

TEHNIČKA LOGISTIKA

FSB studij Strojarstva

Industrijsko inženjerstvo i menadžment (preddipl. VI sem.)

Proizvodno inženjerstvo (dipl. II sem.)

Ostali smjerovi: Tehnička logistika (izborni)

FSB studij Zrakoplovstva

Logistika (z)

Poglavlje 2: RUKOVANJE MATERIJALOM

- Definicija i važnost rukovanja materijalom
- Oblikovanje sustava rukovanja materijalom
- Principi rukovanja materijalom
- Materijali
- Tok materijala
- Jedinični tereti

Definicija i važnost rukovanja materijalom

• RUKOVANJE MATERIJALOM

- *Eng. Material Handling*
- *Sinonimi: Sustav toka materijala (eng. Material Flow System),*
- uži smisao - rukovanje/manipulacija teretom, unutrašnji transport
- širi smisao - transportna tehnika, skladišna tehnika, tehnika pakiranja
- logistički koncept - dio logistike (intralogistike), logistička aktivnost

- U literaturi postoje brojne definicije rukovanja materijalom, nekoliko primjera u nastavku:

“Material Handling is the movement, storage, control and protection of materials, goods and products throughout the process of manufacturing, distribution, consumption and disposal. The focus is on the methods, mechanical equipment, systems and related controls used to achieve these functions.

“Material handling is the movement and storage of material at the lowest possible cost through the use of proper method and equipment.”

“Material handling is the art and science of moving, storing, protecting, and controlling material.”

“Material Handling refers to activities, equipment, and procedures related to the moving, storing, protecting and controlling of materials in a system.”

„Material handling means providing the right amount of the right material, in the right condition, at the right place, at the right time, in the right position, in the right sequence, and for the right cost, by using the right method(s).“

„Rukovanje materijalom obuhvaća tehniku, tehnologiju i organizaciju transporta, pretovara, skladištenja i pakiranja.“

Definicija i važnost rukovanja materijalom

- Na temelju pojašnjenja logistike i logističkih aktivnosti, te navedenih definicija rukovanja materijalom, može se sumirati:

Rukovanje materijalom je područje logistike koje se bavi kretanjem (unutrašnji transport), mirovanjem (skladištenjem), zaštitom (pakiranjem) i kontrolom materijala kroz procese proizvodnje, distribucije, potrošnje i odlaganja. Odnosi se na procese unutar poduzeća (intralogistika), a u fokusu su tehnički sustavi i oprema transporta, skladištenja i pakiranja za ostvarivanje fizičkog tijeka materijala, i s njima povezani sustavi kontrole.

- **Kretanje** – kretanjem materijala ostvaruje se vremenska i prostorna korisnost, imati materijal na pravom mjestu i u pravo vrijeme.
- **Mirovanje** – skladištenje materijala osigurava buffer (pričuve zaliha) između operacija, omogućuje učinkovito korištenje ljudi i opreme.
- **Zaštita** – zaštita materijala uključuje pakiranje i oblikovanje jediničnih tereta s ciljem zaštite od oštećivanja i krađa, te korištenje informacijskog sustava s ciljem izbjegavanja pogrešaka u rukovanju, odlaganja na krivo mjesto, procesiranja krivim redoslijedom i sl.
- **Kontrola** – kontrola materijala podrazumjeva fizičku kontrolu orijentacije, redoslijeda i razmaka između materijala, te statusnu kontrolu o stanju materijala (lokacija, količine, određite, polazište, vlasništvo) u realnom vremenu.

Definicija i važnost rukovanja materijalom

- Tradicionalan pristup i moderan pristup (logistički koncept)
 - Rukovanje materijalom je u suštini realizacija toka materijala. Tradicionalnim pristupom može ga se promatrati kao dio projektiranja proizvodnih sustava (planiranja prostornog rasporeda, eng. *planning layout*). Konkretnije, kod oblikovanja toka materijala unutar pogona fokus je najčešće na minimizaciji troškova rukovanja materijalom (minimizaciji ukupnog puta, minimizaciji transportnog učina), s obzirom da je rukovanje materijalom neproduktivna aktivnost koja ne donosi (dodaje) vrijednost konačnom proizvodu. Dakako u tome ima istine, i ideja minimizacije toka materijala već je dugo prisutna u područjima studija rada i projektiranja proizvodnih sustava (analiza toka materijala, metode minimizacije).
 - Međutim, jednostavno tretiranje rukovanja materijalom kao aktivnosti koja ne dodaje vrijednost, sa jednim ciljem – minimizacija te aktivnosti, danas postaje neodgovarajuće. Iako je minimizacija toka materijala (troškova) važan cilj, nije jedini koji treba razmatrati. Rukovanje materijalom je logistička aktivnost, te s njom mora biti komplementarna (s obzirom na logističke ciljeve). No kako uskladiti ta dva pogleda? Nema jednostavnog odgovora, osim upućivanja na holistički i sistematičan pristup problemima rukovanja materijalom.
 - I dok u masovnoj proizvodnji minimizacija troškova toka materijala u velikoj mjeri vrijedi, u mnogim drugim situacijama u današnjem svijetu potrebne su ti novi, drugačiji pristupi. Zbog globalne konkurencije poduzeća moraju razviti sposobnosti za reakcije na brze promjene zahtjeva tržišta. Jedan od načina je brza kastomizacija proizvoda shodno različitim specifikacijama u zahtjevima kupaca, te proizvodnja takvih kastomiziranih proizvoda na približno učinkovit način kao i u masovnoj proizvodnji. Takva proizvodna strategija i praksa poznati su pod imenom eng. *mass customization*, masovno prilagodavanje kupcu ili masovna individualizacija proizvodnje, a predstavlja proizvodnju različitih varijanti (konfiguracija) proizvoda bez značajnih promjena u podešavanju (oblikovanju) proizvodnih linija. Istovremeno je potrebna i brza reakcija (pogotovo u tzv. *quick-response* proizvodnji). Ciljevi rukovanja materijala u takvim situacijama nisu samo minimizacija količine i troškova, već i osiguranje materijala na pravom mjestu u pravo vrijeme.

Definicija i važnost rukovanja materijalom

- Tradicionalan pristup i moderan pristup (logistički koncept) – nast.
 - Dok se tradicionalno rukovanje materijalom fokusira na fizički tijek materijala, suvremeno rukovanje materijalom uzima u obzir i tokove informacija koje prate te tokove. Pa su tako razvijeni npr. informacijski sustavi za upravljanje skladištem (eng. *Warehouse Management System*, WMS), Kanban metoda u JIT proizvodnji za naloge u proizvodnji i transportiranje materijalom, nove tehnologije u identifikaciji i praćenju, npr. RFID).
 - Značaj i kompleksnost rukovanja materijalom narasli su u modernim proizvodnjama. Za odgovarajući tretman rukovanja materijalom pogodnije ga je promatrati kao internu logističku komponentu pogona/tvornice. „Rukuj manje” nije rješenje, rukovanja materijalom je sredstvo smanjivanja ukupnih troškova proizvodnje kroz smanjenje zaliha, povećanje sigurnosti, smanjenje gubitaka, veću kontrolu materijala, manje zagađenja, povećanje kvalitete, podršku suvremenim proizvodnim strategijama.

„Handling smarter and with an increased awareness of the vital role material handling plays in manufacturing and distribution is the key to improving the firm's ability to compete in a global economy.”

Tompkins et al.: Facilities Planning

- Iz svega navedenog i ne čudi sličnost jedne od prezentiranih definicija rukovanja materijalom s jednom od definicija logistike – definicija putem točnih (pravih) zahtjeva:

„Material handling means providing the right amount of the right material, in the right condition, at the right place, at the right time, in the right position, in the right sequence, and for the right cost, by using the right method(s).”

„Rukovanje materijalom podrazumjeva osiguranje prave količine pravog materijala, u pravom stanju, na pravom mjestu, u pravo vrijeme, u pravoj poziciji (orijentaciji), pravim redoslijedom, za prave troškove, koristeći prave metode.”

Definicija i važnost rukovanja materijalom

- Rukovanje materijalom je „vještina i znanost“ !?
- Još jedna od čestih definicija rukovanja materijalom u literaturi zasigurno zaslužuje da bude malo detaljnije objašnjena, a ona u originalu glasi:

“Material handling is the art and science of moving, storing, protecting, and controlling material.”

- Eng. *art* znači umjetnost, vještina,
- Svakako da u definiranju rukovanja materijalom, područja dominantno iz tehničkih znanosti, korištenje pojma „umjetnost“ bi izazivalo određene upite.
- Prezentiranje rukovanja kao „vještina i znanost“ kretanja, mirovanja, zaštite i kontrole materijala zapravo želi naglasiti sljedeće:
 - Rukovanje materijalom može se opisati kao **vještina** jer se problemi sustava rukovanja materijalom ne mogu eksplicitno riješiti (oblikovati) čisto matematičkim formulama i modelima. Rukovanje materijalom uključuje i promišljanje o „dobro i loše“, te uključuje značajnu količinu prakse i iskustva. Mnogi **principi rukovanja materijalom** (navedeni u nastavku) zapravo su empirijske prirode, iskustvene spoznaje koje se koriste kod racionalizacije postojećih tokova materijala/sustava rukovanja materijalom, ali i pri projektiranju novih.
 - Rukovanje materijalom može se opisati kao **znanost** jer je inženjerski pristup (definiraj problem, sakupi i analiziraj podatke, napravi varijante rješenja, ocjeni varijante, izaberi i implementiraj najbolju varijantu) integralni dio rješavanja problema rukovanja materijalom i projektiranja sustava rukovanja materijalom. Matematički modeli, kvantitativne metode optimizacije i simulacije sastavni su dio tog procesa.

