

# Primjena i proizvodnja polimernih materijala u zimskim sportovima

---

Levanić, Luka

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:995191>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-24**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

**Luka Levanić**

Zagreb, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Doc. dr. sc. Ana Pilipović, dipl. ing.

Student:

Luka Levanić

Zagreb, 2021.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se doc. dr. sc. Ani Pilipović na pruženoj pomoći i strpljenju oko pisanja ovog završnog rada, te svojim roditeljima, obitelji i prijateljima na podršci tijekom studija.

Luka Levanić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:  
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo  
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 - 04 / 21 - 6 / 1	
Ur.broj: 15 - 1703 - 21 -	

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Luka Levanić** Mat. br.: 0035212791

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Primjena i proizvodnja polimernih materijala u zimskim sportovima**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Application and production of polymer materials in winter sports**

Opis zadatka:

Polimerni materijali revolucionirali su zimske sportove posljednjih godina (npr. bob, klizanje, skijanje te jednodisciplinske zimske sportove) u pogledu sportske obuće, odjeće, zaštitne opreme i rekvizita. Sve više i više zamjenjuju tradicionalne materijale jer pružaju veću fleksibilnost, dobru preradljivost i izvrsno ponašanje u primjeni.

U sklopu rada potrebno je načiniti pregled polimernih materijala u zimskim sportovima, s težištem na alpsko skijanje i potrebnoj opremi. Također je potrebno opisati i postupke prerade takvih materijala.

Zadatak zadan:  
30. studenoga 2020.

Datum predaje rada:  
1. rok: 18. veljače 2021.  
2. rok (izvanredni): 5. srpnja 2021.  
3. rok: 23. rujna 2021.

Predvideni datumi obrane:  
1. rok: 22.2. – 26.2.2021.  
2. rok (izvanredni): 9.7.2021.  
3. rok: 27.9. – 1.10.2021.

Zadatak zadao:

*Ana Pilipović*  
Doc. dr. sc. Ana Pilipović

Predsjednik Povjerenstva:

*Branko Bauer*  
Prof. dr. sc. Branko Bauer

## SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA .....	III
POPIS KRATICA .....	V
POPIS OZNAKA .....	VI
SAŽETAK.....	VII
SUMMARY .....	VIII
1. UVOD.....	1
2. SKIJANJE I SKIJAŠKA OPREMA.....	4
2.1. Skije .....	4
2.1.1. Povijest skijanja .....	4
2.1.2. Razvoj skija.....	5
2.1.3. Elan SCX .....	7
2.2. Konstrukcija skije .....	9
2.2.1. Jezgra skije.....	10
2.2.1.1. Drvena jezgra .....	11
2.2.1.2. Poliuretanske jezgre .....	12
2.2.1.3. Drvene jezgre ojačane strukturnim slojevima.....	14
2.2.2. Baza skija .....	19
2.2.3. Rubnjak skije (e. edges).....	21
2.2.4. Gornji sloj skija (e. topsheet) .....	24
2.2.5. Bočna ojačanja (e. sidewalls).....	25
2.3. Vezovi .....	27
2.4. Skijaške cipele (pancerice).....	28
2.4.1. Vanjski dio skijaške cipele.....	29
2.4.2. Unutarnji dio skijaške cipele.....	30
2.4.3. Kopče i remen .....	31
2.4.4. Skijaške cipele oblikovane prema nozi .....	33
2.5. Skijaški štapovi .....	34
2.6. Skijaška kaciga.....	35
2.6.1. Vanjski dio kacige (ljuska) .....	36
2.6.2. Unutarnji dio kacige (jezgra) .....	37
2.7. Skijaške naočale .....	38
2.7.1. Okvir .....	38
2.7.2. Leće.....	39
2.8. Skijaško odijelo.....	40
2.9. Skijaške rukavice .....	43
3. PROIZVODNJA SKIJA.....	45
3.1. Proizvodnja jezgre.....	46
3.1.1. Proizvodnja drvene i aluminijske jezgre .....	46
3.1.2. Proizvodnja PUR jezgra.....	47
3.2. Proizvodnja strukturnih slojeva .....	48
3.3. Proizvodnja gornjih slojeva skije.....	48

---

3.4. Proizvodnja rubnjaka i baze skije .....	49
3.5. Sklapanje skija .....	50
3.6. Završna obrada .....	51
3.7. Kontrola kvalitete skija .....	53
4. ZAKLJUČAK.....	54
LITERATURA.....	55

**POPIS SLIKA**

Slika 1.1.	Zimski sportovi.....	3
Slika 2.1.	Prve skije .....	5
Slika 2.2.	Počeci skijanja .....	5
Slika 2.3.	Razvoj skija kroz povijest .....	6
Slika 2.4.	<i>Head Standard</i> .....	7
Slika 2.5.	<i>Elan VSS</i> .....	9
Slika 2.6.	<i>Elan SCX</i> .....	9
Slika 2.7.	Presjek skije.....	10
Slika 2.8.	Drvena jezgra skije .....	12
Slika 2.9.	Jezgra od PUR pjene sa staklenim vlaknima.....	13
Slika 2.10.	<i>Fischer Worldcup SC RC4 C-line</i> .....	16
Slika 2.11.	Ploča titanala .....	17
Slika 2.12.	<i>Vökl</i> titanal ploče za skije.....	18
Slika 2.13.	Jezgra s više strukturnih slojeva .....	19
Slika 2.14.	Baza skije .....	20
Slika 2.15.	Rubnjaci.....	22
Slika 2.16.	Rubnjaci načinjeni iz jednog dijela .....	23
Slika 2.17.	Rubnjaci načinjeni od više dijelova.....	24
Slika 2.18.	Različiti dizajni gornjeg sloja skija .....	25
Slika 2.19.	Presjek skija s ojačanjem na bočnim stijenkama i bez ojačanja.....	27
Slika 2.20.	Različita ojačanja bočnih stijenki.....	27
Slika 2.21.	Vezovi .....	28
Slika 2.22.	Dijelovi skijaške cipele .....	29
Slika 2.23.	Vanjski dio pancerice .....	30
Slika 2.24.	Unutarnji dio pancerice .....	31
Slika 2.25.	Kopča.....	32
Slika 2.26.	Remen.....	32
Slika 2.27.	Grijalice za pancerice .....	34
Slika 2.28.	<i>Fischer Vacuum Fit</i> .....	34
Slika 2.29.	Natjecateljski skijaški štapovi .....	35
Slika 2.30.	Štapovi ojačani ugljičnim vlaknima .....	35
Slika 2.31.	Normirani oblici kacige.....	36
Slika 2.32.	Kaciga za brze i tehničke discipline .....	37
Slika 2.33.	Unutarnji dio kacige .....	38
Slika 2.34.	Skijaške naočale .....	38
Slika 2.35.	Okvir skijaških naočala .....	39
Slika 2.36.	Boja leća za određene vremenske uvjete.....	40
Slika 2.37.	Leća s reflektirajućom prevlakom .....	40
Slika 2.38.	Slojevi u skijaškom odijelu .....	42
Slika 2.39.	GORE-TEX® membrana .....	42
Slika 2.40.	Rukavice ojačanje ugljičnim vlaknima .....	44
Slika 3.1.	Načini izrade skija .....	46
Slika 3.2.	CNC obrada jezgre skije.....	47
Slika 3.3.	Grafika za gornji sloj skije .....	49
Slika 3.4.	Traka <i>P-texa</i> .....	50
Slika 3.5.	Kalup za skije .....	51
Slika 3.6.	Preša za skije .....	51
Slika 3.7.	Linija proizvodnje skija nakon izlaska iz preše.....	52



---

Slika 3.8. Krajnji oblik skije..... 52

---

**POPIS KRATICA**

KRATICA	NAZIV
ABS	Akilonitril/butadien/stiren
PA	Poliamid
PC	Polikarbonat
PET	Poli(etilen-tereftalat)
PE-UHMW	Polietilen ultra visoke molekularne mase
PEVA	Poli(etilen-vinil acetat)
PF	Fenol-formaldehidna smola
PP	Polipropilen
PP-E	Pjenasti polipropilen
PS	Polistiren
PS-E	Pjenasti polistiren
PTFE	Poli(tetrafluoretilen)
PVC	Poli(vinil-klorid)
TPU	Elastoplastomeni poliuretan

**POPIS OZNAKA**

---

<b>Oznaka</b>	<b>Jedinica</b>	<b>Opis</b>
Dužina	cm	Dužina skija
Širina	mm	Širina skije, širina skijaške cipele
Debljina	mm	Debljina ploče titanala, baze skije
Flex indeks	-	Mjera krutosti skijaške cipele

---

**SAŽETAK**

Polimerni materijali upotrebljavaju se u svim zimskim sportovima već dugo vremena. Upotrebom polimernih materijala oprema je postala lakša, čvršća, izdržljivija i udobnija, te je smanjila broj ozljeda i povećala sigurnost sportaša. Sportovi su postali atraktivniji i brži, a tehnologije proizvodnje opreme i sama oprema puno kvalitetnija, s boljim mehaničkim i kemijskim svojstvima.

Skije i oprema za skijanje su jako uznapredovale zadnjih 30-ak godina, kao i tehnologije za njihovu proizvodnju. Polimeri i kompoziti su ključni u konstrukciji moderne skije i proizvodnji skijaške opreme. Ipak, polimerni materijali ne mogu ispuniti sve zahtjeve koje traži skijaška industrija ili su pak skuplja opcija od drugih materijala pa se upotrebljavaju i drugi materijali u kombinaciji s polimernim, kao što su aluminij i njegove legure, razni čelici, titan, drvo i dr.

Ključne riječi: oprema, oprema za skijanje, polimeri, polimerni materijali, postupci prerade, skije

---

**SUMMARY**

Polymer materials are used in all winter sports for a long time. With usage of polymer materials the equipment became lighter, stronger, more durable and more comfortable. Polymer equipment reduced the number of injuries and increased the safety standards. Winter sports became more attractive and faster, technologies of production and the equipment reached better quality with better mechanical and chemical properties.

Skis and equipment for skiing progressed a lot in the last thirty years just like the technologies for their production. Polymers and composites are key parts in production of the modern skis and ski equipment. But, polymer materials can not fulfill all requests of quality that ski industry demands, and are often too expensive. As a result ski industry uses other kind of materials in combination with polymers, like aluminum, steel, titanium, wood, etc.

Key words: equipment, polymers, polymer materials, production, ski equipment, skis

## 1. UVOD

Polimerni materijali u zimskim sportovima upotrebljavaju se od samog početka moderne ere zimskih sportova. Na početku su se upotrebljavali prirodni materijali, kao što je drvo, koža, vuna, a kasnije su se počeli primjenjivati i materijali od kaučuka, da bi ih na kraju zamijenili polimerni materijali kakve danas poznajemo. Bilo koji sport, pa tako i zimski je teško zamisliti bez novih, kvalitetnih, polimernih materijala. U svakom komadu sportske opreme postoji barem jedna, često i više, polimernih komponenta. Prva misao prilikom razvijanja, konstruiranja, proizvodnje te na kraju i upotrebe novih materijala, u ovom slučaju polimera, je sigurnost sportaša, a zatim naravno i sve ostale prednosti koje dolaze uz to. Ne postoji zimski sport, odnosno komad opreme u zimskom sportu koji nije napravljen od polimera ili barem sadrži u svojem sastavu polimerne materijale. Najpoznatiji zimski sportovi su skijanje, hokej na ledu, klizanje na ledu, sanjkanje, curling i daskanje na snijegu. Za svaki od navedenih sportova potrebno je mnoštvo izdržljive, lagane i čvrste opreme što polimerni materijali omogućuju. Kao što se upotrebljavaju u natjecateljskom rangu zimskih sportova, polimerni materijali se također upotrebljavaju i kod rekreativaca.

Hokej na ledu, iako se igra u dvorani, spada u zimske sportove. [1] Za hokej je potrebno mnoštvo opreme. Kaciga za hokej na ledu je ključan dio hokejaške opreme jer osim što čuva glavu hokejaša, konstruirana je tako da štiti i vratnu kralježnicu. Najčešće je napravljena od akrilonitril/butadien/stirena (ABS) ili poliamidnih vlakana i pjenastog polistirena (PS-E). ABS ili poliamidna vlakna tvore čvrstu ljusku kacige, dok PS-E tvori unutrašnji dio kacige i zadužen je prvenstveno za štíćenje glave hokejaša od udaraca, no tvori i mekši i ugodniji unutarnji dio kacige. [2] Mnogo štitnika čini opremu hokejaša, od onih za ramena, za vrat, za ruke i za gornji dio tijela. Oni su također napravljeni od ABS-a ili od poliamidnih vlakana, američkog proizvođača *DuPonta*. Štitnici s tom kombinacijom materijala štite hokejaše od udarca drugih hokejaša, udaraca palicama i od padova. [1] Važan dio opreme hokejaša je i dres, zbog raspoznavanja između dva tima, ali i zbog pogodnosti koje on nosi sportašu. Dresovi su napravljeni od poliestera što omogućuje dobru elastičnost odjeće što je u hokeju jako bitno jer je to kontaktni i dosta grubi sport, te se dresovi ne smiju trgati previše često, a s druge strane omogućuju i nepropusnost vlage s tijela sportaša, čime sportaši ostaju suhi i zagrijani. [3] Rukavice su također važan dio opreme, najčešće su napravljene od kože, ojačane su ugljičnim vlaknima, pogotovo kod golmana koji primaju puno udaraca i njihove rukavice moraju biti najizdržljivije. [4] Klizaljke se bitno razlikuju od rekreativnih klizaljka i najčešće su

napravljene od poliamidnih vlakana u kombinaciji s polistirenom (PS) i raznim drugim materijalima kao što su čelik, koža i aluminij. [5] Palice su danas drvene, aluminijske i kompozitne. Kompozitne palice kao osnovni materijal upotrebljavaju najčešće drvo koje je naknadno ojačano staklenim, ugljičnim ili aramidnim vlaknima. Iako su se pokazale kao najbolje palice prema testu mnogih hokejaša, jer imaju najmanju masu i s istim zamahom je moguće ostvariti puno jači udarac, ali su i najskuplje te se primjenjuju samo u profesionalnim hokejaškim ligama. [1] Hokej ne bi bilo moguće igrati bez hokejaške „lopte“, odnosno paka. Hokejaški pak je napravljen od elastomera koji se sastoji od mješavine prirodnog kaučuka, antioksidanta i drugih dodataka kako bi se postigla ravnoteža tvrdoće i elastičnosti. Još jedan važan zahtjev na pak je postojanost na hladnoću jer on ne smije dodatno očvrnuti u dodiru s hladnijim tijelom, ledom. [6]

Klizanje na ledu je sport koji upotrebljava najmanje opreme za svoje potrebe, odnosno koristi samo jedan komad opreme koji je nužno potreban, a to su klizaljke. Iako se koristi nešto polimernih materijala za proizvodnju te posebne vrste klizaljka, taj sport teži ka umjetničkom dojmu i eleganciji pa su klizaljke pretežno napravljene od prirodnih materijala, u glavnini kože i metala. [7]

Sanjkanje je najbrži sport koji se odvija na snijegu, zapravo ledu. Od opreme se primjenjuju saonice proizvedene od kompozita sa staklenim vlaknima i čelika, te se rade posebno za svakog natjecatelja ovisno o njegovim proporcijama. [8] Kacige su standardan dio opreme kod svih natjecatelja i rađene su po posebnim zahtjevima, a proizvedene su od kompozita učvršćenih aramidnim vlaknima dok je unutrašnjost izrađena od ekspaniranog polistirena (PS-E) (proizvođač je njemačka tvrtka UVEX). Na kacigi se nalazi vizir koji je napravljen od polikarbonata (PC) iznimno visoke čvrstoće i kojeg je praktički nemoguće potrgati, osim zbog sigurnosnih razloga, vizir se nalazi na kacigi i zbog aerodinamičnosti i brzine natjecatelja. [9, 10] Odijelo je napravljeno od posebne tkanine s membranom od plastike s unutrašnje strane. Zahtjevi na odijelo su dobra toplinska izolacija i što veća aerodinamičnost zbog što manjeg koeficijenta otpora zraka što natjecateljima omogućuje višu krajnju brzinu i bolje vrijeme. Najzanimljiviji dio opreme svakog natjecatelja u sanjkanju su sprinterice, pošto one moraju biti vrlo male mase, odličnih aerodinamičnih svojstava i izdržljivosti. Danas su napravljene od elastoplastomernog poliuretana (TPU) i čeličnih čepova na dnu za što veće trenje na podlozi. [8, 10]

Curling je zimski sport u kojem se također upotrebljava dosta polimernih materijala. Kamen za curling je napravljen od oblikovanog kamena, točno prema dimenzijama koje su propisane

pravilima, te od ručke koja je napravljena od polikarbonata (PC) i dodatno ojačana s 10 % staklenih vlakana. Metla za curling sastoji se od drške i donjeg dijela od različitih tkanina za čišćenje podloge da bi se što više smanjilo trenje da se kamen može duže sklizati. Za donji dio su primijenjeni prirodni materijali kao što je dlaka, ali su upotrebljena i poliamidna vlakna. Drška metle je uglavnom šuplja cijev napravljena od kompozita ojačanih staklenim vlaknima. Još jedan bitan komad opreme u curlingu su tenisice. Iako one izgledaju kao i sve ostale tenisice, imaju drukčiji potplat od običnih tenisica. Potplat je napravljen od poli(tetrafluoretilena) (PTFE) da bi se smanjilo trenje između klizača i podloge kada je to potrebno. Kod nekih tenisica se poli(tetrafluoretilen) nalazi po cijeloj dužini tenisice, a kod nekih samo na pojedinim dijelovima potplate jer klizač ne upotrebljava cijelu tenisicu za klizanje nego samo određene dijelove. [11]

Daskanje na snijegu također primjenjuje puno opreme koja se sastoji od polimernih materijala, ali primjenjuje puno opreme slične skijaškoj opremi koja će biti detaljnije obrađena kroz ovaj rad, te se velika većina stvari može analogno prenijeti na opremu za daskanje na snijegu, stoga ona sada neće biti detaljnije obrađena.

