



**KATEDRA ZA MEHANIZACIJU
MAŠINSKI FAKULTET U BEOGRADU**

Projektovanje dizalica

Projekat mosne dizalice, osnove proračuna

Izvod iz evropskih standarda

EN13001-1 I 13001-2

Prof. dr Nenad Zrnić, izvodi sa
predavanja

Одређивање погонске класе дизалице по FEM стандарду (обнављање)

За одређивање погонске класе дизалице у целини користе се:

- учестаност оптерећења

- стање оптерећености дизалице

$$C_1, C_2, C_3, C_4 \Rightarrow C_T = \sum C_i = 3 + 6 + 10 + 1 = 20$$

Учестаност оптерећења

Број радних сати у току радног века дизалице: $T = 10 \cdot 250 \cdot 4 = 10000 \text{ h}$

Број радних циклуса у радном веку дизалице од 10 година:

Усваја се класа учестаности оптерећења „Б“ $C_T \cdot T = 20 \cdot 10000 = 200000 = 2 \cdot 10^5$ циклуса

Класа учестаности оптерећења	Конвенционални број радних циклуса	Примедба
А	$6,3 \cdot 10^4$	Случајан нерегуларан рад
Б	$2,0 \cdot 10^5$	Редовна употреба са прекидима
Ц	$6,3 \cdot 10^5$	Интензиван рад са кратким прекидима
Д	$2,0 \cdot 10^6$	Тежак рад са више од једне смене

Стање оптерећености

$$Q_1 = 0,25Q_n \quad Q_2 = 0,5Q_n \quad Q_3 = 0,75Q_n \quad Q_4 = Q_n$$

$$K = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_T} \left(\frac{Q_i}{Q_n} \right)^3 = \frac{3}{20}(0,25)^3 + \frac{6}{20}(0,5)^3 + \frac{10}{20}(0,75)^3 + \frac{1}{20}(1)^3 = 0,301$$

C_i средњи број циклуса за сваки ниво оптерећења;

C_T укупан број циклуса

Q_i величина i -тог терета

Q_n назначено оптерећење (носивост)

K коефицијент спектра оптерећења

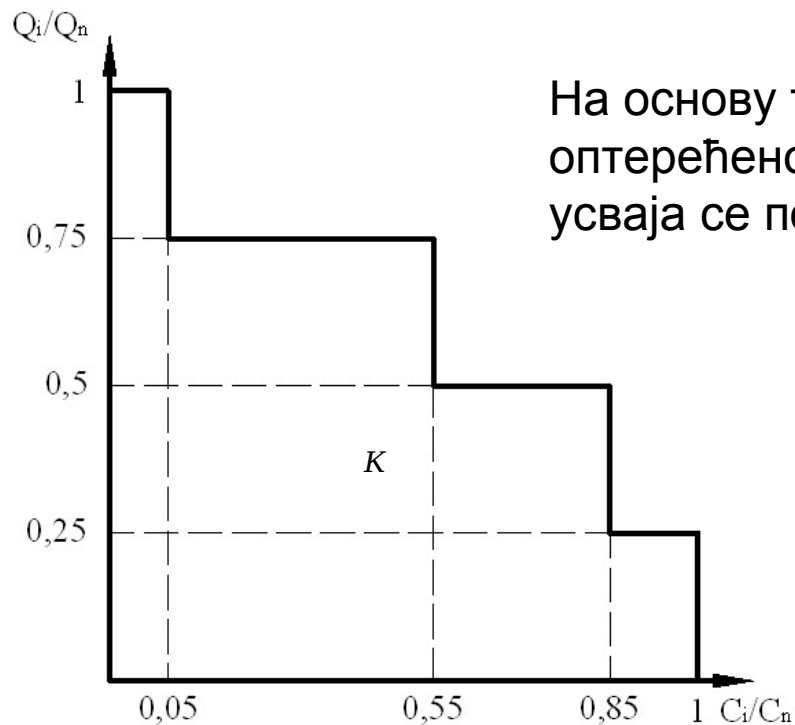
Стање оптерећености	K	Опис стања оптерећености
1 - лако	0,125	Дизалица изузетно диже називни терет, а стално диже мање терете
2 - средње	0,25	Дизалица ретко диже називни терет, а обично диже терете око 1/3 називног терета
3 - тешко	0,50	Дизалица често диже називни терет, а стално терете између 1/3 и 2/3 називног терета
4 – врло тешко	1,00	Дизалица по правилу диже терете блиске називном терету

Стање оптерећености

На основу вредности за коефицијент спектра оптерећења, на основу табеле 1.2 усваја се да је стање оптерећености „3 – тешко“.

	$\frac{Q_i}{Q_n}$	C_i	C_T	$\frac{C_i}{C_T}$
1	0,25	3	20	0,15
2	0,5	6	20	0,3
3	0,75	10	20	0,5
4	1	1	20	0,05

Prof. dr Nenad Zrnić, izvodi sa predavanja



Погонске класе по FEM-y

Стање опт. дизалице		Учесталост оптерећења дизалице (у циклусима на сат)			
		А	Б	Ц	Д
		$N < 10$	10-30	30-100	$100 < N$
Лако	0.125	1Bm	1Am	2m	3m
Средње	0.25	1Am	2m	3m	4m
Тешко	0.5	2m	3m	4m	5m
Врло тешко	1	3m	4m	5m	5m

Prof. dr Nenad Zrnić, izvodi sa
predavanja

Одређивање погонске класе дизалице по EN 13001_1 стандарду

Према EN 13001 стандарду подела на погонске класе врши се на основу:

- укупног броја радних циклуса
- учестаности оптерећења

Укупан број радних циклуса $C_1, C_2, C_3, C_4 \Rightarrow C = \sum C_i = 3 + 6 + 10 + 1 = 20$

Број радних сати у току радног века дизалице: $T = 10 \cdot 250 \cdot 4 = 10000 \text{ h}$

Укупан број радних циклуса у радном веку дизалице од 10 година

$$C \cdot T = 20 \cdot 10000 = 200000 = 2 \cdot 10^5$$

Za potrebe klasifikacije, radni ciklus je niz kretanja koji započinje kada je dizalica spremna za dizanje korisnog tereta, a završava se kada je dizalica spremna za dizanje sledećeg korisnog tereta u sklopu istog zadatka. Zadatak r može da se okarakteriše određenom kombinacijom konfiguracije dizalice i nizom nameravanih kretanja. Postoje operacije koje se javljaju ređe nego radni ciklusi, ali koje moraju da se uzmu u obzir pri dokazu zamorne čvrstoće, kao što su:

- a) dizanje/spuštanje strele dizalice za pretovar brodova,
- b) montaža/demontaža mobilne ili toranjske dizalice,
- c) premeštanje lučke dizalice iz jednog radnog položaja u drugi.

Mora da se odredi ukupni broj takvih operacija u toku veka trajanja.

Ukupni broj radnih ciklusa dizalice u toku veka trajanja može da se podeli u brojeve radnih ciklusa koji odgovaraju određenom broju tipičnih zadataka.

Prof. dr Nenad Zrnić, izvodi sa
predavanja

Klasa	Ukupni broj radnih ciklusa
U_0	$C \leq 1,60 \cdot 10^4$
U_1	$1,60 \cdot 10^4 < C \leq 3,15 \cdot 10^4$
U_2	$3,15 \cdot 10^4 < C \leq 6,30 \cdot 10^4$
U_3	$6,30 \cdot 10^4 < C \leq 1,25 \cdot 10^5$
U_4	$1,25 \cdot 10^5 < C \leq 2,50 \cdot 10^5$
U_5	$2,50 \cdot 10^5 < C \leq 5,00 \cdot 10^5$
U_6	$5,00 \cdot 10^5 < C \leq 1,00 \cdot 10^6$
U_7	$1,00 \cdot 10^6 < C \leq 2,00 \cdot 10^6$
U_8	$2,00 \cdot 10^6 < C \leq 4,00 \cdot 10^6$
U_9	$4,00 \cdot 10^6 < C \leq 8,00 \cdot 10^6$

Класа дизалице у односу на укупан број радних циклуса

На основу табеле усваја се класа „ U_4 “

Relativni broj radnih ciklusa α_r za svaki radni zadatak r dat je izrazom:

$\alpha_r = C_r / C$ gde je:

C - ukupni broj radnih ciklusa u toku veka trajanja dizalice

C_r - broj radnih ciklusa u zadatku r .

Prof. dr Nenad Zrnić, izvodi sa
predavanja

Учестаност оптерећења

$$kQ = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_r} \left(\frac{Q_i}{Q_r} \right)^3 = \frac{3}{20} (0,25)^3 + \frac{6}{20} (0,5)^3 + \frac{10}{20} (0,75)^3 + \frac{1}{20} (1)^3 = 0,301$$

Klasa	Faktor spektra tereta
Q_0	$kQ \leq 0,0313$
Q_1	$0,0313 < kQ \leq 0,0625$
Q_2	$0,0625 < kQ \leq 0,1250$
Q_3	$0,1250 < kQ \leq 0,2500$
Q_4	$0,2500 < kQ \leq 0,5000$
Q_5	$0,5000 < kQ \leq 1,0000$

На основу табеле
усваја се класа

Q_4

Klase Q faktora spektra tereta k_Q

Следи избор витла и колица мосне дизалице

Opšti principi proračuna

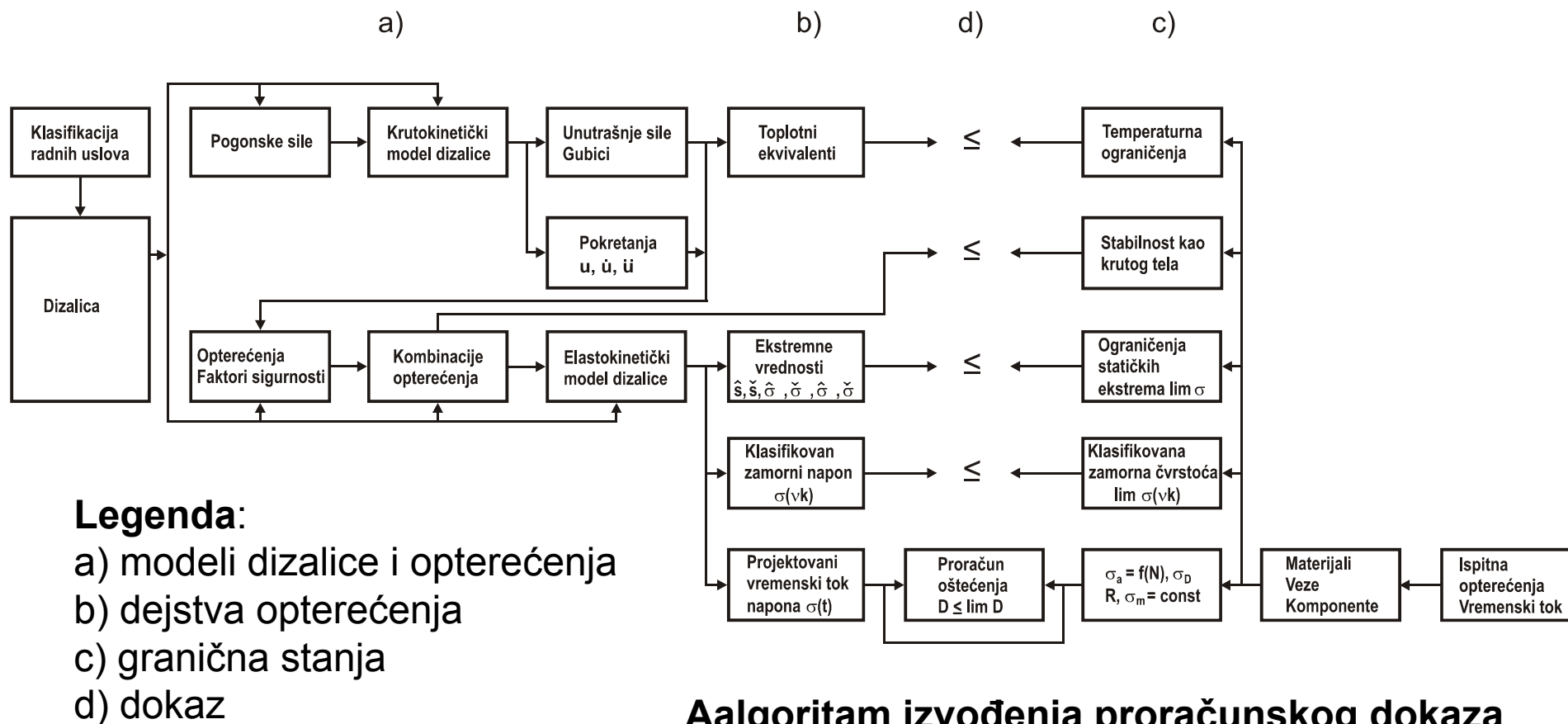
Cilj ovog proračuna je da se teorijski dokaže da je dizalica, uzimajući u obzir uslove rada dogovorene između korisnika, konstruktora i/ili proizvođača, kao i stanja za vreme montaže, demontaže i transporta, konstruisana u skladu sa zahtevima bezbednosti u cilju sprečavanja mehaničkih opasnosti.

Dokaz kompetencije u skladu sa EN 13001 mora da se izvede na osnovu opštih principa i metoda pogodnih za ovu namenu i odgovarajućih priznatom savremenom stanju u oblasti konstruisanja dizalica.

Alternativno, generalno mogu da se koriste napredne i priznate teorijske ili eksperimentalne metode, pod uslovom da su usaglašene sa principima ovog standarda. Opasnosti mogu da nastupe ako ekstremne vrednosti dejstva opterećenja ili njihovih vremenskih tokova nadmaše odgovarajuća granična stanja. Da bi se uz određenu sigurnost sprečile ove opasnosti, mora da se pokaže da proračunate ekstremne vrednosti dejstva opterećenja svih opterećenja koja istovremeno deluju na dizalicu, pomnožena odgovarajućim parcijalnim faktorom sigurnosti, kao i procenjeni vremenski tokovi (istorije) dejstva opterećenja, ne nadmašuju svoja odgovarajuća granična stanja ni u jednoj kritičnoj tački dizalice. Za ovu namenu, metoda graničnog stanja, a gde je primenljiva, metoda dozvoljenog napona, koristi se u skladu sa međunarodnim i evropskim propisima projektovanja.

Zahteva se da analiza dejstva opterećenja usled pojedinačnih događaja ili reprezentativnog korišćenja dizalice (reprezentativnog vremenskog toka opterećenja) razmotri realistične nepovoljne uslove rada i redoslede operacija dizalice.

Slika 1. prikazuje opšti plan (algoritam) izvođenja proračunskih dokaza za dizalice.



Prof. dr Nenad Zrnić, izvodi sa predavanja

Modeli dizalica i opterećenja

Za proračun kretanja, unutrašnjih sila (obrtnih momenata na zupčanicima, sila u užadima itd.) i gubitaka u dizalici ili njenim delovima, koriste se **krutokinetički modeli**. Opterećenja koja deluju na model su obrtni momenti motora i/ili kočnice, koji moraju da održavaju ravnotežu sa bilo kojim opterećenjima koja deluju na pokretne delove, kao što su gubici, sile izazvane gravitacijom koje deluju na mase, kretanja dizalice ili njenih delova usled toga i sile vetra.

