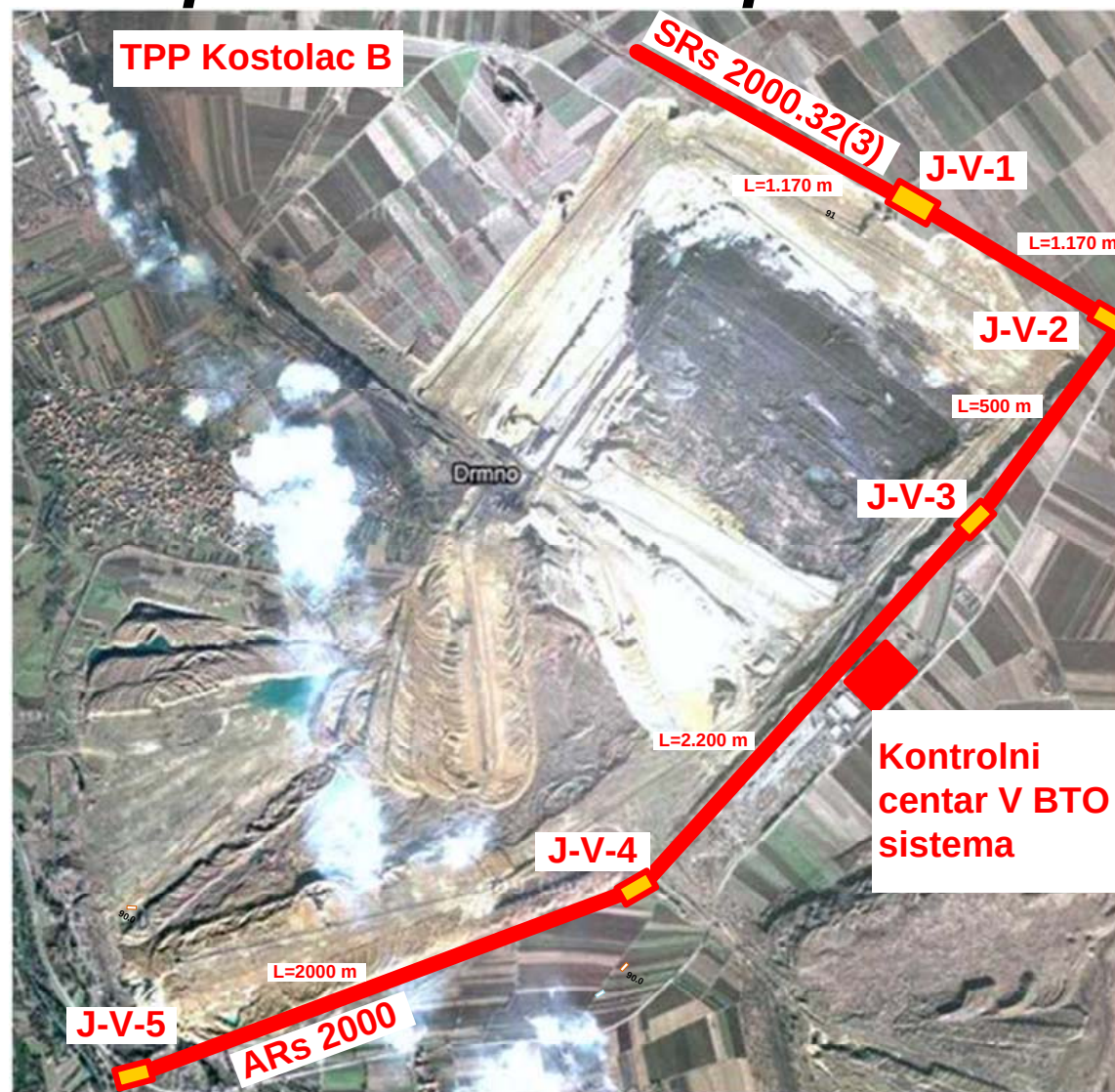


Pogon transportera sa gumenom trakom

- ***Elastično povezani pogoni preko konstruktivnih elemenata postrojenja***
- ***Koriste se za transport rastresitih materijala (uglja, rude i zemlje)***
- ***Na površinskim kopovima koriste se transporteri velikih dužina i kapaciteta***

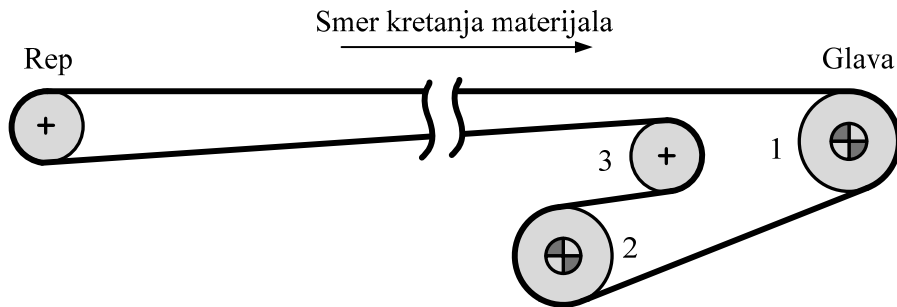
Primer sistema tračnih transportera na površinskom kopu

- Širina trake 2m
- Maksimalna dužina trake 3.25km
- Nominalna brzina 4.65m/s
- Nominalni kapacitet 6600m³/h
- Trenutna dužina sistema na slici 7040km

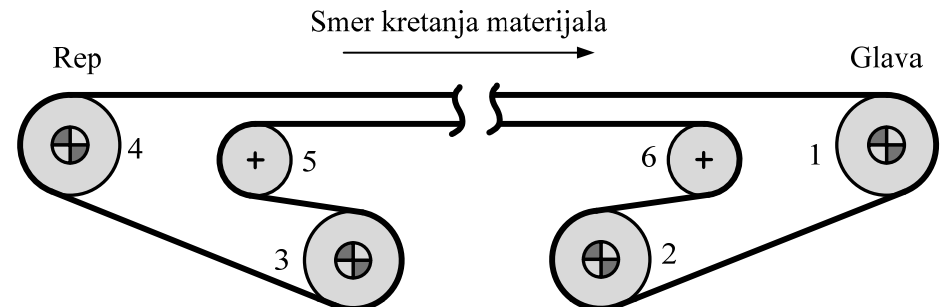


Višemotorni pogoni – Pogon TT sa gumenom trakom

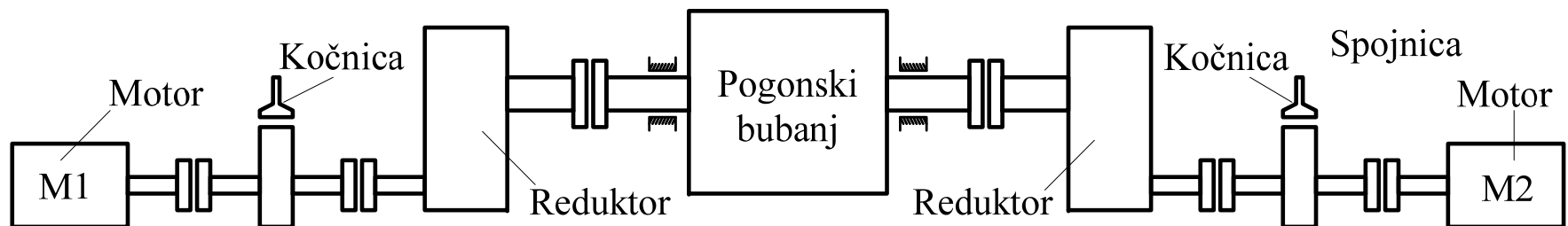
Tračni transporter – osnovni delovi



Tračni transporter sa dva pogonska bubnja,
1 i 2 - Pogonski bubnjevi; 3 - Zatezni bubanj

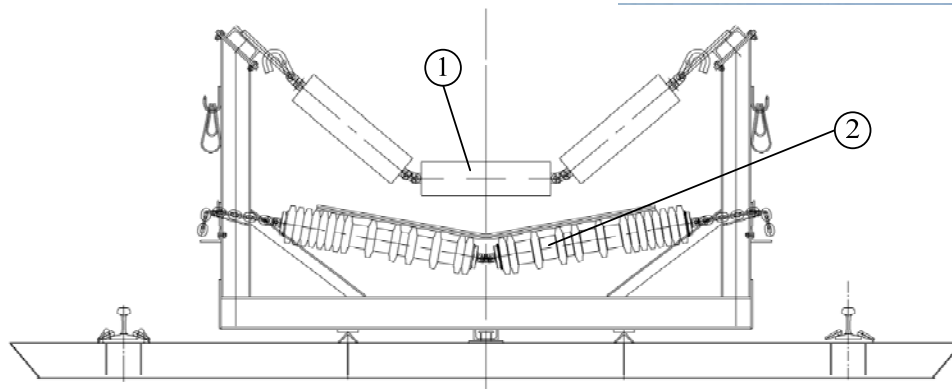


Tračni transporter sa pogonom na oba kraja,
1, 2, 3 i 4 - Pogonski bubnjevi; 5 i 6 - Zatezni bubanj

