

KATEDRA ZA
MENEĐMENT
OBDELOVALNIH
TEHNOLOGIJ

Univerza v Ljubljani
Fakulteta *za strojništvo*



Katedra za strojne elemente
in razvojna vrednotenja

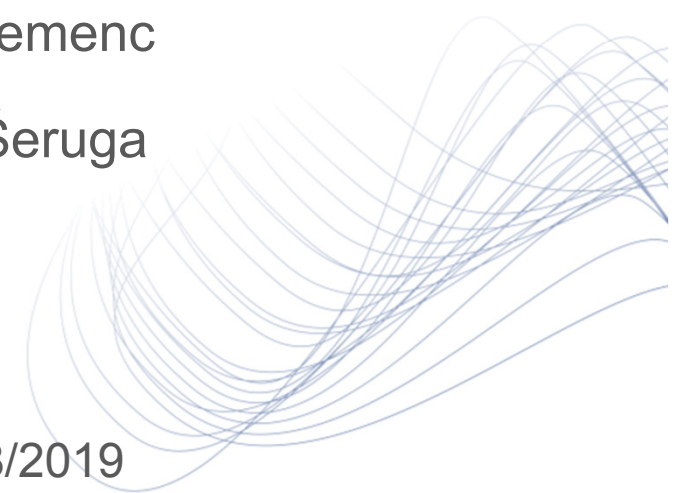
PROIZVODNI PROCESI

Materiali in tehnološki procesi

prof. dr. Jernej Klemenc

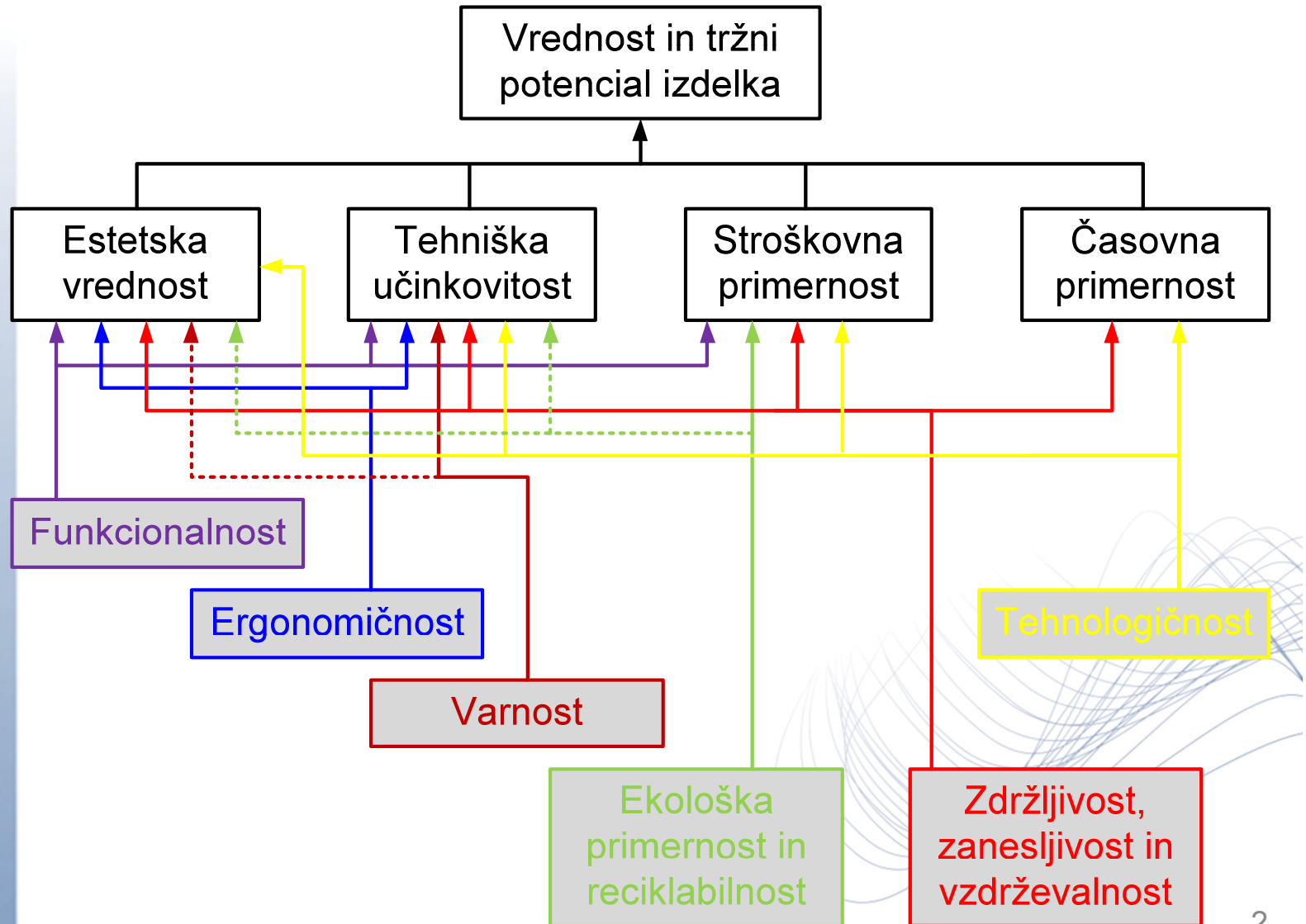