Upotrebom polimera oprema je postala lakša, čvršća, izdržljivija te je omogućila sportašima i sportu kao takvom neprestano napredovanje, pomicanje granica i rušenje rekorda. S druge strane sport je također polimerima omogućio neprestani razvitak upravo zbog te težnje k bržem, boljem i lakšem. Polimeri guraju sport naprijed, i obrnuto.

U ovom završnom radu obradit će se tema zimskih sportova (slika 1.1), s naglaskom na skijanje, opremu za skijanje, te na samu konstrukciju i proizvodnju skije. Također, navest će se materijali od kojih se ta oprema proizvodi, tehnologije kojima se ta oprema proizvodi te tehnološki zahtjevi koji se postavljaju na materijale i konačne proizvode da bi oni u konačnici bili upotrebljivi proizvodi za uporabu.



Slika 1.1. Zimski sportovi [1]



## 2. SKIJANJE I SKIJAŠKA OPREMA

Skijanje je najstariji poznati zimski sport u kojem se upotrebljava jako puno opreme: skije, vezovi, skijaški štapovi, skijaške rukavice, kaciga, skijaške naočale, skijaške čizme (pancerice), štitnik za leđa, te naravno skijaško odijelo. Sva ta oprema je ili cijela napravljena od polimera ili je barem jedan dio te opreme napravljen od polimera.

### 2.1. Skije

Skija je „daska“ izvijenih vrhova, izrađena od kombinacije prirodnih i „umjetnih“ materijala koja se primjenjuje za spuštanje niz snježne padine, hodanje, trčanje, skokove ili klizanje na vodi. U ovom radu će se detaljnije obraditi alpska skija, odnosno skija za spuštanje niz padine.

#### 2.1.1. Povijest skijanja

Skijanje je najstariji poznati zimski sport, koji se prema nekim izvorima počeo prakticirati u eri prije Krista, na komadima drva koji su predstavljali skije (slika 2.1), no, moderno skijanje je krenulo iz Skandinavije. 1800-tih godina skijanje postaje rekreativni i natjecateljski sport iz kojeg se razvilo skijanje kakvo danas poznajemo (slika 2.2). Moderno doba skijanja počinje vojnim vježbama norveških i švedskih vojnika kroz razne discipline, neke od njih su bile spuštanje po neravnom terenu, skijaško trčanje i slalom. 1843. godine se održava prvo skijaško natjecanje, odnosno, to je prvo skijaško natjecanje koje je zabilježeno u novinama. 1910. godine se postavlja prva žičara, koja nije bila kao one koje danas poznajemo, već samo jedno čelično uže koje se vrtjelo u krug i ljudi su se u prolazu samo lovili za nju te ih je ona dizala na vrh staze, a sjedeće žičare, slične onima koje danas poznajemo su predstavljene 1936. godine u SAD-u. 1924. godine se osniva Međunarodna skijaška federacija, te skijanje postaje olimpijski sport. 1952. godine se postavljaju prvi strojevi za proizvodnju umjetnog snijega, također u SAD-u, popularno zvani „topovi“. [12]



Slika 2.1. Prve skije [12]



Slika 2.2. Počeci skijanja [13]

### 2.1.2. Razvoj skija

Skije kao osnovno sredstvo za skijanje su također prošle dug put razvijanja da bi postale ono što su danas, zapravo, da bi uopće postale primjenjive za široku uporabu i za skijanje kakvo danas poznajemo. Negdje do 1930-ih godina na sjeveru Finske i Švedske su se upotrebljavale skije koje nisu bile iste duljine, jedna skija je bila duža, te je služila za klizanje, dok je druga skija bila kraća i služila je za odguravanje. Površina koja je bila u dodiru sa snijegom kod kraće skije je bila obložena životinjskom kožom, zbog više sile trenja, odnosno da ne bi proklizavala, a duža skija je bila od ispod namazana životinjskom mašću, sličan postupak današnjem premazivanju skija voskom, zbog sniženja sile trenja, odnosno lakšeg klizanja po snijegu, te tu već vidimo upotrebu prirodnih materijala od samih početaka skijanja (slika 2.3). [12, 13]



**Slika 2.3. Razvoj skija kroz povijest [13]**

1850-ih u okrugu Telemark u Norveškoj su se skije razvijale više u smjeru današnjih skija, te ih možemo nazvati prethodnicama današnjih skija. Te skije su bile savijene prema gore u sredini zbog bolje raspodjele težine po duljini skije i velika im je prednost bila to što su s tom savijenosti postale dosta lakše od ravnih skija, jer su bile puno tanje, odnosno primjenjivalo se puno manje materijala jer su ranije skije bile široke da bi tvorile dosta veliku površinu da ne propadaju u snijeg. Još korak dalje prema današnjim skijama je otišao Sondre Norheim koji je suzio sredinu skija, odnosno površinu ispod veza te je s time dobio bolje savijanje i bolje upravljanje sa skijama. [12, 13]

Oko 1891. godine se počinju razvijati slojevite skije od dva ili više slojeva drva, što ih je učinilo tehnološki naprednijima, otpornijima na trošenje i lakšima. Tehnologija proizvodnje se temeljila da je mekše drvo se stavljalo kao gornji sloj, a prema dnu skije su išli slojevi sa sve tvrdim drvom. Iako je to donijelo veliki napredak u razvoju skija, dolazilo je do velikog problema. Naime, u to vrijeme nije postojalo dobro ljepilo, vodootporno ljepilo koje bi te slojeve moglo spojiti u cjelinu koja bi trajala duže vrijeme, te su takve skije vrlo brzo dotrajale i došlo je do delaminacije slojeva. 1922. godine norveški skijaš Thorbjorn Nordby je izumio vodootporno ljepilo koje je skiju učinilo kompaktnijom i dugotrajnijom, spriječilo je

razdvajanje slojeva te razvoj slojevitih skija od tog trenutka strelovito napreduje. 1933. godine se uvodi nova tehnologija proizvodnje slojevitih skija, danas poznata kao tehnologija „kućišta od jedne ljuske“ (e. *Single shell*), odnosno, tvrđe drvo se postavlja kao kućište izrađeno od jednog dijela, a unutar tog kućišta se postavljaju slojevi od mekšeg drva, čime se riješio problem razdvajanja slojeva. Tehnologija „kućišta od jedne ljuske“ primjenjuje se i dan danas. [13]

1950. godine Howard Head predstavlja *Head Standard* skije, prve moderne alpske skije (slika 2.4). Head je primjenio kompozitnu strukturu gdje je iverica s više slojeva tvorila jezgru učvršćenu između aluminijskih ploča, odnosno sendvič kompozit. Također su te skije imale čelične rubnjake kakve danas poznajemo, te je završni sloj, vanjšina skije bila napravljena od fenol-formaldehidne smole (PF) koja je mogla na sebi zadržati vosak koji se nanosio na donju stranu skije zbog sniženja sile trenja, odnosno boljeg „klizanja“ skija po padini. Tu se prvi puta može vidjeti upotreba polimera kao materijala u konstrukciji skije, te od onda na dalje je upotreba polimera u konstrukciji skije bila sve veća i značajnija. [14]

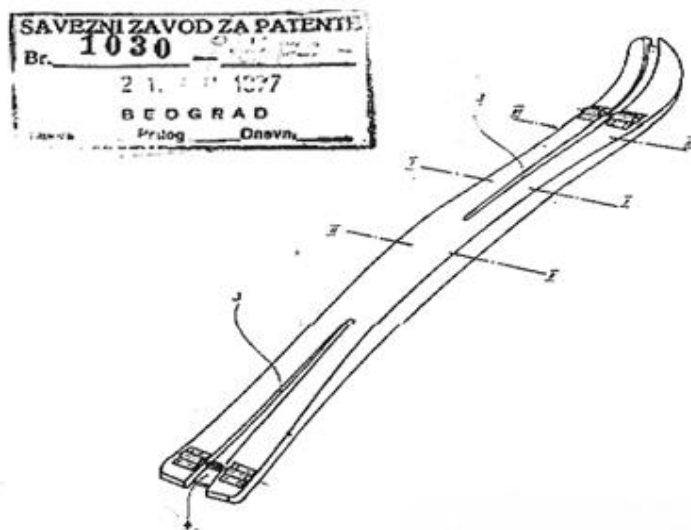


Slika 2.4. *Head Standard* [14]

### 2.1.3. *Elan SCX*

*Elan SCX*, „*SideCut eXtreme*“ je alpska skija predstavljena od strane slovenskog proizvođača sportske opreme *Elan* za sezonu 1993./1994. Razvoj skije počeo je 1988. godine pod vodstvom glavnog inženjera Jurij Franka i Pavel Škofica, temeljio se na *Elanovim* prijašnjim projektima, kao što je VSS, „*Variable Sidecut System*“ skije (slika 2.5). To su bile skije koje su na vrhu, „glavi“ skije i na kraju, „repu“ skije, imale vijak čijim se stezanjem i otpuštanjem mogao prilagoditi postranični luk skije na sredini, proširivanjem i sužavanjem vrha i kraja skije. Gledano iz današnje perspektive to je bilo jako slično „*carving*“ skijama, no te skije nikada nisu ugledale svijetlo proizvodnje, nego su bile samo eksperiment. Jurij Franko je uvođenje postraničnog luka (e. *Side cut*) na sredini skije objasnio tako da se zamisli skija koja je neprekidno savijena pod radijusom zavoja, ulazi u isti taj zavoje, te da se višak materijala odreže

s ravninom snježne površine, te se dobiva osnovni oblik *SCX* skija, šire na vrhu i repu, a sužene prema sredini. Takav oblik skije omogućio je puno lakše prenošenje sile na rubnjake skije, lakše ulaženje i držanje zavoja od dosadašnjih skija koje su imale rubnjake postavljene paralelno. Prvi prototip skije je bio zamišljen za veleslalom, dug 193 cm, no prototip je izgubljen. Drugi prototip je napravljen 1991. godine, također veleslalomski skija dužine 203 cm, što je bila uobičajena dužina skija u to vrijeme, te je njena širina bila 110 mm na vrhu, 63 mm na sredini i 105 mm na repu, što je predstavljalo postranični luk skije od 22,5 mm, odnosno tri puta veći postranični luk od dosadašnjeg uobičajenog od 7 mm, a dva puta veći od najradikalnijih dizajna skija u to vrijeme. Skije su puštene na ispitivanje, te su izazvale salvu oduševljenja kod svih koji su ih imali priliku probati. Jedina zamjerka oko skije je bila njihova dužina, odnosno, puno teže je bilo okrenuti skije iz zavoja u zavoj, s rubnjaka na rubnjak, pošto je raspodjela mase po skiji bila raspoređena tako da je većina mase otpadala na drugu polovinu skije, zbog toga je rotacijska sila bila iznimno velika, te je bilo teže skretati s tim skijama. No, *Elan* je doskočio i tom problemu, skratili su skije s tada prosječne dužine od 190 cm do 210 cm, na tada nezamislivih 160 cm do 170 cm, što je smanjilo rotacijsku inerciju od dužih skija, te omogućilo još lakši prelazak iz zavoja u zavoj, s rubnjaka, na drugi rubnjak. Skraćene skije su predstavljene pod komercijalnim nazivom *SCX* sezone 1993./1994. (slika 2.6), te iste godine su bile proglašene skijama godine. Jurij Franko je zavoje koje su skije radile nazivao zavojima u obliku parabola, *SCX* i sve skije proizvedene nakon njih s tim oblikom su nazvane „paraboličnim“ skijama, danas poznatim kao „carving“ skijama. *Elan* je s modelom *SCX* napravio revoluciju, možda i najveći napredak s jednim proizvodom, ne samo u alpskom skijanju, nego u sportu općenito. [15, 16]

Slika 2.5. *Elan VSS* [15]Slika 2.6. *Elan SCX* [15]

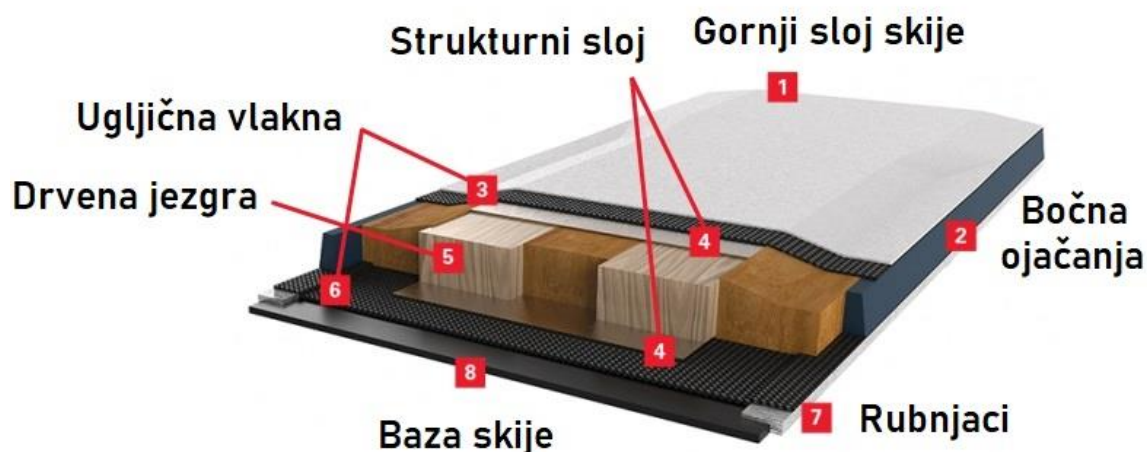
## 2.2. Konstrukcija skije

Skija je danas napravljena naprednim tehnologijama proizvodnje, od mnogo različitih materijala kao što su aluminij, čelik, titan, drvo, ali naravno i od polimernih materijala ojačanih staklenim i ugljičnim vlaknima, odnosno kompozita. Polimerni materijali su sve više prisutni u konstrukciji skije (slika 2.7), te se neprestano razvijaju i mijenjaju sve više materijala, no prvenstveno drvo. Mora se naglasiti da način proizvodnje, ali i materijali upotrebljeni u proizvodnji skije utječu na skiju samu, njezina mehanička svojstva kao što su rastezna čvrstoća, savojna čvrstoća, deformabilnost, torzijska čvrstoća, no i na masu skije, kao i na sam osjećaj kod skijaša, količinu sile koja se mora upotrijebiti prilikom prodiranja skijom u snijeg (rubljenja), lakoću upravljanja u zavojima i poslušnost skije prema skijaševim pokretima. Skija je načinjena od baze, rubnjaka, jezgre ojačane vlaknima, bočnih stijenki i gornjeg sloja na kojem su utisnite grafike. [17, 18]



Današnje skije su podijeljene na tri glavne skupine: [19]

- Skije za stazu – tvrde skije velike mase napravljene za uređenu skijašku stazu
- Skije za sve terene – nešto mekše skije manje mase za uređenu stazu i povremene izlaske izvan staze
- Skije za izvan staze – skije napravljene za duboki snijeg i neuređene skijaške površine



Slika 2.7. Presjek skije [21]

### 2.2.1. Jezgra skije

Jezgra je središnji dio skije i najodgovorniji dio za krutost i čvrstoću skije, fleksibilnost, otpornost na vibracije, prijenos mase skijaša na podlogu i sam osjećaj pod nogom skijaša. Jezgra se može nalaziti po cijeloj dužini skije, a može biti i samo na dijelu skije. Uglavnom se ona nalazi po cijeloj dužini skije jer onda daje najbolja svojstva skiji, a zna se nalaziti samo na dijelu skije prvenstvo zbog smanjenja mase skije, za skije koje se primjenjuju izvan uređenih staza. Jezgra je ključan dio skije i ona povezuje sve ostale komponente skije u funkcionalnu cjelinu. Osnovni materijali od kojih je jezgra napravljena su drvo, aluminij, titan, poliuretani (PUR), no danas sve više jezgra je napravljena od međusobnih kombinacija osnovnih materijala u cilju postizanja što boljih svojstva jezgre, a time i same skije. [17, 20-23]