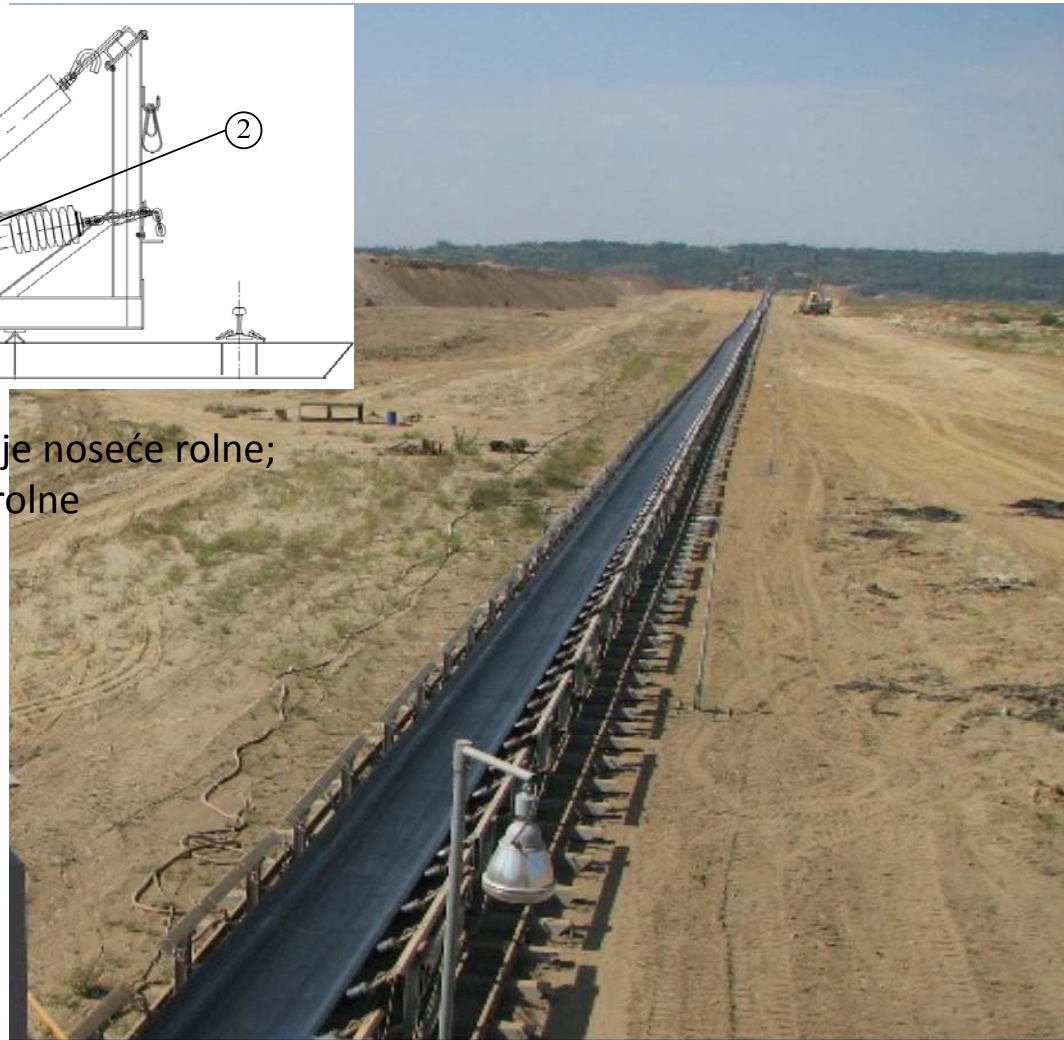


Pogonski bubanj sa pogonom na obe strane

Tračni transporteri – osnovni delovi

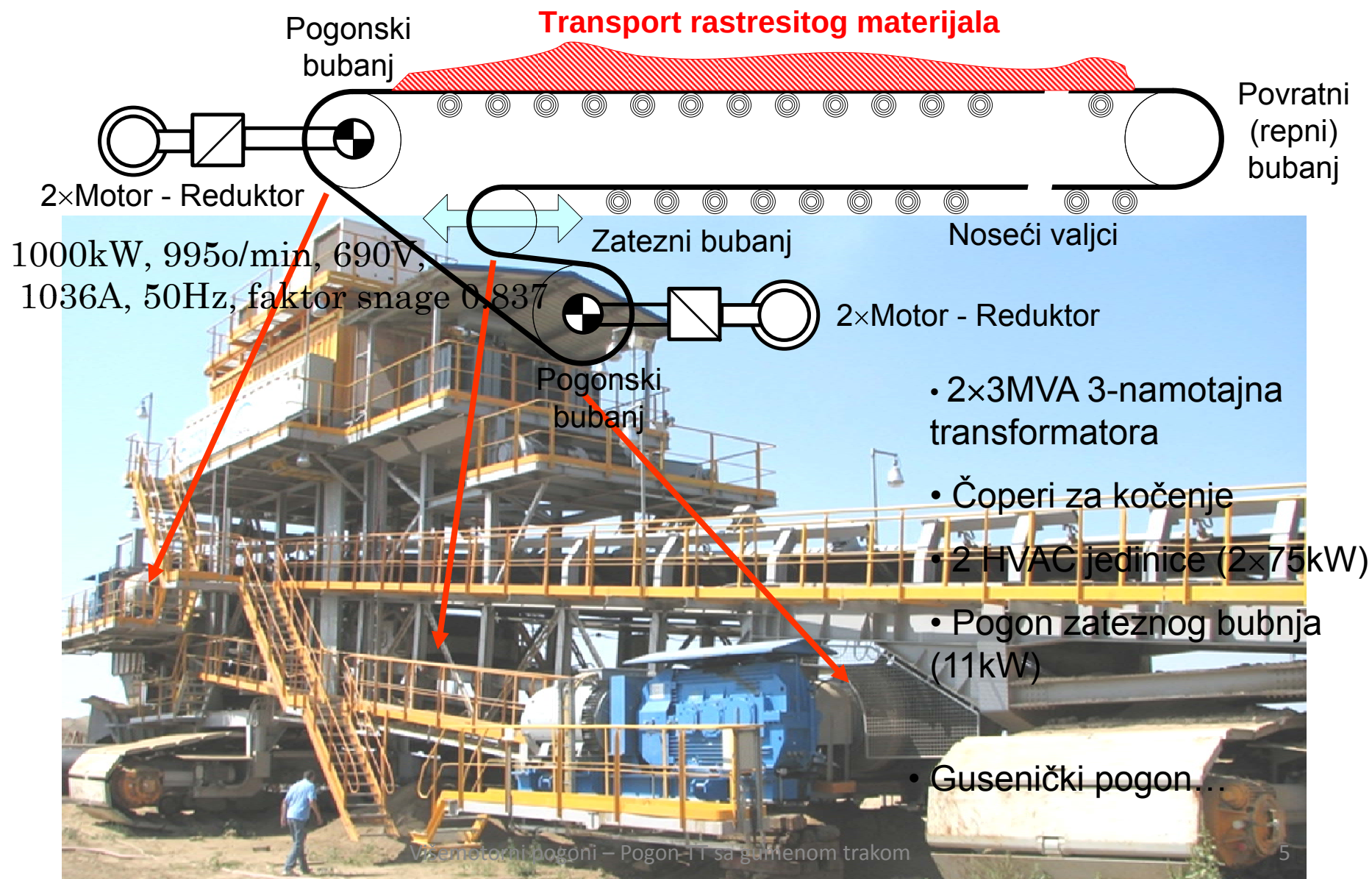


Položaj nosećih rolni, 1 - Gornje noseće rolne;
2 - Donje noseće rolne

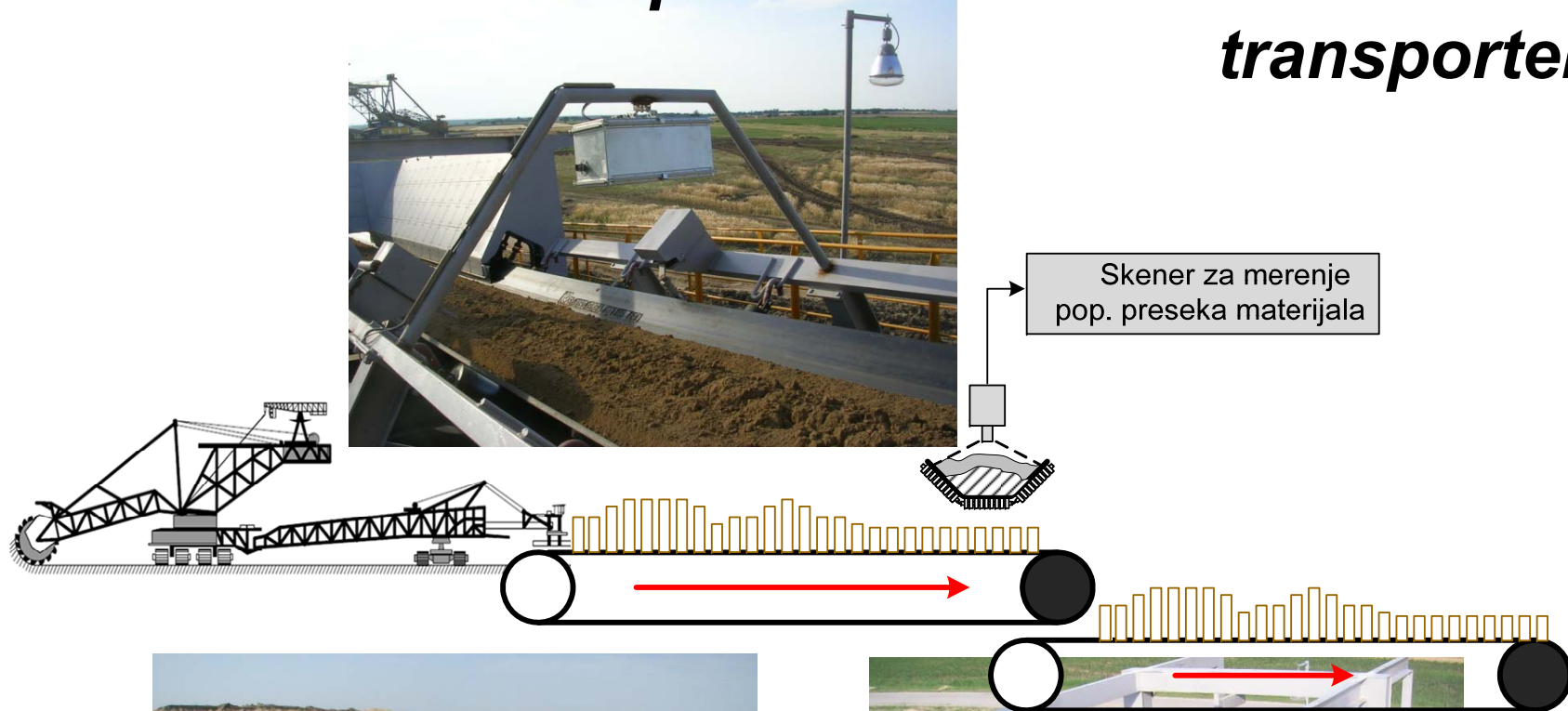


Višemotorni pogoni – Pogon TT sa gumenom trakom

Izgled jednog tračnog transportera



Presipno mesto između dva tračna transportera

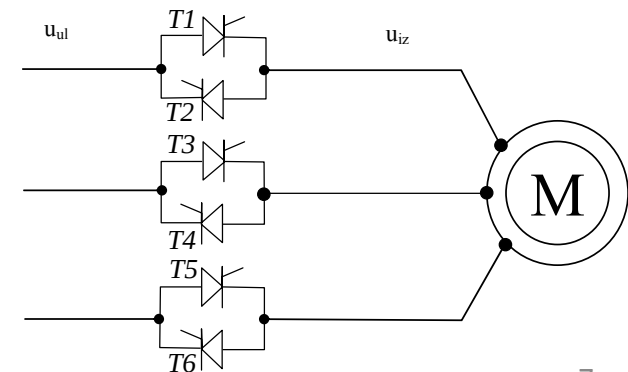


Višemotorni pogoni – Pogon TT sa gumenom trakom

Klasični pogoni na tračnim transporterima

- U klasičnim pogonima tračnih transportera primenjuju se :
 1. Kavezni asinhroni elektromotori, sa direktnim uključenjem na napajanje,
 2. Kavezni asinhroni motor, sa prebacačem zvezda – trougao
 3. Soft starteri
 4. Motori sa kliznim prstenovima (namotani rotor) i rotorskim upuštačem, i
 5. Pogoni sa hidrodinamičkim spojnicama
- Za manje tračne transportere sa pogonima do 30 – 45 kW i dalje se u najvećem broju slučajeva primenjuju prve tri varijante pogona.
- Kod savremenih tračnih transportera velikih kapaciteta, dužina i širina trake, koji imaju veliku instalisanu snagu (1MW po motoru), prešlo na upotrebu frekventnih pretvarača.