doc. dr. Domen Šeruga

Študijsko leto 2018/2019



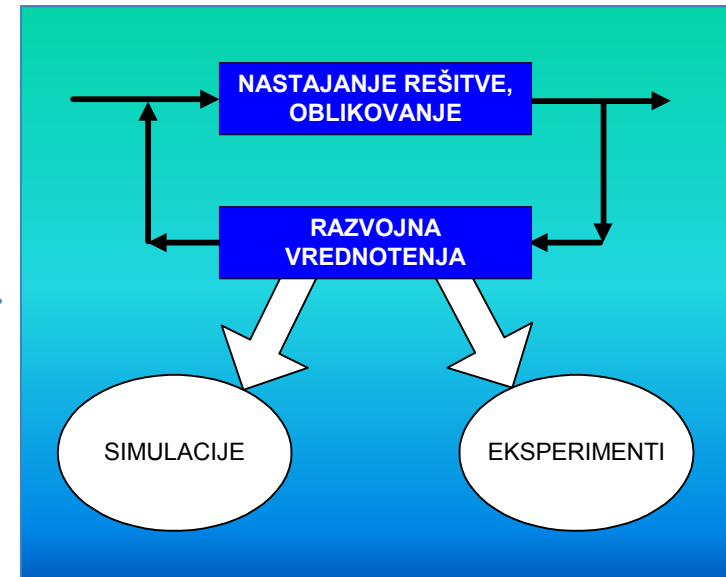
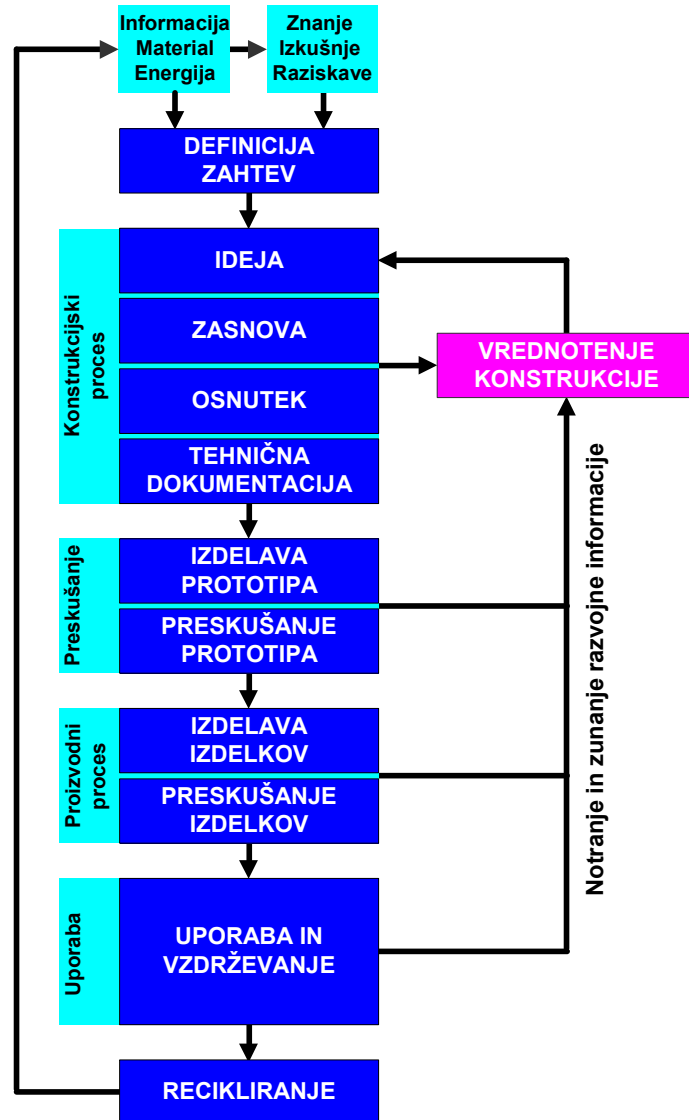


Vrednost in tržni potencial izdelka





Vloga oblikovanja v razvojnem procesu

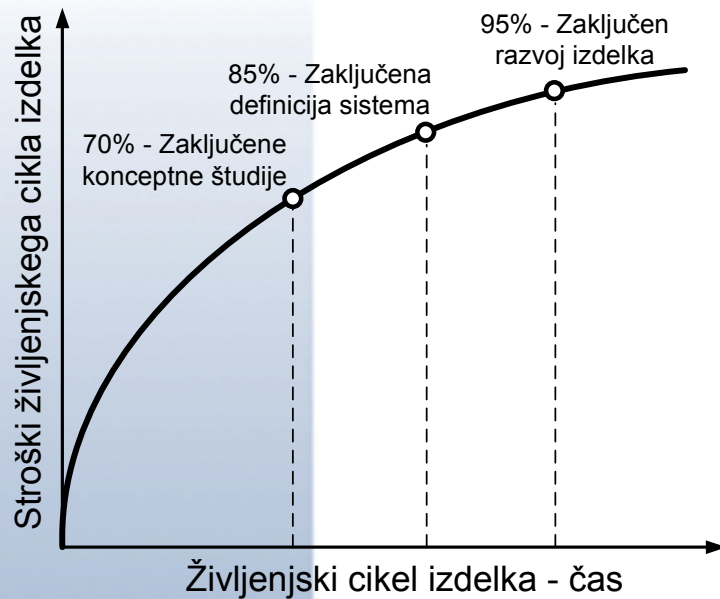


Izdelek je definiran z:

