

Západočeská univerzita v Plzni
Fakulta designu a umění Ladislava Sutnara

Bakalářská práce

Design - florbalové hole

Jan Petrmichl

Plzeň 2015

Západočeská univerzita v Plzni
Fakulta designu a umění Ladislava Sutnara

Katedra designu

Studijní program Design
Studijní obor Design
Specializace Průmyslový design

Bakalářská práce

Design - florbalové hole

Jan Petrmichl

Vedoucí práce: Ing. Eva Krónerová Ph.D.
Katedra konstruování strojů
Fakulta Strojní
Západočeská univerzita v Plzni

Umělecký konzultant: MgA. Zdeněk Veverka
Katedra designu
Fakulta designu a umění Ladislava Sutnara
Západočeská univerzita v Plzni

Plzeň 2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci zpracoval samostatně a použil jen uvedených pramenů literatury.

Plzeň, duben 2015

Podpis autora

Poděkování

Chtěl bych tímto poděkovat vedoucí své bakalářské práce paní Ing. Evě Krónerové Ph.D. za její vstřícný přístup, odborné vedení a přínosné rady po celou dobu tvorby mé bakalářské práce a uměleckému konzultantovi panu MgA. Zdeňku Veverkovi za věcné rady spojené s tvaroslovím výsledného produktu.

V neposlední řadě bych chtěl poděkovat svým nejbližším a přátelům za podporu během studia.

Obsah

1	Mé dosavadní dílo v kontextu specializace	1
2	Téma a důvody jeho volby	4
3	Cíl práce.....	6
4	Proces přípravy.....	8
4.1	Rešerše	8
4.2	Florbal.....	8
4.3	Historie florbalu	9
4.4	Vývoj florbalových holí	10
4.5	Cílová skupina	14
4.6	Bezpečnost	14
5	Proces tvorby	16
5.1	Rešerše	16
5.2	Proces návrhu a základní myšlenka díla	18
5.3	Konzultace tvarového řešení	19
5.4	Proces vývoje čepele	20
5.5	Simulace vstřikování plastu a optimalizace návrhu	20
5.6	Tvorba 3D modelu	22
5.7	Reálný model.....	23
6	Technologická specifika	25
6.1	Použité materiály	25
6.2	Podstatné technické parametry	26
7	Popis díla	27
8	Přínos práce pro daný obor	28
9	Silné stránky	29
10	Slabé stránky	30

11	Seznam použitých zdrojů.....	31
	A) Knižní a periodická literature	31
	B) Internetové zdroje.....	31
12	Resumé.....	33
13	Seznam příloh.....	34

1 Mé dosavadní dílo v kontextu specializace

Kontakt s designem a uměním jsem měl již během žákovských let, kdy jsem navštěvoval Základní uměleckou školu Josefa Kličky v Klatovech. Přestože jsem měl od mládí zálibu v kresbě a malbě, získal jsem všeobecné vzdělání na Gymnáziu Jaroslava Vrchlického v Klatovech, kde jsem se zaměřil zejména na matematiku a fyziku. Kontakt s uměním jsem ale neztratil. Jako samouk jsem se věnoval grafickému designu a fotografování. Během studia na gymnáziu jsem získal zkušenosti s tvorbou webových prezentací a se základy programování. Mimo jiné jsem vypomáhal studentům z Průmyslové školy v Klatovech, jejichž tým LeniCars se účastnil mezinárodní soutěže „Formule 1 ve školách“. Ve čtvrtém ročníku gymnázia jsme si vytvořili se spolužáky tým a zúčastnili se soutěže „Navrhni elektromobil budoucnosti“, kterou organizovala Západočeská univerzita v Plzni a ve které jsme získali 1. místo v kategorii design a 2. místo v kategorii konstrukce. Během středoškolského studia jsem nabyl vědomosti zejména technického zaměření, ale přetrvávala ve mně láska k umění. Proto jsem si jako vysokoškolské vzdělání zvolil Západočeskou univerzitu v Plzni, Fakultu designu a umění Ladislava Sutnara, obor Průmyslový design, který kombinuje multioborové znalosti v jeden celek. Jedná se o komplexní studium, které zahrnuje nejen uměleckou část, ale také i technickou. Student tohoto oboru musí zvládat i další obory, jako je například grafický design nebo programování CNC strojů. Díky studiu průmyslového designu jsem si jako student uvědomil, že ne vše je dnes možné navrhnout a vyrobit. Studium technických

předmětů jsem zjistil, jaké jsou technické možnosti jednotlivých materiálů, což napomáhá k vytváření lepších a zajímavějších návrhů, které využijí jejich konstrukční a materiálové možnosti.

Při řešení ateliérových prací jsem se vždy věnoval nejen prostému vzhledu, ale také technické stránce produktu, který jsem měl vytvořit. Při práci na každém úkolu jsem se vždy zprvu věnoval možnosti technického řešení, ze kterého jsem odvozoval konečný tvar. Tento postup je nejvíce patrný na mém návrhu manipulační vakuové přísavky určené na přenášení tabulek skla. V tomto projektu jsem se zaměřil na snadnou manipulaci, intuitivní ovládání a dále i na nejlepší ergonomický úchop madla při přenášení těžkých skleněných tabulí. Spojení jednoduchého samoaretujícího šroubového mechanismu bylo již v prvním ročníku jednou z mých nejlepších prací.

Vývoj mých prací se v průběhu bakalářského studia zlepšoval díky konzultační ateliérové výuce a také s mou rostoucí zdatností v počítačových editorech. Během studia jsem získal certifikáty v doplňkovém studiu 3D modelovacích počítačových programů. Nyní jsem schopen vytvořit nejen návrh, ale také jej digitálně prezentovat pomocí počítačové techniky ve formě vizualizací nebo skic a grafických materiálů. V neposlední řadě jsem se zdokonalil ve výrobě vlastních modelů, které tak prezentují mé návrhy.

Studium designu bych rozdělil na dvě etapy. První etapa, respektive první ročník, jsem se na škole hledal. Úkoly nebyly zadány exaktně, ale byly spíše tvořivé a měly u studentů designu rozvinout a ukázat talent. Při úkolech jsme vytvořili tvarově zajímavé sochy prezentující pocity nebo děje, jako je například rotace nebo volný pád. V druhém

ročníku jsem začal tvořit produkty, nástroje a stroje, kde se konečně mohl projevit samotný cit pro technický design. Mezi mé návrhy patří rekreační vodní šlapadlo, masážní stroj Rolletic pro společnost Beauty Systems, zapomenutý dopravní prostředek Dálník, sportovní kamera budoucnosti Dronie (Příloha 1-1).

V průběhu studia vysoké školy jsem se také zúčastnil některých veřejných designérských soutěží, například Poháru českých designérů pořádaným společností Becherovka. Mimo studium se věnuji také grafickému designu. Spravuji grafiku florbalovým klubům DDM Klatovy a Slavia VŠ Plzeň. Jako hlavní grafik spolupracuji na mezinárodním projektu College Life a neziskovém kulturním programu Klatovský Majáles 2015 (Příloha 1-2).

2 Téma a důvody jeho volby

Téma své bakalářské práce jsem si zvolil již na konci druhého ročníku. Vybral jsem si design florbalové hole, protože florbal patří neodmyslitelně k mému životu.

Již od mládí jsem byl rodiči veden ke sportu. Matka při studiu střední a vysoké školy závodně lyžovala na republikové úrovni, kde dosahovala vynikajících výsledků. Otec hrál za Klatovy krajský přebor tenisu a aktivně se věnoval i stolnímu tenisu. Jako dítě jsem to neměl na sportoviště daleko, rodiče mě podporovali ve volnočasových sportovních aktivitách. Lyžovat jsem uměl již v 5 letech, později jsem se věnoval závodně plavání. Poté jsem se v rámci sportovního oddílu TJ Klatovy začal v létě věnovat tenisu a v zimě pak stolnímu tenisu. K florbalu jsem se dostal náhodou v 8. třídě základní školy, kdy jsem chodil na kroužek florbalu DDM Klatovy, a byl jsem nominován do reprezentačního výběru školy. O florbal jsem se pak začal zajímat mnohem více. Nyní se florbalu věnuji nejen jako hráč v plzeňském klubu Slavia VŠ, ale také jako rozhodčí.

Jako každý sportovec, který využívá ke své činnosti variabilní sportovní náčiní, jako je například florbalová hůl, jsem měl tendenci vytvořit hůl vlastní. Takovou hůl, aby vyhovovala všem požadavkům, o kterých se domnívám, že jsou pro nejrychleji se rozvíjející halový sport nejen v České republice, zásadní. Podíváme-li se do blízké budoucnosti této atraktivní hry. Touha po vytvoření vlastní konstrukce hole se u mě projevila zejména po nástupu na vysokou

školu. Při studiu průmyslového designu jsem získal znalosti a vědomosti potřebné k realizaci konstrukčně-estetického produktu, jakým je florbalová hůl. Domnívám se, že nyní, po absolvování technických předmětů zaměřených na nové materiály a technologie ve strojírenství, jsem schopen navrhnout florbalovou hůl takových kvalit a tvarové jednoduchosti, aby splňovala požadavky na bezpečnost a zároveň přispěla k dynamice a atraktivitě hry, jakou se florbal v posledních letech stal.

3 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je navrhnout florbalovou hůl s využitím svých zkušeností získaných při vlastní hře. Florbalová hůl je produkt skládající se běžně ze dvou částí, a to z tvrdé kompozitní hole, takzvané žerdi, a plastové čepele. Florbalová hůl je úzce specializované sportovní náčiní pro hru florbalu. Pro tento sport, jako pro každý jiný platí pravidla a normy, které musí výstroj a výbava na florbal splňovat. Cílem mé práce je vytvořit návrh takové florbalové hole, která bude v souladu se základními pravidly, a přesto přinese nové nápady a neobvyklá tvarová řešení.

Návrh hole by měl brát v úvahu současné trendy a používané technologie. Zároveň by měl nabídnout náhled na možný budoucí směr vývoje florbalových holí v rámci rozvoje florbalu, jako dynamického halového sportu.

