

# 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 3: TRANSPORTNI SUSTAVI – AGV

- Automatizirani transportni sustavi
  - AGV sustavi –definicija
  - Vrste AGV vozila
  - Funkcije AGV sustava
  - Ilustracije primjene

## Transportni sustav i transportni proces

### • Automatizirano rukovanje materijalom

- Automatizirano rukovanje materijalom odnosi se na upravljanje tokovima materijala i informacija primjenom automatskih sredstava rukovanja i elektroničke opreme.
- Uz prednosti koje nosi automatizacija u vidu učinkovitosti i brzine, automatizacija rukovanja materijalom smanjuje potrebu za ljudima da rade operacije ručno. To značajno smanjuje troškove, ljudske greške i ozljede.
- Općenito, automatizacija rukovanja materijalom uključuje sve procese u kojima se primjenom opreme automatiziraju neke aktivnosti rukovanja materijalom u proizvodnji (npr. primjena robota u proizvodnji), transporta, skladištenja, ali i identifikacije, sortiranja, pakiranja, brojenja, i dr.

### • Automatizirani transportni sustavi

- Automatizirani transportni sustavi su sustavi transporta u kojima su tokovi materijala i tokovima informacija podržani računalom.
- U pravilu automatizacija transportnih sustava nema ograničenja u pogledu primjene vrste transportnih sredstava. Sustavi s konvejerima čest su primjer automatiziranih sustava transporta.
- Kao posebnost, mogu se navesti automatizirani sustavi podnih vozila bez vozača – sustavi automatski vođenih vozila AGV (eng. *automated guided vehicles*)

\* Automatizirani skladišni sustavi (uključujući i automatske dizalice), automatizirani sustavi za sortiranje, automatizirani paletizatori, sustavi automatske identifikacije predaju se u nastavku i kolegiju „Posebna poglavlja tehničke logistike”

## Transportni sustav i transportni proces

### • Automatski vođena vozila - AGV

- (eng. *Automated guided vehicle*)
- Automatski vođena vozila su definirana kao vozila s vlastitim pogonom, vlastitim izvorom energije te uređajima za prekrcaj, namijenjena transportu materijala.
- Druga definicija automatski vođenih vozila kaže da su to podna transportna vozila bez vozača, računalno upravljana, najčešće na električni pogonom s baterijama.
- Početak primjene automatski vođenih vozila povezuje se s postignućem američke firme „Barrett Vehicle Systems“ koja je 1953. godine po prvi puta uspjela automatizirati jedno vučno vozilo.
- Velik poticaj razvoju bio je i napredak u vezi s izvorima energije za automatizirana vozila, i također napredak i postignuća računalnih i IT tehnologija. Veliki zamah u primjeni ovih vozila počinje 70-ih godina prošlog stoljeća, kada Volvo implementira sustav od 280 automatski vođenih vozila u procesu montaže automobila.
- Danas se mogu naći primjene u raznim industrijama (transport sirovina, poluproizvoda, gotovih proizvoda), uslugama (npr. u bolnicama), skladištima i distribucijskim centrima, lukama i terminalima (transport kontejnera).



## Transportni sustav i transportni proces

### • Automatski vođena vozila - AGV

- Vrste AGV vozila
- Danas se u AGV sustavim koriste razne uzvedbe podnih vozila, a shodno karakteristikama izvedbi i primjeni mogu se sistematizirati kao:
  - Vučna vozila (eng. *towing vehicles*)
  - Paletna vozila (eng. *pallet trucks*)
  - Vozila jediničnih tereta/platformska vozila (eng. *unit-load vehicles*)
  - Viličari (eng. *fork trucks*)
  - Vozila specijalne namjene
- **Vučna vozila** su najstariji tip AGV vozila. Mogu vući više prikolica/vagona pa im se kapacitet kreće od 4 do 25 tona. Obično imaju primjenu u transportu velikih količina tereta na veće udaljenosti, između pogona, iz/u skladišta u pogon. Mogućnost utovara i istovara tereta na više mjesta unutar rute.