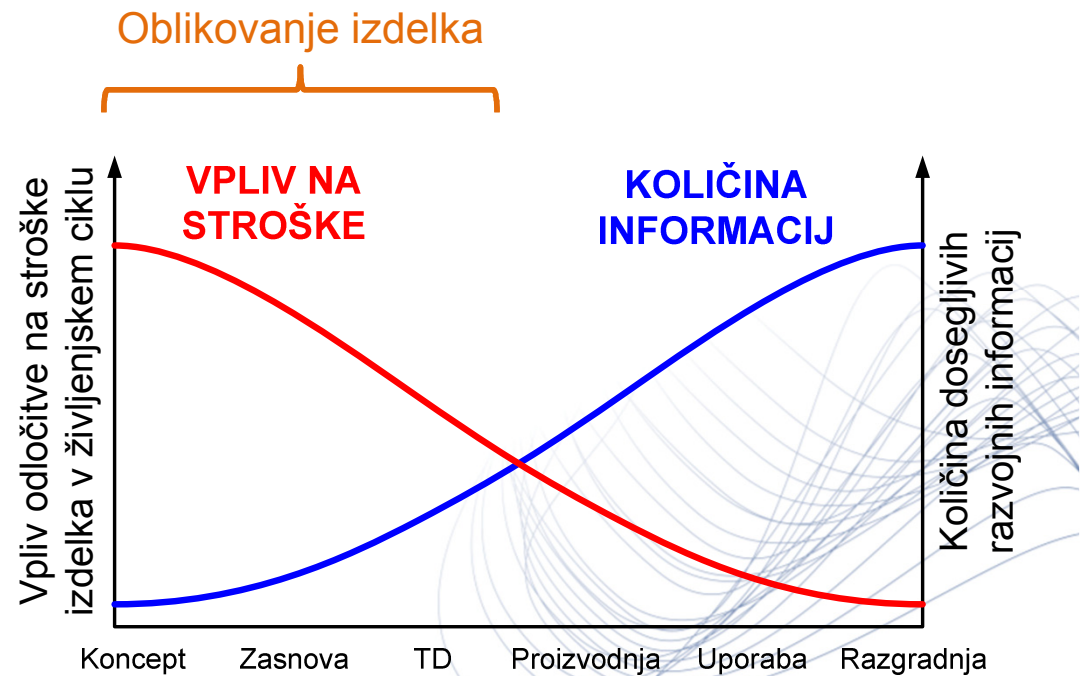
- geometrijo;
- izborom materialov;
- načinom proizvodnje;
- načinom montaže.



