

Uloga toranjskih dizalica u organizaciji gradnje - projekt City Island

Lozančić, Božana

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:906633>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-28**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,
University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu

Građevinski fakultet

Zavod za organizaciju, tehnologiju i menadžment

**ULOGA TORANJSKIH DIZALICA U ORGANIZACIJI
GRADNJE - PROJEKT CITY ISLAND**

Diplomski rad

Božana Lozančić

Zagreb, 2024



OBRAZAC 2

TEMA DIPLOMSKOG RADA



Ime i prezime studenta:

Božana Lozančić

JMBAG:

0083222145

Diplomski rad iz kolegija:

Građevinski strojevi

Naslov teme diplomskog rada (HR):

Uloga toranjskih dizalica u organizaciji gradnje - projekt City Island

Naslov teme diplomskog rada (ENG):

The role of cranes on a building site - City Island project

Opis teme diplomskog rada:

U diplomskom radu će se istraživati uloga, planiranje i utjecaj toranjskih dizalica na organizaciju gradilišta. Uloga toranjskih dizalica i njihov utjecaj istraživati će se sa aspekta troškova na gradilištu, sa aspekta organizacije samog gradilišta i unutarnjeg prometa na gradilištu, te organizacije građenja i planiranja radne snage.

Sadržaj rada:

1. Uvod
2. Tehničke karakteristike i korištenje toranjskih dizalica
3. Odabir kapaciteta toranjske dizalice i proračun učinka
4. Studija slučaja City Island: planiranje, kalkuliranje i rad toranjskih dizalica
5. Zaključak

Literatura

Prilozi

Datum:

10.04.2024.

Mentor:

prof. dr. sc. Mladen Vukomanović

Potpis mentora:

Komentor:

izv. prof. dr. sc. Zvonko Sigmund

Sažetak

Namjena toranjskih dizalica je dizanje, spuštanje i prijenos tereta, a posebnu primjenu ovaj stroj nalazi kod visokih građevinskih objekata. Svaka se toranjska dizalica u suštini sastoji od dva elementa to su toranj i strijela dizalice. Osnovne karakteristike koje definiraju neku dizalicu jesu nosivost, dohvat i visina dizanja. U radu će se kroz primjer projekta City Island istraživati uloga, planiranje i utjecaj toranjskih dizalica na organizaciju gradilišta. Uloga toranjskih dizalica i njihov utjecaj istraživati će se sa aspekta troškova na gradilištu, sa aspekta organizacije samog gradilišta i unutarnjeg prometa na gradilištu, te organizacije građenja i planiranja radne snage.

Ključne riječi: toranjska dizalica, nosivost, održavanje, uloga

Abstract

The purpose of tower cranes is to lift, lower and transfer loads, and it is especially used for construction of tall buildings. Each tower crane essentially consists of two elements which are the tower and the crane arm. The basic characteristics that define a crane are load capacity, reach and lifting height. This paper will investigate the role, planning and impact of tower cranes on the organization of construction sites through the example of the City Island project. The role of tower cranes and their influence will be investigated from the aspect of costs on the construction site, from the aspect of the organization of the construction site itself and internal traffic on the construction site, as well as the organization of construction and workforce planning.

Keywords: tower crane, transport capacity, maintenance, the role

Popis slika

| | |
|---|----|
| Slika 1. Uređaj za podizanje i premještanje tereta iz 15. stoljeća [1] | 2 |
| Slika 2. Toranjska dizalica s kosom strijelom [3]..... | 5 |
| Slika 3. Montaža manje toranjske dizalice na kotačima ili na gusjenicama[3] | 6 |
| Slika 4. Toranjska dizalica s vodoravnom strijelom[3] | 7 |
| Slika 5. Centralni balastni blokovi [7] | 10 |
| Slika 6. Puzajuća toranjska dizalica (kleter) s horizontalnom strijelom [3] | 11 |
| Slika 7. Elementi upravljačke kutije [4] | 13 |
| Slika 8. Osnovni dijelovi toranjske dizalice [1]..... | 14 |
| Slika 9. Detalji vijčanih spojeva stupa toranjske dizalice [7] | 16 |
| Slika 10. Grafikon duljine kraka i nosivosti [7]..... | 18 |
| Slika 11. Dijagram duljine kraka i nosivosti [7] | 18 |
| Slika 12. Dijelovi toranjske dizalice [7] | 19 |
| Slika 13. Smjernice za temeljenje dizalice [7]..... | 20 |
| Slika 14. Načini uporabe koloturnika [4]..... | 21 |
| Slika 15. Provođenje užeta za vožnju mačke [4] | 26 |
| Slika 16. Natpis s karakteristikama dizalice [4]..... | 26 |
| Slika 17. Presjek čeličnog užeta [7] | 28 |
| Slika 18. Unakrsno upleteno uže [4]..... | 29 |
| Slika 19. Istosmjerno upleteno uže [4] | 29 |
| Slika 20. Naizmjenično upleteno uže [4]..... | 29 |
| Slika 21. Najčešća mjesta oštećenja čelične užadi [7] | 30 |
| Slika 22. Buban s desnim i lijevim žlijebom [5]..... | 31 |

| | |
|--|----|
| Slika 23. Jednostrana kuka [5] | 32 |
| Slika 24. Dvostrana kuka [5] | 32 |
| Slika 25. Žičana vilica za konop [5] | 33 |
| Slika 26. Lanac s člancima [10]..... | 34 |
| Slika 27. Zglobni (Gallov) lanac: pogled [5], tlocrt [10]..... | 35 |
| Slika 28. Vješalica za užad, lance i pasice [4] | 36 |
| Slika 29. Smjernice za odlaganje bubnja za namatanje užadi i lanaca [7] | 36 |
| Slika 30 Tablica karakteristika kible..... | 52 |
| Slika 31 Karakteristike dizalice Potain MD 208 A..... | 53 |
| Slika 32 . Specifikacija toranjske dizalice | 53 |
| Slika 33. Početna stranica izvještaja o ispitivanju modula stišljivosti tla..... | 62 |
| Slika 34. Izvještaja o ispitivanju modula stišljivosti tla..... | 63 |
| Slika 35. Konačni rezultati izvještaja o ispitivanju modula stišljivosti tla | 64 |
| Slika 36. Navedeni podaci koji su bili potrebni za temeljenje jednog od kranova..... | 65 |
| Slika 37. Primjer izvještaja i opažanju pomaka na kranovima faze B3 | 73 |

Popis tablica

| | |
|--|----|
| Tablica 1. Primjer ovisnosti duljine krakova i težina protuutega [7]..... | 17 |
| Tablica 2. Zone vjetra po boforu [5]..... | 24 |
| Tablica 3. Izbor sigurnosti užeta u ovisnosti o pogonskoj klasi dizalice [4]..... | 28 |
| Tablica 4. Vrijednosti koeficijenta organizacije strojnog rada u ovisnosti o uvjetima strojnog rada i održavanju stroja [8]..... | 42 |
| Tablica 5. Vrijednost koeficijenta radnog vremena [8]..... | 43 |
| Tablica 6. Vrijednost koeficijenta dotrajalosti stroja [8]..... | 43 |
| Tablica 7. Brzine izvršavanja zahvaćanja i otpuštanja tereta za proračunu učinka toranjske dizalice [8]..... | 45 |
| Tablica 8. Brzine izvršavanja pojedinih postupaka pri proračunu učinka toranjske dizalice [8]..... | 45 |
| Tablica 9 Analiza učinaka..... | 56 |
| Tablica 10 Pregled troškova..... | 58 |
| Tablica 11. Provjera elemenata dizalice prije početka rada..... | 66 |

Sadržaj

| | | |
|----------|--|----|
| 1. | Uvod..... | 1 |
| 2. | Tehničke karakteristike i korištenje toranjskih dizalica..... | 2 |
| 2.1. | Specifikacije toranjske dizalice i njihova primjena kroz povijest | 2 |
| 2.2. | Tehničke karakteristike i uporaba toranjskih dizalica s obzirom na klasifikaciju | 4 |
| 2.2.1. | Podjela prema konstrukciji dizalica | 4 |
| 2.2.1.1. | Toranjska dizalica s kosom strijelom..... | 4 |
| 2.2.1.2. | Toranjska dizalica s horizontalnim strijelom..... | 6 |
| 2.2.2. | Podjela u odnosu na podvozje..... | 8 |
| 2.2.2.1. | Toranjska dizalica na tračnicama..... | 8 |
| 2.2.2.2. | Toranjska dizalica s postoljem opterećenim centralnim balastom | 9 |
| 2.2.2.3. | Puzajuća/uspinjaća toranjska dizalica (kleter)..... | 10 |
| 2.2.3. | Podjela prema načinu rukovanja dizalicom | 12 |
| 2.2.3.1. | Upravljanje s poda preko upravljačke kutije ili daljinskim upravljačem | 12 |
| 2.2.3.2. | Upravljanje dizalicom iz kabine | 13 |
| 2.3. | Tehničke karakteristike i značajke dijelova toranjskih dizalica | 14 |
| 2.3.1. | Osnovni dijelovi toranjske dizalice..... | 14 |
| 2.3.1.1. | Nosiva konstrukcija dizalice | 15 |
| 2.3.1.2. | Krak protuutega | 16 |
| 2.3.1.3. | Krak s mačkom za teret..... | 18 |
| 2.3.2. | Ostali dijelovi toranjske dizalice..... | 19 |
| 2.4. | Radnici potrebni za rad toranjske dizalice | 37 |
| 3. | Odabir kapaciteta toranjske dizalice i proračun učinka | 39 |
| 3.1. | Odabir kapaciteta toranjske dizalice | 39 |
| 3.2. | Proračun učinka | 41 |

| | | |
|----------|--|----|
| 4. | Studija slučaja City Island: planiranje, kalkuliranje i rad toranjskih dizalica..... | 46 |
| 4.1. | Analiza glavnih koraka i aspekata organizacije građenja na primjeru gradilišta City Island | 46 |
| 4.1.1. | Planiranje i kalkuliranje | 47 |
| 4.1.1.1. | Razlika kalkuliranja u teoriji i praksi..... | 49 |
| 4.1.1.2. | Normativni učinak | 51 |
| 4.1.1.3. | Praktični učinak | 52 |
| 4.1.1.4. | Analiza učinaka toranjske dizalice..... | 56 |
| 4.1.1.5. | Analiza ekonomičnosti toranjske dizalice | 57 |
| 4.1.2. | Priprema podloge, transport i istovar stroja..... | 60 |
| 4.1.3. | Montaža i ispitivanje rada..... | 66 |
| 4.1.4. | Pozicioniranje i interakcija dizalica | 74 |
| 4.1.5. | Demontaža dizalice i otprema s gradilišta | 75 |
| 4.2. | Analiza organizacije gradilišta po fazama izgradnje projekta City Island | 75 |
| 4.2.1. | Faza gradnje B1 | 76 |
| 4.2.2. | Faza gradnje B2 | 77 |
| 4.2.3. | Faza gradnje B3 | 78 |
| 5. | Zaključak..... | 79 |
| 6. | Literatura..... | 81 |
| 7. | Popis priloga | 83 |

1. Uvod

Tehnološki procesi visokogradnje osim dizanja materijala i elemenata zahtijevaju i njihovo transportiranje do mjesta ugradnje. Upravo je taj zahtjev potaknuo izvođače da osmisle stroj koji će ispunjavati oba tražena zahtjeva. Toranjska dizalica je posebna vrsta dizalice koju karakterizira toranj i strijela koja se rotira oko osi tornja. Osim za poslove koji se obavljaju u visokogradnji nerijetko se primjenjuju i pri izvođenju objekata poput mostova ili brana, kao i za druge poslove kod kojih je potrebno prenijeti teret.

Dizalica je transportno sredstvo koje zahvaljujući svojoj konstrukciji i mogućnostima može zamijeniti i do nekoliko stotina radnika na gradilištu. Poslovi i zadaće za koje je optimalno koristiti određenu vrstu toranjske dizalice ovise o karakteristikama dizalice. Tako dizalice razlikujemo po specifikacijama podvozja, montaže, karakteristikama strijele, načinu upravljanja i drugomu. Odabir toranjske dizalice vrši se na osnovu njene visine, mogućnosti dohvata, nosivosti i volumena. Masa tereta koju dizalica može prenositi ovisi o njenoj nosivosti i o položaju tereta u odnosu na toranj dizalice. Kroz rad će se prikazati proračun učinka stroja i odabir kapaciteta.

U studiji slučaja na primjeru projekta City Island će se proučiti planiranje, kalkuliranje i pokazati će se na koji način odabrati tip toranjske dizalice. Nakon odabira tipa dizalice koji je optimalan za obavljanje traženog rada, potrebno je isplanirati dopremu dizalice na gradilište, njenu montažu i provesti testiranja koja dokazuju da je stroj spreman za početak rada, a sve u svrhu obavljanja rada na pravilan i siguran način. Ukoliko gradilište zahtjeva više toranjskih dizalica koje zajednički trebaju obavljati rad, mora se detaljno isplanirati na koji način će se vršiti interakcija rada dizalica. Dizalice se trebaju postaviti na način da dohvate sva mjesta građevine na koja je potrebno dopremiti ili otpremiti materijal. Ono što ovaj zadatak čini kompleksnim je to da postavljene dizalice ne trebaju ograničavati ili sprječavati rad drugih dizalica koje su u neposrednoj blizini. Iz tog razloga će se u radu kroz faze izvođenja projekta City Island razmatrati problematika, te će se proučiti rješenja odabira i rasporeda dizalica.

2. Tehničke karakteristike i korištenje toranjskih dizalica

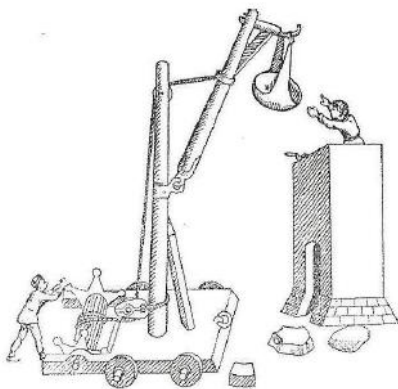
Razvojem znanosti i tehnologije u graditeljstvu primjenjuju se sve suvremeniji strojevi kako bi se omogućio lakši i brži rad. Smanjeni rokovi gradnje i potreba za manjom količinom radnika daje mogućnost uštede i na polju financija. Kao jedan od najvažnijih strojeva pri gradnji svakako ubrajamo dizalice.