### 2.2.1.1. Drvena jezgra

Drva koja se najčešće upotrebljavaju za konstrukciju drvene skijaške jezgre (slika 2.8) su javor, bijeli jasen, bukva, topola i jasika. Svako od tih drva ima različite karakteristike koje one prenose na skiju, a skija na skijaša i na snijeg. Javor i jasen su najtvrdi i najotpornija drva koja se upotrebljavaju za izradu jezgre, te se uglavnom upotrebljavaju za natjecateljske skije jer formiraju najčvršću jezgru s najvećom masom što skiji daje mogućnost lakšeg rubljenja na skijaškim stazama uređenim za natjecateljsko skijanje, pošto su te staze vrlo ledene i tvrde i potrebna je najveća otpornost na vibracije na takvim podlogama. Dok s druge strane bukva i jasika tvore puno fleksibilniju jezgru, time i skije s puno manjom masom, ali i jezgre od tih drva su puno kraćeg vijeka trajanja. Najčešće se jezgre izrađuju od laminiranog drva, a nekada i od kombinacije dva drva. [17, 20-25]

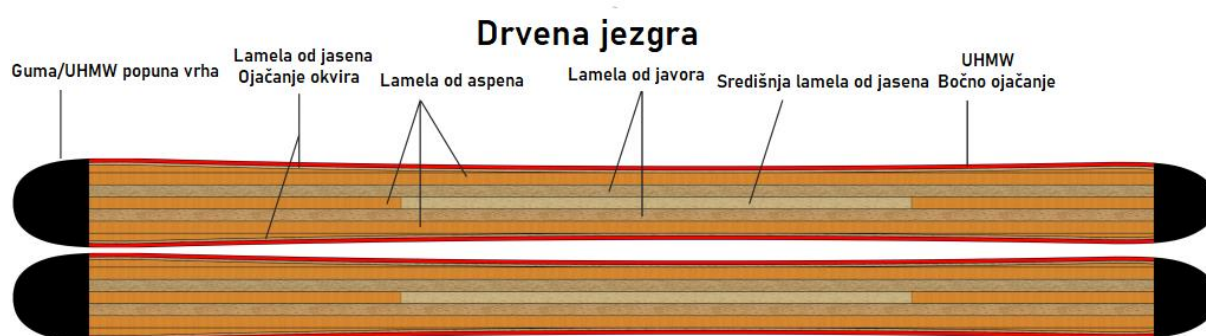
Drvene jezgre se najčešće klasificiraju u pet osnovnih razreda po masi: [24]

- Jezgre od šećernog javora – krute, guste, čvrste i elastične jezgre od laminiranog šećernog javora duge zrnate strukture, jezgre vrlo velike mase koje najviše odgovaraju profesionalnim skijašima koji stabilnost, odziv i preciznost stavljaju ispred rekreacije i uživanja.
- Jezgre od šećernog javora laminirane američkim jasenom – jasen je elastičniji, manje gustoće i ima nešto kraća zrna u strukturi od javora, što čini jezgru nešto lakšom i odabir je vrhunskih skijaša koji vole dobar odziv uz manju uloženu energiju
- Jezgre od šećernog javora laminirane jasikom – jasika ima manju gustoću od jasena i javora što u kombinaciji sa šećernim javorom daje jezgru manje mase s boljim osjećajem snijega pod nogama (skijama), pristojnom stabilnošću i vrlo lakom upravljivošću
- Jezgre od laminirane jasike – lagane, elastične i lako upravljive jezgre koje tvore skije izrazito male mase
- Jezgre od ultra lakog drva – jezgre napravljene od istočno kanadskih drveta vrlo male mase i brzog rasta, jezgra se natapa u organskoj smoli što joj daje čvrstu vanjštinu spremnu za daljnje sklapanje skije, vrlo lagane skije koje se primjenjuju uglavnom za duboki snijeg

Prednosti drvene jezgre u odnosu na jezgre od ostalih materijala su otpornost na vibracije, otpornost na trošenje, krutost i čvrstoća, što može biti i nedostatak, zavisno o čemu se teži u skijanju, a neki od nedostataka su masa skije s drvenom jezgrom, koja je izrazito velika, no,



postoji i mogućnost da se jezgra dodatno navlaži prilikom primjene skije, što dodatno povećava masu skije, a može dovesti i do raspadanja jezgre, a samim time i cijele skije. Drvo je anizotropni materijal koji pruža izrazito veliku otpornost na savijanje, ali puno slabiju otpornost na uvijanje zbog vlaknaste strukture, što također predstavlja problem u konstrukciji skija s drvenom jezgrom. No, postoji još jedan problem kod drvenih jezgra, koji na prvu nije vidljiv. To je kakvoća drva, tvrdoća, krutost, čvrstoća, fleksibilnost, odnosno sva mehanička svojstva drva, te koliko je vlažno drvo koje se upotrebljava za skijašku jezgru jer u svakom paru skija moraju biti jezgre s identičnim svojstvima jer inače razlike u osjećaju skijaša između lijeve i desne noge mogu biti drastično velike, što stvara problem svima prilikom skijanja, a posebno natjecateljima. [17, 20-25]



Slika 2.8. Drvena jezgra skije [24]

### 2.2.1.2. Poliuretanske jezgre

U skijama se poliuretanske (PUR) jezgre mogu podijeliti na one lošijih svojstava (za jeftinije skije), malo boljih svojstava (za kvalitetnije skije), te PUR pjene ojačane staklenim vlaknima za skije najbolje kvalitete. [18, 23]

Najlošije jezgre su od PUR pjene niske gustoće i loših svojstava. Te pjene se upotrebljavaju za ulazne modele proizvođača skija, najjeftinije su ali i najgorih svojstava. Skije napravljene od pjene loših svojstava su skije kojima performanse nisu na prvom mjestu, nego su isključivo za početnike. Prednost im je što su pristupačne zbog izrazito niske cijene, ali nedostatak im je loša mehanička otpornost na savijanje i uvijanje, izgube svoj oblik, krutost i čvrstoću nakon samo par puta primjene. Vrlo su kratkotrajna i potrošna roba. [18, 23]

Jezgre od visokokvalitetne PUR pjene se sve više primjenjuju u današnjoj skijaškoj industriji. Primjenjuju se za visoku, no ne natjecateljsku, kvalitetu skija. PUR je izrazito male mase, a visoke čvrstoće i krutosti. No, kod njih se javlja problem vrlo velike osjetljivosti na vibracije i

visoke razine nestabilnosti pri većim brzinama. I dalje su te skije nešto jeftinije od skija s drvenom jezgrom, no i zaostaju za skijaškim svojstvima koje imaju skije s drvenom jezgrom. [18, 23]

Jezgre od PUR pjene visoke kvalitete ojačane su staklenim vlaknima (slika 2.9) upotrebljavaju se za odlične, čak i vrhunske skije. Vrlo su male mase i visoke čvrstoće i krutosti. Primjenom staklenih vlakana dobiva se specifična struktura jezgre čime se postiže otpornost i na torziju, a ne samo savijanje, što je mana drvenih jezgra, no ta torzijska čvrstoća i dalje nije visoka. Ovom kombinacijom materijala dobiva se materijal koji se ponaša slično drvetu, može se obrađivati kao drvo (rezati, bušiti, strugati, povezivati, itd.) uz veliku prednost da se ponaša kao polimerni materijal koji ne upija vlagu, odnosno vlaga ne utječe na njega. Ova jezgra je proizvod tvrtke *Isosport* koja je prva pokrenula masovnu proizvodnju ovakvih jezgra za daljnju distribuciju proizvođačima skija. [27, 28]

Ovu poliuretansku pjenu ojačanu neprekinutim staklenim vlaknima karakteriziraju sljedeća svojstva: [27, 28]

- Niska specifična gustoća ( $100 - 400 \text{ kg/m}^3$ )
- Visoka tlačna čvrstoća – do 23 MPa
- Visoka mehanička otpornost
- Postojanost na vlagu



**Slika 2.9. Jezgra od PUR pjene sa staklenim vlaknima [28]**

### 2.2.1.3. Drvene jezgre ojačane strukturnim slojevima

Ove drvene jezgre su danas najkorištenije jezgre u skijaškoj industriji. Izvlače najviše iz strukturnih slojeva koje čine razni materijali i drva, te se međusobno nadopunjavaju. Nedostaci jednog materijala su prednosti drugog materijala i obrnuto, tako da su jezgre ojačane strukturnim slojevima trenutno najbolje što skijaška industrija može ponuditi. Kompozitne jezgre sastoje se od drva koje je ojačano drugim materijalom ili više drugih materijala. Svaki proizvođač ima svoju filozofiju proizvodnje skije, tako da uz drvo svaki proizvođač uzima drugi materijal koji njihovoj filozofiji proizvodnje skije odgovara. Sve skije napravljene s ovakvom jezgrom su vrhunske skije, no s obzirom na odabir drva i strukturnih slojeva koji dolaze oko drva skije mogu biti nešto bolje od svoje konkurencije, naravno zavisi kojim materijalom se jezgra očvršćuje. Strukturni slojevi su različiti i svaki materijal od kojeg je sloj napravljen donosi neka druga svojstva skiji. Oni se razlikuju po svojoj strukturi i svojstvima koje pružaju, te zavisno od tih strukturnih slojeva, dobivamo bolja svojstva i same skije, no, ključno svojstvo i uloga svih strukturnih slojeva je iznimna torzijska čvrstoća koju skija s njima poprima. Strukturni slojevi skiji pružaju uz bolju torzijsku i bolju savojnu čvrstoću, što im je najveća prednost. Naravno, osim po svojstvima, ti materijali koji tvore strukturne slojeve, se razlikuju i po cijeni. Skuplji materijal strukturnog sloja tvori skuplju jezgru, što tvori kvalitetniju, ali u konačnici i skuplju skiju. Svaki proizvođač ima svoje tajne u redoslijedu slaganja strukturnih slojeva na drvo koje je osnova, svoje tehnologije proizvodnje i svoje karakteristične materijale kojima žele unaprijediti skiju što više i predstaviti ju tržištu kao najbolju svoju, odnosno najbolju skiju predstavljenu na tržištu do sad. [17-22, 25, 29]

Strukturni slojevi za ojačavanje jezgre: [17-22, 25, 29]

- Staklena vlakna
- Ugljična vlakna
- Aramidna vlakna
- Titanal
- Titan

Drvo u jezgri je najbitniji dio skija, osnovni materijal koji određuje namjenu i svojstva te skije, no strukturni slojevi koji se dodaju skiji određuju osobnost skije, oni prenose svojstva jezgre na snijeg. Svi strukturni slojevi na skiji se za drvenu jezgru spajaju pomoću epoksidne smole koja služi kao ljepilo. [17-22, 25, 29]

Drvene jezgre ojačane staklenim vlaknima su jezgre koje se najviše proizvode i te vrste skija prevladavaju na tržištu. Zavisno kakva se svojstva žele postići tako se i nanose slojevi staklenih

vlakana. Što više slojeva staklenih vlakana se nanese, to je veća masa jezgre, što omogućuje višu krutost i čvrstoću. Staklena vlakna dodana drvenoj jezgri daju skijama dodatnu stabilnost i otpornost na vibracije, te su ta svojstva također izraženija s većom masom staklenih vlakana oko drva. Također, staklena vlakna su najjeftinija od svih materijala koja se dodaju jezgri za poboljšanje svojstava, što ih čini najiskorištenijima u skijaškoj industriji. No, staklena vlakna nisu postojana kao neki drugi materijali, te proizvođači koji su skloni staklenim vlaknima uz sve navedene prednosti, žrtvuju životni vijek skije, koji je, očvršćen ovom vrstom materijala maksimalno deset sezona na snijegu. [17-22, 25, 29]

Jezgre ojačane ugljičnim vlaknima nisu česte kao one ojačane staklenim vlaknima, ne iz razloga jer su lošije, nego su ugljična vlakna puno skuplja, te skije koje ih sadrže su u samom startu jako skupe. U usporedbi sa skijama koje koriste staklena vlakna kao strukturne slojeve, ove skije su puno lakše. Njihova masa je zavidno mala u usporedbi s ostalim skijama, a torzijska i savojna čvrstoća su iznimno visoke. Prve skije koje su napravljene s ugljičnim vlaknima su skije, model *Worldcup SC RC4 C-line*, proizvođača *Fischer* (slika 2.10), koji je predstavljen za sezonu 2010./2011. Takva skija je bila velika novost na tržištu, upravo zbog izrazito male mase na koju korisnici vrhunskih skija nisu do tada bili naviknuti jer su tražile puno više aktivnog skijanja zbog svoje male mase koja nije bila dovoljna da skija samom tromosti ulazi u zavoj i drži putanju koja je zamišljena, nego je trebalo uložiti znatno više pritisne sile da bi skija napravila ono što je skijaš zamislio. Ugljična vlakna također imaju i bolju postojanost na atmosferilije od staklenih vlakana, te se ugljična vlakna ne razgrađuju s vremenom. No, ova vrsta jezgara, uz visoku cijenu, zbog svoje izrazito male mase nije stabilna na neravnim terenima i vrlo je osjetljiva na vibracije, ne apsorbira dobro energiju neravnog terena, nego sve dolazi do skijaševih nogu. Usprkos tome, od kada su se počele proizvoditi skije s jezgrama ojačanim ugljičnim vlaknima, sve više proizvođača se odlučuje na njih umjesto na staklena vlakna u svojim skijama. [17-22, 25, 29]



**Slika 2.10. Fischer Worldcup SC RC4 C-line [29]**

Drvene jezgre ojačane aramidnim vlaknima se uglavnom upotrebljavaju za skije koje su namijenjene skijanju izvan uređenih staza, čak i po skroz nepristupačnom i običnom skijašu nezamislivom terenu za skijanje. Takve jezgre su po cijeni negdje između staklenih i ugljičnih vlakana, no namjena im je skroz drugačija. Jezgre ojačane aramidnim vlaknima skijama daju otpornost na udarce na takvim terenima gdje je velika mogućnost za prelazak preko kamena ili nekog drugog predmeta koji bi skije s ostalim jezgrama uništio. [17-22, 25, 29]

Drvene jezgre ojačane pločama od titana su vrlo krute skijaške jezgre primjenjene samo u najboljim modelima pojedinih proizvođača. Titan daje jezgri krutost, masu i veliku otpornost na vibracije. Otpornost na vibracije je, do pojave titanala, bila najveća kod skija s titanskim pločama kao strukturnim slojem. Najčešće se upotrebljavaju ploče debljine 0,5 mm. Krutost skije zavisi i od broja titanskih ploča, odnosno da li je jedna ili su dvije. Skije s takvim jezgrama su velike mase, uglavnom korištene za natjecateljske modele skija, te zbog svoje velike mase i krutosti pokazuju izvrsna svojstva na ledenim skijaškim stazama jer omogućuju prodiranje rubnjaka u led bez većih poteškoća. Titan je vrlo skup materijal koji se upotrebljava samo za vrlo skupe i kvalitetne skije, no kupcima takvih skija su svojstva na prvom mjestu. [17-22, 25]

Drvene jezgre ojačane pločama od titanala (slika 2.11). Titanal je legura aluminijska koja sadrži 88,5 % aluminijska, 7 % cinka, 2,5 % magnezija, 1,7 % bakra i 0,1 % cirkonija. Titanal je precipitacijski očvršnuti materijal vrlo visoke čvrstoće. Proizvod je austrijske tvrtke *AMAG*, te su oni jedina tvrtka u svijetu koja proizvodi titanal. Titanal se u skijaškoj industriji počeo upotrebljavati 2012. godine (slika 2.12), a u širu uporabu je ušao sezone 2014./2015. Titanal je materijal koji je vrlo čvrst, otporan na vibracije i vrlo skup. Za konstrukcije jezgre primjenjuju se ploče titanala debljine 0,7 mm i kao takve dolaze na drvenu jezgru. Najčešće se primjenjuje jedna ili dvije ploče. Stavljaju se na jezgru s gornje strane, odnosno s donje strane ako je jezgra ojačana s dvije ploče titanala. Svojstva skija s takvim jezgrama su iznimna krutost i čvrstoća, te otpornost na vibracije. Skije s jezgrama koje su ojačane s titanalom su vrlo stabilne i mirne pri visokim brzinama. Iako vrlo skup, titanal je trenutno najbolji materijal u skijaškoj industriji. Vrlo sličan titanu, no s obzirom na mehanička svojstva, polako izbacuje titan iz skijaške industrije i preuzima njegovo mjesto, no, to opet zavisi od filozofije proizvođača skija i njima omiljenih materijala. [30-32]