Definicija i važnost rukovanja materijalom

- **Važnost rukovanja materijalom** ogleda se s jedne strane u samim **troškovima rukovanja materijalom** (odnosno udjelom troškova rukovanja materijalom u troškovima logistike):

- MIT 10-80% troška proizvoda
- Lamar University, Texas
 - 15-75% troška proizvoda
 - 55% prostora pogona na puteve i prolaze, površinu za skladištenje, pakiranje, MH opremu
 - 25% zaposlenih na poslovima rukovanja materijalom
 - uzrok oštećenja 3-5% proizvoda
- TU Munchen

Wie teuer ist die Logistik

Industriezweig	Anteil der Logistikkosten am Umsatz in %
Nahrungsmittel	29,6
Metall und Metallverarbeitung	26,5
Chemische Erzeugnisse, Öl	23,1
Papier und Papierzeugnisse	16,7
Holz- und landwirtschaftliche Erzeugnisse	16,1
Elektronische/Elektrotechnische Erzeugnisse	15,9
Textil	14,9
Maschinenbau	9,8

Logistik-Kostenkomponente	Anteil in % an den Gesamt-Logistikkosten
Eingangstransporte	8,8
Ausgangs- und innerbetrieblicher Transport	16,2
Lagerung (ohne Verpackung)	19,8
Bestandsfinanzierung	15,7
Verpackung	10,3
Informatik (Auftragsabwicklung, etc.)	17,8
Steuerung und Kontrolle	11,4
Transport und Lagerhaltung stellen die höchsten Anteile an den Logistikkosten dar:	44,8

Definicija i važnost rukovanja materijalom

- Osim utjecaja na troškove, veliki utjecaj rukovanja materijalom je i na **trajanje ciklusa proizvodnje**:

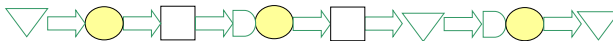
- Idealni slučaj
 - Operacije izrade slijede jedna iza druge, bez pojave procesa podrške (aktivnosti rukovanja materijalom)



- Teorijski slučaj
 - Operacije izrade slijede jedna iza druge bez zastoja, vrijeme proizvodnje je suma tehnoloških vremena izrade



- Realnost
 - Između operacija izrade i montaže postoje i zastoji, međuodlaganja, skladištenja, kao i transport materijala između strojeva, strojeva i skladišta.



- Na aktivnosti rukovanja materijalom otpada veliki udio ukupnog vremena proizvodnje

- Samo 10-20% na vrijeme izrade
- MIT - 87% na rukovanje materijalom



Definicija i važnost rukovanja materijalom

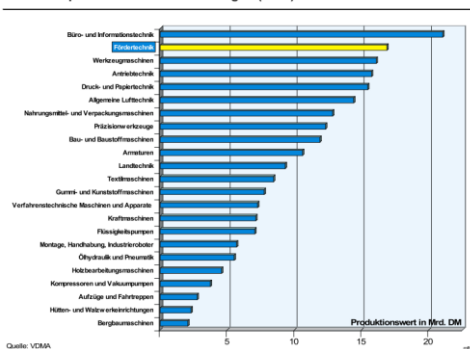
- Važnost područja rukovanja materijalom oslikava i **zastupljenost proizvodnje sustava i opreme u industrijskoj proizvodnji**:

- Proizvodnja logističke opreme, sredstava i uređaja značajna je privredna djelatnost u nekim državama. Tako za 1992. godinu podaci o finansijskom udjelu navedenih proizvoda u ukupnom izvozu pokazuju (u ovim podacima nisu prikazane vrijednosti izvoza IT alata, informatičkih i sl. proizvoda za logističke procese):

Njemačka	20,3%	Francuska	8,5
Japan.....	15,2 %	GB.....	7,3
USA	12,6%	Italija	6,8

- Odnos vrijednosti proizvedene opreme i sustava rukovanja materijalom ostalih strojeva i uređaja

Maschinenproduktion nach Fachweigen (1998)



Quelle: VDMA

1998

Oblikovanje sustava rukovanja materijalom

- **Oblikovanje (projektiranje) sustava rukovanja materijalom**
- Glavni cilj projektiranja je racionalno i efikasno rješenje rukovanja materijalom.
- Projekt rukovanja materijalom može biti:
 - Sastavni dio projekta proizvodnog sustava
 - Samostalni projekt rukovanja materijalom
 - Samostalni projekt dijela sustava rukovanja materijalom (projekt transportnog sustava, projekt skladišta)
- Stoga su i dvije polazne situacije u projektiranju:
 - Novi proizvodni sustav
 - Postojeći proizvodni sustav (usavršavanje, racionalizacija)
- S obzirom na razinu razrade projektiranog rješenja razlikuju se studije, idejni i izvedbeni projekti.
 - Studijama se razmatraju i vrednuju moguće zamisli i ciljevi pri rješavanju složenih problema.
 - Idejni projekt određuje osnovne prostorne, funkcionalne, tehničke i tehnološke zamisli rješenja. Osnova je za izvedbeni projekt.
 - Izvedbeni projekt je skup više projekata i elaborata, kojima se određuje rješenje u obliku tehničke dokumentacije.

Oblikovanje sustava rukovanja materijalom

- Već spomenuti inženjerski pristup oblikovanju može se prikazati slijedećom metodologijom*:
 1. Definiraj opseg i ciljeve sustava rukovanja materijalom (odrediti projektni zadatak)
 2. Analiziraj potrebe kretanja, skladištenja, pakiranja i kontrole.
 - izraditi bilancu materijala
 - razvrstati i odabrati značajke materijala
 - odrediti tokove materijala
 - napraviti matrice transportnih puteva i učestalosti (intenziteta)
 3. Razradi varijante rješenja
 4. Usporedi varijante
 5. Odaberi najpovoljniju varijantu
 6. Implementiraj rješenje
 - izbor opreme, dobavljača, ostali potrebni elaborati, troškovnik, plan provedbe,...
- Kod izrade varijanti rješenja u igru ulazi i spomenuta vještina oblikovanja, intuicija i iskustvo projektanata, zbog gotovo beskonačnog broja mogućih različitih rješenja kretanja materijala i velikog broja različite opreme i metoda rukovanja materijalom.
- Kao pomoć u stvaranju varijanti rješenja i njihovoj evaluaciji razvijene su brojne smjernice – spomenuti principi rukovanja materijalom.

* Prikazana metodologija kombinacija je generalnog procesa oblikovanja danim u *Tompkins et al., Facilities Planning*, i postupka izrade projekta Rukovanja materijalom iz Oluić, *Transport u industriji, Rukovanje materijalom I.dio*.

Oblikovanje sustava rukovanja materijalom

- Osim smjernica, za proces oblikovanja sustava rukovanja materijalom potrebno je imati i znanja o izradi bilance materijala, načinima analize i kvantifikacije toka materijala, te pogotovo brojnim i različitim izvedbama pojedinih sustava i opreme:
 - Oprema za oblikovanje jediničnih tereta
 - Transportna oprema
 - Skladišna oprema
 - Oprema za kontrolu (identifikacija, komunikacija)


- Shodno navedenom, možemo reći da se sustav rukovanja materijalom sastoji od više svojih podsustava:
 - *Sustav – uređen skup elemenata međusobno povezanih tako da mogu izvršiti zadanu funkciju (proizvodni sustav, logistički sustav)*
 - *Proces – skup aktivnosti (operacija, postupaka) skupa elemenata sustava (komponente, podsustavi)*
 - Transportni sustav (unutrašnjeg transporta)
 - Skladišni sustav
 - Sustav pakiranja (sustav oblikovanja jediničnih tereta, sustav paletizacije)
 - Kontrolni sustav, sustav identifikacije i komunikacije

Principi rukovanja materijalom

- **PRINCIPI (NAČELA) RUKOVANJA MATERIJALOM**
 - U rješavanju problema toka materijal vrlo često se osim egzaktnih - teorijskih spoznaja, koriste i empirijske – iskustvene spoznaje.
 - Još davne 1966 u SAD-u je College-Industry on Material Handling Education (CICMHE) definirao 20 principa rukovanja materijalom. S vremenom je dakako došlo do revidiranja, s ciljem obuhvaćanja promjena koje su se dogodile na tom području. Rezultirajući principi prihvaćeni su danas u praktički svim kolegijima koje pokriva problematiku rukovanja materijalom u svijetu (najčešće putem 10 najznačajnijih principa, izvor Material Handling Institute*).
 - Principi rukovanja materijalom daju koncizno pojašnjene fundamente prakse rukovanja materijalom. Na temelju više desetljeća stručnog iskustva, predstavljaju smjernice projektantima (inženjerima) rukovanja materijalom.

**The Ten Principles
of
Material Handling**

The Key to Greater Productivity, Customer Service, and Profitability



**MATERIAL HANDLING
INSTITUTE**
EDUCATION • RESEARCH • TRAINING
SERVING INDUSTRY SINCE 1966

For Further Information on the Material Handling Institute Please Contact or Write:
Material Handling Institute
8720 Red Oak Blvd., Suite 201
Charlotte, NC 28217-3992

Phone: 704-676-1190
Fax: 704-676-1199
www.mhia.org

* U nastavku su prezentirani glavni principi rukovanja materijalom na temelju izvora „10 principa rukovanja materijalom“, uz određene modifikacije zbog prijevoda i pojašnjenja, te obuhvata ostalih principa (koji su zapravo sadržani u navedenim osnovnim principima)

Principi rukovanja materijalom

- **Princip planiranja**
 - (eng. *Planning Principle*)
- **Rukovanje materijalom treba biti rezultat promišljenog plana u kojem su potrebe, ciljevi i specifikacije predloženih metoda kompletno definirani na početku.**
- Plan je propisani skup aktivnosti definiran prije implementacije. U svojoj najjednostavnijoj formi plan rukovanja materijalom definira materijal (što/*what*) i tijek (kada, gdje/*when, where*), što zajedno definira metodu (kako, tko / *how, who*).
 - Plan bi trebao biti razvijen u suradnji planera i svih korisnika opreme koja će se implementirati.
 - Uspjeh u planiranju velikih projekata rukovanja materijalom općenito zahtijeva timski pristup koji uključuje dobavljače opreme, konzultante kada je to prikladno, i krajnje korisnike (menadžment, financije, inženjeri, IT).
 - Plan rukovanja materijalom treba odražavati i strateške ciljeve organizacije, kao i više neposredne potrebe (taktičke i operativne).
 - Plan bi trebao dokumentirati postojeće metode i probleme, fizička i ekonomska ograničenja i buduće zahtjeve i ciljeve (princip definiranja trenutnog stanja, eng. *Orientation Principle*)
 - Plan bi trebao promovirati simultano inženjerstvo u dizajnu proizvoda (konstrukcija), dizajnu procesa (tehnologija), layouta (PPS) i metoda rukovanja materijalom, za razliku od često u praksi neovisnog i sekvencijalnog pristupa.