Danas razlikujemo veliki broj varijanti toranjskih dizalica koje zbog različitih karakteristika imaju i specifična polja primjene. Kako bi se bolje mogle obraditi tehničke karakteristike i primjena toranjskih dizalica, ovo poglavlje je podijeljeno na nekoliko dijelova. U nastavku su obrađene tehničke karakteristike i korištenje dizalica kroz povijest, podjela obzirom na klasifikaciju i podjela prema elementima od kojih je načinjena toranjska dizalica.

2.1. Specifikacije toranjske dizalice i njihova primjena kroz povijest

Nekim vidom dizalično- transportnih sredstava čovjek se koristio još u dalekoj prošlosti. Tako su graditelji starog Egipta i Rima jednostavnim sredstvima prenosili terete znatne veličine i mase. Najbolji dokaz za to jesu piramide. Sačinjene od velikih kamenih blokova (čija je masa iznosila do 100 tona), a dosezale su visinu i do 147 m. Značajniji razvoj su uređaji za dizanje tereta postigli u Staroj Grčkoj. Grci su rabili različite uređaje i sredstva za podizanje tereta kao što su poluge, valjci, koturače i slično. [1]

Kada postolje ima kotače, sredstvo se može smatrati pretečom toranjske dizalice. Jedna takva dizalica iz 15.stoljeća je prikazana na slici 1.



Slika 1. Uređaj za podizanje i premještanje tereta iz 15. stoljeća [1]

U okretne dizalice na ručni pogon su bile u uporabi još osamdesetih godina 19.stoljeća. Početkom 20. stoljeća u pogon je puštena dizalica s motorom na električni pogon. Od početnih malih brzina i ograničenih kapaciteta (do 40 tona), napretkom je došlo do velikog razvoja kako u pogledu brzine i rada stroja, tako i do napretka u vidu preciznosti i sigurnosti pri rukovanju strojem. Poboljšanju dizajna i napredovanju dizalica uvelike je pridonio i razvoj obrade čelika. [2]

U dobu u kojem živimo gotovo je nezamislivo obavljati bilo kakve graditeljske zahvate bez građevinskih strojeva. Razlozi su prvenstveno obujam i težina samih zahvata, brzina izvedbe radova, kvaliteta obavljenog rada te ekonomičnost samog procesa gradnje. Budući da se civilizacijski segment iz dana u dan sve više razvija on zahtjeva da ga graditeljstvo, kao jedan od najvažnijih segmenata, u najmanju ruku prati. Upravo se zbog toga ostavlja prostor za usavršavanje, nadogradnju i unapređivanje građevinskih strojeva. Razvoj, elektronika i automatizacija postaju temeljem brzih promjena koje zahtjeva tržište. [3]

Toranjska dizalica je postala simbolom suvremenog građenja. Danas, gotovo da i nema značajnijeg objekta po količini ugrađenog materijala gdje toranjska dizalica ne bi našla svoju nezamjenjivu primjenu. Širok spektar uporabe, pokretljivost, lako rukovanje i mali troškovi pogona pridonose sve većoj primjeni i napretku ovog građevinskog stroja. [3]

Osobito u radovima visokogradnje, budući da dominiraju visoke betonske i složene armiranobetonske konstrukcije koje zahtijevaju transportiranje svježeg betona i armature do izvjesnih visina, toranjska dizalica se pojavljuje kao jedan od glavnih strojeva na gradilištu. Osim navedenih radova treba spomenuti i montažne elemente kao i druge industrijske materijale koji se transportiraju toranjskom dizalicom. Skučeni prostori i mjesta na koja ne postoji mogućnost dovoza drugih građevinskih strojeva predstavljaju poseban izazov za organizaciju gradilišta, pa toranjska dizalica, zbog dostatnih duljina strijele i mogućnosti dizanja tereta na veliku visinu, može riješiti i taj problem. [3]

2.2. Tehničke karakteristike i uporaba toranjskih dizalica s obzirom na klasifikaciju

Za najvažniju skupinu strojeva u građevinarstvu uzimaju se transportni strojevi. U tu skupinu ubrajamo i dizalice koje prema svojim tehničkim svojstvima, konstrukciji, pogonu, namjeni, veličini i mjestu rada mogu biti dosta različite. Zajednička karakteristika svima njima je ta da manevriraju teret na ručni ili motorni pogon. Dizalice koje koristimo u građevini uglavnom rade tako da namotavaju čelično uže na čijem je kraju kuka, grabilica, pasica ili neko drugo zahvatno sredstvo, a rad sadrži par etapa:

- zahvaćanje tereta
- dizanje tereta
- prijenos tereta
- okretanje tereta
- spuštanje tereta
- odvezivanje/praznjenje tereta
- vraćanje dizalice u početni položaj [4].

Toranjske dizalice je moguće podijeliti u odnosu na više karakteristika: obzirom na način postavljanja kрана glede građevine, po načinu izmjene radnog dometa strijele, prema konstrukciji tornja, po konstrukciji strijele i drugo. Budući da su dizalice načinjene od većeg broja različitih segmenata, opću podjelu je teško formirati, tako da su u nastavku navedene tri podjele prema kojima je moguće napraviti podjelu. [1]

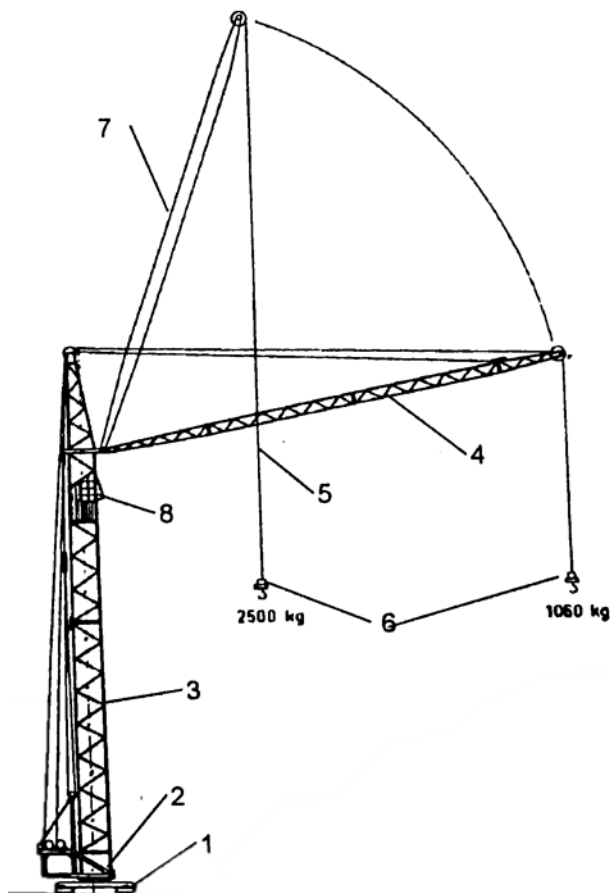
2.2.1. Podjela prema konstrukciji dizalica

Po konstrukciji, načinu uporabe i načinu postavljanja na gradilište razlikujemo 2 vrste toranjskih dizalica, a njihove su karakteristike obrađene u nastavku. [4]

2.2.1.1. Toranjska dizalica s kosom strijelom

Toranjska dizalica je montažno-demontažna rešetkasta konstrukcija. Ovaj tip dizalice, kako je i prikazano na slici 2, ima kosu ruku, odnosno pokretna strijela koji je jednim krajem zglobno vezana za gornji dio tornja, dok je drugim krajem, čeličnim užetom preko koloturnika, vezana

na vrhu tornja i vitlom, čime je omogućeno podizanje tereta. Karakteristika ove dizalice je da se cijeli toranj s kosom rukom okreće oko okomite osovine. [3]



1. staza s čeličnim tračnicama
2. donje okretno postolje s pogonskim sklopom
3. okomiti toranj
4. kosa ruka zglobno pričvršćena
5. uže za dizanje tereta
6. kuka za prihvat tereta
7. uže za pomicanje kose strijele
8. kabina za upravljanje

Slika 2. Toranjska dizalica s kosom strijelom [3]

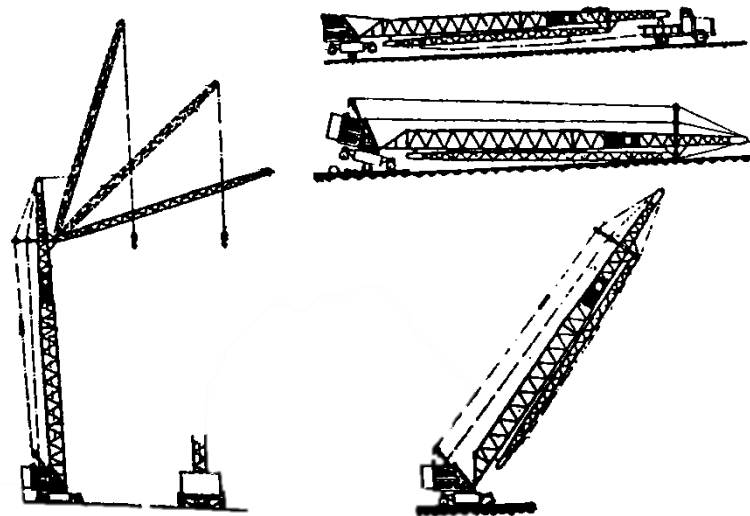
Zbog stabilnosti pri dizanju konstrukcija dizalice se opterećuje betonskim blokovima. Dizalicom je moguće upravljati s tla, odnosno upravljačkim uređajem ili iz kabine smještene pri vrhu tornja. [3]

Pri montaži prvo se postavlja staza s pragovima i dvije čelične tračnice koje su međusobno razmaknute od 2,2 do 6 metara. Po njima dizalica ima mogućnost pomicanja. Na tračnice se dalje postavlja masovno čelično postolje na kotačima, potom se montiraju članci rešetkastog stupa duljine od 3 do 5 metara pa na kraju konstrukcija rešetkastog strijela i ostali pogonski dijelovi za dizanje. Za montažu ove dizalice potrebno je par dana. [3]

Kočnica mehanizma pokretnog dijela toranjskih dizalica mora biti opremljena sustavom aktiviranja putem nožne ili ručne kontrole. Uz sustav kočenja, okretanje toranjskih dizalica treba biti ograničeno pomoću krajnjih isključivača struje koji automatski isključuju pogon elektromotora okretnog dijela kada se dostignu krajnji položaji. [5]

Visina dizanja ove vrste toranjske dizalice je od 25 do 65 metara, ali postoje i dizalice koje nastavcima dosegnu visinu i preko 100 metara. Vodoravni doseg dizalice je 30 do 40 metara, dok im je nosivost 1,3 do 2 kN ovisno o udaljenosti dosega. [3]

Manje toranjske dizalice s kosim strijelom, visine 25 i dosega 15 metara, mogu imati postolje na kotačima s gumama uz bočne stabilizatore. Takve dizalice imaju rešetkasti toranj i ruku u jednom komadu. Na slici 3 je prikana montaža jedne manje dizalice. Njih je potrebno dovesti na gradilište nakon čega se pri montiranju prvo podigne toranj, a zatim ruka pomoću užadi dizalice. Za montažu ovakvih dizalica je potrebno samo nekoliko sati. [3]



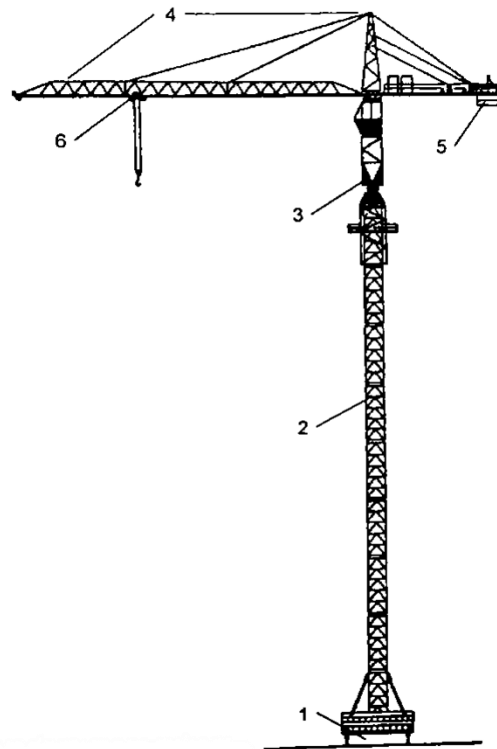
Slika 3. Montaža manje toranjske dizalice na kotačima ili na gusjenicama[3]

2.2.1.2. Toranjska dizalica s horizontalnim strijelom

Novije tehnologije montažne gradnje zahtijevaju toranjske dizalice s mogućnošću dizanja tereta velikih masa na velike visine, s popriličnom preciznošću pri upravljanju teretom. Sve navedene karakteristike obuhvaća toranjska dizalica s fiksnim horizontalnim strijelom i upravo je zbog toga ova toranjska dizalica u širokoj primjeni. [1]

Toranjska dizalica s horizontalnom strijelom se može sastojati od postolja (na čeličnim kotačima) položenog na čelične tračnice, okomitog čeličnog rešetkastog stupa (tornja) i horizontalne strijele kojoj je pri vrhu tornja omogućeno rotiranje za 360 °. Raspored i izgled elemenata je prikazan na slici 4. Ruka, strijela ili krak dizalice je sastavljen od kraćeg dijela (na kojem je smješten protuuteg od betonskih elemenata i ostali pogonski motori i sklopovi potrebni za dizanje tereta), i duljeg dijela strijele (po kojemu je omogućeno kretanje kolica s užetom za dizanje, tzv. „mačka“). [3]

1. postolje na tračnicama staze
2. okomiti toranj
3. sklop za okretanje
4. vodoravni strijela vezana za gornji dio tornja
5. protuteget-betonska kocka



Slika 4. Toranjska dizalica s vodoravnom strijelom[3]

Slobodno stojeća dizalica s postoljem opterećenim betonskim blokovima može dosegnuti visinu i do 55 m. Budući da se kod ovih dizalica toranj ne okreće nego je statičan moguće ga je vezati odnosno sidriti za građevinu. Na taj način dizalica može dosegnuti znatno veće visine. Taj tip dizalice ima prednost pred dizalicom s kosom rukom kako zbog dosega tako i zbog preglednosti koju dizaličar ima pri radu. Upravljanje dizalicom odvija se iz kabine koja je gotovo uvijek smještena na samom vrhu tornja. [3]

