på bladen. Sedan inleddes konceptgenereringsfasen där det skapades koncept genom brainstorming och dessa koncept analyserades för att sedan kunna välja de mest passande koncept att gå vidare med. Tre olika koncept valdes och dessa analyserades vidare genom CAD-modellering och därefter kunde spänningsanalyser och deformationsanalyser utföras. Därefter valdes ett slutligt koncept att gå vidare med och detta koncept förbättrades genom att ändra på egenskaper. Detta resulterade i en slutmodell som passar olika typer av innebandyspelare, beroende på hook och skålning.

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	2
1.3 Frågeställningar	2
1.4 Avgränsningar	2
1.5 Metod	3
2 Förundersökning	5
2.1 Marknadsundersökning	5
2.1.1 Konkurrerande producenter och lösningar	5
2.2 Kundbehovslista	7
2.3 Intervju	8
2.4 IFF-regler	9
2.5 Förbättringsområde	9
2.5 Funktionsanalys	11
2.6 Kravspecifikation	12
2.7 Materialval	12
3 Framtagning av koncept	15
3.1 Idégenerering	15
3.2 Konceptkatalog	15
4 Vidareutveckling av koncept	21
4.1 Val av koncept	21
4.2 CAD-modellering	21
4.2.1 Modellering av de tre koncepten	22
4.3 Spänningsanalys	22
4.3.1 Lastfall	23
4.3.2 Spänningsanalys av koncept 4	24
4.3.3 Spänningsanalys av koncept 6c	26
4.3.4 Spänningsanalys av koncept 8b	26
4.4 Deformationsanalys	27
4.5 Slutdesign och konstruktion	28
4.5.1 Ribbor	29
4.5.2 Ram	29
4.5.3 Infästning	30
4.7 Slutsats	30
5 Diskussion	32

Referenser	34
Bilagor	36
Bilaga I - Intervjufrågor	36
Bilaga II - Kolfiber	37
Bilaga III - CES diagram	38
Bilaga IV - Effektiv- och huvudspänningar på koncept 6c	39
Bilaga V - Effektiv- och huvudspänningar på koncept 8b	40
Bilaga VI - Deformationer av koncept 4	41
Bilaga VII - Deformationer av koncept 6c	42
Bilaga VIII - Deformationer av koncept 8b	43
Bilaga IX - Slutmodell i olika vinklar	44

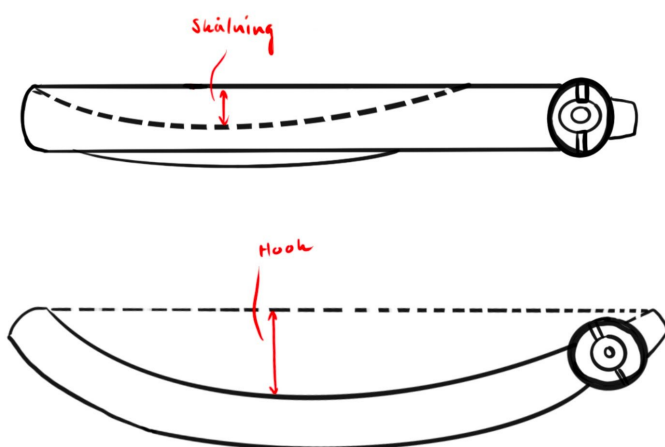
1 Inledning

Här ges en omfattande introduktion till projektet genom att diskutera projektets bakgrund, syftet med arbetet, vilka frågeställningar som skall besvaras, vilka avgränsningar som har gjorts och metodiken bakom hela projektet.

1.1 Bakgrund

Innebandy är en av Sveriges största och mest älskade inomhussporter. Innebandyspelarens verktyg är givetvis innebandyklubban och den består av ett skaft och ett blad. För att man ska kunna briljera på planen krävs det ett väl utvecklat och utformat innebandyblad, anpassad specifikt till spelarens behov, som tar hänsyn till bland annat bladets styvhet samt böjning.

Det har givits i uppdrag av Churchville AB att förbättra utformningen av deras innebandyblad samt val av material som passar till olika spelstilar och som gör att nedre delen av bladet slits mindre. Churchville AB, som start upp aktör, vill bredda sitt utbud med nya produkter på marknaden. Den stora skillnaden för innebandyblad som uppfyller krav för olika spelstilar, t.ex. den som skjuter mycket, den som passar bäst och ett allround blad ligger i bladets skålning och hook. Nedan i *Figur 1* visas skillnaden på bladets hook och skålning är.



Figur 1 - skålning och hook

Skålningen är alltså den konkava böjningen över rutnätet/ribborna mellan ramen (det utsida bladet som omsluter hela innebandybladet). Hooken är istället en konkav böjning som böjer hela bladet åt en direction. Båda dessa egenskaper kan hjälpa med bollkontrollen.

1.2 Syfte

Uppdragets syfte är att skapa unik Churchville AB visuell design samt konstruktion och materialval som adderar värde till olika spelstilar.

1.3 Frågeställningar

För att kunna utföra projektet på ett strukturerat vis så har frågeställningar skapats.

Frågeställningarna är specifikt till för att ange vad som tydligt vill bli besvarat med detta projekt. Dessa frågeställningar skall besvaras genom rapportens gång:

- Hur ska innebandybladen utformas för bästa möjliga resultat utgående från olika spelstilar?
- Vilket material är lämpad bäst för respektive spelstil: skjutningsspel, passningsspel och allroundspel

1.4 Avgränsningar

Den större avgränsningen i detta projekt är att det läggs ingen fokus på skaftet av klubban, det vill säga endast bladet analyseras och görs studier på. Den enda hänsynen som har tagits till skaftet är vid design av bladets fästningsdimensioner för att passa skaftet.

En annan avgränsning är att skapning av prototyper av de olika bladen i önskat material har ej gjorts eftersom givna resurser inte tillåter detta. Detta ger även vidare i att det har ej gjorts en helt omfattande studie på hur bladen kommer att tillverkas, utan detta är produktionens uppgift. Detta innebär att tillverkningsmetoder har inte varit i åtanke vid brainstorming och sedan vidare till design av koncept. Flera avgränsningar på beräkning av bladets hållfasthet har även gjorts. Försummelser av lastfall så som innebandybollens påverkan i kontakt med

bladet och luftmotståndskrafter har gjorts. Kostnadskalkyl och tillverkningsprocess avgränsas här på grund av att data saknas.

1.5 Metod

Arbetets genomförande följer väl använda metoder inom produktutveckling. Hur metoderna används, beskrivning till dessa samt vad de tillför projektet återfinns nedan. För att kunna följa utvecklingsprocessen samt kunna gå tillbaka och eventuellt ändra, om så önskas, är det ytterst viktigt att arbeta metodiskt från start. De omfattande metoder som har använts i arbetet är följande:

Kundundersökning - Här görs en kundbehovslista för att förtydliga vad en kund bedömer är önskvärt och vad som personligt anses vara ett krav med innebandyblad

Marknadsundersökning - Används för att analysera marknaden av innebandyblad. Görs bedömningar på innebandyblad för att se vilka som är starka konkurrenter.

Kravspecifikation - Här beskrivs alla krav och önskemål i en tabell för att tydliggöra vad begränsningarna vid framtagningen av innebandybladet är. Dessa krav och önskemål samlas som resultat av från kund- och marknadsundersökning.

Materialval - Lämpliga material till innebandyblad undersöks här med hjälp av bland annat CES EduPack.

Idégenerering - Detta inleddes efter alla undersökningar och för att generera idéer så utfördes det en s.k. brainstorming, en metod som gör att idéer genereras mycket fritt med få begränsningar i baktanke vid idégenerering. Därefter skapades koncepten efter förfining av brainstormings-idéerna.

CAD-modellering - Vid detta stadiet så hade ett antal koncept redan valts att arbeta vidare med och dessa koncept modellerades 3-dimensionellt med Autodesk Inventor. Med hjälp av detta så kunde även vikt och masscentrum för olika material fås.

Spännings- och deformationsanalys - Spänningar och deformationer simuleras med hjälp av inbyggda FEM-funktioner som gör beräkningar av CAD-modeller. Detta gav bland annat bra förståelse av svaga punkter och därmed vad som kan förändras ytterligare.

2 Förundersökning

Problemundersökning har genomförts för att ge en klarare bild av uppgiften till hands.

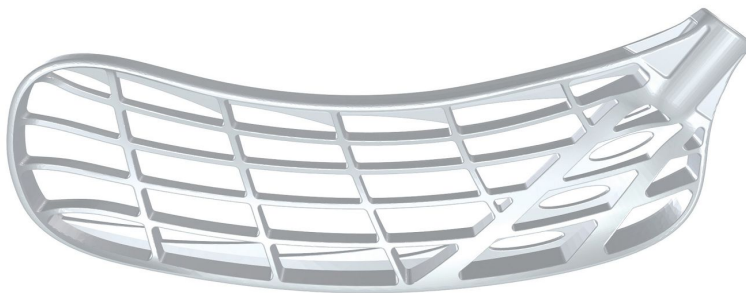
Eftersom det behövs kunskap och information om innebandy inleddes arbetet med att samla in information från nätet, telefonsamtal med uppdragsgivare, analys av utbud på marknaden (genom bland annat besök på butiker, material från uppdragsgivaren och konkurrentanalyser) samt intervju med erfarna innebandyspelare.

2.1 Marknadsundersökning

En väsentlig del av förundersökningen är en marknadsundersökning av innebandyblad. För att kunna designa och konstruera ett konkurrerande blad behövs förkunskap om produkter ute på marknaden idag. En marknadsundersökning kan ge stor kunskap gällande goda och svaga egenskaper som ett specifikt innebandyblad har. Man kan exempelvis utveckla bra idéer som har gått in i konstruktionen av ett blad eller även konstruera lösningar på sämre idéer.

2.1.1 Konkurrerande producenter och lösningar

De stora konkurrenterna inom produktion och försäljning av innebandyblad är Fat Pipe, Oxdog, Unihoc, Salming och Zone. Fat Pipe har flera unikt designade blad i marknaden med robusta former som ger stabil struktur och passar ofta till de som kör mycket skjutningsspel på banan. Ett utmärkt exempel på denna typ av blad är deras PWR-blad. Se *Figur 2* nedan.



Figur 2 - PWR-blad från Fat Pipe

Den stabila strukturen ges av bladets flera böjda innerblad samt dess förstärkta ram med extra innerblad för att ge en högre hållfasthet vid kanterna. Materialet som används på detta blad är PP vilket ger en mjukare "spelkänsla". Kombinationen av strukturen och materialet gör detta till ett skjut/allround blad som fungerar till olika spelstilar.

Unihoc är det världsledande företaget inom innebandyutrustning idag och företaget har mycket populära blad. Unihocs och Zones blad har många liknelser så som simplicitet och stilrena designer. Se *Figur 3a & 3b* nedan för två av deras blad.



Figur 3a - Unihoc Sonic



Figur 3b - Zone Monster Air

Båda blad i *Figur 3a & 3b* har mer eller mindre samma design på ribborna och den okomplicerade designen möjliggör snabbare hastigheter, dvs. starkare skott, på grund av inga stängda ytor som förstärker luftmotståndet. Ett annat sätt att ge bättre slagskott är genom att minska friktionen mellan golvet och bladet vid impakt. Detta har flera blad bra lösningar på. Exempelvis så finns Exel Air Blade som har ribbor på underdelen av bladets ram för att minska kontakt med golvet och för att låta luft komma igenom undersidan. Se ribborna på bladet i *Figur 4* nedan.



Figur 4 - Exel Air Blade

Andra mycket viktiga egenskaper som adderar till funktionen av innebandyblad är givetvis hooken och skålningen. Allmänt så gäller det att blad som fungerar bättre för passningspel gynnas av mindre hook och skålning medan skjutarblad gynnas av större hook- och skålningsradier. allround/passningsblad har ungefärlig skålningsdjup på 8-9 mm medan skjutarblad har skålningsdjup på 10-12 mm (12 mm är max skålningsdjup för IFF-godkända blad, se kravspecifikation). Se *Figur 1* för tydlig särskiljning mellan hook och skålning.

2.2 Kundbehovslista

Produkten kommer att brukas av innebandyspelare och därmed ska innebandybladet uppfylla krav för olika spelstilar så som att skjuta, passa eller för allround spelning, skillnaden ligger i innebandybladets skålning och hook. Då spelaren själv monterar bladet med skaftet är det viktigt att monteringen är enkel. Innebandybladet ska inte väga mycket samt möjliggör att värma upp plasten för att få till hook. Design, mönster och färger är viktiga parametrar som spelare är intresserade av vid köp av innebandyblad/klubba.

Nedan i *Tabell 1* beskrivs några kundbehov som har genererats genom kontakt med kund. De tolkade kundbehoven är direkta tekniska tolkningar av vad de uttalade kundbehoven innebär eller vad som behövs göras.

