



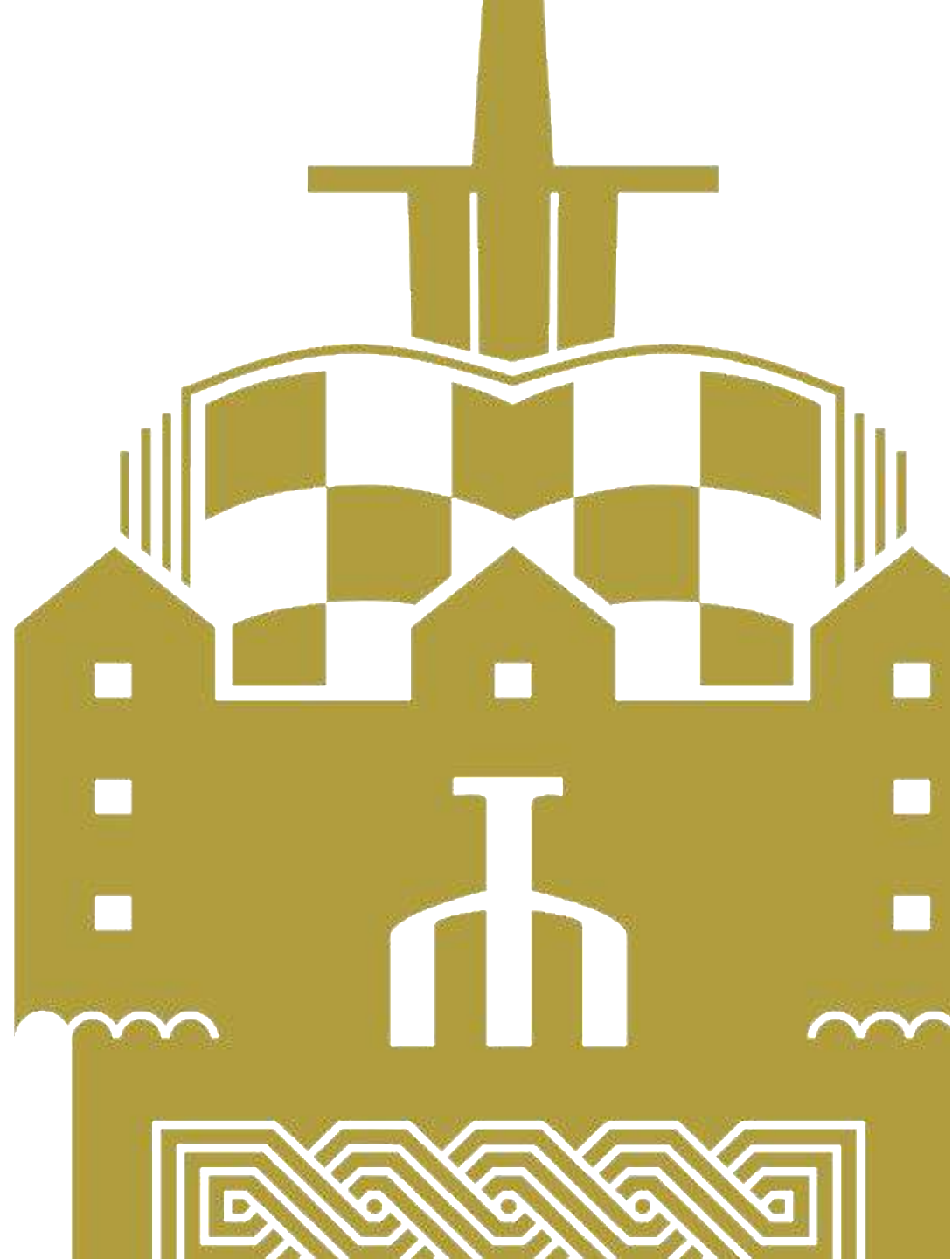
SVEUČILIŠTE
OBRANE I SIGURNOSTI
DR. FRANJO TUĐMAN

Tekstil u industriji obrane i sigurnosti

Jacqueline Domjanić

DAN OTVORENIH VRATA ZNANSTVENO
ISTRAŽIVAČKOG CENTRA ZA TEKSTIL 2026.