Důležitým cílem práce je navrhnout florbalovou hůl s ambicí na její výrobitelnost a v rámci bakalářské práce projít celým procesem vývoje produktu od návrhu po realizaci. Tedy navrhnout konceptuální produkt, který by se popřípadě uplatnil v blízké budoucnosti, jako průmyslový vzor nové generace florbalových holí.

Dalším důležitým kritériem je bezpečnost. Design hole by měl být jednotný a funkční. Tvarové řešení musí být navrženo v souladu s bezpečnostními předpisy pro florbalové hole. Také použitý materiál musí být v souladu s materiálovými normami, jejichž parametry stanovuje Mezinárodní florbalová federace (IFF).

Mým cílem je zpracovat návrh takové florbalové hole, která v co největší míře spojí pevnost kompozitní hole s modulativností měkčí

plastové čepele. Toto materiálové složení hole má vést ke zlepšení akumulace energie při střelbě a k následnému usměrnění florbalového míčku do branky. Správné přenesení energie na florbalový míček je důležité zejména pro správnou rychlost a přesnost dráhy míčku. Návrh materiálu čepele a její konstrukce je důležitá pro přenos energie hole na míček, která se přeměňuje na hybnou sílu, která vymrští míček z čepele.

Cílem je zejména zlepšit schopnost akumulace energie při střelbě a její vhodné usměrnění k zakončení s čepelí, kde se přenáší na florbalový míček a udává mu tak hybnou rychlost.

4 Proces přípravy

4.1 Rešerše

U každého projektu je velmi důležité si nejdříve určit přesné zadání, a zjistit jaké požadavky jsou na konečný produkt práce kladeny. V rámci vývoje nové florbalové hole je důležité si zprvu říci, k čemu je používána. Dále, jak se dané odvětví rozvíjelo a jaké jsou základní předpisy pro daný výrobek. V neposlední řadě je dobré určit cílovou skupinu, pro kterou je konkrétní návrh hole určen. Každý hráč florbalu preferuje jinou hůl, a proto je dobré vybrat majoritní cílovou skupinu případných uživatelů.

4.2 Florbal

Florbal je halový kolektivní sport. Hraje se na hrací ploše o rozměrech 40 x 20 metrů, která je ohraničena mantinely se zaoblenými rohy. Mantinely musí být schváleny Mezinárodní florbalovou federací (IFF) a příslušně označeny. Hraje se s dutým děrovaným plastovým míčkem. Standardně se hraje s jedním brankářem bez hole a pěti hráči v poli. Florbalisté, hráči florbalu, při hře používají speciální florbalové hole (tzv. florbalky). Cílem hry je vstřelit branku soupeři. Zápas vyhrává tým, který vstřelí více branek než soupeř. Normální hrací čas je 3 x 20 minut se dvěma desetiminutovými přestávkami, během nichž si družstva musí vyměnit strany. Hrací čas je čistý, což v praxi znamená, že čas je zastaven kdykoliv je hra přerušena hvizdem rozhodčích a znovu spuštěn, když je míček uveden zpět do hry. Pokud utkání hrané do rozhodnutí skončí nerozhodným výsledkem, musí následovat 10

minutové prodloužení. Hraje se, dokud jedno z družstev nevstřelí branku. Nevstřelí-li družstva branku ani v prodloužení, následuje série samostatných nájezdů. Pravidla mohou být odlišná v závislosti na kategorii nebo soutěži. Na turnajích se většinou hrací čas zkracuje podle časových možností pořadatelů. Mezi oblíbený typ florbalu dnes patří hra v méně hráči v poli. V České republice je pořádána i liga malého florbalu, kde místo pěti hráčů v poli jsou jen hráči tři, a hřiště je zmenšeno na 30 x 15 metrů.

V České republice jsou národní soutěže florbalu pořádány Českou florbalovou unií (ČFbU). Pod ČFbU spadá také příprava florbalové reprezentace České republiky a výuka florbalových rozhodčích.

4.3 Historie florbalu

Přestože se traduje, že florbal jako takový vznikl ve Skandinávii, je pravdou, že florbal vznikl ve Spojených státech amerických v továrně na plastové výrobky. Pracovníci tamní společnosti zpracovávající plast vyráběli plastické hole, se kterými ovládali míček.

Velkého rozkvětu se ale dočkal florbal, známý také pod názvem floorhockey, až ve Švédsku, kde se plastové hole objevily na začátku 70. let. Švédští hokejisté se s nimi připravovali v letních měsících, kdy neměli k dispozici ledovou plochu, a nazvali tuto hru s plastovými holemi innebandy.

Hra se postupem času v Evropě, zejména v severských zemích, velmi rozšířila a stala se natolik populární, že byla v roce 1986 založena Mezinárodní florbalová federace (IFF).

V roce 1994 se konalo první Mistrovství Evropy mužů ve Finsku a o rok později se odehrálo první Mistrovství Evropy žen. V roce 1996 se uskutečnilo první oficiální Mistrovství světa mužů. Mistrovství světa se koná pravidelně každé dva roky. V lichém roce bojují o nevyšší příčky ženy, v sudém roce pak muži.

Světovému florbalu nyní udává směr Švédsko. Má nejvíce registrovaných florbalistů na světě. Česká florbalová unie je z hlediska počtu členů na třetím místě za Finy a před Švýcary. Většina, ne-li všechny společnosti vyrábějící florbalové hole nejvyšší kvality, sídlí ve Skandinávii.

Zajímavostí je, že florbalový míček v dnešní podobě paradoxně nevyvinuli hráči florbalu, ale baseballisté. Plastový míček podobných rozměrů slouží k tréninku baseballových pálkařů v zimním období.

4.4 Vývoj florbalových holí

Florbalové hole jsou od vzniku florbalu jako sportu mnohem pevnější a preciznější nástroje, než byly při zrodu v americké plastikářské společnosti.

Od poloviny sedmdesátých let se používaly celoplastové florbalové hole složené ze dvou částí. Jednalo se o plastovou trubku a čepel. Obě části byly spojeny šroubky. Hráči ale požadovali od holí větší tvrdost a plastové hole se začali nahrazovat sklolaminátovými tyčemi, které splňovaly nároky hráčů na tvrdost hole. Zlepšení tvrdosti hole neslo ale i svá úskalí. Tvrdší hole ze sklolaminátu se často při střelbě lámaly a jejich váha se oproti laminátovým zvětšila. Výrobci holí na nepříznivé lámaní holí při střelbě zareagovali

a začali využívat v dnešní době moderní uhlíková vlákna. Vlákna přidávali do skelných svazků při výrobě kulatých žerdí. Od roku 2005 došlo k významné změně konstrukce florbalových holí, kdy se začalo experimentovat s různými tvary žerdi.

Zpočátku se změny projevily v úchopové části hole, kde je žerď obtočená omotávkou pro lepší a pevnější úchop při hře, kdy se ruce hráčů florbalu potí. Tvar žerdi se nejen s rostoucí vzdáleností od čepele zvětšoval, ale také se změnil kruhový průřez v oválný, což mnozí hráči považují za velmi vhodné, protože ruka pak lépe drží ve správné poloze. Hlavním přínosem této změny bylo, že zejména ti nejmladší hráči, byli nuceni tvarem hole správně držet florbalovou hůl. Bohužel, pro mě z neznámých důvodů, se tato konstrukce v posledních letech vytrácí.

Po krátkém období, kdy výrobci holí zjistili, že žerď je možné tvarovat, zaměřili se na tvorbu holí s přidanou hodnotou. Hole začali být mnohem více tvarově rozdílné. Velikou revolucí v konstrukci holí bylo vyosování konce hole vzhledem k podélné ose držení. S tímto zlepšením přišla společnost Unihoc (v dnešní době hlavní partner Mezinárodní florbalové federace). Jedná se o nepatrné vyosení žerdi ve spodní části hole pod značkou povoleného úchopu. Společnost Unihoc přišla se dvěma typy tohoto vyosení, a to o 1,5° a 3°. Elitní hráči byli zprvu skeptičtí vůči této novince, protože nevěděli, že toto malé vyosení může zlepšit jejich hru. Přesto, že se jedná jen o opravdu malé vyosení, změna byla dosti znatelná při vedení míčku, které se zlepšilo díky novému postavení čepele vůči hrací ploše. V roce 2008 na tuto technologii reagovala společnost Canadien vlastním ojedinělým způsobem, a to tak, že místo změny zakřivení žerdi upravila tvar čepele tak, aby samotná čepel svírala

s podložkou jiný úhel, a to dokonce dvakrát větší oproti maximu nabízené společností Unihoc. Sám jsem s takovou holí od společnosti Canadien hrál a mohu říci, že rozdíl oproti klasické čepeli je opravdu znatelný.

Okolo roku 2010 se začalo více experimentovat s pokročilejším tvarováním žerdi. Švédská společnost Salming začala žerď jemně zužovat mezi značkou povoleného úchopu a spojením žerdi s holí. Zúžení se na tvaru hole projevuje zploštěním v přední části žerdi ve směru hry. Společnost Salming tuto technologii pojmenovala KICKZONE, což volným překladem z angličtiny znamená „místo nakopnutí“. Právě tento název přesně definuje, jakou výhodu toto zúžení hole nabízí oproti kruhové konstrukci. Působí-li hráč na kulatou žerď tlakem vůči pevné podložce, hůl se prohýbá po celé své délce konstantně. Naopak, působí-li hráč stejným tlakem na žerď se zploštěním, tak se tato hůl také prohýbá po celé délce, ale ve zploštění se prohne více, a tak v sobě žerď naakumuluje více energie, která má tendenci hůl vrátit do původního stavu. Uvolníme-li tento tlak, hůl kmitá a vrátí se do původního stavu. Provedeme-li tento pohyb při hře, zjistíme, že technologie KICKZONE nám nabízí díky naakumulované energii v holi rychlejší kmit, a tak v konečném důsledku popořene vystřelený míček rychleji než hůl kruhové konstrukce. S podobnou konstrukcí hole přišla později i společnost FatPipe, která k docílení stejného efektu využívá zploštění profilu hole v její spodní části.