Principi rukovanja materijalom

- **Princip standardizacije**
 - (eng. *Standardization Principle*)
- **Metode, oprema, kontrola i softver za rukovanje materijalom trebaju biti standardizirani unutar granica postizanje sveukupnih performansi (ciljeva) i bez žrtvovanja potrebne fleksibilnosti, modularnosti i protoka.**
- Standardizacija znači manje raznolikost (varijacija) i prilagodbe primjenjenih metoda i opreme.
 - Projektant treba odabrati metode i opremu koja može obavljati različite zadatke, u različitim radnim uvjetima, te uzevši u obzir i moguće promjenjene zahtjeve u budućnosti (princip fleksibilnosti, eng. *Flexibility Principle*)
 - Standardizacija se odnosi na veličine spremnika i drugih sredstava za formiranje jediničnih tereta, kao i na operativne postupake i opremu.
 - Standardizacija, fleksibilnost i modularnost ne smiju biti nekompatibilni.

Principi rukovanja materijalom

- **Princip rada (učina)**
 - (eng. *Work Principle*)
- **Rad (učin) rukovanja materijalom treba biti minimiziran, ali bez žrtvovanja produktivnosti i nivoa usluge zahtjevanih od operacija kojima rukovanje materijalom daje potporu.**
- Mjera rada rukovanja materijalom je protok (količina, težina ili broj u jedinici vremena) pomnožen s udaljenošću.
 - Pojednostavljivanje procesa smanjivanjem, kombiniranjem, skraćivanjem ili uklanjanjem nepotrebnih kretanja će smanjiti rad (princip pojednostavljenja, eng. *Simplification Principle*)
 - Svaki zahvat prilikom odlaganja i uzimanja, te svako uskladištenje i iskladištenje, razmatrati kao kretanje odnosno komponentu kretanja.
 - Redosljed operacija i layout pogona trebaju biti isto napravljeni s ciljem minimizacije ukupnog rada rukovanja materijalom (princip prostornog rasporeda, eng. *Layout Principle*)
 - Gdje je to moguće koristiti gravitaciju za kretanje materijala, ali uzevši u obzir sigurnosne zahtjeve i moguća oštećivanja materijala (princip gravitacije, eng. *Gravity Principle*)
 - Najkraća udaljenost između dvije točke je ravna linija.

Principi rukovanja materijalom

- **Princip ergonomičnosti**
 - (eng. *Ergonomic Principle*)
- **Ljudske mogućnosti i ograničenja moraju se prepoznati i uzeti u obzir prilikom oblikovanja zadataka i odabira opreme rukovanja materijalom, kako bi se osigurao siguran i učinkovit rad.**
- Ergonomija je znanost koja nastoji prilagoditi rad ili radne uvjete da odgovaraju sposobnosti radnika.
 - Odabirati opremu koja eliminira ponavljanje i naporan fizički rad čovjeka, s učinkovitom interakcijom s čovjekom.
 - Ergonomski princip obuhvaća i fizičke i mentalne zadatke.
 - Radno mjesto i primjenjena oprema za rukovanje materijalom moraju biti oblikovani tako da su sigurni za čovjeka i u skladu sa pravilnicima i zakonima zaštite na radu (princip sigurnosti, eng. *Safety Principle*).

Principi rukovanja materijalom

- **Princip jediničnog tereta**
 - (eng. *Unit Load Principle*)
- **Jedinični tereti moraju biti tako dimenzionirani i oblikovani da se ostvare ciljevi tokova materijala (kretanja i mirovanja) u svakoj fazi lanca opskrbe.**
- Jedinični teret je onaj teret kojim se rukuje (transportira i uskladištuje) kao jednim entitetom i jednim zahvatom (paleta, sanduk, spremnik,...), neovisno o broju pojedinačnih komada koji čine takav teret.
 - Manje napora i rada je potrebno za rukovanje mnogim pojedinačnim dijelovima ako su formirani u jedinični teret nego da se njima rukuje svakim zasebno.
 - Veličina jediničnog tereta i njegov sastav mogu se mijenjati kako materijali prolaze kroz proizvodnju i distribuciju.
 - Veliki jedinični tereti su česti prije i poslije proizvodnje (sirovina i gotovih proizvoda).
 - Kroz proizvodnju manji jedinični tereti (uključujući i jedan komad) pridonose manjim zalihama u procesu i kraćim vremenima ciklusa proizvodnje.
 - Manji jedinični tereti u proizvodnji su u skladu s proizvodnim strategijama temeljenim na fleksibilnosti, kontinuiranom tijeku i just-in-time dostavi.
 - Jedinični tereti formirani od više različitih materijala su u skladu s just-in-time i/ili kustomiziranim strategijama opskrbe, sve dok nije narušena dostupnost svakog materijala.

Principi rukovanja materijalom

- **Princip iskoristivosti prostora**
 - (eng. *Space Utilization Principle*)
- **Učinkovito koristiti sav raspoloživi prostor.**
- Prostor rukovanja materijalom je trodimenzionalan.
 - U skladištima, cilj maksimizacije gustoće skladištenja mora biti izbalansiran s dostupnošću pojedinih materijala.
 - Za transport materijala kroz pogone (objekte), korištenje visine-prostora iznad proizvodne opreme-treba biti razmotreno kao opcija.
 - U području rada treba eliminirati zatrpane i neorganizirane prostore te blokirane prolaze.

Principi rukovanja materijalom

- **Princip sustavnosti**
 - (eng. *Systems Principle*)
- **Aktivnosti kretanja i skladištenja materijala trebaju biti potpuno integrirane u koordinirani sustav koji pokriva prijem, kontrolu, skladištenje, izradu, montažu, pakiranje, formiranje jediničnih tereta, otpremu, transport, rukovanje povratima.**
- Sustav je skup međusobno interaktivnih i/ili neovisnih entiteta koji čine jedinstvenu cjelinu.
 - Integracija sustava treba obuhvatiti cijeli lanac opskrbe uključujući i povratnu logistiku. Treba uključiti dobavljače, proizvođače, distributere i korisnike.
 - Nivo zaliha u svim fazama treba minimizirati, pritom uzevši u obzir varijabilnost procesa i uslugu korisniku.
 - Tijek materijala i tijek informacija treba integrirati i tretirati kao istodobne aktivnosti (princip tijeka sustava, eng. *System Flow Principle*)
 - Treba osigurati metode za laku identifikaciju materijala i proizvoda, za određivanje njihove lokacije i statusa unutar objekata i lanaca, te za kontrolu kretanja.
 - Zahtjevi korisnika i njihova očekivanja glede količine, kvalitete i dostave na vrijeme trebaju se ispuniti bez iznimki.

Principi rukovanja materijalom

- **Princip mehanizacije/automatizacije**
 - (eng. *Mechanization/Automation Principle*)
- **Operacije rukovanja materijalom treba mehanizirati/automatizirati gdje god je to moguće da se poboljša učinkovitost, poveća brzina, poboljša konzistentnost i predvidljivost, smanje operativni troškovi te eliminiraju ponavljajuće i potencijalno opasne radnje po čovjeka.**
- Mehanizacija/automatizacija podrazumjeva tehnologije povezane s primjenom elektro-mehaničkih uređaja i računalnih sustava za izvođenje i kontrolu aktivnosti.
 - Postojeće procese i metode treba pojednostavniti prije razmatranja i instaliranja mehaniziranih ili automatiziranih sustava.
 - Kompjuterizirane sustave rukovanja materijalom treba razmotriti s pozicije učinkovite integracije toka materijala i toka informacija (princip toka sustava, eng. *System Flow Principle*), te poboljšane kontrole (princip kompjuterizacije, eng. *Computerization Principle*)
 - Proizvodi moraju imati značajke koje omogućavaju mehanizirano i automatizirano rukovanje.
 - Sva sučelja (oprema-oprema, oprema-teret, oprema-operator, komunikacija) tretirati kao kritična za uspjeh automatizacije.

Principi rukovanja materijalom

- **Princip brige za okoliš**
 - (eng. *Environmental Principle*)
- **Utjecaj na okoliš (ekološki princip, eng. *Ecology Principle*) i potrošnja energije (energetski princip, eng. *Energy Principle*) trebaju biti uzeti u obzir kao kriteriji kod oblikovanja ili izbora alternativa opreme i sustava rukovanja materijalom.**
- Svijest brige za okoliš proizlazi iz želje sačuvanja prirodnih resursa te predviđanja i eliminiranja mogućih negativnih učinaka svakodnevnih aktivnosti na okoliš.
 - Spremnici, palete i ostali materijali koji se koriste za formiranje i zaštitu jediničnih tereta trebaju biti konstruirani za višekratnu uporabu gdje god je to moguće, odnosno reciklabilni ili biorazgradivi.
 - Oblikovanje sustava rukovanja materijalom treba obuhvatiti i odgovarajuće rukovanje viškom potrošnog materijala, praznim spremnicima i ostalim nusproduktima rukovanja materijalom.
 - Materijali klasificirani kao opasni materijali imaju posebne zahtjeve glede zaštite od curenja, eksplozija, zapaljivosti i drugih rizika.