## Transportni sustav i transportni proces

### • Automatski vođena vozila - AGV

- Vrste AGV vozila
- **Paletna vozila** namjenjena su za transport paletiziranog materijala (zahvat s poda, pa su praktički to automatizirani niskopodizni plaetni viličari).
- Osim automatiziranog prijevoza materijala (bez vozača), utovar takođe može biti automatiziran (nužnost točnog pozicioniranja tereta), ili je manualan (od strane operatera koji rukuje vozilom pri utovaru/istovaru).



## Transportni sustav i transportni proces



- **Automatski vođena vozila - AGV**

- Vrste AGV vozila
- **Vozila jediničnih tereta (platformska vozila)** su vozila opremljena platformama koje omogućuju transport jediničnih tereta ali često i automatski pretovar. Primjenjuju se kod transporta na kraće udaljenosti visokim protokom, a zbog sposobnosti automatskog povezivanja s konvejerima, radnim stanicama i automatiziranim skladišnim sustavima često su integrirani u automatizirani proizvodni ili skladišni sustav.
- Platforme su izvedene kao pogonjeni trakasti, valjčani ili lančani konvejer, podizne platforme, platforme s teleskopskim vilicama.
- Tereti se mogu pretvariti na/sa ovih vozila i ručno, odnosno korištenjem drugih sredstava (granika, viličara).



## Transportni sustav i transportni proces



- **Automatski vođena vozila - AGV**

- Vrste AGV vozila
- **Viličari** su najnoviji tip AGV vozila, s mogućnošću transporta i pretovara paletiziranih jediničnih tereta osim na razini poda i na višim razinama, pa i u regale. Primjena im je u sustavima kod kojih se zahtjeva automatski utovar i istovar, a razina pretovara varira. S obzirom na cijenu, opravdanost ovakvih vozila nalazi se u sustavima kad je potrebna potpuna automatizacija i veća fleksibilnost u povezivanju s ostalim podsustavima.



## Transportni sustav i transportni proces

- **Automatski vođena vozila - AGV**

- Vrste AGV vozila
- **Vozila specijalne namjene** su AGV vozila posebnih izvedbi, za terete izrazito nepravilna oblika ili velike težine, AGV vozila za montažu.



## Transportni sustav i transportni proces

- **Automatski vođena vozila - AGV**

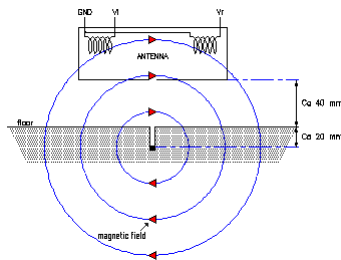
- Osnovne funkcije AGV sustava
  - Vođenje (eng. *Guidance*)
  - Usmjeravanje (eng. *Routing*)
  - Upravljanje/regulacija prometa (eng. *Traffic management*)
  - Pretovar (eng. *Load transfer*)
  - Upravljanje sustavom (eng. *System management*)
- Vođenje je funkcija sustava koja omogućuje vozilu da prati predefiniranu stazu. Postoje razne metode vođenja u primjeni (principi vođenja), a mogu se podijeliti u vođenje fiksnim putevima i slobodnim putevima
  - Mehaničko vođenje
  - Vođenje žicom (indukcijsko vođenje)
  - Vođenje trakom (optičko vođenje, magnetsko vođenje)
  - Lasersko vođenje
  - Žiroskopsko vođenje
  - Vizijsko vođenje

## Transportni sustav i transportni proces

### Automatski vođena vozila - AGV

#### Principi vođenja AGV sustava

- Mehaničko vođenje** je najstariji tip vođenja, korištenjem utora u podu ili tračnica. Najnefleksibilniji tip vođenja
- Vođenje žicom (indukcijsko vođenje)** ostvaruje se vodičem ugrađenim u pod i upravljačkim uređajem na vozilu. U prošlosti najprimjenjivana metoda vođenja (ali i danas česta u primjeni) je indukcijsko vođenje. Indukcijsko vođenje ostvaruje se vodičem ugrađenim u pod i upravljačkim uređajem na vozilu. Prolazom električne struje kroz vodič stvara se magnetsko polje koje u zavojnicama antene na vozilu inducira napon. Razlika napona u zavojnicama antene glavni je parametar za regulaciju smjera kretanja vozila