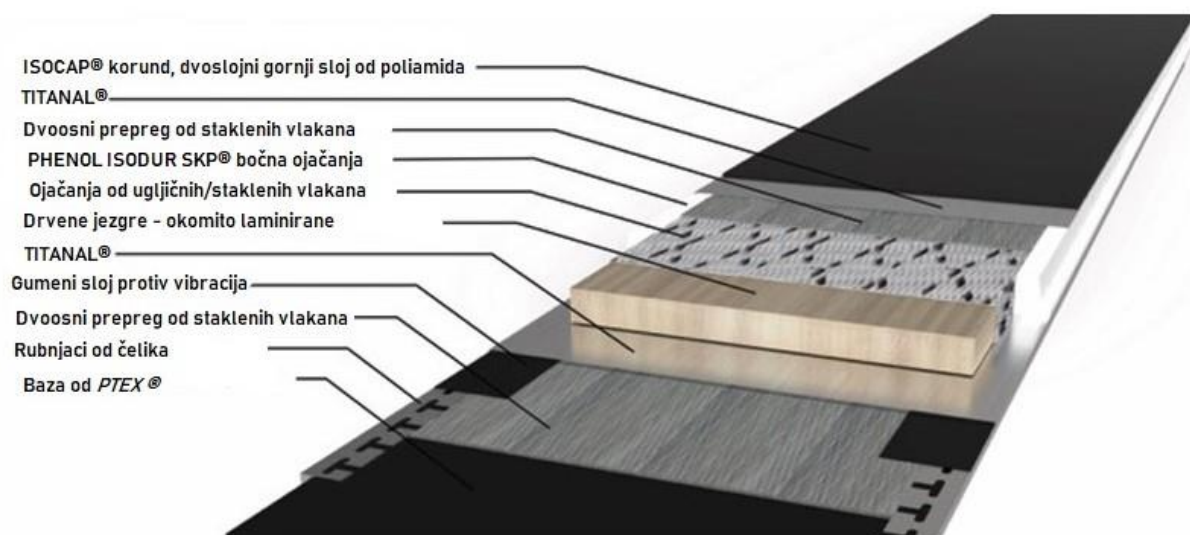
**Slika 2.11. Ploča titanala [30]**





**Slika 2.12. Völkl titanal ploče za skije [32]**

Često se primjenjuju i kombinacije više strukturnih slojeva zajedno da bi tvorile što bolju skijašku jezgru (slika 2.13). Kombiniraju se različiti strukturni slojevi u različitim omjerima, staklena vlakna s titanom, ugljična vlakna sa staklenim vlaknima, titanal s ugljičnim vlaknima. Kombinacije se rade zavisno od vrste skija, da li se radi o skijama za uređenu stazu, skijama za sve terene ili skijama za izvan uređenih terena. Najvažniji parametar prilikom kombinacije različitih vrsta strukturnih slojeva je omjer mase i krutosti dobivene jezgre, te se prema tome proizvođači ravnaju koje materijale će primijeniti kao strukturne slojeve. [17-22, 25, 29]



Slika 2.13. Jezgra s više strukturnih slojeva [23]

### 2.2.2. Baza skija

Baza skije (slika 2.14) je donji dio skije, dio skije koji je najvećom površinom u dodiru sa snijegom. Baza služi za klizanje skije po snježnoj površini, te je njezin cilj da što više smanji silu trenja između skije i snježne površine. Baza skije je napravljena od polietilena ultra visoke molekulne mase (PE-UHMW), komercijalnog naziva *P-TEX*. Baze su označene nekim brojem (npr. 2000) koji označava molekulnu masu polietilena. Što je taj broj veći to je i masa polietilena veća i baza skije je čvršća i otpornija na trošenje, odnosno bolja. PE-UHMW sadrži na sebi sitne pore da bi mogao upiti rastaljeni vosak koji dolazi na njega. Vosak se na bazu nanosi kada je vruć i ulazi u sitne pore na materijalu baze zbog što manjeg trenja i boljeg klizanja skije po snježnoj površini. Baze su debljine od 1 mm do 2 mm. [17, 20, 21, 25, 26]





**Slika 2.14. Baza skije [33]**

Postoje dvije vrste baza:

- Baze dobivene ekstrudiranjem
- Baze dobivene srašćivanjem

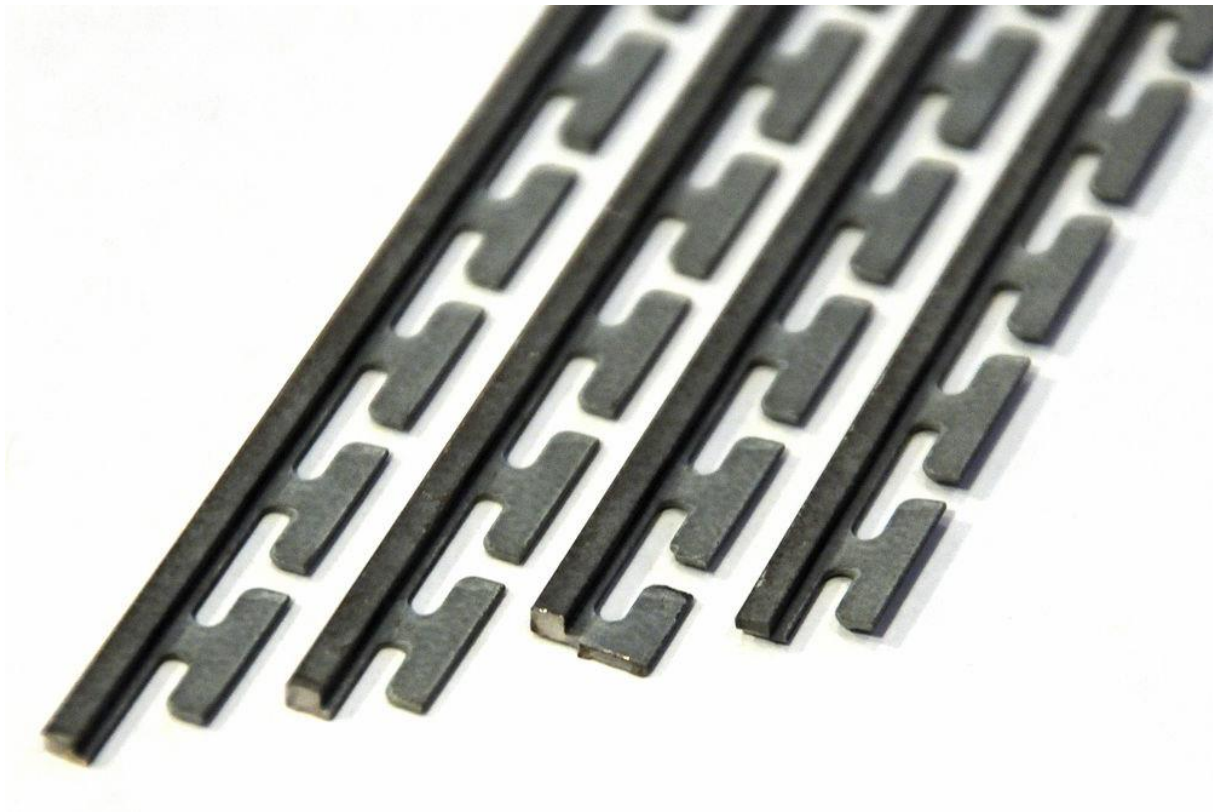
Baze dobivene ekstrudiranjem su jeftinije i lakše za održavati, ali imaju lošu otpornost na trošenje i skije s tim bazama su spore. Imaju manje pora i upijaju manju količinu voska, no i bez voska svojstva im ostaju skoro ista kao i s voskom, tako da to i ne utječe previše na njih.

Baze dobivene srašćivanjem su otpornije na trošenje i skije s tim bazama su brže, te imaju veće pore kroz koje lakše upijaju vosak i pružaju bolja svojstva na stazi. No, te baze treba redovito mazati voskom jer ako nisu premazane voskom gube svoja svojstva i kada se oštete prilikom primjene, popravak je skuplji. Ove baze se mogu proizvoditi i u kombinaciji s grafitom i ugljičnim vlaknima, što ih čini još bržima i otpornijima na trošenje. Grafit se dodaje jer je po svojim svojstvima vodič, te on troši statički elektricitet koji se javlja između baze skije i snježne površine i time smanjuje silu trenja između baze i snježne površine. Također je dobar jer može

upiti više voska nego obične baze dobivene srašćivanjem, te time čini skije još bržima na snijegu. [17, 20, 21, 25, 26]

### **2.2.3. Rubnjak skije (e. edges)**

Rubnjaci (slika 2.15) su dio skije koji prodire u snijeg i omogućuje skiji ulazak u zavoj i držanje istog. Smješteni su između strukturnih slojeva i baze skije, iako izgleda da čine samo malu površinu na rubu skija, napravljeni su tako da se veći dio površine nalazi u unutrašnjosti i izvana se ne vidi. Površina koja se nalazi u unutrašnjosti je napravljena u obliku slova T i epoksidnom smolom se lijepi za strukturne slojeve. Rubnjaci su napravljeni od čelika ili nehrđajućeg čelika. Zahtjevi na čelik su da bude izrazito visoke tvrdoće, što omogućuje dobru otpornost na trošenje tijekom skijanja, pogotovo na ledenim skijaškim stazama, te naoštavanje rubnjaka skije, što je iznimno važno za prodiranje rubnjaka u snježnu površinu. Još jedan od zahtjeva na čelik od kojih se izrađuju rubnjaci je vrlo dobra žilavost, da ne bi došlo do velikih oštećenja rubnjaka prilikom prelaska preko kamena, drva ili nekog drugog tvrdog predmeta kojem nije mjesto na skijaškoj stazi. Čelik koji se upotrebljava za rubnjake skija proizvode samo dva proizvođača na svijetu. Iako se većinom upotrebljava čelik za niske temperature, ponekada se upotrebljava i nehrđajući čelik. Prednost nehrđajućeg čelika je postojanost na koroziju prilikom transporta i stajanja skija između dvije skijaške sezone, no nehrđajući čelik je manje tvrdoće i rubnjaci prije otupe, što nikako nije poželjno. [20, 21, 23, 26, 33]



Slika 2.15. Rubnjaci [33]

Postoje dvije vrste skijaških rubnjaka:

- Rubnjaci načinjeni iz jednog dijela koji okružuju cijelu skiju (e. *Full wrap*)
- Rubnjaci načinjeni od više dijelova, svaki dio s jedne strane skije (e. *Partial wrap*)

Rubnjaci načinjeni iz jednog dijela (slika 2.16) koji okružuju cijelu skiju su kvalitetniji, čvršći i bolji izbor za skije, no njihov popravak je puno kompliciraniji, nekada čak i nemogući. Kada se s takvim rubnjakom prođe preko tvrdog predmeta može doći do izbijanja rubnjaka iz skije, što znači da je skija uništena i više se ne može koristiti. [20, 21, 23, 26, 33]



**Slika 2.16. Rubnjaci načinjeni iz jednog dijela [20]**

Rubnjaci načinjeni od više dijelova (slika 2.17), od koji se svaki nalazi s jedne strane skije su manje mase što omogućuje lakše skretanje i bolju upravljivost. No, pošto su napravljeni od više dijelova, a ne od neprekidnog komada čelika u jednom dijelu, njihova čvrstoća je manja nego kod rubnjaka iz jednog dijela. Također, takvi rubnjaci ne prelaze preko vrha i repa skija te ih ostavljaju nezaštićenima, što može dovesti do oštećenja ostalih dijelova skije, pogotovo baze i estetskih dijelova. Takvi rubnjaci su ipak bolji u slučaju da se oštete jer je njihov popravak puno jednostavniji, odnosno, moguće je zamijeniti dio rubnjaka koji je oštećen bez utjecaja na ostatak skije. [20, 21, 23, 26, 33]



**Slika 2.17. Rubnjaci načinjeni od više dijelova [20]**

Rubnjaci mogu biti i različitih debljina ovisno o vrsti skije i terena na kojem se skija koristi. Tanji rubnjaci bolje kližu kroz snježnu podlogu, no i lakše se oštećuju prilikom loših snježnih uvjeta ili nekih stranih predmeta na stazi, te se primjenjuju za skije za uređene terene, odnosno skijašku stazu. Deblji rubnjaci se upotrebljavaju kod skija za neuređene terene i čine skije nešto sporijima, ali i otpornijima na udarce od stranih tijela, kao što su grane, kamenje, zemlja. [20, 21, 23, 26, 33]

#### **2.2.4. Gornji sloj skija (e. topsheet)**

Gornji sloj skija je uglavnom napravljen od poliamida (PA), ali može biti napravljen i od drva, staklenih vlakana ili nekih drugih kompozitnih materijala. Na gornji sloj se utiskuju grafike i logotipi proizvođača. Tiskom se može postići zabavan, razigran dizajn (slika 2.18) koji može skiju učiniti vrlo privlačnom i jedinstvenom na tržištu, što svakako privlači krajnje kupce. [20, 21, 23, 26]

Tri su najčešća načina tiskanja grafika i logotipa na gornji sloj skije: [20, 21, 23, 26]

- Sitotisak
- Sublimacijski tisak
- Digitalni tisak

No, osim estetskih svojstava, gornji sloj skija ima i druga svojstva. Iako gornji sloj ima samo par milimetara debljine, vrlo je važan u zaštiti skija. Gornji sloj štiti skije od prodiranja vode

prema unutrašnjim dijelovima kao što su strukturni slojevi i drvena jezgra, koji kada bi se namočili bi znatno povećali svoju masu čime bi se narušila skijaška svojstva skija. Dugotrajna izloženost vlazi bi također imala utjecaja i na epoksidnu smolu koja drži skiju skupa. Također, štiti i rubnjake, odnosno otežava izbijanje rubnjaka iz strukture skije prilikom nailaska na neki tvrdi predmet. Gornji sloj štiti skije i od UV zračenja, kao i od ogrebotina jer je PA vrlo otporan na ogrebotine što skijama daje postojanost kroz duže vremensko razdoblje. [20, 21, 23, 26]



Slika 2.18. Različiti dizajni gornjeg sloja skija [23]

### 2.2.5. Bočna ojačanja (e. sidewalls)

Bočna ojačanja su vrlo važan dio konstrukcije skije (slika 2.19) koji se često izostavlja kada se govori o kvaliteti skija i koji dijelovi skija su za to zaslužni. Ojačanja su napravljena od polimera visoke gustoće, najčešće ABS-a. Ojačanja se nalaze između baze s rubnjacima i gornjeg sloja skija. Smještena su tako da štite jezgru skije u slučaju dodira skija s kamenjem i drugim predmetima. Bočna ojačanja preuzimaju udarce s kamenjem, vibracije pri transportu skija, pa čak i prilikom vožnje žičarom i udarca skijom o skiju da se makne snijeg s njih. Ojačanja preuzimaju silu udarca i štite jezgru i strukturne slojeve skije. [17, 20, 21, 23, 26, 34]

Postoje tri najčešće vrste (slika 2.20) ojačanja bočnih stijenki: [34]

- Ojačanja po čitavoj bočnoj stijenci, pa ako bi se gledao poprečni presjek skija izgleda kao sendvič konstrukcija (e. *Sandwich sidewall*)
- Bez ojačanja (e. *Cap sidewall*)
- Ojačanja samo na srednjem dijelu skije (e. *Semi-cap sidewall*)



Svaka od te tri vrste zapravo označava koliko bočnog ojačanja imamo, koliko ojačanja ima na skiji i da li ga uopće ima. Osim što preuzimaju udarce i štite jezgru, ojačanja daju skijama i torzijsku čvrstoću. Također, bočna ojačanja ne dopuštaju prilikom opterećenja veliki progib skije što skijama produžuje vijek i čini ih dugotrajnijima. Kako je navedeno, bočna ojačanja preuzimaju energiju od udarca u neki tvrdi predmet, te se savijaju, ali time štite i rubnjake kod kojih ne dolazi do izbijanja nego samo mehaničkih oštećenja, poput savijanja i abrazije što se može popraviti. [17, 20, 21, 23, 26, 34]

Ojačanja po čitavoj bočnoj stijenci napravljena su od akrilonitril/butadien/stirena (ABS). Predstavljaju sendvič konstrukciju jer se ojačanje prije završnog prešanja skije stavlja između gornjeg sloja skije i baze skije, pa ako bi se gledao poprečni presjek skija izgleda kao sendvič konstrukcija. Ojačanja koja se nalaze po čitavoj bočnoj stijenci tvore torzijski najčvršće skije i najdugotrajnije skije općenito. Najviše bočnog ojačanja se upravo nalazi kod ove vrste ojačanja što sprječava preveliko uvijanje skije u trenutku prelaska s jednog rubnjaka na drugi. Ove vrste bočnog ojačanja se primjenjuju za sve vrste skija, ali su najpogodnije za skijaše koji žele na bilo kojoj podlozi raditi zavoje i prodirati u snijeg sa skijom. Pošto se ovakva bočna ojačanja protežu po cijeloj dužini skije, takve skije su najotpornije na udarce, jer udarce preuzimaju ojačanja, a ne jezgra. Ovakva bočna ojačanja su namijenjena skijašima koji žele skijati brzo i precizno, te takve karakteristike stavljaju ispred mase skija, jer skije s ovakvim ojačanjima su velike mase. [17, 20, 21, 23, 26, 34]

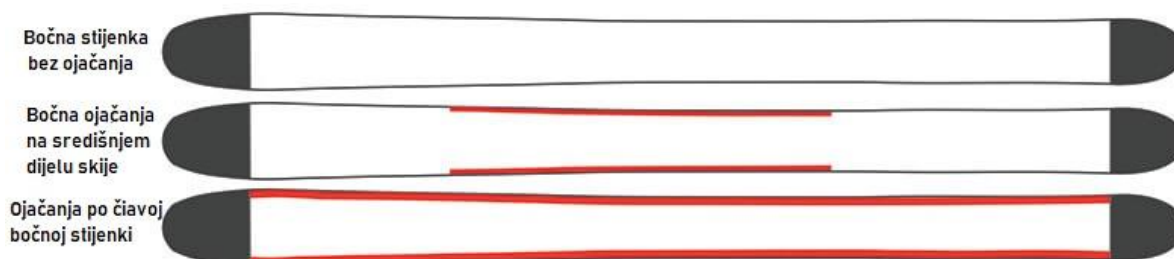
Bočne stijenske bez ojačanja su napravljene od poliamida koji se upotrebljava za gornji sloj skije i proteže se sve do rubnjaka skije, odnosno omata jezgru i strukturne slojeve, te čini bočno ojačanje. Takve skije imaju zaobljeni izgled s gornje strane sve do rubnjaka. Takve bočne stijenske su male mase, što je njihova najveća prednost, ali im je torzijska čvrstoća niska i nisu zamišljene za primjenu na ledenim podlogama ili za skijanje s puno zavoja jer ne mogu prodirati u snježnu podlogu te su zbog toga izrazito nestabilne i podložne vibracijama. Iako su nekada takve bočne stijenske bile vrlo popularne u skijaškoj industriji, danas kada su cijene materijala i izrade pale, te proizvođači teže skijama s čim boljim svojstvima, većina proizvođača je izbacila iz proizvodnje bočne stijenske konstruirane na ovaj način. [17, 20, 21, 23, 26, 34]