Principi rukovanja materijalom

- **Princip troškova životnog ciklusa**
 - (eng. *Life Cycle Cost Principle*)
- **Temeljita ekonomska analiza treba uzeti u obzir cijeli životni vijek opreme i sustava.**
- Troškovi životnog ciklusa uključuju sve tijekove novca (troškove) koji će se dogoditi od početka planiranja do trenutka zamjene opreme.
 - Cjeloživotni troškovi uključuju investicijske troškove (za kapitalnu opremu), troškove instalacije i postavljanja sustava/opreme, troškove obuke zaposlenika, troškove testiranja sustava, operativne troškove (rad, energija, ostalo), troškove održavanja i popravaka, troškove zbrinjavanja nakon životnog vijeka, te vrijednost nakon uporabe.
 - Plan održavanja treba biti napravljen za svu opremu (princip održavanja, eng. *Maintanance Principle*), te procijenjeni troškovi održavanja i rezervnih dijelova uključeni u ekonomsku analizu.
 - Treba napraviti dugoročni plan zamjene opreme s obzirom na njeno zastarjevanje (princip zastarjelosti, eng. *Obsolescence Principle*)
 - Iako su mjerljivi troškovi primarni kriterij, svakako nisu jedini kriterij izbora alternativa. Drugi faktori strateške važnosti za organizaciju i oni koji su osnova za ostvarivanje konkurentnosti trebaju biti razmotreni i kvantificirani gdje god je to moguće.

Materijali

- Materijal i tok materijala predstavljaju glavni objekt rukovanja materijalom (odnosno tehničke logistike).
- Naziv *materijal* je opći pojam pod kojim se podrazumijeva bilo koju vrstu, bilo koji artefakt: sirovinu, gotovi proizvod, poluproizvod, strugotinu, rezervni dio, alat, napravu, paletu i dr., koji se pojavljuje u procesima stvaranja nove vrijednosti (ekonomisti koriste i termin: *roba*)
- Općenito, svi materijali mogu se razvrstati u grupe:
 - kruti
 - sipki (rasuti) materijal (DIN ISO 3435)
 - komadni materijal (čvrste forme, pojedinačno rukovanje; DIN ISO 3569)
 - tekućine
 - plinovi.

U ovom kolegiju razmatra se rukovanje čvrstim materijalima, posebno komadnim materijalima. Rukovanje tekućinama i plinovima obuhvaćeno je samo u slučajevima kada su u odgovarajućoj ambalaži, a to se onda svodi na rukovanje komadnim materijalima.

Materijali

- **SIPKI MATERIJALI**
- Sipki ili rasuti je materijal kojim se u procesima rukuje skupno, postupnim grabljenjem ili sipanjem. Pri takvim operacijama svojstva i sve bitne značajke materijala ostaju nepromjenjene.
- Sa stajališta logistike sipki materijali koji su u paketima ili u ambalaži pripadaju grupi komadnih materijala.
- Za logističke procese važnije su značajke sipkih materijala:
 - zrnatost (krupnoća), mjera zrnatosti
 - nasipna gustoća
 - nasipni kut
 - trenje
 - abrazivnost
 - fizikalna svojstva
 - kemijska svojstva
 - mehanička svojstva.
- Prema VDI 2393, sipki materijal se razvrstava u 10 grupa, ovisno o veličini zrna.

Veličina zrna (definirana ekvivalentnim promjerom), mm									
<0,4	0,4-1	1-3	3-10	10-25	25-50	50-75	75-150	150-300	>300
Opaska: U ukupnoj masi treba biti najmanje 60% zrna odgovarajuće veličine									

Materijali

- **Zrnatost** materijala predstavlja veličinu čestica sipkog materijala.
 - **Koeficijent zrnatost** je pokazatelj jednolikosti sastava sipkoga materijala. Ovaj koeficijent se izračuna iz odnosa najveće i najmanje veličine čestice materijala. Veličina čestice ima linearnu dimenziju (aproksimacija ekvivalentnim promjerom – promjer kugle jednakoga volumena). Koeficijent zrnatosti se razlikuje za:
 - sortirani materijal $Kz \leq 2,5$
 - nesortirani materijal..... $Kz > 2,5$
 - **Mjera zrnatosti** (a' , mm) je veličina čestice
 - kod sortiranoga materijala jednaka je prosječnoj vrijednost veličine najveće i najmanje čestice,
 - a kod nesortiranoga materijala mjera zrnatosti je određena udjelom najvećih čestica:
 - ako je udio velikih čestica $((0,8-1)^{a_{max}})$ veći od 10% ukupne mase uzorka, mjera zrnatosti sipkoga materijala je veličina najvećih čestica,
 - ako je taj udio manji od 10% ukupne mase uzorka, mjera zrnatosti je $0,8 \cdot a_{max}$

Materijali

- **Nasipna gustoća** predstavlja masu nasipanog sipkog materijala po jedinici volumena (kg/m^3).
 - Razlikuju se nasipne gustoće:
 - rastresita, slobodno nasutoga sipkog materijala (ρ)
 - zbijenog (stlačenoga) sipkog materijala (ρ_s)
 - Parametar izveden iz prethodnih podataka je **koeficijent zbijenosti** (stlačenosti) ($\varphi_s = \rho_s / \rho > 1$).
 - Recipročna vrijednost nasipne gustoće je **specifični volumen** (m^3/kg), koji se pored ostaloga koristi kao mjera za određivanje potrebnog prostora jedinične mase materijala
- **Nasipni kut** je kut kojega čini brid stošca slobodno nasutog materijala s vodoravnom podlogom, a ovisi o zrnatosti, adheziji, kutu unutrašnjeg trenja materijala i dr.
 - Pri tome se razlikuju:
 - nasipni kut u mirovanju, β
 - nasipni kut pri kretanju, β_p
- **Trenje materijala** na podlogu utječe na izbor transportnih sredstava i kut nagiba pri transportu, a povezano je s nasipnim kutem.
- **Abrazivnost** sipkog materijala utječe na izbor konstrukcijskih materijala transportnih uređaja i brzinu transportiranja

Materijali

- **KOMADNI MATERIJALI**

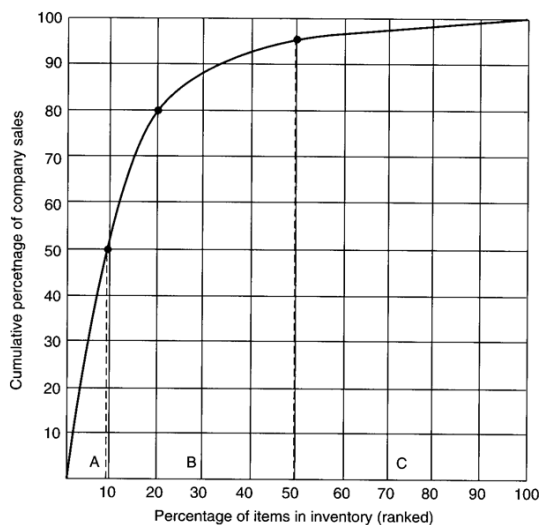
- Komadni materijal je materijal krute, čvrste forme kojim se može rukovati (koji se može transportirati, skladištiti, prekravati,...) pojedinačno komad po komad. U ovu grupu spadaju pojedini dijelovi – komadi, te više proizvoda formiranih u jedinični teret, bez ili sa sredstvom za oblikovanje jediničnog tereta (roba u odgovarajućoj ambalaži, npr. sanduci, vreće, boce, palete, kontejneri, itd.).
- Velika količina i raznovrsnost komadnog materijala u svakoj proizvodnji razlozi su potrebe razvrstavanja i spoznaja o bitnim značajkama. Postoje brojni mogući kriteriji klasifikacije, odabir jednog ili više ovisi o konkretnoj situaciji. Neke od kriterija su:
 - Stupnj obradenosti (sirovine, poluproizvodi, gotovi proizvodi)
 - Mjesto iz kojeg dolaze (iz vlastite proizvodnje, iz kooperacije, s tržišta nabave)
 - Oblik (šipke, profili, limovi,...)
 - Namjena (osnovni materijal – sirovine, dodatni ili potrošni materijal – alati, ambalaža,..., otpad)
 - Dimenzije (mali, srednji, veliki)
 - Težina (laki, srednje teški, teški)
 - Načinu rukovanja (pojedinačno, skupno kao jedinični teret – sa, ili bez dodatnog sredstva oblikovanja jediničnog tereta)
 - Mogućnost naslagivanja
 - Skladištenje (otvoreno, zatvoreno; podno ili regalno;...)
 -

Materijali

- U rješavanju problema tehničke logistike u procesima industrijskih poduzeća, izvori - polazišta su proizvodni program i plan proizvodnje, te konstrukcijska dokumentacija (sastavnice) kojima je definiran skup svih vrsta materijala.
- Ovisno o složenosti proizvoda i o problemu koji se rješava, određuju se karakteristike materijala. Ako se radi o jednostavnijem proizvodu (s manjim brojem dijelova) tada se uzimaju u obzir značajke svih materijala. U suprotnom slučaju, racionalno je odrediti jedan reprezentativni podskup materijala, i u rješavanju koristiti samo podatke o njima.
- Za razvrstavanje materijala (proizvoda), te kasnije odabir podskupa za rješavanje, koriste se različiti kriteriji, npr. vrsta materijala (prema stupnju obradenosti: sirovine, poluproizvodi, gotovi proizvodi), količina, vrijednost, obilježja, učestalost, i dr.
- Od metoda koje se koriste za razvrstavanje i izbor podskupa važnijih materijala poznatije su ABC analiza, P – Q analiza, P-R analiza (Process-Routing).
- **ABC-analiza (Paretova razdioba, LORENZOVA krivulja)**
 - V. Pareto je 1906. god. uočio da neki zaraduju mnogo, više njih srednje dobro, a najviše ljudi i poduzeća relativno loše, isto je i s profitom...)
 - U industrijskom poduzeću nalazi se znatan broj vrsta materijala. Svaki pojedini tip materijala zahtijeva kontrolu i upravljanje, ali je potrebno znati da svi materijali nisu jednako važni (poglavito prema odabranom kriteriju). ABC analiza je način klasificiranja materijala na temelju neke mjere važnosti, npr. godišnji iznos prodaje, protok, ...
 - ABC krivulja omogućuje da se odredi za koje materijale se isplati detaljna analiza. Ova je analiza utemeljena na činjenici da se pomoću određenih kriterija svi elementi nekoga skupa mogu razvrstati u više (najčešće 3) podskupa – grupe (A, B, C). To omogućava da se za projekt određenoga logističkog sustava (sustava rukovanja materijalom) računa s manjim – ali dovoljno relevantnim - podskupom materijala, odnosno podataka o njima.