Vloga oblikovanja v razvojnem procesu

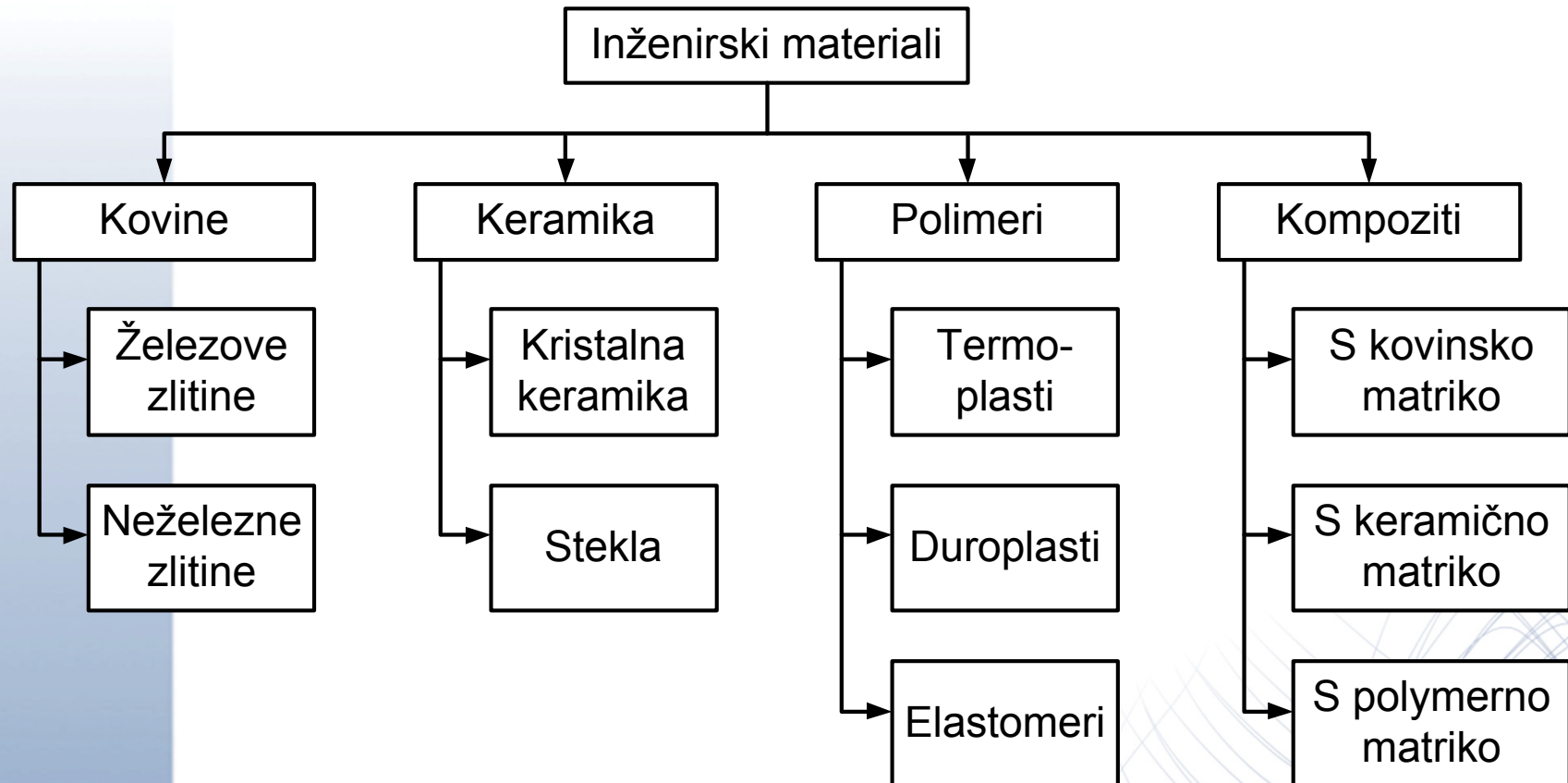


Oblikovanje izdelka





Inženirski materiali





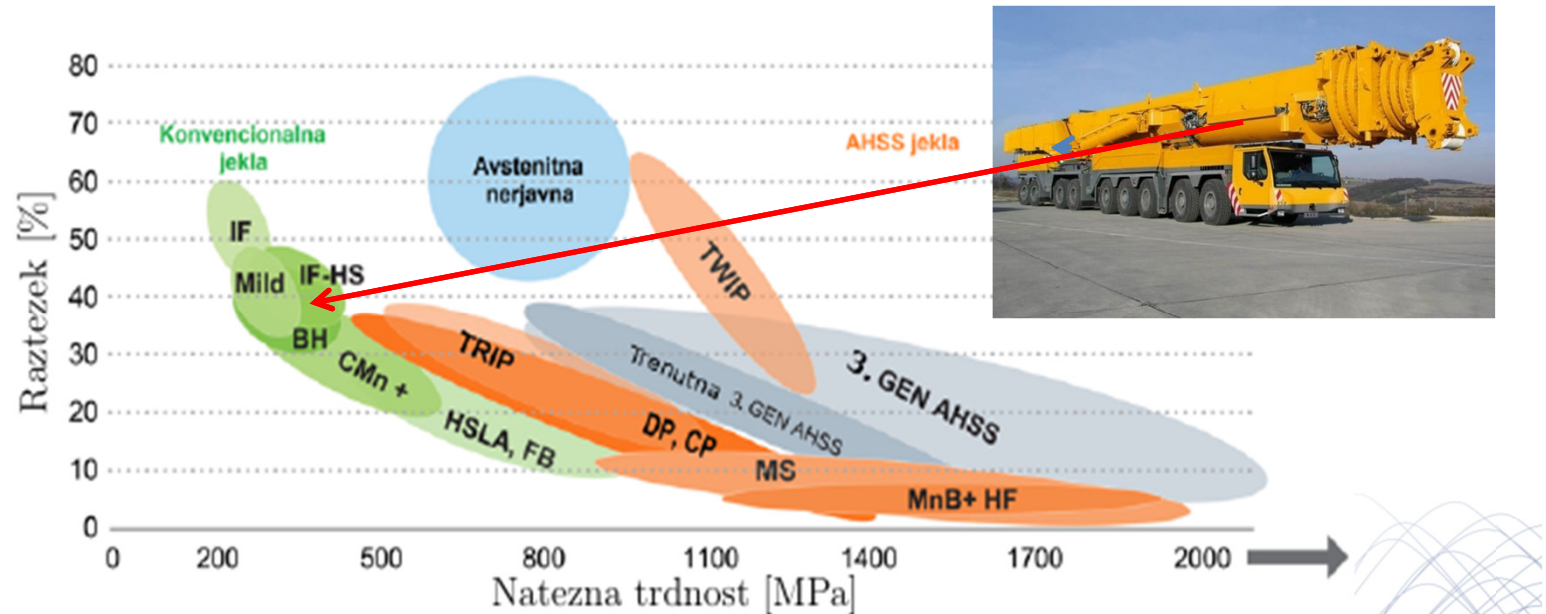
Inženirski materiali - kovine

- Najpogosteje uporabljan material za nosilne konstrukcije so zlitine na osnovi železa.
- Neželezne kovine so aluminij, baker, svinec, cink, magnezij, titan, srebro, zlato itn.
- Pravzaprav so vsi kovinski inženirski materiali navadno v obliki zlitin.
- Kovinska zlitina je material, kjer prevladuje en kemijski element, ostali elementi pa so zastopani v manjšem deležu. Četudi je masni delež ostalih elementov v zlitini zelo majhen, lahko bistveno vplivajo na lastnosti zlitin.
- Jeklo je primer zlitine železa, ogljika in drugih legirnih elementov (krom, molibden, mangan, cink, nikelj itn.)
- Bron je primer zlitine bakra (cca. 80%) in kositra (cca. 20%).
- Kemična sestava zlitine direktno definira njene materialne lastnosti in njeno obdelovalnost.



Inženirski materiali - kovine

- Primer diagrama trdnosti in obdelovalne sposobnosti (ki je odvisna od raztezka pri porušitvi) za jeklene zlitine:



- Jekla z visoko natezno trdnostjo so primerna za gradnjo lahkih nosilnih elementov.
- Visoka natezna trdnost je pogosto povezana z nizkim raztezkom pri porušitvi, kar predstavlja resno omejitev za preoblikovanje teh jekel.



Inženirski materiali - keramika

- Keramika je definirana kot zmes kovin (ali polkovin) in nekovinskih materialov.
- Tradicionalni gradniki keramike so:
 - glina: tip keramike terakota;
 - silicij: osnova za vse steklene materiale;
 - kovine v zmesi z ogljikom: karbidna keramika;
 - kovine v zmesi z dušikom: nitridna keramika.
- V večini primerov je keramika v kristalni obliki, stekla pa so večinoma v amorfem stanju. Izjema je kristalno steklo.
- Fizikalna oblika keramike direktno vpliva na način njene obdelave.