Nosivost dizalice ovisi o njejoj veličini i o položaju mačke na strijeli. Ovisno o ta dva faktora, postoje dijagrami dizalica na kojima je naznačena maksimalna nosivost dizalice i to u svrhu kako se dizalica ne bi preopteretila i prevrнула, iako se eventualno preopterećenje nosivosti producira zvučnim signalom. [3]

Vrijeme potrebno za montažu ove dizalice je par dana. Postoji nekoliko tipova montaže postavljanja ovog tipa toranjske dizalice. Odabir ovisi o modelu dizalice. U početnoj se fazi

montiranja stroja nerijetko koriste autodizalice ili druga toranjska dizalica, a kasnije se dizalica montira sama. [3]

Osim velikih, postoje konstrukcije malih toranjskih dizalica s horizontalnim strijelom. Vrijeme potrebno za njihovo postavljanje traje samo nekoliko sati. Takve se dizalice do gradilišta moguće dovesti pomoću dva teretna vozila. Toranjski se dio sastoji od dvije rešetkaste konstrukcije koje se teleskopski izvlače, a horizontalni je strijela načinjena od dva dijela koji su međusobno spojeni vijčano i diže se vlastitim uređajima izvlačenjem. Toranj je sa strijelom povezan zgloбно. Prvo se na dno samog tornja postave betonski blokovi, kako ne bi došlo do prevrtanja dizalice, potom se i toranj i strijela dižu pomoću čeličnih užadi. Ovaj tip dizalice je pogodan za pripremne i završne radove na manjim gradilištima. [3]

Kod toranjskih dizalica s horizontalnom strijelom ako na upravljačkom mjestu ne postoji pokazivač nosivosti za pojedine dohvate strijele, na samoj strijeli moraju biti postavljene ploče s oznakama nosivosti. Ove ploče s oznakama pružaju jasne informacije o maksimalnoj nosivosti za svaki dohvat strijele, omogućujući operatoru da lako provjeri ograničenja pri podizanju tereta i moraju biti postavljene tako da se dobro vide s upravljačkog mjesta. [5]

2.2.2. Podjela u odnosu na podvozje

2.2.2.1. Toranjska dizalica na tračnicama

Uz pomoć podvozja, čiji sustav počiva na čeličnim kotačima položenim na čelične tračnice, toranjska se dizalica ima mogućnost kretati ovisno o potrebi koju zahtjeva određeni gradilišni zadatak koji dizalica obavlja. Uostalom, prvi korak pri montiranju toranjske dizalice s ovim tipom podvozja je osigurati povoljnu podlogu na kojoj će se postaviti staza s pragovima i dvije čelične tračnice, međusobno udaljene od 2,2 do 6 metara. Na tračnice se dalje postavlja masovno čelično postolje na kotačima, a zatim se montiraju članci rešetkastog tornja dizalice kao i preostali dijelovi. [3]

Radi sigurnosti, na krajevima tračnica toranjskih dizalica moraju postojati branici. Oni moraju biti konstruirani tako da mogu podnijeti udar pokretne mase dizalice pri kretanju određenom brzinom i opterećenom maksimalnim dopuštenim opterećenjem. Kako bi se izbjegli udari prilikom sruza, preporučljivo je postaviti pijesak ograđen daskama ispred branika na krajevima tračnica. Ovakva izvedba, u slučaju potrebe, osigurava potpuno zaustavljanje dizalice. [5]

Budući da se dizalica pri radu kreće po tračnicama na dizaličnoj stazi, postoji rizik da napojni električni kabel dođe pod kotače dizalice. Za sprječavanje spomenute opasnosti, dizalica treba biti opremljena kolutom na koji se namotava i odmotava električni kabel tijekom vožnje dizalice. Kao alternativno rješenje, vođenje napojnog električnog kabla može se odvijati i unutar drvenih žlijebova. Uostalom, za dizalicu opasnost predstavlja bilo koji predmet koji se nađe na tračnicama prilikom njenog kretanja. Zbog toga, dizalice s opisanim podvozjem moraju biti opremljene i napravom koja uklanja predmete s tračnica, kako bi se spriječilo da bilo koji predmet dođe pod kotače dizalice i izazove gubitak njene stabilnosti. [5]

Za toranjske dizalice koje se kreću brzinom većom od 30 m/min duž dizaličnih staza, obvezno je ugraditi krajnje isključivače. Oni automatski zaustavljaju pogon putem isključenja struje. Namjena krajnjih isključivača struje je da zaustave pogon elektromotora u trenutku kada su krajnji nosači postolja dizalice udaljeni od branika (na krajevima dizalične staze) za barem polovicu puta potrebnog da se dizalica zaustavi pri kretanju. Osim toga, sve toranjske dizalice koje se kreću po tračnicama dizalične staze moraju biti opremljene automatskim sustavom kočenja na mehanizmu kretanja, uz standardni sustav kočenja strujom. Taj automatski sustav kočenja osigurava sigurno zaustavljanje kretanja dizalice u slučaju prestanka aktiviranja komandi za kretanje ili gubitka električne energije. [5]

Toranjske dizalice koje se kreću po tračnicama dizalične staze, osim automatskog sustava kočenja, moraju imati uređaj ili napravu za sidrenje kao što su tračnička kliješta, ručne ili automatske brave. Njihova svrha je spriječiti neželjeno kretanje dizalice. Uređaj ili naprava za sidrenje moraju se koristiti u slučaju pojave vjetra prilikom rada i uvijek nakon završetka rada s dizalicom. [5]

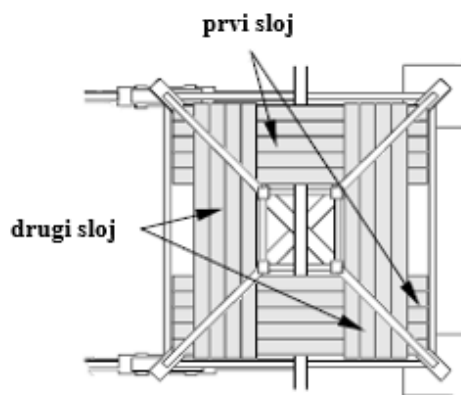
2.2.2.2. Toranjska dizalica s postoljem opterećenim centralnim balastom

U ovaj tip građevinske dizalice, budući da nemaju podvozje pogodno za vožnju prometnicama, nije moguće lagano premjestiti na drugu lokaciju kao što je to moguće s autodizalicama. Toranjske dizalice imaju prednost nad autodizalicama jer one imaju mogućnost dizanja elemenata na veće visine i imaju dužu strijeluu, pa samim tim i veći doseg. [6]

Centralnim se balastom, koji je izrađen od betonskih blokova ili šljunkom u silosima, postiže stabilnost dizalice. [4]

Kako bi toranjska dizalica bila stabilna potrebno je da balast odgovara uputama i preporukama proizvođača toranjske dizalice. Za centralni se balast najčešće koriste betonski blokovi koji moraju biti sigurno pričvršćeni na postolju kako bi se spriječilo njihovo pomicanje. U slučaju da je balast od rastresitog materijala, potrebno ga je staviti u metalne sanduke, kako ne bi došlo do rasipanja materijala. [5]

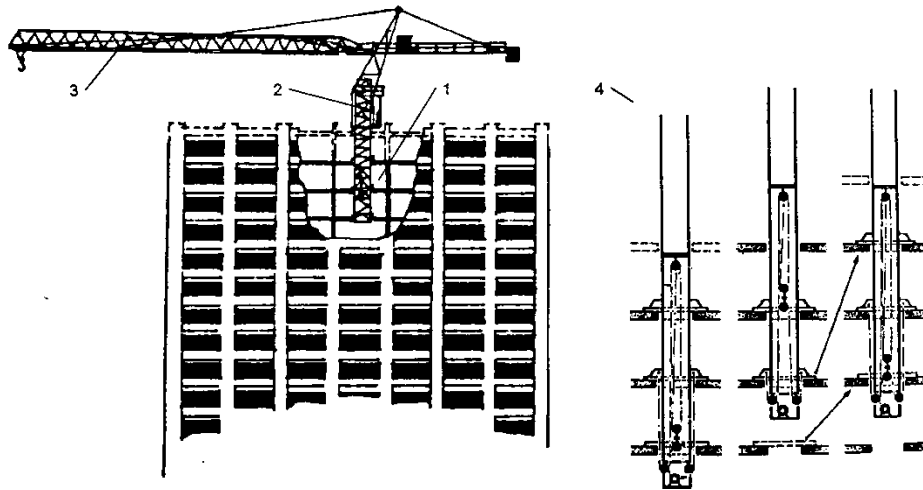
Količina potrebnog balasta varira ovisno o visini tornja i duljini strijele dizalice. Balastne blokove je uvijek potrebno postaviti prema preporukama proizvođača dizalice. Primjer jednog postolja s balastnim blokovima je prikazan na slici 5 iz koje je vidljivo da je i balastne blokove potrebno slagati određenim redom. [7]



Slika 5. Centralni balastni blokovi [7]

2.2.2.3. Puzajuća/uspinjuća toranjska dizalica (kleter)

Dizalice koje su se pojavile usporedno s izgradnjom visokih uskih objekata nazivamo puzajućim ili uspinjućim toranjskim dizalicama. Takve dizalice kako je i prikazano na slici 6 nemaju postolje ni podvozje, niti donji dio rešetkastog tornja, nego samo gornja tri članka duljine 3x3,5 metara. [3]



1. uski okomiti prostor (prostor za lift) u sredini zgrade
2. gornji dio toranjske dizalice
3. horizontalna strijela sa sklopovima za dizanje
4. način penjanja uz pomoć vitla i vodoravnih greda

Slika 6. Puzajuća toranjska dizalica (kleter) s horizontalnom strijelom [3]

Ovu vrstu kрана koristimo za izvedbu objekata čija visina prelazi 100 m. Njena osnovna konstrukcija je ista onakva kakvu susrećemo kod uobičajenih okretnih dizalica. Takve su da ih se montira na objekt i s njime se dižu do najveće visine pomoću posebnog uređaja, sustavom teleskopiranja pokretnog dijela tornja. Njihova brzina dizanja je nešto veća od brzine normalnih dizalica. Najčešće se postavljaju u prostor za lift pri čemu se donje betonske deke koriste za nošenje glavne konstrukcije dizalice dok se gornje betonske deke koriste za sidrenje konstrukcije dizalice. Izrađene su od lako rastavljivih elemenata. Ove dizalice često imaju fiksni krak s mačkom koji može biti dužine i do 30 m. Dizalice ovog tipa su lagane za rukovanje i praktične pri radu. [4]

Kako za postavljanje dizalice tako i za demontažu, ove dizalice imaju sklopove i razrađenu tehnologiju po kojoj to same čine. Moguće je da strijela dizalice bude horizontalna ili kosa, uz dopunski sklop za okretanje konstrukcije tornja. Prednost uspinjuće dizalice u odnosu na dvije prethodno navedene vrste je ta da, budući da ju je moguće smjestiti u središtu građevine (najčešće u šupljini za dizalo), i da može rotirati strijelu u punom krugu oko osi tornja, ona često može obuhvatiti puni gabarit građevine i imati doseg do sve četiri strane objekta, što je iznimno važno u visokogradnji gdje je prostor montaže u dostatnoj mjeri ograničen. [3]

2.2.3. Podjela prema načinu rukovanja dizalicom

Toranjskom se dizalicom može upravljati:

- iz kabine dizalice;
- s poda preko upravljačke kutije ili daljinskog upravljača. [4]

Svi se radni pokreti uključuju pomoću prijenosnog komandnog pulta.

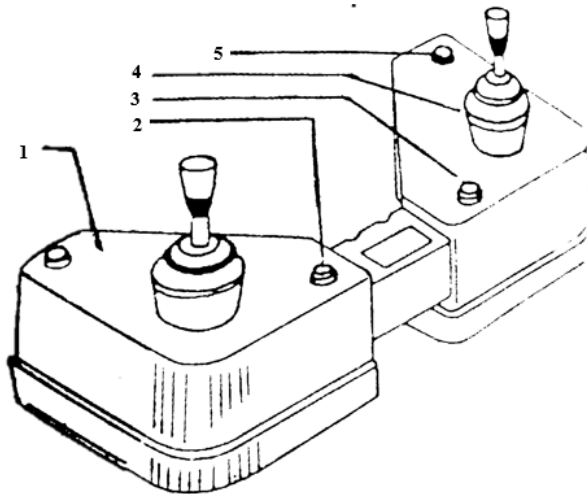
2.2.3.1. Upravljanje s poda preko upravljačke kutije ili daljinskim upravljačem

Kod dizalica na električni pogon i na upravljanje s poda, se u kutiji za upravljanje mora nalaziti zaštitni napon kako bi se dizaličara pri rukovanju njome zaštitilo od električnog udara. Potrebno je da na uređaju za upravljanje budu jasne oznake o vrsti i smjeru kretanja kako bi se što lakše moglo rukovati dizalicom. [4]

Na daljinskim upravljačima najčešće postoje četiri stupnja brzine kretanja. Upravljačka elektroinstalacija, odnosno daljinski upravljač dizalice, budući da je u izravnom dodiru s dizaličarom, zahtjeva posebne uvjete i kvalitetu izrade. On se sastoji od:

- upravljačke kutije;
- upravljačkog kabela;
- transformatora malog napona (do 50 V). [4]

Upravljačka kutija, prikazana na slici 6, ima dvije ručice od kojih svaka ima posebnu namjenu. Lijeva služi za rad mačke i vožnju dizalice po pruži, dok se desna koristi za rad radnog čeličnog užeta i okretanja dizalice. Na samoj se kutiji nalaze i tri tipkala koji služe za uključivanje glavne sklopke, za otkočni magnet okretanja dizalice te za zvučni signal. Transformator koristi kao sigurnosna mjera, odnosno ima ulogu pretvaranja većeg napona u i do sedam puta manji. Time se isključuje mogućnost pojave strujnog udara dizaličara koji bi se inače mogao dogoditi u dodiru s dijelovima pod naponom. [4]