Iz krutokinetičkog modela dizalice i modela opterećenja može da se izvede bilo koja promena pomeranja, brzine, ubrzanja i/ili unutrašnjih sila, kao i odgovarajuće trenutne vrednosti ubrzanja i/ili unutrašnjih sila.

Ako su proračunate u saglasnosti sa dogovorenim uslovima rada, ove promene su osnova za procenu vremenskog toka (istorije) dejstva opterećenja (npr. toplotnih ekvivalenata) i vremenskih tokova (istorija) napona. S obzirom da promene i trenutne vrednosti ubrzanja i unutrašnjih sila proračunate upotrebom krutokinetičkog modela predstavljaju samo srednje vrednosti realnog procesa, opterećenja izazvana naglim promenama ovih srednjih vrednosti moraju da budu uvećane dinamičkim faktorima ϕ_i u cilju procene njihovih stvarnih vrednosti (videti EN 13001-2).

Za dizalice ili konfiguracije dizalice kod kojih sva opterećenja od različitih pogona koja deluju istovremeno, ne vrše pri tom međusobni uticaj jer deluju u međusobno normalnim pravcima (t.j. ortogonalna su), dejstva opterećenja usled pogona mogu da se razmatraju nezavisno. U slučaju kada opterećenja usled različitih operacija međusobno utiču jedno na drugo (zavisna, neortogonalna), ovo mora da se uzme u obzir.

Proračun nominalnih napona u bilo kojoj komponenti mehanizma ili noseće konstrukcije dizalice ili njenih delova, obično može da se zasniva na odgovarajućim elastostatičkim modelima, sastavljenim od grednih ili složenijih elemenata, kao što su elementi sa ravnim stanjem napona, u vidu ploča ili ljuski.

Nominalni napon je napon proračunat u saglasnosti sa uprošćenom teorijom elastične čvrstoće materijala, koja isključuje efekte lokalne koncentracije napona.

Simulacija dejstava opterećenja

Za simulaciju vremenski promenljivog procesa dejstava opterećenja na dizalicu ili njene delove, ekvivalentna statička opterećenja usled nezavisnih događaja koji nastaju tokom predviđene upotrebe dizalice, moraju da se primene na elastostatičke modele, koji odgovaraju konfiguraciji i uslovima oslanjanja razmatrane dizalice ili njenih delova.

NAPOMENA: U ovom kontekstu termin „opterećenje“ ili „dejstvo opterećenja“ označava bilo koju operaciju ili okolnosti koji izazivaju dejstva opterećenja na dizalicu ili njene delove, npr.: sile, nameravana i nenameravana pomeranja i/ili kretanja, temperatura, pritisak vetra.

Statička ekvivalentna opterećenja data su u EN 13001-2. Ova statička ekvivalentna opterećenja smatraju se determinističkim dejstvima, koja su tako određena da predstavljaju dejstva opterećenja tokom upotrebe dizalice, nastala usled razmatranih operacija ili okolnosti.

Metoda graničnog stanja uzima u obzir probabilističku prirodu opterećenja, a metoda dozvoljenog napona ne uzima je u obzir.

Ako se negde zahteva različiti nivo bezbednosti, može da se ugovori i primeni faktor rizika γ_n .

Kombinacije opterećenja i dejstava opterećenja

Opterećenja moraju da se superponiraju na takav način da rezultujuća dejstva opterećenja postignu svoje trenutne ekstremne vrednosti za razmatrani slučaj upotrebe. Takva superponiranja nazivaju se kombinacije opterećenja. Osnovne kombinacije opterećenja date su u EN 13001-2.

Kada se utvrđuju kombinacije opterećenja, mora da se uzme u obzir upotreba dizalice, uzimajući u obzir njene sisteme upravljanja, njena normativna uputstva za upotrebu i sve druge relevantne uslove koji se odnose na određeni cilj dokaza kompetentnosti.

Veličina, položaj i pravac svih opterećenja koja istovremeno deluju u smislu kombinacije opterećenja, moraju tako da se izaberu da se u razmatranoj komponenti ili detalju konstrukcije jave ekstremna dejstva opterećenja. U skladu sa tim, u cilju postizanja ekstremnih napona u svim kritičnim tačkama konstrukcije, mora da se prouči nekoliko slučajeva opterećenja ili konfiguracija dizalice pri istoj kombinaciji opterećenja, npr. različiti položaji kolica na mosnoj ili portalnoj mosnoj dizalici.

Za statički proračunski dokaz mora da se upotrebi najveća i najmanja ekstremna vrednost dejstva opterećenja izražena unutrašnjim silama ili nominalnim naponima, kako bi se izbegle opasnosti. U kombinaciji sa dogovorenim uslovima upotrebe i kinematskim parametrima dizalice ili njenih delova, ove vrednosti ograničavaju vremenske tokove (istorije) unutrašnjih sila ili nominalnih napona pri dokazu zamorne čvrstoće.

Za dokaz zamorne čvrstoće mora da se odredi broj i amplituda značajnih ciklusa napona.

Granična stanja

Za potrebe ovog standarda, granična stanja su stanja dizalice, njenih komponenti ili materijala, koja, ako se premaše, mogu da dovedu do gubitka radnih karakteristika dizalice. Razlikuju se krajnja granična stanja i granična stanja upotrebljivosti, kao što sledi:

a) **krajnja granična stanja**, koje određuju:

- 1) plastične deformacije usled dejstva nominalnih napona ili proklizavanja veza na bazi trenja,
- 2) otkaz komponenti ili veza (napr. statički otkaz, otkaz usled zamora ili stvaranje kritičnih prslina),
- 3) elastična nestabilnost dizalice ili njenih delova (izvijanje, izbočavanje),
- 4) nestabilnost kao krutog tela dizalice ili njenih delova (naginjanje, pomeranje premeštanje),

b) **granična stanja upotrebljivosti**, za šta su primeri:

- 1) deformacije koje ugrožavaju odnosno pogoršavaju predviđenu upotrebu dizalice (npr. funkcija pomeranja komponenti, zazori među delovima),
- 2) vibracije koje izazivaju štetna dejstva na rukovaoca dizalice ili oštećenja konstrukcije dizalice ili ograničavaju sposobnost rada,
- 3) premašenje temperaturnih granica (npr. pregrevanje motora i kočnica).

Dokaz kompetentnosti

U dokazu kompetentnosti moraju da se navedu granična stanja primenljiva na kombinaciju izbora materijala, tehnike izrade i specificirane uslove rada.

U cilju verifikacije da nisu premašena krajnja granična stanja, moraju da se izvedu sledeći dokazi:

a) **dokaz čvrstoće delova**, veza i komponenti:

1) pod statičkim i kvazistatičkim opterećenjem,

2) pod cikličkim opterećenjem (zamor),

b) **dokaz elastične stabilnosti** dizalice i njenih delova,

c) **dokaz stabilnosti kao krutog tela**.

U cilju verifikacije da nisu premašena granična stanja upotrebljivosti, moraju da se razmotre sledeći aspekti i gde je potrebno, da se izvede dokaz:

a) **deformacije**,

b) **vibracija**,

c) **termičkog ponašanja**.

Metode dokaza kompetentnosti

a. Metoda graničnog stanja

b. Metoda dozvoljenog napona

Metoda dozvoljenog napona

Za dizalice sa rasporedom masa klase MDC1 (videti EN 13001-2) sa linearnom vezom između dejstava i posledica opterećenja, metoda dozvoljenog napona je primenljiva za proračune dokaza kompetentnosti. Metoda dozvoljenog napona može takođe da se koristi za delove sistema MDC2 koji deluje na isti način kao linearni sistem MDC1. Metoda dozvoljenog napona je specijalni slučaj metode graničnog stanja gde je svim parcijalnim faktorima sigurnosti data ista vrednost, koja u kombinaciji sa koeficijentom otpornosti formira ukupni faktor (stepen) sigurnosti γ_f . Zbog svog posebnog karaktera, metoda dozvoljenog napona pouzdana je samo u posebnim slučajevima.

Pojedinačna određena opterećenja f_i moraju da se proračunaju i gde je potrebno uvećaju upotrebom faktora ϕ_i i moraju da se kombinuju sa razmatranim kombinacijama opterećenja. Složeno opterećenje

$\bar{F}_j$ mora da se upotrebi za određivanje rezultujućih dejstava opterećenja $\bar{S}_k$

tj. unutrašnjih sila u komponentama noseće konstrukcije i mehanizama ili sila u vezama i osloncima.

Klase raspodele masa MDC1 i MDC2

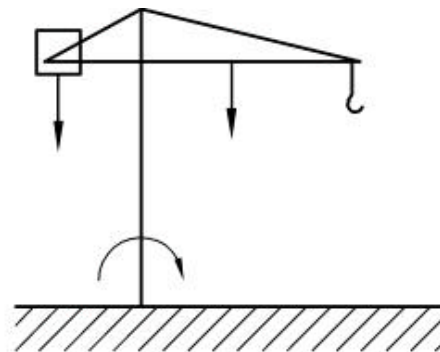
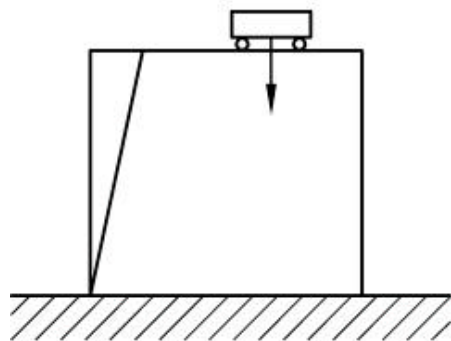
U vezi primene parcijalnih stepena sigurnosti na opterećenja usled težina, **dizalice se grupišu u jednu od dve klase raspodele masa:**

a) Dizalice klase raspodele masa MDC1

Dizalice ili delovi dizalica, kod kojih u svim kritičnim tačkama izabranim za proračunski dokaz, sva opterećenja usled gravitacije koja deluju na mase različitih delova dizalice, povećavaju rezultujuća dejstva opterećenja („nepovoljno“) i na koja ne utiču namerna pomeranja („prednaprezanje“), smatraju se dizalicama ili delovima dizalica koji spadaju u klasu raspodele masa MDC1 (videti Sl.). U ovom slučaju moraju da se primene date vrednosti parcijalnih (faktora) sigurnosti γ_p .

b) Dizalice klase raspodele masa MDC2

Dizalica ili deo dizalice pridruženi su klasi MDC2 (videti Sl. ako sadrže bar jedan element u kojem dejstvo gravitacionog opterećenja neke delimične mase dizalice smanjuje rezultujuće dejstvo opterećenja ili u kojem namerna pomeranja (prednaprezanje) utiču na dejstva opterećenja. U tom slučaju ukupna masa mora da se podeli na mase čija gravitaciona dejstva povećavaju rezultujuća dejstva opterećenja („nepovoljna masa“) i na one koje smanjuju rezultujuća dejstva opterećenja („povoljna masa“).



a) dizalica klase raspodele masa MDC1

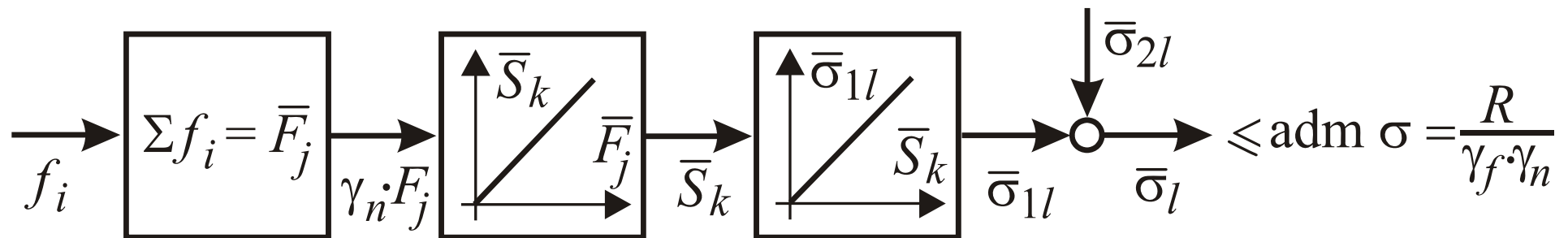
b) dizalica klase raspodele masa MDC2

Za dokaz da neće nastupiti tečenje i elastična nestabilnost, mora da se izračuna nominalni napon $\overline{s}_{1l}$

usled dejstva opterećenja na određeni element ili komponentu i kombinuje sa svim naponima $\overline{s}_{2l}$ koji potiču od lokalnih dejstava. Rezultujući napon $\overline{s}_l$

mora da se uporedi sa dozvoljenim naponom *adm* σ . Ovaj se određuje iz specifične čvrstoće ili karakteristične otpornosti R_d materijala, veze ili komponente sa verovatnoćom preživljenja najmanje 95 %, podeljene sa ukupnim faktorom (stepenom) sigurnosti γ_v i gde je primenljivo, koeficijentom rizika γ_n .

Dijagram toka (algoritam) koji ilustruje metodu dozvoljenog napona prikazan je na sl..



f_i

- karakteristično opterećenje i elementa ili komponente,

$\bar{F}_j$ - kombinovano opterećenje prema kombinaciji opterećenja j , uključujući faktore ϕ_i ,

$\bar{S}_k$ - dejstva opterećenja u preseku k elemenata ili osloničkih delova, kao što su unutrašnje sile i momenti, usled kombinacije opterećenja $\bar{F}_j$,

$\bar{\sigma}_{1l}$ - naponi u pojedinačnom elementu l kao rezultat dejstva opterećenja $\bar{S}_k$,

$\bar{\sigma}_{2l}$ - naponi u pojedinačnom elementu l nastali usled lokalnih dejstava,

$\bar{\sigma}_l$ - rezultujući projektovani napon u pojedinačnom elementu l ,

R_d - specifična čvrstoća ili karakteristična otpornost materijala, pojedinačnog elementa ili veze, kao što je napon (sa granici) tečenja, granica elastične stabilnosti ili zamorna čvrstoća (granična stanja),

$\text{adm } \sigma$ - dozvoljeni (dopušteni) napon,

γ - ukupni faktori (stepeni) sigurnosti primenjeni na određenu čvrstoću u skladu sa razmatranom kombinacijom opterećenja,

γ_n - koeficijent rizika, gde je primenljivo

Opterećenja

Opšte

Uvod

Opterećenja koja deluju na dizalicu, podeljena su u kategorije: **redovna, povremena i izuzetna (opterećenja)**. Ova opterećenja moraju se uzeti u obzir pri dokazu sigurnosti protiv otkaza usled nekontrolisanog pomeranja, tečenja, elastične nestabilnosti i gde je to primenljivo, zamora.