Inženirski materiali - polimeri

- V kemijskem smislu so polimeri makromolekule, ki so veriga med seboj kemično povezanih osnovnih gradnikov - monomerov.
- Polimeri so spojine ogljika z vodikom, dušikom, kisikom, in/ali klorom. Vsi plastični materiali so polimeri.
- Ime polimera izhaja iz osnovnega gradnika. Način polimerizacije (tvorjenja makromolekul iz osnovnih gradnikov) definira vrsto polimerov.
- Termoplasti (npr. polietilen, polistiren, najlon, polivinilklorid itn.) so polimeri, ki so najbolj primerni za recikliranje. Lahko jih večkrat stalimo in nato strdimo, brez bistvenega vpliva na njihove materialne lastnosti. Končno obliko (pol)izdelkov iz termoplastov dobimo z ohlajanjem taline.
- Duroplasti (npr. fenolne, epoksi ali aminske smole) so sicer neprimerni za recikliranje, vendar je njihova trdnost praviloma višja od termoplastov. Končno obliko (pol)izdelkov iz duroplastov dobimo tako, da predhodno segreto matriko ohladimo v trdno stanje



Inženirski materiali - polimeri

- Elastomeri so polimeri, ki izkazujejo hiper-elastične lastnosti. Primeri elastomerov so naravna guma, silikonska guma, neopren in poliuretani.
- Z dodajanjem ojačitvenih vlaken (steklena, karbonska, aramidna, kevlarska vlakna) različnih dolžin (od nekaj desetink mm do nekaj metrov) v polimerno matriko je mogoče znatno izboljšati trdnostne lastnosti v osnovi mehkih in ne preveč trdnih polimerov.





Inženirski materiali - kompoziti

- Kompozitni materiali so tipično mešanica dveh ali več osnovnih materialov, ki imajo značilno različne materialne lastnosti.
- Tipična oblika kompozita je mešanica materiala z dobrimi trdnostnimi lastnostmi (ojačitvena vlakna, armatura) in osnovnega materiala. Osnovni material deluje kot matrika, v kateri je vsebovan material, ki izboljša trdnostne lastnosti kompozita.
- Primeri kompozitov:
 - armirani beton: beton je matrika, gradbeno jeklo je armatura;
 - kompozit s karbonskimi vlakni: duroplast epoksi smola je matrika, karbon je v obliki zelo dolgih ojačitvenih vlaken ali celo tkanine;
 - PA66-GF30: termoplast poliamid 66 je matrika, kratka steklena vlakna so ojačitve.
- Sestava kompozita direktno določa njegove mehanske in obdelovalne lastnosti. Sestava kompozita največkrat sledi iz funkcije izdelka: lahka gradnja, ciljno prevzemanje obremenitev itn.