1. kućište
2. tipkalo za sirenu
3. tipkalo za uljučivanje glavne sklopke
4. upravljačka ručica
5. tipkalo za otkočni magnet

Slika 7. Elementi upravljačke kutije [4]

2.2.3.2. Upravljanje dizalicom iz kabine

Ako se dizalicom ne upravlja s poda odnosno preko upravljačke kutije ili daljinskim uređajem onda za upravljačko mjesto dizalica mora imati kabinu. [4]

Neophodno je da dizaličar, pri rukovanju strojem, ima jasan i potpun pregled radnog prostora kao i mogućnost praćenja cijele putanje tereta tijekom svih operacija koje stroj izvodi. Ovi su zahtjevi zadovoljeni tako što je kabina najčešće smještena pri samom vrhu tornja dizalice, gdje dizaličar ima jasan pregled situacije na gradilištu. Mjesto s kojeg radnik upravlja strojem treba biti siguran prostor kako bi se izbjegle potencijalne opasnosti. Nužno je preventivno provesti sve sigurnosne mjere, kako za rukovatelja dizalicom, tako i za ostale sudionike u procesu gradnje, kojima je omogućeno kretanje u neposrednoj blizini rada dizalice. [5]

Sama kabina mora imati osigurano grijanje ako je temperatura zraka niža od 10°C, odnosno provjetranje ili hlađenje ako temperatura prelazi temperaturu od 25°C. U samoj kabini se ne smiju držati masne krpe, otpadci, ulja ili neki drugi zapaljivi materijali. Osim toga, svaka kabina mora imati aparat za gašenje požara. Sredstvo za gašenje mora biti bezopasno za zdravlje dizaličara, primjerice aparat sa suhim prahom. Na vidnom mjestu u kabini mora biti izložen i lako vidljiv izvod iz uputa za upravljanje dizalicom. Potrebno je da uređaj za upravljanje bude izveden tako da njime dizaličar upravlja bez većeg fizičkog napora, te da je sami rad moguće obaviti na što lakši, brži i efikasniji način. Poluge, ručice, tipkala kao i drugi mehanizmi dizalice moraju imati jasne oznake smjerova za kretanja komanda. Kabine imaju i

uređaje za davanje zvučnih signala koji mora biti izveden tako da se zvuk jasno čuje, kako bi se zvučni signal prije svakog dizanja, spuštanja i prijevoza tereta jasno prenio. [5]

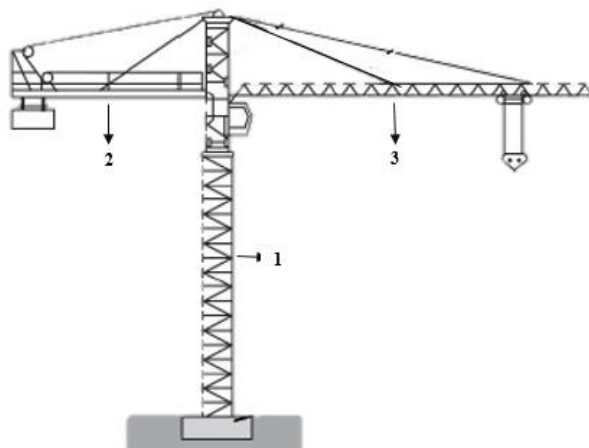
Kabina toranjske dizalice mora biti propisano opremljena tako da dizaličar u njoj može raditi bez opasnosti. Također, ona mora sa svih strana biti zatvorena i mora imati krov dok kroz prozore mora biti dobra preglednost vanjskog prostora. Neophodno je da se prozorima kabine može prilikom čišćenja lako pristupiti, kako iz unutrašnjosti tako i s vanjske strane. Na dizalicama s električnim pogonom pod kabine mora imati prekrivač od gume ili od materijala sličnih izolirajućih svojstava. Vrata kabine moraju omogućavati sigurno ulaženje i izlaženje radnika. Kabine u kojima dizaličar radi više od dva sata u smjeni, što je često za toranjsku dizalicu, mora biti opremljena fiksnim sjedalom. [5]

2.3. Tehničke karakteristike i značajke dijelova toranjskih dizalica

2.3.1. Osnovni dijelovi toranjske dizalice

Svaka toranjska dizalica u osnovi se sastoji od tri ključna dijela, prikazana na slici 8:

- 1) nosive konstrukcije;
- 2) kraka s protuutegom;
- 3) krak s mačkom za teret [1].



1. nosiva konstrukcija
2. krak protuutega
3. krak s mačkom za teret

Slika 8. Osnovni dijelovi toranjske dizalice [1]

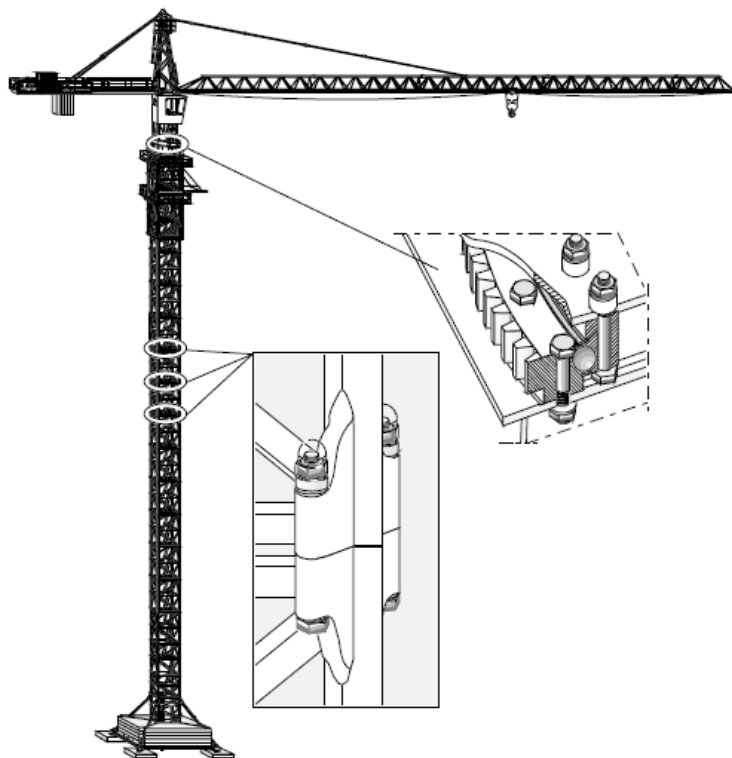
2.3.1.1. Nosiva konstrukcija dizalice

Nosive konstrukcije za dizalice se izvode kao rešetkasti nosači, najčešće od dva „U“ ili „L“ međusobno zavarena profila. Njena konstrukcija kao i njene osobitosti ovise o specifikacijama i vrste dizalice. [4]

Rešetkasta konstrukcija je najčešće konstruirana da bude lako podesive visine, a s gornje strane ona često završava kabinom. Ili s donje ili s gornje strane, što ovisi o tipu dizalice, se nalazi okretni dio s centralnim kružnim ležajem na kojem se okretljivi dio nesmetano okreće za 360°. Na prijelazu u konusnu rešetkastu konstrukciju nalaze se vodeći valjci okretnog dijela. Okretni dio sadrži mehanizme za okretanje stupa i mehanizam za dizanje tereta. Gornji dio stupa je pomoću spona povezan s krakom tereta i krakom protuutega. [4]

Elementi nosive konstrukcije toranjske dizalice su uglavnom spojeni zavarom. Takvi se spojevi postižu spajanjem metalnih dijelova topljenjem materijala i stvaranjem čvrstog spoja nakon hlađenja. Zavareni spojevi moraju biti vrlo čvrsti i precizno izvedeni kako bi osigurali sigurnost i stabilnost tornja pri podizanju tereta. Iako se za spojeve toranjskih dizalica najčešće koristi zavar, vijčani spojevi omogućavaju lakšu montažu i demontažu u slučaju održavanja ili demontaže dizalice. [4]

Vijčani spojevi mogu obavljati svoju funkciju samo ako su zategnuti točno onoliko koliko je to potrebno. Previše ili premalo zakrenuti vijci mogu dovesti do preranog trošenja vijčane veze unatoč velikoj čvrstoći. Upravo zbog toga matične i vijčane veze uvijek trebaju biti podmazane. Koliko vijak treba biti zategnut ovisi o zakretnom momentu. Vrijednost zateznog momenta varira u odnosu na vrstu i veličinu vijka i matice. Izvedba i optimalnost iznosa zakretnog momenta su posebno važni kod toranjskih dizalica gdje su dijelovi tornja ili spojevi zakretnog prstena spojeni vijčano. Detalji takvih spojeva su prikazani na slici 9. [7]



Slika 9. Detalji vijčanih spojeva stupa toranjske dizalice [7]





Održavanja i pregledi nosive konstrukcije dizalica se moraju obavljati u propisanim vremenskim razmacima. Najčešći razlozi oštećenja konstrukcije dizalice jesu mehanički udarci. Ona mogu nastati udaranjem konstrukcije dizalice o druge objekte, udarom dizalice o dizalicu, te prilikom premještanja dizalice na drugu lokaciju. Na udarenom mjestu se javlja deformacija, a samim tim cijela konstrukcija gubi na svojoj funkcionalnosti i često više nije sigurna za uporabu. S obzirom na promjenu nosivosti tijekom rada građevinskih toranjskih dizalica, od maksimalnih vrijednosti dohvata strijele gdje je nosivost najmanja do maksimalnih vrijednosti kod minimalnog dohvata strijele, ove dizalice su izložene povećanom riziku od preopterećenja. Oslabljenja konstrukcije nastala od preopterećenja dizalice uzrokuju ozbiljne posljedice. Ovisno o stupnju oštećenja i popuštanja konstrukcije, lomovi se javljaju neposredno nakon oštećenja ili nakon izvjesnog vremena zbog zamora materijala i različitih pogrešaka pri izvedbi dizalica. [5]

2.3.1.2. Krak protuutega

Rešetkasta konstrukcija strijele završava s protuutegom s ručnim vitlom. Protuuteg služi za uravnoteženje dizalice pri čemu se sami krak može produljivati kako bi se uspostavila

ravnoteža pri dizanju. Duljina kraka protuutega može varirati ovisno o duljini kraka s mačkom, pa se tako i težina protuutega može mijenjati ovisno o potrebi kako je i prikazano u tablici 1. [7]

Tablica 1. Primjer ovisnosti duljine krakova i težina protuutega [7]

| LENGTH | | BLOCK (kg) | | |
|---|---|---|---|--|
|  |  |  |  | |
| | | CBD 4000 | CBC 6000 | |
| 80m | 24 m | 0 | 5 | |
| 75m | 24 m | 1 | 4 | |
| 70m | 24 m | 1 | 4 | |
| 65m | 24 m | 2 | 3 | |
| 60m | 24 m | 1 | 3 | |
| 55m | 24 m | 2 | 2 | |
| 50m | 20.50 m | 2 | 3 | |
| 45m | 20.50 m | 1 | 3 | |
| 40m | 20.50 m | 2 | 2 | |
| 35m | 20.50 m | 1 | 2 | |

Da bi toranjska dizalica bila stabilna potrebno je da protuuteg kraka odgovara preporukama proizvođača dizalice. Protuuteg kraka mora biti sigurno pričvršćen kako bi se spriječilo njegovo padanje s visine. To se postiže primjerice korištenjem stezaljki, blokova i slično. [5] Toranjske dizalice najčešće koriste protuuteg izrađen od armiranog betona. Prije postavljanja na dizalicu, protuuteg je potrebno provjeriti radi ispravne veličine, težine, oštećenja i cjelovitosti točaka za koje će se protuuteg pridržavati. Neispravan protuuteg se ne smije postavljati. Protuuteg se obavezno postavlja prema uputama proizvođača dizalice ili kvalificirane osobe. [7]

Za balast se mogu koristiti i čvrsti metalni sanduci s poklopcima u koje se smješta rasuti materijal. Otvori i poklopci sanduka moraju biti zaključani i osigurani kako bi se spriječilo rasipanje materijala. [5]

2.3.1.3. Krak s mačkom za teret

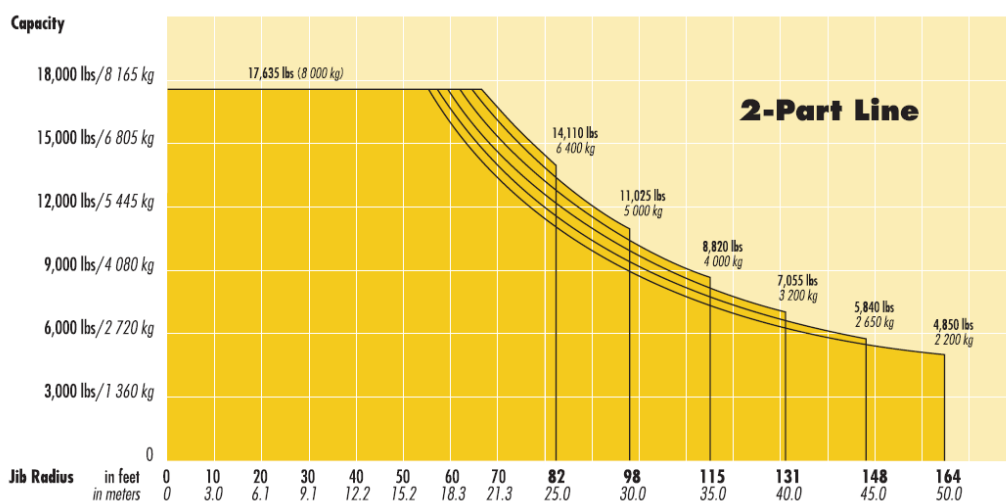
Strijela dizalice je čelična rešetkasta konstrukcija čija se dužina kraka može jednostavno prilagođavati ovisno o potrebama dohvata dizalice. Što je veća duljina kraka dizalice to j manja nosivost dizalice. Maksimalnu nosivost za svaku pojedinu duljinu kraka propisuje proizvođač dizalice a može biti prikazana dijagramom nosivosti ili skicom pojedinih dohvata kraka što je prikazano u nastavku na slikama 10 i 11. [7]