Redovna opterećenja

- a) dejstva dizanja i gravitacije koja deluju na masu dizalice,
- b) dejstva inercije i gravitacije koja deluju vertikalno na teret na podiznom sredstvu,
- c) opterećenja izazvana vožnjom po neravnoj površini,
- d) opterećenja izazvana ubrzanjem svih pogona dizalice,
- e) opterećenja izazvana pomeranjima.

Redovna opterećenja nastupaju često pri normalnom radu.

Povremena opterećenja

- a) opterećenja usled radnog vetra^{*},
- b) opterećenja snegom i ledom,
- c) opterećenja usled temperaturnih promena,
- d) opterećenja izazvana zakošenjem.

NAPOMENA: **Povremena opterećenja nastupaju retko.** Ona se obično zanemaruju pri dokazu pogonske čvrstoće.

Izuzetna opterećenja

- a) opterećenja izazvana dizanjem tereta sa tla pod izuzetnim uslovima,
- b) opterećenja usled neradnog vetra*,
- c) probna opterećenja;
- d) opterećenja usled sila udara u odbojnik,
- e) opterećenja usled sila naginjanja,
- f) opterećenja izazvana prinudnim zaustavljanjem,
- g) opterećenja izazvana otkazom mehanizama ili komponenti,
- h) opterećenja usled spoljašnje pobude podloge dizalice,
- i) opterećenja izazvana montažom i demontažom.

Redovna opterećenja

Dejstva dizanja i gravitacije koja deluju na masu dizalice

Pri odizanju tereta od tla ili pri oslobađanju tereta ili dela tereta, mora da se uzme u obzir pobuda oscilovanja noseće konstrukcije dizalice. **Gravitaciona sila izazvana masom dizalice ili delova dizalice mora da se pomnoži sa faktorom ϕ_1 . Mase dizalice ili delova dizalice u klasi MDC1 (videti) moraju se pomnožiti sa:**

$$\phi_1 = 1 + \delta, \quad 0 \leq \delta \leq 0,1$$

Usvojeni su odomaćeni termini: radni vetar $\equiv$ vetar u pogonu, neradni vetar $\equiv$ vetar van pogona.

Prof. dr Nenad Zrnić, izvodi sa
predavanja

Mase dizalice ili delova dizalice u klasi MDC1 moraju se pomnožiti sa:

$$\phi_1 = 1 + \delta, \quad 0 \leq \delta \leq 0,1$$

Vrednost δ zavisi od noseće konstrukcije dizalice i mora da se specificira.

Delovi masa delova dizalice u klasi MDC2 moraju da se pomnože sa:

$$\phi_1 = 1 \pm \delta, \quad 0 \leq \delta \leq 0,05$$

u zavisnosti od toga da li njihovo gravitaciono dejstvo delimično pojačava (+ δ) ili smanjuje (- δ) rezultujuće dejstvo opterećenja u kritičnim tačkama odabranim za računski dokaz.

Masa dizalice uključuje one komponente koje su uvek prisutne tokom rada, izuzev samog neto tereta. Za neke dizalice ili namene može da bude neophodno da se doda masa kojom se uzima u obzir nakupljanje otpadnog materijala.

У случају масне дизалице може се усвојити:

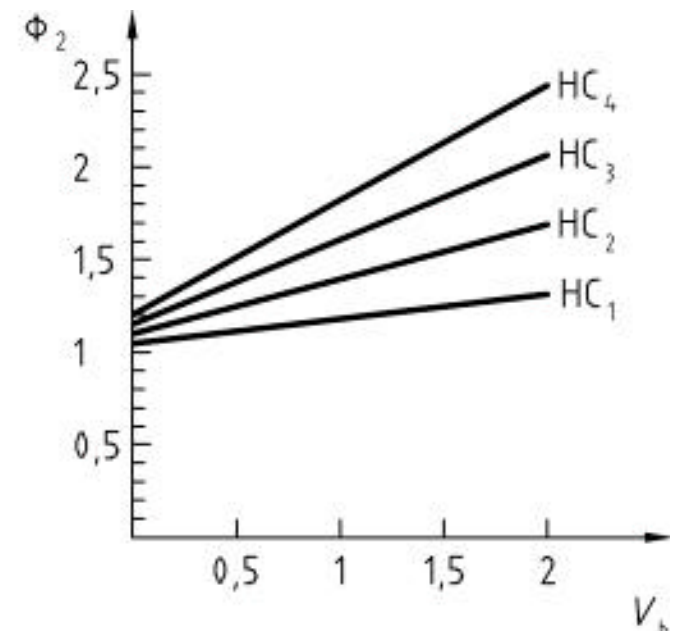
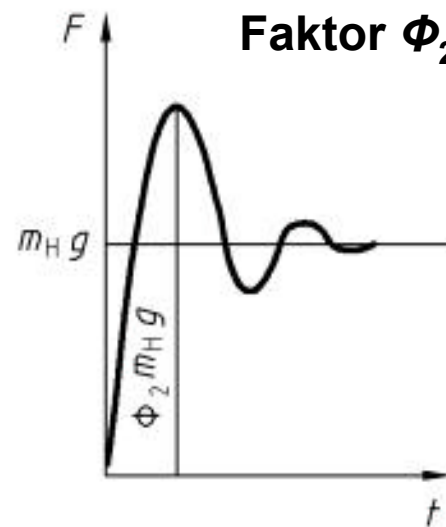
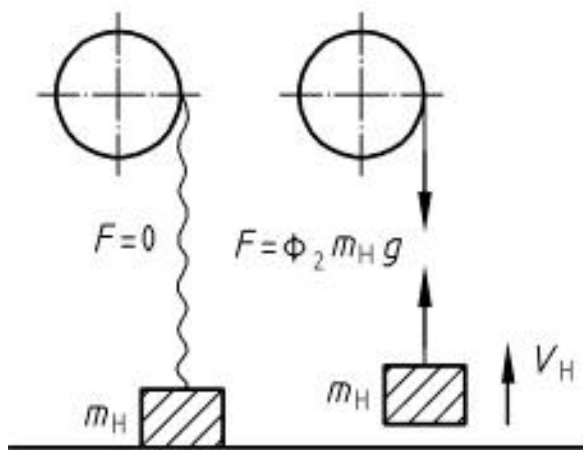
$$\phi_1 = 1 + \delta = 1 + 0,1 = 1,1$$

Dejstva inercije i gravitacije koja deluju vertikalno na teret na podiznom sredstvu

Odizanje slobodnog tereta sa tla

Pri odizanju slobodnog tereta sa tla, time izazvana vibraciona dejstva moraju da se uzmu u obzir množenjem gravitacione sile mase tereta na podiznom sredstvu faktorom ϕ_2 (videti Sl.).

Masa tereta na podiznom sredstvu uključuje mase korisnog tereta, zahvatnog sredstva i dela okačenih užadi ili lanaca i sl.



Faktor ϕ_2 mora da se odredi kao:

$$\phi_2 = \phi_{2\min} + \beta_2 \cdot v_h$$

$\phi_{2\min}$ i β_2 su dati u Tab. 2 za odgovarajuću klasu dizanja. Za potrebe ovog standarda. dizalice su podeljene u klase dizanja od HC1 do HC4 prema svojim dinamičkim i elastičnim karakteristikama. Klasa HC1 zahteva elastičnu noseću konstrukciju i pogonski sistem sa vrlo glatkim dinamičkim karakteristikama, dok kruta noseća konstrukcija i pogonski sistem sa naglim promenama brzine nagoveštavaju HC4. Izbor klase dizanja zavisi od pojedinog tipa dizalice, a određuje se u evropskim standardima za pojedine tipove dizalica, videti Aneks B. Takođe, vrednosti ϕ_2 mogu da se odrede eksperimentima ili analizom, nezavisno od klase dizanja.

Klasa dizanja sredstva	β_2	$\phi_{2,\min}$
HC1	0,17	1,05
HC2	0,34	1,10
HC3	0,51	1,15
HC4	0,68	1,20

Vrednosti β_2 i $\phi_{2,\min}$

За двогреду мосну дизалицу носивости Q=25t и распона L=28m

брзина дизања

$$V_{\text{diz}} = 6,3 \text{ [m/min]},$$

брзина кретања моста

$$V_{\text{mosta}} = 20 \text{ [m/min]},$$

$$\phi_2 = \phi_{2\min} + \beta_2 \cdot v_h = 1,1 + 0,34 \cdot \frac{6,3}{60} = 1,14$$

Prof. dr Nenad Zrnić, izvodi sa
predavanja

v_h je ustaljena brzina dizanja u m/s, svedena na zahvatno sredstvo. Vrednosti v_h date su u Tab.

Kombinacije opterećenja	Tip mehanizma pogona dizanja i način njegovog rada				
	HD1	HD2	HD3	HD4	HD5
A1, B1	$v_{h,max}$	$v_{h,CS}$	$v_{h,CS}$	$0,5 \cdot v_{h,max}$	$v_h = 0$
C1	-	$v_{h,max}$	-	$v_{h,max}$	$0,5 \cdot v_{h,max}$

Vrednosti v_h za određivanje ϕ_2

Ovde je:

HD1: mehanizam pogona dizanja ne može da radi malom (puzajućom) brzinom dizanja,

HD2: dizaličar može da uključi ustaljenu malu ili finu (puzajuću) brzinu dizanja,

HD3: sistem upravljanja mehanizma pogona dizanja obezbeđuje ustaljenu malu (puzajuću) brzinu dizanja dok se teret ne odigne od tla,

HD4: dizaličar može da uključi upravljanje kontinualno promenljivom brzinom dizanja,

HD5: nakon predzatezanja sredstva za dizanje, sistem upravljanja pogonom dizanja obezbeđuje dostizanje izabrane brzine sa ubrzanjem nezavisnim od dizaličara.

$v_{h,max}$ je najveća ustaljena brzina dizanja.

$v_{h,CS}$ je ustaljena mala (puzajuća) brzina dizanja.

Osnovne kombinacije opterećenja za proračunski dokaz da su sprečene mehaničke opasnosti usled tečenja i elastične nestabilnosti pri ekstremnim vrednostima, dati su u Tabeli.

Table 10 — Loads, load combinations and partial safety factors

[illegible]

Table 10 (continued)

Categories of loads	Loads f_i	i	Ref.	Load combinations A					Load combinations B					Load combinations C											
				Partial safety factors	A1	A2	A3	A4	Partial safety factors	B1	B2	B3	B4	B5	Partial safety factors	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	
Exceptional	Holisting a grounded load	11	4.2.4.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1	ϕ_2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Out-of-service wind loads	12	4.2.4.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,16	-	1	-	-	-	-	-	-	-	
	Test loads	13	4.2.4.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1	-	-	ϕ_6	-	-	-	-	-	-	
	Buffer forces	14	4.2.4.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1	-	-	-	ϕ_7	-	-	-	-	-	
	Tilting forces	15	4.2.4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	
	Emergency cut-out	16	4.2.4.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1	-	-	-	-	-	ϕ_5	-	-	-	
	Failure of mechanism	17	4.2.4.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1	-	-	-	-	-	-	ϕ_5	-	-	
	Excitation of the crane foundation	18	4.2.4.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
	Erection ,dismantling and transport	19	4.2.4.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
Overall safety factor γ				-	1,48				-	1,34				-	1,22										
Resistance coefficient γ_R				1,1	-				1,1	-				1,1	-										

Prof. dr Nenad Zrnić, izvodi sa
predavanja

Kombinacije opterećenja A, B i C:

Kombinacije opterećenja A obuhvataju redovna opterećenja dizalice pri normalnoj upotrebi.

A1:Odizanje i spuštanje (odlaganje) tereta

Generalno, moraju da se kombinuju opterećenja radi razmatranja događaja za vreme ubrzanja, usporenja i pozicioniranja dizalice sa i bez tereta, koja se kreće u oba smera. Za vreme odizanja tereta ili zahvatnog sredstva od tla, mora da se uzme u obzir samo kombinacija pogonskih sila ubrzanja izazvana drugim pogonima (izuzev pogona dizanja), u skladu sa predviđenim normalnim radom, kao i upravljanjem pogonima.

A2:Iznenadno otpadanje dela tereta na podiznom sredstvu.

Pogonske sile moraju da se kombinuju kao za A1.

A3:Okačen teret ili zahvatno sredstvo.

Sa okačenim teretom ili zahvatnim sredstvom mora da se uzme u obzir svaka kombinacija sila ubrzanja ili usporenja izazvanih bilo kojim pogonom, uključujući i pogon dizanja, ili njihovim nizom za vreme pokreta pozicioniranja, u skladu sa predviđenim normalnim radom, kao i upravljanjem pogonima.

A4:Vožnja po neravnoj površini ili koloseku

Pogonske sile moraju da se kombinuju kao za A1.

Kombinacije opterećenja B obuhvataju redovna opterećenja kombinovana sa povremenim opterećenjima:

B1 – B4 Kombinacije opterećenja ekvivalentne su kombinacijama opterećenja A1 – A4, ali dodatno moraju da se uzmu u obzir radni vetar i opterećenja od drugih uticaja okoline.

B5:Dizalica u normalnom radu, vožnja po neravnoj površini ustaljenom brzinom i uz zakošenje, uz radni vetar i opterećenja od drugih uticaja okoline.

Kombinacije opterećenja C obuhvataju redovna opterećenja kombinovana sa povremenim i izuzetnim opterećenjima:

C1:Dizalica u radnim uslovima, odizanje tereta od tla pri najvećoj brzini dizanja, primena ϕ_2 , videti C2:Dizalica u neradnim uslovima, uključujući neradni vetar i opterećenja od drugih uticaja okoline.

C3:Dizalica u uslovima ispitivanja. Pogonske sile moraju da se kombinuju kao za A1.

C4:Dizalica sa teretom na podiznom sredstvu u kombinaciji sa opterećenjima usled sila udara u odbojnice.

C5:Dizalica sa teretom na podiznom sredstvu u kombinaciji sa opterećenjima usled sila naginjanja.

C6:Dizalica sa teretom na podiznom sredstvu u kombinaciji sa opterećenjima izazvanim prinudnim zaustavljanjem.