Tabell 1 - Tolkad kundbehovslista

Uttalade kundbehov	Tolkade kundbehov
Lätt att montera	Okomplicerad fästningsmekanism
Möjligt att göra hook	Medger uppvärmning
Stå emot skott	Hög hållfasthet
Väga minimalt	hitta lätt material
Är vattentålig	ex. plast

Bollen skall inte studs mycket	Styvt material
Bra bollgrepp	Medelskålning och förhook
Lätt blad, lägre friktionskraft	Vridstyvt material

2.3 Intervju

Det har skapats en lista med lämpliga frågor att ställa om innebandyblad. Dessa frågor ställdes i intervjuer till teknikstudenter och innebandyspelare på Chalmers innebandyförning, i en intervju med en f.d professionell innebandyspelare samt till olika personer arbetandes på innebandy butiker som besöktes i Göteborg. Intervjufrågor finns i *Bilaga I*.

Intervjun med f.d professionella innebandyspelaren gav god klarhet av bland annat att hårdhet och styvhet samt skålning och hook är viktiga parametrar som man bör ha i åtanke under utvecklingsprocessen av innebandybladet. Viktig information som samlades var enligt följande:

Slagskott - relativt hårt blad, för maximal kraft.

Dragskott - bladet fungerade vilket som.

Handledsskott - gärna ett hårdare blad.

Drag/slagskott används mest av försvarare medan handledsskott används av anfallare på grund av att anfallaren vill ansluta snabbare medan försvarare har ofta mer tid. Vikt och färg är också viktiga aspekter, till och med ofta avgörande vid inköp. Därför är det viktigt att välja material med lägre densitet samt blad som möjliggör färg för att tillfredsställa kunder och stå emot konkurrensen i marknaden.

2.4 IFF-regler

IFF är den internationella organisationen som bestämmer vilka regler som gäller för sporten och de bestämmer bland annat hur innebandybladet skall utformas i hela världen inklusive i Sverige. IFF (2019). Alla innebandy utrustningar testas och kontrolleras av Sveriges Tekniska Institut (SP) för att uppfylla kraven och vara godkända enligt IFF bestämmelser. se *Bilaga II* om innebandyblad. SP (2020)

De specifika regler på innebandyblad som IFF har mått på beskrivs i “Material Regulations”, skriven av RISE, Research Institute of Sweden RISE(2020). De regel-mått som står med i dokumentet är mått för bladets radie, rundning på bladsarg, bladets längd, bladets tjocklek, bladets höjd, hook och bladets skålning. Där står det även att synliga sprickor, frakturer eller lösa delar som ramlar av bladet bör inte ske samt att bladet får inte avge en avfärgning på mer än 10 % på golvytan. Alla dessa krav är med i kravspecifikationen. Se *Tabell 3*.

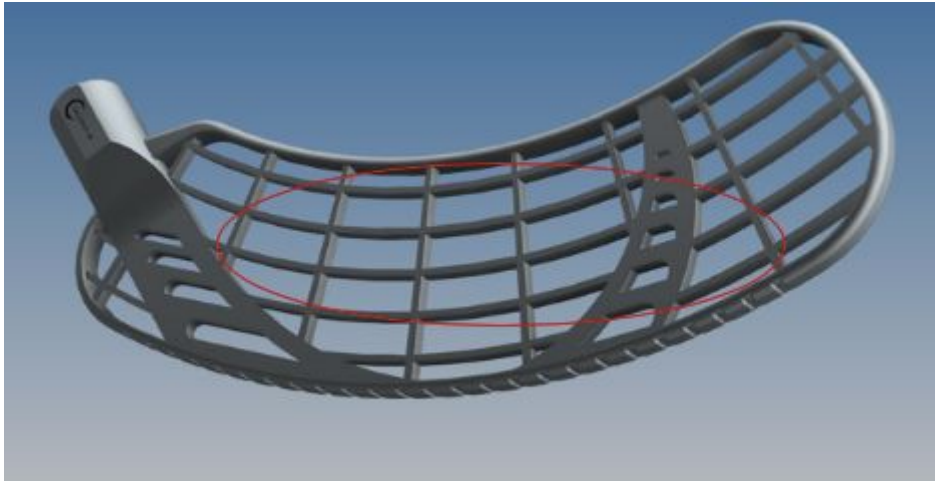
2.5 Förbättringsområde

Innebandybladet har en viktig och möjligtvis avgörande roll för den som vill briljera på planen och därför är det viktigt att iaktta alla delar av bladet som behöver utvecklas eller förbättras för att kunna ta fram morgondagens blad. Val av material samt design är återigen också viktiga parametrar som bör tas med i beräkningarna. Spänningsanalys görs med hjälp av CAD programmet Catia för att se hur olika krafter/spänningar påverkar materialet och hur olika delar slits eller står emot påfrestningar. Se *Bilaga IV & V*.

De områden som kan förbättras är:

a) Rutnätet/ribborna:

Rutnät utmattas och går av efter en tid vid hårda slagskott eller när man själv tar emot skott samt när det utsätts för tung last t.ex när man trampar på den. Se *Figur 5* nedan.

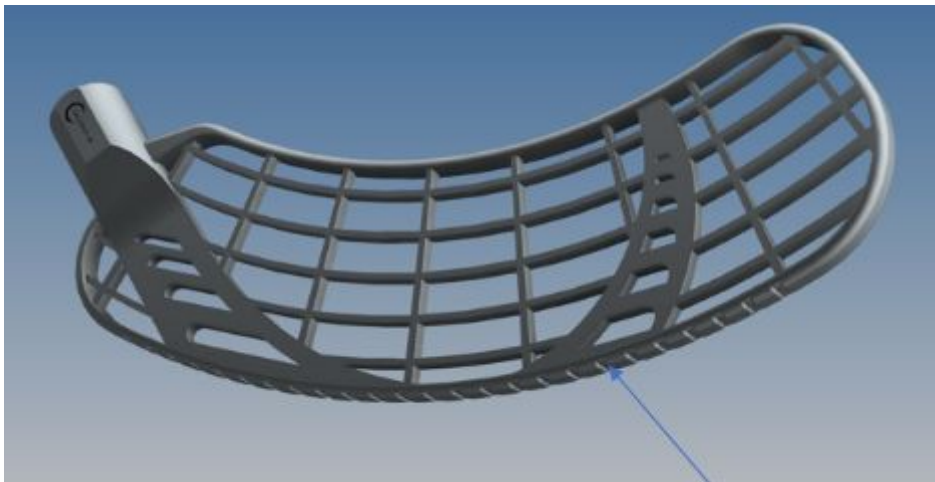


Figur 5 - Rutnät

b) Nedredelen

Undersökningen visade att nedre delen av bladet slits mest på grund av tryckkraften mot marken, således krävs det val av material som kan stå emot trycket mot marken bättre eller designa bladet på annat sätt så att kontakten med marken blir mindre.

Se *Figur 6* nedan.



Figur 6 - Nedredelen

2.5 Funktionsanalys

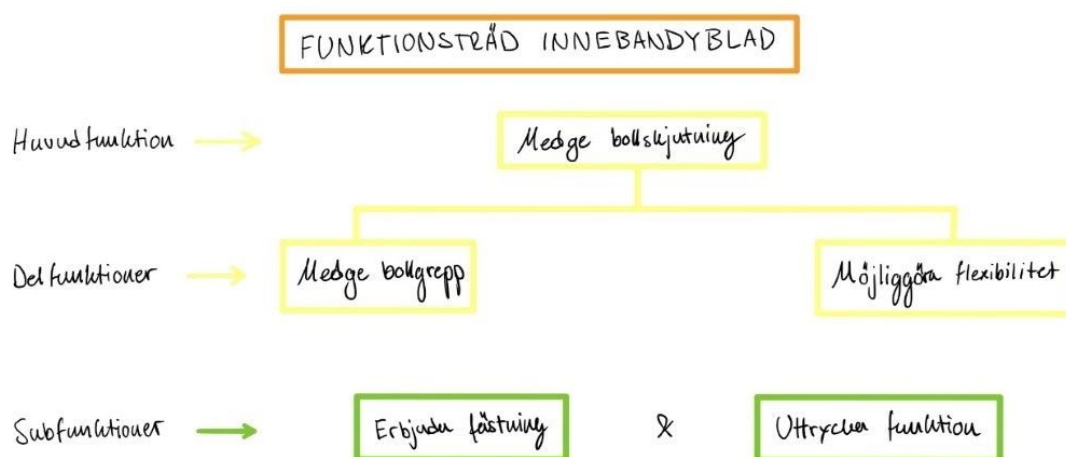
En funktionsanalys har genomförts för att tydliggöra innebandybladets olika funktioner. Se *Tabell 3*. Den är uppdelad i tre olika kategorier: funktioner, funktionsklasser och anmärkningar.

Funktionerna anger specifikt vad gör funktion som skall erbjudas med bladen. Funktionsklasser beskriver vilken typ av funktion de specifika funktioner är. De olika funktionstyperna är huvudfunktionen HF, delfunktioner DF (Underklasser till huvudfunktionen) samt subfunktioner SF (andra funktioner som ej direkt bidrar till huvudfunktionen). Anmärkningar anger relevanta kommentarer gällande funktionerna.

Tabell 2 - funktionstabell

Funktioner		Funktionsklasser	Anmärkningar
Medge	bollskjutning	HF	Huvudfunktionen
Medge	bollgrepp	DF	Med "hook"
Möjliggöra	flexibilitet	DF	Flexibilitet beroende på speltyp
Erbjuda	fästning	SF	Fäste till klubban
Uttrycka	funktion	SF	Tydliggöra bladets funktion

Nedan i *Figur 7* visas ett funktionsträd som ger en förtydligande bild av hur funktionerna är sammankopplade med varandra.



Figur 7 - Funktionsträd

2.6 Kravspecifikation

Nedan i *Tabell 3* finns kravspecifikationen som beskriver alla krav/önsknings som har producerats för innebandybladen. Kravspecifikationen är uppdelad i olika sektioner:

Kriterietyp (kategorisering av krav och önskemålen), Kriterie (alla krav och önskemål), vikt (viktning av önskemål), målvärde (ger en begränsning på kravet eller önskemålet om att den skall uppfyllas till en viss gräns), verifieringsmetod (olika metoder att verifiera om kravet/önskemålet har uppfyllts).

Tabell 3 - Kravspecifikation

Kriterietyp	Kriterie	Krav/Önskning	Vikt (1-5)	Målvärde	Verifieringsmetod
Funktion	Medge bollskjutning	K		Maxbelastning på bladet: 100 N	Test med prototyp
	Medge bollgrepp	K		Inböjt blad till olika nivåer beroende på speltyp	Test med prototyp
	Möjliggöra flexibilitet	K		Flex beroende på speltyp. Får ej förekomma plasticering	CAD
	Erbjuda fästning	K		Passandes till Deemonz klubbor	Fästa innebandybladen på klubbor
	Uttrycka funktion	K		Design som ger tydlig funktion	Skapa tydlig design
Prestanda	Åga stabilitet	K		Skall ej plasticera eller knäckas. Fästet skall vara robust	Hållfasthetsberäkningar/CAD
Miljö	Materialval med avseende på miljöpåverkan	Ö	3	Låg CO2 utsläpp vid transport och produktion	Miljöbelastning CES
	Återvinningsbart material	Ö	2	Av de material som är godkända enligt krav	Genomföra informationssökning
Design	Uttrycka estetik	Ö	3	Estetisk tilltalande design	jämföra design med befintliga produkter
	Släta ytor	K		Blad får ej lämna märken på hallgolv som är högre än 10 %	Jämföra med befintliga IFF godkända blad
Tillverkning	Underlätta produktion	Ö	4	Använda samma tillverkningsmetoder som idag	Genomföra informationssökning om nuvarande tillverkningsmetoder
Storlek	Tjocklek	K		Tjocklek > 8 mm	Mätning med CAD-modell/prototyp
	Längd (från spets till häl)	K		Längd < 270 mm	Mätning med CAD-modell/prototyp
	Höjd	K		72 mm < Höjd < 80 mm	Mätning med CAD-modell/prototyp
	Rundning på bladsarg	K		Radie på rundning > 2 mm	Mätning med CAD-modell/prototyp
	Skålning	K		Skålning < 12 mm	Mätning med CAD-modell/prototyp
	Bladets radie			radie < 270 mm	Mätning med CAD-modell/prototyp
	Hook	K		Hook < 30 mm	Mätning med CAD-modell/prototyp
Material	Minimera vikt	Ö	4	Vikt < 80 g	CES
	Förhindra avfärgningen	K		avfärgning på golvyta < 10 %	CES
	Slitstarkt material	Ö	3	Ska motstå hög friktion med hallgolv	+

2.7 Materialval

De parametrar som studerades under materialval var:

- a. Funktion: mekaniska belastning, får ej plasticeras.
- b. Krav:
 - Vara vattentålig
 - Användningstemperatur mellan -15°C till 40°C
 - Hårt och styvt material
- c. Mål
 - Vikt (minimum vikt)
 - Pris
- d. Fria variabler
 - Skålning
 - Hook

Egenskaperna hos materialet som innebandybladet tillverkas av har stor betydelse. Ett hårt innebandyblad har egenskapen att generera hårda skott men dålig på boll hantering medan ett mjukt blad har ungefär den motsatta egenskapen, det vill säga bra på boll hantering men har lösare skott. En annan viktig egenskap som är önskvärd hos innebandyspelare är vikten på bladet.