O rok později přišla společnost Exel, vlastnící i značku Canadien, s nově tvarovanou holí s názvem SuperCurve. Hůl je klasické laminátové konstrukce a je odlišná hlavně svým tvarem, který je zahnutý okolo osy hole. Ve spodní části je hůl vyosená o 3° jako hůl

od společnosti Unihoc. Hůl jako celek je poté ohnutá „tam a zpět“, respektive tvar celé hole je prohnutý po celé své délce jako písmeno S. Po zkušenosti s touto holí mohu potvrdit, že je hůl vhodná pro technické hráče, kteří střílí zejména tahem. Společnost Exel také vyrobila pod přidruženou značkou Canadien novou čepel, která byla nejprve určena pro rovné hole. Čepel byla konstrukčně proměněna tak, že nabízí vyosení patky o 6°. Samotná čepel tedy nahrazovala technologii zahnuté hole. Nutno říci, že tuto čepel si oblíbilo mnoho hráčů, kteří ji spojovali s tvarovými holemi SuperCurve. Hráči dosahovali 9° vyosení u čepele.

V roce 2014 společnost FatPipe představila na trhu zcela rovnou hůl, která byla inspirovaná ledním hokejem. V hokeji se používají hole ze dřeva s napojenou laminátovou čepelí. Průřez hole je obdélníkový se zaoblenými hranami. Tento tvar dává holím mnohem větší tvrdost, a proto je hůl oblíbená u hráčů, kteří střílejí zejména přiklepem nebo zápěstím.

Vývoj materiálů se po přechodu na laminátovou konstrukci zásadním způsobem nezměnil. Výrobci postupem času začali nahrazovat skelná vlákna novými a kvalitnějšími materiály. V dnešních holích se uplatňují zejména vlákna na bázi uhlíku. Výrobci se snaží vyvíjet takové postupy, aby minimalizovali materiálové ztráty při výrobě a aby co nejvíce snížili celkovou váhu florbaldové hole.

4.5 Cílová skupina

Cílovou skupinou florbalové hole jsou florbaloví hráči. Můj návrh hole je zaměřen na vyspělé hráče technického charakteru, kteří střílejí zejména tahem ze střední a velké vzdálenosti. Takoví hráči jsou zejména obránci a hráči na centru, kteří svým pohybem na hřišti obsazují pozice dále od branky a schovávají při střelbě tahem míček za sebe tak, aby střela byla pro brankáře hůře čitelná. Nebo hráči na centrální pozici, kteří se dostanou do těsné blízkosti branky a potřebují mít co nejlepší kontrolu nad míčkem před brankou.

4.6 Bezpečnost

Všechny florbalové pomůcky a vybavení musí být schváleny a registrovány k užívání při hře IFF. Florbalová federace nechává všechny nové florbalové hole přezkušovat Švédským výzkumným technickým institutem SP (SP Technical Research Institute of Sweden). Švédský institut připravil pro florbalovou federaci regulační materiály, které stanovují podmínky pro výrobce. Každé vybavení, které projde testy a je schválené, se označí certifikační známkou Mezinárodní florbalové federace, a takto certifikované vybavení je možné používat ke hře. Česká florbalová unie svou legislativou prohlašuje, že kterékoliv vybavení s certifikátem od švédského institutu a označené certifikační známkou je možné používat ve všech českých florbalových soutěžích pořádaných pod hlavičkou České florbalové unie.

Florbalové vybavení je v dnešní době velmi kontrolováno a na florbalových holích se zkoumá každý detail. Nutno proto zmínit

několik základních hledisek. Florbalové hole musí splňovat tyto základní požadavky.

U florbalové žerdi je kontrolováno zahnutí, kdy se celá florbalová hůl včetně prohnutí musí vejít do kvádrů o rozměrech 5 x 5 x 119 cm. Běžná délka žerdi je 96 cm, prodloužená verze pro vyšší hráče pak 101 cm. Minimální zaoblení je z bezpečnostních důvodů 2 milimetry.

Florbalová čepel musí splňovat tyto požadavky. Styková plocha čepele s hrací plochou musí mít poloměr menší než 27 cm a napojení čepele na žerď musí být 60°, respektive osa hole musí při položení čepele svírat úhel 60°. Hrany čepele musí mít všechny minimální poloměr 2 milimetry a maximální hloubka čepele je pro vyráběné čepel maximálně 2 centimetry, které si může hráč případně upravit až na 3 cm podle florbalových pravidel. Kompletní požadavky na florbalové vybavení, které je nutné dodržet při návrhu, je dostupné na oficiálních webových stránkách Mezinárodní florbalové federace.

5 Proces tvorby

5.1 Rešerše

Má rešerše k bakalářské práci byla ulehčena mnoha faktory. Návrh florbalové hole - téma bakalářské práce pro mne bylo snadnější, protože se florbalu věnuji již několik let a s legislativou tohoto sportu jsem podrobně seznámen i díky pravidelným školením rozhodčích. S vývojem florbalových holí jsem se seznámil v průběhu let jako hráč, přičemž jsem sledoval tvarové trendy a materiálové složení holí jednotlivých výrobců.

Zaměřil jsem se na typ hole, který je u hráčů oblíbený a zpracoval jsem si analýzu trhu s florbalovým vybavením. Většina trhu s florbalovými holemi je rozdělena mezi dvě majoritní společnosti, a to Salming a Unihoc. Jako zajímavost uvádím, že společnost Salming je hlavním sponzorem České florbalové reprezentace a společnost Unihoc pražského Tatranu Střešovice, nejúspěšnějšího českého klubu v historii nejvyšší florbalové ligy České florbalové unie. Mužský oddíl Tatran získal již 15 titulů.

Na trhu jsou i jiné značky, ale jejich oblíbenost je spíše nižší. Výše uváděné značky jsou na vrcholu už déle a svou pozici si drží. Nutno říci, že další oblíbené značky jako Exel a Canadieln byly v posledních 4 letech vytlačeny konkurenty FatPipe a novou progresivní značkou Oxdog. V České republice se výrobou florbalových holí zabývala společnost Oxdog, která je vyráběla pod stejnojmennou značkou, ale v roce 2011 ji odkoupila finská společnost, která ve výrobě pokračuje. Společnost Oxdog přišla v posledním roce se zajímavým vylepšením konstrukce hole. Na

konec hole přidala závit, do kterého je možné zasadit závaží, a tak změnit její těžiště. Do formy na výrobu čepele také vkládají karbonovou vložku, která zpevňuje patku čepele (Příloha 5.1-1).

Přestože jsou tyto inovace holí na vzestupu, hráči zůstávají u zavedených modelů tradičních značek. Mezi holemi je nejpopulárnější kombinace žerdi od společnosti Salming s označením KickZone a TipCurve, které nabízí zploštění hole k lepší střelbě a vyosení žerdi o 3°. Nejoblíbenější čepelí je Salming Quest, která byla poprvé uvedena na trh v roce 2006 a díky své tvarové přizpůsobitelnosti a univerzalitě má veliké množství uživatelů. Čepel byla v historii několikrát upravena. V roce 2011 byla ale z neznámých důvodů čepel z trhu stáhnuta a nahrazena čepelí Quest 2, která byla masivnější a nezískala si mnoho příznivců. Společnost podlehla naléhání hráčů a upravila starý model Quest a přišla na trh s modelem Quest 1, který je přímým tvarovým nástupcem starého oblíbeného modelu (Příloha 5.1-2). Oblíbenou holí od značky Unihoc je kombinace žerdi Curve 3° a čepele Player, která byla podobně jako Salming Quest několikrát pozměněna, ale svou klientelu neztratila.

Přestože florbalové hole stále procházejí vývojem a inovacemi, je skutečností, že hráči jsou spíše konzervativní, zvyklí na základní parametry hole. Z rešerše tedy vychází, že optimální vyosení hole je více jak 3° a s mírně zaoblenou čepelí a vyosenou patkou, respektive univerzální jemná vrtulovitá plocha, která se dá hráčem upravit. Domnívám se, že jednoduché tvarování s menším počtem příček je vhodnější pro následnou personalizaci tvaru čepele.

5.2 Proces návrhu a základní myšlenka díla

Proces návrhu vždy začíná na papíře. Nejdříve jsem zkoušel navrhovat tvarové části čepele tak, aby tvořily jednoduchý tvarový základ, na kterém bude vystaven vizuální návrh hole. Díky řešerši i osobním zkušenostem jsem věděl, že v poslední době je vývoj zaměřen na zpevnování spojení hole s čepelí. Právě toto místo je největším problémem florbalové hole, mnoho čepelí je sice esteticky zajímavých, ale v praxi jejich konstrukce nevydrží enormní tlaky při střelbě. Při vstřikování plastů se tvoří vzduchové bubliny, které právě v takto namáhaných místech a zúženích způsobují prasknutí. Proto jsem začal zkoumat možnosti, jak tento spoj nahradit pevnějším a lepším řešením. Dospěl jsem k závěru, že je třeba minimalizovat tvarovou složitost a tak eliminovat možnosti vzniku vzduchových kapes.

Proces skicování byl oproti klasické semestrální práci docela dlouhý (Příloha 5.2-1). Dva měsíce jsem si lámal hlavu nad základním tvarovým propojením čepele s holí. Nejtěžší při této práci bylo skloubit dva materiály - laminát a plast.

Základní myšlenkou je estetické a efektivní propojení laminátové žerdi s modulovatelnou plastikovou čepelí, která bude dávat hráči možnost tvarové personifikace. Přestože se objevují prototypy florbalových holí z jednoho kusu, tedy čepel a hůl je tvořena laminátem, domnívám se, že je to cesta špatným směrem. Nemožnost změny geometrie čepele je podle mého názoru krokem zpět.