Materijali

- Primjer ABC krivulje



Materijali

- ABC analiza – primjer:
 - Metodom ABC-analize tretirati deset materijala, o kojima su poznati podaci u tablici.

oznaka	God. potrebe (kom., kg, m)	Jed. cijena (n.jed.)
1	55.000	19,50
2	22.000	40,00
3	5.500	77,00
4	115.000	0,63
5	62.500	3,50
6	4.250	17,90
7	55.000	5,50
8	115.000	0,75
9	35.000	0,30
10	150.000	0,50

- Proširenjem tablice, te rangiranjem po ukupnoj vrijednosti, slijedi:

oznaka	Godišnje potreba (kom., kg, m)	Ukupna vrijednost n.jed.	Udio u ukupnoj vrijednosti	Kumulativ	
1	55.000	19,50	1.072.500,00	33,3 %	33,3 %
2	22.000	40,00	880.000,00	27,4 %	60,7
3	5.500	77,00	423.500,00	13,2 %	73,9
7	55.000	5,50	302.500,00	9,4 %	83,3
5	62.500	3,50	218.750,00	6,8 %	90,1
8	115.000	0,75	86.250,00	2,7 %	92,8
6	4.250	17,90	76.075,00	2,4 %	95,2
10	150.000	0,50	75.000,00	2,3 %	97,5
4	115.000	0,63	72.450,00	2,3 %	99,7
9	35.000	0,30	10.500,00	0,3 %	100,0
suma	619.250	-	3.217.525,00	100 %	

Materijali

- ABC analiza – primjer (nastavak):
 - Pravilo za razvrstavanje (vlastiti izbor) prema udjelu **vrijednosti**:

ca. 80%	A- materijal
ca. 15%	B- materijal
ca. 5%	C- materijal

- Rješenje – definirane grupe materijala prema ukupnoj vrijednosti:

oznaka	Kol.	cij	vrijednost	parc.	kumulativ	
1	55.000	19,50	1.072.500,00	33,3%	33,3%	A
2	22.000	40,00	880.000,00	27,4%	60,7%	
3	5.500	77,00	423.500,00	13,2%	73,9%	
7	55.000	5,50	302.500,00	9,4%	83,3%	
5	62.500	3,50	218.750,00	6,8%	90,1%	B
8	115.000	0,75	86.250,00	2,7%	92,8%	
6	4.250	17,90	76.075,00	2,4%	95,2%	
10	150.000	0,50	75.000,00	2,3%	97,5%	C
4	115.000	0,63	72.450,00	2,2%	99,7%	
9	35.000	0,30	10.500,00	0,3%	100,0%	
Suma	619.250	-	3.217.525,00		100%	

Materijali

- ABC analiza – primjer (nastavak):
 - Rješenje – definirane grupe materijala prema količini (uzeto isti izbor raspona kumulativne vrijednosti):

oznaka	količina	parc. %	kumulativ. %	
10	150.000	24,2	24,2	A
8	115.000	18,6	42,8	
4	115.000	18,6	61,4	
5	62.500	10,0	71,4	
1	55.000	9,0	80,4	B
7	55.000	9,0	89,4	
9	35.000	5,7	95,1	
2	22.000	3,5	98,6	C
3	5.500	0,7	99,3	
6	4.250	0,3	100	
Suma	619.250		100	

- U ovom slučaju po tretiranim kriterijima razvrstavanje se bitno razlikuje!

grupa	Vrsta materijala - oznaka		ODLUKA ?
	kriterij: količina	kriterij: vrijednost	
A	10-8-4-5-1	1-2-3-7	?
B	7-9	5-8-6	?
C	2-3-6	10-4-9	?

- Odabir kriterija za razvrstavanje ovisi o problemu koji se rješava. (npr. za minimizaciju troškova držanja zaliha vrijednost materijala, za optimalnu skladišnu lokaciju protok, ...).
- Za izbor relevantnog podskupa moguće je grupirati materijale i po više kriterija.

Materijali

- **P-Q analiza (Product-Quantity analysis)**

- Proizvod – količina dijagram je slična metoda za definiranje reprezentativnih proizvoda
- Nakon podjele proizvoda/materijala u skupine prema masi, namjeni, dimenzijama,... Moguće je napraviti P-Q dijagram za svaku skupinu
- Unutar svake skupine odabir reprezentativnih proizvoda/materijala slijedi nakon rangiranja prema odabranom kriteriju

- P-Q dijagram – primjer:

Product-Quantity (**P-Q**) analysis is the simplest yet most powerful tool for structuring the demand. A Pareto diagram of volume by product yields an ABC categorization of products as in Figure 2-1.

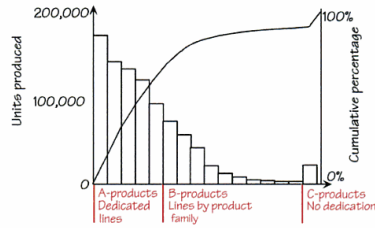


FIGURE 2-1. P-Q Analysis

P-Q analysis breaks down the product mix in the following three categories:

- *A-products.* These are the few products with volumes high enough to warrant dedicated production lines. These five to ten products typically account for more than 70% of the total volume.
- *B-products.* These products deserve a dedicated production line by *product family*, but not individually. The product families are usually based on technical similarity. There may be 200 B-products, often accounting for about 25% of the total volume.
- *C-products.* All others are made sporadically, in a generic facility, to order, and without maintaining work-in-process (WIP) for their components. There may be 2,000 C products, accounting for approximately 5% of the volume.

Materijali

- **P-R analiza (Process-Routing analysis)**

- Matrični prikaz kretanja materijala kroz operacije
- Identificiranje materijala koji prolaze kroz isti redoslijed operacija
- Mogućnost grupiranja takvih materijala u odabranu skupine

- **PQPR matrica (Product Quantity /Process – Routing)**

- Kombinacija P-Q i P-R dijagrama

Units Shipped	Sales (\$k)	Steps				
		P/II	Casting	Machining	Assembly	Paint
2498	\$ 1,866	ABC	X		X	X
324	\$ 234	HJ		X	X	
48	\$ 58	MHO	X		X	
1865	\$ 2,133	QRS	X		X	X
1107	\$ 2,200	XVZ	X		X	X

Tok materijala

- **TOK MATERIJALA**
- Prosesi u svakom industrijskom poduzeću temeljni su na tokovima materijala, informacija, energije, ljudi i kapitala.
- Prema VDI 3300, **tok materijala** je vremensko, prostorna i organizacijsko povezivanje svih procesa poduzeća, proizvodnje i distribucije. Obuhvaća sva kretanja materijala unutar zadanog područja i vremena (pri čemu brzina kretanja može biti i nula).
 - Tok materijala I razine: tok materijala između poduzeća i dobavljača/kupaca
 - Tok materijala II razine: kretanje materijala između objekata na mikrolokaciji
 - Tok materijala III razine: kretanje materijala između pojedinih odjela, unutar odjela, između elemenata odjela
 - Tok materijala IV razine: kretanje materijala na radnom mjestu
- Tako promatrano mogu se definirati vanjski i unutrašnji tok materijala. Realizacija unutrašnjeg toka materijala ostvaruje se sustavom rukovanja materijalom, a vanjskog toka sustavom vanjskog transporta. Sveukupno dakle logistikom, pri čemu prostorno povezivanje dominantno transportnim sustavom, a vremensko dominantno skladišnim sustavom.
- Tok materijala se izražava kao količina materijala koja prolazi sustavom u određenom vremenskom razdoblju, **transportni intenzitet**.
 - Količina se može izraziti brojem komada, težinom, obujmom, brojem jediničnih tereta
 - Broj komada, težina i obujam lako se odrede (temeljem proizvodnog plana), no ne govore dovoljno o broju transporta
 - Količinu je najbolje izraziti stvarnim brojem transporta (brojem transportnih jedinica)
- Jedan od važnijih parametara toka materijala (bitan u projektiranju proizvodnih sustava) jest **transportni učin**, umnožak transportnog intenziteta i udaljenosti na kojoj se odvija transport.

Tok materijala

- U proizvodnim procesima tok materijala ovisi o velikom broju faktora, među kojima su najvažniji sljedeći:
 - vrste i svojstva materijala
 - količina materijala
 - brzina i dinamika kretanja
 - duljina i značajke puta
- U jednom poduzeću svi faktori tijeka materijala glavno polazište imaju u
 - proizvodnom programu
 - tehnološkom procesu
 - proizvodnom sustavu
 - *Planiranje potreba i upravljanje materijalima unutar proizvodnje su aktivnosti tradicionalno pozicionirane unutar funkcije proizvodnje.*
 - *Rezultat proizvodnje – količine i vrste gotovih proizvoda, utječu na odluke logistike (skladištenje i distribucija)*
 - *Kretanje materijala unutar proizvodnih pogona prema planovima zadatak su logistike (rukovanje materijalom)*
 - *Potrebe za sirovinama i komponentama proizlaze iz planova proizvodnje, ali opet s utjecajem na zadatke logistike (nabava, upravljanje zalihama, skladištenje, transport,...)*
- Osim prilikom projektiranja novih proizvodnih sustava, analiza i rješenje toka materijala (koji će biti ostvaren sustavom rukovanja materijalom) pojavljuje se i prilikom razmatranja promjena (unapređenja sustava). Razlozi za to mogu biti:
 - smanjenje troškova
 - smanjenje oštećivanja
 - povećanje iskoristivosti prostora i opreme
 - povećanje produktivnosti
 - poboljšanje uvjeta rada