Med hjälp av Edupack kan det konstateras att Polypropen (PP), och Polyeten (PE), uppfyller närmast alla ställda krav och därmed väljs det att gå vidare i projektet med termoplasterna och utvecklar innebandybladet. Se *Bilaga III*. Polypropen även kallad Polypropylen har hög hållfasthet men låg densitet och kan färgas. Polyeten förekommer med olika densiteter, PEM och PEH. De har hög hårdhet men även hög elasticitet som gör att PE plasten är en de populäraste termoplasten inom industrin.

Materialval för nedre delen av bladet:

Nedre delen av innebandybladet utsätts för slitning när man trycker den mot marken. Här behövs ett material som kan stå emot trycket mot marken bättre än de befintliga i dag på

marknaden. Kolfiber är ett sådant material som uppfyller önskemålet, därför har det valts att gå vidare med materialet för nedre delen av innebandybladet (Dr. Giada Lo Re (2020)). se fakta i *Bilaga II*. Hur kolfiber fästs på undersidan av bladet samt vilken metod/metoder som kommer användas är upp till uppdragsgivaren, enligt bestämmelse.

3 Framtagning av koncept

3.1 Idégenerering

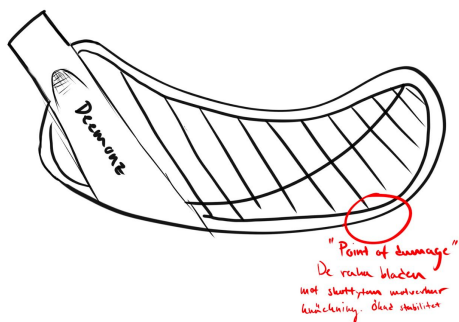
Innebandyblad har i detta projekt delats upp i tre separata komponenter för att lättare beskriva vilken del av innebandybladet det förespråkas om. Innebandybladet är uppdelad av en ram, det blad som omsluter hela innebandybladet, infästningshål för skaftmontering samt rutnätsbladen/ribborna som fyller upp rummet mellan ramen. En idégenerering har valts att göras på den inre delen på innebandybladet, dvs. innebandybladets ribbor. Idégenereringen gjordes möjlig med hjälp av marknadsundersökning för att veta vilka designer på rutnätsblad ser bäst ut ur ett estetiskt perspektiv, fungerar bäst ur ett funktions- och hållbarhetsperspektiv samt uppfyller alla andra krav och önskemål. Idégenereringsmetoden som har använts är *Brainstorming*. Johannesson, Persson, Pettersson (2013. s227) diskuterar hur brainstorming används. Detta är en kreativ metod som tillåter skapning av idéer utan att begränsningar och kritik kan stoppa personen, utan man låter istället tanken släppas fritt för vidareutveckling [5].

3.2 Konceptkatalog

Här beskrivs alla koncept som har gjorts på ribbdesign av innebandyblad. Korta beskrivningar och allmänna påpekningar om designerna ges nedan.

Koncept 1: Detta koncept har en mycket unik och okomplicerad design. Anledningen till att det endast finns ribbor som är parallella till infästningen och inga horisontella ribbor är för att dessa ribbor, som möter undersidan av ramen (som utsätts för de större krafterna), ger mer stabilitet och ökad hållfasthet då de motverkar knäckning och plasticering på undersidan. En ribba är tillsatt som skär igenom de raka ribborna. Se *Figur 8* nedan.

Koncept 1



Figur 8 - Koncept 1

Koncept 2: Denna ribbdesign ger återigen en mycket unik formgivning på ribborna genom att nu ha tjockare ribbor som utsträcker sig från infästningen. Ribborna har en viss vinkeländring mellan varje ribba för att omsluta hela ramen. Sedan så finns det även avrundade ribbor som har parallell form med ramen. Se *Figur 9* nedan.

Koncept 2



Figur 9 - Koncept 2

Koncept 3: Designen här är mycket ovanlig och de tjocka ribborna som kommer ut från infästningen är likt slingrande rötter på ett träd eller tentakler på en bläckfisk. Sedan så finns även raka ribbor, i ett led, som omsluter hela ramen för extra stabilitet. Se *Figur 10* nedan.

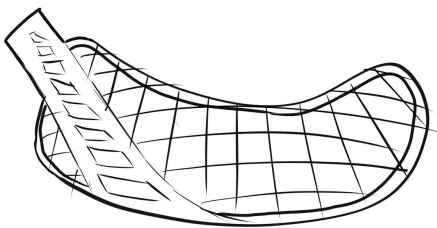
Koncept 3



Figur 10 - Koncept 3

Koncept 4: Detta koncept har mer av en traditionell design än de föregående koncepten. Här har vi, som så många blad ute på markanden idag, ett rutnät av ribbor som omsluter hela ramen. Den stora fördelen med detta är att vi får en mycket stabil struktur som även stödjer hållfastheten av bladet i två led. Den tjockare ribbans högersida som är ihop med infästningen har en avrundad design i som gör så att den utsträcker sig över en större yta på undersidan, således förstärker undersidan av bladet och skyddar mot knäckning. För att sänka vikten på bladet har hål lagts till i den tjocka ribban som dessutom ger den en unik tilltalande estetik. Se Figur 11 nedan.

Koncept 4

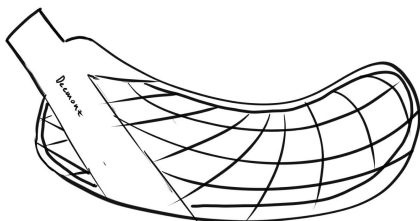


Figur 11 - Koncept 4

Koncept 5: Konceptet har ribbor som har en virvel liknande struktur. Infästningen sträcker sig ända ned till ramen i lika tjock storlek, vilket ökar tyngden på vänstra sidan bladet. Denna

egenskap kan vara svag eller god, beroende på behov. På toppen av bladet, vid den vänstra sidan av infästningen, så är den förstärkt med extra material. Se *Figur 12* nedan.

Koncept 5



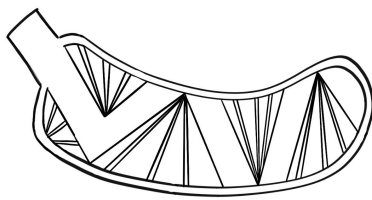
Figur 12 - Koncept 5

Koncept 6: Detta koncept är uppdelad i tre varianter: 6a, 6b och 6c. De alla varianter har i likhet med varandra är de tjocka ribborna som har en 'Zigzag' eller 'w' struktur. Dvs. den tjocka ribban inleds genom infästningen och sedan vid kontakt med ramen vinklar sig och fortsätter i samma tjocklek åt ett annat håll. I variant 6a är de inre tunna ribborna raka och har olika riktningar beroende på vilket område, mellan de tjockare ribborna, de ligger i. I variant 6b så har alla inre tunna ribbor en knypunkt där där de tjocka ribborna möter varandra vid ramen. Dessa inre tunna ribbor har en jämn vinkelskillnad mellan varandra och har konstruktions liknelse med snedkabelbroar. Variant 6c är samma som 6a förutom att den har hål i de tjocka ribborna för att minska på vikten och ge mindre luftmotstånd. Se *Figur 13* nedan.

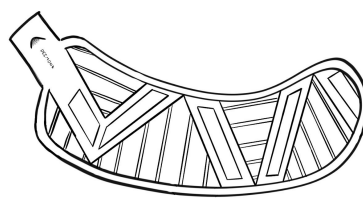
Koncept 6a



Koncept 6b



Koncept 6c

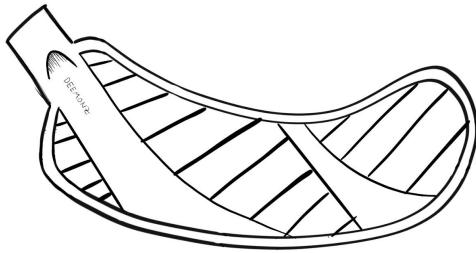


Figur 13 - Koncept 6a, 6b och 6c

Koncept 7: De tjocka ribborna i detta koncept är lika den tjocka ribban av koncept 4 som är till för att förstärka ramen på undersidan av bladet. Detta har två stycken av sådana ribbor och

fyller upp mer yta av undersidan än vad koncept 4 gör. Sneda och raka tunna inre ribbor som omsluter hela ramen förekommer även i detta koncept. Se *Figur 14* nedan.

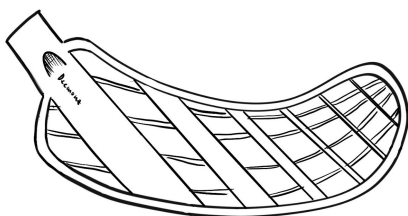
Koncept 7



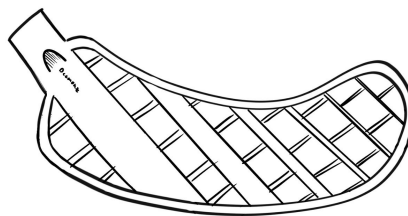
Figur 14 - Koncept 7

Koncept 8: Detta koncept, likt koncept 6, har olika varianter. Konceptet är uppdelad i två varianter: 8a och 8b. Skillnaden mellan varianterna råder i de inre tunna ribborna. Variant 8a har inre ribbor som följer ramens form medans ribborna på variant 8b är vinkelräta mot de tjocka ribborna och är diskontinuerliga, dvs ribborna har inte en sammanhängande struktur genom hela ramen som tidigare inre ribbor har. De tjocka ribborna i koncept 8 är parallella till varandra och till infästningen. De blir gradueellt tunnare ju mer åt höger i modellen man kommer. Stabiliteten i detta koncept är väldigt bra, delvis på grund av “tegelsten” strukturen på ribborna och även på grund av alla tjocka ribbor som står emot ramen på undersidan. Se *Figur 15* nedan.

Koncept 8a



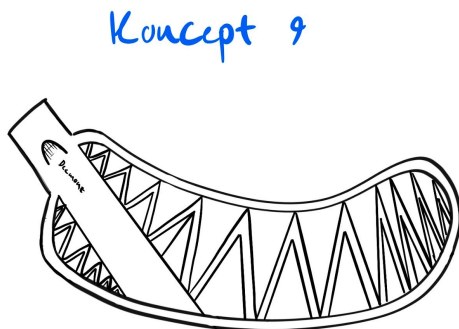
Koncept 8b



Figur 15 - Koncept 8a och 8b

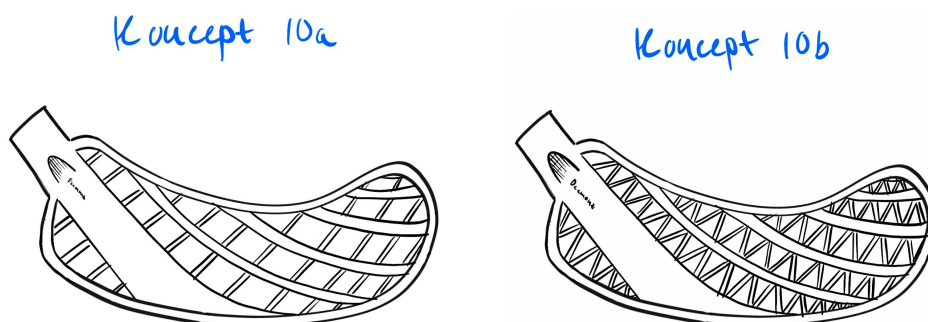
Koncept 9: Detta koncept har möjligtvis den mest unika ribbdesignen med anledning av att de tunna ribborna har liksom de tjocka ribborna i koncept 6 en ‘Zigzag’ struktur. Ribborna blir gradvis mer ju närmare den vänstra och högra kanten av bladet man kommer. Denna struktur

anses vara svagare än flera andra koncept men fördelen är att man kan minska vikten mer och den får en mer unik och tilltalande design. Se *Figur 16* nedan.



Figur 16 - Koncept 9

Koncept 10: Återigen ett koncept som är uppdelad i två varianter: 10a och 10b. Detta koncept har liknelse med koncept 8 genom de tjockare ribbor som är parallella med infästningsvinkeln. Skillnaden är att de tjocka ribborna är avrundade. Den tjocka ribban som är ihop med infästningen har dessutom samma design som i koncept 4 (utan hålen) och koncept 7. I variant 10a så är de inre tunna ribborna raka och parallella mot den tjockaste ribban (infästningsribban). I variant 10b så har ribborna en 'Zigzag' struktur emellan de tjockare ribborna. Detta maximerar hållfastheten på bladet men kan höja vikten signifikant. Se *Figur 17* nedan.