5.3 Konzultace tvarového řešení

Už ve fázi skicování jsem konzultoval základní tvarová řešení, ze kterých vyplynul tvar spojení žerdi s čepelí. Spojení se dá, přirovnat k písmenu Z. toto řešení vzniklo z těchto úvah. Základní myšlenkou bylo propojit tvar čepele a tvar žerdi. To se povedlo pomocí hrany vybíhající ze zploštění hole. Vybíhající hrana žerdi navazuje na plastovou hranu čepele, která definuje horní linii rámu čepele. Tato hrana se vrací v ohybu do žerdi, kde tvoří můstek a za žerdí tvoří tvrdou patku čepele, ze které plynule vychází spodní plastový rám čepele. Esovité prohnutí této hrany tak přispívá k ochraně plastové čepele před úderem od hole soupeře, který by tím pádem sjel po žerdi dolů k čepeli a bez následků by přes čepel úder sjel. Podobný princip se používá u mečů a kordů, kdy rukojeť je chráněná záštitou nebo drápky a terčovým prstenem. Takové tvarové řešení vymezuje základní princip napojení čepele na žerd'. V můstku by byla vložena příčka, za kterou by se plast při vstřikování do spodní části žerdi nedostal, a žerd' by tak zůstala dutá. Svrchní hrana čepele vycházející z žerdi plynule navazuje na praktické zploštění hole, které funguje stejně jako KickZone na holích od značky Salming. Tato tvarová část tak nemá tudíž pouze estetickou funkci, ale společně s můstkem a zpětným navázáním na žerd' dotvoří patu čepele. Tak vznikne funkční prvek, který odlišuje návrh hole od dnes běžně používaných konstrukcí.

Základní myšlenka posunout laminátovou část žerdi, a tak zlepšit sílu přenášenou na míček, byla tak snadněji dosažitelná. Pomocí můstku jsem docílil funkčního a tvarově zajímavého prvku na nejvíce exponované části hole. Pod můstkem tak vznikl prostor pro konstrukci čepele, kterou jsem pojal více teoreticky. Samotná čepel

vychází přímo z žerdi přes otvory pod můstkem. Tvarové invenci se tak meze nekladou a je možné díky dvěma paprskům vycházejícím z těla žerdi produkovat různé návrhy řešení čepelové části hole. Konečný návrh čepele vychází z optimalizace návrhu čepele pod vedením paní inženýrky Evy Krónerové z Katedry konstruování strojů, který je upraven po estetické stránce.

5.4 Proces vývoje čepele

Vývoj čepele je stěžejním tématem mé práce. Díky konzultacím tvarového řešení propojení žerdi s čepelí jsem dospěl k jednoduchému řešení spojení. Díky příčce, která by byla vložena do můstku, vzniká dutina pro vstříknutí plastu. Aby plast mohl z dutiny vycházet, je nutné do žerdi vyfrézovat drážky, kterými bude plast vytékat ven do připravené formy. Forma bude při vstřikování těsně obepínat laminátovou část žerdi a do tvarové formy bude vystříknutá plastová čepel. Návrh žebrování byl tím pádem libovolný. Proto, abych splnil kritéria kladená na čepel a její odolnost, jsem musel připravit konstrukčně nejefektivnější návrh, který by esteticky vycházel z tvarování celé hole.

5.5 Simulace vstřikování plastu a optimalizace návrhu

Při tvorbě modelů jsem zjistil, že dnešní florbalové čepele jsou sice esteticky na dobré úrovni, ale konstrukčně nemají dobré parametry. Výrobci se snaží čepele dělat co nejtenčí, aby ušetřili materiál a tím docílili co nejnižší hmotnosti. Proto se snaží dělat odlehčující žebrování a ubírají materiál i tam, kde je ho podle mého názoru

potřeba. Jako rešerši kvality florbalových čepelí jsem si zvolil na trhu nejstarší a nejoblíbenější model čepele Quest1 od společnosti Salming.

Čepel Quest1 jsem vymodeloval v počítači a podrobil jí zkoumání v simulaci vstřikování plastu. Výsledky byly pro mě velmi překvapivé. Výstřik je podle simulace jen z 56% kvalitní a obsahuje velký počet vzduchových kapes a studených spojů (Příloha 5.5-1).

Největším úskalím dnešních čepelí je propojení žerdi s čepelí, kdy se obě části navzájem spojují dvěma šroubky proti sobě, kdy jsou v čepeli předem připravené otvory s odlehčením. Čepel musí v horní části obepínat kruhový konec čepele po délce přibližně 3-4 centimetry a právě tento prostor je styčnou plochou, která předává veškerou sílu vloženou do hole čepeli. Pod koncem žerdi je na čepeli 2-3 milimetrová plocha, ze které vychází žebrování. Jak simulace ukázala, právě toto řešení spojení objímky hole s uzavírající plochou a navazujícím žebrováním čepele je nejvíce náchylné místo na vady (Příloha 5.5-2). Tento prostor je velmi bohatý na vzduchové kapsy. Také v této části se nejvíce projevují síly, které dlouhodobým zatěžováním činí čepel nevhodnou ke hře a opotřebením se čepel v inkriminovaných místech láme. Díky složitosti části napojení je plynulost plnění formy čepele nevyzpytatelná a její žebrování je pak plné studených spojů, které také mohou při hře praskat (Příloha 5.5-3).

Řešení, které jsem navrhl, je z tohoto pohledu výhodnější, protože neřeší tvarově složitý systém napojení a ani není odlehčen pro šroubky (Příloha 5.5-4). Díky plynulému plnění uvnitř žerdi je možné docílit i optimálního plnění žebrové části čepele tak, že v hlavních

horizontálních příčkách se nenachází žádný ze studených spojů (Příloha 5.5-5). Díky této optimalizaci je minimální pravděpodobnost, že bude pouhým namáháním při hře docházet k deformacím a lomům čepele.

Konečný návrh čepele se řídí funkčním návrhem a ve spodních horizontálních příčkách se shoduje s optimalizovaným počítačovým modelem (Příloha 5.5-6). Ve fázi vstřikování plastu je možné pro odlehčení hole a minimalizaci materiálu do dutiny žerdi zastrčit jádro, a tak vytvořit otvor, který by urychlil tečení plastu a snížil dobu plnění formy.

5.6 Tvorba 3D modelu

Pro vytvoření modelu a ověření tvarů je nutné v procesu návrhu vytvořit počítačový trojrozměrný model. K vytvoření veškerých prací využívám plošný 3D modelář Rhinoceros, který jsem si osvojil za dobu studia díky dvousemestrální výuce modelování v tomto softwaru.

Počítačové prostředí tohoto softwaru pomohlo vytvořit složitě tvarové plochy mého modelu (Příloha 5.6-1). Díky možnosti vizualizace a simulace osvětlení, se stal program Rhinoceros vhodným pomocníkem při tvorbě. Mnohdy jsem díky modelování přišel i na nové postupy a možnosti, jak vytvořit zajímavé tvarové plochy. Díky vizualizaci jednotlivých nápadů a možnosti natáčení objektů, se několikrát stal 3D model i pomůckou při řešení technických problémů.

Po dokončení technického řešení modelu jsem vytvořil konečné vizualizace v programu KeyShot, které jsem také použil pro vytvoření prezentačních materiálů.

5.7 Reálný model

Závěrečnou částí procesu navrhování, je tvorba prezenčního modelu, který slouží jako fyzická pomůcka při hodnocení návrhu a propůjčuje hmatatelnou podobu dlouhotrvajícího procesu tvorby bakalářské práce.

Pro model bylo zvoleno měřítko 1:1, tedy model ve skutečné velikosti. Toto rozhodnutí vyplývá z velikosti finálního produktu, který je ve své podstatě dlouhá úzká tyč s tvarovým zakončením. Zmenšené měřítko by neodpovídalo možnosti úchopu hole a domnívám se, že by nebylo možné vytvořit kulatou žerd' o průměru menším než dva centimetry. Díky tomu lze snáze modelem demonstrovat všechny jeho parametry a funkce.

Výroba makety byla jednou z možností, jak vytvořit model hole. Samozřejmě by bylo možné vyrobit funkční model ve vývojovém firemním prostředí, ale ne v rozsahu a finančních možnostech bakalářské práce.

Díky hotovému 3D modelu vytvořeného v počítači byla výroba reálného modelu usnadněna. Díky školní frézce jsem vytvořil žerd' z polyuretanu (Příloha 5.7-1). Tvarově obtížná a jemná část čepele byla vytištěna na práškové 3D tiskárně (Příloha 5.7-2). Vytvořené části jsem spojil k sobě a opatřil povrchovou úpravou. Přestože byla žerd' s čepelí spojena v jeden celek, provedl jsem barvení základní

perleťovou černou barvou, kterou jsem zamaskoval, a čepel nastříkal barvou podle barevného řešení.

Hotový model jsem pak opatřil bílou produkční omotávkou od společnosti Salming. Na závěr jsem aplikoval grafické prvky (Příloha 5.7-3).

6 Technologická specifiká

6.1 Použité materiály

Materiály florbalových holí se značně liší, každý výrobce si své know-how chrání a nikomu ho nechce sdělit. Hole jsou laminátové konstrukce, a tak není jasné, jaké pojivo a které typy rohoží používají.

V mém návrhu se jedná o prepreg, který je vytvořen z vrstev uhlíkového tkaniva spleteného v keprové rohoži, respektive v takzvané punčoše, která po navléknutí na trn a usazení do formy vytvoří základní část žerdi. Předpřipravená tkanina napuštěná vhodnou epoxidovou pryskyřicí s tvrdidlem, které začne působit při dané teplotě v peci. Tento prepreg tak po vytvrzení v peci získá požadovaný tvar žerdi. V rámci výroby žerdi bude na jednolitou mnohovrstvou punčochu navléknutá druhá tkanina, která bude tvořit tvarový konec a do spodní části bude také vložena přepážka, která bude sloužit jako zábrana proti vniknutí plastu při vstřikování čepel.