Ojačanja samo na srednjem dijelu skije su nešto između ojačanja po čitavoj bočnoj stijenci i bočnoj stijenci bez ojačanja. Sendvič konstrukcija bočnih stijenci se primjenjuje na sredini skije jer su tu najviša opterećenja koja dolaze zbog dodirne površine koja je tu najveća između skije i površine, i sile koju ima skijaš prilikom ulaska u zavoj. Na vrhovima i repovima skija prelazi

u bočne stijenke bez ojačanja, odnosno gornji sloj skije omata jezgru i strukturne slojeve i tvori zaobljeni oblik skije kao kod bočnih stijenki bez ojačanja. Takva konstrukcija ojačanja bočne stijenke daje torzijsku čvrstoću ispod noga skijaša s jedne strane, a s druge strane je nešto manje mase od skija s ojačanjem po čitavoj bočnoj stijenci. No, najveći nedostatak takve skije je upravo torzijska čvrstoća samo na srednjem dijelu skije, a manjak iste na vrhovima i repovima skije što omogućuje korištenje rubnjaka samo na jednom dijelu skija, a na drugom ne. Takva konstrukcija stijenke čini skije stabilnima na jednom dijelu, a nestabilnima na drugom, što onemogućuje oštrije zavoje i preciznije skijanje, odnosno, takva skija pri oštrijim zavojima ne može prodrijeti u podlogu, nego proklizava. [17, 20, 21, 23, 26, 34]



**Slika 2.19. Presjek skija s ojačanjem na bočnim stijenkama i bez ojačanja [34]**



**Slika 2.20. Različita ojačanja bočnih stijenki [34]**

Odabir nekog od ojačanja bočnih stijenki je na proizvođaču za pojedini model. Također, odabir je i na skijašima, što najviše odgovara njihovom skijaškom umijeću. Najbolje su sigurno skije koje imaju ojačanje po čitavoj bočnoj stijenci, no ta vrsta skije je najskuplja. Danas se teži sve boljim proizvodima i to od najjeftinijih modela skija do najskupljih, tako da se većina proizvođača odlučuje upravo na skije s ojačanjem po čitavoj dužini bočnih stijenki zbog torzijske čvrstoće, otpornosti na udarce i svih ostalih dobrih svojstava koje skija poprimi s tim bočnim stijenkama, neovisno o modelu skija. [17, 20, 21, 23, 26, 34]

### 2.3. Vezovi

Vezovi (slika 2.21) su pričvršćeni na gornji dio skije i u njih ulazi pancERICA. Vezovi omogućuju čvrstu vezu između skijaša i skija, te spajaju skijaša i skije u jednu cjelinu. Osim što služe kao



spona između skijaša i skija, vezovi su važni zbog sigurnosti skijaša. Svi vezovi se namještaju prema masi skijaša i njegovoj skijaškoj tehnici. Što je skijaš bolji to se na njegovu masu dodaje veći postotak mase i vezovi se zatim namještaju na ukupnu masu skijaša, koju čini masa samog skijaša i postotak njegove mase koji se dodaje zavisno o tehnici skijaša. Kada ukupna sila prijeđe namještenu silu dolazi do izbacivanja pancericica iz veza, čime se često spašava skijaš od ozbiljnih povreda. Vezovi se namještaju na prstima i na peti, imaju dva mehanizma za izbacivanje pancericice, zavisno gdje ukupna sila prijeđe namještenu silu na vezu. Važan dio veza su kočnice, koje su direktno povezane s mehanizmom izbivanja na peti, i omogućuju zaustavljanje skije kada vez izbaci našu pancericicu. Tu je i uređaj za smanjenje sile trenja na prednjem dijelu veza koji omogućuje lakše izbacivanje pancericice i osiguranje od mogućeg blokiranja prednjeg dijela pancericice u vezu. Sile pri kojima se pancericica izbacuje iz veza su određene po DIN-u, normirane su i svugdje u svijetu se radi po istom principu. Nekada su vezovi bili načinjeni od raznih materijala, a danas su to uglavnom polimerni materijali. Trenutno se najviše upotrebljava polioksimetilen, američkog proizvođača *DuPonta*, komercijalnog naziva *Delrin® 127 UV*. Ovaj polimerni materijal ima vrlo dobru mehaničku otpornost, visoke je čvrstoće i vrlo dobre otpornosti na vibracije, također je i iznimno kemijski postojan na neutralne kemikalije i dolazi u raznim bojama. [35, 36]



Slika 2.21. Vezovi [35]

#### 2.4. Skijaške cipele (pancerice)

Skijaške cipele ili pancericice su jedan od važnijih dijelova skijaške opreme (slika 2.22), ako ne i najvažniji. Skija omogućava klizanje po snježnoj podlozi, no pancericica je ta koja prenosi

skijaševe misli na skiju, a samim time i na stazu. Bez pancERICA skijanje možda ne bi bilo moguće, ali sigurno bi bilo puno opasnije nego što je s njima. Nekada su pancERICE bile načinjene od prirodnih materijala, najčešće kože. Današnje pancERICE su napravljene uglavnom od polimernih materijala. Njihova uloga je da drže nogu čvrstom, kako bi spriječile ozljede, te da budu udobne i tople. PancERICE drže nogu čvrstom, omogućuju samo pokret potkoljenice prema naprijed te štite stopala, zglobove i potkoljenice. PancERICE moraju biti vrlo krute i čvrste da mogu prenositi sile ljudskih nogu na skiju, a samim time i na podlogu. PancERICE se sastoje od vanjskog dijela i od unutarnjeg dijela. [37-39]



Slika 2.22. Dijelovi skijaške cipele [37]

#### 2.4.1. Vanjski dio skijaške cipele

Vanjski dio skijaške cipele (slika 2.23) se sastoji od donjeg dijela i od gornjeg dijela. Za proizvodnju pancERICA se najčešće primjenjuju polimerni materijali s dvije ili tri vrste gustoće. Vanjski dio pancERICA se sastoji od poliuretana, polietera i poliolefina. PancERICE se izrađuju od polimera različitih gustoća zbog svoje krutosti. Donji dio pancERICA se izrađuje od polimera veće gustoće jer mora biti veće krutosti i stalnih je dimenzija, dok gornji dio pancERICA može biti manje krutosti i prilagodljiv nozi, odnosno može se malo proširiti ili skupiti ovisno o građi skijaša. Krutost u pancERICAMA predstavlja flex indeks, koji je u skijaškoj industriji mjera za krutost pancERICA. Najmanji flex indeks je 50 dok je najveći preko 150. Flex indeks nije

normiran i razlikuje se od proizvođača do proizvođača, tako da nije nužno da su pancericice različitih proizvođača s istim flex indeksom jednake krutosti, on služi za usporedbu pancericica jednog proizvođača. No, kod svih je jednako da čim je veći flex indeks to je pancericica više kruta. Normalna krutost je flex indeks oko 100, dok je 120 i iznad već vrlo kruta pancericica za napredne skijaše. Donji dio pancericice je određen i sa svojom širinom, odnosno čim je flex indeks pancericice veći, donji dio pancericic je uži. Širina pancericica je između 93 mm i 108 mm, s time da je između 93 mm i 97 mm natjecateljska pancericica, a 98 mm i više su rekreativne pancericice. Naravno, veći flex indeks i manja širina pancericice tvore neudobne pancericice napravljene za natjecatelje i kratku primjenu. Još jedna vrlo važna stvar kod vanjskog dijela pancericice je kut između gornjeg i donjeg dijela pancericice. Uobičajen kut kod rekreativnih pancericica je oko  $14^\circ$  dok kod natjecatelja se mijenja, zavisno od discipline. Iako izgleda da taj kut nije toliko bitan, kod naprednih skijaša, a pogotovo natjecatelja je iznimno bitan zbog prijenosa sile skijaša na podlogu. [37-39]



Slika 2.23. Vanjski dio pancericice [38]

#### 2.4.2. Unutarnji dio skijaške cipele

Unutarnji dio pancericice (slika 2.24) je napravljen od poliuretana (PUR), poliesteru i umjetnih vlakana. Vanjski sloj unutarnjeg dijela koji dolazi na vanjski dio pancericice je izrađen od poliuretana, središnji dio je sintetički polimer koji sprečava ulazak vlage i služi kao toplinski izolator, te unutarnji dio koji je u dodiru s našim nogama je napravljen od poliesteru. Na dno unutarnjeg dijela se stavljaju umjetna vlakna da bi se spriječilo klizanje unutarnjeg dijela pancericice što bi narušilo prijenos sile na skiju i samim time na podlogu. Unutarnji dio pancericice može biti i dodatno ojačan ugljičnim vlaknima na pojedinim dijelovima koji su izloženi višem

opterećenju prilikom stezanja vanjskog dijela pancerice. Unutarnji dio je također raznih debljina, jer debljina izravno utječe na prijenos sila na podlogu, stoga je unutarnji dio za početnike i prosječne skijaše deblji, da bude udobniji i topliji dok se za napredne skijaše i natjecatelje primjenjuje unutarnji dio koji je vrlo tanak zbog čim boljeg prijenosa sile skijaša na podlogu. Obično s rastom flex indexa vanjskog dijela pancerice se smanjuje debljina unutarnjeg dijela pancerice. [37-39]



Slika 2.24. Unutarnji dio pancerice [38]

### 2.4.3. Kopče i remen

Kopče (slika 2.25) koje su postavljene na pancerice služe za što bolje stezanje noge unutar pancerica, što jače se kopče stegnu to je noga unutar pancerice čvršće namještena i sigurnija. Kopče su napravljene od poli(vinil-klorida) (PVC) ili su metalne. Metalne kopče se primjenjuju kod naprednih i natjecateljskih modela pancerica zbog viših sila prilikom stezanja. Pancerica uglavnom sadrži po četiri kopče, dvije na donjem dijelu i dvije na gornjem. Danas su najčešće

3D kopče, koje se mogu dodatno produžiti ili skratiti, zavisno koliko se pancERICA želi zategnuti.

[37-39]



Slika 2.25. Kopča [37]

Dodatno učvršćenje omogućuje remen (slika 2.26) koji se nalazi na vrhu pancERICA i proizveden je od poliamidnih vlakana. Remen može biti širi ili uži, širi se primjenjuje za napredne i natjecateljske modele pancERICA, odnosno za one pancERICE s visokim flex indeksom, dok s padom flex indexa se smanjuje i širina remena. [37-39]



Slika 2.26. Remen [37]

#### 2.4.4. *Skijaške cipele oblikovane prema nozi*

Zadnjih 10-ak godina su pancericice jako napredovale. Nekada su samo natjecatelji imali priliku imati pancericice napravljene upravo za njihovu nogu, a danas već većina proizvođača pancericica nudi prilagodbu pancericica prema nozi. Neki nude prilagodbu unutarnjeg dijela pancericice prema nozi, a neki vanjskog dijela. Kada se prilagođava vanjski dio podrazumijeva se da je unutarnji dio u vanjskom dijelu, pa se prilagodi cijela pancericica prema nozi. Prilagođavanje unutarnjeg dijela pancericice je bilo kratkotrajno i samo je ucrtalo smjer ka prilagođavanju kakvo danas poznajemo. Mnogi proizvođači su pokušali s tim, no takva tehnologija nije bila prihvaćena te se brzo od nje odustalo. Takva tehnologija postoji još i danas, uglavnom kod obrtnika u skijaškim mjestima koji rade takve pancericice, dok niti jedan veliki proizvođač ne radi prilagođavanje na taj način. Danas se radi prilagođavanje cijele pancericice od jednom i tako se dobiva najbolji spoj udobnosti i performansa. Danas četiri proizvođača ima svoje tehnologije kojima prilagođava pancericice. Sve četiri su vrlo slične tehnologije, tri su skoro identične, jedino *Fischer* malo odskaka od ostalih. [40]

Tehnologije i proizvođači: [40]

- *Fischer Vacuum Fit* tehnologija
- *Atomic Memory Fit*
- *Salomon Custom Shell*
- *Dalbello My Fit*

*Atomic*, *Salomon* i *Dalbello* imaju istu tehnologiju prilagodbe pancericica, jedino se razlikuje vrijeme pojedinog procesa u postupku prilagodbe. Svi vanjski slojevi su napravljeni od plastomera, različitog sastava i naziva, čiji je sastav tajna. Vanjski dio svake od ovih pancericica se zagrijava (slika 2.27) pri određenoj temperaturi, zatim se u njih stavlja unutarnji dio pancericice, noga se stavlja u zagrijanu pancericicu, zakopčava se i hladi se posebno ohlađenim gelom na  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  dok je noga u pancericici u položaju spremnom za skijanje. Poslije prilagodbe pancericica mora odstajati 24 sata i zatim je spremna za upotrebu. *Fischer Vacuum Fit* tehnologija (slika 2.28) je vrlo slična uz jedan dodatak. Oko njihovih pancericica prilikom hlađenja se stavljaju podtlačne komore koje još dodatno pod pritiskom prilagođavaju pancericicu nozi. Iako se ne čini kao vrlo važan dodatak, upravo zbog toga *Fischer* pancericice su najbolje na tržištu jer su najudobnije i najbolje poprimaju oblik noge. [40]





Slika 2.27. Grijalice za pancerice [40]



Slika 2.28. Fischer Vacuum Fit [40]

## 2.5. Skijaški štapovi

Nekada su se za štapove upotrebljavali prirodni materijali, najčešće drvo i to bambus. Štap se sastoji od tijela, koje predstavlja dugačka šuplja šipka, od drške s remenom na vrhu štapa i diskova na dnu štapa. Današnja tijela štapova (slika 2.29) su napravljena od čelika, aluminija ili kompozita ojačanih staklenim i sve više ugljičnim vlaknima (slika 2.30). Drške su napravljene od elastomera, remen koji osigurava da štap ne ispadne iz ruke je napravljen od kože ili češće poliamidnih vlakana, te diskovi koji služe da štap ne bi propadao preduboko u snijeg su napravljene od poliuretana. Tijela koja su napravljena od kompozita ojačana ugljičnim vlaknima su manje mase od čeličnih i aluminijskih štapova i više čvrstoće, no problem je da ti štapovi prilikom previsokog savojnog opterećenja se ne savijaju nego pucaju na dva dijela što može biti poprilično opasno za skijaše i dovesti do ozljeda, te su i najskuplji štapovi koji se trenutno nude u skijaškoj industriji. [41]



Slika 2.29. Natjecateljski skijaški štapovi [41]



Slika 2.30. Štapovi ojačani ugljičnim vlaknima [41]

## 2.6. Skijaška kaciga

Kako se skijanje razvijalo, tako su se razvijale skije te su brzine na skijaškim stazama postajale sve veće kako i potreba za sigurnošću pri tim visokim brzinama. Nekada su skijaši koji imaju kacige bili u manjini, a danas su u manjini ljudi bez kacige. Kacige su se razvijale da bi zaštitile glavu skijaša, što im je primarna uloga. No, današnje kacige uz sigurnost pružaju i udobnost zbog njihovog ergonomskog dizajna i zanimljivog su izgleda jer sve više pridodaje zanimljivim dizajnima i uočljivosti na stazi. Uz sve navedeno, današnje kacige sadrže utore koji se mogu po potrebi otvoriti ili zatvoriti, zavisno da li je skijašu vruće ili hladno. [42-44]