Sapere Aude et Agere





SVEUČILIŠTE
OBRANE I SIGURNOSTI
DR. FRANJO TUĐMAN

*Područja primjene
tekstilnih materijala
u vojnom sektoru*



Sapere Aude et

Vojne odore
Funkcionalno rublje
Termozaštitna i
vatrootporna
odjeća

Kacige
Rukavice
Balistički prsluci
Obuća
Zaštitne maske

Padobrani
Ruksaci
Modularni sustavi
za nošenje opreme
Vreće za spavanje

Šatori
Cerade
Tekstilne pregrade
Maskirne
konstrukcije

Odjeća



Osobna
zaštita



Oprema



Infrastruktur
a



Zajednički zahtjev **Zaštitna funkcija mora ostati usklađena s masom, pokretljivošću, udobnošću i uvjetima uporabe.**



Oprema i infrastruktura od tekstila

Nosivi sustavi – ruksaci, nosači tereta, futrole i tekstilni dijelovi koji raspodjeljuju opterećenje

Zračni i logistički sustavi – padobrani, užad, vezivne trake, sustavi za spuštanje tereta
traži se predvidivo ponašanje pod opterećenjem

Privremena infrastruktura – šatori, skloništa, prekrivala, cerade, modularne tekstilne konstrukcije



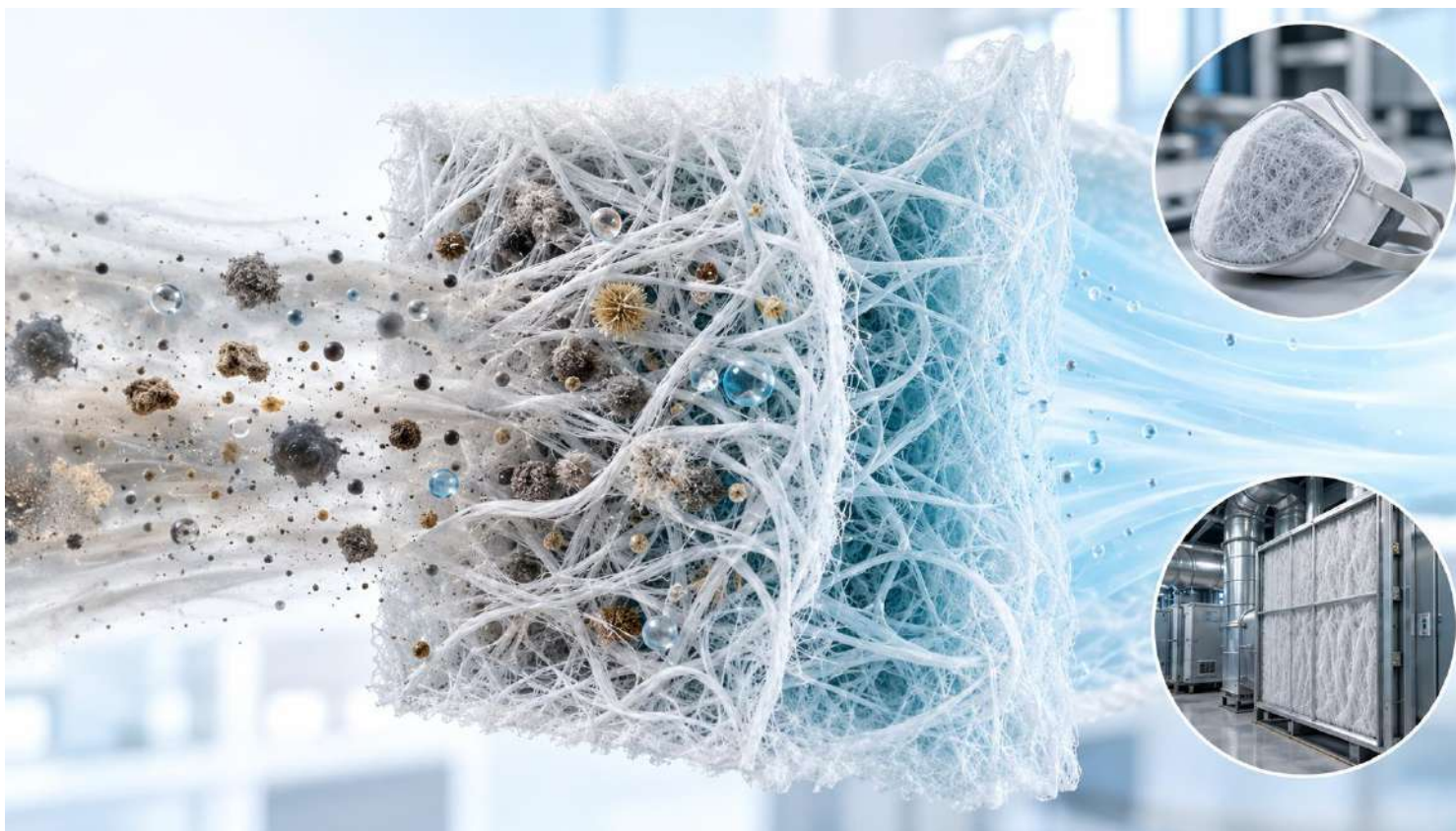
Oprema mora zadržati funkciju nakon savijanja, habanja, vlage, UV izlaganja, prljanja i ponovljene uporabe.