Čepel bude tvořena z polyamidového granulátu požadované barvy. Navázání žerdi a čepel proběhne ve vstřikovací formě, kde hotová žerd' s vyfrézovanými drážkami bude těsně obepnuta formou a tekutý polyamid bude vstříknut do tvarové dutiny tak, aby vyplnil vnitřek formy a vznikla požadovaná čepel. Žerd' bude tak s čepelí spojena nedělitelným spojem.

6.2 Podstatné technické parametry

Navržená florbalová hůl z velké části odpovídá parametrům IFF. Délka hole odpovídá nejpoužívanějšímu rozměru ve florbalu, a to 96 cm dlouhá žerď s čepelí. Podle nového způsobu měření holí se jedná o hůl dlouhou 107 cm, kdy se do délky započítává i část čepele. Čepel je ve všem přizpůsobená normám, je největší možná na výšku, tj. 80 mm. Od patky ke špičce je dlouhá 250 mm a poloměr spodní hrany čepele je proměnný, ale nepřesahuje 270 mm.

7 Popis díla

Navržená florbalová hůl je určena pro technicky vyspělé hráče florbalu. Liší se od dnešních florbalových holí svou konstrukcí v napojení žerdi s čepelí.

Florbalová hůl je inspirována zejména dlouholetou praxí a průzkumem trhu. Tvarové řešení vychází ze základního kruhového průřezu používaného u žerdí. Tento tvar se propíná celou délkou žerdi. V horní úchopové části se kruhový průřez mění v oválný, který napomáhá lepšímu držení a je také silnější, čímž usnadňuje pevnější stisknutí hole i hráčům s většíma rukama. Tvar žerdi je ve spodní části zploštěný. Zploštění tvoří funkční prvek hole. Mezi omotávkou a zploštěním je na zadní stěně kruhové hole tvarová drážka, která je podpůrným prvkem zploštění a zároveň zpevňuje hůl v horní části tak, aby zploštění mělo co největší účinnost při hře.

Spodní část hole je tvarově výrazná a pomocí přidaného množství materiálu tvoří plynulý přechod mezi laminátovou žerdí a polyamidovou čepelí. Neobvyklé tvarové řešení tohoto spojení je nosným prvkem mého návrhu (Příloha 7-1).

8 Přínos práce pro daný obor

Vytvořená florbalová hůl je inovativní zejména přístupem k vytvoření konstrukčně jednoduchého a efektivního spojení dvou základních materiálů používaných při výrobě florbalových holí. Žerd' je tvarově pojatá jako naprosto funkční a snaží se přenést maximální množství síly vložené hráčem do čepele, a tak odehrát míček s co největší razancí.

Žerd' navržené hole je prohnutá ve třech směrech tak, aby ergonomicky vyhovovala náročným hráčům a umožňovala vhodnější úchop a pohodlnější užívání hole. Hůl je v části čepele vyosená o $4,5^\circ$, a tak je výhodná pro technické hráče. Svým prohnutím v rukojeti se z pohledu brankáře jeví jako stáčeující se za hráče. Toto zahnutí zvýhodňuje hráče, protože brankář nemá možnost pozorovat míček celou dobu. Dochází tak ke zrychlení hry a podle mého názoru dojde k většímu počtu brankových okamžiků a ztraktivnění hry pro diváka.

9 Silné stránky

K silným stránkám mého návrhu patří zjednodušení spojení žerdi s čepelí. Při tomto spojení se nepoužívá žádného šroubku a spojení je jednoduché a tvarově nenáročné. Toto řešení má bezesporu výhodu v množství použitého materiálu. Na výrobu jedné čepelce je spotřebováno až o jednu třetinu méně materiálu.

Díky prodloužení žerdi až k hraně styku čepelce s herní podložkou je dosaženo co možná nejefektivnějšího přenosu síly vložené hráčem do hole. Zpětné prohnutí hole je vhodné pro technické hráče střílející tahem z velkých a středních vzdáleností.

Přechod oválného do kruhového průřezu držení hole napomáhá vhodnému úchopu i pro hráče s větší rukou.

Vyosení čepelce vůči ose hole napomáhá lepšímu vedení míčku při hře. Ponecháním plastové čepelce je možné prohnutí přizpůsobit každému hráči podle jeho vlastních potřeb. Optimalizací vstřikování plastové části čepelce jsem v návrhu dosáhl velice kvalitního výstřiku, který postrádá v horizontálních příčkách vzduchové kapsy a z velké části i předchází tvorbě studených spojů, které by mohly vést k praskání čepelce.

10 Slabé stránky

Slabá stránka mého návrhu paradoxně spočívá v řešení nedělitelného spojení žerdi a čepele, které má jinak bezesporu mnoho kladných projevů.

U dnešních holí je možné vyměnit čepele nebo žerď, pokud prasknou, nebo není-li možné s nimi nadále hrát. Tuto možnost můj návrh postrádá. Z osobní zkušenosti ale vím, že většina hráčů při zlomení žerdi je nucena koupit komplet celý nový, protože samostatné žerdi se neprodávají. Proto se domnívám, že v případě zlomení hole by nebyl problém zakoupit florbalovou hůl novou.

11 Seznam použitých zdrojů

A) Knižní a periodická literatura

1. Hauffe, Thomas. Design. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2004. ISBN 80-251-0284-X.
2. Bramston, David. Design výrobků. Brno: ComputerPress, 2010. ISBN 978-80-25129-14-2.
3. Pelcl, Jiří. Design - Od myšlenky k realizaci. Praha: Vysoká škola uměleckoprůmyslová, 2013. ISBN 978-80-86863-45-0.
4. Krátký, J., Hosnedl, S. Příručka strojního inženýra 1. Brno: Computerpress, 1999. ISBN 80-7226-055-3.
5. Šuba, Oldřich. Dimenzování a navrhování výrobků z plastů. Vyd. 1. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati, 2005. ISBN 80-7318-287-4.
6. Laš, Vladislav. Mechanika kompozitních materiálů. 1. vyd. Plzeň : Západočeská univerzita, 2004. ISBN 80-7043-273-X.

B) Internetové zdroje

1. Floorball - Rules and Interpretations. Dostupné z WWW:
<http://windows3.salibandy.net/Liitetiedostot/Rules%20of%20the%20Game%20Edition%202014.pdf>
2. Material Regulations - Certification Rules for IFF-marking of Floorball Equipmen. Dostupné z WWW:
<http://floorball.sp.se/en/certification/Sidor/default.aspx>
3. SP's Certification Rules for IFF-marking of Floorball Equipment SPCR 011 September 2011. Dostupné z WWW:
http://floorball.sp.se/en/Documents/SPCR011_2012_Interpretation.pdf
4. SP's Certification Rules for IFF-marking of Floorball Equipment

SPCR 011 September 2011. Appendix - Appendix 25.

Dostupné na www: http://floorball.sp.se/en/Documents/SPCR011_appendix_2012.pdf

12 Resumé

The theme of my bachelor thesis is to design a floorball stick.

I chose this topic because sport and especially floorball is an inseparable part of my life.

The objective of this thesis is to design stick with using my experience gained in the game itself. Floorball sticks are normally composed of two parts, namely a hard composite sticks, so called shafts, and plastic blades. Floorball stick is a specialized sports gear for floorball game.

The basic idea of my thesis is aesthetic and efficient interconnection fiberglass pole with modulatable plastic blade that will give players opportunity to personally change shape of blade.

Final design of blade is governed by the functional design of the lower horizontal rails according optimized computer model. Floorball stick is designed for technically advanced floorball players. It differs from other today's floorball sticks its construction. Difference is in connection of stick with blade.

13 Seznam příloh

Příloha 1-1

Dronie, 2015

Příloha 1-2

College Life, 2014

Příloha 5.1-1

Oxdog, čepel carbon Delta

Příloha 5.1-2

Salming, čepel Quest1

Příloha 5.2-1

Skicy

Příloha 5.5-1

Predikce kvality zkoumané čepel

Příloha 5.5-2

Vady, vzduchové kapsy zkoumané čepel

Příloha 5.5-3

Vady, studené spoje zkoumané čepel

Příloha 5.5-4

Vady, vzduchové kapsy navržené čepel

Příloha 5.5-5

Vady, studené spoje navržené čepel

Příloha 5.5-6

Konečný návrh tvaru čepel

Příloha 5.7-1

Výroba modelu, frézování

Příloha 5.7-2

Výroba modelu, 3D tisk

Příloha 5.7-3

Reálný model

Příloha 7-1

Tvarové řečení spojení žerdi s čepelí

Příloha

Prezentační skica

Příloha

Prezentační plakát

Příloha

CD-ROM

Příloha 1-1
Dronie, 2015¹

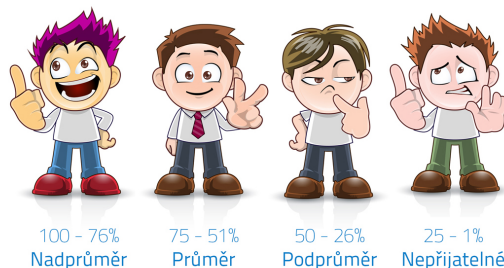


¹ Prezenční plakát

Příloha 1-2
College Life, 2014²



Tito panáčci budou vyjadřovat hodnocení školy u recenzí.