Tok materijala

- Pod pojmom **analiza toka materijala** podrazumjeva se prikaz toka materijala - definiranje kretanja (transporta) i mirovanja materijala u procesima.
- Za analizu toka materijala koriste se različite grafičke i analitičke metode, pri čemu prikazi mogu biti i kvalitativni i kvantitativni.
- Grafičke metode pogodne su kao sredstvo vizualizacije toka materijala, ali ne i kao osnova za matematičku analizu. Za primjene matematičkih metoda u rješavanju problema rukovanja materijalom (minimizacija toka materijala) nužne su matrice toka materijala za analitički prikaz toka materijala
- Metode prikaza toka materijala su:
 - Sankeyev dijagram
 - Karta redoslijeda postupaka (karta toka materijala)
 - Karta redoslijeda operacija
 - Dijagram toka materijala u tlocrtu
 - Blok dijagram toka
 - Posebni dijagrami
 - Matrice od-do
 - Matrica odnosa

Summary		Product	Form	No.
Assemblies	7	1	1	1
Operations	10	1	1	1
Transportations	10	1	1	1
Inspections	1	1	1	1
Delays	1	1	1	1
Storage	3	1	1	1
Total	34	5	5	5
Distance travelled	10	1	1	1

Tok materijala

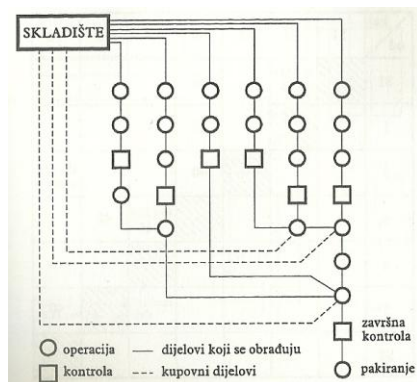
- Karta redoslijeda postupaka (eng. *flow process chart*, njem. *Materialflussbogen*)
- Karta redoslijeda postupaka koristi oznake za operacije izrade, transporta, skladištenja i zastoja (čekanja)
- Vertikalna linija spaja simbole redoslijedom kako se izvode aktivnosti

Details of	Present Proposed	Method	Operation	Transport	Inspection	Storage	Quantity	Est. time	Notes
1.	Stored in storeroom	○ □ □ □ □					1200	0:15	Finished stock thinner one box contains 1,200 four stock slabs 12,400
2.	To sifter groover by hand truck	○ □ □ □ □					1200	2:00	One pass thru tandem #1 machines
3.	Slab cut in bottom and four grooves in top	○ □ □ □ □					1200	0:15	Hand truck
4.	To lead laying machine (one half lot - see 9)	○ □ □ □ □					1200	0:15	Stock delay between lots at four grove can be fore starting next size
5.	Wait for lead layer	○ □ □ □ □					1200	-	Loaded during machine operation
6.	Loaded in machine magazine	○ □ □ □ □					1200	-	Push bar mach. pushes slabs from bottom of mag. under lead hopper
7.	Lead layed in slab	○ □ □ □ □					1200	0:40	Inspected by machine tender on steel bench slide on way to topper
8.	Inspected for full leads. Moved to topper (see 12)	○ □ □ □ □					1200	0:00	During machine time
9.	To glue topper (one half lot - see 4)	○ □ □ □ □					1200	0:15	Hand truck
10.	Wait for glue topper	○ □ □ □ □					1200	-	Refer to 5
11.	Loaded in glue machine magazine	○ □ □ □ □					1200	-	Glue topper loads 25 slabs at time into mag. - 24 tracks @ 10 min/load
12.	Glued	○ □ □ □ □					1200	-	Push bar mach. pushes slab over glue wheel into toping position
13.	Topped and turned	○ □ □ □ □					1200	1:40	Topper places glued slab on lead slab and turns on edge
14.	Assembled slabs Clamped by topper	○ □ □ □ □					1200	0:00	Topper clamps unit of 25 assembled slabs - 24 units (topper paced by layer)



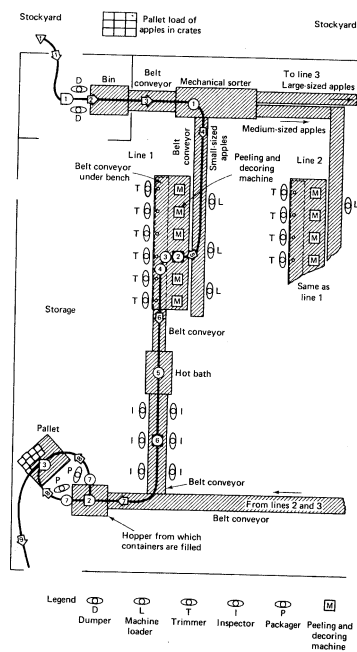
Tok materijala

- Karta redoslijeda operacija (eng. *operations process chart*)
 - Karta redoslijeda postupaka koristi oznake za operacije i kontrole
 - Kvalitativan prikaz toka materijala kroz operacije



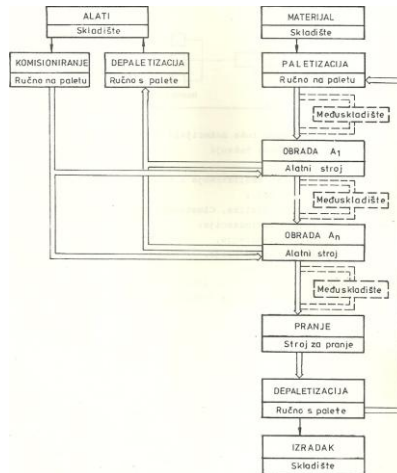
Tok materijala

- Dijagram toka (eng. *flow chart*)
 - Vizualno prikazuje tok materijala
 - Kretanje se prikazuje linijom u točtu pogona
 - Prikaz toka materijala može biti i kvantitativan (debljina linije u mjerilu, kao kod Sankeyevog dijagrama)



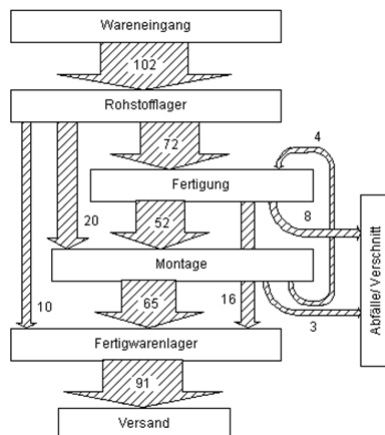
Tok materijala

- Blok dijagram toka (eng. *block flow diagram*)
 - Operacije se označavaju blokovima
 - Linije kvalitativno prikazuju tijek materijala između operacija



Tok materijala

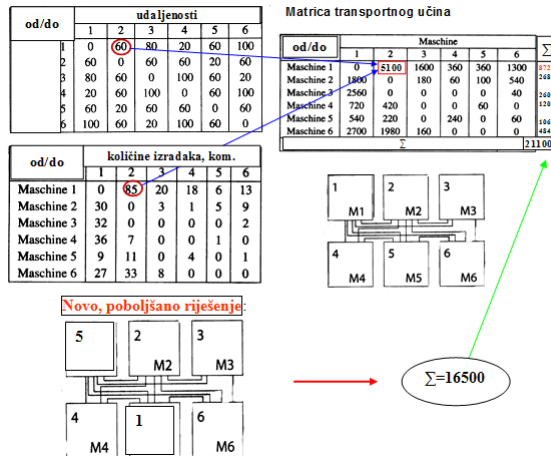
- Sankeyev dijagram
 - Prema autoru *Matthew Henry Phineas Sankey (1853.-1921.)*
 - Grafički kvantitativan prikaz toka materijala
 - Debljina „linije” toka materijala predstavlja količinu



Tok materijala

- **Primjer - izračuna transportnog učina i utjecaj promjene layouta**

- ZADATAK: Treba analizirati rješenje layouta u jednom pogonu, ako su poznati podaci o količinama izradaka na strojevima (šest strojeva) i raspored – udaljenosti među njima u pogonu.



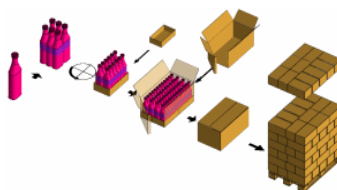
Jedinični tereti

- **JEDINIČNI TERETI**

- Iako su svi spomenuti principi rukovanja materijalom važni i primjenjivi u brojnim situacijama za postizanje učinkovitijeg rukovanja, jedan princip zaslužuje posebnu pozornost, a to je princip jediničnog tereta.
- **Jedinični teret**, ili logistički jedinični teret, logistička jedinica (engl. *Unit load*, njem. *Ladeeinheiten*, *Logistische Einheit*), je onaj teret kojim se rukuje (transportira i uskladištuje) kao jednim entitetom i jednim zahvatom (paleta, sanduk, spremnik,...), neovisno o broju pojedinačnih komada koji čine takav teret.
- Jedan ili više komada postavljenih na posebna **sredstva za odlaganje** čine jedinični teret.
- Jedinični tereti mogu biti određeni i na druge načine, npr. u obliku snopa cijevi, paketa limova itd.
- Jedinični teret ne mora nužno sadržavati više identičnih predmeta.
- Ovisno o fazama logističkih procesa ovaj opći naziv se pojavljuje kao:
 - Jedinica transportiranja JT
 - Jedinica skladištenja JS
 - Jedinica komisioniranja JK
 - Jedinica pakiranja JP
 - Jedinica rukovanja JR
 - Jedinica otpreme

Jedinični tereti

- Glavna prednost primjene jediničnih tereta je sposobnost da se sa više pojedinačnih komada rukuje jednim zahvatom, smanjujući time broj prijevoza, vremena utovara i istovara, vrijeme za brojanje količine, mogućnost grešaka, ali i povećavajući sigurnost i zaštitu ljudi, opreme, robe i okoline. Primjena jediničnih tereta omogućuje mehanizaciju i automatizaciju procesa.
- Primjena jediničnih tereta danas u logistici je praktički nezamjenjiva. Najočigledniji primjeri su pojava paleta i paletizacija, te kasnije kontejnera i kontejnerizacija.
- Veličina jediničnog tereta može znatno varirati, od pojedine kutije do kontejnera intermodalnog transporta, a integritet (formiranje) jediničnog tereta također se ostvaruje na različite načine (materijal u nekom sredstvu za oblikovanje jediničnog tereta -npr. kutija, na nekom sredstvu za oblikovanje jediničnog tereta - npr. paleta, ili grupiranjem - naslagivanjem, vezanjem ili omatanjem).
- Veličina jediničnog tereta može biti (i vrlo često jest) različita u različitim dijelovima lanca opskrbe (i poduzeća).
- Rješavanje oblikovanja jediničnih tereta započinje u najranijoj fazi oblikovanja proizvoda i oblikovanja procesa (primjenom kriterija koje treba zadovoljiti, i to u svim fazama životnoga vijeka).