- Kod klasičnih pogona velikih snaga (ali manjih od 1MW po motoru) i dalje se primenjuje varijante 4 i 5.
- Osnovna razlika: klasični (konvencionalni) pogoni imaju konstantnu brzinu u stacionarnom stanju, dok se kod pogona sa frekventnim pretvaračima ona može menjati

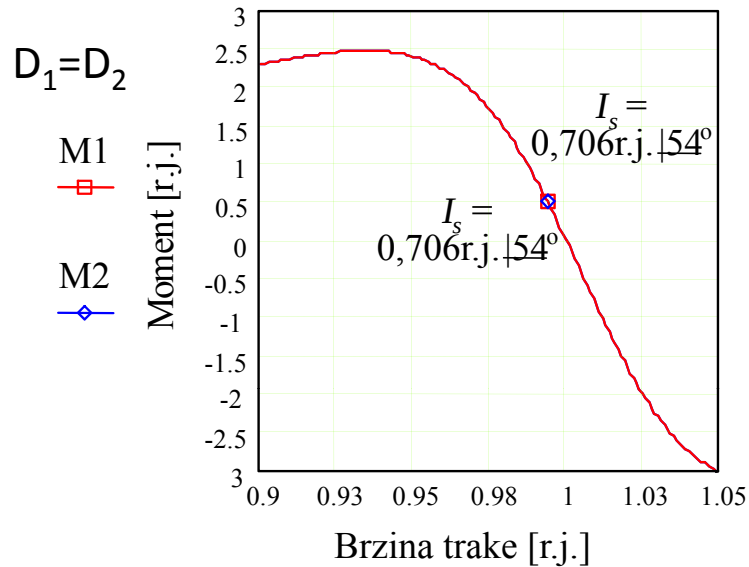
Principijelna šema soft-startera:



Neravnomerna raspodela opterećenja

- Javlja se kod pogona sa više pogonskih bubnjeva zbog različitih prečnika bubnjeva (posledica habanja, prljavštine...)
- Obimne brzine bubnjeva su jednake međusobno, i jednake su brzini trake. Međutim, usled nejednakih prečnika bubnjeva, dolazi do značajne, neželjene nejednakosti brzina motora na različitim pogonskim bubnjevima - posledica neravnomerna raspodela momenata
- Biće analizirana tri slučaja:
 - I – Pogoni sa motorima direktno priključenim na mrežu
 - II - Pogoni sa asinhronim motorima sa namotanim rotorima
 - III – Pogoni sa soft starterima
- Kod pogona sa hidrauličkim spojnicama problem se rešava različitom količinom punjenja spojnice uljem na pogonima.

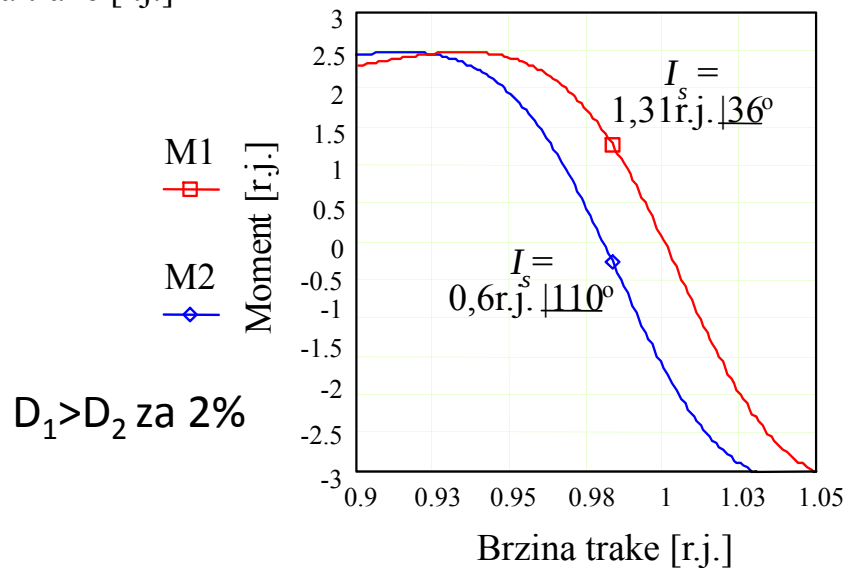
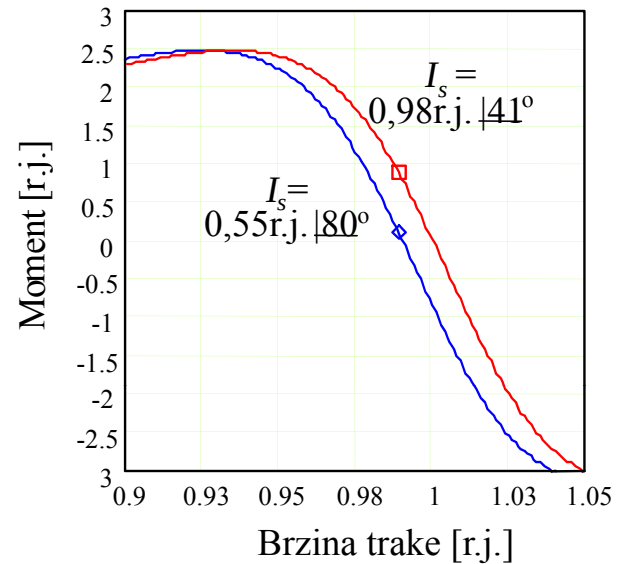
I – Pogoni sa motorima direktno priključenim na mrežu – raspodela momenata