## Transportni sustav i transportni proces

### Automatski vođena vozila - AGV

#### Principi vođenja AGV sustava

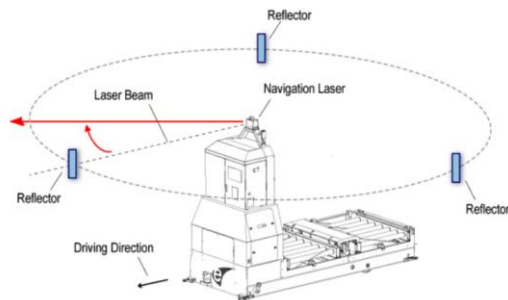
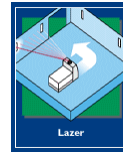
- Vođenje trakom (optičko vođenje)** ostvaruje se ucrtanom ili zalijepljenom trakom na podu i uređajem na vozilu koje detektira kontrast. U primjeni od 1970-ih godina, uglavnom u neindustrijskom okruženju.
- Varijacije su kemijsko vođenje (traka se ne vidi, a vozilo posebni ultra-ljubičastim svjetlom detektira putanju), odnosno magnetsko vođenje (magnetska traka)
- Prednosti su u lakom proširenju i izmjeni mreže puteva, jeftinijoj izgradnji mreže, „pasivnom” vođenju (ne treba energizirati mrežu), a nedostaci u potrebnom održavanju čistoće poda.



## Transportni sustav i transportni proces

### • Automatski vođena vozila - AGV

- Principi vođenja AGV sustava
- Lasersko vođenje uvedeno je u primjenu u ranim 1980-im, a bazira se na pozicioniranju pomoću koordinata koje se određuju reflektiranjem laserskih zraka od fiksnih reflektora (na zidovima, stupovima, regalima). Takav sustav je najveće fleksibilnosti i jednostavne instalacije. „Mapa“ puteva nalazi se u memoriji računala vozila.



## Transportni sustav i transportni proces

### • Automatski vođena vozila - AGV

- Principi vođenja AGV sustava
- Žiroskopsko vođenje (inercijalno vođenje) razvilo se 1990-ih godina. Bazira se na korištenju žiroskopa na vozilima koji detektiraju kretanje vozila – za održavanje putanje, te u podu smješteni s određenim razmacima magnetna kao referentnih točaka za korekciju položaja. „Mapa“ puteva takođe se nalazi u memoriji računala vozila.
- Vizijsko vođenje se pojavljuje unatrag par godina, korištenje kamera za navigaciju usporedbom sa snimljenom okolinom.



### GP8 Pallet Truck Vision-Guided Pallet Truck

**SAFETY. SAVINGS. PRODUCTIVITY.**  
Seegrid's Robotic Industrial Trucks Deliver

So advanced, it's simple. The unmanned GP8 pallet truck transports products with vision-guided technology. Position the GP8's forks under the pallets you want to move, input the route on the keypad and the Robotic Industrial Truck travels without wires, tapes or lasers. From putaway, transfers and selection to long hauls and cross-docking, the GP8 will reduce your cost per move. Extend workforce productivity, improve safety and lower operating costs while giving your operations personnel track and route control.

Warehouse material handling solutions come in many forms. The Seegrid series of Robotic Industrial Trucks can often times replace Automated Guided Vehicles, conveyor systems and electric pallet jacks. The robotic trucks optimize your warehouse using vision-guided automation, increase worker productivity and safety and decrease costs normally associated with manned travel distances.



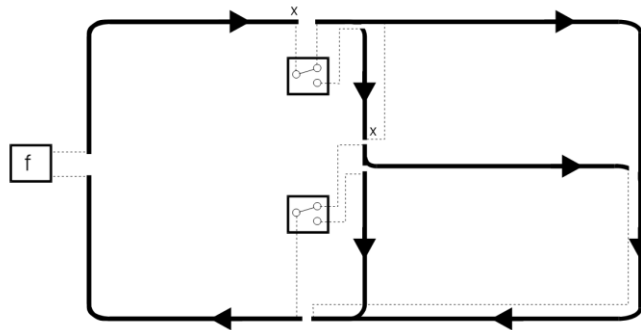


## Transportni sustav i transportni proces

- **Automatski vođena vozila - AGV**

- Usmjeravanje vozila

Metodom izbora prekidačem vozilo nakon dolaska do točke odlučivanja i daje nalog uređaju koji uključuje jednu stazu, dok drugu isključuje. Vozilo tako može pratiti samo jednu stazu i time je usmjeravanja obavljeno.