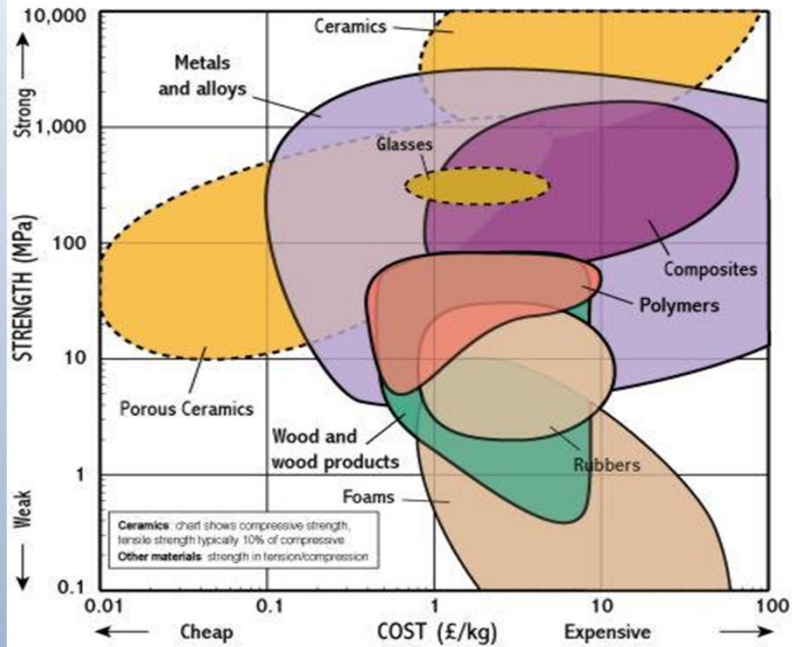


Inženirski materiali - kompoziti



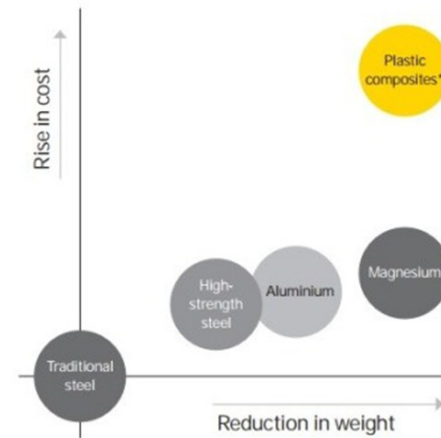


Inženirski materiali – stroškovna primerjava



Vir: www.youngengineers.wales

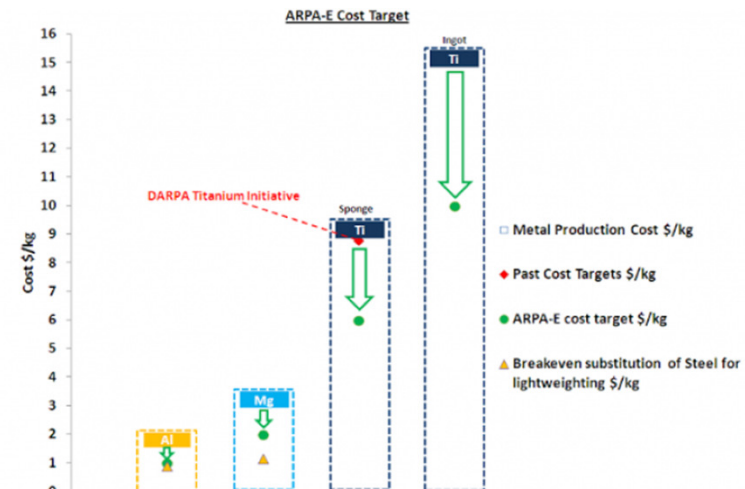
Comparison of traditional steel with alternate materials



*Plastic composites include fiber reinforced plastics, thermoplastic, etc.
Source: US Department of Energy, Vehicle Technologies Program: Frost & Sullivan

Steel vs Aluminium		
Cost	Steel	Aluminium
Raw material costs	●	●●● 3 times more
Conversion costs	●	●● 2 times more
Assembly costs	●	●●● 20% to 30% more
Total costs	●	●●●● 60% to 80% more

JSW

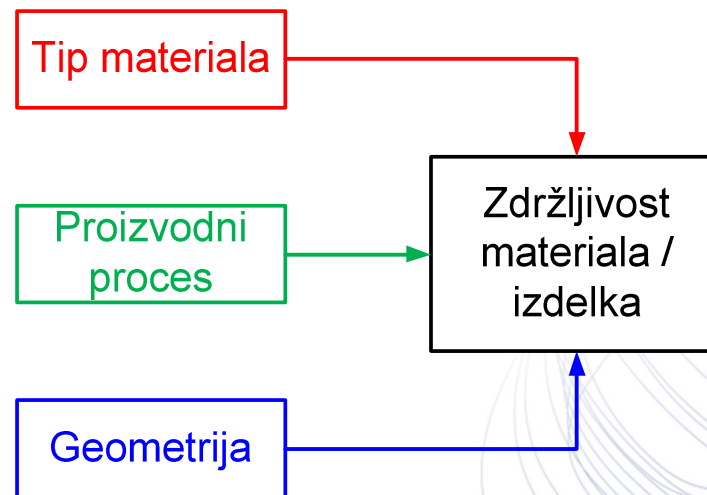


Vir: www.NextBigFuture.com



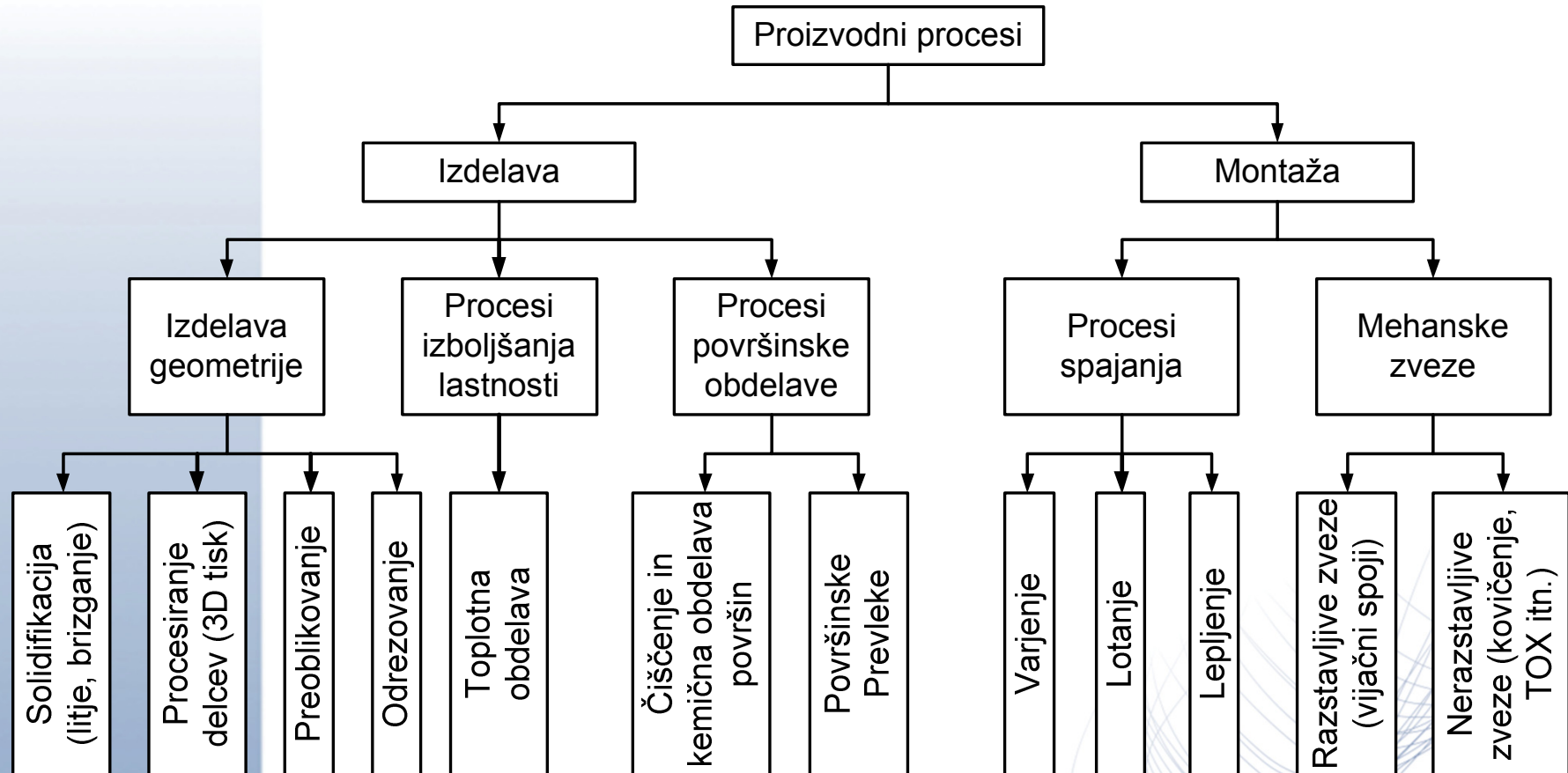
Inženirski materiali in proizvodni procesi