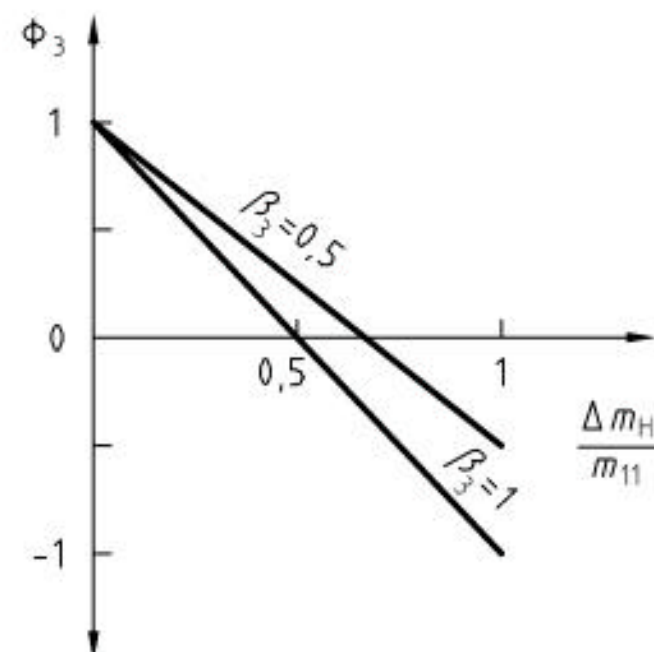
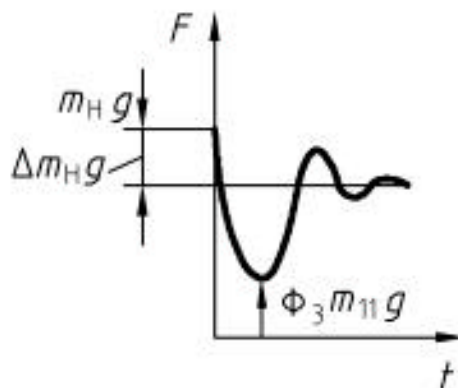
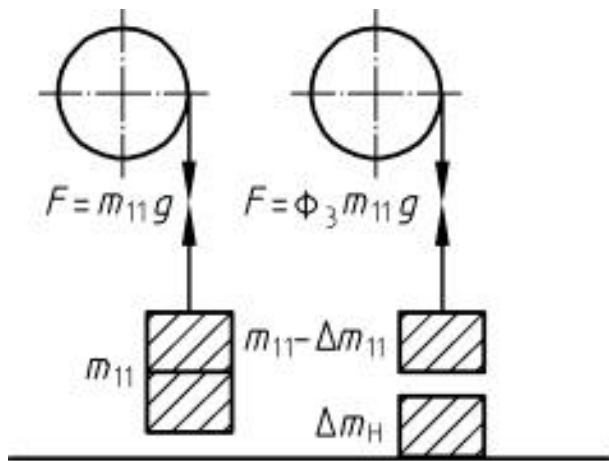
C7:Dizalica sa teretom na podiznom sredstvu u kombinaciji sa opterećenjima izazvanim otkazom pogonskog mehanizma.

C8:Dizalica sa teretom na podiznom sredstvu u kombinaciji sa opterećenjima usled spoljašnje pobude podloge dizalice.

C9:Dizalica za vreme montaže i demontaže.

Iznenadno oslobađanje dela tereta na podiznom sredstvu

Kod dizalica koje u normalnom procesu rada oslobađaju deo tereta na podiznom sredstvu, vršno dinamičko dejstvo na dizalicu može da se uzme u obzir množenjem tereta na podiznom sredstvu faktorom ϕ_3



Faktor ϕ_3

Koef. ϕ_3 mora da se odredi kao:

$$\phi_3 = 1 - \frac{\Delta m_H}{m_H} \cdot (1 + \beta_3)$$

Δm_H oslobođeni deo tereta na podiznom sredstvu,

m_H masa tereta na podiznom sredstvu,

$\beta_3 = 0,5$ za dizalice sa grabilicom ili sličnim uređajem za polagano odlaganje;

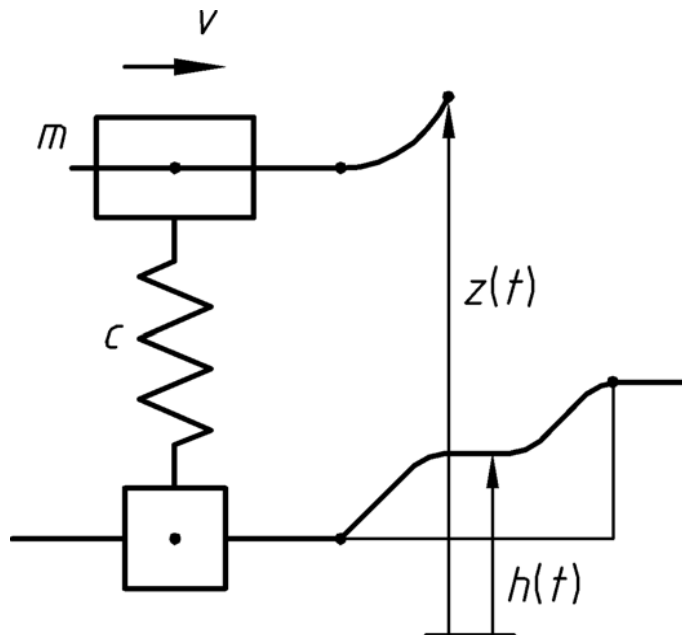
$= 1,0$ za dizalice sa magnetom ili sličnim uređajem za brzo odlaganje.

Opterećenja izazvana vožnjom po neravnoj površini

Dinamička dejstva na dizalicu usled vožnje, sa ili bez tereta, po putu, van puta ili po šinama, moraju da se procene, eksperimentalno ili proračunski uz primenu pogodnog modela dizalice ili kolica dizalice i vozne površine ili šina, i moraju da se specificiraju. Pri proračunu dinamičkih dejstava na dizalicu usled vožnje, izazvana ubrzanja moraju da se uzmu u obzir množenjem gravitacionih sila usled masa dizalice i tereta na podiznom sredstvu faktorom ϕ_4 .

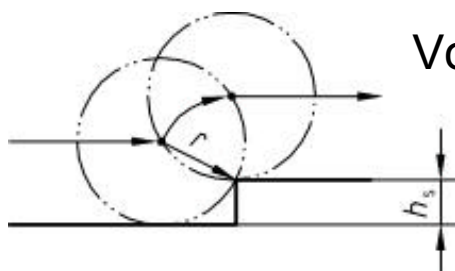
Evropski standardi za određene tipove dizalica specificiraju tolerancije koloseka i uslova tla i navode konvencionalne vrednosti za ϕ_4 .

Ako ne postoji specificirani faktor ϕ_4 , isti može da se odredi na osnovu jednostavnog modela dizalice sa jednom masom i oprugom, kao što je prikazano na Sl.

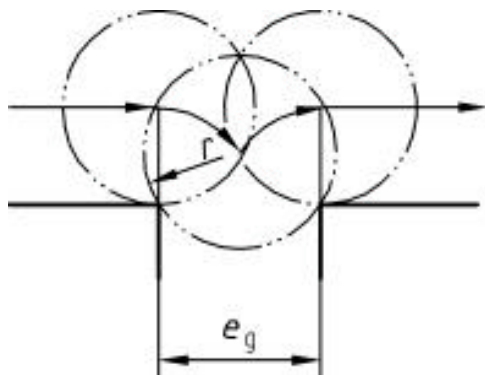


m masa dizalice i tereta na podiznom sredstvu,
 v konstantna brzina horizontalne vožnje dizalice,
 c konstanta opruge,
 $z(t)$ koordinata težišta,
 $h(t)$ funkcija neravnina, koja opisuje nadvišenje ili zazor na sastavu šina.

Jednomaseni model dizalice za određivanje faktora ϕ_4



Vožnja preko nadvišenja



Vožnja preko zazora

ϕ_4 može da se izračuna na sledeći način

$$\phi_4 = 1 + \left(\frac{\pi}{2} \right)^2 \cdot \frac{v^2}{g \cdot r} \cdot \xi_s$$

za vožnju preko nadvišenja

$$\phi_4 = 1 + \left(\frac{\pi}{2} \right)^2 \cdot \frac{v^2}{g \cdot r} \cdot \xi_G$$

za vožnju preko zazora

Prof. dr Nenad Zrnić, izvodi sa predavanja

v konstantna brzina horizontalne vožnje dizalice,
 r poluprečnik točka,
 $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ gravitaciona konstanta,
 $\xi_s(\alpha_s)$, $\xi_G(\alpha_G)$ faktori krivine, koji dostižu maksimum u periodu vremena kada je točak već prešao neravninu; za $\alpha_s < 1,3$ i $\alpha_G < 1,3$ mogu da se odrede prema dijagramima datim na Sl na sledećoj strani.

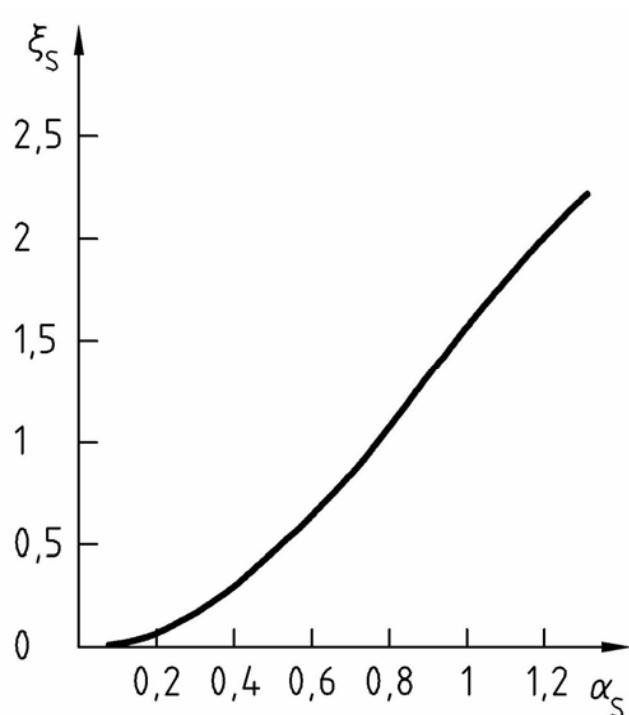
$$\alpha_s = \frac{2 \cdot f_q \cdot h_s}{v} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot r}{h_s}} \quad \alpha_G = \frac{f_q \cdot e_G}{v}$$

h_s je visina nadvišenja

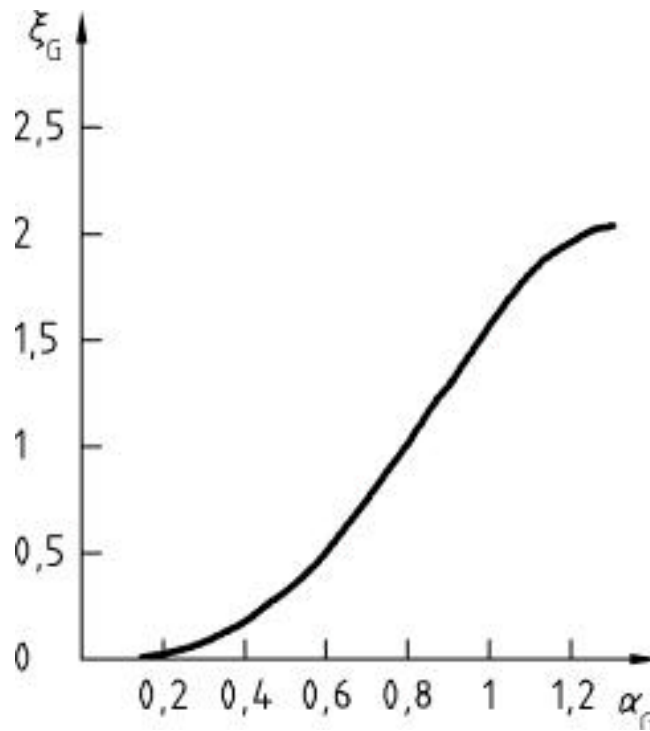
e_G je širina zazora

$$f_q = \frac{\sqrt{c / m}}{2 \cdot \pi}$$

je sopstvena frekvencija jednomasenog modela dizalice (videti Sl.). Ako je nepoznata, usvojiti da je 10 Hz.



a) Vožnja preko nadvišenja



b) Vožnja preko zazora

Slika – Faktori krivine $\xi_S(\alpha_S)$ i $\xi_G(\alpha_G)$

Primena ovog jednostavnog modela je ograničena na dizalice čije stvarno dinamičko ponašanje odgovara ponašanju modela. **Ako više od jednog prirodnog oblika oscilovanja doprinosi značajnom odgovoru** i/ili nastupa obrtanje, konstruktor treba da proceni dinamička opterećenja koristeći model koji odgovara datim uslovima.

Opterećenja izazvana ubrzanjem pogona

Opterećenja dizalice usled ubrzanja ili usporenja izazvanih pogonskim silama mogu se proračunati koristeći kruto kinetički model. Za ovu svrhu može da se smatra da je bruto teret pričvršćen na vrhu strele ili direktno ispod kolica dizalice.

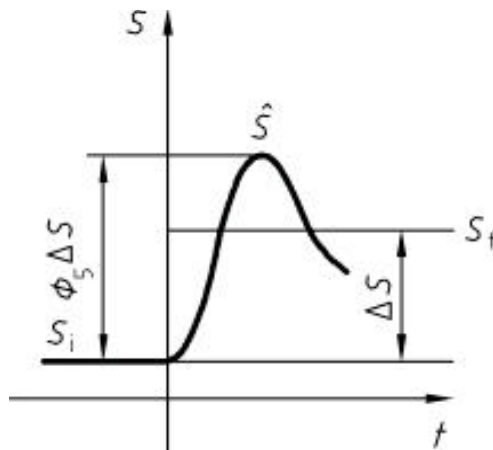
Dejstvo opterećenja $\hat{S}$ mora da se primeni na delove izložene pogonskim silama, a gde je primenljivo i na dizalicu i bruto teret. Kako analiza na osnovu krutog tela ne iskazuje direktno elastične efekte, dejstvo opterećenja $\hat{S}$ mora da se proračuna uz primenu faktora ϕ_5 kao što sledi

$$\hat{S} = S_{(i)} + \phi_5 \cdot \Delta S$$

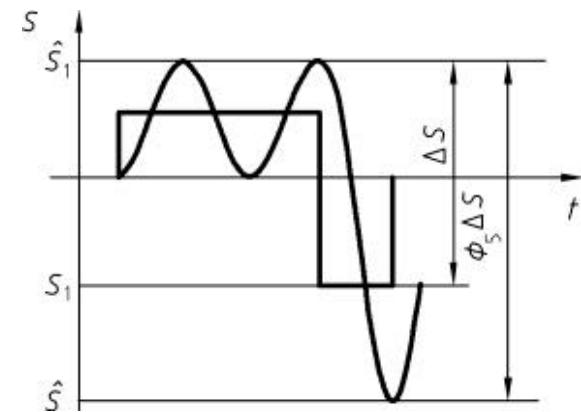
$\Delta S = S_f - S_i$ promena dejstva opterećenja usled promene pogonske sile $\Delta F = F_f - F_i$,

S_i, S_f početne (i) i završne (f) vrednosti dejstva opterećenja izazvane sa F_i i F_f ,

F_f, F_i početne (i) i završne (f) vrednosti pogonskih sila.



a) za promenu pogonskih sila



b) za slučaj pozicioniranja
iz stacionarnog stanja

Za ϕ_5 moraju da se primene sledeće vrednosti:

$\phi_5 = 1$ za centrifugalne sile,

$1 \leq \phi_5 \leq 1,5$ za pogone bez zazora ili u slučajevima kada postojeći zazor ne utiče na dinamiske sile, pri ravnomernoj promeni sila,

$1,5 \leq \phi_5 \leq 2$ za pogone bez zazora ili u slučajevima kada postojeći zazor ne utiče na dinamičke sile, pri nagloj promeni sila,

$\phi_5 = 3$ za pogone sa značajnim zazorom, ako nije tačnije određen na osnovu modela sa masama i oprugama.