² Logotyp, návrh vizuální podoby webové stránky, další grafika

Příloha 5.1-1

Oxdog, čepel carbon Delta³



³ Fotografie. [online] [cit. 2015-04-20] Dostupné z:
<http://woow.cz/galerie/OXDLCORG3.jpg>

Příloha 5.1-2

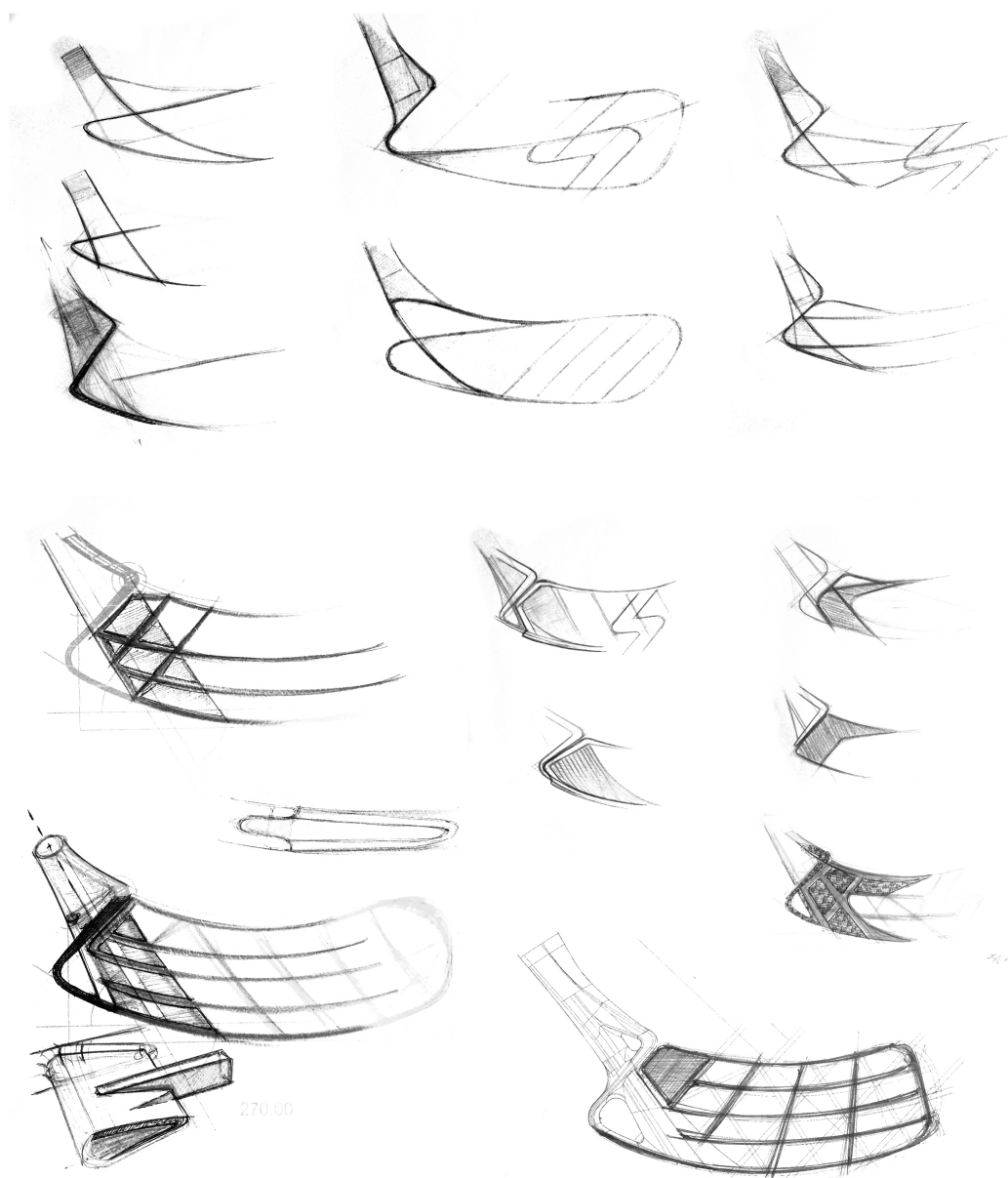
Salming, čepel Quest1⁴



⁴ Fotografie. [online] [cit. 2015-04-20] Dostupné z: <http://goo.gl/B95aUL>

Příloha 5.2-1

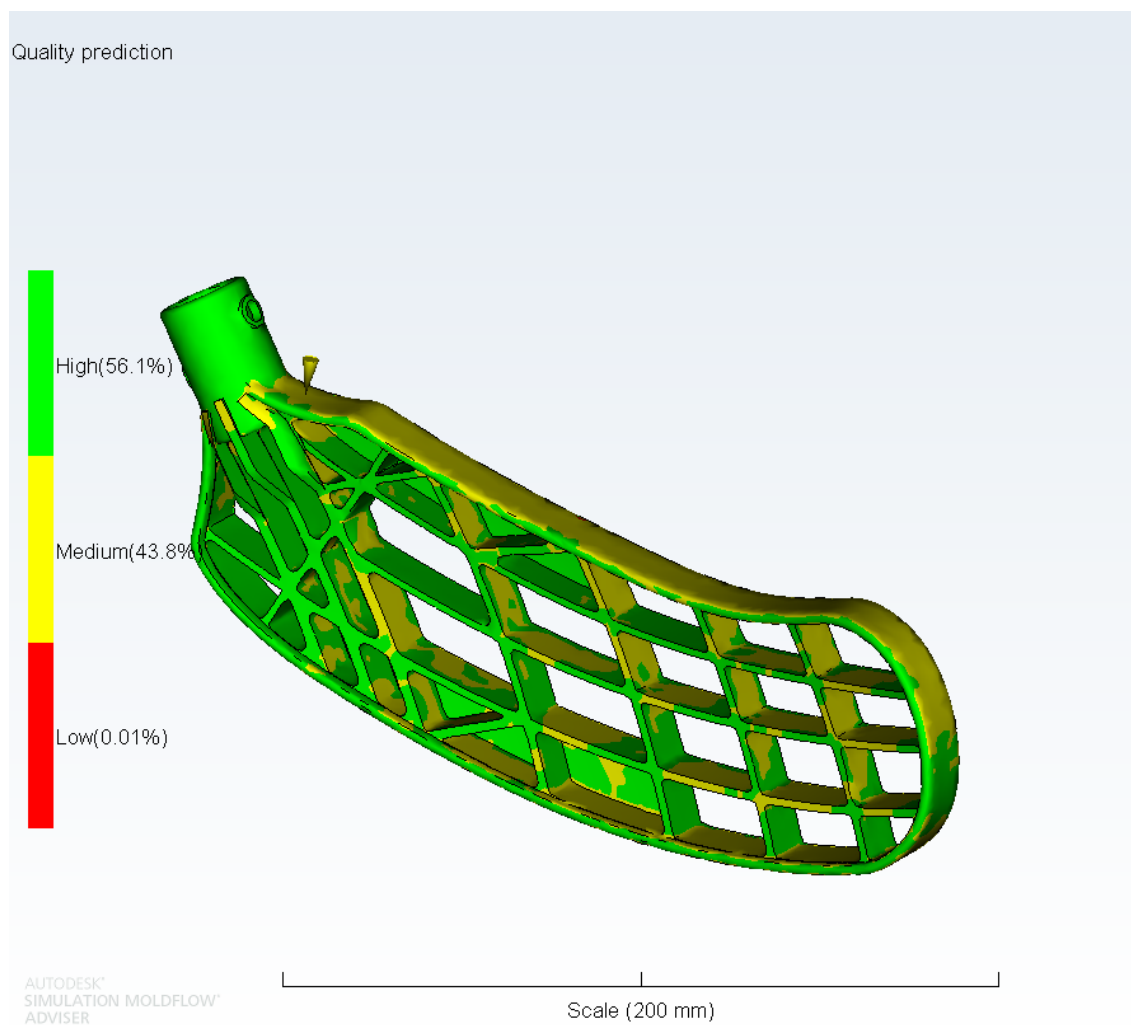
Skicy⁵



⁵ Skicy, vlastní tvorba 2014-2015

Příloha 5.5-1

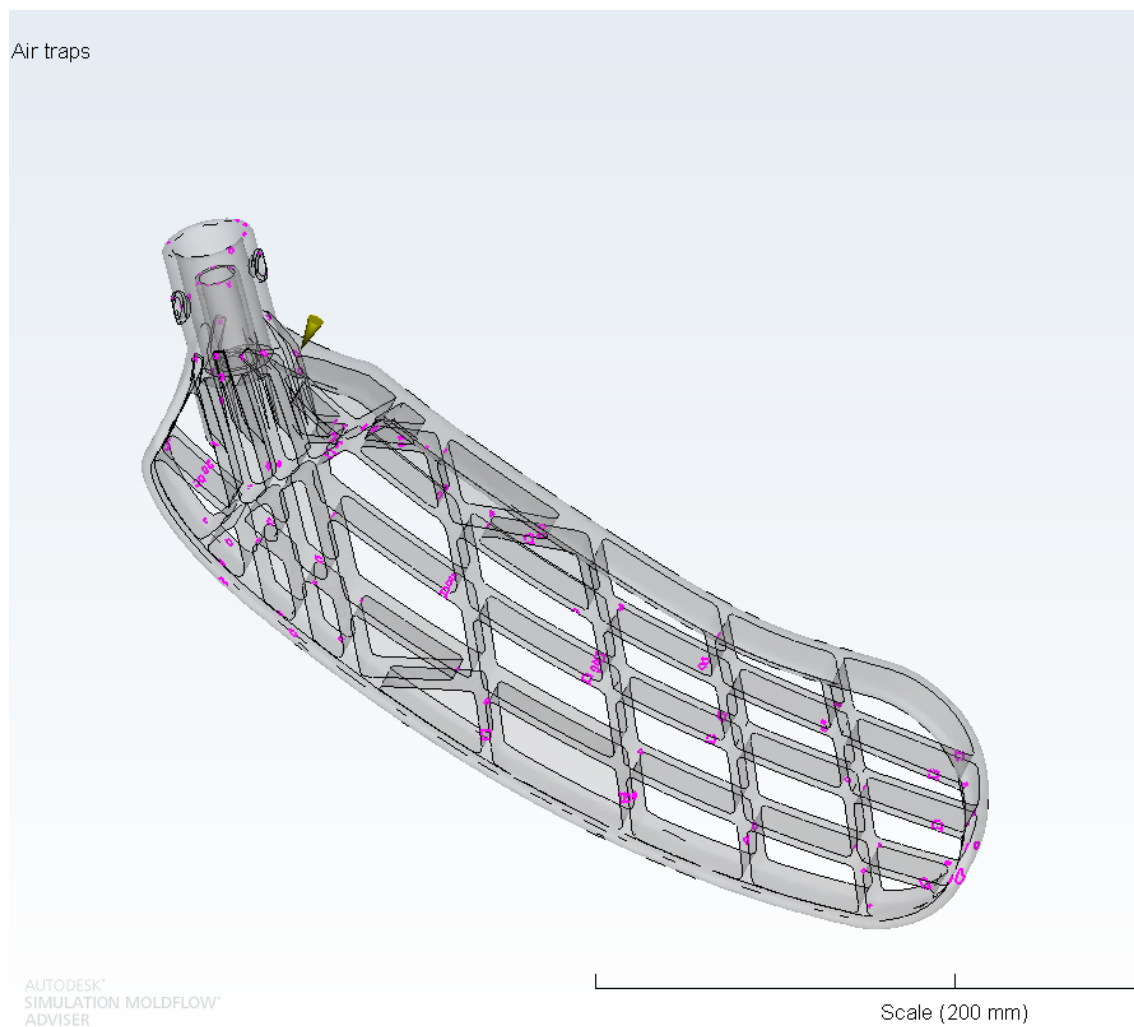
Predikce kvality zkoumané čepel⁶



⁶ Vizualizace predikce kvality

Příloha 5.5-2