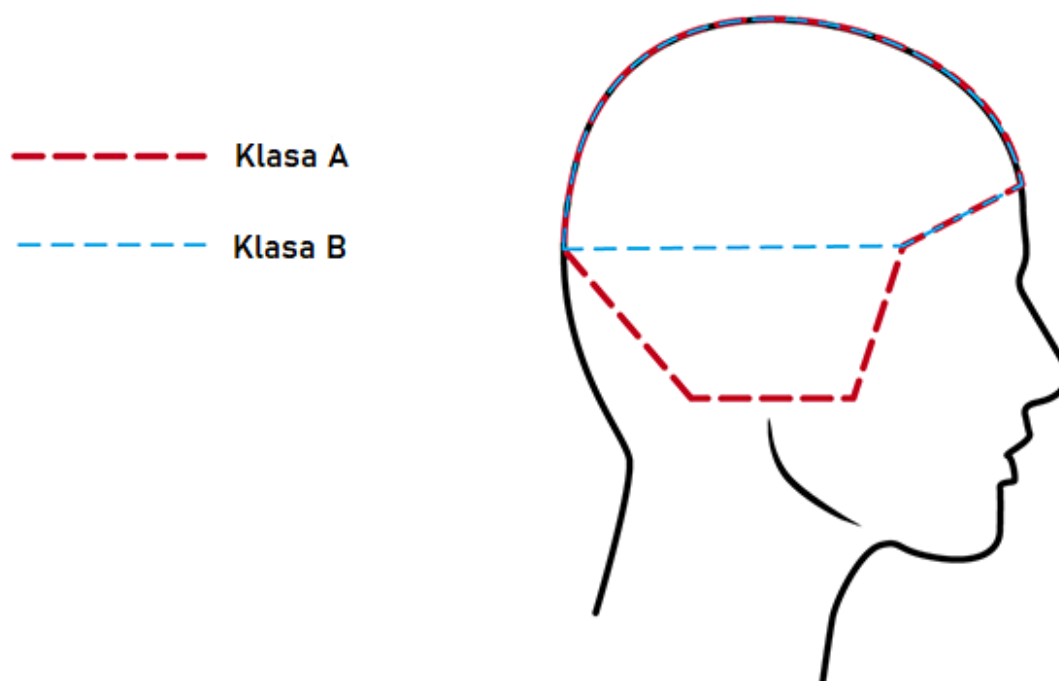
Današnje kacige se sastoje od vanjskog dijela kacige ili ljuske i unutarnjeg dijela kacige ili jezgre. Napravljene su od polimernih materijala i različitih su oblika. Kacige za rekreativce i



natjecatelje nisu iste, kao što se i natjecateljske kacige razlikuju zavisno od disciplina. Za brze discipline su zahtjevi za sigurnošću veći nego kod tehničkih disciplina. [42-44]

### 2.6.1. Vanjski dio kacige (ljuska)

Vanjski dio kacige je napravljen od akrilonitril/butadien/stirena (ABS) ili od polikarbonata (PC) ojačanog staklenim ili ugljičnim vlaknima. Ljuska je kruti dio kacige koji štiti glavu od oštih predmeta, udaraca prilikom pada i struganja glave po snježnoj stazi. Također, konstruirana je tako da se energija udarca tokom pada raspoređi po cijeloj površini kacige i štiti jezgru od direktnih udaraca i abrazivnog trošenja. Ljuske se također prilagođavaju po svojoj svrsi, odnosno nisu iste za brze i tehničke discipline (slika 2.31). Kod brzih disciplina se primjenjuju kacige klase A od akrilonitril/butadien/stirena, te ljuska čini cijeli vanjski dio kacige. Kod kaciga za tehničke discipline, odnosno kaciga klase B, ljuska je napravljena od polikarbonata ili polikarbonata ojačanog staklenim ili ugljičnim vlaknima, nalazi se na gornjem dijelu kacige, a u području oko uha se nalazi unutarnji dio kacige, odnosno jezgra (slika 2.32). Najveća razlika između tih kaciga je u količini vanjskog dijela, odnosno tvrdog dijela kacige koji štiti od udarca. [42-44]



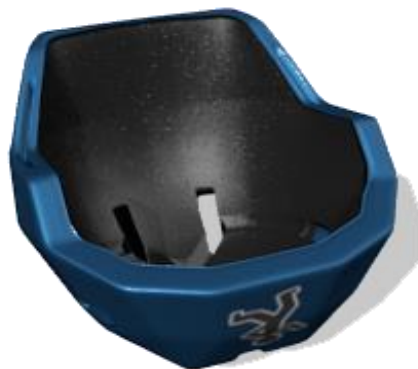
Slika 2.31. Normirani oblici kacige [43]



Slika 2.32. Kaciga za brze i tehničke discipline [44]

### 2.6.2. Unutarnji dio kacige (jezgra)

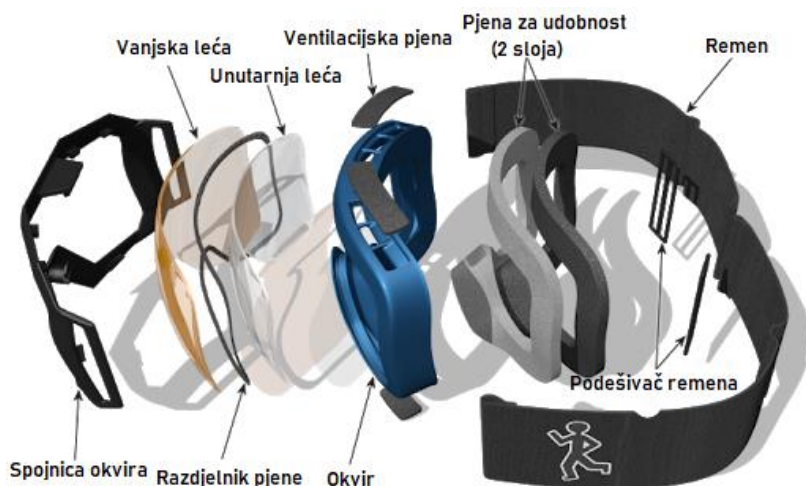
Unutrašnji dio kacige (slika 2.33) ili jezgra se proizvodi od pjenastog polistirena (PS-E) ili pjenastog polipropilena (PP-E). Također se kod kacige klase B na području oko uha primjenjuju poliamidna vlakna za zaštitu glave od hladnoće i čestica snijega. Pjenasti polipropilen ima bolju žilavost prilikom udara od pjenastog polistirena te se u današnje vrijeme sve više upotrebljava, pogotovo kod natjecateljskih kaciga. Pjenasti materijali upotrebljavaju se jer su zahtjevi na unutrašnji dio kacige da se što bolje apsorbira udarac prilikom pada ili sudara s drugim čvrstim tijelima da bi se spriječila ili smanjila ozljeda glave, te dobra otpornost na vibracije prilikom pada i dužeg klizanja niz stazu. Pjenasti materijali se upotrebljavaju i zbog toga što se sila udara prilikom pada poništava stlačivanjem takvog materijala ili njegovim uništenjem. Preporuka proizvođača je da se prilikom jačeg udara kacige o snježnu podlogu kaciga zamijeni, jer se jezgra deformira i ne vraća u potpunosti u početno stanje nakon prestanka djelovanja sile pa kod sljedećeg udara neće štiti učinkovito kao kod prvog. [42-44]



Slika 2.33. Unutarnji dio kacige [42]

## 2.7. Skijaške naočale

Skijaške naočale (slika 2.34) su dio skijaške opreme koji se nalazi na skijaškoj kacigi. Zahtjevi na skijaške naočale su da štite oči od UV zračenja, vjetra i padalina. Također moraju omogućiti dobru vidljivost prilikom raznih vremenskih uvjeta i dobru prilagodljivost na sunčano, kao i na maglovito i oblačno vrijeme. Sastoje se od okvira, leća i elastičnog remena. [45]

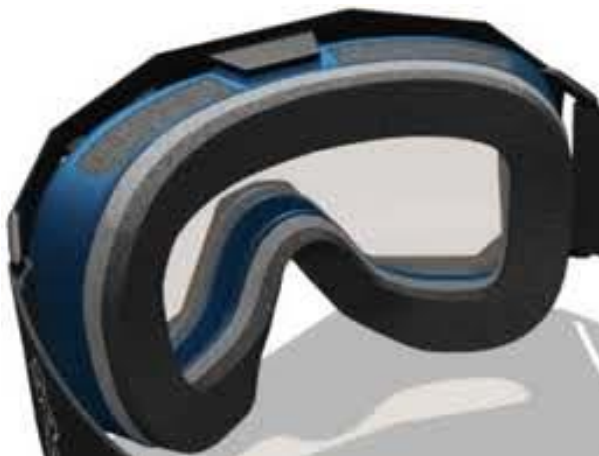


Slika 2.34. Skijaške naočale [45]

### 2.7.1. Okvir

Okviri (slika 2.35) su najčešće načinjeni od poliuretana (PUR), elastomera ili elastoplastomera. Takvi materijali su dovoljno žilavi, zadržavaju svoj oblik te ne postaju krhki pri niskim temperaturama. Okviri od takvih materijala nisu kruti, te prilikom pada ne mogu jako oštetiti skijaševo lice. Okviri sadrže i otvore za ventilaciju da ne bi došlo do zamagljivanja leća iznutra. Na dijelu okvira koji je u dodiru s ljudskim licem se nalazi pjena za što bolju ugodnost i

prilagodljivost licu. Na kraju okvira oko glave se proteže elastična traka, najčešće napravljena od poliestera. [45]



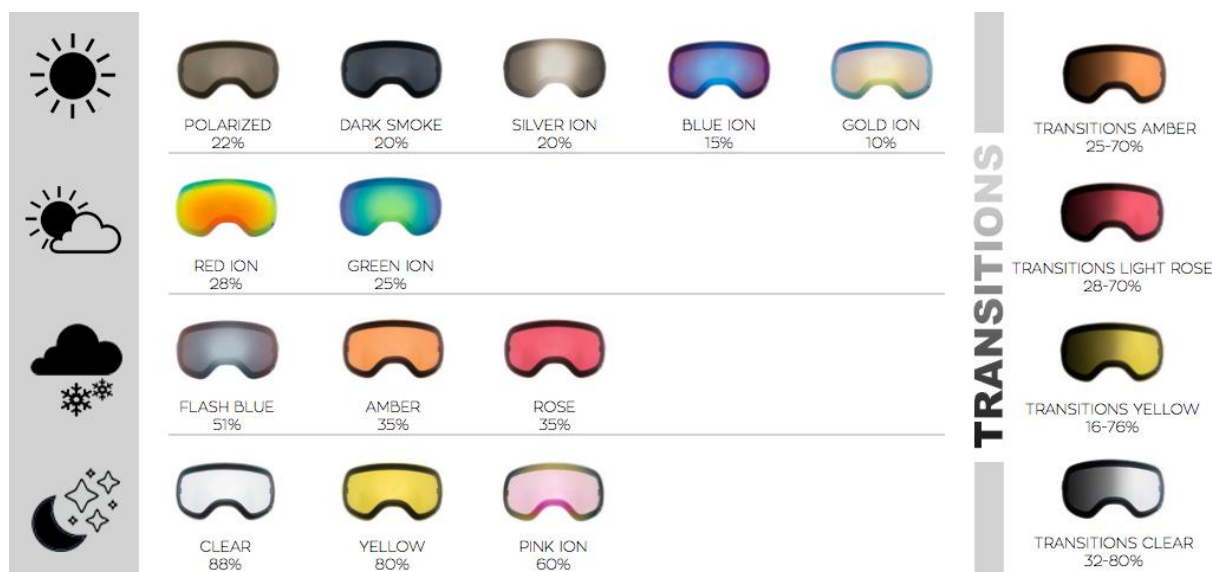
Slika 2.35. Okvir skijaških naočala [45]

### 2.7.2. Leće

Leće skijaških naočala štite oči od svih štetnih utjecaja. Naočale sadrže dvije leće između kojih se nalazi pjena koja služi protiv zamagljivanja naočala i kao toplinska izolacija. Pjena koja razdvaja dvije leće nalazi se samo na rubovima i prati oblik maske. Leće se najčešće proizvode od polikarbonata, koji je čvrst, otporan na udarce i otporan na ogrebotine, te je manja mogućnost da će se prilikom udarca slomiti i naštetiti licu i očima skijaša, nego bi to bila mogućnost sa staklom. [46]

Leće se proizvode u različitim bojama (slika 2.36), a boje se određuju po vremenskim uvjetima: [46]

- Snježno i maglovito vrijeme – žute i roze leće
- Sunčano vrijeme – narančaste, crvene, crne i plave leće
- Promjenjivo vrijeme – narančasto-žute leće
- Noć – prozirne leće



Slika 2.36. Boja leća za određene vremenske uvjete [46]

Danas se sve više primjenjuju leće s reflektirajućom prevlakom (slika 2.37) na vanjskoj strani leće što uzrokuje efekt ogledala. Takve leće su najbolje za sunčano vrijeme jer reflektiraju sunčane zrake koje se odbijaju od snježne površine. [46]



Slika 2.37. Leća s reflektirajućom prevlakom [46]

## 2.8. Skijaško odijelo

Kod današnjih skijaških odijela je dizajn jednako važan kao i funkcija. Skijaška odijela se proizvode od polimernih materijala u više slojeva (slika 2.38). Najčešće se upotrebljavaju troslojni materijali. Važno je da skijaška odijela budu dobro toplinski izolirana i da su postojana na prodor vode zbog mokrog snijega i padova u snijeg. Što je broj uboda šivaćeg stroja na dužini od jednog centimetra veći, to je skijaško odijelo kvalitetnije, zbog bolje toplinske izolacije i veće postojanosti na prodor vode. [47] Također, kod kvalitetnijih odijela se upotrebljavaju kvalitetniji materijali i prilikom proizvodnje srednji sloj se proizvodi od više

slojeva. Unutarnji sloj skijaškog odijela nalazi se najbliže tijelu skijaša i proizvodi se od hiper alergene sintetičke tkanine, odnosno umjetnog poliestera koji je izuzetno hidrofoban te omogućuje prolazak vlage. Tkanina uklanja znoj tako da ga usmjerava prema vanjskim slojevima odijela, propušta zrak prema tijelu, brzo i lako se suši, te ne dopušta bakterijama da se razmnožavaju. Središnji sloj služi kao toplinski izolator. Središnji sloj je napravljen od vrlo kvalitetnih i na poseban način utkanih sintetičkih vlakana što ga čini vrlo elastičnim, mekanim i propusnim materijalom. Vrlo je dobar toplinski izolator te zadržava toplinu tijela kroz cijeli dan i vrlo je propustan materijal koji zadržava vrlo malo vlage, skoro ništa, te joj omogućuje da ispari do trećeg sloja skijaškog odijela. Treći ili vanjski sloj je napravljen od poliamidnih vlakana. Vanjski sloj je jako lagan i propustan za zrak koji ulazi iz okoline, te propušta van znoj u obliku pare. Vanjski sloj je vrlo dobar na abrazivno trošenje čime štiti središnji sloj, odnosno membranu. Nekada se vanjski sloj još dodatno impregnira različitim sredstvima da bi odijelu omogućio što bolju otpornost na prodor vode. [48]

U današnje vrijeme su materijali i tkanine za skijaška odijela jako uznapredovale i vrlo su kvalitetni materijali kao i odijela. No, jeftina odijela su napravljena od jeftinih polimernih materijala koje onemogućuju tijelu da diše, zadržavaju vlagu i stvaraju skijašu nelagodan osjećaj. S druge strane postoje vrlo kvalitetna i skupa odijela koja su čista suprotnost prije navedenim odijelima. Danas postoje razni materijali i tkanine koje upotrebljavaju pojedini proizvođači za proizvodnju svojih odijela, ali daleko najbolji i najkvalitetniji materijal koji se primjenjuje je *GORE-TEX®*. *GORE-TEX®* tkanina je membrana (slika 2.39) koja se nalazi u drugom sloju skijaškog odijela, u sredini. Napravljen je od poliamida (PA), poli(tetrafluoretilena) (PTFE) i poliuretana (PUR). Središnji sloj od *GORE-TEX®* tkanine čini najkvalitetniji sloj koji omogućuje iznimnu postojanost na vjetar, dugotrajnu postojanost na prodor vode i prozračnost. Tkanina je tako gusto tkana da kapljice vode ne mogu prodrijeti kroz nju, a vlaga i znoj u obliku pare mogu izaći kroz nju bez da se kondenziraju, odnosno tkanina nam omogućuje da zadržimo toplinu i izbacimo vlagu, što naše tijelo čini ugrijanim i suhim. [49-51]





Slika 2.38 Slojevi u skijaškom odijelu [49]



Slika 2.39. GORE-TEX® membrana [50]

Iako nije uvijek dio skijaškog odijela, štitnik za leđa nekada zna biti ugrađen i u samo odijelo. On štiti skijaševa leđa prilikom padova ili nesretnih događaja poput sudara s drugim skijašima ili objektima koji se nalaze na stazi. Postoje štitnici s tvrdom i mekom jezgrom. Štitnici s tvrdom jezgrom su napravljeni najčešće od polipropilena (PP) ili polikarbonata (PC), dok se između tvrdog dijela i skijaševih leđa nalazi pjena od poli(etilen-vinil acetata) (PEVA) koja je mekana i pruža skijašu udobnost. Štitnici s mekom jezgrom su napravljeni od pjene od poliuretana (PUR) ili etilen-vinil acetata ojačanih s ugljičnim vlaknima. Prednost štitnika s mekom jezgrom je manja masa i nakon što se tijelo skijaša zagrije, toplina se prenese na pjenu od koje je štitnik napravljen i on se prilagodi i oblikuje prema skijaševim leđima, tako da ga skijaš niti ne osjeća. [52, 53]