Radius and Capacities

| Hook Radius | 2-Part Line Max Capacity – Radius | ft m | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 82 | 90 | 98 | 105 | 110 | 115 | 123 | 131 | 139 | 148 | 156 | 164 | |
|-----------------|--|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--|
| | | | 12.2 | 15.2 | 18.3 | 21.3 | 24.4 | 25.0 | 27.5 | 30.0 | 32.0 | 33.5 | 35.0 | 37.5 | 40.0 | 42.5 | 45.0 | 47.5 | 50.0 | |
| 164 ft 50.0m | 17,635 lbs – 54.5 ft 8 000 kg – 16.6m | lbs kg | 17,635 8 000 | 17,635 8 000 | 16,180 7 340 | 13,710 6 220 | 11,815 5 360 | 11,175 5 070 | 10,010 4 540 | 9,060 4 110 | 8,355 3 790 | 7,825 3 550 | 7,560 3 430 | 6,945 3 150 | 6,415 2 910 | 5,950 2 700 | 5,555 2 520 | 5,180 2 350 | 4,850 2 200 | |
| 148 ft 45.0m | 17,635 lbs – 56.8 ft 8 000 kg – 17.3m | lbs kg | 17,635 8 000 | 17,635 8 000 | 16,910 7 670 | 14,350 6 510 | 12,370 5 610 | 11,705 5 310 | 10,495 4 760 | 9,500 4 310 | 8,765 3 975 | 8,200 3 720 | 7,935 3 600 | 7,300 3 310 | 6,745 3 060 | 6,285 2 850 | 5,840 2 650 | | | |
| 131 ft 40.0m | 17,635 lbs – 58.7 ft 8 000 kg – 17.9m | lbs kg | 17,635 8 000 | 17,635 8 000 | 17,550 7 960 | 14,945 6 780 | 12,875 5 840 | 12,190 5 530 | 10,935 4 960 | 9,900 4 490 | 9,125 4 140 | 8,555 3 880 | 8,270 3 750 | 7,630 3 460 | 7,055 3 200 | | | | | |
| 115 ft 35.0m | 17,635 lbs – 62.0 ft 8 000 kg – 18.9m | lbs kg | 17,635 8 000 | 17,635 8 000 | 17,635 8 000 | 15,875 7 200 | 13,690 6 210 | 12,960 5 880 | 11,640 5 280 | 10,535 4 780 | 9,735 4 415 | 9,125 4 140 | 8,820 4 000 | | | | | | | |
| 98 ft 30.0m | 17,635 lbs – 64.6 ft 8 000 kg – 19.7m | lbs kg | 17,635 8 000 | 17,635 8 000 | 17,635 8 000 | 16,580 7 520 | 14,285 6 480 | 13,535 6 140 | 12,170 5 520 | 11,025 5 000 | | | | | | | | | | |
| 82 ft 25.0m | 17,635 lbs – 66.9 ft 8 000 kg – 20.4m | lbs kg | 17,635 8 000 | 17,635 8 000 | 17,635 8 000 | 16,930 7 680 | 14,815 6 720 | 14,110 6 400 | | | | | | | | | | | | |

2-Part Line

Slika 10. Grafikon duljine kraka i nosivosti [7]



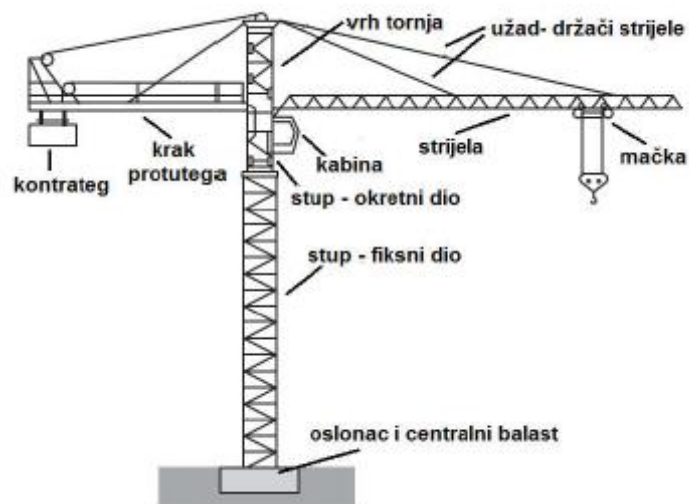
Slika 11. Dijagram duljine kraka i nosivosti [7]

Krak je na nosivu konstrukciju spojen svijnicima, vijcima i sponama ili preko zakretnog prstena ako se radi o toranjskoj dizalici kojoj je toranj statičan, a rotira se samo krak. [4]

Mačka se uzdužno se kreće po kraku dizalice. Preko nje prolazi čelično uže za dizanje tereta. Ona je načinjena od čeličnih profila, a na okviru ima ugrađene kotačiće za pokretanje.

2.3.2. Ostali dijelovi toranjske dizalice

Na slici 12 su prikazani dijelovi toranjske dizalice.



Slika 12. Dijelovi toranjske dizalice [7]

Dizalična pruga

Dizalične pruge ili tračnice mogu biti pravokutne ili zaobljene, a da su nerijetko u uporabi i željezničke tračnice. [1]

Pravilna izvedba pruge je osnovni uvjet za stabilnost i pravilno kretanje pri radu dizalice. Dizaličnu prugu je moguće izvesti u ravnini i u zavoju. Nakon izrade i postavljanja dizalične pruge, a prije montaže dizalice, stručni nadzor treba provesti provjeru ispravnosti postavljanja dizalične pruge. On je ujedno dužan i sastaviti zapisnik (atest) o postavljenoj dizaličnoj pruzi te izraditi geodetsku snimku pruge. [4]

Ako se dizalica kreće po dizaličnoj pruzi ona mora imati i mehanizam za vožnju dizalice po pruzi. Takvi su mehanizmi smješteni na dvojica dijagonalna kolica na podvozu. Važni sastavni elementi i sklopovi mehanizma su pogonski elektromotor, spojka, prijenosni reduktor i

profile vijcima. Time je dizalica učvršćena na mjestu, a montaža ostalih elemenata se može nastaviti. Ovaj način temeljenja dizalice se koristi za skućene prostore i tamo gdje nemamo potrebu za pomicanjem tornja dizalice, gdje se u suprotnom koriste dizalice postavljene na prugu. [4]

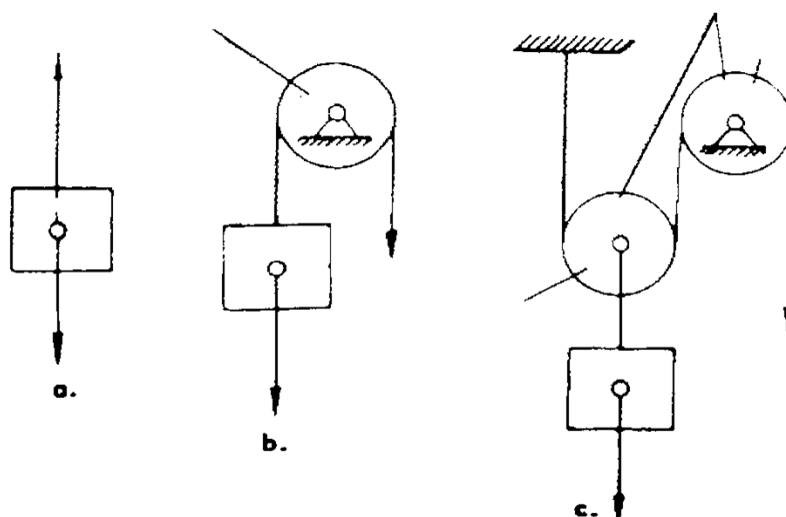
Od temeljenja je potrebno osobitu pozornost posvetiti temeljnoj stopi koja mora biti sigurna od smrzavanja. Ona je obično kvadratnog oblika ili oblika pravilnog šesterokuta odnosno osmerokuta i mora biti na dubini od 1,2 do minimalno 0,8 m. [1]

Kotaći dizalice

Kotaći za vožnju dizalice po dizaličnoj pruzi imaju dva rubna vijenca. Izrađeni su od čelićnog lijeva, a površina lijeva se obrađuje toplinski. Kotaći, ovisno o konstrukciji mogu biti na kliznim i kotrljajućim ležajevima, a razlikujemo pogonske i slobodne kotaće. [4]

Koloturnici

Elemente prenosila i dizalica koji sliže za promjenu smjera sile u užetu nazivamo koloturnicima. Razlikujemo tri osnovna načina uporabe koloturnika kod toranjskih dizalica prikazana na slici 14. Vidljivo je da opcija a. prikazuje podizanje tereta, slika b. promjenu smjera sile dizanja dok na prikazu c. vidimo način smanjenja sile dizanja tereta. [4]



Slika 14. Naćini uporabe koloturnika [4]

Koloturnike koji ne prenose silu, odnosno služe samo za vođenje užeta nazivamo vodećim koloturnicima, dok one koji prenose silu nazivaju se nosećim koloturnicima. Materijal od kojeg

se proizvode koloturnici najčešće je lijevano željezo, čelik ili bronca. Konstrukcija koloturnika mora osiguravati i štititi uže od mehaničkih oštećenja. [4]

Stube

Kad se za prilaz do kabine dizalice koriste ljestve one moraju biti dobro pričvršćene i propisno osigurane kako bi spriječile pad. Osim toga, otvori na podovima moraju biti prekriveni čvrstim poklopcima koje je, nakon prolaska radnika neophodno zatvoriti. Na ljestvama čija je visina veća od 20 m, svakih 6 do 10 metara moraju biti izvedena odmarališta, točnije ulazne platforme ili podesti. Prečke ljestvi moraju biti od okruglih šipki minimalnog promjera 1,6 cm. Na stranice ljestvi, šipke trebaju biti pričvršćene zavarom ili zakovom na vertikalnom razmaku najviše 30 cm. Ljestve moraju imati širinu veću od 35 cm. [5]

Dovodi električne struje

S razvodne ploče gradilišta električna se struja dovodi izoliranim kablom do komadnog ormara dizalice. Kabel mora biti izoliran od mehaničkih oštećenja. U komadnom ormaru su ugrađeni kontrolori, otpornici, osigurači i drugi pomoćni materijal. Zadatak sklopki, koje je nalaze u glavnom strujnom krugu motora, je prekinuti dovod energije pripadajućeg motora kada se isključi bilo koja krajnja sklopka koja se nalazi na istom pomoćnom strujnom krugu. U slučaju da se isključi bilo koji krajnji sklopnik automatski se zakoči i pripadajući motor. Glavnu sklopku se može uključiti ili isključiti izravno na ormaru ili u kabini dizalice pomoću ručice. Energija se od izvora vodi gumenim kablom koji se u bubanj namotava automatski. Posebnu je pažnju potrebno posvetiti pravilnoj zaštiti vodiča i svih metalnih dijelova koji su pod naponom. Otpor uzemljivača svakako ne smije prijeći propisane dopuštene vrijednosti. [4]

Svaku dizalicu koja je smještena na otvorenom prostoru, odnosno onu koja je izravno izložena vremenskim prilikama potrebno je posebno zaštititi od udara groma. Zaštitu se treba izvesti tako da ona odgovara propisima o tehničkim normativima za gromobrane. Svaki dio dizalice koji je spojen zavarivanjem ili je spojen vijčano s tijesnim nasjedom mora se zaštititi od udara groma. [4]

Toranjska dizalica se obično se pokreće pomoću električnih motora koji proizvode znatne količine električne energije. To dovodi do izvjesnih rizika za čovjeka koji rukuje dizalicom. Pri radu, odnosno izravnom izlaganju dizaličara naponu, tijelom protječe takva količina električne energije da može prouzročiti vrlo teške ozljede ili izazvati smrtonosne posljedice. Najčešće se nezgode događaju zbog direktnog dodira s dijelovima koji su pod naponom. Takvi

dijelovi postaju dostupni zbog oštećenja izolacije, ali vrlo često i zbog nemara radnika pri rukovanju s njima. Neophodno je da dijelovi koji su pod naponom budu izolirani na odgovarajući i siguran način. Radnici se nikako ne bi smjeli upuštati u samoinicijativni popravak dijelova dizalice poput elektroopreme i elektrouređaja. [5]

Uređaj za zaštitu od preopterećenja

Kako bi stroj radio na siguran način na njega se ugrađuju sigurnosni dijelovi i uređaji koji imaju za ulogu djelovati automatski. Takvi uređaji mogu zaustaviti ili ograničiti kretanje u krajnjem položaju, spriječiti neželjena kretanja i onemogućiti preopterećenja dizalice. Krajnji isključivač struje mora biti postavljen tako da ograniči visinu dizanja tereta. Toranjske dizalice s nagibnim i one s horizontalnom strojelom moraju imati uređaje za zaštitu od preopterećenja u obliku automatskog isključivača struje. On sprječava podizanje tereta, čim težina prijeđe dopušteno opterećenje kod pojedinih kutova nagiba ili kod pojedinih dohvata strijele. [5]

Potrebno je da uređaj bude podešen na dopuštene nosivosti dizalice, a ispravnost samog uređaja se mora redovito kontrolirati. Ako se nastavi raditi s neispravnim uređajem za sprečavanje preopterećenja, postoji rizik da teret koji odgovara dopuštenoj nosivosti manjeg dohvata strijele preopteretiti dizalicu prilikom prelaska na veći dohvat strijele. Zbog toga je važno u ovim situacijama odmah prekinuti rad dizalice radi sigurnosti. Preopterećenje može uzrokovati deformacije ili lom nosive konstrukcije dizalice te dovesti do njenog prevrtanja. [5]

Uređaj za produžetak tornja

Konstrukcija ovog uređaja je rešetkasta od čeličnog profila, odnosno vođice i uređaja za teleskopiranje koji može biti hidraulični ili mehanički. Vođica je na gornjem dijelu učvršćena za gornji dio stupa koji nosi kotrljajući ležaj i nazubljeni vijenac za okretanje, dok je na donjem dijelu vođica oslonjena na stup s vijcima za vođenje. Na prednjoj strani uređaja se nalazi otvor kroz koji se prilikom montaže ubacuje element za nastavak tornja. Sa stražnje je strane postavljen uređaj za teleskopiranje koji hidrauličnim uređajem podiže cijeli gornji dio dizalice kako bi se mogao umetnuti dodatni dio tornja. [4]