$D_1 > D_2$ za 1%

$$v_1 = \omega_1 \cdot \frac{1}{i} \cdot \frac{D_1}{2}$$

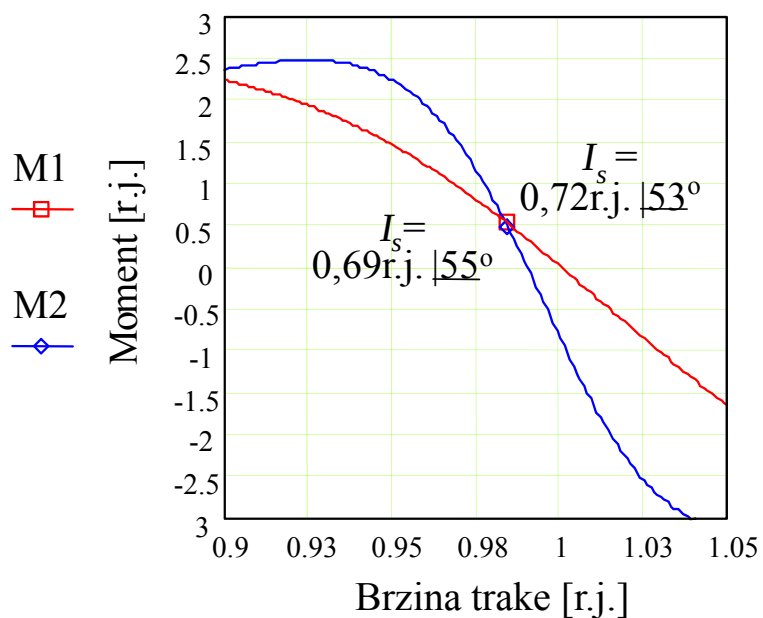
$$v_2 = \omega_2 \cdot \frac{1}{i} \cdot \frac{D_2}{2}$$



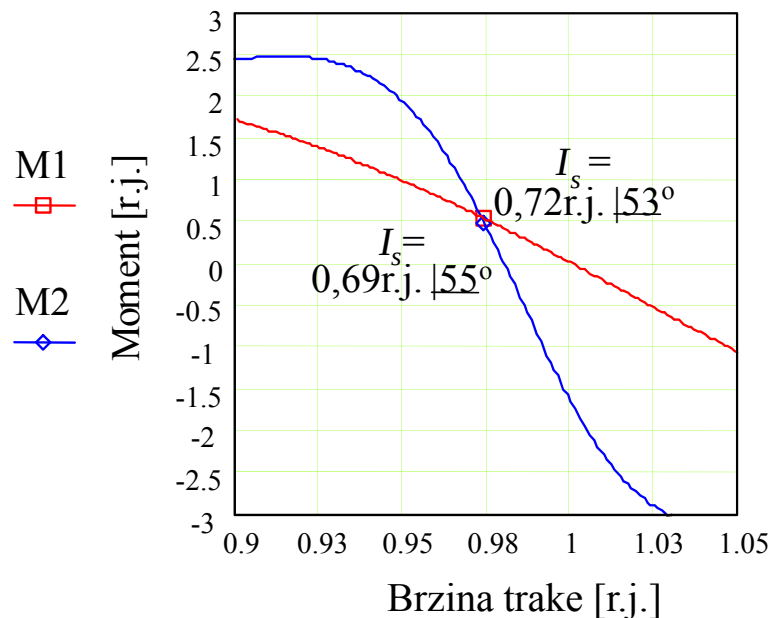
II – Pogoni sa asinhronim motorima sa namotanim rotorima – raspodela momenata

- Opisani problem se rešava tako što se u kolo rotora motora koji preuzima veće opterećenje, trajno uključuje određena vrednost otpora da bi se prilagodio oblik mehaničke karakteristike i približno ravnomerno podelilo opterećenje između motora.

$D_1 > D_2$ za 1%



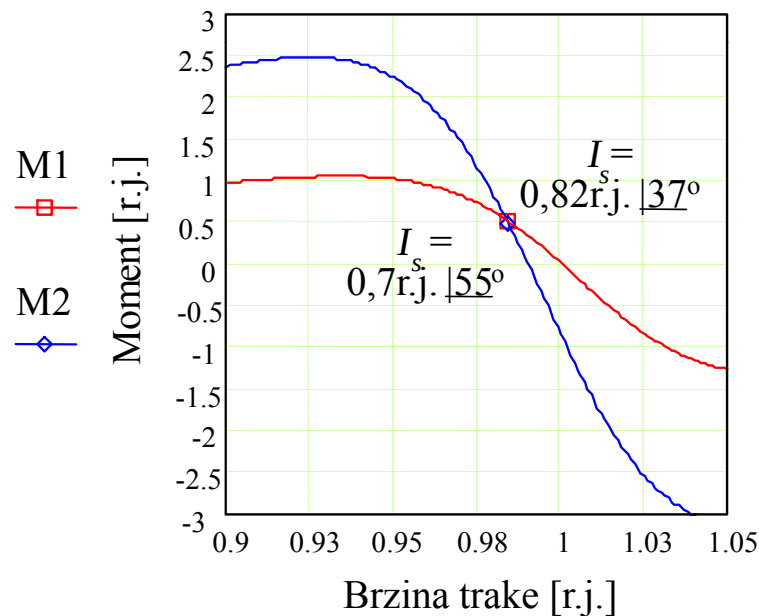
$D_1 > D_2$ za 2%



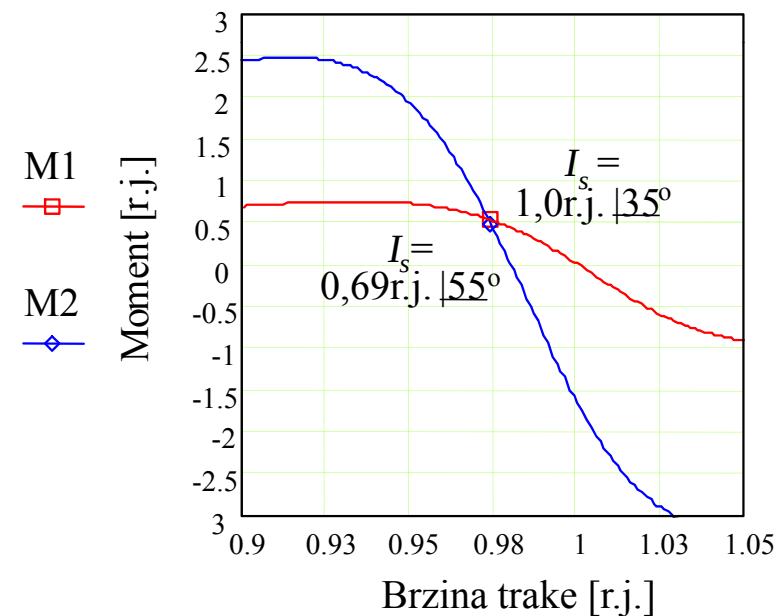
III – Pogoni sa soft starterima – raspodela momenata

- Opisani problem se rešava smanjenjem napona kod motora koji preuzima veći moment, ako se motori napajaju iz različitih soft-startera.

$D_1 > D_2$ za 1%



$D_1 > D_2$ za 2%

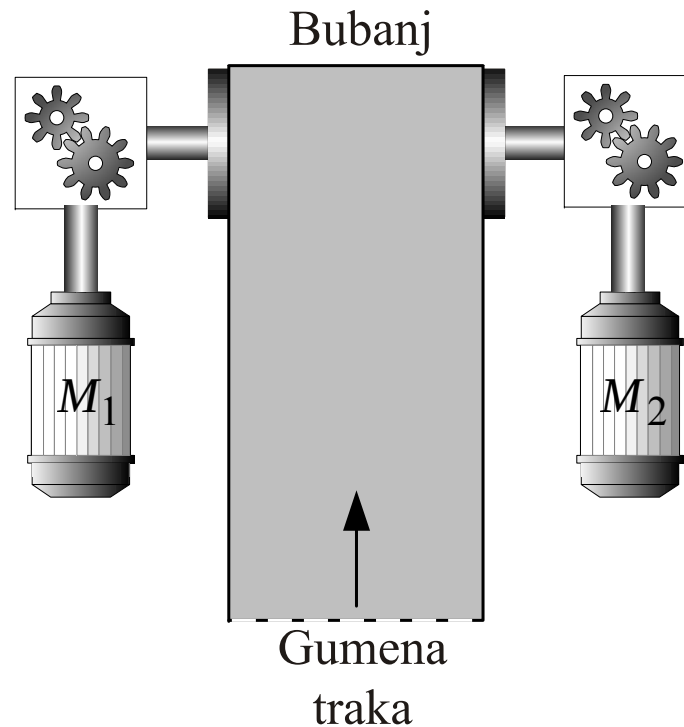


Upravljanje pogonom tračnog transportera

- Kod pogona sa frekventnim pretvaračima ne postoji problem neravnomerne raspodele opterećenja, jer se jednostavnom korekcijom učestanosti mogu uskladiti brzine motora, kako bi se dobila jednaka raspodela opterećenja. Promena brzine, odnosno učestanosti obezbeđuje se kroz upravljački sistem.
- Klasični pogoni za transportere ne raspolažu sa mogućnošću podešavanja brzine
- Savremeni pogon tračnog transportera se realizuje **kao višemotorni regulisani pogoni**, koji obezbeđuju kontrolu brzine sistema, i ravnomernu raspodelu opterećenja između pogona.
- Koriste dve osnovne upravljačke strukture: prva - „master-slave“ i druga – sa regulatorom srednje brzine pogona realizovanim u nadređenom upravljačkom sistemu