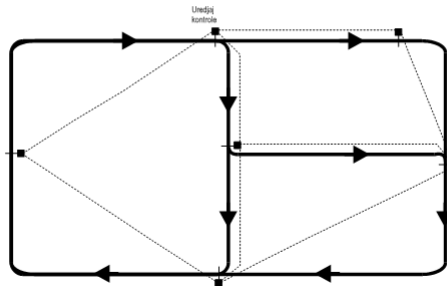


## Transportni sustav i transportni proces

- **Automatski vođena vozila - AGV**

- Regulacija prometa

Metoda distribuirane kontrole zone koristi individualnu kontrolu svake zone, povezane međusobno samo sekvencijalno. Uređaj kontrole zone povezan je s kočnicom pomoću koje se određeno vozilo zaustavlja pri ulasku u zonu ukoliko se u toj zoni nalazi neko drugo vozilo. Kada to vozilo napusti zonu i nastavlja vožnju u slijedećoj, uređaj slijedeće zone šalje signal uređaju zone ispred da isključi kočnicu. Shematski prikaz dan je slikom.



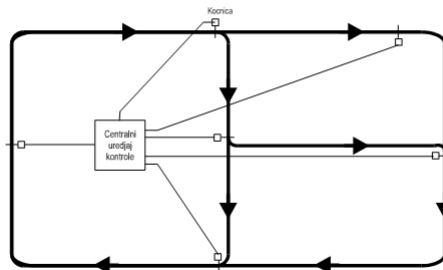
Metoda distribuirane zone kontrole

## Transportni sustav i transportni proces

- **Automatski vođena vozila - AGV**

- Regulacija prometa

Metoda **centralne kontrole zone** koristi isti princip, samo što kočnicama upravlja jedan centralni kontroler. Umjesto da svaka zona ima svoj kontrolni uređaj, centralni kontroler regulira cijelu mrežu. Kada vozilo dođe do kontrolne točke (ulaza u zonu), to javlja centralnom kontroleru, te ukoliko je slijedeća zona slobodna, centralni kontroler javlja vozilu da može ući. U protivnom, vozilo čeka na dozvolu.



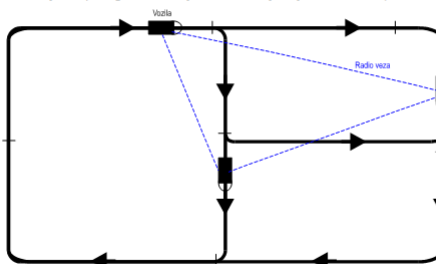
Metoda centralne kontrole zone

## Transportni sustav i transportni proces

- **Automatski vođena vozila - AGV**

- Regulacija prometa

Metoda **kontrole zone vozilima** je najnovija metoda, u kojoj vozila sam komuniciraju radio vezom, te nema potrebe za kontrolnim uređajima. Prelaskom preko oznake za početak zone, vozilo šalje tu informaciju drugim vozilima. Drugo vozilo pri ulasku u tu zonu staje i čeka dok ne dobije informaciju od prvog vozila da je ušlo u svoju slijedeću zonu (slika 10.)