Kada je sila koja se može preneti, ograničena trenjem ili prirodom pogonskog mehanizma, mora da se primeni ograničena sila i faktor ϕ_5 u skladu sa tim sistemom.

Opterećenja usled pomeranja

Moraju da se uzmu u obzir opterećenja nastala usled pomeranja uključena u konstrukciju, npr. kao ona unutar određenih granica, neophodna da iniciraju odgovor kompenzacionih sistema (npr. zakošenja) ili ona koja potiču od prednaprezanja.

U ostala opterećenja koja treba uzeti u obzir uključena su ona koja mogu nastati od pomeranja koja leže unutar definisanih granica, kao ona usled odstupanja po visini ili zazora između šina ili neravnog postavljanja oslonaca.

Povremena opterećenja

Opterećenja usled radnog vetra

Opterećenja vetrom pretpostavljena da deluju normalno na uzdužnu osu elementa dizalice, računaju se kao:

$F = q(3) \cdot c \cdot A$ pri razmatranju noseće konstrukcije dizalice,

$F = \varepsilon_S \cdot q(3) \cdot c \cdot A$ pri određivanju potrebnih pogonskih sila pokretanja,

$F = \varepsilon_M \cdot q(3) \cdot c \cdot A$ pri određivanju pogonskih sila tokom kontrolisanog pomeranja.

gde je:

F je opterećenje vetrom koji deluje normalno na uzdužnu osu razmatranog elementa dizalice,

c je aerodinamički koeficijent razmatranog elementa, mora da se primeni u kombinaciji sa karakterističnom površinom A ; vrednosti c moraju da budu kao one date u Aneksu A karakteristična površina razmatranog elementa (videti Aneks A),

gde je:

$q(3) = 0,5 \cdot \rho \cdot v(3)^2$ pritisak vetra pri $v(3)$,

$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$ gustina vazduha,

$\varepsilon_S = 0,7$ konvencionalni faktor sile pokretanja,

$\varepsilon_M = 0,37$ konvencionalni faktor srednje pogonske sile,

$v(3) = 1,5 \cdot \bar{V}$ brzina udara vetra osrednjena za interval od 3 s

$\bar{V}$ srednja brzina vetra, svedena na Bofo - skalu, osrednjena za vremenski interval od 10 min na visini 10 m nad ravnim tlom ili nivoom mora

Za razmatranje elementa dizalice mora da se primeni komponenta $\overline{V}^*$ brzine vetra koja deluje normalno na uzdužnu osu elementa dizalice; ona se računa kao

$$\overline{V}^* = \overline{V} \cdot \sin \alpha_w \quad \text{gde je } \alpha_w \text{ ugao između pravca brzine vetra } \overline{V} \text{ i uzdužne ose razmatranog elementa}$$

Opterećenje vetrom koje je usvojeno da deluje na bruto teret u pravcu brzine vetra, određuje se analogno opterećenjima vetrom koja su usvojena da deluju na element dizalice, pri čemu se ne sme zameniti $\overline{V}$ sa $\overline{V}^*$

Faktori dati u jednačini za F (videti gore) su sledeći:

F opterećenje vetrom koje deluje na bruto teret u pravcu brzine vetra,

c aerodinamički koeficijent bruto tereta u pravcu brzine vetra,

A_g projekcija bruto tereta na ravan normalnu na pravac brzine vetra, u m^2 .

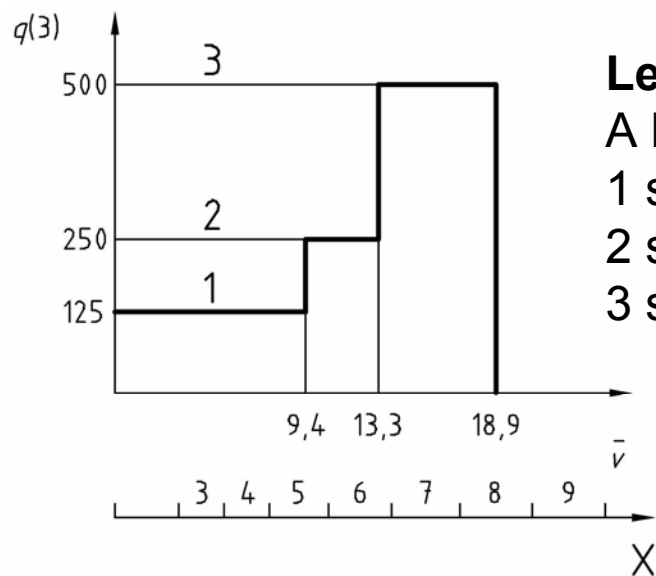
U nedostatku tačne informacije o teretu, treba usvojiti $c = 2,4$ i $A_g = 0,0005 \cdot m_H$, gde je m_H masa bruto tereta u kg. A_g ne sme da bude manje od $0,8 m^2$.

U zavisnosti od tipa dizalice, njene konfiguracije, rada i uslova korišćenja, kao i ugovorenog/ /specificiranog broja dana van pogona godišnje, mora da se specificira srednja brzina vetra $\bar{v}$

Stanja radnog vetra

Stanje vetra	[m/s]	$v(3)$ [m/s]	$q(3)$ [N/m ²]	$\varepsilon_S \cdot q(3)$ [N/m ²]	$\varepsilon_M \cdot q(3)$ [N/m ²]
1 lako	9,4	14	125	88	46
2 normalno	13,3	20	250	176	92
3 teško	18,9	28	500	353	184

Korelacija između srednje brzine vetra, Bofor-skale i stanja radnog vetra, prikazana je na Sl.



Legenda:

A Bofor,
1 stanje vetra 1,
2 stanje vetra 2,
3 stanje vetra 3.

Prof. dr Nenad Zrnić, izvodi sa predavanja

Konstrukcija se bazira na sledećim zahtevima za rad dizalice: Ako brzina vetra, merena na najvišoj tački dizalice, raste i teži da dostigne $v(3)$, dizalica mora da se obezbedi ili da se njena konfiguracija transformiše u bezbednu konfiguraciju. Kako su metode i/ili sredstva za obezbeđenje različiti i zahtevaju različita trajanja (uređaji za zabravljivanje na posebnim mestima na stazi dizalice, šinska klješta sa ručnim ili automatskim uključivanjem), za započinjanje obezbeđivanja mora da se izabere donji nivo srednje brzine vetra.

NAPOMENA: Svaki nezategnuti element noseće konstrukcije postavljen u strujanje vetra svojom uzdužnom osom normalno na ovo strujanje, može da postane aeroelastično nestabilan.

Sredstva za sprečavanje ovih efekata (kao “galopiranje” ili stvaranje vrtloga) konstrukcijom, treba da budu predviđena i za uslove radnog vetra i za uslove neradnog vetra.

Opterećenja snegom i ledom

Gde su značajna, opterećenja snegom i ledom moraju da se specificiraju i uključe u proračun. Moraju da se uzmu u obzir povećane površine izložene vetru.

Opterećenja usled temperaturnih promena

Gde su značajne, lokalne temperaturne promene moraju da se specificiraju i uključe u proračun.

Opterećenja izazvana zakošenjem

Opterećenja usled zakošenja javljaju se na sredstvima za vođenje vođenih dizalica ili kolica dizalica na točkovima tokom njihove vožnje ustaljenom brzinom. Ova opterećenja izazvana su reakcijama vođica, koje prisiljavaju točkove da odstupe od svog prirodnog pravca vožnje dizalice ili kolica slobodnim kotrljanjem.

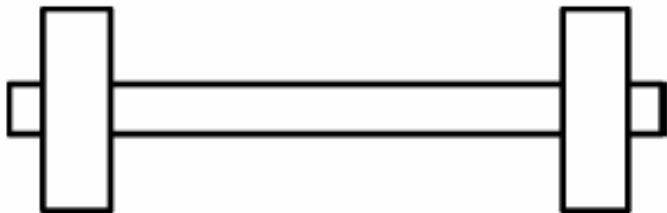
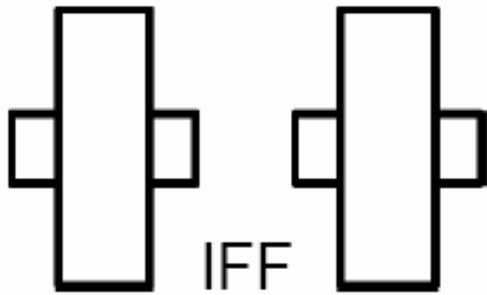
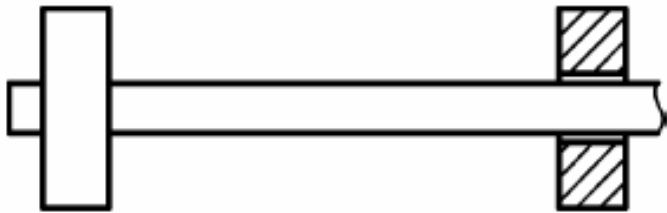
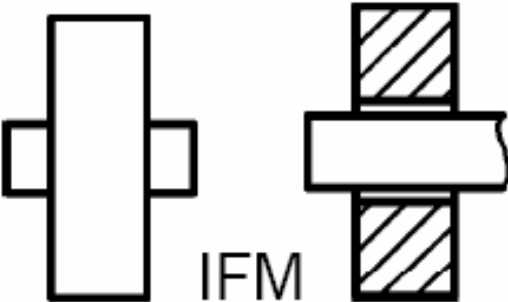
Sile usled zakošenja pri kretanju, kako su prethodno opisane, obično se smatraju povremenim opterećenjima, ali se učestanost njihovog nastupanja menja u zavisnosti od vrste, konfiguracije, tačnosti paralelnosti osa točkova i postavljanja dizalice ili kolica. U pojedinim slučajevima učestanost pojavljivanja određuje da li će one biti smatrane redovnim ili povremenim opterećenjima. Uputstva za procenu amplitude opterećenja usled zakošenja i kategorije u koju će biti svrstane, data su u evropskim standardima za pojedine tipove dizalica.

Poprečne i tangencijalne sile između točkova i šina, kao i između sredstava za vođenje i vođica, prouzrokovanih zakošenjem dizalice, mogu da se proračunaju na osnovu uprošćenog mehaničkog modela. Smatra se da se dizalica kreće ustaljenom brzinom bez upravljanja zakošenjem pri kretanju.

Model se sastoji od n poprečno u liniji postavljenih parova točkova, od kojih je p parova povezanih točkova. Povezani par točkova (C) povezan je mehanički ili električno.

Nezavisno oslonjeni slobodni točkovi ili takođe – uprošćeno – pojedinačno pogonjeni točkovi smatraju se nezavisnim parom točkova (I). Ovaj uslov važi i u slučaju nezavisnih pojedinačnih pogona.

Točkovi su postavljeni u idealnom geometrijskom položaju na krutu konstrukciju dizalice koja se kreće krutim kolosekom. Kod ovog modela zanemaruju se razlike prečnika točkova. Točkovi su ili fiksni (F) ili pokretni (M) u odnosu na bočnu pomerljivost. Različite moguće kombinacije parova točkova, koji leže poprečno u redu, date su na Sl.

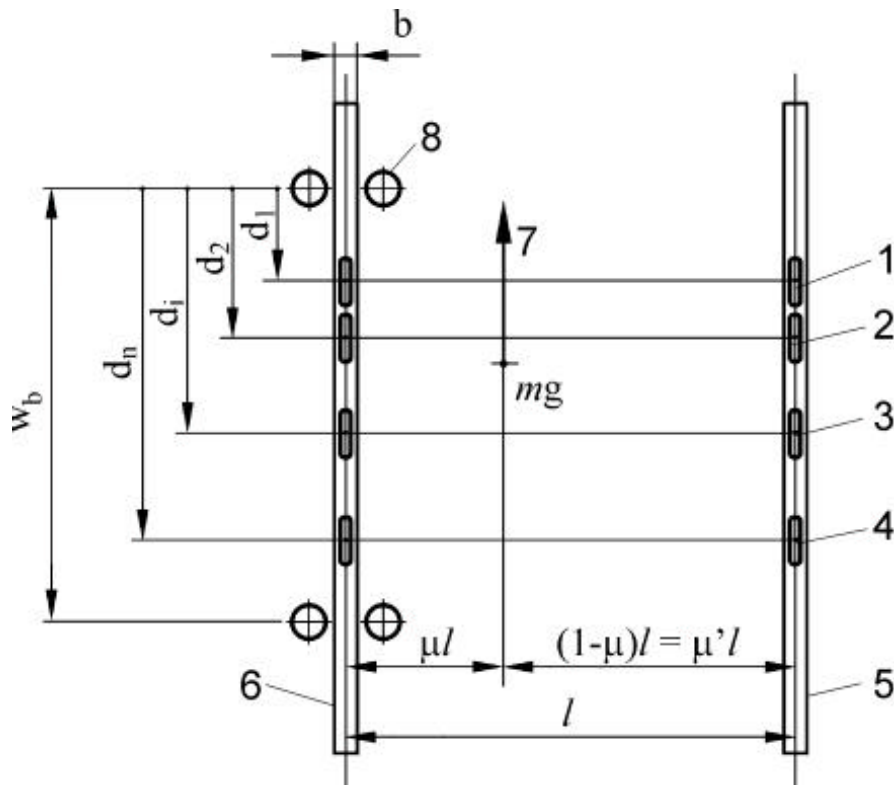
	povezani (C) Coupled(C)	nezavisni (I) Independent (I)
Fixed/Fixed (F/F) fiksno/fiksno (F/F)	 CFF	 IFF
Fixed/Movable (F/M) fiksno/pom- erljivo (F/M)	 CFM	 IFM

Različite kombinacije parova točkova

Položaj parova točkova u odnosu na položaj sredstva za vođenje na prednjem kraju dizalice koja se kreće, dat je rastojanjem d_i , kako je to prikazano na Sl.

NAPOMENA 1: Ako su umesto dodatnih sredstava za vođenje primenjeni venci točkova, važi $d_i = 0$.

NAPOMENA 2: Usvojeno je da gravitacione sile masa zahvatnog sredstva sa teretom ($m \cdot g$) deluju na rastojanju $\mu \cdot l$ od šine 1 i da su ravnomerno raspodeljene na n točkova na svakoj strani dizaličke staze.