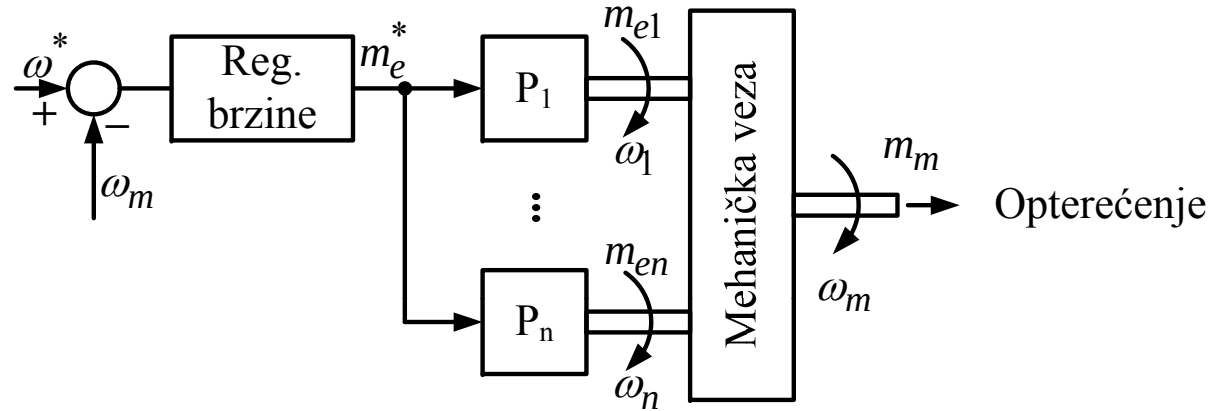
Upravljanje pogonom tračnog transportera

- U grupu apsolutno kruto mehanički povezanih pogona mogu se svrstati i pogon pogonskog bubnja transportera sa gumenom trakom velikog kapaciteta
- Bitna osobina: brzine svih motora i pokretnih elemenata su uvek u stalnom odnosu - potrebna je i dovoljna je samo jedna informacija o brzini



Pogonski bubanj transportera sa gumenom trakom sa dva motora

Upravljanje pogonom tračnog transportera

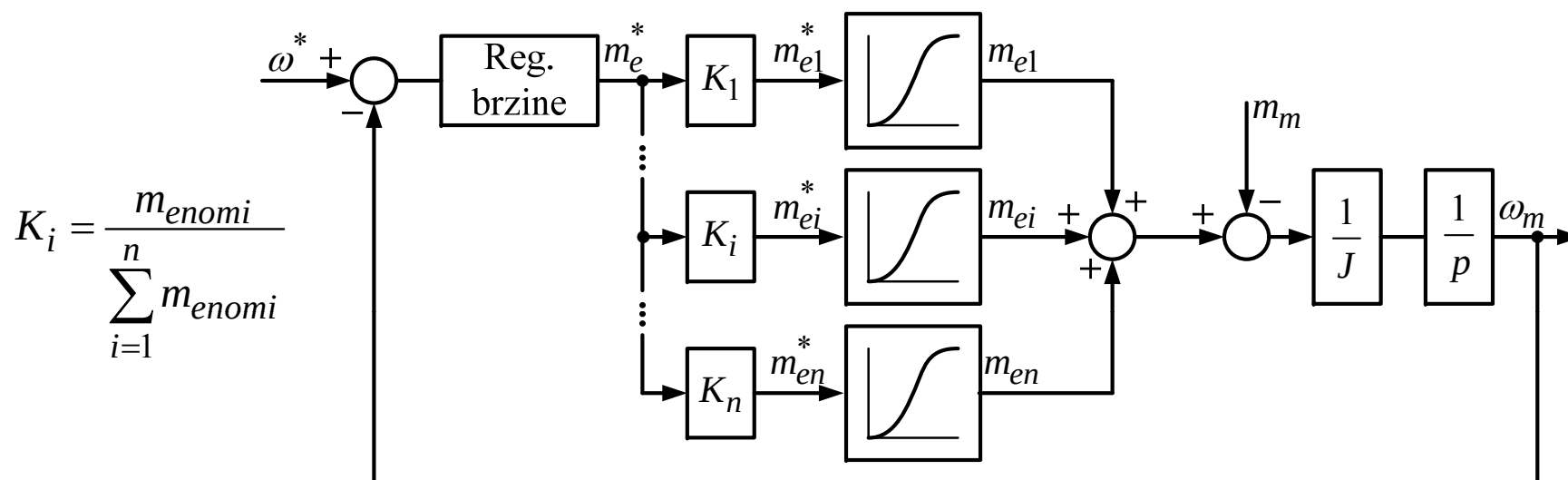


Struktura upravljanja kruto povezanih pogona

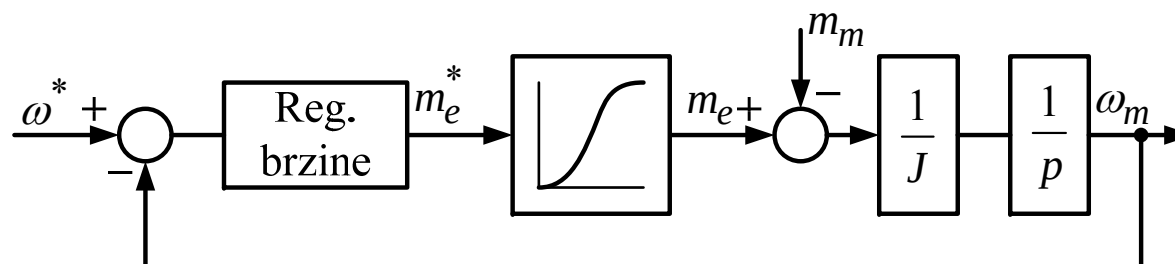
$$m_e^* = \sum_{i=1}^n m_{ei}^*$$

$$m_{ei}^* = \frac{m_e^*}{\sum_{j=1}^n m_{nomj}} \quad \text{za } i = 1 \div n$$

Upravljanje pogonom tračnog transportera



Blok dijagram višemotornog pogona sa krutom mehaničkom vezom



Ekvivalentni blok dijagram višemotornog pogona sa krutom mehaničkom vezom

Upravljanje - „master-slave“

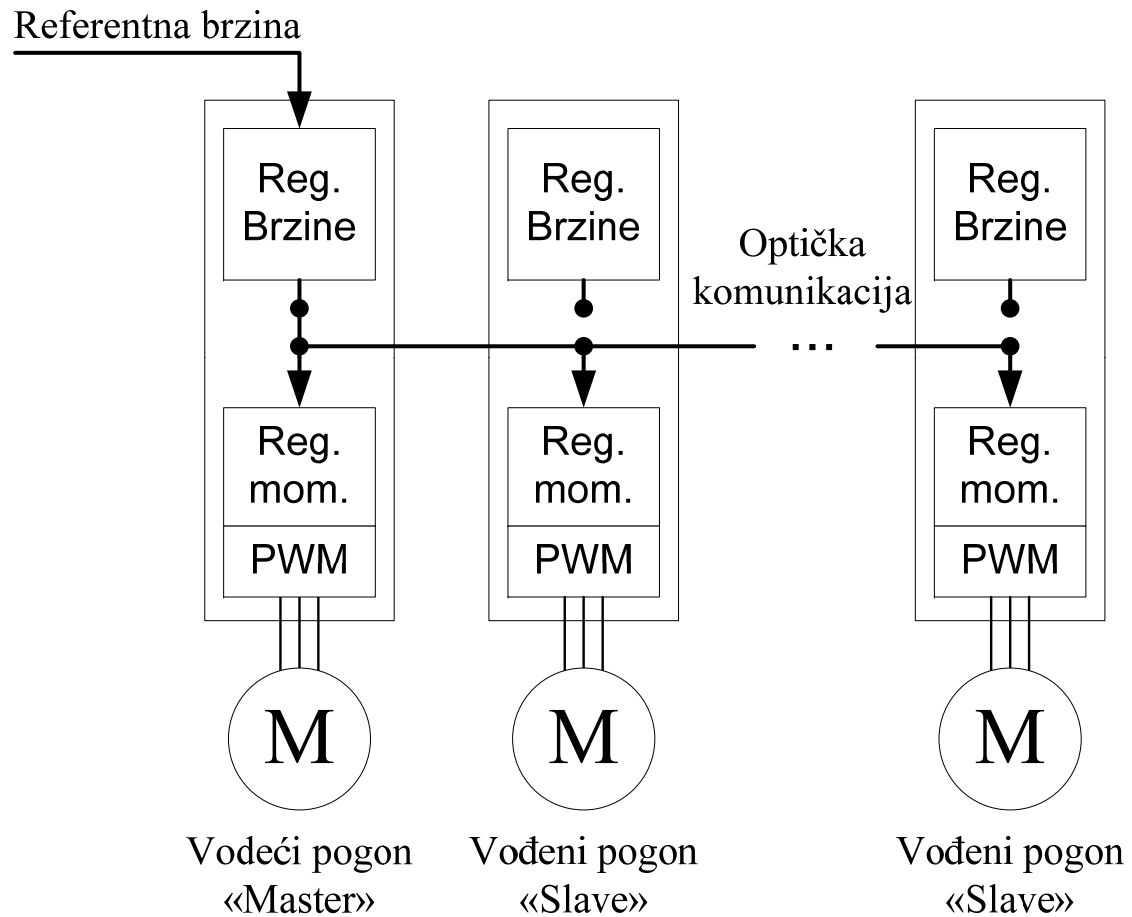
-Upravljačka struktura „master-slave“ ima sledeće odlike:

- Pogodna je za primenu kod postrojenja gde se ne koriste računarski sistemi za upravljanje (PLC), recimo kod delimičnih rekonstrukcija postrojenja.
- Koriste se postojeći resursi regulatora, interni regulatori brzine i momenta.
- Relativno je jednostavna za realizaciju.

-Nedostatci upravljačke strukture „master-slave“ su:

- Frekventni pretvarači imaju različite uloge, tako da kod kvara na vodećem pretvaraču moraju da se menjaju parametri nekog od vođenih pretvarača, kako bi on preuzeo ulogu vodećeg. Neki od proizvođača predviđaju više setova parametara, tako da se promenom seta parametara mogu relativno brzo i jednostavno promeniti uloge regulatora.
- Ne postoji mogućnost daljinskog nadzora i potpuna dijagnostika stanja regulatora, na osnovu koje se može imati više informacija, ne samo o radu pogona, nego i celog sistema.
- Ne mogu se ostvariti složenije varijante upravljanja, koje obezbeđuju kompenzaciju zazora, ili proklizavanja.

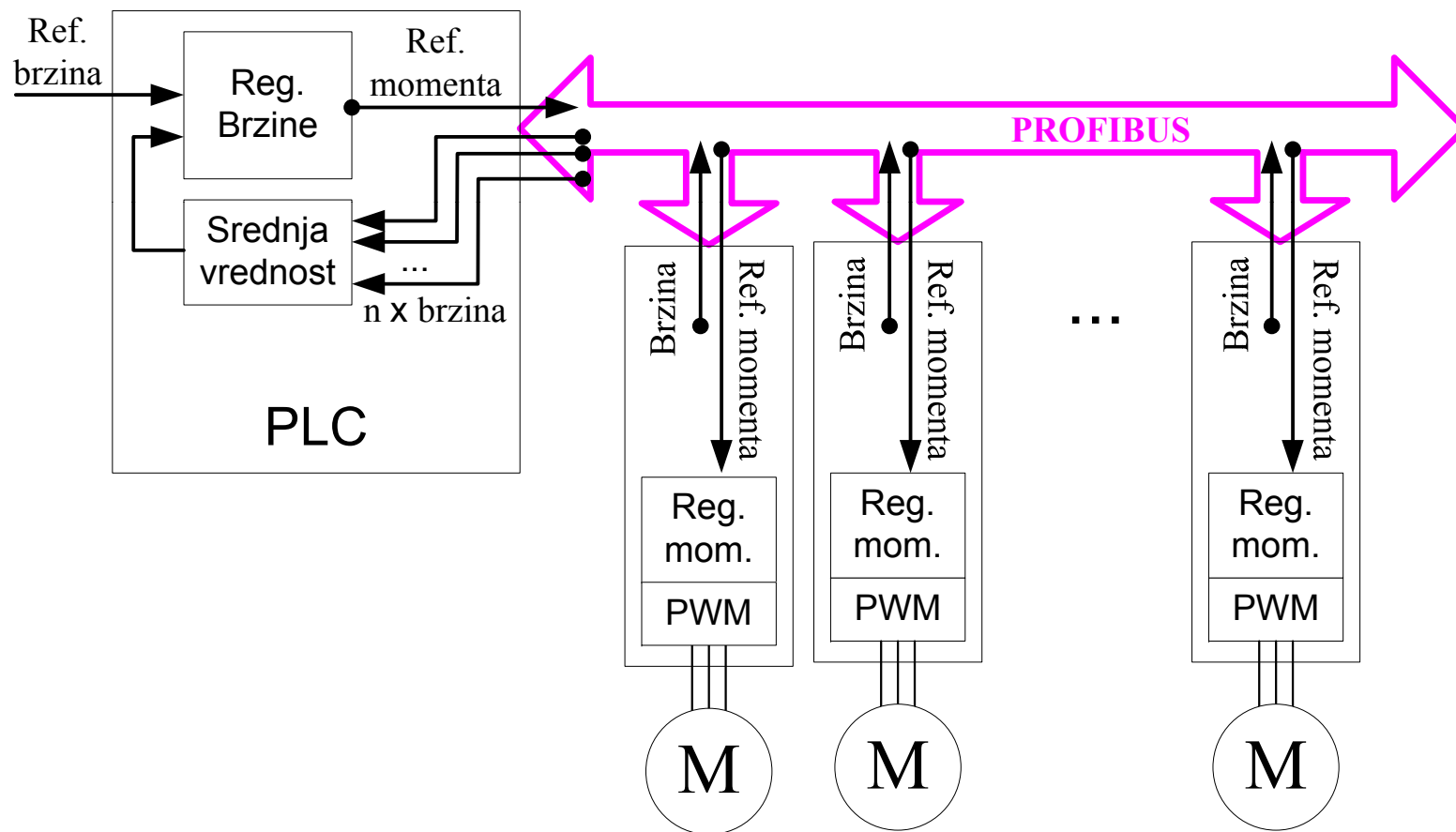
Upravljanje - „master-slave“



Upravljačka struktura sa regulatorom srednje brzine

- Odlike upravljačke strukture sa regulatorom srednje brzine u PLC-u su:
 - Svi pretvarači imaju istu ulogu, i u slučaju ispada jednog iz rada, ili ukoliko ne postoji potreba za njegovim radom, jednostavno se može isključiti.
 - Preko komunikacije sa PLC-om obezbeđuje se potpuni nadzor i kompletna dijagnostika nad regulatorima, a time i celim sistemom.
 - U okviru regulatora brzine, a na bazi mogućnosti PLC-a moguća je implementacija različitih logičkih funkcija, u cilju realizacije naprednih upravljačkih struktura, koje obezbeđuju automatsku kompenzaciju zazora i proklizavanja. Ovo poslednje je od posebnog značaja kod transportera.
- Nedostatak rešenja upravljanja sa regulatorom srednje brzine je neophodnost korišćenja programabilnog kontrolera (PLC-a) visokih performansi.

Upravljačka struktura sa regulatorom srednje brzine



Ostale prednosti frekventno regulisanih pogona u odnosu na klasične pogone na tračnim transporterima

➤ Pored navedene regulacije brzine sa ravnomernom raspodelom opterećenja, treba navesti i ostale prednosti, kao i mogućnosti upravljačkog sistema:

a) brzina kretanja trake:

- Konvencionalni pogoni -konstantna brzina u stacionarnom režimu rada, pogoni sa frekventnom regulacijom - omogućena promena brzine.
- Tehnološki zahtev za promenom brzine rešavan primenom relativno složenih sistema (konvencionalni pogoni). Jednostavna regulacija sa dodatnom mogućnošću povećanja energetske efikasnosti (pogoni sa frekventnom regulacijom)

b) dužina tračnog transportera:

Veća dužina pojedinačnih tračnih transportera za istu instalisanu snagu u slučaju pogona sa frekventnom regulacijom .

c) Pokretanje tračnih transportera: - veoma izražena naprezanja svih elemenata, koja se još više uvećavaju sa porastom kapaciteta i dužine (velike inercione mase).

-Elektromehanički sistemi pokretanja - elektromotor i mehanička naprava (mehanički varijator brzine, hidrodinamička spojnica, elektromagnetna spojnica).

Brzina obrtanja motora može biti bitno različita od brzine pogonskog vratila.

Podešavanje brzine, momenta, kontrola ubrzanja i usporenja ostvaruje se mehaničkim putem dok se motor uvek okreće istom brzinom.