Uređaj za mjerenje jačine vjetra

S obzirom na to da su toranjske dizalice strojevi koji se smješteni na otvorenom prostoru, izravno su izloženi utjecaju vjetra. Često nesreće uzrokovane toranjskim dizalicama se događaju zbog djelovanja vjetra. Vjetar proizvodi velike sile, koje na dizalicu djeluju momentom prevrtanja, što predstavlja velike opasnosti za radnike kao i sve sudionike u procesu

gradnje. Upravo zbog toga radnici trebaju s oprežnošću i stručnošću obavljati rad, a potrebno je i strogo pridržavanje pravilima. [4]

Kako bi se mogle primijeniti odgovarajuće sigurnosne mjere za djelovanja vjetra, potrebno je znati geografske zone brzine vjetra za mjesto na kojem je potrebno instalirati toranjску dizalicu. [4]

Sa stajališta sigurnosti uređaji za mjerenje jačine vjetra su vrlo važni. Dizaličari, pomoću takvog uređaja, mogu točno odrediti jačinu vjetra i tako prije pojave jačeg vjetra imaju mogućnost reagirati na adekvatan način. Za dizalice na kojima nisu ugrađeni uređaji za mjerenje jačine vjetra, jačinu se približno može odrediti djelovanjima na okolinu kako je prikazano u tablici 2. [5]

Tablica 2. Zone vjetra po boforu [5]

| Oznaka vjetra po boforu | Vjetar | Raspoznavanje vjetra promatranjem okoline | Brzina vjetra [km/h] | Tlak vjetra [Pa] |
|--------------------------------|---------------------|---|-----------------------------|-------------------------|
| 0 | zatišje | neprimjetno | do 1 | 0,0-0,2 |
| 1 | lahor | dim se diže skroz okomito | 2-6 | 0,3-2 |
| 2 | povjetarac | jedva primjetno se osjeća | 7-12 | 3-7 |
| 3 | vjetrić | pokreće vrhove i lišća drveća | 13-18 | 8-17 |
| 4 | umjereni vjetrić | naginje vrhove ali ne pokreće grane drveća | 19-26 | 18-34 |
| 5 | svjež vjetar | slabo pokreće grane drveća | 27-35 | 35-60 |
| 6 | umjereno jak vjetar | osjetno pokreće veće grane drveća, na čistim predmetima čuje se fijuk | 36-44 | 61-95 |
| 7 | jak vjetar | ljulja slabija stabla | 45-54 | 96-143 |
| 8 | vrlo jak vjetar | ljulja veća stabla, otežava hod | 55-65 | 144-205 |
| 9 | olujni vjetar | baca crijepove i sl. | 66-77 | 206-286 |
| 10 | jaka oluja | čupa stabla | 78-90 | 287-390 |
| 11 | teška oluja | izaziva jaka razaranja | 91-104 | 391-520 |
| 12 | orkan | pravi pustoš | preko 104 | preko 520 |

Proizvođač dizalice svakako treba propisati do koje brzine i tlaka vjetra je rad s pojedinom vrstom dizalice dopušten. Rad s dizalicom treba prekinuti i pri manjim brzinama vjetra ako se prenosi teret čija je težina na granici nosivosti dizalice ili ako se radi o predmetima većih površina. Uvijek je i prije dostizanja graničnih vrijednosti jačine vjetra važno poduzeti mjere sigurnosti prema uputama proizvođača dizalice. Te se mjere prvenstveno odnose na sidrenje dizalice. Hrvatska se prema jačini vjetra dijeli na tri zone, tako je prema zoni potrebno poduzeti odgovarajuće mjere karakteristične za promatranu zonu. [5]

Kada je dizalica izložena vjetru potrebno je:

- spustiti grabilicu ili kuku u gornji krajnji položaj;
- osloboditi okretno postolje dizalice kako bi vjetar slobodno mogao okretati strijelu;
- usidriti dizalicu prema preporukama proizvođača;
- postaviti u najviši položaj nagibnu nosivu strijelu dizalice [5].

Mehanizam za dizanje tereta

Kod ovog mehanizma postoji mogućnost promjene brzine dizanja, odnosno spuštanja tereta. Mehanizam ima 9 različitih brzina što pruža široki raspon reguliranja i odabira najpovoljnijeg režima rada. Pogonski elektromotor ima 3 brzine i kočnicu na vrtložne struje što daje mogućnost reduciranja brzine. Motorna kočnica na vrtložne struje osobito je važna pri početku dizanja ili spuštanja tereta kada teret moramo lagano podići i spustiti. Brzina se može mijenjati samo ako mehanizam miruje. Bubanj za namatanje i odmotavanje je izveden sa zavojnicom te se tako uže ravnomjerno namata na bubanj. [4]

Mehanizam za podizanje i spuštanje tereta kod svih toranjskih dizalica mora biti opremljen automatskim sustavom kočenja. Taj sustav osigurava sigurno zadržavanje tereta na bilo kojoj visini u slučaju prekida aktiviranja naredbi za podizanje ili spuštanje tereta, kao i u slučaju prestanka dovoda električne struje. [5]

Mehanizam za okretanje

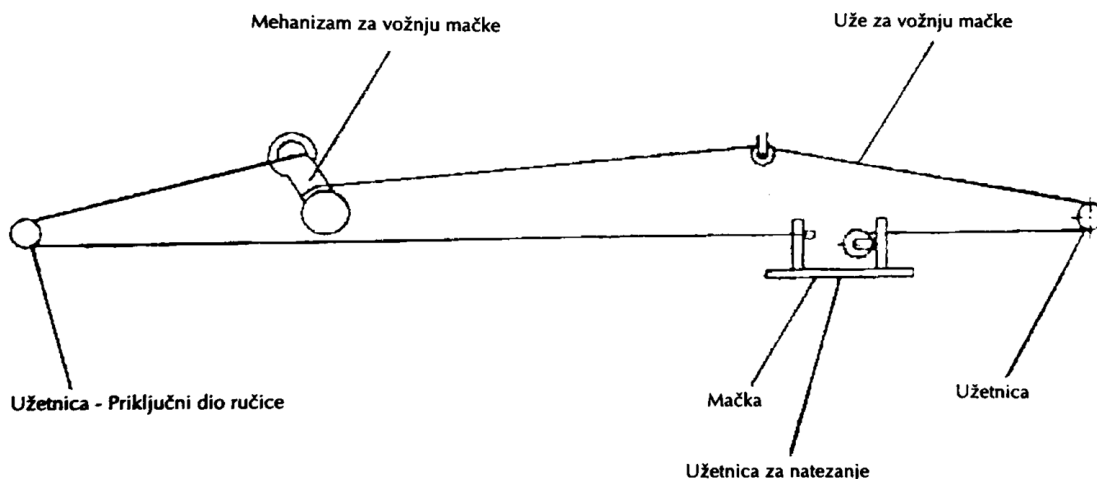
Ovaj mehanizam čine sljedeći sklopovi i elementi:

- pogonski elektromotor;
- prijenosni reduktor;
- izlazni zupčanik reduktora;
- zupčasti vijenac [4].

Mehanizam za okretanje se nalazi na stupu gdje je učvršćen. Mehanizam je okomite izvedbe, a prijenosni reduktor je kombinacija zupčastog i pužnog prijenosnika. Pogonski je motor trofazni. Kod prekida rada dizalice, mehanizam za okretanje se automatski otkoči, a strijela dizalice se slobodno okreće. [4]

Mehanizam za vožnju mačke

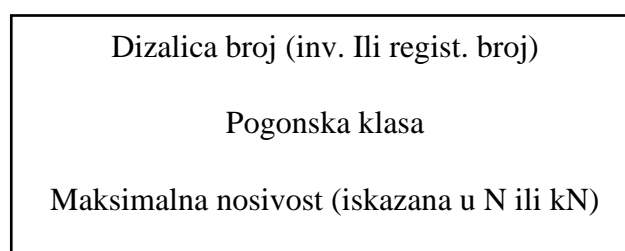
Mehanizam je sačinjen od elektromotora s pregrađenom elektromagnetskom kočnicom, zupčastog reduktora i bubnja za namatanje čelične užadi za vožnju mačke. Jedni krajevi užadi su učvršćeni na mačku, dok s druge strane imamo reduktor koji pokreće bubanj za namatanje, odnosno odmatanje dva užeta za vožnju mačke. Po konstrukciji strijele uža vode koloturnici. Na priključnom se i završnom dijelu strijele nalaze isključivači za vožnju mačke po strijeli. Uže kao i mehanizam za vožnju mačke su prikazani na slici 15. [4]



Slika 15. Provođenje užeta za vožnju mačke [4]

Natpisi i upozorenja

Na toranjskoj je dizalici potrebno postaviti ploču s natpisom kako je prikazano na slici 16.



Slika 16. Natpis s karakteristikama dizalice [4]

Sljedeća upozorenja moraju biti naznačena i vidljiva na samom prilazu toranjskoj dizalici:

- „Nezaposlenim osobama strogo zabranjen prilaz dizalici“;
- „Pozor, zabranjeno zadržavanje ispod visećeg tereta“;
- pasice od čeličnog užeta moraju imati oznaku o maksimalnoj nosivosti;
- kuka nosivosti iznad 1 tone mora imati oznaku proizvođača i naznačenu maksimalnu nosivost;
- zahvatači tereta u obliku posuda moraju imati oznaku o obujmu [4].

Sredstva za prijenos tereta

Užad

Užad rabimo kao nosivi element prenosila i dizalice. Ono se sastoji od žica koje moraju imati čvrstoću 1,570 ili 1,770 N/mm². Svako uže koje se upotrebljava kao nosivi element dizalice mora imati atest, a potrebno ga je i periodično pregledavati. Čelična užad se upotrebljavaju na dizalicama kojima se nosi, pridržava, zateže, vezuje i osigurava podizani teret. [4]

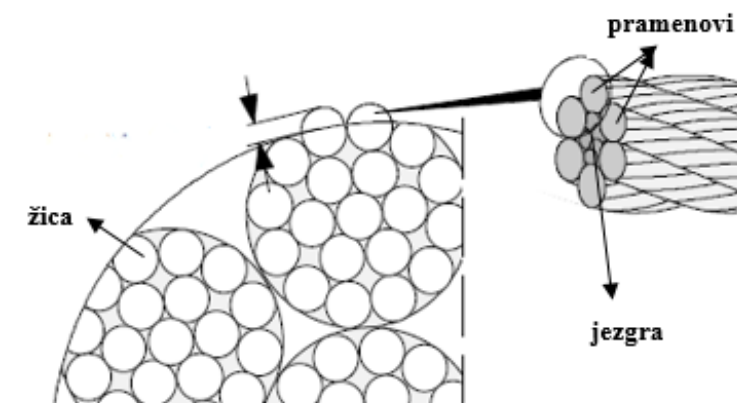
Svako uže koje je uporabljivo za dizanje tereta ima svoju sigurnost koja se određuje prema pogonskoj klasi dizalice kako se navodi u NORMI M. D1.020. [4]

Tablica 3 u nastavku, donosi pregled izbora sigurnosti užeta prema pogonskoj klasi dizalice. Kroz spomenutu tablicu je vidljivo da svako uže ovisno o sigurnosti ima točno određenu maksimalnu nosivost. Vremenom i uporabom koeficijent sigurnosti se smanjuje pa se trebaju definirati i granična oštećenja užeta. Granična se oštećenja kontroliraju pregledom užeta, a istrošenost je najčešće definirana brojem prekinutih žica užeta. Pregled užeta je svakako potrebno redovno provoditi. Tako je za užad vrlo teške dizalice (u tablici pogonske klase D4) potrebno pregledati najmanje svakih 15 dana, dok je užad teške dizalice (u tablici D3) dovoljno pregledati jednom u 30 dana. [4]

Tablica 3. Izbor sigurnosti užeta u ovisnosti o pogonskoj klasi dizalice [4]

| Oznaka pogonske klase | Broj radnih ciklusa po satu | Teoretski radno vrijeme | Sigurnost |
|------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------|
| Laka dizalica D1 | do 16 | do 0,5 | 4,5 |
| Srednja dizalica D2 | 16-32 | 0,5-1 | 5 |
| Teška dizalica D3 | 32-63 | 1-2 | 6,3 |
| Vrlo teška dizalica D4 | preko 63 | preko 2 | 7,1 |

Čelično uže se sastoji od jezgre, žica i pramenova. Prikaz presjeka čeličnog užeta je vidljiv na slici 17. [4]



Slika 17. Presjek čeličnog užeta [7]

Sama se jezgra užeta izrađuje od čeličnog ili kudeljnog pramena. Pramen se formira od više žica koje su međusobno isprepletene. Upravo prema načinu prepletanja žica u pramenove, odnosno pramenova u užad, užad možemo podijeliti na unakrsno, istosmjerno i naizmjenično pletenu. [4]

Unakrsno isprepletено uže, vidljivo na slici 18, ima:

- manje odvijanje, samim tim i manje izduženje užeta pri opterećenjima;
- veću krutost;
- manju savitljivost;
- grublju površinu užeta.

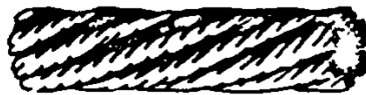
Iz tih se razloga ovo uže po površini brže troši posebno na zonama koloturnika ili u dodiru sa površinom tereta. [4]



Slika 18. Unakrsno upleteno uže [4]

Istosmjerno upleteno uže (slika 19) ima sljedeće karakteristike:

- glatka površina u odnosu na unakrsno pleteno uže;
- veća elastičnost u odnosu na unakrsno pleteno uže;
- lakše se odvijaje.