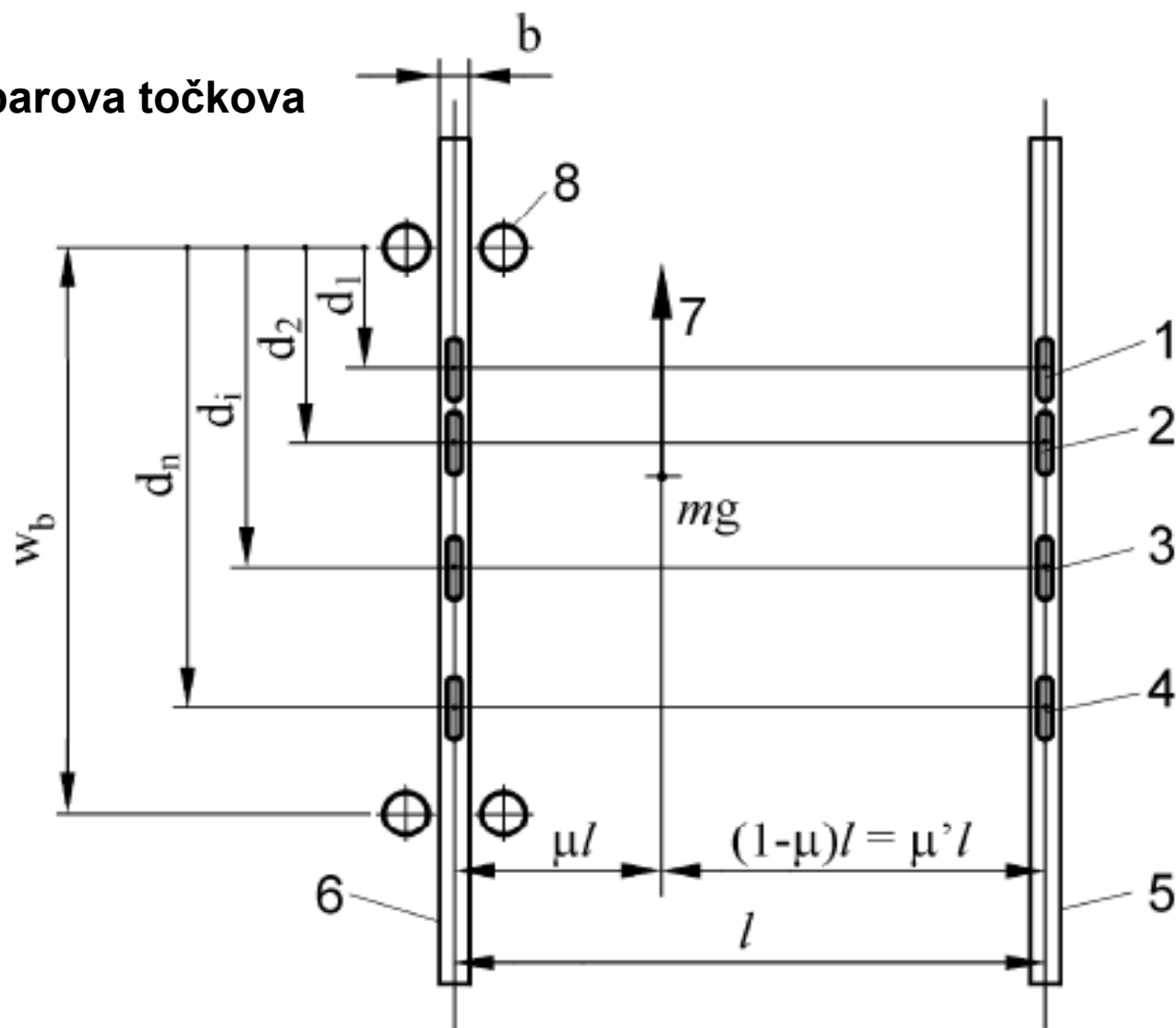
Legenda:

- | | |
|-------------------|-----------------------|
| 1 par točkova 1 | 5 šina 2 |
| 2 par točkova 2 | 6 šina 1 |
| 3 par točkova i | 7 pravac vožnje |
| 4 par točkova n | 8 sredstvo za vođenje |

Položaj parova točkova

Prof. dr Nenad Zrnić, izvodi sa predavanja

Položaj parova točkova



Key

- 1 wheel pair 1
- 2 wheel pair 2
- 3 wheel pair 1
- 4 wheel pair n

- 5 rail 2
- 6 rail 1
-  7 travelling direction
- 8 guide means 

Sila vođenja F_y je u ravnoteži sa silama na točkovima F_{x1i} , F_{x2i} , F_{y1i} , F_{y2i} , izazvanih zakretanjem dizalice oko trenutnog pola klizanja. Uz maksimalno poprečno proklizavanje $s_y = \alpha$ na sredstvu za vođenje i linearnu raspodelu poprečnog proklizavanja s_{yi} između sredstva za vođenje i trenutnog pola klizanja, odgovarajuće sile zakošenja mogu da se proračunaju kako sledi.

Sila vođenja F_y može da se proračuna kao:

$F_y = v \cdot f \cdot m \cdot g$ gde je: $m \cdot g$ gravitaciona sila mase dizalice sa teretom,

$$f = 0,3 \cdot \left[1 - e^{(0,25 \cdot \alpha)} \right] \quad \text{koef. trenja točkova pri kotrljanju}$$

α je ugao zakošenja

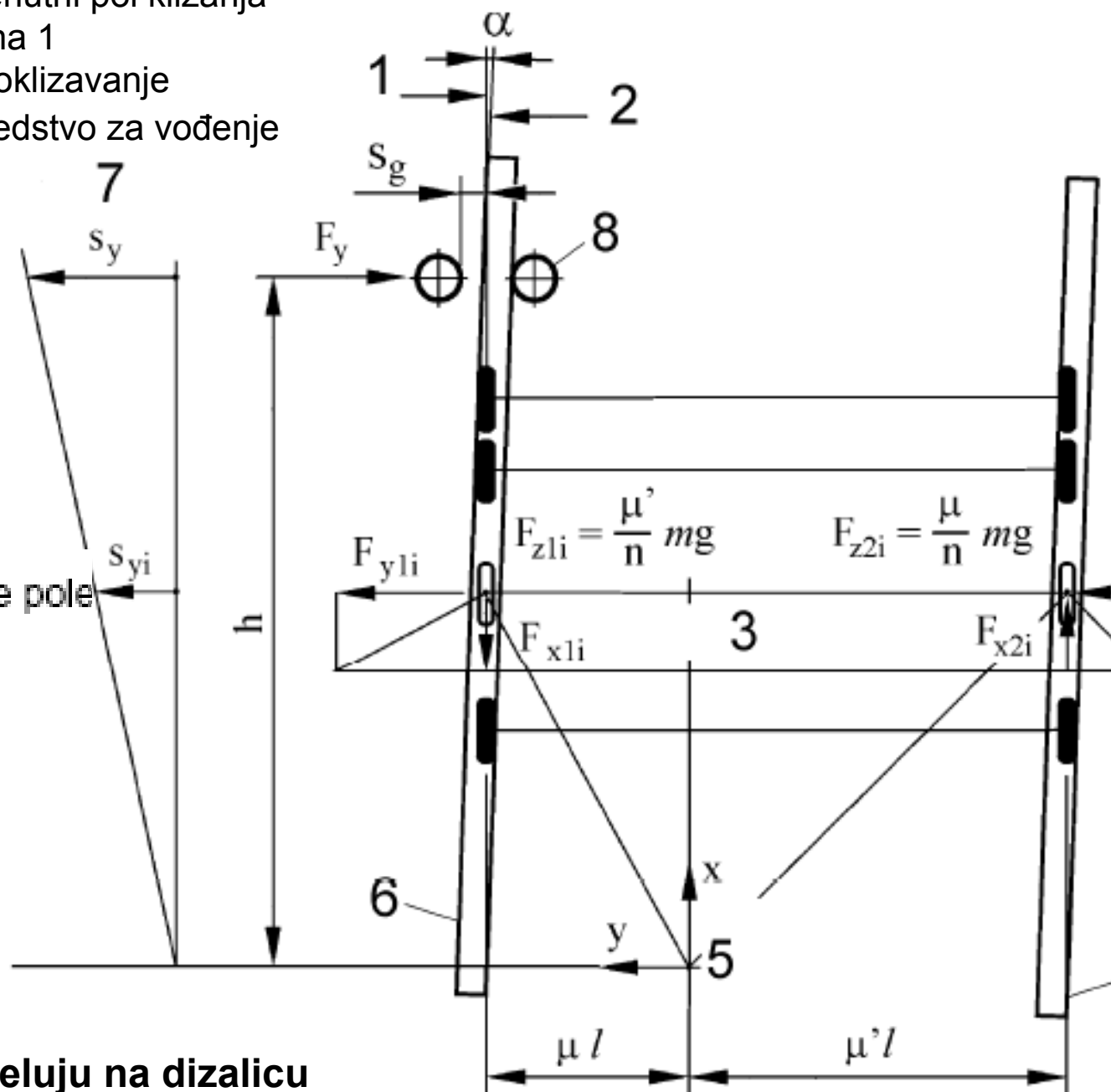
Ugao zakošenja α , koji ne treba da premaši 0,015 rad, mora da se izabere tako da se uzmu u obzir rastojanje između sredstva za vođenje i šine, kao i razumne varijacije dimenzija i pohabanost točkova i šina, kao:

$$\alpha = \alpha_s + \alpha_w + \alpha_r$$

- | | |
|-------------------|-------------------------|
| 1 pravac kretanja | 5 trenutni pol klizanja |
| 2 pravac šine | 6 šina 1 |
| 3 par točkova i | 7 proklizavanje |
| 4 šina 2 | 8 sredstvo za vođenje |

Legenda:

- 1 direction of motion
- 2 direction of rail
- 3 wheel pair i
- 4 rail 2
- 5 instantaneous slide pole
- 6 rail 1
- 7 slip
- 8 guide means



Opterećenja koja deluju na dizalicu u zakošenom položaju

$$\alpha = \alpha_g + \alpha_w + \alpha_t$$

$\alpha_g = s_g / w_b$ deo ugla zakošenja usled zazora vođenja

s_g zazor vođenja, videti sliku na prethodnom slajdu

w_b rastojanje između sredstava za vođenje

$\alpha_w = 0,1 (b_h / w_b)$ deo ugla zakošenja usled pohabanosti

b_h širina glave šine

$\alpha_t = 0,001 \text{ rad}$ deo ugla zakošenja usled tolerancija

$v = 1 - \sum d_i / nh$ za sisteme F/F

$v = \mu' \cdot (1 - \sum d_i / n \cdot h)$ za sisteme F/M

h razmak između trenutnog pola klizanja i sredstva za vođenje

$$h = (p\mu\mu' l^2 + \sum d_i^2) / \sum d_i \text{ za sisteme F/F,}$$

$$h = (p\mu l^2 + \sum d_i^2) / \sum d_i \text{ za sisteme F/M,}$$

n broj točkova sa svake strane dizaličke staze,

p broj parova povezanih točkova,

l raspon šina dizalice (videti Sl.),

μ, μ' delovi raspona l (videti Sl.);

d_i razmak para točkova i od sredstva za vođenje (videti Sl.).

Sile F_{x1i} , F_{x2i} , F_{y1i} i F_{y2i} mogu da se proračunaju kao:

$$F_{x1i} = \xi_{1i} \cdot f \cdot m \cdot g$$

$$F_{x2i} = \xi_{2i} \cdot f \cdot m \cdot g \quad \xi_{1i}, \xi_{2i}, v_{1i} \text{ i } v_{2i} \text{ dati u Tab.}$$

$$F_{y1i} = v_{1i} \cdot f \cdot m \cdot g$$

$$F_{y2i} = v_{2i} \cdot f \cdot m \cdot g$$

Kombinacije parova točkova
(videti Sl.)

Combinations of wheel pairs (see Figure 8)	$\xi_{1i} = \xi_{2i}$	v_{1i}	v_{2i}
CFF	$\mu \mu' / nh$	$\frac{\mu'}{n} \left(1 - \frac{d_i}{h} \right)$	$\frac{\mu}{n} \left(1 - \frac{d_i}{h} \right)$
IFF	0		
CFM	$\mu \mu' / nh$		0
IFM	0		

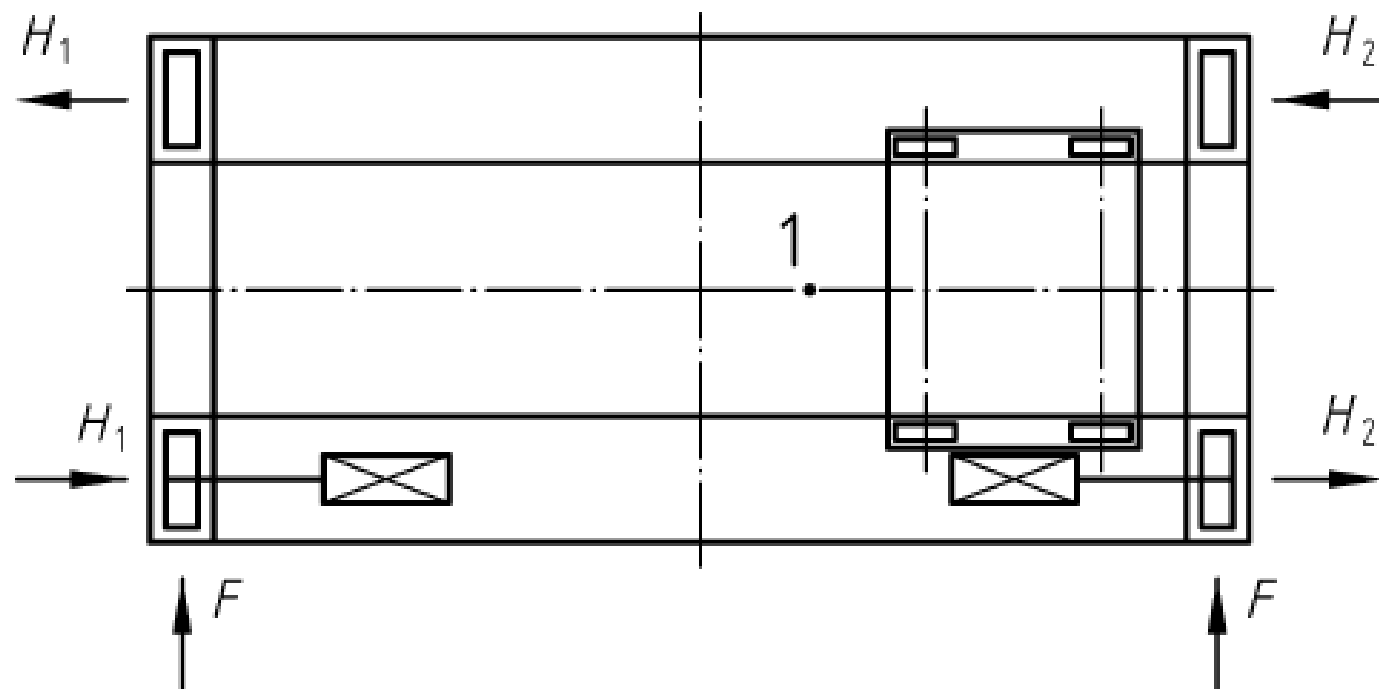
NAPOMENA: Pogonske sile F koje deluju na dizalicu ili kolica dizalice sa nesimetričnom raspodelom masa, izazivaju sile H_1 i H_2 kako je prikazano na Sl. Ove sile se uzimaju u obzir kao redovna opterećenja

Key

 1  gravity centre

Legenda:

1 (težište)



Sile koje deluju na mosnu dizalicu sa nesimetričnom raspodelom masa, izazvane ubrzanjem pogona vožnje

Prof. dr Nenad Zrnić, izvodi sa predavanja

Izuzetna opterećenja

Opterećenja izazvana odizanjem tereta sa tla najvećom brzinom dizanja

Opterećenja izazvana dinamičkim dejstvima na dizalicu usled prenošenja slobodnog tereta sa tla na dizalicu smatraju se izuzetnim opterećenjima u kombinaciji opterećenja C1. Za ovaj slučaj procena dinamičkog faktora ϕ_2 prikazana je u Tab.