Slika 10. Kontrola zone vozilima

## Transportni sustav i transportni proces

### • Automatski vođena vozila – AGV

- **Prednosti i nedostaci**
- Kada i zašto uvesti automatizirani sustav vođenih vozila? Slično kao i kod ostalih automatizacija, i ovdje je glavni poriv povećanje produktivnosti i efikasnosti. Normalno, za opravdanost investicije potrebni su određeni preduvjeti. Općenito, AGV sustavi primjenjuju se u situacijama sa srednjim transportnim intenzitetom, najčešće repetitivnog kretanja materijala, na udaljenostima većim od 50 metara, pogotovo u višesmjenskom radu.
- U usporedbi s ostalim načinima automatizacije transporta, ovi sustavi su daleko fleksibilniji s obzirom na promjene puteva i proširenje sustava (kako proširenje same mreže puteva, tako i kapaciteta sustava dodavanjem vozila). Sama vozila ne predstavljaju permanentnu prepreku kao što je to slučaj sa konvejerima.
- U usporedbi sa sustavima klasičnih podnih vozila AGV sustavi smatraju se sigurnijima po pitanju nezgoda i oštećenja (kako vozila tako i opreme i objekata), zbog ugrađenih sustava sigurnosti (razni senzori, zvučna i svjetlosna signalizacija), dok jasno ljudski faktor kao najveći uzrok pogrešaka i nezgoda ne postoji. Centralnim upravljanjem sustavom praktički se osigurava i automatsko praćenje kretanja materijala unutar pogona odnosno skladišta.
- Cijena sustava, odnosno pojedinog vozila ovisi o konkretnoj izvedbi. Cijena npr. automatski vođenog vozila za jedinične terete, nosivosti do 3 tone, kreće se u rasponu od 50.000 dolara za izvedbe s ručnim pretovarom tereta, bez centralnog upravljačkog sustava, s manualnim odašiljanjem vozila na zadatke, pa do 350.000 dolara za izvedbe s automatskim pretovarom i centralnim sustavom automatskog upravljanja. Osim metode vođenja, načina pretovara i upravljanja sustavom, izvedba sustava (a time i ukupna cijena) ovisi i o broju vozila u mreži puteva, kao i o samoj kompleksnosti mreže. U slučaju većeg broja vozila i mreže puteva s raskrižjima, vozila odnosno sustav moraju imati sposobnost usmjeravanja – odabira optimalnog puta do odredišta, kao i sposobnost upravljanja prometom – izbjegavanja sudara s drugim vozilima, istovremeno maksimizirajući protok vozila (a time i protok samog transportiranog materijala). Iako ima instaliranih sustava sa samo jednim vozilom, pa do ogromnih sustava sa po čak nekoliko stotina vozila, prosječni novoinstalirani sustav sastoji se od 6 vozila.

## Transportni sustav i transportni proces

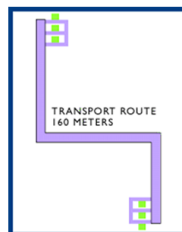
### • Automatski vođena vozila – AGV

- Primjer analize troškova

#### **Primjer 1.**

Transportni ciklus duljine 160 m.  
Protok 27 600 pal./god.po smjeni

- a) 2 paletna vozila, 100% ručno rukovanje  
b) 2 LGV-a, 100% automatsko rukovanje



Smjene	1 smjena		2 smjene		3 smjene	
	120 pal./dan		240 pal./dan		360 pal./dan	
Tip transporta	100% ručno	100% autom.	100% ručno	100% autom.	100% ručno	100% autom.
Troškovi radne snage	120000	0	240000	0	360000	0
Administrativni troškovi	7353	2206	11765	4412	16176	6618
Troškovi opreme	11134	79630	11134	79630	11134	79630
Ukupni godišnji troškovi	138487	81836	262899	84042	387311	86248
Logistički troškovi/JT	5,02	2,97	4,78	1,52	4,68	1,04

## Transportni sustav i transportni proces

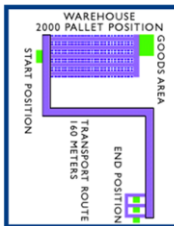
### • Automatski vođena vozila – AGV

- Primjer analize troškova

#### Primjer 2.

Odlaganje i izuzimanje palete iz skladišta kapaciteta 2000 paletnih mjesta, visine 4 m, 4 razine. Transportni ciklus duljine 160 m plus duljina prolaza u skladištu. Protok 27 600 pal./god. po smjeni

- 2 regalna viljučara, 100% ručno rukovanje  
2 paletna vozila, 100% ručno rukovanje  
4 čovjeka po smjeni
- 4 LGV viljučara, 50% ručno i 50% automatizirano rukovanje i transport