- Električni sistemi pokretanja - motor sa potrebnom elektro opremom za napajanje, uključenje i upravljanje motorom. Mehanički spoj sa reduktorom - kruta spojnica, ili spojnice sa sasvim malim stepenom elastičnosti. Brzina obrtanja motora uvek jednaka sa brzinom pogonskog vratila i podešava se potrebama postrojenja.

d) Kočenje tračnih transportera:

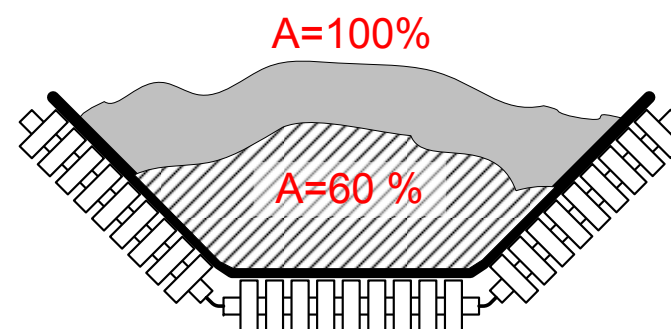
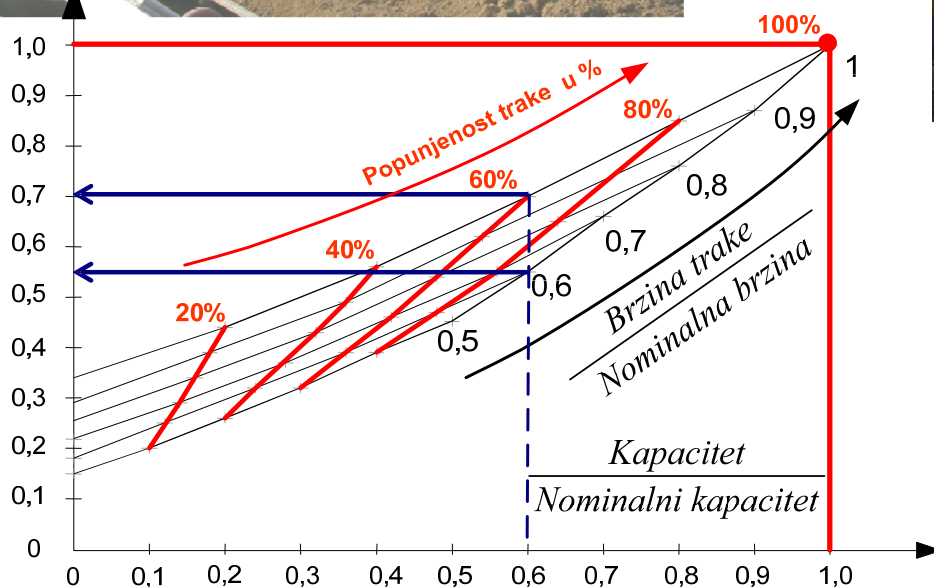
- Mehaničko kočenje
- Električno kočenje samo kod pogona sa frekventnim pretvaračima (i neke skupe varijante soft-startera).
 - dinamičko kočenje – čoper i otpornici za kočenje
 - rekuperacija – reverzibilni ispravljač u okviru frekventnog pretvarača

f) Mogućnost proklizavanja: Kod transportera sa trakama vučna sila sa pogonskih bubnjeva se na traku prenosi na principu adhezije, koja mora da bude veća od vučne sile, u protivnom traka proklizava (brzina trake je manja od obimne brzine bubnja).

- Posledice – zatrpavanje presipnih mesta, zakošenja trake, paljenje trake...
- Sistemi za detekciju proklizavanja (samo kod pogona sa frekventnim pretvaračima) - rade na principu upoređenja brzine pogonskih sa brzinom jednog pasivnog bubnja.
- Klasična rešenja pogona, kao i sa soft-starterima, ne obezbeđuju mogućnost direktne kontrole vučne sile, odnosno momenta motora, i kod njih nije moguće primeniti opisanu metodu kontrole proklizavanja.

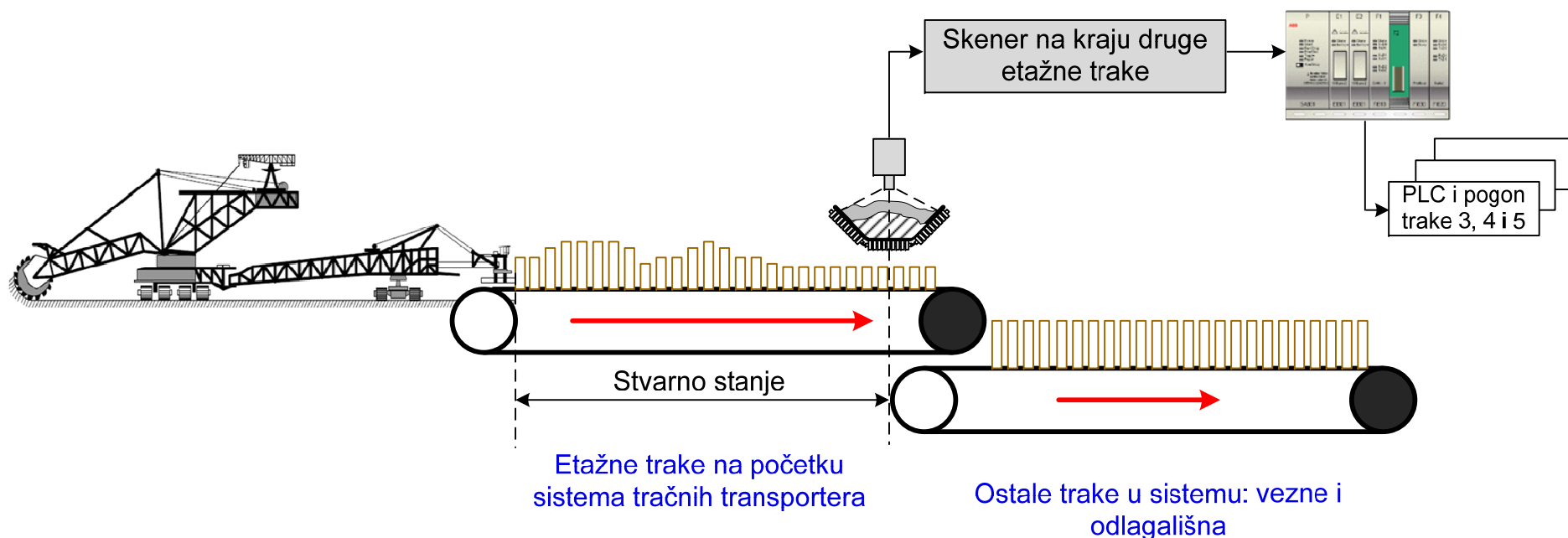
g) Dimenzionisanje elemenata transportera: U poređenju sa klasičnim transporterima, transporteri sa pogonima sa frekventnim pretvaračima se mogu dimenzionisati na manju prekidnu čvrstoću trake, manje pogonske reduktore, manje bubnjeve, a samim tim i noseću konstrukciju.

Tračni transporteri sa regulacijom brzine na površinskim kopovima



Višemotorni pogoni – Pogon TT sa gumenom trakom

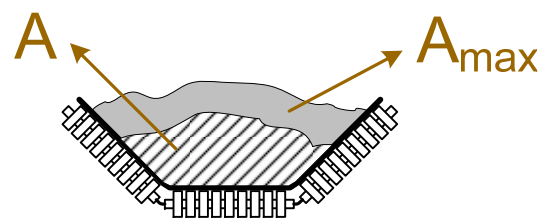
Principijelna šema kontrole popunjenosti trake