SVEUČILIŠTE
OBRANE I SIGURNOSTI
DR. FRANJO TUĐMAN

Sapere Aude et Agere

Filtracija: tekstil kao porozna barijera



KAKO DJELUJE

Mreža vlakana propušta zrak ili tekućinu kroz pore, dok se dio čestica zadržava na vlaknima i u dubini filtarskog sloja.

ŠTO SE PROVJERAVA

Gušći sloj može povećati zadržavanje čestica, ali istodobno može povećati otpor disanju, potrebna je usklađenost s namjenom filtra.

GDJE SE PRIMJENJUJE U OBRAMBENOM I SIGURNOSNOM PODRUČJU

Zaštitne maske i respiratori, filtri ventilacijskih sustava u vozilima te filtarski materijali za pročišćavanje vode i drugih tekućina.



SVEUČILIŠTE
OBRANE I SIGURNOSTI
DR. FRANJO TUĐMAN

Sapere Aude et Agere

Medicinski tekstil u zbrinjavanju ozlijeđenog vojnika



NA MJESTU OZLJEDE

Obična ili hemostatska gaza može se postaviti u ranu, a kompresivni zavoj održava pritisak kada podvez nije primjenjiv.

TIJEKOM EVAKUACIJE

Zavoji i obloge štite ranu, upijaju tekućinu i ostaju dio zbrinjavanja do dolaska u višu razinu medicinske skrbi.

TERENSKA ZDRAVSTVENA SKRB

Gaze, obloge, kirurške komprese te barijerni tekstili primjenjuju se i u terenskim medicinskim ustanovama.



SVEUČILIŠTE
OBRANE I SIGURNOSTI
DR. FRANJO TUĐMAN

Sapere Aude et Agere

Maskirni tekstili: izgled ovisi o području promatranja

HRVATSKI ISTRAŽIVAČKI PRIMJER

Jana Žiljak Vujić, Marko Zečević i Vilko Žiljak istražili su ‘boje blizance’ za vojnu odoru: vizualno slične tonove s različitim odzivom u bliskom infracrvenom području.

JEDNAK DOJAM BOJE U VIDLJIVOM PODRUČJU

V i Z bojila oblikuju parove vrlo sličnog tona, pa se otisnute grafike golim okom teško razlikuju.