Figur 17 - Koncept 10a och 10b

4 Vidareutveckling av koncept

I detta kapitel behandlas vidareutveckling av de tre koncept som har valts att gå vidare med. Här görs en fördjupad undersökning/analys av modellerna genom tredimensionell modellering och spänning- samt deformationsanalyser med FEM-modellering.

4.1 Val av koncept

De tre koncept som har valts att gå vidare med är koncept 4, 6c samt 8b. Koncept 4 valdes med anledning av enkelheten av design och de traditionella inner ribborna. Detta koncept ansågs mycket stabilt ur ett konstruktionsperspektiv samt ansågs ha en tilldragande design. Koncept 6a valdes på grund av dess mycket unika ribbdesign. Dess tjocka ribbor ger den en mycket stabil och industriell design med få mjuka former. Koncept 8b valdes på grund av dess mycket hållfasta struktur och robusta design.

Förändringar på original koncepten gjordes inför CAD-modelleringen då det ansågs att förbättring och förstärkning av deras goda egenskaper kunde göras. Koncept 4 gavs ytterligare en tjock ribba med rektangulära hål för att erhålla mer stabilitet och få ett mer unikt designmönster. Det inre ribbnätet omvändes även för att följa ramens design bättre. På de andra två koncepten gjordes det inga drastiska skillnader. På båda koncept gjordes det ansträngning av att minska på vikten. På koncept 6c så förminskades antal tjocka ribbor och i koncept 8b gjordes det rektangulära ingrepp på de tjocka ribborna (likt de rektangulära hålen i koncept 6, dock ej ihåliga).

4.2 CAD-modellering

CAD, Computer Aided Design, innebär ,som namnet antyder, datorstödd design, och detta används till att göra tekniska ritningar på komponenter, detaljer, hela system, etc. I detta arbete så har CAD-programmet Autodesk Inventor använts till att göra ritningar på de valda koncepten. Inventor är ett avancerat CAD-program som låter dig göra allt från enkla tvådimensionella ritningar med mått av en komponent till avancerade simuleringar av sammansatta system såsom motorer.

4.2.1 Modellering av de tre koncepten

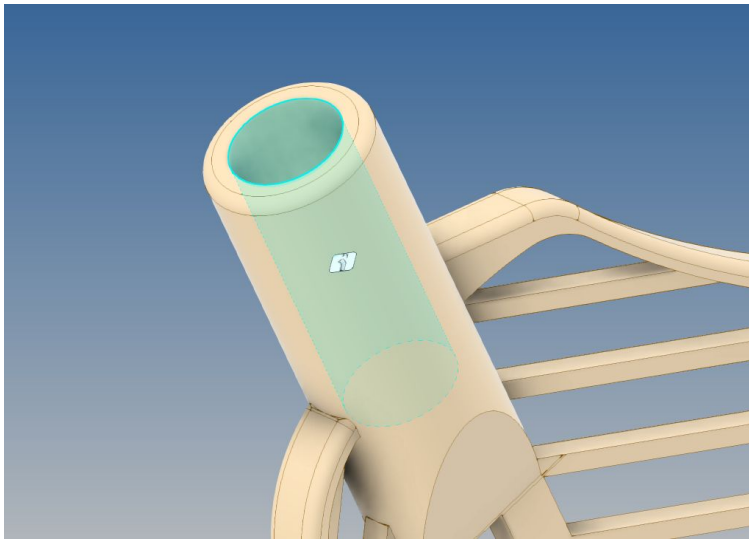
Inledningsvis, skapades en ram på modellerna som sedan kunde användas som en mall till de andra koncepten. Ramen utformades genom att först skapa en ritning som skulle utgöra en omfattande del av formen på bladen. Sedan skapades mönstren på bladnätet enskilt på olika CAD-filer. Bladnäten på de olika konceptmodellerna ritades och extraherades approximativt på samma vis. Skissen skapades på samma plan som skissen på ramen, vilket var på XY-planet. Hooken på bladet skapades med en rotationsvinkel som påverkar framdelen av bladet genom att ge den en nedåtböjd form. Detta gjordes för att enklare finna belastningspunkten som beskrivs i nästa kapitel 4.2 *FEM-modellering*.

4.3 Spänningsanalys

I en spänningsanalys så undersöks en kropps förändring och spänningstillstånd vid påverkning av laster såsom punktlaster eller trycklaster. Här kommer det gås igenom olika spänningsfall för de olika konceptmodellerna vid olika förutsättningar. Med verktyg inom FEM-modellering (modellering med hjälp av finita element metoden) i Inventor så går det att ge verkliga simuleringar av spänningstillstånden.

Spänningsanalysen gjordes med hjälp av inbyggda FEM-beräkningsfunktioner i Inventor vilket delar upp hela 3d-modellen i en meshgrid, ett beräkningsnät som består av små trianglar som är bildade av tre punkter där spänningen kalkyleras. Simuleringar av effektivspänningar (Von-Mises spänningar), huvudspänningar och deformation har utförts.

En fixerad punkt eller yta var tvungen att väljas för att kunna bestämma vilken del av innebandybladet står stilla vid lastdeformation. Den cylindriska ytan som kommer i direkt kontakt med innebandyskaftet valdes som fixerad yta då skaftet kan betraktas, i detta fall, som en odeformerbar del av innebandyklubban eftersom endast bladet analyseras. Se *Figur 18* för fixerad yta.

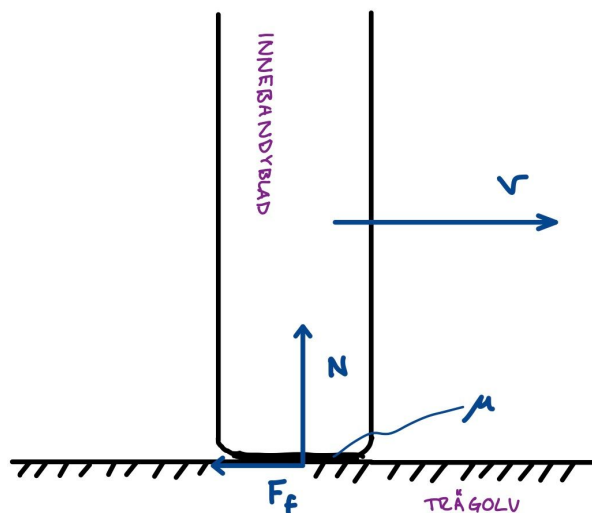


Figur 18 - Fixerad yta

4.3.1 Lastfall

Den last som har analyserats är där innebandybladets undersida kommer i kontakt med golvet. Mellan golvet och bladet finns det en friktionskraft som råder samt en normalkraft.

Nedan i *Figur 19* visas riktning och placering på normal- och friktionskrafterna samt riktning på bladets hastighet (v).



Figur 19 - Förhållande mellan innebandyblad och hallgolv

Följande formel kan användas för att beräkna friktionskraften mellan bladet och golvet:

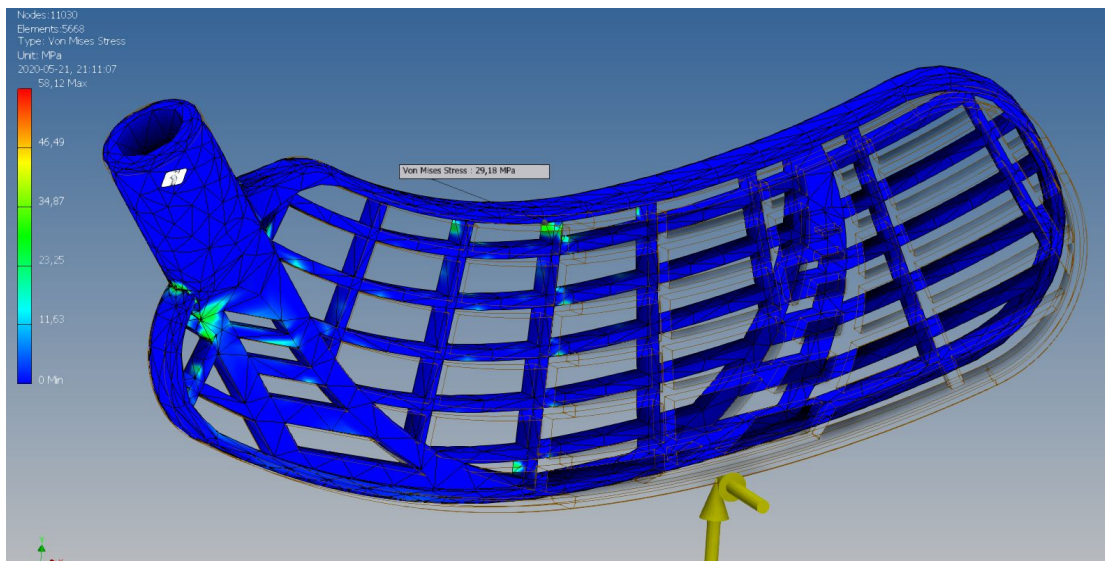
$$F_f = \mu \cdot N \quad (1)$$

I ekvation (1) så är F_f friktionskraften, μ friktionskoefficienten och N normalkraften [6]. Eftersom det valda materialet på innebandybladet är en plast och hallgolvet är av trä har friktionskoefficienten givits ett ungefärligt värde på 0,2 (resonemang kring detta nämns mer under 5 *Diskussion*). Normalkraften har givits ett värde på 100 N, vilket ger ett ungefärligt tryck på 10 kilo mot golvytan vid skott. Detta är ett mycket högt värde på tänkbar last så därmed kan man se maximalt spänningstillstånd i bladet. Friktionskraften får således en kraft på 20 N. Dessa två laster (normalkraft och friktionskrafter) tilläggs sedan i simuleringen av spänningarna. Lasten som bildas av innebandybollens tyngd vid skottlossning har försumrats då denna ger liten effekt på spänningstillståndet. Luftmotståndet är även försummad i spänningsanalysen.

4.3.2 Spänningsanalys av koncept 4

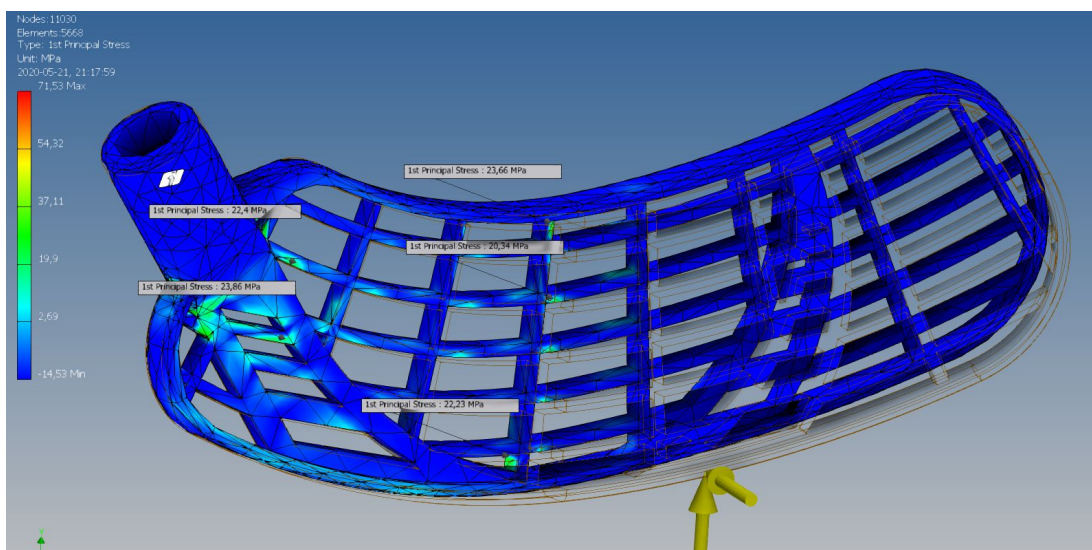
Tre olika material har testats vid spänningssimuleringarna för de tre koncepten: PP - Polypropylene (polypropylen), LDPE - Low Density Polyethylene (låg densitet polyeten) och HDPE - High Density Polyethylene (hög densitet polyeten). Spänningsskillnaderna mellan dessa material på innebandybladen var små.

I *Figur 20* observeras det att större spänningssytor förekommer vid vänstra delen av modellen, dvs. nära där skafthålet och bladen träffar varandra. Detta tros vara ett fel i modelleringen. Mer av detta tas upp i 5 *Diskussion*. Större effektivspänningar förekommer på toppen av de blad som möts av den konvexa ramen. Maximal spänningen förekommer specifikt på det mittersta lodräta bladen. Där är effektivspänningen på ytan ungefär mellan 28 - 31 MPa. Se *Figur 20*. Anledningen till detta kan vara att dessa är placerade långt borta från de tjockare blad. Förutom dessa större spänningar så ligger effektivspänningarna på modellen vid ungefärligt 0 - 10 MPa.