Opterećenja od neradnog vetra

Opterećenja neradnim vetrom, za koja se pretpostavlja da deluju na element dizalice ili na teret na podiznom sredstvu koji je preostao okačen na dizalici, proračunavaju se kao:

$$F = q(z) \cdot c \cdot A$$

gde je:

za slučaj razmatranja elementa dizalice:

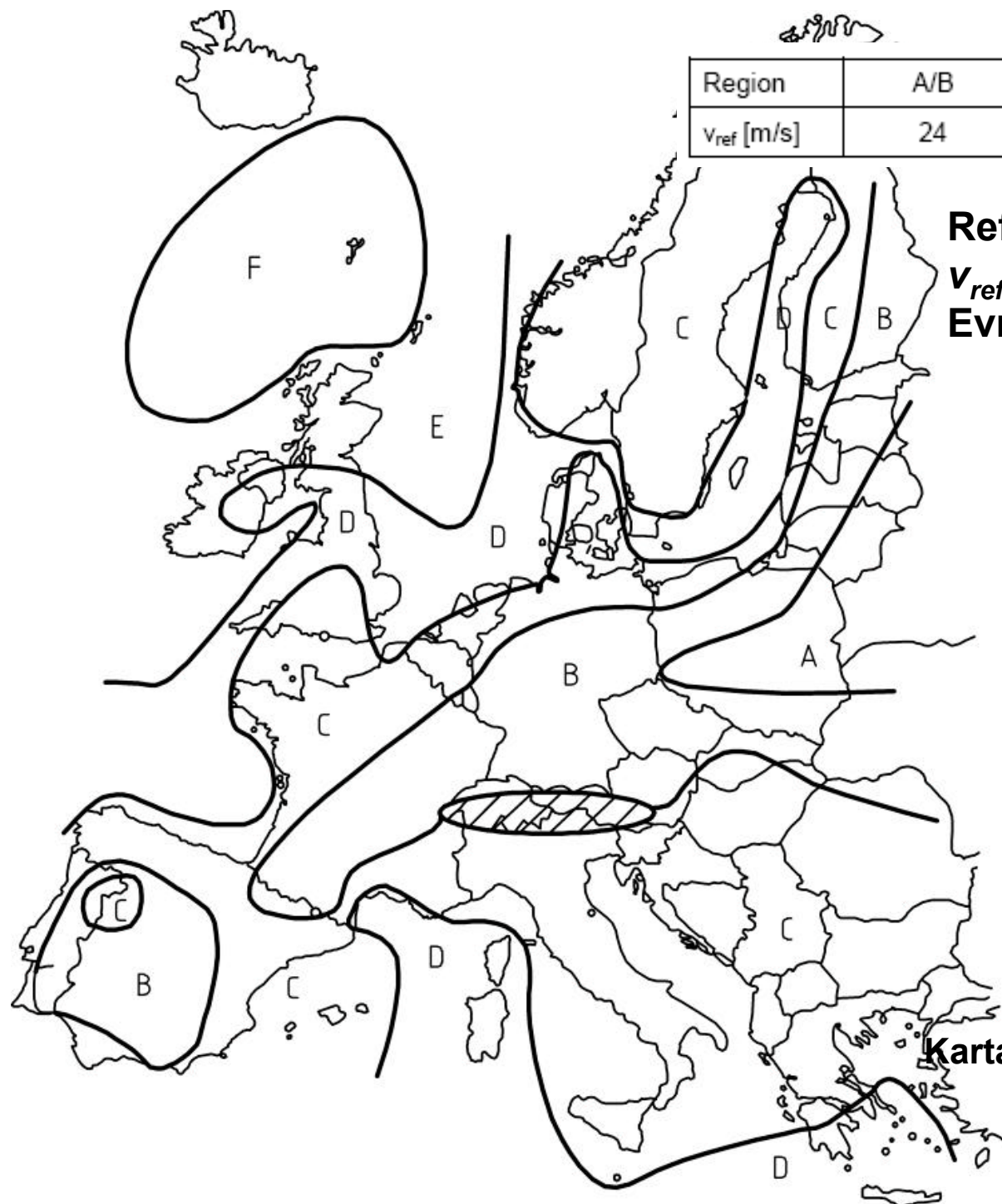
F opterećenje vetrom koje deluje normalno na uzdužnu osu elementa dizalice,
 c aerodinamički koeficijent razmatranog elementa; mora da se primeni u kombinaciji sa karakterističnom površinom A ; vrednosti c date su u Aneksu A,
 A karakteristična površina razmatranog elementa (videti Aneks A), za slučaj razmatranja **bruto tereta preostalog okačenog na dizalici:**

F opterećenje vetrom koje deluje na preostali teret na podiznom sredstvu, u pravcu brzine vetra,

c aerodinamički koeficijent preostalog tereta na podiznom sredstvu u pravcu brzine vetra,

A projekcija preostalog tereta na podiznom sredstvu na ravan normalnu na pravac brzine vetra.

Region	A/B	C	D	E
v_{ref} [m/s]	24	28	32	36



**Referentne brzine olujnog vetra
 v_{ref} u zavisnosti od regiona
Evrope**

**Karta Evrope sa označenim regionima
za koje su
primenljive iste referentne
brzine olujnog vetra**

Za dizalice koje se koriste u regionu F, gde je $v_{ref} \geq 36$ m/s, moraju da se ugovore posebni uslovi. Dizalice koje će se verovatno koristiti u različitim regionima, moraju biti konstruisane prema uslovima primenljivim na te različite regione.

Kada se dizalice postavljaju ili koriste na duže vremenske periode u oblasti gde se na osnovu lokalne topografske konfiguracije očekuje jači neradni vetar, ekvivalentne stacionarne brzine i statički pritisci vetra van pogona, proračunati prema gore navedenim izrazima, moraju da se modifikuju u skladu sa meteorološkim podacima i/ili aerodinamičkim razmatranjima.

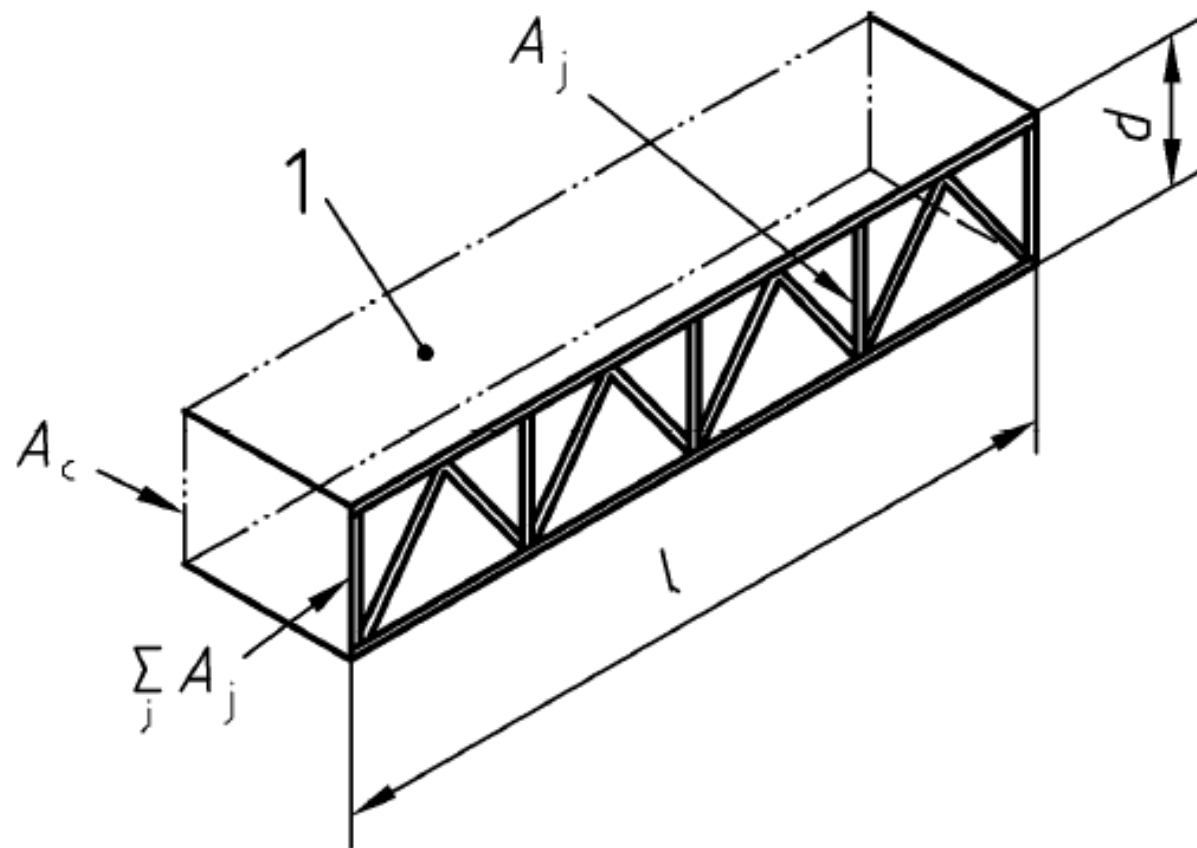
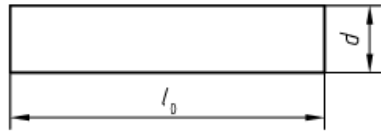
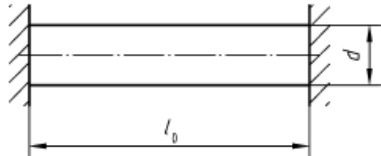
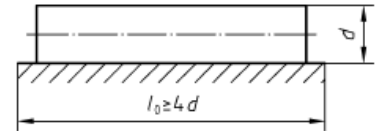
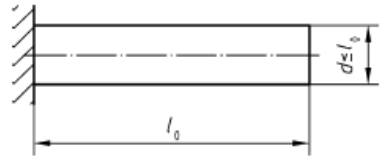
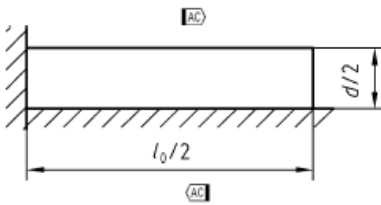
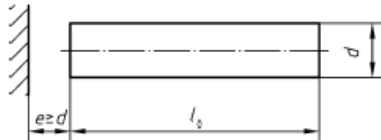
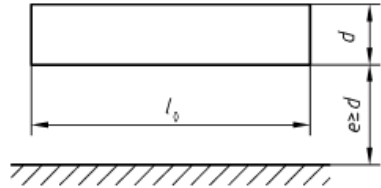


Figure A.2 — Example of a lattice structure member

Prof. dr Nenad Zrnić, izvodi sa
predavanja

Table A.1 — Relative aerodynamic length α_r

Position of member and obstacle in-wind direction		α_r
1		1
2		∞
3		1
4		a) Non-circular members: $\alpha_r = 2,0$, $l_0 \leq 15$ m $\alpha_r = 1,4$, $l_0 \geq 50$ m
5		
6		
7		

a) Non-circular members:
 $\alpha_r = 2,0$, $l_0 \leq 15$ m
 $\alpha_r = 1,4$, $l_0 \geq 50$ m

$\lambda \leq 70$

b) Circular members:
 $\alpha_r = 1,0$, $l_0 \leq 15$ m
 $\alpha_r = 0,7$, $l_0 \geq 50$ m
 (α_r for $15 \text{ m} \leq l_0 \leq 50 \text{ m}$ by linear interpolation)

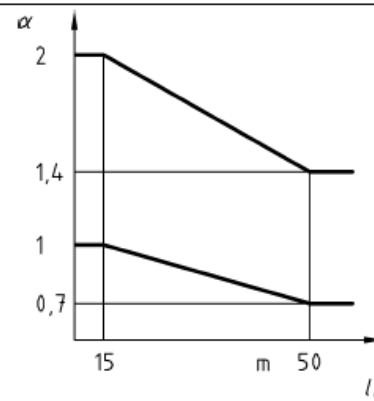


Table A.2 — Aerodynamic coefficients c_o for individual members of circular sections

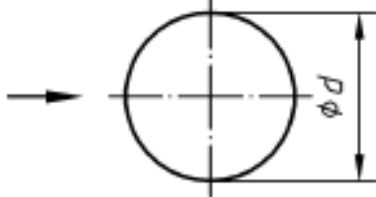
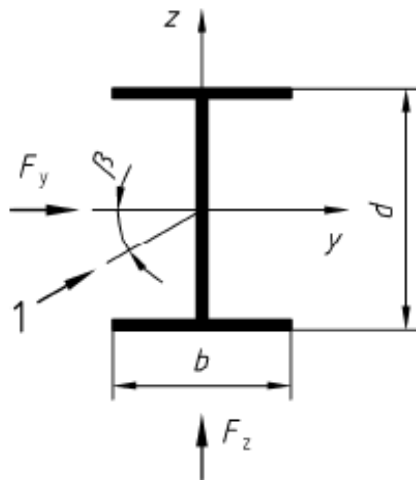
No.	Shape and position of the member			Characteristic area A	c_o
	Member	Aerodynamic slenderness ratio	Wind direction β		
1	Cylinders 	$l/d \leq \infty$	Perpendicular to axis of member	$d \cdot l$	$c_o = 1,20$ more accurately: c_o is according to Figure A.3
2	Pipes, rods	$l/d > 100$	Perpendicular to axis of member	$d \cdot l$	$Re \leq 2 \times 10^5$ $c_o = 1,20$
					$4 \times 10^5 \leq Re \leq 10^6$ $c_o = 0,70$
					$Re > 10^6$ $2 \times 10^5 \leq Re \leq 4 \times 10^5$ c_o is according to Figure A.3
					$Re \leq 2 \times 10^5$ $c_o = 1,20$
3	Ropes	$l/d > 100$	Perpendicular to axis of member	$d \cdot l$	$4 \times 10^5 \leq Re \leq 10^6$ $c_o = 0,90$
					$Re > 10^6$ $2 \times 10^5 \leq Re \leq 4 \times 10^5$ c_o is according to Figure A.3

Table A.3 — Aerodynamic coefficients c_{oy} , c_{oz} for individual flat sided structural members

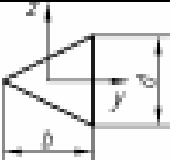
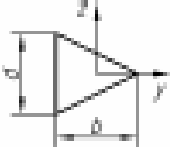
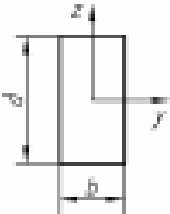
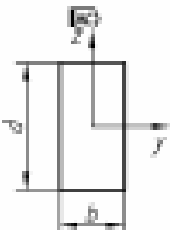
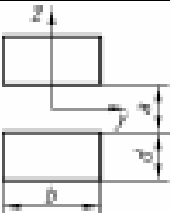
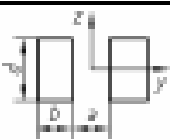