RAZLIČIT ODAZIV U BLISKOM INFRACRVENOM PODRUČJU

Blizanci bojila razlikuju se prema apsorpciji NIR zračenja. Pri 1000 nm Z-IR kamera otkriva informaciju skrivenu u maskirnom uzorku.

VOJNA PRIMJENA

Kodirana oznaka ili tekst može se koristiti za identifikaciju prijateljskog vojnika (korištenjem NIR zračenja)



Skupine tekstilnih materijala u vojnoj primjeni

Prirodna i celulozna vlakna – pamuk i vuna za udobnost, upijanje vlage i toplinsku izolaciju

Sintetska vlakna – poliamid i poliester za čvrstoću, trajnost, lagani su, brzo se suše i otporni su

Visokoučinkovita vlakna – para-aramidi, PBO (Polibenzoksazol) i TLCP (Termotropni tekući kristalni polimer) i polietilen ultravisoke molekularne mase (UHMWPE) koriste se u naprednoj balističkoj zaštiti

Anorganska vlakna – staklena, bazaltna i ugljična vlakna za krute kompozite, panele i strukturna ojačanja

Izbor ovisi o traženoj funkciji i kompromisa između mase, temperature, trajnosti i troška.



SVEUČILIŠTE
OBRANE I SIGURNOSTI
DR. FRANJO TUĐMAN

Sapere Aude et Agere

Tekstilne strukture i njihova uloga

TKANE STRUKTURE -> stabilnost, kontrolirana gustoća, otpornost na habanje i raspodjela opterećenja

PLETENE STRUKTURE - > rastezljivost, prilagodljivost tijelu, udobnost i sloboda pokreta

NETKANI MATERIJALI - > filtracija, toplinska izolacija, apsorpcija i višeslojni balistički paketi

JEDNOSMJERNI I 3D SLOJEVI - > usmjeravanje vlakana prema opterećenju, laminati, predforme i kompozitna ojačanja

**Struktura određuje kako vlakna preuzimaju opterećenje, propuštaju zrak i vlagu
te kako se materijal oblikuje u proizvod.**



SVEUČILIŠTE
OBRANE I SIGURNOSTI
DR. FRANJO TUĐMAN

Sapere Aude et Agere

Tekstilni materijali na tijelu korisnika



OSNOVNI SLOJ

Poliestersko pletivo odvodi vlagu od kože i brzo se suši

SREDNJI SLOJ

Voluminozne ili flisne strukture zadržavaju zrak i smanjuju gubitak topline

VANJSKI SLOJ

Trajna tkanina štiti od vremena i može imati maskirnu funkciju.