## 2.9. Skijaške rukavice

Skijaške rukavice čuvaju ruke od hladnoća, ogrebotina i ozljeda. Rukavice su napravljene od različitih materijala i kombinacija tih materijala. Zahtjevi na skijaške rukavice su da budu tople, postojane na prodiranje vode i prozirne. Polimerni materijali koji se najviše upotrebljavaju su poli(etilen-tereftalat) (PET) koji je ponekad u kombinaciji s polipropilenom (PP), komercijalnog naziva *Thinsulate*® američkog proizvođača sintetičkih tkanina *3M*. Takva vlakna imaju promjer od 15  $\mu\text{m}$  što je tanje od poliesterskih vlakana koja se također upotrebljavaju. Takav promjer vlakana omogućuje gušću strukturu prilikom šivanja rukavica što omogućuje bolju otpornost na abrazivno trošenje i veću dugotrajnost tih rukavica. Kao i kod ostalih sintetičkih vlakana i *Thinsulate*® vlakna omogućuju dobru prozirnost, odnosno ne propuštaju vodu, a ispuštaju vlagu i znoj u obliku pare što omogućuje duže zadržavanje topline u rukavicama i suhoću. Također se primjenjuje i *GORE-TEX*® tkanina u kombinaciji s poliestrom i poliamidnim vlaknima. Poliester čini unutrašnjost rukavice zbog dobre prozirnosti, *GORE-TEX*® membrana se nalazi u sredini kao izolator i tkanina koja ne propušta vodu, a propušta vlagu i znoj u obliku pare do gornjeg sloja, kojeg čine poliamidna vlakna koja su otporna na abraziju i tvore jako lagan vanjski sloj. Ugljična vlakna tvore ojačanja na skijaškim rukavicama, uglavnom kod natjecatelja (slika 2.40). Najčešće se nalaze na dijelu rukavice iznad zgloba, koji najviše udara o štapove prilikom vožnje i na početku prstiju, odnosno na metakarpofalangealnim zglobovima, s kojima skijaši često znaju vući po podu prilikom utrka. Ta ojačanja, koja znaju biti i od titana, štite skijaša, ublažavaju bol, ali i produljuju vijek trajanja rukavica. [49-51, 54, 55]





Slika 2.40. Rukavice ojačanje ugljičnim vlaknima [55]

### 3. PROIZVODNJA SKIJA

Skije se proizvode kombinacijom ručnih i automatiziranih postupaka, zavisno od proizvođača, načina izvedbe i tradicije i veličine serija koje proizvođač proizvodi. Današnje skije se proizvode najčešće trima načinima izrade (slika 3.1): [19]

- Skije proizvedene postupkom laminiranja (e. *Laminated skis*)
- Skije proizvedene namotavanjem oko jezgre (e. *Torsion box skis*)
- Skije proizvedene ubrizgavanjem jezgre u ljusku (e. *Single-shell skis*)

Postupak laminiranja je trenutno najzastupljeniji u skijaškoj industriji jer je najviše istražen i daje najbolji omjer kvalitete i cijene. U osnovi je postupak slaganje slojeva materijala iznad i ispod jezgre skije. Jedna od najvećih prednosti ovog postupka je mogućnost slaganja različitih materijala u slojeve na jezgru skije čime se postiže odlična kombinacija svojstava skija. [19]

Postupak namotavanja oko jezgre se nešto manje primjenjuje jer je skuplji. Temelji se na namatanju slojeva oko jezgre, a ne na slaganju slojeva jednog na drugi. Najčešće ugljična i staklena vlakna se umoče u smolu te se zatim namataju oko jezgre, takva konstrukcija se zove konstrukcija mokrog namatanja (e. *Wet wrap construction*). Na kraju se još dodaje jedan sloj smole i podvrgne se grijanju da se spriječio ulazak vode i ostalih tvari iz okoline u unutrašnjost skije. Skije proizvedene na ovaj način su skuplje, ali pokazuju i bolja svojstva na snijegu pa su često korištene od strane naprednijih skijaša i takmičara. [19]

Postupak ubrizgavanja jezgre u ljusku se najčešće primjenjuje kod skija s PUR jezgrama. Izrađuje se ljuska koja izgledom podsjeća na cijev pravokutnog profila. Ljuska je najčešće drvena i obložena sa staklenim ili ugljičnim vlaknima, dok se u sredinu ljuske najčešće ubrizgava poliuretanska pjena. Ovako izrađene skije su izrazito male mase i vrlo su lako upravljive, te su samim time vrlo pogodne za početnike. No, takve skije su i nestabilne pri višim brzinama i tvrdim podlogama i njihov vijek trajanja je znatno kraći od postupka laminiranja i namatanja, što ih ne čini privlačnima niti kupcima niti proizvođačima. [19]



Slika 3.1. Načini izrade skija [56]

### 3.1. Proizvodnja jezgre

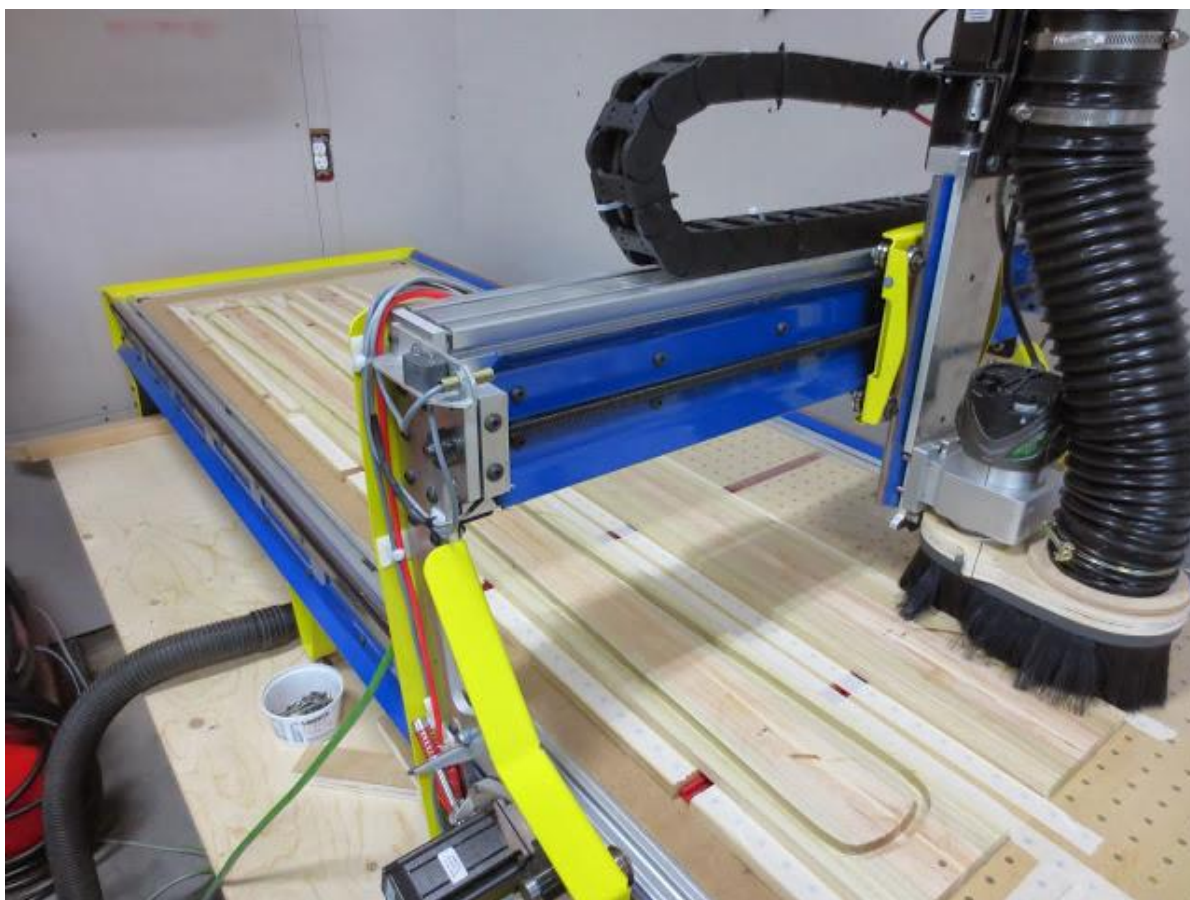
Jezgra koja je „srce“ skije i daje joj glavne karakteristike, kao što su upravljivost, krutost i masa, je najvažniji dio same skije. Jezgre su najčešće drvene i učvršćene strukturnim slojevima, od PUR pjene ili aluminijske. Drvene jezgre su najčešće u primjeni. [19, 56]

#### 3.1.1. Proizvodnja drvene i aluminijske jezgre

Drvene jezgre su i dalje daleko najčešće u skijaškoj industriji zbog jedinstvenih svojstava koja omogućuju visoku krutost uz visoku žilavost, a umjetnim materijalima se to još nije uspjelo postići. Drvene jezgre su napravljene laminiranjem, odnosno slaganjem slojeva drva. Svaki proizvođač upotrebljava različite vrste drva, kao i različite kombinacije vrsta drva i različiti broj slojeva slaganja drva. Može biti čak do četrdeset i pet slojeva drva u jednoj skijaškoj jezgri. Drvo koje se primjenjuje se pomno bira, da bude ujednačene kvalitete po cijeloj površini i dolazi najviše iz alpskih zemlja središnje Europe. Kada se drvo odabere, obradi i laminira, odnosno složi u slojeve ide na daljnju obradu. Daljnja obrada podrazumijeva CNC obradu (slika 3.2) i vrlo precizno rezanje laminiranih slojeva drva u oblik skije. Posebno se pazi na dimenzije vrha i repa skija, odnosno na postranični luk skije, koji je vrlo važan zbog radijusa skija, a samim time i odzivom skije na snijegu. Zatim, obrađena drvena jezgra ide u daljnji proces proizvodnje skije. [19, 56]

Analogno proizvodnji drvene skijaške jezgre se proizvodi i aluminijska. Aluminijski limovi se obrađuju na CNC stroju u željeni oblik, te se zatim obrađene jezgre od aluminijske podvrgavaju daljnjem procesu proizvodnje skija. [19, 56]

Ovakve jezgre su puno kvalitetnije od PUR jezgra, također popularnije, no i skuplje jer je njihov proces od nabave drveta, preko laminiranja i obrade CNC strojevima dugotrajan i iscrpljujući što utječe na cijenu skija kao gotovog proizvoda. [19, 56]



Slika 3.2. CNC obrada jezgre skije [57]

### 3.1.2. *Proizvodnja PUR jezgra*

Proizvodnja jezgra od PUR pjene se razlikuje od proizvodnje drvenih i aluminijskih jezgra. Jezgra nije prvi element koji nastaje u skiji kao kod gore navedenih jezgra od drva i aluminijskih jezgra, čak se može reći da proces proizvodnje skija s jezgrama od PUR pjene inverzan od „klasičnog“ procesa proizvodnje skija. Svi dijelovi skije se slažu bez jezgre i stavljaju se u kalup da bi se dobio željeni oblik skije, s rupom u sredini iz konstrukcijskog razloga ubrizgavanja jezgre. Zatim se taj oblik stavlja u prešu koja djeluje pod utjecajem sile i temperature te se u njega ubrizgava kapljevita PUR pjena koja se nakon ubrizgavanja stvrdne. PUR pjena služi kao jezgra i kao vezivni element koji spaja prije složene slojeve skija. [19, 56]

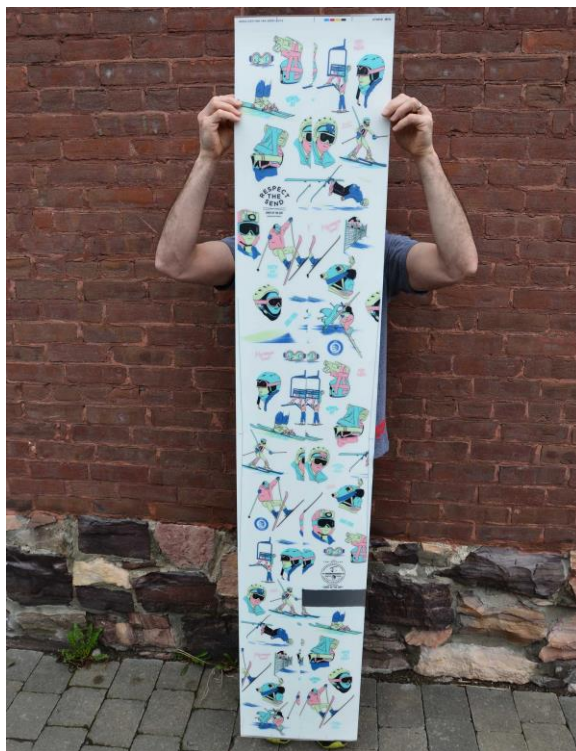
Skije s jezgrama od PUR pjene, iako sve brojnije, još uvijek nisu dostigle ni kvalitetu niti popularnost drvenih jezgra, ali njihova konkurentnost se očitava na ulaznim i dječjim modelima zbog svoje izrazito pristupačne cijene. [19, 56]

### 3.2. Proizvodnja strukturnih slojeva

Nakon proizvodnje jezgre, obrađuju se i strukturni slojevi koji se slažu na jezgru s gornje ili donje strane. Postoji dvjesto različitih kombinacija strukturnih slojeva koji se slažu zavisno od vrste skije, tvrdoće skije, agresivnosti na snijegu i razreda kvalitete skije. Staklena, ugljična, aramidna vlakna, titan, titanal se također vrlo precizno obrađuju u oblik konačnog proizvoda i zavisno od traženih slojeva se slažu na ili ispod jezgre skije, te se spajaju epoksidnom smolom koja služi za povezivanje strukturnih slojeva i jezgre, te strukturnih slojeva međusobno. [19, 56, 57]

### 3.3. Proizvodnja gornjih slojeva skije

Gornji sloj skije je najvažniji dio za dizajn skije i estetsku ljepotu skije, kao i za poboljšanje otpornosti na vibracije skija, kao i zaštite od UV zračenja i ogrebotina. Za gornji sloj su najzaslužniji grafički dizajneri koji dizajniraju grafike. Najčešće se gornji sloj proizvodi sitotiskom na koji se tiskaju grafike i zatim se prevlači slojem PA debljine 1 mm zbog otpornosti na ogrebotine, UV zračenja te dugotrajnosti grafike. Sitotisk je tehnologija direktnog propusnog tiska s mogućnošću tiskanja na različite materijale. U skijanju se upotrebljava svila ili neka druga vrlo tanka tkanina kroz koju se tiska grafika. Sitotisk je izrazito složen proces u skijaškoj industriji zbog često vrlo kreativnih i razigranih dizajna gornjeg sloja skija (slika 3.3). Postupak se vrši mnogo puta jer u jednom nanosu tinte kroz tkaninu se može nanijeti samo jedna boja na materijal, pa u zavisnosti koliko boja ima, toliko puta se vrši nanos. Dijelovi tkanine kroz koje se ne želi nanijeti tinta na materijal u tom prijelazu se impregniraju nepropusnim materijalom da se dizajn ne bi upropastio. Kada se nakon određenog puta prijelaza, odnosno nanosa boje kroz tkaninu dobije željeni dizajn, materijal se prevlači slojem PA, najčešće debljine jednog milimetra i dobiva se gornji sloj skija. Postupkom sitotiska se proizvode skije izrađene postupkom laminiranja i skije proizvedene namotavanjem oko jezgre, dok se kod skija gdje se jezgra ubrizgava u ljusku primjenjuje sublimacija koja se radi prije nego se skija stavlja u prešu, odnosno nanosi se direktno na strukturne slojeve. [19, 56-58]



Slika 3.3. Grafika za gornji sloj skije [57]

### 3.4. Proizvodnja rubnjaka i baze skije

Rubnjaci se proizvode od čelika, najčešće čelika za niske temperature, no nekada i nehrđajućeg čelika. Rubnjaci se najčešće ne proizvode u tvornici koja proizvodi skije, nego se kao gotov proizvod nabavljaju od drugih proizvođača koji obrade čelik prema traženim zahtjevima proizvođača skija te ih isporučuju u tvornice u kojim se skije proizvode i sastavljaju, te ih tamo savijaju prema obliku skije. [26]

Baze se proizvode od PE-UHMW materijala komercijalno zvanog *P-tex* (slika 3.4). Baze za skije se dobivaju ili srašćivanjem ili ekstrudiranjem. Taj postupak je jeftin, ali i baze napravljene ekstrudiranjem ne primaju baš vosak kojim se baze podmazuju, pa se upotrebljavaju za jeftinije verzije skije gdje klizanje nije najvažnije svojstvo skija. Drugi postupak je postupak srašćivanja, gdje se vrlo fini prah pod pritiskom zagrijava pri temperaturi u dugom vremenskom periodu, te proizvod ima oblik „krafne“ koji se zatim reže u trake željene debljine. Takvim postupkom se rade puno kvalitetnije baze koje lakše prihvaćaju veću količinu voska i primjenjuju se na skupljim skijama, no i sam postupak je skuplji od postupka ekstrudiranja. Takve baze se primjenjuju na vrhunskim skijama gdje je zahtjev na klizanje po snježnoj površini vrlo visok. [20, 26]





**Slika 3.4. Traka P-texa [20]**

### **3.5. Sklapanje skija**

Sklapanje skija se još uvijek kod većine najboljih svjetskih proizvođača skija vrši ručno što zahtjeva vrlo kvalitetnu radnu snagu koja je dovoljno mirna i strpljiva da sve slojeve skije sklopi toliko precizno da skija kao gotov proizvod zadovolji sve zahtjeve na kvalitetu i opravda svoju cijenu na tržištu. [19, 56, 57]