- Vsak inženirski tip materiala ima tudi podskupine.
- Podskupine materialov so pogosto povezane s proizvodno tehnologijo.
- Šele presek geometrije, inženirskega materiala ter uporabljene proizvodne in/ali montažne tehnologije definira funkcionalne in mehanske lastnosti materiala.





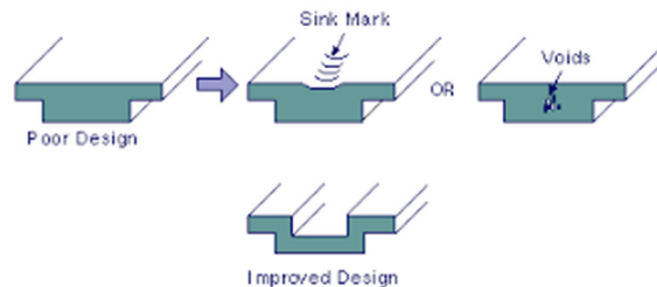
Proizvodni procesi



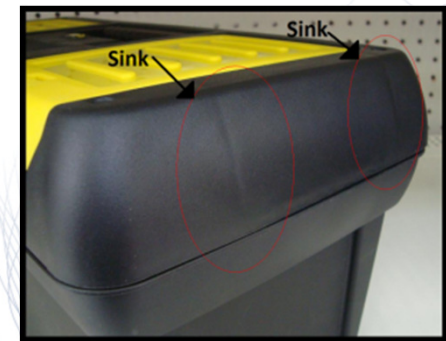


Proizvodni procesi in vpliv na izdelek

- Primer 01 – Izdelki iz brizgane plastike:
 - Zaradi izrazite stroškovne učinkovitosti je brizgana plastika priljubljena pri izdelavi manj zahtevnih velikoserijskih izdelkov.
 - Tehnologija brizganja plastike zahteva sorazmerno tanke stene (debelina sten med 1 in 3 mm).
 - Velike proste površine so zato pogosto podprte z rebri.
 - Rebra zmanjšajo estetsko vrednost izdelka zaradi posedanja (ang. „sink marks“) po ohladitvi in strjevanju.



Vir: dc.engr.scu.edu



Vir: Beaumont technologies



Proizvodni procesi in vpliv na izdelek

- Primer 02 – Uliti kovinski izdelki:
 - S postopkom ulivanja lahko dosežemo skoraj poljubne oblike izdelkov z različnimi (tudi zahtevnimi) površinskimi reliefi.
 - Za lažje litje kovin (npr. železa ali aluminija) se kovinskim zlitinam pogosto dodaja legirni element Silicij (Si).
 - Silicij kot legirni element izrazito povečuje krhkost kovinskih zlitin. Posledično imajo konstrukcijski elementi debelejša stena kot primerljivi elementi, ki bi bili izdelani s postopki preoblikovanja.



Vir: www.zagozen.si

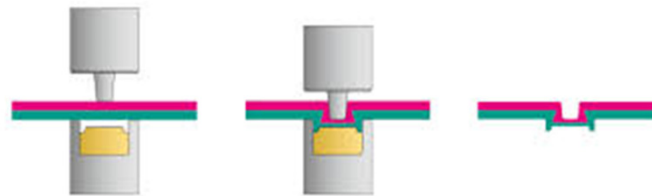


Vir: www.kamnik.si



Proizvodni procesi in vpliv na izdelek

- Primer 03 – Preoblikovana in spajana pločevina:
 - Lahko gradnjo pri stroškovno in oblikovno zahtevnih velikoserijskih izdelkih s poudarjeno funkcijo nosilnosti najlaže dosežemo s preoblikovanjem pločevine.
 - Preoblikovanje vnese v material zaostale napetosti, ki bistveno spremenijo njegovo zdržljivost.
 - Preoblikovano pločevino največkrat spajamo z varjenjem, lotanjem ali kovičenjem.
 - Tudi postopki spajanja lahko povzročijo zaostale napetosti in/ali geometrijske nelinearnosti, ki vplivajo na zdržljivost.