Figur 20 - Effektivspänningar på konceptmodell 4a

I Figur 21 visas huvudspänningarna på koncept 4, vilket är drag- och tryckspänningar. Det observeras att högre dragspänningar, som anges som positiva spänningar på Inventor, förekommer på undersidan av de cirkulära bladen som är i horisontellt led. Dessa dragspänningar kommer upp över 20 MPa. Det förekommer även höga dragspänningar på toppen av den högra sidan på det mittersta lodräta bladet samt på botten av den vänstra sidan. Dessa spänningar uppkommer till > 23 MPa.



Figur 21 - Huvudspänningar på koncept 4

Svaga punkter på denna modell kan som resultat bedömas att vara på de tunnare rutnäts-bladen emellan de tjockare blad men även runt om de två mindre hålen på de vänstra tjocka bladen.

4.3.3 Spänningsanalys av koncept 6c

Iakttagelse av *Bilaga IV* ger omedelbart att konceptmodell 6c är betydligt mer stabil än vad konceptmodell 4 är. Högre effektivspänningar uppmäts i programmet till 10 - 15 MPa. De högre spänningarna lokaliseras återigen till den vänstra delen av figuren mellan lastfallen och den fixerade ytan.

Man kan se spänningsfördelningen tydligare på *Bilaga IV* som visar huvudspänningarna på modellen. Den grönnare delen på modellen representerar högre dragspänningar och dessa ligger, som sagt, mellan lasterna och den fixerade ytan. Specifikt så fås högre spänningar på den nedersta delen på vänstra sidan av ramen. Den högra, blåare delen, på modellen har mycket låga tryck- och dragspänningar som varierar mellan -0,5 - 0,5 MPa.

Svaga punkter på denna konceptmodell bedöms att vara på den vänstra sidan av den nedersta delen på inbandybladets ram. Även de horisontella bladen på den vänstra sidan kan anses vara svaga punkter.

4.3.4 Spänningsanalys av koncept 8b

Stor design skillnad och ännu större hållfasthet skillnad förekommer mellan koncept 8b och koncept 4 & 6c. Detta för att koncept 8b är tyngre och har tjockare samt stabilare struktur på bladnäten. Större märkbara effektivspänningar påträffas vid de tre anmärkta punkterna i *Bilaga V*. Dessa är dock troligtvis ett fel i spänningssimulering orsakat av överkomplicerad modellering. Huvudspänningarna visar mer eller mindre samma resultat, högre spänningar förekommer i samma punkter. Koncept 8b har inga märkbara svaga punkter då den är stabil nog att klara av de två lastfallen utan mycket höga spänningar på specifika ställen.

4.4 Deformationsanalys

Deformationssimuleringar görs på samma sätt som spänningssimuleringar i Inventor. Båda använder sig av FEM-beräkningar för att analysera tillstånden. Här märker vi större skillnader mellan material på modellerna. Deformationsmönstret är samma på alla tre konceptmodeller, dvs. alla tre konceptmodeller har en eskalerande deformation från fixerad punkt i översta vänstra sidan (lägst deformation) till nedersta högra sidan på modellen (högst deformation). Se *Bilaga VI, VII & VIII* för deformationer på respektive modell för respektive material. Nedan, i *Tabell 4*, visas maximala utböjningen för respektive koncept med respektive material.

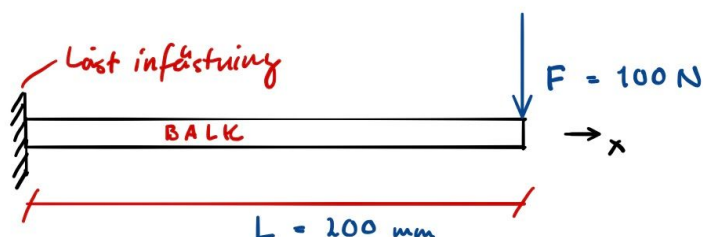
Tabell 4 - Maximal utböjning av konceptmodeller

	HDPE	LDPE	PP
Koncept 4	75,69 mm	555,9 mm	51,44 mm
Koncept 6b	50,3 mm	443,1 mm	40,98 mm
Koncept 8b	56,14 mm	412,3 mm	38,17 mm

Notering görs av ovanligt höga värden för utböjning av koncept med LDPE-material. Detta kan vara ett programfel i CATIA då det ej ges realistiska värde. Den första tanken som uppstod var att deformationen har utav felkalkylering multiplicerats med en tio-gångersfaktor. Detta skulle ge ett äkta värde på exempelvis 44,31 mm för maximal utböjning på koncept 6b med LDPE. Detta valdes således att analyseras vidare genom att utföra utböjningsberäkningar, för hand, på en balk med rektangulärt tvärsnitt. Sedan så utfördes jämförelse av balken i CAD-simulering och med handbokslösning. Bägge två PE-plaster jämfördes under beräkning där LDPE har E-modul på 200-500 MPa medan HDPE har E-modul på 500-1500 MPa, enligt :

$$w(L) = \frac{FL^3}{3EI} \quad (2)$$

Polybase materialguide [7]. Ekvation som har använts till att beräkna de teoretiska utböjningarna är, där F är tryckkraften, L är balkens längd, E är materialets E-modul och I är yttröghetsmomentet. Formeln för utböjning hämtades ur Dahlberg, T (2001), *Formelsamling i hållfasthetslära* [9]. Balkens geometri och infästning visas i *Figur 22* nedan.



Figur 22 - Konsolbalk

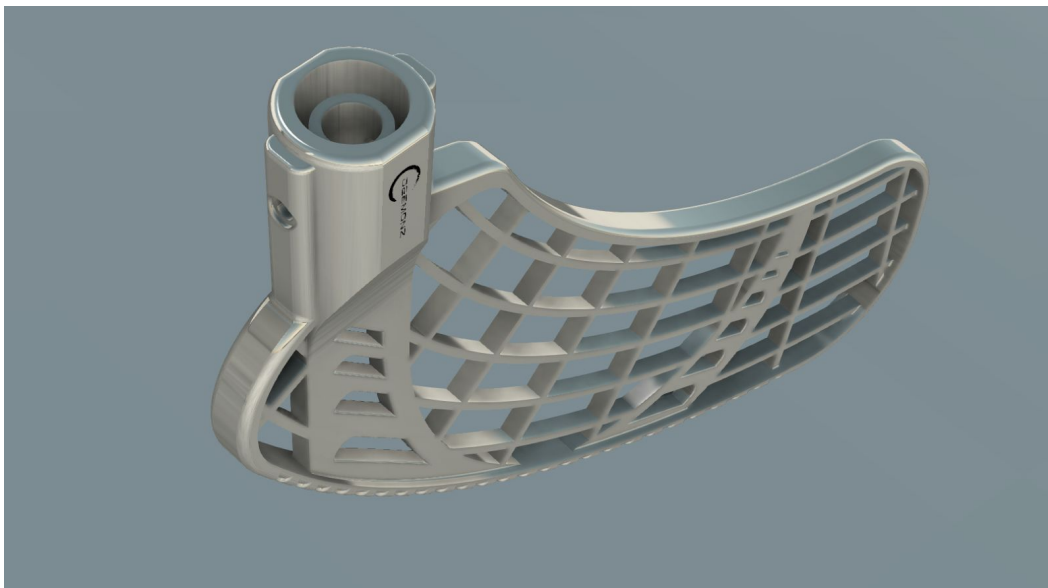
Denna balk modellerades vidare i CAD och deformationssimuleringar genomfördes. Resultatet av de teoretiska utböjningarna med CAD-utböjningarna finns nedan i *Tabell 5*.

Tabell 5 - Maximal utböjning av CAD & teori modell av balk

	HDPE	LDPE
CAD balk deformation	101,9 mm	744,9 mm
teoretisk balk deformation	71 mm - 213,3 mm	213,3 mm - 533,3 mm

4.5 Slutdesign och konstruktion

Det koncept som valdes att gå vidare med är en förbättrad version av koncept 4. Som resultat, ges en slutkonstruktionen som är unik och har estetiskt tilltalande design med låg vikt och jämnt balanserad tyngdpunkt. Se *Figur 23* nedan för modell. Se även *Bilaga IX* för slutmodellen i olika vinklar.



Figur 23 - CAD-modell av slutkonstruktion

4.5.1 Ribbor

De tjocka ribborna är designade delvis för att ge modellen ett “snabbt” utseende. Båda tjocka ribbor hjälper till med att ge konstruktionen stabilitet vid skottslag. Detta gäller för att de täcker stora ytor vid nedre delen av ramen som kommer i kontakt med golvytan vid skott. Den högra tjocka ribban hjälper även med tyngdpunkten som flyttas mer till mitten för att sedan ge en mer balanserad viktfördelning. De tjocka ribborna har även hål för att minska på vikten och för att minska luftmotstånd. Dessutom ger hålen konstruktionen en mer unik design.

De tunna ribborna är 2,2 mm tjocka och de består av 8 raka ribbor, som följer från toppen av ramen till botten, samt 5 böjda ribbor som följer samma cirkel mittpunkt som toppen och botten av ramen. Fördelen med att ha raka ribbor som följer samma mittpunkt som ramen är att vid olika vinklar som bladet kommer i kontakt med golvet så kommer normalkraften att tas upp av de raka ribborna bättre än med vinklade ribbor.

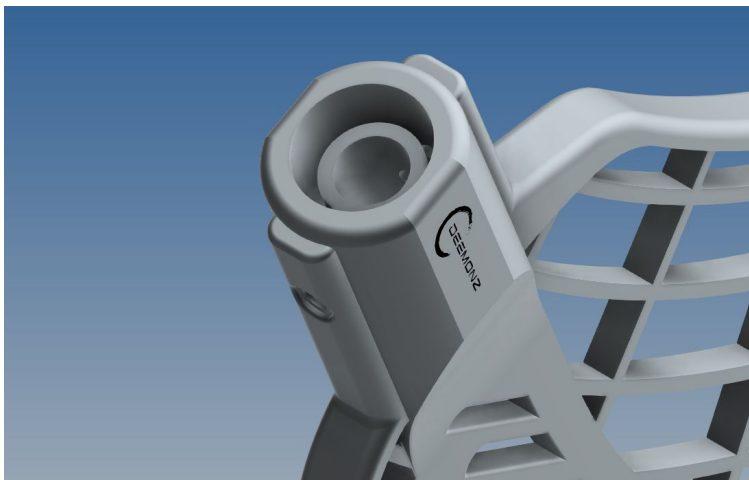
4.5.2 Ram

Ramen är 10 mm tjock och diametern på den övre och undre delen av ramen är 185 mm respektive 260 mm. Den är avrundad runt om för att få en mjukare estetik. Ramen har inga större avvikelser på mått och generell design från de flesta innebandybladsramar ute på

marknaden. Den större avvikelserna är dock hålen på undersidan av ramen som är till för att erbjuda mindre friktion och högre fart på skotten. Anledningen till att det uppstår mindre friktion är delvis för att mindre yta kommer i kontakt med golvet och för att det släpps in luft genom hålen som trycker upp bladet en aning. Alla hörn runt om hålen är avrundade för att få en bättre aerodynamik och avrundningen på framsidan (sidan med konkav hook) är större för att kunna släppa in mer luft genom hålen.

4.5.3 Infästning

Infästning av skaftet sker på samma sätt som med andra blad. Skaftets två hål, 2,5 mm x 7,5 tvärsnittsytan, linjeras med infästningens två väggar, som befinner sig längre ned i hålet. När skaftet har tryckts in hela avståndet till botten så fästs en skruv från sidan för att hålla kvar skaftet och bladet i plats. Skillnaden mellan denna infästning och andra infästningar är att denna befinner sig något högre upp för att bladets design inte skall kompromissas. Detta resulterar i att totala innebandyklubbans längd blir något större. Åt sidorna av infästningen förekommer det två avfasade ytor och därpå finns en logga av Deemonz. Se *Figur 24* nedan.



Figur 24 - infästning

4.7 Slutsats

Den första frågan i 1.3 *Frågeställningar* var *Hur ska innebandybladen utformas för bästa möjliga resultat utgående från olika spelstilar?* Svaret till denna frågeställning är att det bästa möjliga resultatet till innebandybladets utformning är enligt den slutkonstruktion som har modellerats i projektet genom systematiska processor. Detta blad har en unik och estetiskt

tilltalande design med en hög hållfasthetskonstruktion delvis för att ribbdesignen är utformad så att den tål högre tryck och laster. Den tillåter hög hastighet på grund av hålen i undersidan som skapar den låga friktionen mellan blad och hallgolv samt aerodynamiken på hålen som släpper in luft emellan och ytterligare sänker friktionen.