Slika 19. Istosmjerno upleteno uže [4]

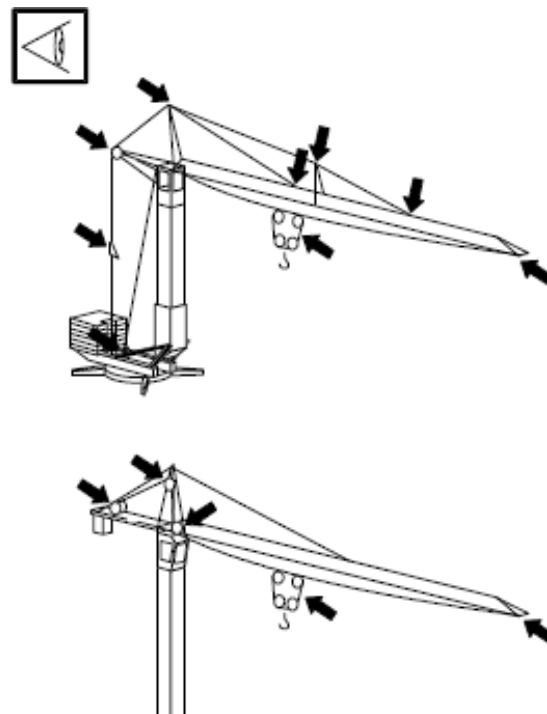
Naizmjenično upleteno uže, prikazano na slici 20, primjenjujemo kada se zahtijeva minimalna deformacija užeta s tim da treba uzeti u obzir da je ovo uže bitno kruće strukture i grublje površine u usporedbi s gore navedenima. [4]



Slika 20. Naizmjenično upleteno uže [4]

Kod nosivih sredstava dizalice razlikujemo pokretnu i nepokretnu čeličnu užad. Čelična užad koju rabimo kao nosiva sredstva zajamčeno moraju odgovarati važećim normama. Budući da je toranjska dizalica izložena atmosferilijama rokovi pregleda, podmazivanja i zamjene moraju biti posebno propisani, upravo zato što se korozija užadi javlja u pojačanoj mjeri. Tako uže

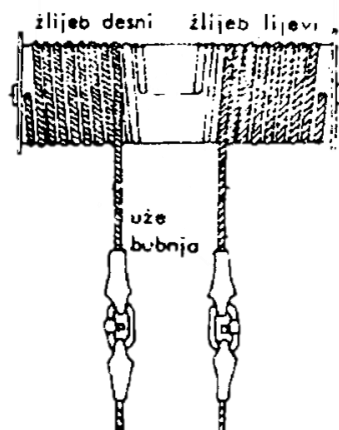
može korodirati i iz unutrašnjosti, što uzrokuje unutarnja puknuća žica užeta koja se ne mogu primijetiti samo vizualnim pregledima. Upravo zbog ovoga može doći do naglih lomova užadi, a da pri tom nije bilo naznaka puknuća. Vizualnu je provjeru potrebno posebno izvršiti na mjestima gdje se događaju trenja užadi jer se na tim mjestima događa najveće trošenje samim tim i najčešća oštećenja. Takva su mjesta prikazana na slici 21. Da bi se produjila trajnost užeta čak i 4 do 5 puta, potrebno je pravilno i kvalitetno podmazivanje. Pri tom se koriste maziva koja ne nagrízaju čelik, ali i ona maziva koja prodru ispod površine te podmažu i jezgru užeta. Jezgra natopljena mazivom štiti užu od korozije i podmažuje žice koje se pri radu taru. Važno je pridržavati se svih uputa i savjeta proizvođača užeta. [5]



Slika 21. Najčešća mjesta oštećenja čelične užadi [7]

Bubanj za namatanje užeta

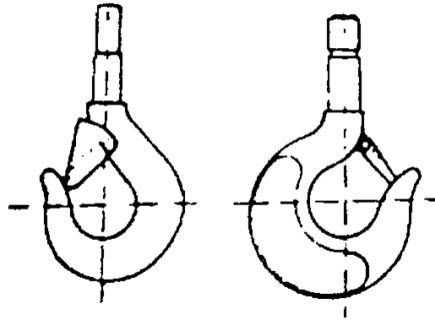
Element prenosila i dizalica koji služi za namotavanje i odmotavanje čeličnog užeta naziva se bubanj za namatanje užeta. Oni se izrađuju sa spiralnim žlijebom za vođenje užeta ili bez žlijebova. Žlijebovi na bubnju mogu biti lijevi, desni i oni koji imaju dva užeta moraju imati i lijevi i desni žlijeb čiji se prikaz na slici 22. Ako je bubanj izrađen bez žlijeba on mora imati uređaj za vođenje užeta u svrhu pravilnog namatanja. [5]



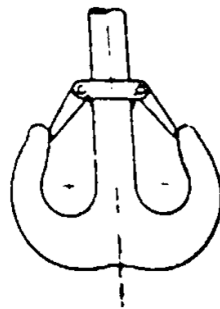
Slika 22. Bubanj s desnim i lijevim žlijebom [5]

Kuke

Kao alat koji se stalno koristi pri radu s toranjskom dizalicom, kuke moraju zadovoljavati uvjete normi u pogledu kvalitete, materijala, dimenzija i načina izvedbe. Budući da postoji opasnost otkačivanja i pada tereta s visine, kuke koje se koriste za dizalice moraju biti osigurane zatvaračem. Na mjestu trenja kuke i pomoćnih nosivih sredstava, kuka se vremenom troši čime se smanjuje njen presjek. Zbog toga postoji opasnost da se ona deformira, točnije da se otvor kuke toliko potroši i da s nje sklizne pomoćno nosivo sredstvo. Kako se ovo ne bi događalo na kuku se utisnu oznake od kojih se povremeno mjeri koliko se kuka potrošila kako bi se na vrijeme uočile njene deformacije. Prikaz jednostrane i dvostrane kuke je vidljiv na slikama 23 i 24. [5]



Slika 23. Jednostrana kuka [5]



Slika 24. Dvostrana kuka [5]

Kuke dijelimo:

- prema konstrukciji na jednostrane i dvostrane kuke;
- prema načinu izrade na kovane i lamelne (kuke izrađene od lima). [4]

Sve se kuke ispituju prije uporabe od strane proizvođača. Takva provjera kontrolira deformacije, kvalitetu, iskorištenosti, korozije materijala i iskorištenosti navoja. Nakon toga se ispitivanja vrše tijekom rada te periodično. Periodični se pregledi provode ovisno o klasi dizalice. Potrebno je da svaka pojedina kuka ima svoj atest u kojem se nalaze rezultati njenog ispitivanja.

Posude i vjedrice (kible)

Upotrebljavaju se za prijenos rasutog tereta najčešće za prijenos svježeg betona. Trebaju biti izvedene tako da se spriječi mogućnost ispadanja materijala koji se prenosi. Na svakoj napravi mora biti označena zapremina i težina same posude. [5]

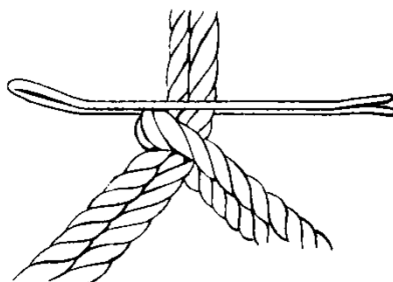
Pomoćna nosiva sredstva

Pomoćna nosiva sredstva služe za vezanje, vješanje te uravnoteženje tereta kojeg dizalica premješta. U nastavku su navedeni neki od najčešće korišteni pomoćni nosivih sredstava u radu s toranjskom dizalicom.

1. Konopi

Prednosti užadi, odnosno konopa, svakako jesu gipkost, lako rukovanje, to što ne oštećuju teret, ne izazivaju posjekotine, te se užad promjera manjeg od 70 mm mogu lako vezivati u čvorove. [5]

Užad se koristi za vješanje tereta manje težine od 500 kg. Potrebno je obratiti pažnju na to da teret bude odgovarajuće vezan i omotan konopcem kako se teret, u tijeku podizanja i prenošenja, ne bi otkao ili iskliznuo iz konopa. Da bi se nakon rasterećenja spriječilo ispadanje konopa omotanog oko tereta koriste se žičane vilice prikazane na slici 25. [5]



Slika 25. Žičana vilica za konop [5]

Po materijalu od kojih su sačinjeni, razlikujemo dvije vrste konopa koji se rabe za vezivanje, vješanje te uravnoteženje tereta toranjske dizalice. Prvu vrstu čine konopi biljnih vlakana koji su izrazito osjetljivi na vlagu te su podložni truljenju. Svakako treba obratiti pažnju na to da konopljina užad gubi i do 30% vlastite čvrstoće ako je nakvašena. Nakon dvogodišnjeg korištenja biljni konopi se odbacuju, i iako su naizgled neoštećeni nisu za daljnju uporabu jer vremenom gube na čvrstoći. Krajevi biljnih konopa koji se koriste za vješanje tereta svakako trebaju biti osigurani od rasplitanja. Drugu vrstu predstavljaju sintetički konopi čija je čvrstoća u usporedbi s biljnim konopima trostruko veća. [5]

2. Čelična užad i lanci

Užad ima prednosti u odnosu na druge prijenosne elemente, poput lanaca. To uključuje miran rad i veću brzinu podizanja, manju težinu u usporedbi s lancem te veću sigurnost od puknuća. Otkrivanje oštećenja žica užeta omogućuje pravovremeno prepoznavanje moguće opasnosti od puknuća, pružajući dodatnu sigurnost. [4]

Ako na čeličnom užetu ili lancu, koji će se koristiti za vezanje ili vješanje tereta, imaju i najmanje naznake oštećenja ili pukotina on se ne smije upotrebljavati. [5]

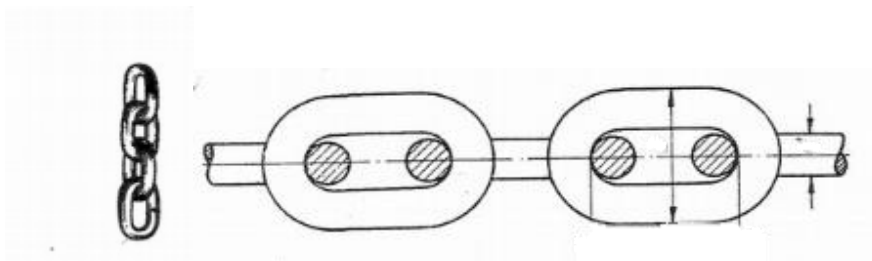
Za slučaj kada se teret veže čeličnim užadima, užadi treba spojiti odgovarajućim stezačima. Također, kod vezanja tereta treba pripaziti na to da se ne događaju križanja užadi jer se u tom slučaju užadi mogu oštetiti. [5]

Lance se upotrebljava samo za lančane dizalice na ručni ili motorni pogon. [4]

Možemo ih podijeliti na:

a) lance s člancima (slika 26):

- kalibrirani (češće se primjenjuju za razliku od nekalibriranih);
- nekalibrirani (koriste se samo za izradu elemenata za ovjes tereta). [4]



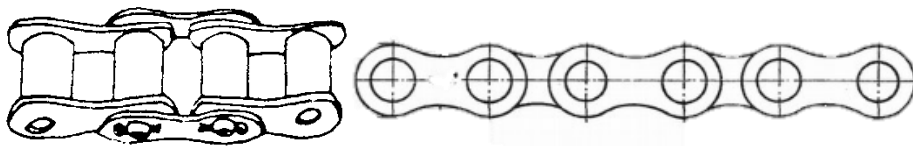
Slika 26. Lanac s člancima [10]

b) zglobni (Gallovi) lanci (slika 27)

Zglobni su lanci teži i skuplji od člankastih, ali im je veća točnost izrade i sigurnost. Njihova primjena se uviđa kod ručnih dizalica za velike terete od 5 do 30 tona i više.

Primjena lanaca je ograničena zbog niza nedostataka koje imaju. Neki od tih nedostataka jesu:

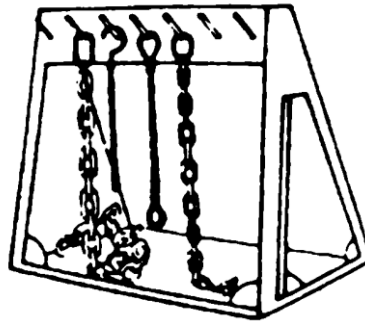
- za lance s člancima:
 - opasnost od iznenadnog prekida prilikom zamora materijala;
 - osjetljivi su na udar i hladnoću (korisno opterećenje lanaca pri udaru i niskoj temperaturi smije iznositi samo pola dopuštenog opterećenja lanca u normalnim uvjetima);
 - imaju veliku težinu po dužinskom metru;
 - možemo ih upotrebljavati samo za manje brzine kretanja (0,5 do 2 m/s).
- za lance sa zglobovima:
 - ne podnose vlagu niti prašinu;
 - velika osjetljivost na bočne udare;
 - ne mogu se uvijati;
 - zahtijevaju komplicirano održavanje;
 - za vrijeme rada mora biti osigurana potpuna zategnutost lanca.



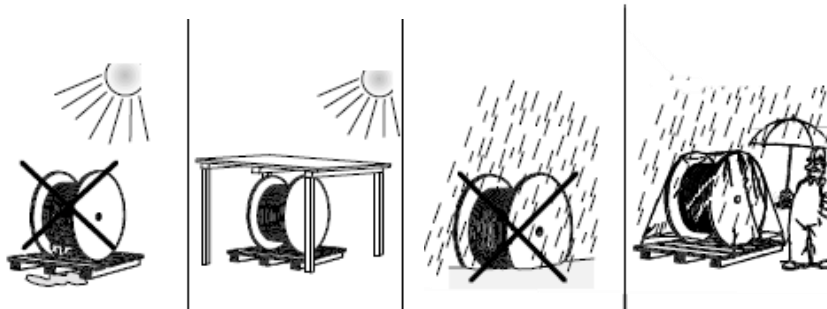
Slika 27. Zglobni (Gallov) lanac: pogled [5], tlocrt [10]

Svakako je potrebno na pravilan način skladištiti užad, lance i pasice. Oni moraju biti podmazani i ovješeni ili namotani na bubanj, a treba obratiti pozornost i na to gdje ih odlažemo. Bubanj za namatanje užeta ili lanca nikako ne treba odlagati na mjestu gdje je izravno izložen utjecaju sunca ili kiše, jer može doći do topljenja, odnosno korodiranja materijala. Također ga ne treba biti smješteno na tlu, bez palete. Pravilno skladištenje je prikazano na slikama 28 i 29.