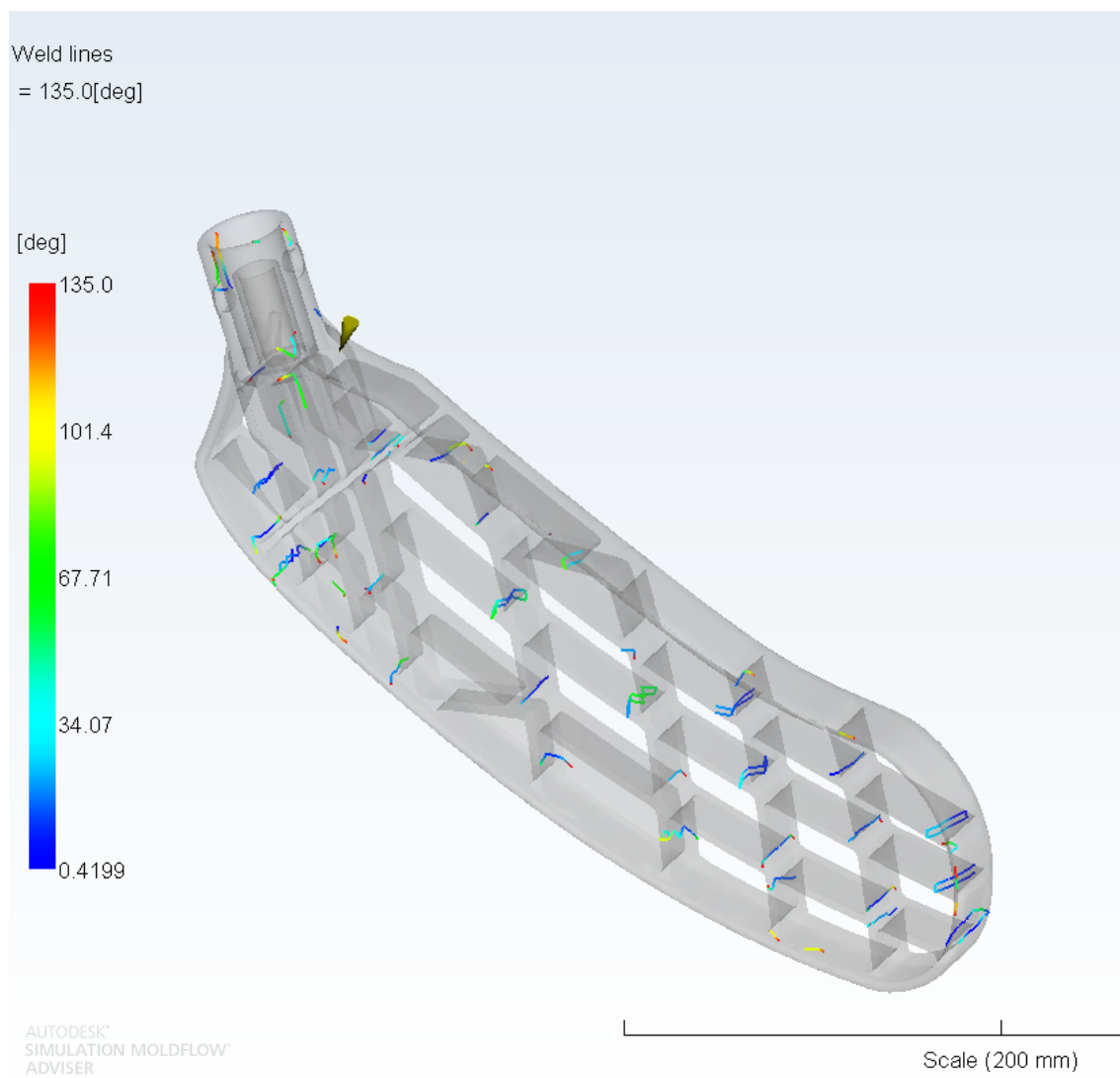
Vady, vzduchové kapsy zkoumané čepele⁷



⁷ Vizualizace vzduchových kapes zkoumané čepele

Příloha 5.5-3

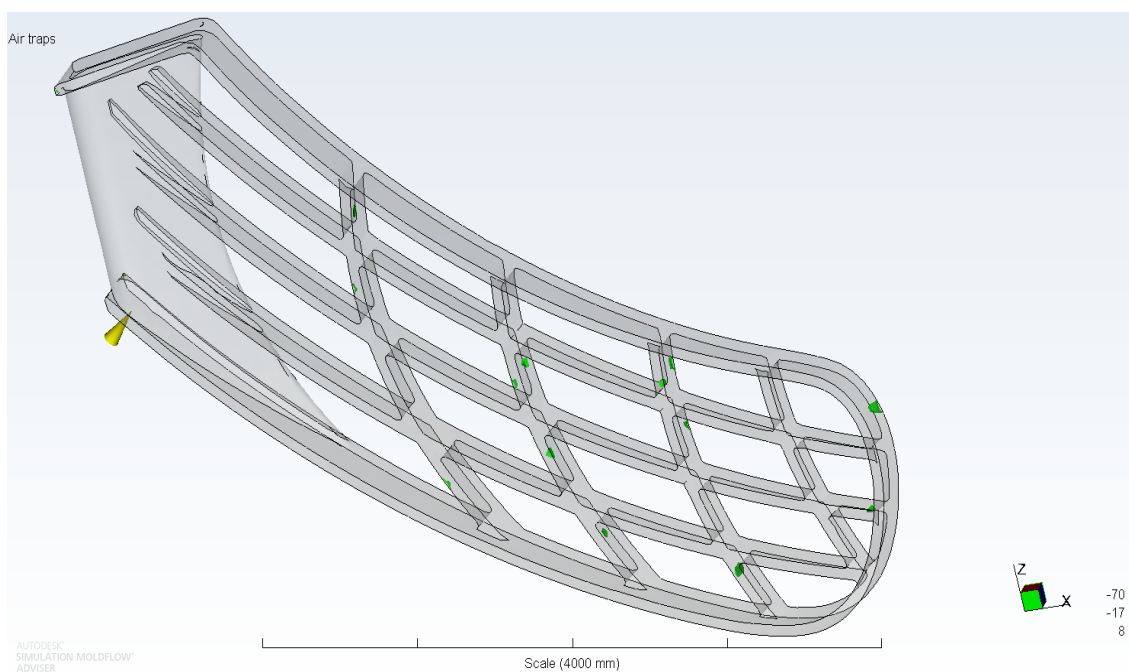
Vady, studené spoje zkoumané čepele⁸



⁸ Vizualizace studených spojů zkoumané čepele

Příloha 5.5-4

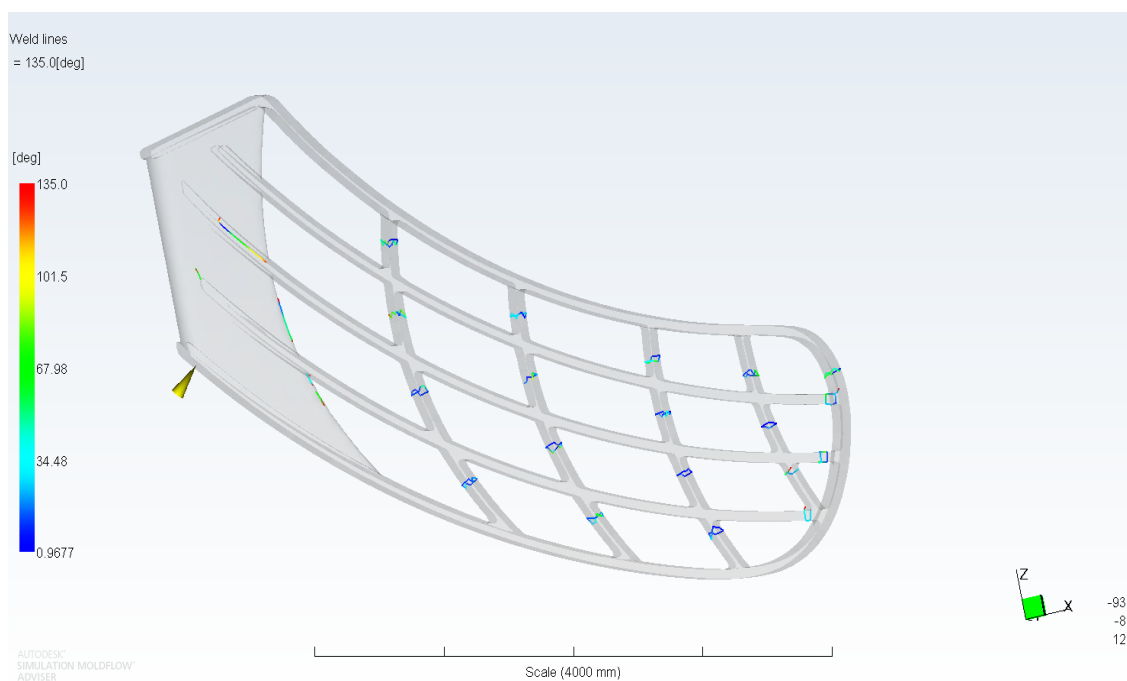
Vady, vzduchové kapsy navržené čepele⁹



^{9 9} Vizualizace vzduchových kapes navržené čepele

Příloha 5.5-5

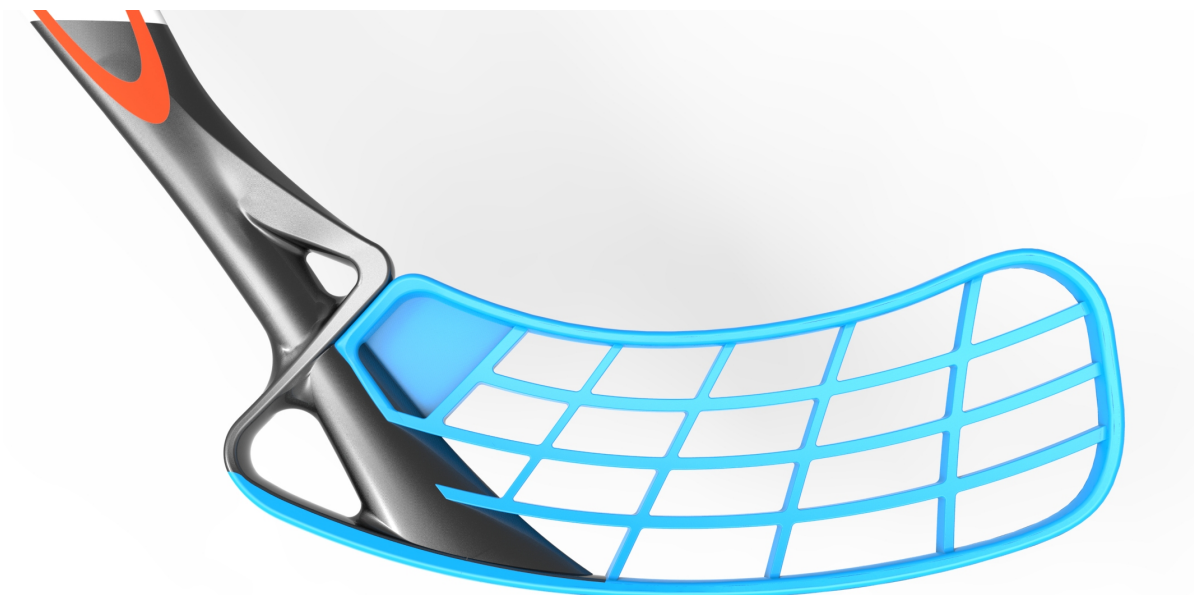
Vady, studené spoje navržené čepěle¹⁰



¹⁰ Vizualizace studených spojů navržené čepěle

Příloha 5.5-6

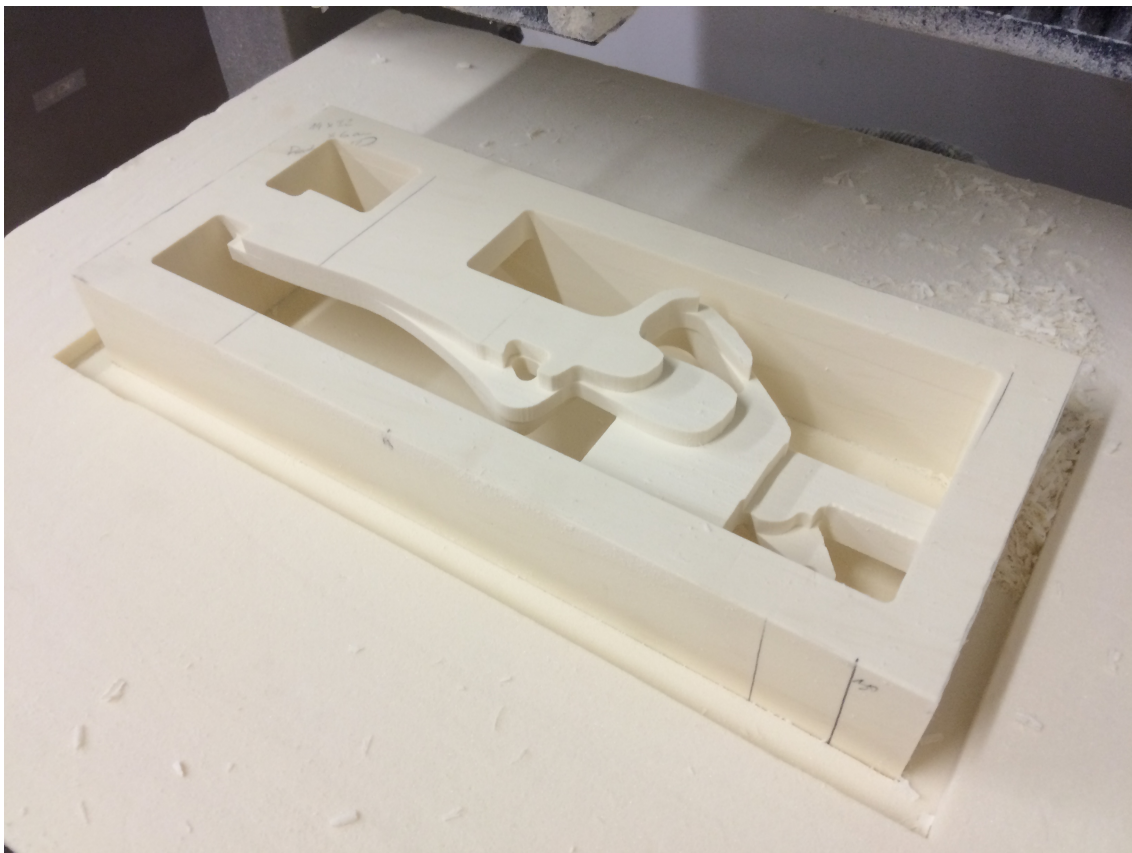