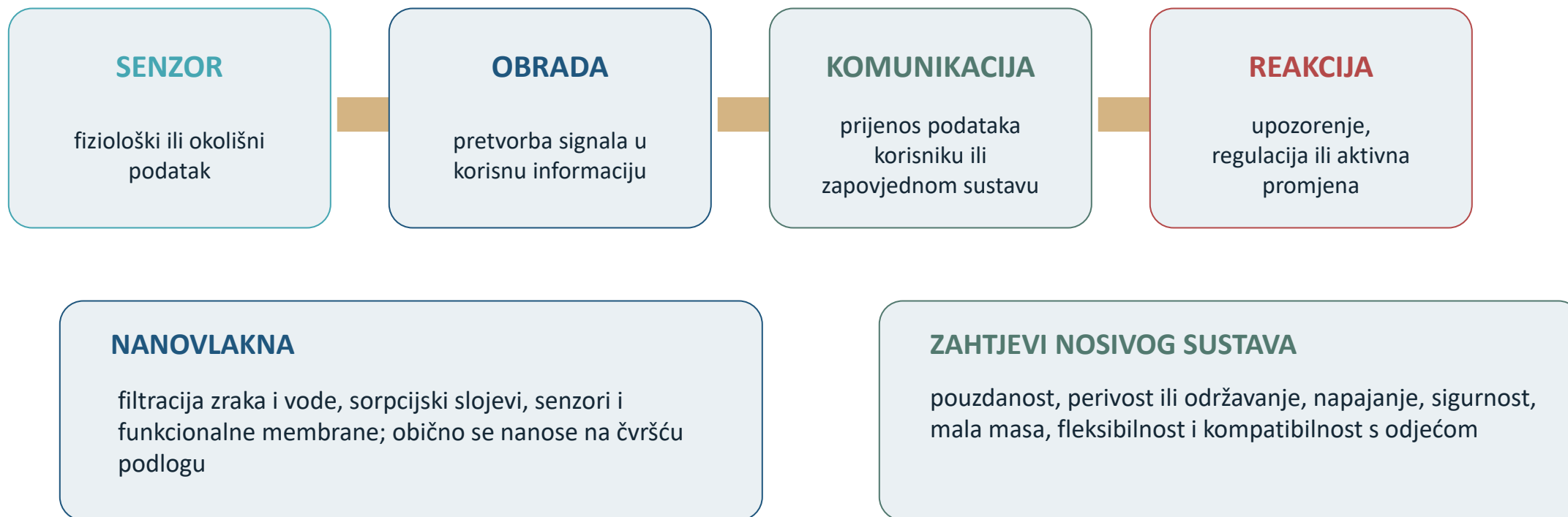
ZAŠTITNI SLOJ

Balistički, toplinski ili kemijski zaštitni sloj dodaje se prema prijetnji.

Slojevi djeluju kao cjelina: zaštita, termoregulacija i pokretljivost ovise o njihovoj kombinaciji.



Inteligentni i nanovlaknasti tekstili



Nova funkcija vrijedi samo ako ostaje uporabiva tijekom nošenja, održavanja i rada u zahtjevnom okolišu.



SVEUČILIŠTE
OBRANE I SIGURNOSTI
DR. FRANJO TUĐMAN

Sapere Aude et Agere

Vlaknima ojačani kompoziti

TEKSTILNO OJAČANJE

Vlakna i vlaknasti slojevi = ojačanje
polimerna matrica
međupovršina vlakno–matrica



GOTOV KOMPOZIT

Balistički zaštitni paneli
unutarnje protufragmentacijske obloge
pojedini laki konstrukcijski dijelovi
paneli vozila





SVEUČILIŠTE
OBRANE I SIGURNOSTI
DR. FRANJO TUĐMAN

Sapere Aude et Agere

Vlaknima ojačani kompoziti



BALISTIČKA ZAŠTITA

aramidna ili polietilen ultravisoke molekularne mase ojačanja u kacigama i zaštitnim pločama

STRUKTURNI DIJELOVI

staklena ili ugljična vlakna u panelima, kućištima i dijelovima vozila

PRIMJENA

balističke kacige, krutim balističkim pločama za zaštitne prsluke, balistički štitovi i dr.

Kompozit više nije tekstil u uobičajenom smislu, ali tekstilno ojačanje određuje velik dio njegove nosivosti i otpornosti.

Aramidi: različita struktura, različita zadaća

PARA-ARAMID – BALISTIČKA ZAŠTITA

visoka specifična čvrstoća; vlakna, tkanine i laminati koriste se u mekim balističkim paketima, kompozitnim kacigama i oklopnim pločama. Slojevi raspodjeljuju i apsorbiraju energiju udara. (*Kevlar* je komercijalni para-aramid)