Slojevi koji tvore skije se slažu jedan na drugi u kalupu (slika 3.5) koji je vrlo precizno obrađen na CNC stroju, i ima oblik vrlo sličan gotovom proizvodu. Slojevi se u svojem redosljedu oprezno i precizno slažu na i ispod jezgre te se lijepe za jezgru i međusobno epoksidnom smolom. Zatim kalup sa složenim slojevima se stavlja u prešu koja visokom pritiskom silom i povišenom temperaturom (slika 3.6), nešto iznad temperature isparavanja vode, tvori završni kompozitni proizvod od puno slojeva, skiju. Preša se podešava prema različitim parametrima ovisno o vrsti skije, da li je izrađena za uređene terene ili za skijanje izvan terena, kao i o željenoj krutosti i tvrdoći skije, da li je skija napravljena za rekreativno ili natjecateljsko skijanje. Takvim postupkom se osigurava ravnomjerna raspodjela epoksidne smole koja je nanescena ručno, te čvrsti spoj mnogih pojedinačnih elemenata u jedan vrlo kvalitetan završni proizvod. [19, 56, 57]



Slika 3.5. Kalup za skije [57]



Slika 3.6. Preša za skije [57]

### 3.6. Završna obrada

Nakon izlaska skija iz preše vrši se još niz ručnih i automatiziranih postupaka nad skijom da bi se mogla proglasiti gotovim proizvodom. Skija prolazi kroz mnogo postupaka nakon vađenja

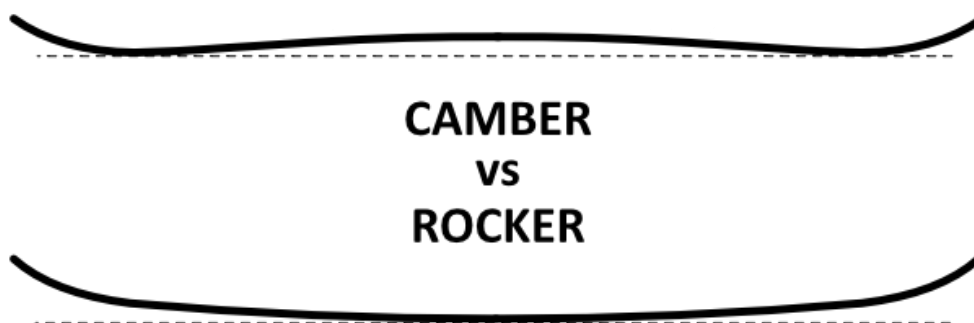


iz preše (slika 3.7), no sigurno među bitnijima su postupak obrade skije mlazom vode kojim se dobiva završni oblik skije i skija se oblikuje na završne dimenzije, te postupak CNC obrade bočnih stijenka skije, koja opet zavisi o vrsti skije, ali daje skiji potrebnu čvrstoću i kompaktnost za dugotrajnu uporabu. Nakon toga skija prolazi mnogo automatiziranih postupaka, od poliranja baze skije i dobivanja strukture baze, preko CNC brušenja i oštrenja rubnjaka, do prolaska skije kroz niz valjaka da bi dobila svoj krajnji oblik, ovisno o željenim svojstvima skije. [19, 56, 57, 59]

Krajnji oblik skije može biti sa sredinom uvijenom prema gore koja ne dodiruje snježnu površinu u neutralnom položaju (e. *Camber*), te suprotno, kada skija u neutralnom položaju dodiruje snježnu površinu (e. *Rocker*) (slika 3.8). Krajnji oblik skije čija površina ne dodiruje snježnu površinu u neutralnom položaju je napravljena za uređene staze, što znači da ima bolju upravljivost, veću stabilnost kroz zavoj i bolju otpornost na vibracije, dok krajnji oblik skije koja u neutralnom položaju dodiruje snježnu površinu je bolja za neuređene terene i skijanje kroz duboki snijeg i nije baš upravljiva i stabilna na uređenim skijaškim terenima. [19, 56, 57, 59]



Slika 3.7. Linija proizvodnje skija nakon izlaska iz preše [56]



Slika 3.8. Krajnji oblik skije [59]

### **3.7. Kontrola kvalitete skija**

Skije se proizvode individualno, svaka posebno, a upotrebljavaju se u paru, tako da se treba svakoj skiji nakon njezinog proizvodnog ciklusa, naći njezin par. Svakoj skiji se mjeri krutost i krajnji oblik te se zatim uparuje sa skijom istih svojstava, odnosno dovoljno sličnih izmjera koje odstupaju jako malo da svaka skija ne bi isporučivala svoja svojstva, nego da bi skije funkcionirale kao par. [19, 57]

Iako se kontrola kvalitete vrši kroz svaki korak proizvodnog postupka, još se jednom na kraju radi zadnja kontrola kvalitete prema normi ISO 9001 za postupak u cjelini da bi proizvođač bio siguran da proizvod ispunjava i najviše zahtjeve na kvalitetu. U završnoj fazi se rubnjaci naulje, baze se premažu voskom, skije se umotaju u PE foliju i spakiraju u kutije te se šalju prema dućanima. Također, skije dobivaju i oznaku norme ISO 14001 prema kojoj je vidljivo da je proizvodnja skija prilagođena najstrožim zahtjevima ekološki prihvatljive proizvodnje. [19, 57, 60, 61]

---

## 4. ZAKLJUČAK

U svim zimskim sportovima, tako i u skijanju, razvitak opreme i materijala od kojih je ta oprema načinjena napreduje iz dana u dan. Brže, više, bolje je u podsvijesti svakog sportaša i natjecatelja, kao i svakog inženjera i znanstvenika koji želi to sportašima omogućiti. Sport i materijali, u zadnje vrijeme pogotovo polimerni, jedno drugome omogućuje razvoj i unapređenje.

Napredovanje i razvitak sporta, tako i samih materijala u zimskim sportovima su omogućili izravni televizijski prijenosi, velika količina novaca koji se slijeva od televizijskih prava i sponzora koji sebe promoviraju kroz sport, ali i samim time pomažu sportašima i sportu kao i industriji koja se bavi proizvodnjom sportske opreme.

Zadnjih godina, uz naravno sportsko nadmetanje i industrijsko nadmetanje čiji će sportaš na njihovom proizvodu biti brži, jači i atraktivniji publici, puno se sredstava ulaže u sigurnost sportaša. Sigurnost sportaša je na prvom mjestu, nažalost, ne uvijek zbog njih samih, nego upravo zbog velike količine novaca koja kola u zimskim sportovima.

Sportska industrija u zimskim sportovima vrlo brzo napreduje, te omogućuje razvitak i sportaša, materijala i tehnologija proizvodnje. Sport izvlači iz industrije ono najbolje, a industrija uzvraća sportu i sportašima tako da im omogućuje da budu najbolji, najbrži i najatraktivniji do sad. Sport i industrija se međusobno guraju naprijed, podižu ljestvicu iz dana u dan na sve višu razinu, te cijelom svijetu omogućuju nove, vrhunske materijale.

---

**LITERATURA**

- [1] *Ice hockey equipment*, [https://en.wikipedia.org/wiki/Ice\\_hockey\\_equipment](https://en.wikipedia.org/wiki/Ice_hockey_equipment), 26.11.2020.
- [2] *Hockey helmet*, [https://en.wikipedia.org/wiki/Hockey\\_helmet](https://en.wikipedia.org/wiki/Hockey_helmet), 26.11.2020
- [3] *Hockey jersey*, [http://en.wikipedia.org/wiki/Hockey\\_jersey](http://en.wikipedia.org/wiki/Hockey_jersey), 26.11.2020.
- [4] *Anatomy of a hockey glove*, 15.05.2020., <https://blog.purehockey.com/equipment-tips-tricks/anatomy-of-a-hockey-glove/>, 26.11.2020.
- [5] Jonland, Einar, Fitzgerald: *Inside ice skating*, 1978., *Ice skates*, <http://www.madehow.com/Volume-2/Ice-Skates.html>, 26.11.2020.
- [6] *Hockey puck*, [http://en.wikipedia.org/wiki/Hockey\\_puck](http://en.wikipedia.org/wiki/Hockey_puck), 26.11.2020.
- [7] *Ice skating*, [https://en.wikipedia.org/wiki/Ice\\_skating](https://en.wikipedia.org/wiki/Ice_skating), 26.11.2020.
- [8] Julia Layton, Kathryn Whitbourne: *How luge works*, 15.02.2006., <http://adventure.howstuffworks.com/outdoor-activities/snow-sports/luge2>, 26.11.2020.
- [9] *FIL extends its contract with uvex until*, <https://www.fil-luge.org/en/news/fil-extends-its-contract-with-uvex-until-2018>, 26.11.2020
- [10] <http://www.usaluge.org/aboutus/rulesandpolicies/brochureseries/2Equipment.pdf>, 26.11.2020.
- [11] *Curling*, <http://en.wikipedia.org/wiki/Curling>, 26.11.2020.
- [12] *History of skiing*, [https://en.wikipedia.org/wiki/History\\_of\\_skiing](https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_skiing), 23.11.2020.
- [13] *Ski*, <https://en.wikipedia.org/wiki/Ski#History>, 23.11.2020.
- [14] Seth Masia: *The first aluminum skis: Ski history vs. Aviation history*, *Head Standard* 26.01.2017, [https://en.wikipedia.org/wiki/Head\\_Standard](https://en.wikipedia.org/wiki/Head_Standard), 23.11.2020.
- [15] Seth Masia: *The evolution of the modern ski shape*, *Elan SCX 2005.*, [https://en.wikipedia.org/wiki/Elan\\_SCX](https://en.wikipedia.org/wiki/Elan_SCX), 23.11.2020.
- [16] Seth Masisa: *Evolution of the ski shape*, 2005., <https://skiinghistory.org/history/evolution-ski-shape/>, 23.11.2020.
- [17] Jack Foersterling: *What's inside your ski?*, 7.09.2017., <https://www.powder.com/stories/inside-your-ski/>, 23.11.2020.
- [18] *The Skinny on ski cores*, <https://www.dpsskis.com/blogs/stories/the-skinny-on-ski-cores>, 23.11.2020.
- [19] Seth Masia: *The ski maintenance and repair handbook*, Contemporary books, 1982., <http://www.madehow.com/Volume-2/Ski.html>, 23.11.2020.

- [20] *Ski construction*, [http://www.mechanicsofsport.com/skiing/equipment/skis/ski\\_construction.html](http://www.mechanicsofsport.com/skiing/equipment/skis/ski_construction.html), 23.11.2020.
- [21] Christa Burkett: *Ski construction: What are skis made of?*, 19.06.2020., <https://snowlink.com/ski-construction/>, 23.11.2020.
- [22] *Ski construction*, <https://www.gearx.com/blog/knowledge/skiing/ski-construction/>, 23.11.2020.
- [23] David Hamburg: *What are skis made of: Ski construction guide*, <https://www.globosurfer.com/what-are-skis-made-of/>, 29.11.2020.
- [24] *Wagner factory tour: Wood cores*, <https://www.wagnerskis.com/blogs/journal/wagner-factory-tour-wood-cores>, 29.11.2020.
- [25] *What you need to know about great ski materials*, <https://www.wagnerskis.com/blogs/journal/need-know-great-ski-materials>, 29.11.2020.
- [26] John Peter: *Ski construction explained: How do materials and manufacturing affect performance?*, 2.10.2018., <https://www.linkedin.com/pulse/ski-construction-explained-how-do-materials-affect-john-peter>, 29.11.2020.
- [27] <https://www.isosport.com/en/categories/isocore>, 29.11.2020.
- [28] [https://www.isosport.com/itrfile/\\_1\\_/cd4997f7eda4b62481c39467115413d6/ISOWOODCORE\\_ISOCORE%20Folder.pdf](https://www.isosport.com/itrfile/_1_/cd4997f7eda4b62481c39467115413d6/ISOWOODCORE_ISOCORE%20Folder.pdf), 29.11.2020.
- [29] Goran Razić: *Fischer RC4 Worldcup SC C-line*, 6.06.2010., <https://www.skijanje.hr/oprema/skije/clanak/fischer-rc4-worldcup-sc-c-line-10-11?id=22018>, 29.11.2020.
- [30] Jared Quilter: *Titanal*, 20.05.2012., <http://www.carvers.it/titanal/>, 29.11.2020.
- [31] [https://www.amag-al4u.com/fileadmin/user\\_upload/amag/Downloads/AluReport/EN/AR-2009-3-EN-AR\\_3\\_09\\_EN\\_Sports.pdf](https://www.amag-al4u.com/fileadmin/user_upload/amag/Downloads/AluReport/EN/AR-2009-3-EN-AR_3_09_EN_Sports.pdf), 29.11.2020.
- [32] *Titanal technology*, <https://www.voelkl.com/en/titanal-technology/>, 29.11.2020.
- [33] *Wagner factory tour: Base materials steel edges*, <https://www.wagnerskis.com/blogs/journal/wagner-factory-tour-base-materials-steel-edges>, 2.12.2020.
- [34] Joel Ives: *Folsom's guide to ski sidewall construction*, 5.05.2020., <https://www.folsomskis.com/folsoms-guide-to-ski-sidewall-construction>, 2.12.2020.
- [35] *Ski bindings*, <http://www.mechanicsofsport.com/skiing/equipment/bindings.html>, 3.12.2020.

- [36] AZoM: *Polymers in ski equipment*, 2.04.2002.,  
<https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=1342>, 3.12.2020.
- [37] *Ski boots*, <http://www.mechanicsofsport.com/skiing/equipment/boots.html>, 3.12.2020.
- [38] Joe Cutts: *Anatomy of a ski boot*, 10.09.2015., <https://www.skimag.com/gear/anatomy-ski-boot>, 3.12.2020.
- [39] *Ski boot glossary*, [http://www.skiboots.com/ski-boot-fitting\\_a/133.htm](http://www.skiboots.com/ski-boot-fitting_a/133.htm), 3.12.2020.
- [40] *Izrada pancerica prema nozi*, <https://mahsport.com/blog-i-novosti/izrada-fischer-pancerica-prema-nozi-14/>, 3.12.2020.
- [41] *Ski poles*, <http://www.mechanicsofsport.com/skiing/equipment/poles.html>, 4.12.2020.
- [42] *Ski helmets*, <http://www.mechanicsofsport.com/skiing/equipment/helmets.html>, 4.12.2020.
- [43] Cat Weakly: *Everything you need to know about buying the ski helmet*, 25.09.2019.,  
<https://www.telegraph.co.uk/travel/ski/gear/Buying-a-ski-helmet-tips-and-advice/>, 4.12.2020.
- [44] *Standards for ski helmets*, <https://www.satra.com/spotlight/article.php?id=429>, 4.12.2020.
- [45] *Ski goggles*, <http://www.mechanicsofsport.com/skiing/equipment/goggles.html>, 5.12.2020.
- [46] Liz DeFranco: *Ski goggles: Which eyewear is best for snow and winter sports?*, 14.01.2017, <https://www.allaboutvision.com/sports/skiing.htm>, 5.12.2020.
- [47] *Tekstil\_1\_6\_2012\_yucel.pdf*, 7.12.2020.
- [48] *Equipment for ski: Ski suits*, <http://equipmentforski.com/skisuits.html>, 7.12.2020.
- [49] *Gore-Tex*, <https://en.wikipedia.org/wiki/Gore-Tex>, 7.12.2020.
- [50] *Što je GORE-TEX®?*, <https://www.musto.hr/cd/8322/gore-tex-tehnologija-materijala-musto-tehnologija-materijala-musto-web-shop>, 7.12.2020.
- [51] Jovan Jarić: *Gore-Tex: dvoslojni ili troslojni?*, 7.12.2015.,  
<http://www.mojaplaneta.net/goretex/>, 7.12.2020.
- [52] Jan Sørup: *How to choose the best back protection for skiing*, 7.12.2018.  
<https://sloperunner.com/how-to-choose-the-best-back-protection-for-skiing/>, 7.12.2020.
- [53] *Back protection: Necessary safety equipment*, <https://www.sport-conrad.com/blog/en/back-protection-necessary-safety-equipment/>, 7.12.2020.
- [54] *Thinsulate*, <https://en.wikipedia.org/wiki/Thinsulate>, 7.12.2020.
- [55] *Learn about ski gloves*, <https://www.freethepowder.com/pages/learn-about-ski-gloves>, 7.12.2020.

- 
- [56] *SnowTrex: Ski production: How skis are made?*, 30.08.2020.,  
<https://www.snowtrex.co.uk/magazine/equipment/how-skis-are-made/>, 23.1.2021.
- [57] *Dissection! Feat. Line Afterbang*, 13.02.2019.,  
<https://grousepark.wordpress.com/2009/02/13/dissection-feat-line-afterbang/>, 23.1.2021.
- [58] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Sitotisak>, 23.1.2021.
- [59] *Ski camber vs. Rocker: A skier's guide*, <https://www.wagnerskis.com/blogs/journal/ski-camber-vs-rocker-skiers-guide>, 23.1.2021.
- [60] *ISO 9001*, [https://hr.wikipedia.org/wiki/ISO\\_9001](https://hr.wikipedia.org/wiki/ISO_9001), 23.1.2021.
- [61] *ISO 14001*, [https://hr.wikipedia.org/wiki/ISO\\_14001](https://hr.wikipedia.org/wiki/ISO_14001), 23.1.2021.