Den andra frågan i frågeställningen var *Vilket material är lämpad bäst för respektive spelstil: skjutningsspel, passningsspel och allroundspel?* Bladet är mycket lätt och med material HDPE så fås en vikt på 64 g, vilket redan är en ungefärlig viktninskning av 6-15 g. Med botten av ramen i kolfiber fås en ännu lägre vikt. Med PP fås ett mjukare men mer flexibelt material som passar mer till passningsspel. För allroundspelning fungerar båda olika PE-plasterna (LDPE och HDPE).

Bladet uppfyller alla krav i kravspecifikationen och det omfattar alla funktionskrav, prestandakrav, designkrav, storlekskrav samt materialkrav. Bladet uppfyller även flera önskemål såsom *Minimera vikt, Slitstarkt material, Uttrycka estetik* eller *Underlätta produktion*. Bladet uppfyller dessutom önskemålet under miljökriterier: *Återvinningsbart material*. Kolfiber är ett återvinningsbart material tillsammans med PE plasterna, vilket anses vara en miljövänligare plastsort.

5 Diskussion

Corona-krisen har lett till att flera avgränsningar och kompromisser har fått göras. En av dessa var att prototyp av den slutliga modellen ej har framställts. Detta har vidare lett till att flera verifieringsmetoder har ej gjorts där test med prototyp krävdes. En prototyp hade även hjälpt med jämförelseanalys av vårt blad med konkurrerande blad då materialet som det finns tillgång till i Chalmers är likt de material vi har studerat. En annan kompromiss var att den originella planeringen, att åka och besöka olika innebandyklubbar personligt och genomföra intervjuer, inte gjordes möjligt då de innebandyklubbar som vi kontaktade hade inte öppet.

Detta projekt påbörjades mycket senare (3 mars, 2020) än vad var förväntat för ett sådant här projekt (januari, 2020), men om vi hade möjligheten att påbörja projektet tidigare eller om vi hade mer tid på oss att utföra det så hade vi framställt fler variationer av CAD-modeller och analyserat dessa ännu mer noggrant. En egenskap som uteblev från våra CAD-modeller är skålningen, detta kunde ej utformas då kunskapen för att göra detta saknades. Om vi hade mer tid så hade vi tillbringat det till att analysera blad med skålningar, då skålningar är en viktig aspekt för innebandyspelare med anledning av att det låter spelaren manipulera bollen och exempelvis göra s.k. "Zorro-finter".

Under 4.3.1 *Lastfall* analyserades lastfallen som påverkar bladet vid undersidan med skottskjutning. Här valdes friktionskoefficienten till 0,2 enligt plastblad och trägolv som fås ur Sundströms (2016) artikel, *Tillåtna friktionskoefficienter* [9]. Anledningen till att det inte valdes kolfiber som material på undersidan är på grund av att under CAD-modelleringen så användes endast samma material på hela bladet, och huvud materialen som är menat för bladen var de olika plasterna.

Det som ytterligare behöver diskuteras är resultaten i 4.4 *Deformationsanalys*. I beräkning av den maximala utböjningen av balkarna så lades det märke till att utböjningen för balken med LDPE var relativt långt över gränserna för den teoretiska utböjningen medan utböjningen för balken med HDPE var inom gränserna för teoretisk utböjning. Detta förstärker argumentet att

Inventors materialdata på LDPE inte stämmer. Men anledningen till detta kan möjligtvis vara att Inventors LDPE material har en betydligt lägre E-modul än 200 MPa.

Utvecklingspotentialen inom industrin för innebandyblad är stor och några förslag till framtida arbete hade varit att fortsätta utveckla infästningen för att exempelvis göra den mer universell och passa fler skaft, eller göra den ännu mer stabil, eller möjligtvis även ändra på fästningsmekanismen för att göra att öka enkelheten av montering för kund. Detta hade troligtvis lett till ökad efterfrågan av innebandyblad (köpt utan skaft monterad). Detta låter dig anpassa din klubba hur du än vill. En intressant diskussion hade varit att tillverka hela bladet i kolfiber då det finns stora fördelar med detta, bladet blir lättare, styvare och framförallt är det miljövänligare med avseende på produktion och transport. En av nackdelarna hade dock också varit styvheten. Den höga styvheten på kolfiber ger den mycket låg E-modul och detta kan orsaka sämre bollkontroll då studsning kan förekomma.

Referenser

1. IFF (2019). The IFF.
<https://floorball.sport/theiff/> [Hämtad 31 Maj 2020].
2. RISE (2020). Certifiering av innebandyutrustning.
<https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/tjanster/certifiering-av-innebandyutrustning> [Hämtad 31 Maj 2020].
3. Dr. Giada Lo Re . (2020). Plastics. Material science, advanced course. Chalmers Tekniska Högskola.
4. RISE Research Institute of Sweden (2018). *Material Regulations*. IFF.
http://iffequipment.se/media/2018/06/Material-Regulations_SPCR-011_2018_Final.pdf .
5. Johannesson, H, Persson, J-G, Pettersson, D. (2013). *Produktutveckling - Effektiva metoder för konstruktion och design*. Stockholm. Liber.
6. Olsson, S. (1998. s2). *FORMELSAMLING I MEKANIK*. Chalmers Tekniska Högskola.
7. Polybase. (2013). Materialguide: Termoplaster [Produktblad]. Hämtad från
<https://www.polybase.se/materialguide> .
8. Dahlberg, T. (2001). *Formelsamling i hållfasthetslära*. Studentlitteratur.
9. Sundström, N. (2016). *Tillåtna friktionskoefficienter*. Hämtad från
<http://nilsun.se/articles/Friktionskoefficienter.pdf> .

Bilagor

Bilaga I - Intervjufrågor

Intervju

Exjobbet handlar om enbart innebandybladet.

Eftersom ingen av oss har spelat innebandy tidigare, uppskattar vi all information ni kan bidra.

Fråga 1

Berätta allmänt om innebandybladet, förväntningar/krav mm.?

Fråga 2

Hur påverkar olika spelstilarna innebandybladet?

- a) Den som skjuter ofta
- b) Den som passar ofta
- c) Allround

Fråga 3

När man köper innebandyblad köper man med hook eller vill man själv värma upp plasten och göra hooken?

Fråga 4

Föredrar man raka blad eller böjda och varför?

Fråga 5

När man väljer innebandyblad hur viktig är

- a) designen
- b) vikten

Fråga 6

- a) Upplever man slitning av bladet efter en viss tids användning?
- b) Märker ni således att klubban förlorar kvalité i bladet?
- c) Upplever ni någonsin att klubban knäcks, isåfall i vilken del av klubban?

Fråga 7

Spelar det roll i vilken material bladet tillverkas av, av de tillåtna materialen enligt IFF? vilken/vilka föredrar ni? varför?

Fråga 8

Kan ni själv rekommendera en bra aktör i marknaden som säljer ett bra innebandyblad?

Fråga 9

Hur ser ni på bladens skålning och hook?

Fråga 10

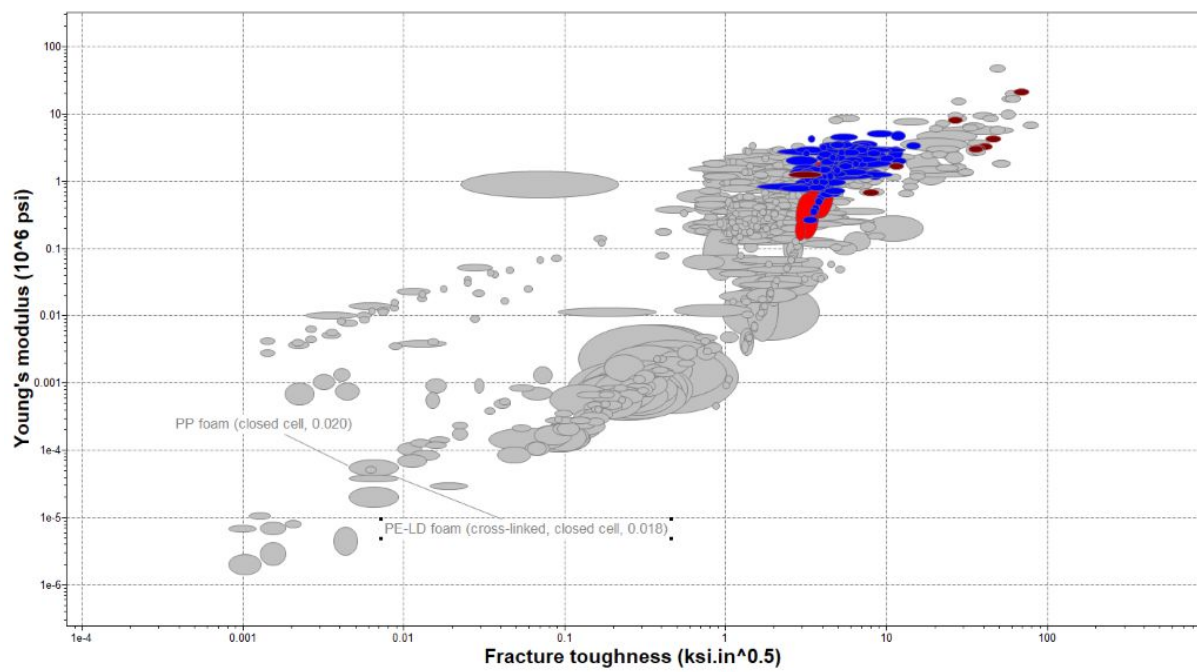
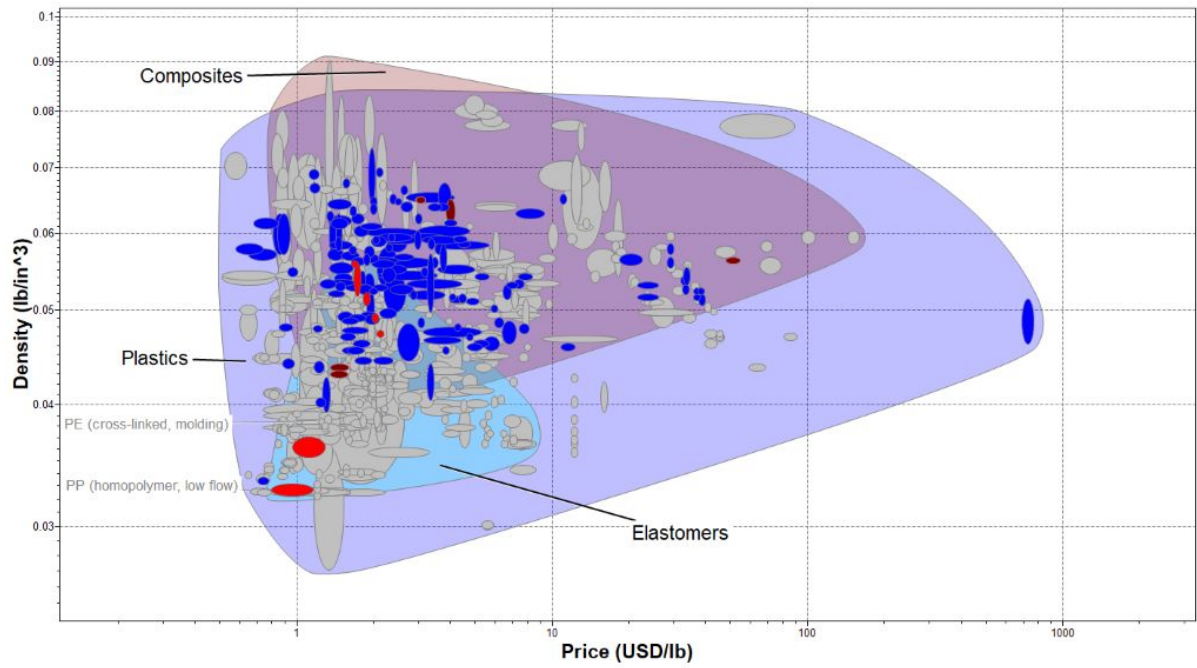
allmän information eller tips som vi har glömt ta med.