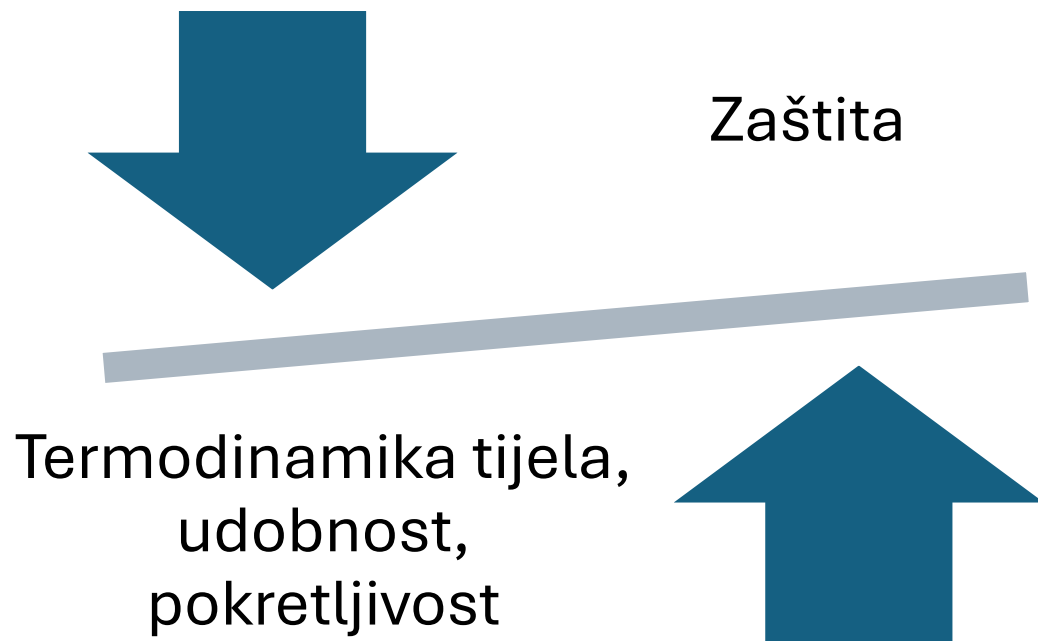
META-ARAMID – TOPLINA I PLAMEN

vlakno namijenjeno zaštitnoj odjeći izloženoj toplini i plamenu. U odjeći se često kombiniraju s drugim vlaknima kako bi se postigla potrebna mehanička svojstva, antistatičko ponašanje ili trajnost. (*Nomex* je komercijalni meta-aramid)

Aramid je naziv skupine aromatskih poliamidnih vlakana
zaštitna sposobnost pripada provjerenoj konstrukciji proizvoda,
a ne samom nazivu vlakna.



Ravnoteža između zaštite i pokretljivosti



Višeslojni sustavi povećavaju zaštitu, ali mogu otežati prijenos topline i isparavanje znoja.

Toplinsko opterećenje može smanjiti radnu sposobnost i sigurnost korisnika.

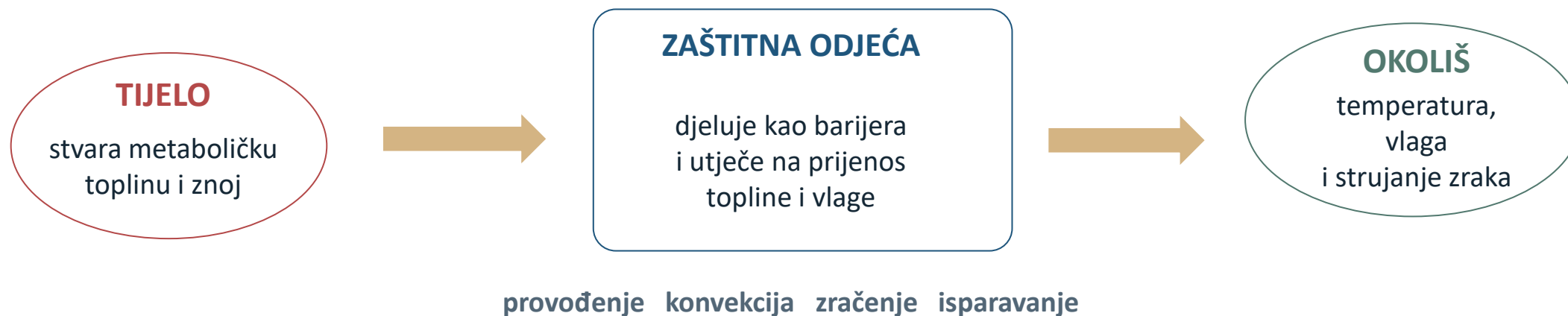
Ispitivanje mora obuhvatiti materijal, cijeli odjevni sustav i ponašanje u uvjetima uporabe.