Vir: TOX® Pressotechnik



Vir: www.tox-au.com



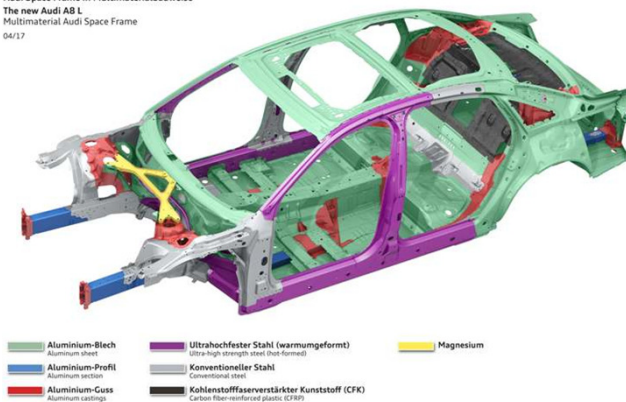
Proizvodni procesi in vpliv na izdelek

- Primer 03 – nadaljevanje (Audi A8):



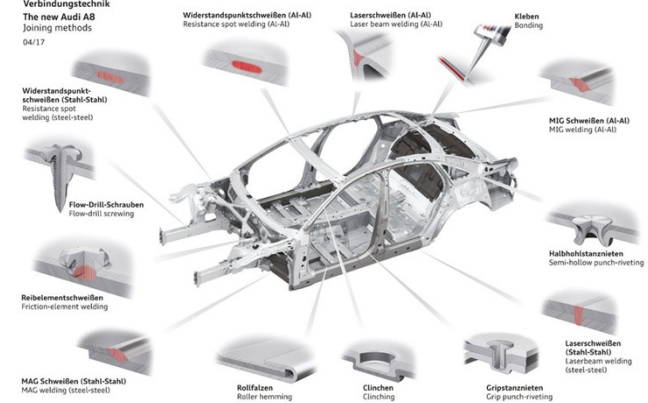
Vir: www.carmagazine.co.uk

Der neue Audi A8 L
Audi Space Frame in Multimaterialbauweise
The new Audi A8 L
Multimaterial Audi Space Frame
04/17



Vir: www.automotive.arcelormittal.com

Der neue Audi A8
Verbindungstechnik
The new Audi A8
Joining methods
04/17

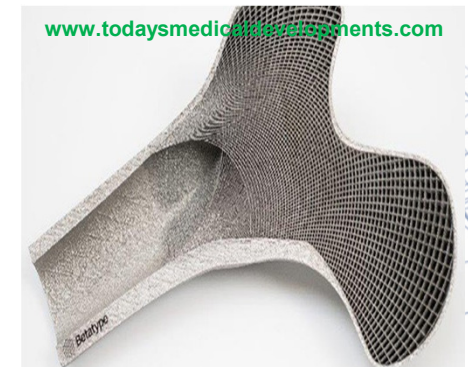
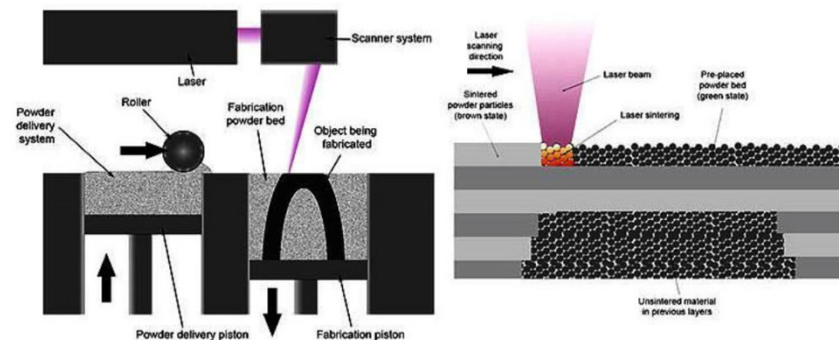


Vir: www.newatlas.com



Proizvodni procesi in vpliv na izdelek

- Primer 04 – Izdelki, narejeni z dodajnimi tehnologijami:
 - Dodajne tehnologije (3D tisk) niso več tehnologije prihodnosti, ampak vsakdanja realnost.
 - Z dodajnimi tehnologijami lahko izdelamo praktično poljubno obliko.
 - Glavna problema, povezana s to tehnologijo sta: i.) linearnost proizvodnega procesa (ni ekonomije obsega) in ii.) problem strukturne integritete (materialnih lastnosti) 3D tiskanega izdelka.



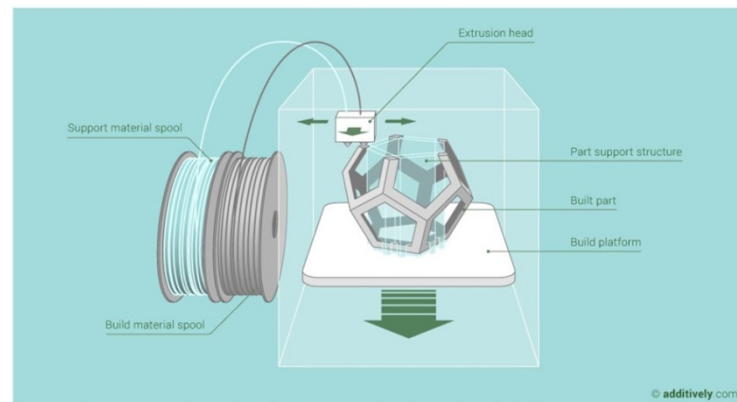
SLS Technology Operating Principle (Image by Materialgeezza under Creative Commons CC BY-SA 3.0 licence, via Wikimedia Commons)

Powder-bed fusion; vir: Gonzales D.S., Alvarez A.G.: Additive manufacturing feasibility study & technology demonstration. EDAAM State of the art & strategic report, EDA, 2018



Proizvodni procesi in vpliv na izdelek

- Primer 04 – nadaljevanje:



FDM Technology Operating Principle (image courtesy of www.additively.com)

Filament-deposition; vir: Gonzales D.S., Alvarez A.G.: Additive manufacturing feasibility study & technology demonstration. EDA AM State of the art & strategic report, EDA, 2018