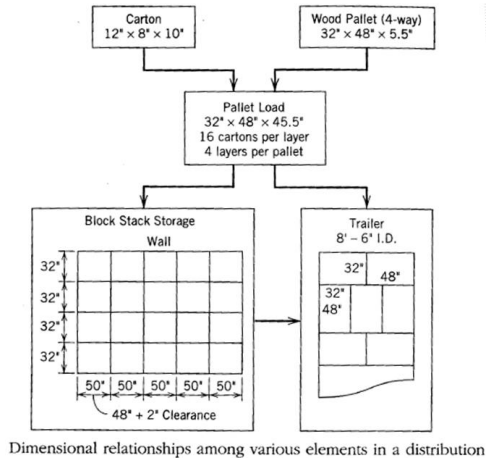


Jedinični tereti

- Na određivanje veličine jediničnog tereta utječu mnogu faktori:
 - Broj prijevoza
 - Primjenjena metoda (ručno rukovanje ima limite glede težine i dimenzija).
 - Primjenjena oprema (mogućnost zahvata, dimenzije opreme).
 - Količina materijala u jediničnom teretu (vrijeme ciklusa proizvodnje serije, zalihe u procesu, prostor odlaganja materijala).
 - Sigurnost i zaštita (od ozljeda, od oštećivanja i otuđenja).
 - Skladišne metode (mogućnost naslagivanja, iskoristivost raspoloživog prostora).
 - Transformaciji u druge (veće ili manje) jedinične terete kroz proces proizvodnje i distribucije.
- Veći jedinični tereti:
 - Manje prijevoza
 - Potrebna veća oprema za rukovanje (nosivost, dimenzije)
 - Moguće potrebni veći prolazi (prostor)
- Manji jedinični tereti
 - Suprotno od gore navedenog
 - Manje zaliha materijala u procesu proizvodnje (JIT proizvodnja)
- Iz tog razloga možemo reći da je određivanje veličine jediničnog tereta zapravo **kompromis** između više faktora (zahtjeva).

Jedinični tereti

- Ilustracija
 - Veze između različitih veličina jediničnih tereta (gotovi proizvodi u distribuciji)



Dimensional relationships among various elements in a distribution

Jedinični tereti

- Ilustracija
 - Utjecaj veličine jediničnog tereta na vrijeme završetka izrade serije

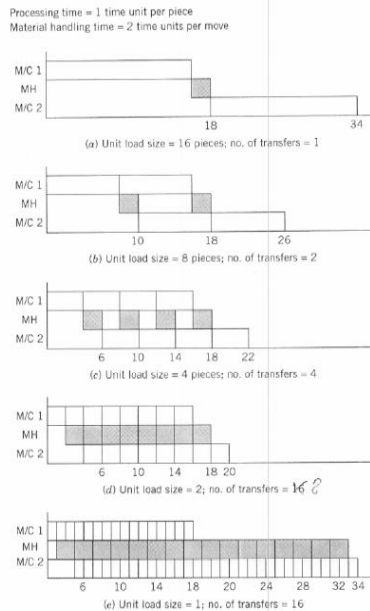


Figure 5.3 Effects of unit load size on job completion times.

Jedinični tereti

- **Sredstava za odlaganje**
- Sredstva za odlaganje ili sredstva za oblikovanje jediničnih tereta su sredstva pomoću kojih se oblikuje jedinični teret (Eng. *containers*)
 - Pod pojmom sredstva za oblikovanje jediničnog tereta u širem smislu mogu se smatrati i oprema/uređaji koji se koriste za formiranje jediničnih tereta (eng. *unitizing equipment, unit load formation equipment*) kao što su paletizatori i omatalice.
- Najčešća sredstva za oblikovanje jediničnih tereta su palete (ravne, kutijaste, s okvirom), sanduci, stalci, kontejner, kutije, kasete, košare i dr. sa ili bez mogućnosti naslagivanja, izrađenih od različitih materijala ili kombinacija materijala.



Jedinični tereti

- **Paletizacija**
- Pojam **paletizacije** u literaturi se različito definira:
 - Paletizacija je proces primjene paleta u prijevozu robe.
 - Paletizacija je skup organizacijski povezanih tehnoloških procesa i sredstava u cilju automatizacije manipulacije i transporta od mjesta izvora sirovina do mjesta potrošnje.
 - Paletizacija podrazumijeva oblikovanje jediničnih tereta koje omogućuju rukovanje materijalom u većim cjelinama i time olakšava i ubrzava utovar-istovar, poboljšava korištenje sredstava za rukovanje, transport i skladištenje i omogućava mehanizaciju manipulativnih operacija.
- Značaj paletizacije
 - U stručnoj se literaturi mogu naći podaci da primjena paleta u manipuliranju komadne robe omogućuje vremenske uštede za 3 do 4 puta. Iznose se i podaci da se uporabom paleta u poljoprivredi smanjuju troškovi u svim tehnološkim operacijama za oko 40%, a u građevinarstvu i više. Učinci u procesu samog prijevoza procjenjuju se na oko 30%.
 - Kad je riječ o utjecaju na produktivnost, upozorava se da je u građevinarstvu povećanje produktivnosti nakon primjene paleta moguće i do 70%, a u prometu se neproduktivno vrijeme smanjuje za oko 50%. U metalnoj industriji govori se o uštedi do 35%, elektroindustriji do 31%, grafičkoj industriji do 54% i prehrambenoj industriji do 70%.

Jedinični tereti

- **Paletizacija**

- Prednosti i nedostaci paletizacije

Prednosti	Nedostaci
<ul style="list-style-type: none"> - smanjenje težine i cijene transporta ambalaže - smanjenje oštećenja i gubitaka robe - ubrzanje operacija utovara i istovara - svedenje broja ručnih manipulacija na minimum - smanjenje radne snage zbog smanjenja ručnih operacija - veći stupanj iskoristivosti kapaciteta sredstava i opreme za rukovanje materijalom - velika ušteda skladišnog i transportnog prostora - higijenska zaštita robe - minimiziranje troškova administrativno - tehničkog osoblja 	<ul style="list-style-type: none"> - troškovi imovine - gubitak i nestanak paleta - česta oštećenja i popravci paleta - održavanje paletnog fonda - problematika razmjene paleta - evidencije paleta

Jedinični tereti



- **Paleta**

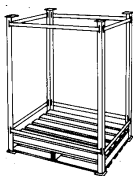
- Paleta je ravna struktura koja se koristi kao bazu za automatsko ili ručno rukovanje robom u opskrbnom lancu. Koristi se za pohranu, zaštitu i prijevoz robe u opskrbnom lancu, a njome se rukuje sredstvima za rukovanje materijalom, kao što su viličari, paletna vozila ili konvejeri, skladište se u regalima ili podno, prevoze u transportnom vozilu. Paleta je najčešće sredstvo za oblikovanje paletnog jediničnog tereta (paleta + nasloženi materijal na nju), obično osigurana omatanjem, vezivanjem, ili nekim drugim načinom.
- Pojava prvih paleta prije nekoliko stotina godina, samo za odlaganje
- Početak 20. stoljeća i pojava viličara utječe na razvoj paleta – mogućnost prijevoza i naslagivanja
- Najveći zamah paletizaciji tijekom Drugog svjetskog rata, kada je iz Amerike trebalo premjestiti veću količinu prehrambenih proizvoda i druge robe za opremu vojske i stanovništva iz prekomorskih zemalja. Vidjevši efikasnost takvog sustava, takav je način prihvatila odmah i industrija, pa je danas praktično sav promet robe paletiziran, osim naravno kada s obzirom na specifičnost robe to nije moguće.
- Danas se u svijetu koristi veliki broj različitih paleta (kao posljedica različitih standarda, ali i zahtjeva koji se javljaju u lancima opskrbe). Iz tog razloga su i različite podjele paleta (s obzirom na kriterij podjele):
 - Podjela prema obliku
 - Podjela prema namjeni
 - Podjela prema dimenzijama
 - Podjela prema materijalu izrade

Jedinični tereti

- **Podjela prema obliku palete**
 - Najčešće palete u primjeni su **ravne palete**, ravne podloge sa ili bez nožica, na koju se slažu pojedini komadi robe
 - Dvoulazne i četveroulazne



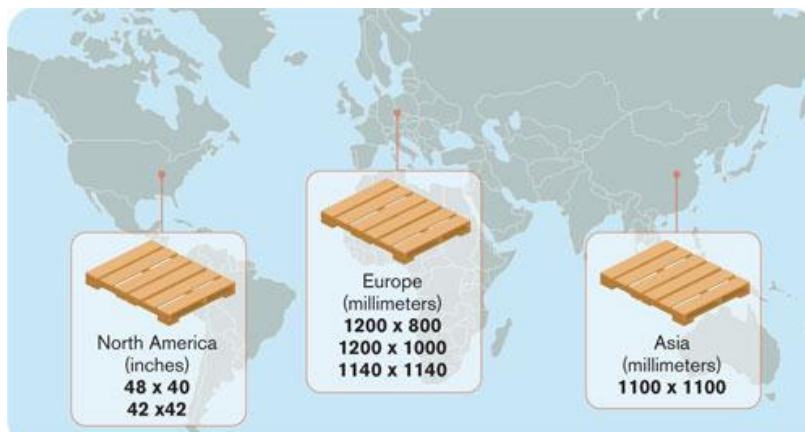
- Palete mogu biti sa nadgradnjom, s mogućnošću naslagivanja (**nasložna paleta**), ili s vertikalnim pregradama (pune ili rešetkaste, fiksne ili na rasklapanje) - **box paleta**



- **Podjela prema namjeni**
 - Jednokratne i višekratne
 - Univerzalne i specijalne namjene

Jedinični tereti

- **Podjela prema dimenzijama**
 - Veliki broj različitih dimenzija paleta širom svijeta
 - Različite dimenzije paleta širom svijeta u današnje globalno doba jedna je od prepreka efikasnijoj i učinkovitijoj razmjeni dobara u globalnim opskrbnim lancima.
 - Međunarodna organizacija za standardizaciju (ISO) putem svojeg tehničkog odbora TC51 ustanovila je standarde za 6 međunarodnih dimenzija paleta, temeljem zastupljenosti u raznim regijama svijeta.