SVEUČILIŠTE
OBRANE I SIGURNOSTI
DR. FRANJO TUĐMAN

Sapere Aude et Agere

Termoregulacija tijekom nošenja zaštitne odjeće



Kada višeslojna ili slabo propusna konstrukcija uspori prijenos:

porast tjelesne
temperature

obilnije
znojenje

umor i veće
opterećenje

slabija radna
sposobnost

Cilj je održati toplinsku ravnotežu uz potrebnu razinu zaštite.



SVEUČILIŠTE
OBRANE I SIGURNOSTI
DR. FRANJO TUĐMAN

Sapere Aude et Agere

Osobna zaštitna oprema

GLAVA

balistička kaciga, zaštita
lica i sluha

EKSTREMITETI

rukavice, štitnici i zaštitna
obuća

KORISNIK

TRUP

meki balistički paket, tvrde ploče i
zaštitni prsluk

DIŠNI ORGANI

maske, filtri i zaštita od čestica ili
opasnih tvari

**Zahtjevi: zaštitna pokrivenost, ograničena masa, dobro pristajanje,
kompatibilnost opreme i očuvana pokretljivost**



SVEUČILIŠTE
OBRANE I SIGURNOSTI
DR. FRANJO TUĐMAN

Sapere Aude et Agere

Balistički tekstil



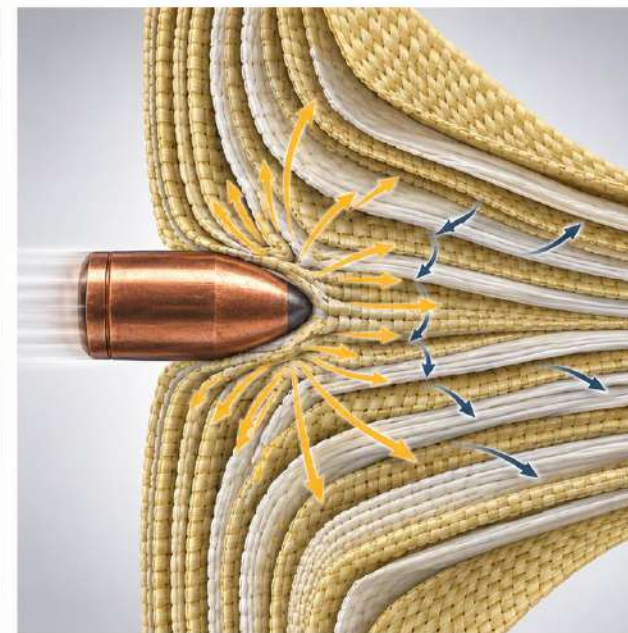
BALISTIČKA VLAKNA I TKANINA

Para-aramidne tkanine i UHMWPE jednosmjerni slojevi daju visoku čvrstoću uz malu masu.



SLAGANJE VIŠESLOJNOG BALISTIČKOG PAKETA

Slojevi se kroje i slažu prema zaštitnoj zoni. Povezivanje ne smije nepotrebno ograničiti vlakna.



ŠIRENJE OPTEREĆENJA KROZ SLOJEVE PRI UDARU PROJEKTILA

Vlakna se istežu i prenose opterećenje na šire područje. Provjeravaju se proboj i deformacija prema tijelu.

Zaštitnu sposobnost potvrđuje ispitivanje gotovog proizvoda prema definiranoj prijetnji.