Konečný návrh tvaru čepele¹¹



¹¹ Vizualizace konečného návrhu vzhledu čepele

Příloha 5.7-1

Výroba modelu, frézování¹³



¹³ Fotografie z frézování polyuretanových dílů makety

Příloha 5.7-2

Výroba modelu, 3D tisk¹⁴



¹⁴ Fotografie 3D tisku části čepele

Příloha 5.7-3
Reálný model¹⁵



¹⁵ Fotografie hotového reálného modelu

Příloha 7-1

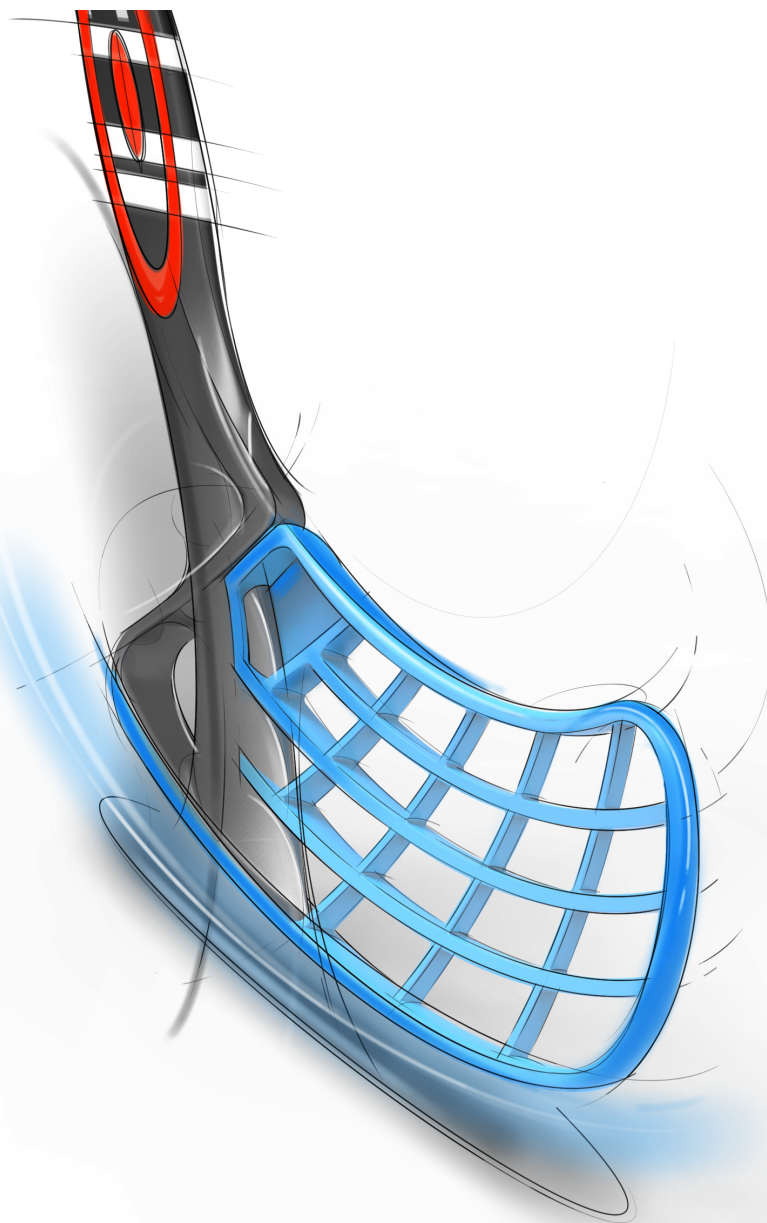
Tvarové řešení spojení žerdi s čepelí¹⁶



¹⁶ Vizualizace tvarového řešení spojení žerdi s čepelí

Příloha

Prezentační skica¹⁷



¹⁷ Digitální prezentační skica

Příloha
Prezentační plakát¹⁸



¹⁸ Vizualizace prezentačního plakátu