Bilaga II - Kolfiber

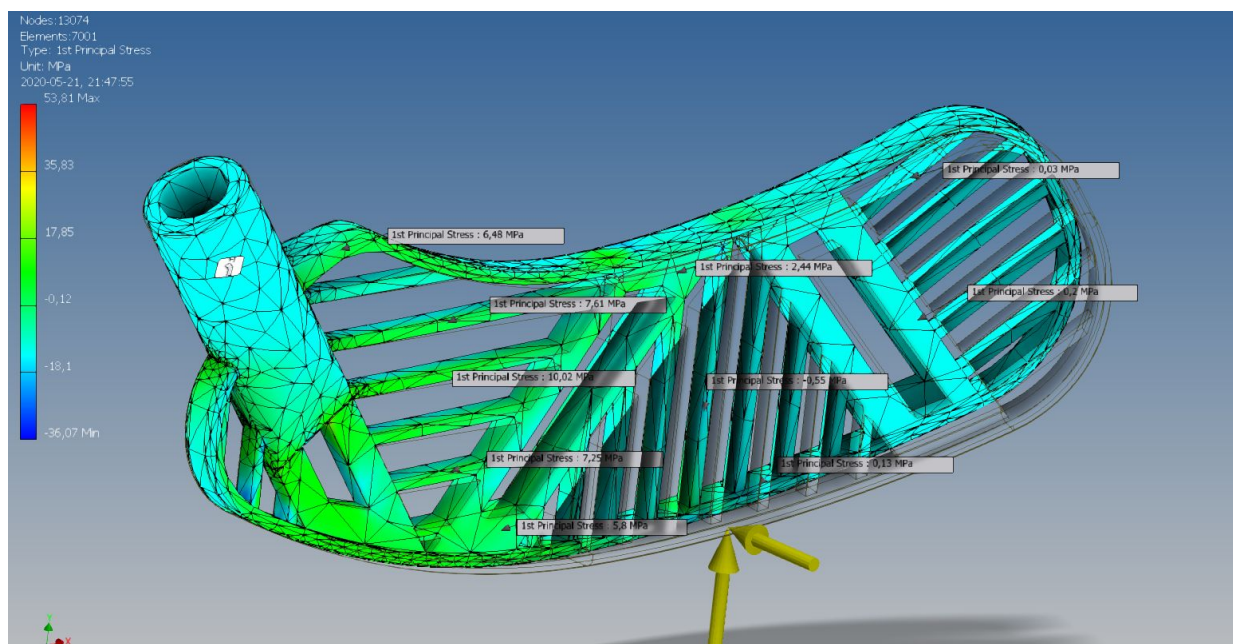
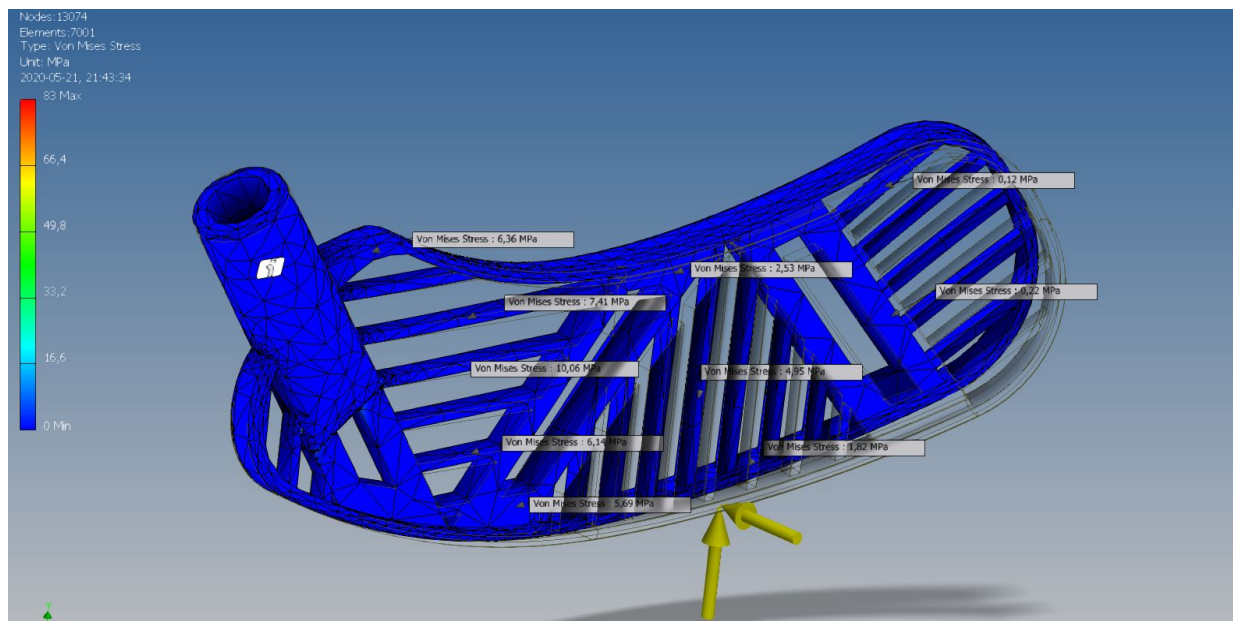
Carbon fibers

- diameter typically of 8 μm
 - Young's modulus in fibre direction from about 230 to about 850 GPa, and strengths in the range 1.5 to 4.5 GPa
 - density of 1.77 to 2.16 g/cm^3
 - transverse Young's modulus of about 6-35 GPa
 - strain to break from 0.6 to close to 2%
 - hydrophobic and inert (but oxidation resistance at high temperatures is low)
 - heating in oxygen, nitric acid, sodium hypochlorite is useful to roughen the surface and produce functional groups -COOH- -C-OH- -C=O; this increasing adhesion to polymers. Silicon carbide etc can be deposited on surface; [...]
 - electrically (HM types have higher conductivity) and thermally (particularly ex- meso-pitch) conductive
 - negative thermal expansion in axial direction down to $-1.6 \times 10^{-6} \text{ 1/K}$, and slightly positive in transverse direction
 - service temperatures can be limited by oxidation onsetting in air between 300 and 400°C, otherwise the fibre can withstand temperatures around 2000°C
 - large variability in strength (stochastic) (Weibull parameter is low).
- Types:
- high strength (HS) - most commonly used ones
 - high modulus (HM) - most expensive ones
 - intermediate modulus (IM).

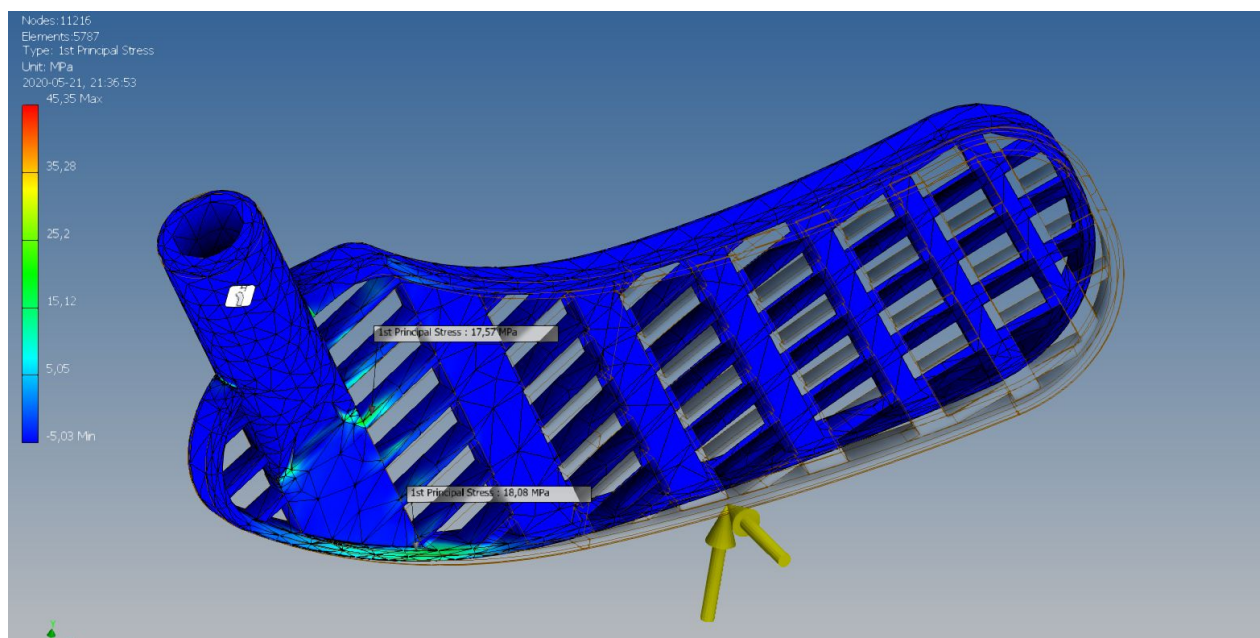
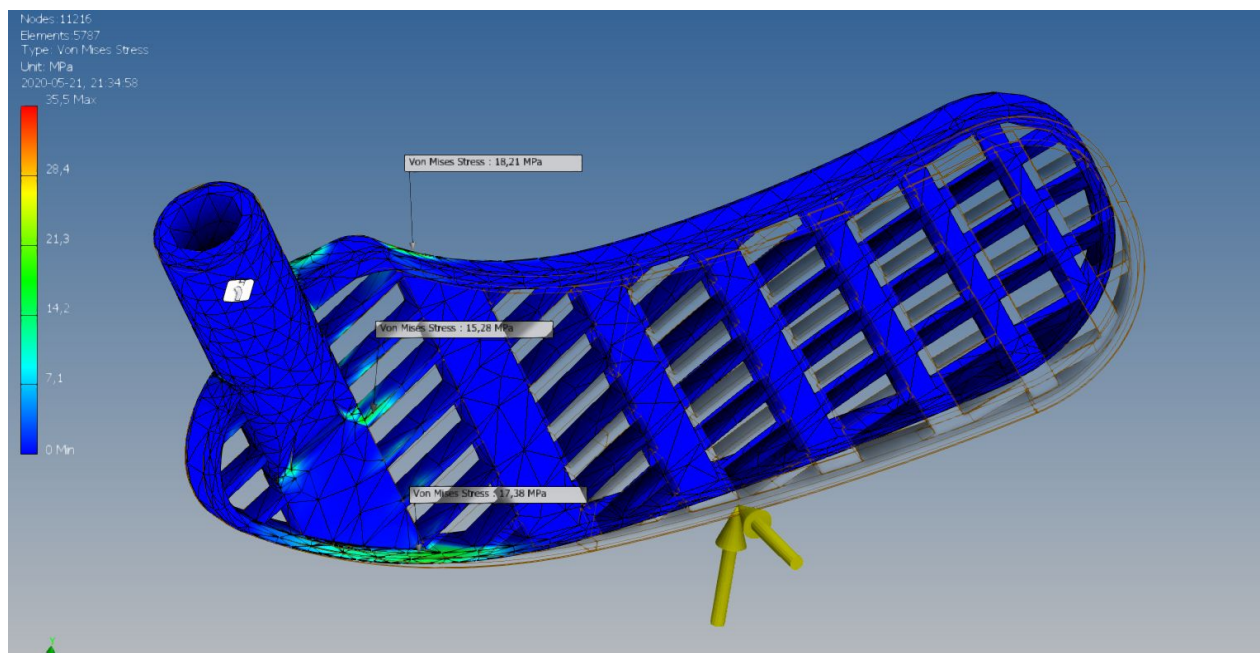
Bilaga III - CES diagram