SVEUČILIŠTE
OBRANE I SIGURNOSTI
DR. FRANJO TUĐMAN

Sapere Aude et Agere

Zajednički zahtjevi u uporabi

ZAŠTITNA FUNKCIJA - učinkovitost prema definiranoj opasnosti

UDOBNOST - toplinska ravnoteža, upravljanje vlagom i kontakt s kožom

ERGONOMIJA - pristajanje, veličine, pokretljivost i prihvatljiva masa

TRAJNOST - habanje, održavanje, starenje i uvjeti okoliša

KOMPATIBILNOST OPREME - pojedinačni dijelovi moraju djelovati kao cjelina

*(kaciga, maska, prsluk, ruksak, rukavice i obuća ne
smiju međusobno ometati)*

ISO 13688 navodi opće zahtjeve za ergonomiju, neškodljivost, označavanje veličina, starenje, kompatibilnost, označavanje proizvoda i informacije proizvođača.

Zaštita od topline i plamena

IZVOR TOPLINE

plamen, zračenje,
vruća površina ili
kratkotrajni toplinski
tok

MATERIJAL

vlakno otporno na
toplinu, obrada za
ograničeno širenje
plamena i toplinska
izolacija

ODJEVNI SUSTAV

više slojeva, zračni
međuprostori,
šavovi i preklapanja

KORISNIK

ograničenje
prijenosa topline
bez neprihvatljivog
toplinskog
opterećenja

ISO 11612 definira zahtjeve za odjeću od fleksibilnih materijala koja štiti tijelo od topline i plamena.

ISO 14116 odnosi se na ograničeno širenje plamena materijala, sklopova i odjeće.



SVEUČILIŠTE
OBRANE I SIGURNOSTI
DR. FRANJO TUĐMAN

Sapere Aude et Agere

Kemijska i biološka zaštita

NEPROPUSNA BARIJERA

ograničava prodor
tekućina i plinova,
ali obično smanjuje
prolaz vodene pare

SORPCIJSKI SLOJ

veže ili zadržava
određene kemijske
tvari, često unutar
višeslojnog sklopa

FILTRACIJSKI SLOJ

zadržava čestice i
aerosole uz
kontrolirani otpor
prolazu zraka

BIOLOŠKA ZAŠTITA

ograničava prolaz
tekućina i
mikroorganizama
prema definiranoj
prijetnji

Materijal – šavovi i spojevi – preklapanje – funkcionalnost – pravila uporaba

Zaštitna sposobnost ovisi o najslabijem dijelu cijelog sustava

Hrvatski proizvođači vojnog tekstila i opreme

ČATEKS

tkanine posebne namjene za vojne i policijske odore, uključujući maskirne i zaštitne materijale

KROKO

borbene odore, odjeća za zaštitu od vremena, CBRN odijela te taktička i zaštitna oprema

GALEB

rublje, trikotaža i funkcionalno donje rublje; dokumentirana opskrba Hrvatske vojske

ŠESTAN-BUSCH

balističke kacige od aramidnih ili UHMWPE kompozita i druga osobna zaštitna oprema

BOROVO

vojna i zaštitna obuća; MORH je dokumentirao isporuku ljetnih i zimskih vojnih čizama

Rheinmetall Unmanned Vehicles, (DOK-ING), razvija i proizvodi daljinski upravljane i sustave za razminiranje i vojno-inženjerijske zadaće.

Domaći lanac obuhvaća tkaninu, odjeću, osnovne slojeve, obuću i kompozitnu osobnu zaštitu.

Zaključak

PODRUČJE PRIMJENE - Tekstil se koristi u odjeći, osobnoj zaštiti, opremi, infrastrukturi i kompozitnim sustavima.

MATERIJAL I STRUKTURA - Funkcija nastaje kombiniranjem vlakna, tekstilne strukture, završne obrade i konstrukcije proizvoda.

ZAHTJEVI U UPORABI - Zaštitna sposobnost mora se uskladiti s masom, termoregulacijom, pokretljivošću, trajnošću i održavanjem.

PROVJERA - Svojstvo materijala treba potvrditi na cijelom proizvodu i u uvjetima koji predstavljaju stvarnu uporabu.

Hvala na pozornosti!

ZA SIGURNIJU SADAŠNJOST
I OTPORNIJU BUDUČNOST