No..	Shape and position of the member			Characteristic area A	c_{oy}	$\langle AC \rangle c_{oz}$ $\langle AC \rangle$
	Member	Section ratio	Wind direction β			
1		$b/d \leq 0,1$	0°	$d \cdot l$	2,0	0
			$\pm 45^\circ$		1,3	$\pm 0,13$
			90°		0	0,1
2		$b/d = 1$	0°	$d \cdot l$	1,65	0
			$\pm 45^\circ$		2,2	$\pm 1,0$
			$\pm 90^\circ$		1,3	2,1
3		$b/d = 1$	0°	$d \cdot l$	2,0	0
			$\pm 45^\circ$		1,15	$\pm 0,8$
			$\pm 90^\circ$		- 1,3	2,1
4		$b/d = 0,5$	0°	$d \cdot l$	2,0	1,0
			+ 45°		1,8	0,8
			- 45°		1,3	-0,2
			90°		1,75	1,25
5		$b/d = 0,5$	0°	$d \cdot l$	2,0	- 0,1
			+ 45°		1,55	0,7
			- 45°		1,55	- 0,8
			90°		- 0,25	0,8

Prof. dr Nenad Zrnić, izvodi sa
predavanja

No.	Shape and position of the member			Characteristic area A	c_{pe}	$c_{pe} \cdot c_{pe,eff}$
	Member	Section ratio	Wind direction β			
6		$b/d = 1$	0°	$d \cdot l$	1,8	2,0
			+45°		1,8	1,8
			90°		2,0	1,8
7		$b/d = 1$	0°	$d \cdot l$	1,9	-0,2
			+45°		1,4	1,4
			-45°		0,7	-1,8
			90°		-0,2	1,9
8		$b/d = 0,9$	0°	$d \cdot l$	1,6	0
			±45°		1,4	0
			±90°		-0,9	0,7
9		$b/d = 0,9$	0°	$d \cdot l$	1,4	0
			±45°		0,4	±1,0
			±90°		0,9	0,7
10		$b/d = 1$	0°	$d \cdot l$	1,7	0
			±45°		0,85	±0,85
			90°		0	1,7
11		$b/d = 0,5$	0°	$d \cdot l$	2,0	0
			±45°		1,8	±0,6
			±90°		0	0,8
		$b/d = 0,66$	0°		1,85	0
			±45°		1,7	±1,0
			±90°		0	1,2
		$b/d = 1$	0°		1,7	0
			±45°		1,5	±1,5
			±90°		0	1,7
12		$b/d = 0,5$	0°	$d \cdot l$	2,1	0
			±45°		1,8	±0,6
			±90°		0	0,7
13		$b/d = 0,5$	0°	$d \cdot l$	1,8	0
			±45°		1,8	±0,5
			±90°		0	0,7
14		$b/d = 0,6$	0°	$d \cdot l$	2,1	0
			±45°		1,6	±1,2
			±90°		0	1,2

Table A.4 —  Aerodynamic coefficients c_s for individual structural members of triangular and rectangular hollow sections 

No.	Shape and position of the member			Characteristic area A	c_s
	Member	Section ratio	Wind direction β		
1		$1 \leq h/b \leq 1,4$	0°	$d \cdot l$	1,2
2		$1 \leq h/b \leq 1,4$	0°	$d \cdot l$	2
3		$h/b = 0,5$	0°	$d \cdot l$	2,2
		$h/b = 1$	0°	$d \cdot l$	2,0
		$h/b = 2$	0°	$d \cdot l$	1,5
		$h/b = 3$	0°	$d \cdot l$	1,3
		$h/b = 4$	0°	$d \cdot l$	1,0
4	 Rounded corners with $r/b = h/b$ 	$h/b = 0,5$	0°	$d \cdot l$	2,1
		$h/b = 1,0$	0°	$d \cdot l$	1,5
		$h/b = 2,0$	0°	$d \cdot l$	1,1
5		$h_1/b_1 = 0,5; h_2/b_2 = 2$	0°	$2d \cdot l$	1,6
		$h_1/b_1 = 1; h_2/b_2 = 2$	0°	$2d \cdot l$	1,5
		$h_1/b_1 = 2; h_2/b_2 = 2$	0°	$2d \cdot l$	1,4
6		$h_1/b_1 = 0,5; h_2/b_2 = 0,5$	0°	$d \cdot l$	1,25
		$h_1/b_1 = 1; h_2/b_2 = 0,5$	0°	$d \cdot l$	1,30
		$h_1/b_1 = 2; h_2/b_2 = 0,5$	0°	$d \cdot l$	1,40

Probna opterećenja

Probna opterećenja moraju da se primene na dizalicu u njenoj radnoj konfiguraciji. Sistem dizalice ne sme da se menja, napr. primenom uvećanih protivtegova.

Probni teret mora da se pomnoži sa faktorom ϕ_6 . Faktor ϕ_6 mora da se usvoji kao:

a) Dinamički probni teret:

Probni teret pomera se pogonima na način na koji će se koristiti dizalica. Probni teret mora da iznosi najmanje 110 % najvećeg tereta na podiznom sredstvu.

$$\phi_6 = 0,5 \cdot (1 + \phi_2),$$

b) Statički probni teret:

Teret se za potrebe ispitivanja povećava opterećivanjem dizalice bez primene pogona. Probni teret mora da iznositi najmanje 125 % najvećeg tereta na podiznom sredstvu.

$$\phi_6 = 1.$$

Druge vrednosti za ϕ_6 su date u evropskim standardima za pojedine tipove dizalica. Pri proračunskom dokazu za situacije sa probnim teretom, mora da se uzme u obzir najmanji nivo brzine vetra u pogonu

$$\bar{v} = 5,42 \text{ m/s}$$

Opterećenja usled sila pri udaru u odbojnice

Pri primeni odbojnika sile nastale usled udara proračunate analizom krutog tela, moraju da se pomnože faktorom ϕ_7 , da bi se uzeli u obzir efekti elastičnosti.

Faktor ϕ_7 mora da se usvoji kao:

$\phi_7 = 1,25$ pri primeni odbojnika sa linearnom karakteristikom,

$\phi_7 = 1,6$ pri primeni odbojnika sa pravougaonom karakteristikom.

Međuvrednosti ϕ_7 mogu da se procene na sledeći način:

$$\phi_7 = 1,25$$

$$\text{za } 0 \leq \xi \leq 0,5;$$

$$\phi_7 = 1,25 + 0,7 \cdot (\xi - 0,5)$$

$$\text{za } 0,5 \leq \xi \leq 1;$$

sila udara u odbojnik
sabijenost odbojnika

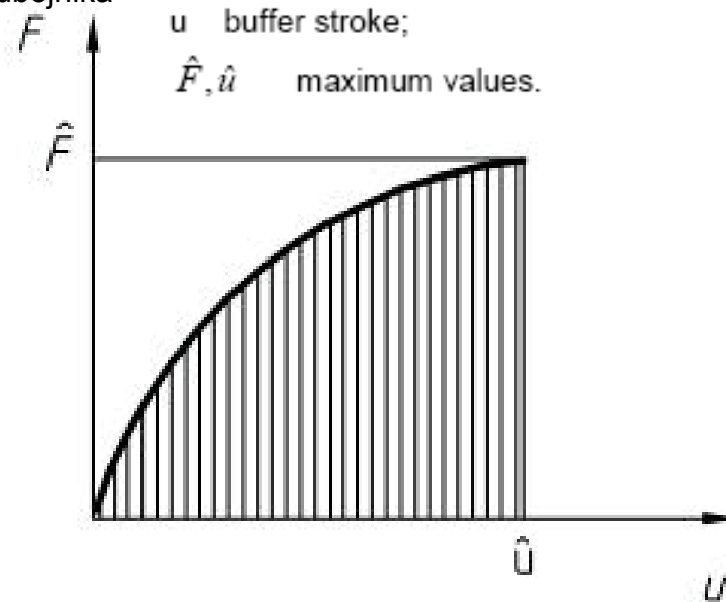
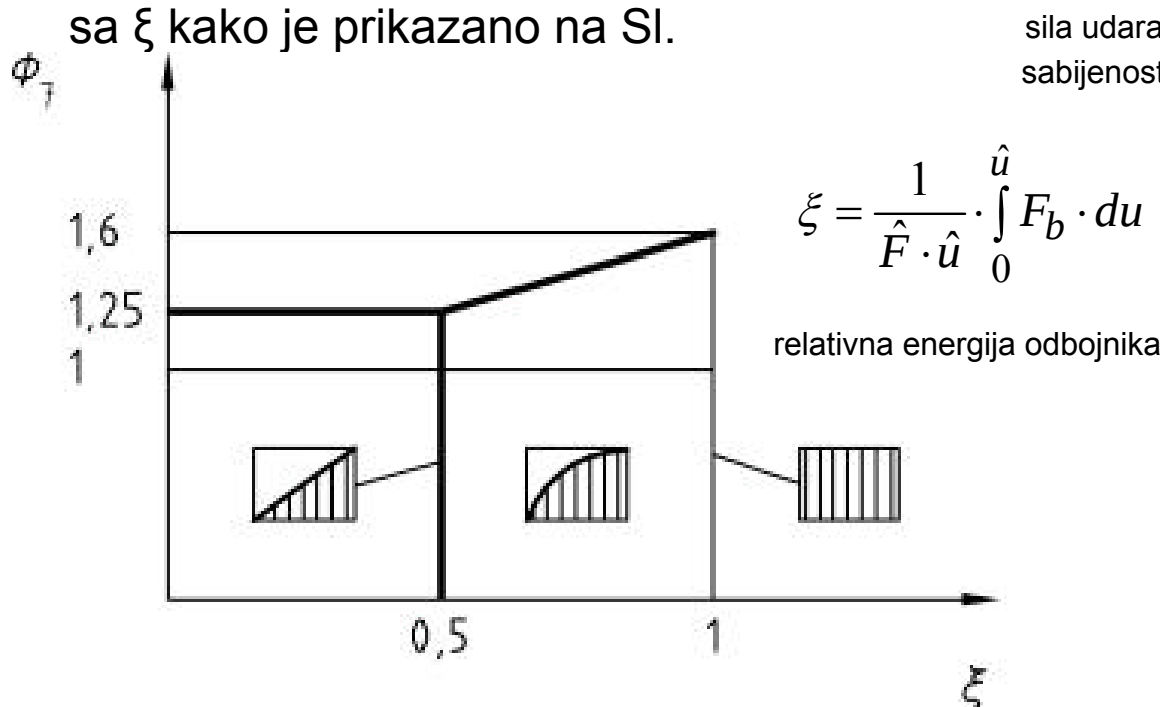
Key

$$\xi = \frac{1}{\hat{F} \hat{u}} \int_0^{\hat{u}} F_b \cdot du \quad \text{relative buffer energy;}$$

F_b buffer force;

u buffer stroke;

$\hat{F}, \hat{u}$ maximum values.



Prof. dr Nenad Zrnić, izvodi sa
predavanja

Sile udara u odbojnik treba da se proračunaju iz kinetičke energije svih relevantnih delova dizalice, koji se kreću sa 0,7- do 1- strukom naznačenom brzinom. Vrednosti manje od 0,7 smeju da se primene ako su opravdane posebnim merama, kao npr. postojanjem redundantnog sistema upravljanja za usporenje kretanja.

Ako su dizalica ili kolica dizalice osigurana od zakretanja oko vertikalne ose, a njena noseća konstrukcija je kruta, mogu da se deformacije odbojnika smatraju jednakim, u tom slučaju, ako su karakteristike odbojnika slične i sile udara u odbojnike će biti jednake.

Ako dizalica ili kolica dizalice nisu osigurana od zakretanja oko vertikalne ose, ili je njena noseća konstrukcija elastična, sile udara u odbojnike moraju da se proračunaju uzimajući u obzir raspodelu relevantnih masa i karakteristike odbojnika.

Pri proračunu sila udara u odbojnike ne moraju se uzeti u obzir dejstva okačenih slobodno njišućih tereta (koji nisu horizontalno pridržani). Ali ako se brzina kretanja redukuje pre sudara sa odbojnicima, moguće je da otklon tereta unapred pri njihanju dostigne amplitudu blisku maksimalnoj, istovremeno sa sabijanjem odbojnika. U tom slučaju treba dodati kao horizontalnu silu podignutu masu pomnoženu usporenjem pre kontakta sa odbojnicima.

Opterećenja usled sila naginjanja

Ako dizalica sa horizontalno pridržanim teretom može da se nagne kada se ona, njen teret ili zahvatno sredstvo sudari sa preprekom, moraju da se odrede rezultujuće statičke sile. Kada se nagnuta dizalica nekontrolisano vraća u svoj normalni položaj, mora da se uzme u obzir rezultujuće dejstvo udara na noseću konstrukciju.

Opterećenja izazvana prinudnim zaustavljanjem

Opterećenja izazvana prinudnim zaustavljanjem moraju da se proračunaju, uzimajući u obzir najnepovoljnije stanje pogona (tj. najnepovoljniju kombinaciju ubrzanja i opterećenja) u trenutku prinudnog zaustavljanja.

Opterećenja izazvana predviđenim otkazom pogonskog mehanizma ili komponenti

Ako se zaštita postiže sigurnosnim kočnicama kao dopuna radnim kočnicama, mora da se predvidi nastupanje otkaza i aktiviranje sigurnosne kočnice pod najnepovoljnijim uslovima. Ako su iz razloga bezbednosti mehanizam ili komponente udvostručeni ili obezbeđeni drugim načinom, mora da se predvidi nastupanje otkaza bilo kog dela oba sistema. Rezultujuća opterećenja moraju da se proračunaju uzimajući u obzir sve rezultujuće udare.

Opterećenja usled spoljne pobude podloge dizalice

Primeri za pobudu podloge dizalice su seizmička ili talasima izazvana pomeranja. Ako su relevantna, opterećenja izazvana ovim pobudama moraju da se specificiraju i uzmu u obzir.

Opterećenja izazvana montažom, demontažom ili transportom

U zavisnosti od tipa dizalice može da bude neophodno da se uzmu u obzir opterećenja izazvana montažom, demontažom i transportom, uključujući i specificirana opterećenja vetrom tokom ovih akcija.

U nekim slučajevima ova opterećenja mogu da budu povremena.

Opterećenja na sredstvima postavljenim za pristup

Smatra se da su opterećenja na sredstvima postavljenim za pristup lokalna i da deluju samo na ta sama sredstva i na elemente njihovih neposrednih oslonaca. Sledeća normalna opterećenja moraju da se uzmu u obzir:

3 000 N	kada se na njih može odložiti materijal,
1 500 N	kada služe isključivo za pristup,
300 N	najmanje, horizontalno prema ogradi, zavisno od mesta i namene.