Smjene	1 smjena		2 smjene		3 smjene	
Protok	120 pal./dan		240 pal./dan		360 pal./dan	
Tip transporta	100% ručno	50%/50% ručno/autom	100% ručno	50%/50% ručno/autom	100% ručno	50%/50% ručno/autom
Troškovi radne snage	240000	120000	480000	240000	720000	360000
Administrativni troškovi	7353	3676	11765	5882	16176	8088
Troškovi opreme skladišta	15374	15374	15374	15374	15374	15374
Troškovi opreme rukovanja	24495	119445	24495	119445	24495	119445
Ukupna godišnji troškovi	287222	258496	531634	380702	776046	502908
Logistički troškovi/JT	10,41	9,37	9,63	6,90	9,37	6,07

## Transportni sustav i transportni proces

### • Automatski vođena vozila – AGV

- Ilustracije primjene – montaža (CASE)

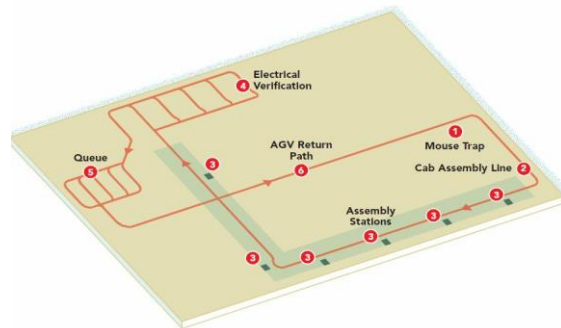
- Za primjer primjene AGV vozila biti će prikazan primjer „John Deer“ koji su problem proizvodnje i montaže traktorskih kabina riješili na način da su uveli odgovarajuću vrstu AGV vozila te kao rezultat uvođenja AGV vozila uštedjeli u radu, dobili sigurnije radno okruženje i poboljšanu kvalitetu.
- Uvođenjem AGV tehnologije zamijenjena je konvencionalna montaža koja se odvijala na konvejerima, sada osoblje može pristupiti traktorskim kabinama koje se nalaze na AGV vozilu sa svih strana, što omogućuje osoblju siguran i kvalitetan rad.
- Kod uvođenja AGV vozila najprije su u tvrtki obavljena detaljna ispitivanja koja je optimalna vrsta AGV vozila i došlo se do zaključka da treba uvesti AGV vozila specijalne namjene koja će osiguravati dovoljnu fleksibilnost, brzinu kretanja, te točnost i pouzdanost.
- Automatski vođena vozila u tvrtki „John Deer“ prevoze traktorske kabine tijekom kompletne izrade kabine i na kraju kontrole kvalitete, sustav je jednostavan i učinkovit, a prikazan je u sljedećim koracima, koristeći oznake na slici na sljedećem slajdu.



## Transportni sustav i transportni proces

### • Automatski vođena vozila – AGV

- Proces započinje kada zavarena i obojana kabina ulazi u proizvodni prostor te se postavlja na AGV vozilo (1), te kreće prema montažnoj liniji (2). Na početku montažne linije sustav automatski očitava serijski broj kabine i pridružuje ga AGV vozilu na kojem se nalazi, te se time točno zna koje je vozilo tokom cijelog procesa prevozilo koju kabinu. Tijekom prolaza kroz montažnu liniju vozilo s kabinom prolazi kroz 12 montažnih stanica (3) i sustav na svakoj bilježi koja je operacija izvršena. Program za pokretanje AGV vozila i pojedini alati na montažnim stanicama su tako podešeni da vozilo ne može krenuti na sljedeću stanicu dok se alat ne vrati u svoj početni položaj, tj. dok ne izvrši operaciju.
- Nakon izlaska iz montažne linije vozilo se kreće s kabinom prema odjelu za provjeru (4) gdje se vrši kontrola kvalitete, te dalje nastavlja prema odjelu za skidanje kabine s AGV vozila (5). Nakon podizanja kabine s vozila vozilo nastavlja povratnom rutom (6) i preuzima sljedeću kabinu te dalje ponavlja proces.