ISO Standard 6780: Flat pallets for intercontinental materials handling—Principal dimensions and tolerances

Jedinični tereti

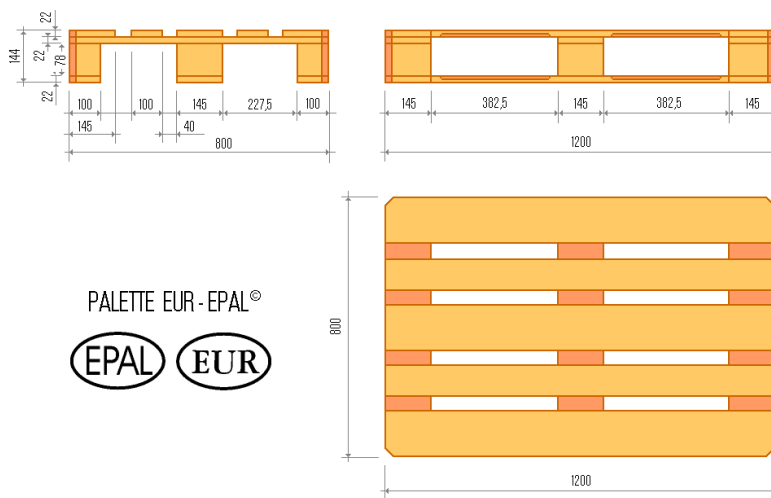
- Podjela prema dimenzijama
 - U Europi postoji mnogo dimenzija paleta
 - Najzastupljenija je Euro paleta, standardnih dimenzija 800x1200x144 mm (Euro-Pallet UIC 435-2)
 - EPAL (European Pallet Association) – organizacija koja se brine za standardizaciju, kontrolu, certificiranje
 - 4 dimenzije euro palete
 - European Pallet Pool (EPP) – sustav razmjene paleta

EUR-Pallets



Jedinični tereti

- Podjela prema dimenzijama
 - Standardni tip Euro paleta



Jedinični tereti

- **Podjela prema materijalu izrade**
 - Iako se vrlo često u definiciji ravne palete kaže da su to „drvene ravne podloge...”, palete mogu biti napravljene od različitih materijala
 - Osim drvenih paleta, koriste se i plastične palete, metalne palete (čelične i aluminijske), te palete od prešanog drveta s dodacima i kartonske palete (procjena 90-95% paleta su drvene palete)

- **Drvene palete**
 - Prednosti:
 - Manja cijena materijala
 - Mogu se popravljati
 - Na njih se može tiskati ili se mogu bojati
 - Naljepnice se lako uklanjaju
 - Popularnost omogućuje univerzalno korištenje
 - Nedostaci:
 - Dimenzije mogu varirati
 - Mogu se oštetiti nepravilnim rukovanjem
 - Sadrže metalne dijelove (čavle) – problem u detekciji metala
 - Moraju se održavati
 - Mogu postati kontaminirane s bakterijama i pesticidima.
 - Težina im varira s obzirom na vrstu drveta i apsorbiranu vlagu
 - Ne mogu se u potpunosti oprati
 - Ne mogu se ulagati jedna u drugu kada su prazne



Jedinični tereti

- **Plastične palete**
 - Prednosti:
 - Precizne i konzistentne specifikacije
 - Ne apsorbiraju vlagu
 - Mogu se dizajnirati tako da se ulože jedna u drugu
 - Nema oštih rubova, čavala
 - Mogu se učinkovito čistiti
 - Potrebno malo održavanja
 - Mogu se proizvesti iz oporabljene (recikliranog) materijala
 - Mogu biti manjih težina
 - Dugotrajne (uz propisno rukovanje)
 - Nisu podložne infekcijama i infestacijama
 - Nedostaci:
 - Viša cijena
 - Ne mogu se prebojavati
 - Teško odljepljivanje naljepnica
 - Ne postoji univerzalni standard



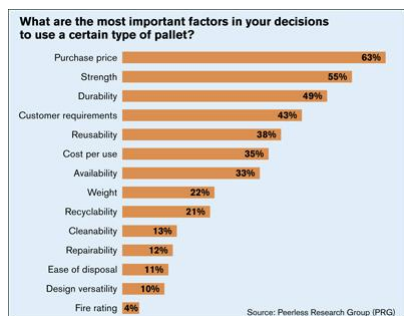
Jedinični tereti

- **Metalne palete**
 - Prednosti:
 - Dugotrajne i mogu izdržati grubo rukovanje
 - Visoke nosivosti (ovisi o specifikacijama)
 - Mogu se prati i nisu podložne infekcijama i infestacijama
 - Potrebno malo održavanja
 - Nedostaci:
 - Mogu se izvitoperiti nepravilnim korištenjem
 - Teške
 - Naljepnice se ne mogu lako odstraniti
 - Vrlo visoka cijena
 - Ne postoje univerzalni standardi
 - Nemogućnost popravka
 - Mogućnost hrdanja



Jedinični tereti

- **Kriteriji za odabir palete**
 - Razni kriteriji za odabir palete
 - Danas u raspravi vrlo aktualan kriterij utjecaja na okoliš (materijal palete)
 - U praksi ipak najznačajniji kriterij troškovi (cijena palete i troškovi korištenja)



Green vs. gold

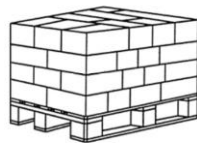
For all the controversy it's stirring up, it's unclear how much effect the great wood vs. plastic debate will ultimately have on the industry. In fact, some observers say that end users aren't even all that concerned about their pallets' sustainability. Scholnick, for example, maintains that while Wal-Mart may be emphasizing eco-friendly packaging, for most other companies, it's a secondary, or even tertiary, concern. "Other customers with whom I speak, they're not talking about sustainability," he says. "They're looking for the most cost-effective option that they are certain will get their product safely from point A to point B. That's what they're looking for."

Others say customers are genuinely interested in being green, but only if the economics are there. "Customers need a sustainable but also an economically viable option," says Hannum. "And so, the economics of it are still the primary consideration. Does it offer performance for the cost that I need?" □

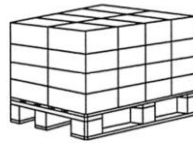
Jedinični tereti

- Oblikovanje paletne jedinice

- Spomenuti faktori koji utječu na veličinu jediničnog tereta vrijede i za paletne jedinice
- Posebice je u fazi pakiranja u paletne jedinice prisutan zahtjev za optimalnim jediničnim teretima budući oni bitno djeluju na racionalnost logističkih sustava i procesa (transport i skladištenje).
- Kriteriji optimalizacije su najčešće iskoristivost površine i volumena jediničnih formi (paletne jedinice), te iskoristivost raspoloživog prostora skladišne lokacije i prostora, te tovarnog prostora transportnog sredstva.
- Shema slaganja (eng. *pattern*) i naslagivanja po visini ima utjecaja na iskoristivost površine palete (volumen paletne jedinice) te na samu stabilnost paletne jedinice
- Ukoliko su slojevi (eng. *layer*) nejednaki, radi se o tzv. kompozitnom slaganju, u suprotnom o tzv. kolumnom slaganju.



a) Verbundstapelung



b) Säulenstapelung

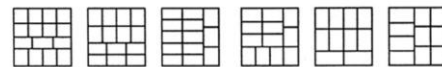
Bild 3.12 Stapelarten

Jedinični tereti

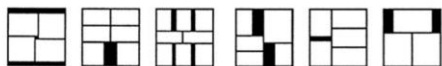
- Oblikovanje paletne jedinice

- Optimalna iskoristivost površine (100%) moguća je samo u slučaju modularnih dimenzija paketa

a) mit einer modularen Packstückeinheit



b) mit einer nicht modularen Packstückeinheit



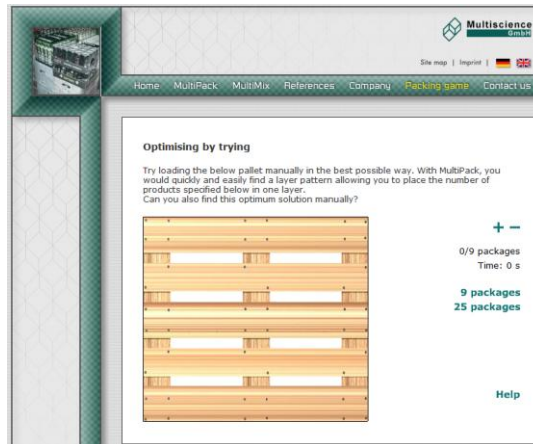
- Određivanje (optimalnog) rasporeda robe na paleti (sheme slaganja)

- Heurističke metode
- Optimalni algoritmi (matematički modeli)
- Software-ski paketi
 - Multipack
 - Cape Pack
 - Quick Pallet Maker
 - ...

Abmessungen der Packstücke	Palettenmaße			Flächenausnutzung in %
	800 × 1000	800 × 1200	1000 × 1200	
200 × 200		100		100
265 × 200		100		98
400 × 300		90		100
600 × 200		90		100
φ 200		78		78
φ 265		76		75

Jedinični tereti

- Oblikovanje paletne jedinice
 - Ilustracija složenosti određivanja optimalne sheme slaganja
<http://www.multiscience.de/en/index.php?content=game>



Jedinični tereti

- Oblikovanje paletne jedinice
 - Ilustracija vizualizacije mix palete
<http://www.koona.com/qpm/index.html>