$$Q = A \cdot v$$

$v = \text{const}$
 A promenljivo

$v = \text{promenljivo}$
 $A \rightarrow A_{\max}$



Osnov za smanjenje potrošnje energije

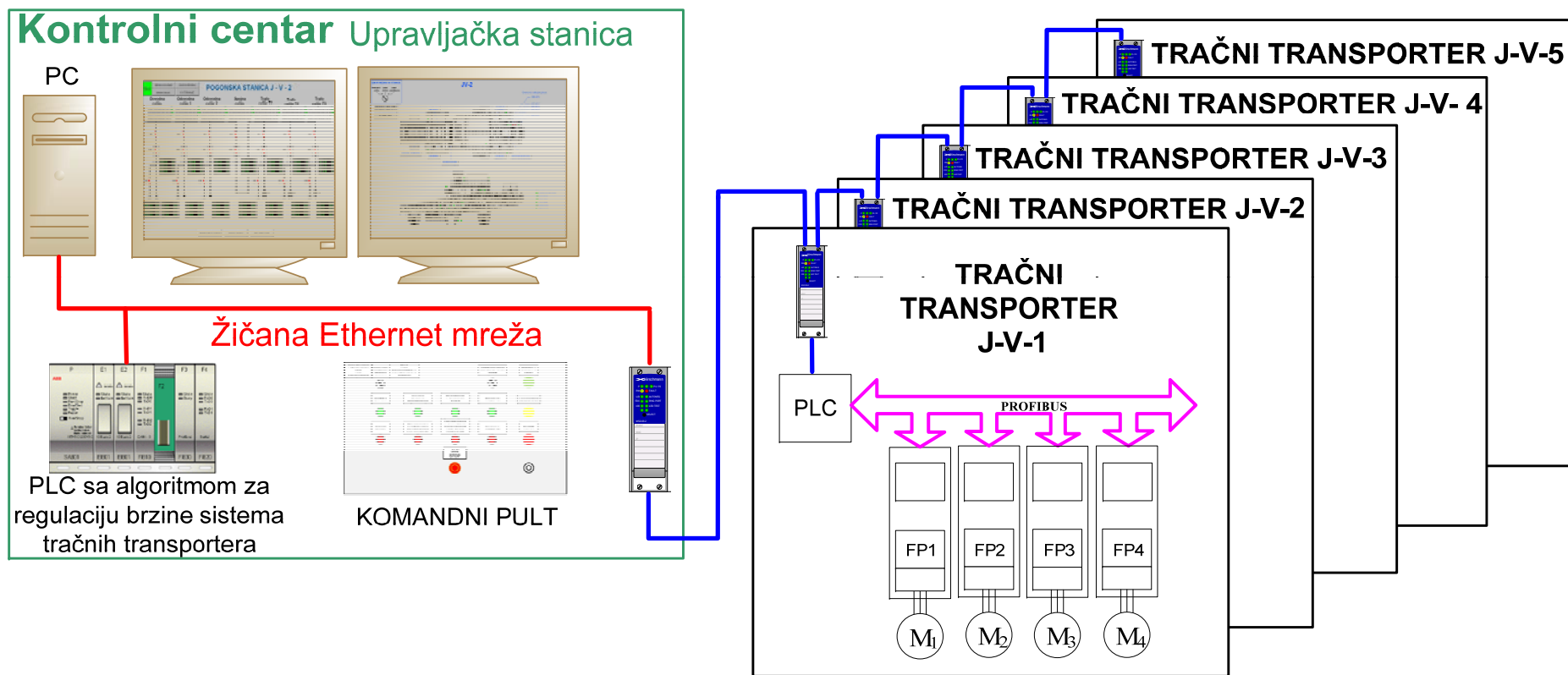
$$Q = A \cdot v_n = A_n \cdot v$$

$$P(v) = (m_z + m_T) \cdot g \cdot \mu(v) \cdot v$$

$$P(v) = \left(\frac{v_n}{v} \cdot A \cdot L \cdot \gamma_z + m_T \right) \cdot g \cdot \mu \cdot v = C_1 + C_2 \cdot v$$

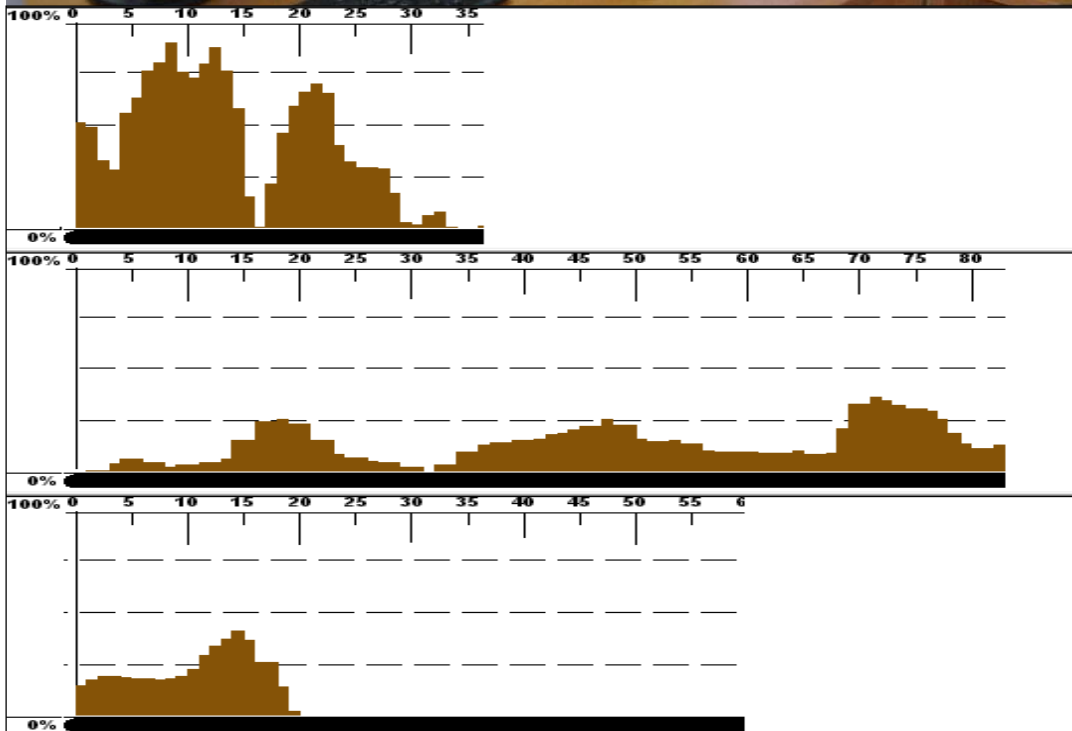
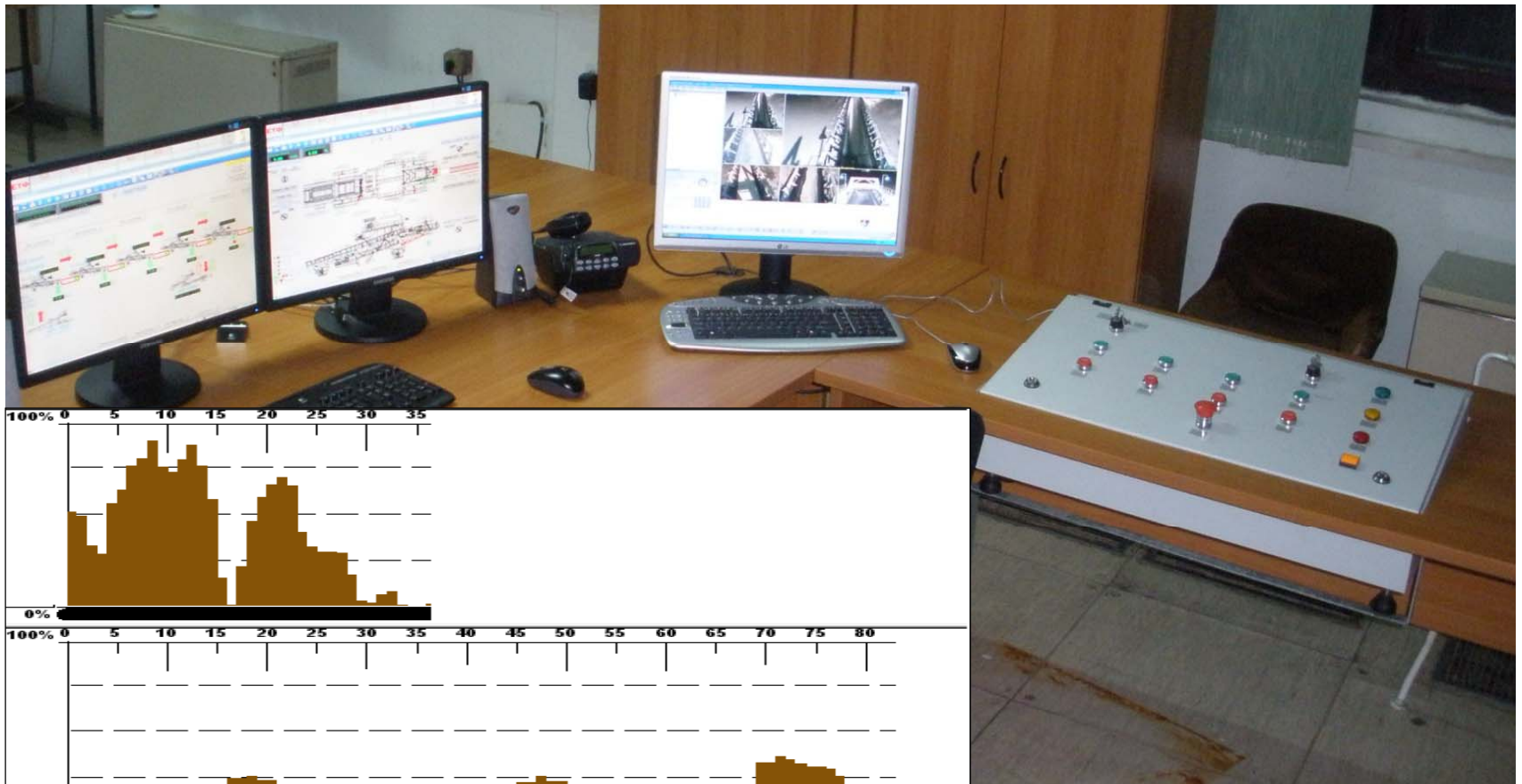
- povećanje energetske efikasnosti sistema
- povećanje kapacitivnog i vremenskog iskorišćenja sistema.

Upravljačka struktura



Blok dijagram upravljačke strukture,
realizovane na površinskom kopu „Drmno”

Kontrolni centar V BTO sistema



Grafički prikaz kretanja materijala na traci