## Transportni sustav i transportni proces

### • Automatski vođena vozila – AGV

- Ilustracije primjene



Industrija papira



Kemijska industrija



Autoindustrija

## Transportni sustav i transportni proces

- **Automatski vodena vozila – AGV**
  - Ilustracije primjene



Avioindustrija



Luke



Metalprerađivačka industrija

## Transportni sustav i transportni proces

- **Automatski vodena vozila – AGV**
  - Ilustracije primjene



Skladištenje



Utovar/istovar kamiona



Komisioniranje

## Transportni sustav i transportni proces

### • Automatski vodena vozila – AGV vs Robotic vehicles/mobile robots

#### Kiva vs. Automated Guided Vehicles

AGVs move things from point A to point B - Period

People who are not familiar with Kiva Systems will often see Kiva Robotic Drive Units (or bots) for the first time and think they are bright orange AGVs. They are not. They are components of a complete warehouse automation solution that delivers world-class productivity, accuracy and flexibility. Automatic Guided Vehicles move things from one place to another along a defined track. The track may be wires embedded in the floor, magnetic tape on the floor or a "trained path" through a fixed environment that requires sophisticated visual systems to navigate the path, but regardless AGVs follow fixed tracks. Never AGVs are capable of navigating several paths, but in the end they are still just moving things from point A to point B. They are purely a replacement for a person with a vehicle who does repetitive moves. This approach may provide legitimate cost savings in a warehouse or manufacturing plant, but it will never automate the labor intensive processes associated with fulfilling orders.



#### The Kiva Approach is a total order fulfillment solution.

Kiva solutions integrate a package of robotic material handling equipment and sophisticated software to provide the most accurate, productive and flexible order processing automation available. The Kiva robotic drive units which are often mistaken for an AGV are actually autonomous robots. They navigate based on a grid of two dimensional barcode stickers that are applied to normal warehouse floors and solid mezzanine decks. The software provides path planning and orchestrates the movement of hundreds of drive units as they carry inventory shelves to and from work stations where operators pick and pack orders. The drive units also carry completed orders around the facility to accomplish value added processing, package finishing and order sortation. There are no fixed paths so any item or order is available to be moved to any operator for processing at any time. The Kiva order fulfillment system is a complete solution that encompasses many processes and is flexible enough to handle most types of merchandise.



	AGV	Driverless Robotic Vehicles
Application and "Fit"	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Horizontal and vertical movement/storage; loading / unloading of materials</li> <li>2) Highly engineered solutions for complex environments where control systems are used to "intelligently" move mobile equipment without human involvement</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Low cost/low complexity repetitive horizontal movement of materials</li> <li>2) Assisted order picking applications where driverless vehicle moves ahead of the operator; involves a high degree of machine and human interaction</li> </ol>

The complete elimination of guide paths, wires or lasers, has resulted in autonomous mobile robots, also known as AMRs. AMRs use computer-based vision systems to navigate through their environment. According to Banerji, Ray, and Datta (2007), "the advantage of this type of robot is that existing manufacturing environment does not have to be altered or modified as in the case of conventional automatic guided vehicles where permanent cable layouts or markers are required for navigation." This type of robot is free to roam and perform tasks anywhere in the facility. This is a clear advantage over AGVs.

## Transportni sustav i transportni proces

### • Automatski vodena vozila – AGV vs Robotic vehicles/mobile robots

AGVs can be used in many different areas including: assembly systems, material handling in production systems, material handling in warehouses and storages, and storage and handling systems that use AGVs. There are three main types of AGVs, which can be customized by a manufacturer.

- AGVs use guide paths with control systems to carry out material handling tasks. Today's laser guided paths are much more flexible than the previous wire paths. AGVs are expensive, costing around \$125,000 including installation cost per vehicle. These types of systems tend to pay for themselves in 24 hours operations.
- AMRs have a distinct advantage over AGVs because they do not rely on a guide path. AMRs see the world using computer-based vision technology and perform tasks without being restrained to a certain area.
- Most vision systems use CMOS based cameras to memorize the area. Vision technology can be applied to AMRs with manipulator arms to pickup items and bring them to other workstations. Two AMRs developed by Seegrid cost \$54,000 and \$65,000 and are significantly cheaper than their AGV counterparts.
- The Seegrid AMRs have demonstrated a low cost investment with high returns, making them ideal for companies with less capital to invest.