Bilaga IV - Effektiv- och huvudspänningar på koncept 6c

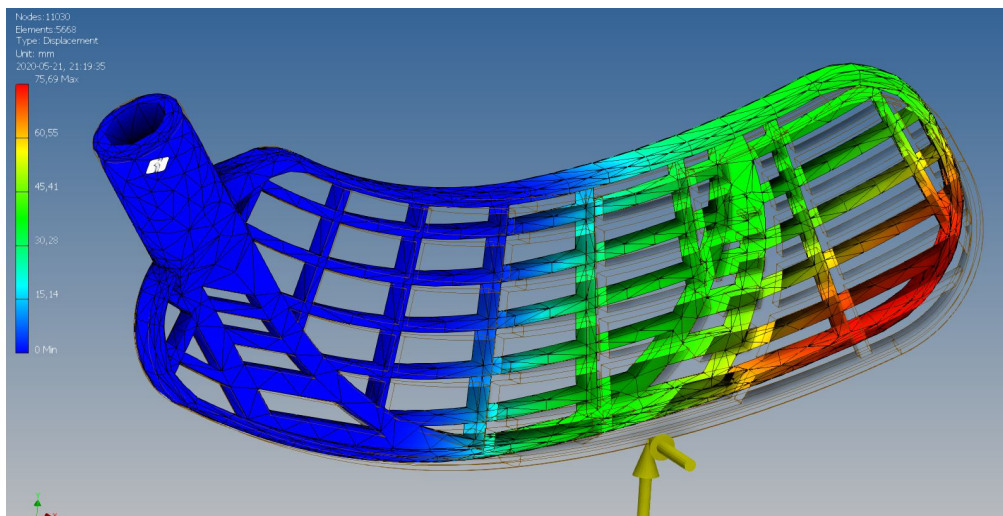


Bilaga V - Effektiv- och huvudspänningar på koncept 8b

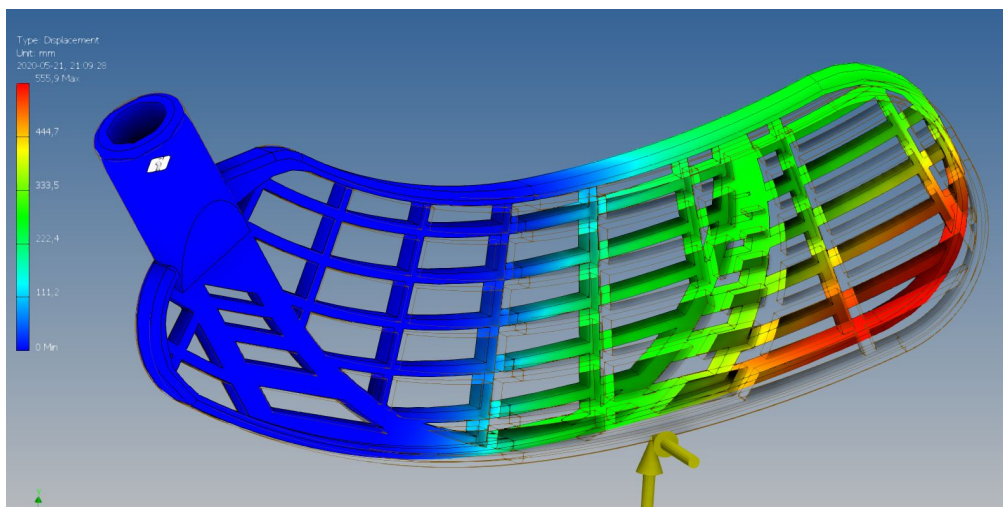


Bilaga VI - Deformationer av koncept 4

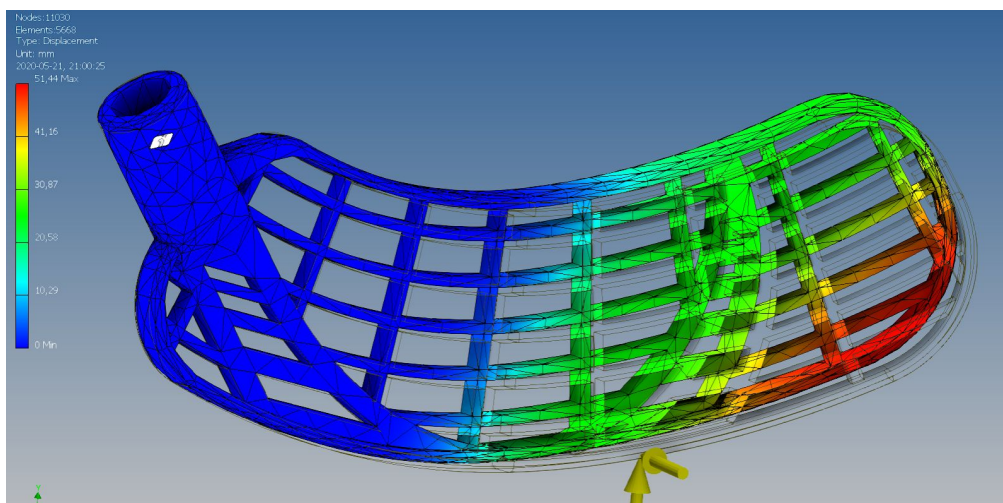
HDPE:



LDPE:

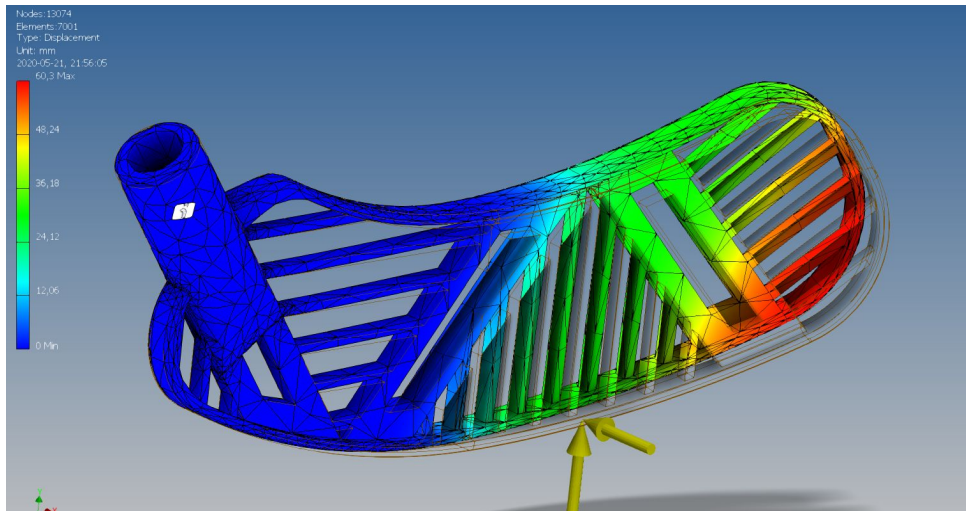


PP:

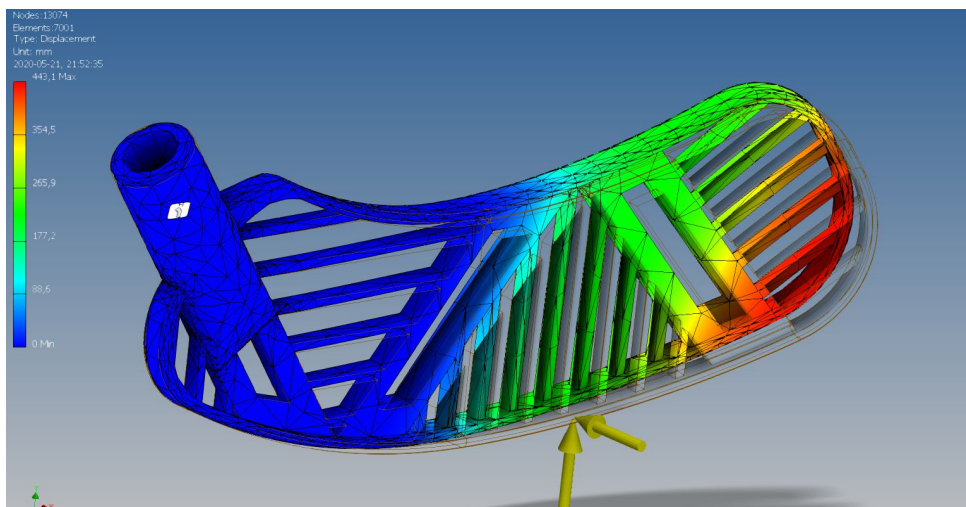


Bilaga VII - Deformationer av koncept 6c

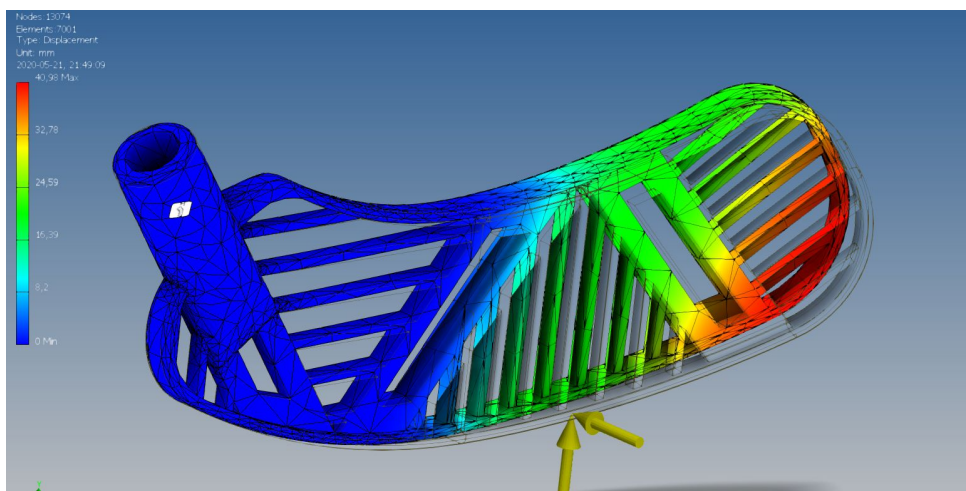
HDPE:



LDPE:

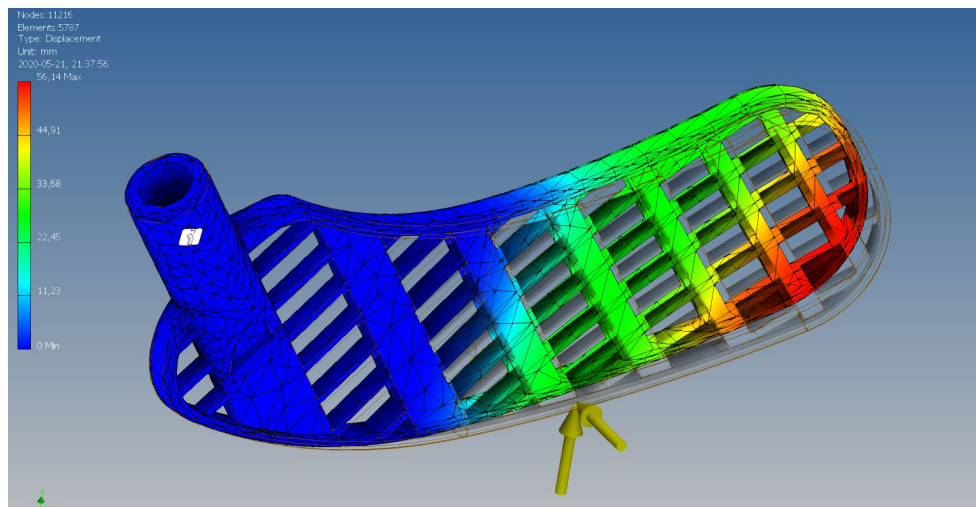


PP:

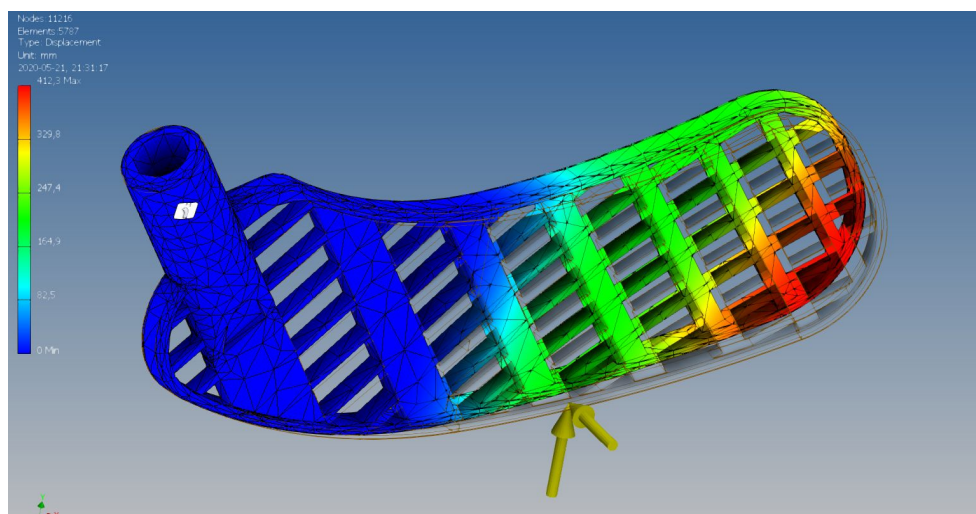


Bilaga VIII - Deformationer av koncept 8b

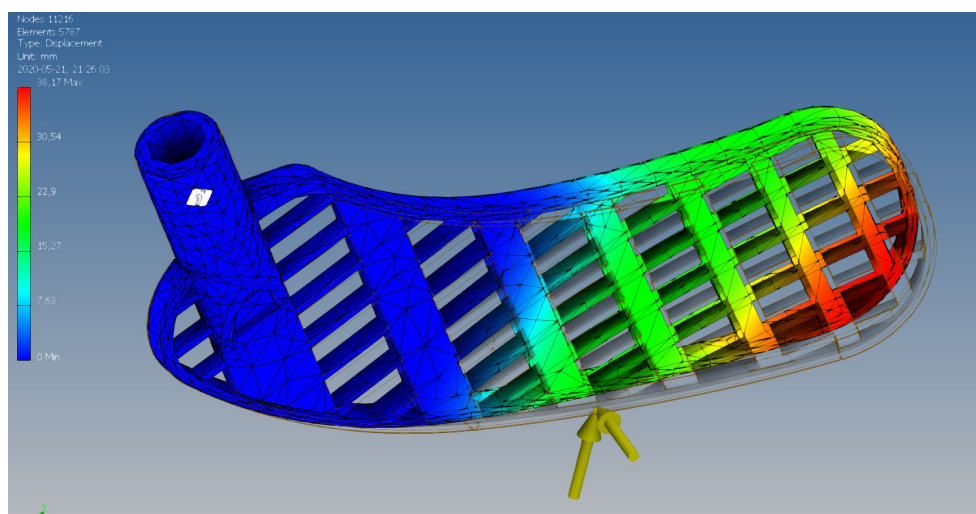
HDPE:



LDPE:



PP:



Bilaga IX - Slutmodell i olika vinklar