[4]



Slika 28. Vješalica za užad, lance i pasice [4]



Slika 29. Smjernice za odlaganje bubnja za namatanje užadi i lanaca [7]

3. Zahvatne naprave

Zahvatne naprave ili zahvatači tereta jesu elementi prenosila i dizalice kojima se prihvaća i prenosi teret. Za razliku od drugih pomoćnih nosivih sredstva rad sa zahvatnim napravama je brži, sigurniji i jednostavniji. Razlikujemo nekoliko vrsta zahvatnih naprava od kojih su neke: zahvatna kliješta i jarmovi (koje koristimo za veće terete), stezači (prikladni za prihvat profila i limova), posude i košare (za rasuti i komadni teret), a nerijetko se koriste i pasice. Na svakoj napravi mora biti označena maksimalna dopuštena nosivost, za jarmove je potrebno znati i težinu, a kod posuda ili košara i zapreminu. Naravno da se uvijek treba pripaziti da suma težine tereta i zahvatne naprave ne smije prelaziti dopuštenu nosivost same dizalice. Prije svakog transliranja tereta potrebno je provjeriti je li teret dobro vezan, zavješten i uravnotežen što se postiže neznatnim podizanjem tereta od površine tla. [5]

2.4. Radnici potrebni za rad toranjske dizalice

Dizaličar

Radnik koji je u prvoj mjeri najodgovornija osoba za rad i održavanje toranjske dizalice je dizaličar. Budući da on svakodnevno promatra rad dizalice, kontrolira ispravnost mehaničkih i električnih dijelova on je prva osoba kojoj je omogućeno uvidjeti neispravnost na dizalici pa mu je zbog toga dizalica i povjerena. Dizaličar posebnu pažnju treba posvetiti podmazivanju dijelova mehanizma. Posebna maziva koja se koriste za podmazivanje određenih mehanizama propisuje proizvođač i dizaličar je dužan pridržavati se baš tih uputa. Dizaličar je dužan svakodnevno vršiti preglede dizalice prije početka rada i u pauzama tijekom rada. [1]

Pri radu toranjske dizalice su potrebna barem dva radnika, odnosno radnik rukovatelj dizalicom te pomoćni radnik koji će vezati teret takozvani vezač tereta. Oni svakako trebaju biti osposobljeni za rad koji obavljaju i moraju poznavati sve opasnosti i mjere zaštite. [5]

Dužnosti dizaličara možemo promotriti u tri faze, u odnosu na rad s dizalicom:

1. Prije početka rada toranjskom dizalicom:
 - ako se ne osjeća nesigurnim da rukuje dizalicom, potrebno je da odmah obavijestiti svog rukovoditelja;
 - ako je drugi dizaličar radio na stroju prije njega treba zatražiti od njega informaciju o eventualnim nedostacima dizalice;
 - uvjeriti se postoje li na osnovnim elementima nedostaci te provjeriti rad pojedinih mehanizama dizalice prije početka obavljanja rada.
2. Za vrijeme rukovanja dizalicom:
 - imati podatke o veličini, obliku i težini tereta;
 - rukovanje dizalicom obavljati s pažnjom;
 - u slučaju pojave vjetra postupiti na odgovarajući način;
 - kada primijeti kakvu opasnost ili neispravnost prestati s radom;
 - obavijestiti rukovoditelja o bilo kojoj neispravnosti;
 - držati se uputa proizvođača dizalice.

3. Nakon završetka rada:

- rasterećenu kuku ostaviti u najvišem položaju;
- dovesti dizalicu na predviđeno mjesto za sidrenje;
- isključiti sve komande;
- poduzeti sve mjere sigurnosti u slučaju pojave vjetra. [5]

Za vrijeme rukovanja s dizalicom dizaličar je dužan surađivati i komunicirati kako sa signalistom tako i s dizaličarom na susjednoj dizalici, radnicima koji vrše popravak dizalice te s drugim radnicima ako se za to javi potreba. Sporazumijevanje se najčešće vrši znakovima rukom, a u posebnim slučajevima radiouređajima, svjetlosnim signalima i slično. [5]

Vezač tereta

Radnika osposobljenog za poslove vezanja, pričvršćivanja i uravnoteženja tereta nazivamo vezač tereta. Zadatak vezača tereta obuhvaća vezivanje, vješanje te stabiliziranje tereta na siguran način. Osim toga on treba procijeniti može li teret proći kroz određene manje prostore kako ne bi došlo do zapinjanja ili zaglavljivanja. [5]

Signalist

Dizaličar prilikom rada na građevinskim toranjskim dizalicama često nije u mogućnosti da s mjesta upravljanja u potpunosti prati prijenos i prijevoz tereta, iz toga razloga je potreban još jedan radnik koji vodi računa o ispravnosti i sigurnosti rada. Vezač tereta, ako je za to osposobljen, dizaličaru rukom daje znakove za manevriranje dizalice i za manipulaciju samim teretom, zbog toga ovaj radnik može obavljati i posao signalista. Radnik koji obavlja posao signalista mora ispunjavati nužne uvjete, odnosno, mora biti punoljetan, zdravstveno sposoban što se odnosi na psihičke karakteristike (koncentracija, pozornost, odgovornost ...) te na vid i sluh radnika te mora biti osposobljen za obavljanje rada kojeg obavlja. Da bi suradnja između dizaličara i signalista bila uspješna neophodno je da obojica poznaju međusobne dužnosti. [4]

Osim signaliziranja, posao signalista je i taj da sudjeluje u dnevnom pregledu dizalice, održava prugu ispravnom i čistom, pregledava ploču upozorenja te opominje zaposlene radnike na opasnost od dizalice i tereta. Neophodno je da signalist u slučaju opasnosti zna gdje je glavni klizni vod kako bi pri izvanrednoj situaciji u svakom trenutku mogao isključiti dizalicu od napajanje električnom energijom. Nakon završetka rada signalist je dužan sav pomoćni pribor za dizanje tereta skupiti, očistiti i odložiti u skladište. [4]

Pri signaliziranju razlikujemo nekoliko načina. Najčešći jesu znakovi rukama, postoje i znakovi pištaljkom odnosno zvučni signali ako dizaličar ne vidi signalista (rad u jamama i tamnim prostorima), znakovi svjetiljkom i drugi. [4]

Pri radu, signalist i vezač tereta mora donijeti procjenu težine tereta. To se najčešće radi iskustvenom procjenom, tako što je na procijenjenu vrijednost doda još 20 do 30% težine radi sigurnosti. U nekim slučajevima je težinu moguće odrediti i prema tovarnim listovima. Najjednostavnije i najtočnije se težina tereta odredi dinamometrom. [4]

Ako na vezivanju tereta radi veći broj radnika, kako bi se izbjegli nesporazumi, znakove dizaličaru daje samo signalist ili vezač tereta koji na kacigi ima bijelu oznaku, odnosno bijelu traku oko strijele. Nakon završetka rada on je dužan očistiti i podmazati nosiva sredstva te se pobrinuti za njihovo pravilno uskladištenje. [4]

3. Odabir kapaciteta toranjske dizalice i proračun učinka

3.1. Odabir kapaciteta toranjske dizalice

Odabir toranjske dizalice vrši se na osnovu njene visine, mogućnosti dohvata, nosivosti i volumena. Masa tereta koju dizalica može prenositi ovisi o nosivosti dizalice i o položaju tereta u odnosu na toranj dizalice. Nosivost se umanjuje faktorom sigurnosti i masom opreme potrebne za prihvat tereta. Nosivost dizalice je moguće proračunati pomoću momenta nosivosti koji je jednak po cijeloj duljini strijele. [8]

$$Q_{ciklus} = \frac{N}{f_{sigurnost\ dizalice}} - P = \frac{M_{nosivosti\ dizalice}}{l \cdot f_{sigurnost\ dizalice}} - P \quad (1)$$

$$M_{nosivosti\ dizalice} = N \cdot l = N_{min} \cdot l_{max} = N_{max} \cdot l_{min} \quad (2)$$

U formulama (1) i (2) oznake predstavljaju:

- Q_{ciklus} je masa korisnog tereta koju dizalica može prenositi na nekom dohvatu;
- N je nosivost dizalice na nekom dijelu njezine strijele;
- $f_{sigurnost\ dizalice}$ je faktor sigurnosti;

- P je masa opreme za prihvat tereta;
- $M_{nosivosti\ dizalice}$ je nepromjenjivi moment nosivosti dizalice;
- l je duljina dohvata strijele dizalice;
- N_{min} je najmanja nosivost toranjske dizalice, na samom kraju strijele, odnosno na najudaljenijoj točki dohvata strijele s obzirom na toranj dizalice, definirana je specifikacijom stroja;
- l_{max} je najveća duljina dohvata strijele toranjske dizalice, definirana je specifikacijom stroja
- N_{max} predstavlja najveću nosivost uz sami toranj dizalice, definirana je specifikacijom stroja;
- l_{min} je najmanja duljina dohvata strijele, definirana je specifikacijom stroja. [8]

Faktorom sigurnosti se umanjuje ukupna nosivost dizalice koja je dana specifikacijom stroja.

Faktor sigurnosti dizalice može iznositi:

$f = 1,0$ ako je dizalica sidrena, odnosno ako se ne kreće u radu s teretom

$f = 4$ ako se dizalica pri radu kreće tračnicama, odnosno ako se dizalica kreće kao cjelina. [3]

Masa korisnog tereta (Q_{ciklus}) koju dizalica prenosi mora biti veća od mase korisnog tereta na krajnjem dohvatu ($Q_{ciklus,min}$), a manja od mase korisnog tereta uz sami toranj ($Q_{ciklus,max}$).

$$Q_{ciklus,min} < Q_{ciklus} < Q_{ciklus,max} \quad (3)$$

$$Q_{ciklus,min} = \frac{N_{min}}{f_{sigurnost\ dizalice}} - P = \frac{M_{nosivosti\ dizalice}}{l_{max} \cdot f_{sigurnost\ dizalice}} - P \quad (4)$$

$$Q_{ciklus,max} = \frac{N_{max}}{f_{sigurnost\ dizalice}} - P = \frac{M_{nosivosti\ dizalice}}{l_{min} \cdot f_{sigurnost\ dizalice}} - P \quad (5)$$

Budući da se dizalica najčešće koristi bez ograničenja njenog najvećeg dohvata, njena najveća dopuštena masa iznosi:

$$Q_{ciklus} = Q_{ciklus,min} = \frac{N_{min}}{f_{sigurnost\ dizalice}} - P = \frac{M_{nosivosti\ dizalice}}{l_{max} \cdot f_{sigurnost\ dizalice}} - P \quad (6)$$

3.2. Proračun učinka

Svaki građevinski stroj ima zadaću obaviti određene građevinske radove pri čemu veliku ulogu igra vrijeme koje je potrebno za obavljanje određenog radnog zadatka. Potrebno je vrijeme u izravnoj vezi sa radnom mogućnosti stroja u jedinici vremena. Upravo tu mogućnost nazivamo učinkom stroja. Zaključno, temeljni podatak koji je potrebno poznavati pri odabiru građevinskog stroja je njegov učinak koji daje informaciju o stvarnoj vrijednosti stroja. [3]

Glavni čimbenici koji utječu na učinak jesu:

- Konstruktivna svojstva stroja: snaga motora, brzina pri radu...;
- Obilježje proizvodnje koje ovisi o obujmu radova, načinu rada, kvaliteti rada, svojstvima materijala, tvrdoći, vlažnosti i dr.;
- Radni uvjeti: veličina radnog prostora, radi li stroj samostalno ili u međudjelovanju sa drugim strojem kada je potrebno uskladiti rad dvaju ili više strojeva;
- Korištenje radnog vremena ovisno o: sposobnosti rukovoditelja, organizaciji rada, broju smjena. [3]

Satni se učinak stroja definira kao količina mogućeg učinka radnog dijela stroja u jednom ciklusu rada pomnožena sa brojem ciklusa obavljenim u radnom vremenu kako je i prikazano izrazom (7) u nastavku. [8]

$$U = n_{ciklus} \cdot Q_{ciklus} \text{ [jedinica proizvoda/h]} \quad (7)$$

pri čemu vrijedi:

- U – satni učinak stroja;
- n_{ciklus} – broj ciklusa rada stroja u nekom vremenu [jedan sat];
- Q_{ciklus} – količina učinka po jednom ciklusu rada stroja.

Količina učinka Q_{ciklus} ovisi o stanju materijala koji se prenosi, odnosno je li materijal u rastresitom ili u sraslom stanju. Osim toga, on ovisi i o koeficijentu punjenja. Koeficijent punjenja (punjenje) određuje koliko će se napuniti konstruktivni obujam stroja. On u suštini ovisi o vrsti iskopa i o tom prometuje li stroj javnim prometnicama. [8]

Razlikujemo teorijski (U_t), planski (U_p) i stvarni (U_s) učinak stroja. Teorijski učinak je učinak koji stroj ostvaruje u idealnim uvjetima rada. Vrijedi da je formula za izračun teorijskog učinka identična formuli satnog učinka stroja. [8]

$$U_t \equiv U = n_{ciklus} \cdot Q_{ciklus} \quad (8)$$

Budući da uvjeti na gradilištu nisu idealni teorijski je učinak potrebno umanjiti tako što ga pomnožimo koeficijentom ispravka.

$$U_{praktični} = k_{ispravak} \cdot U_{teorijski} \text{ [jedinica proizvoda/h]} \quad (9)$$

Koeficijent ispravka čini umnožak općeg ($k_{opći}$) i posebnog koeficijenta ($k_{posebni}$).

$$k_{ispravak} = k_{opći} \cdot k_{posebni} \quad (10)$$

Opći koeficijent zavisi o organizaciji i upravljanju radova na gradilištu, iskorištenost radnog vremena i dotrajalost stroja. On ovisi o trima koeficijentima pa vrijedi:

$$k_{opći} = k_{organizacija} \cdot k_{radno\ vrijeme} \cdot k_{dotrajalost\ stroja} \quad (11)$$

U nastavu su prikazane vrijednosti spomenutih koeficijenata kroz tablice ovisno o uvjetima o kojima koeficijenti ovise.

Koeficijent organizacije ($k_{organizacija}$) ovisi o održavanju stroja i o uvjetima strojnog rada što je prikazano u tablici 4.

Tablica 4. Vrijednosti koeficijenta organizacije strojnog rada u ovisnosti o uvjetima strojnog rada i održavanju stroja [8]

| Uvjeti strojnog rada | Održavanje stroja | | | | |
|----------------------|-------------------|-------|------------|------|-------------------|
| | Izvršno | Dobro | Uobičajeno | Loše | Nezadovoljavajuće |
| Jako dobri | 0,84 | 0,81 | 0,76 | 0,70 | 0,63 |
| Dobri | 0,78 | 0,75 | 0,71 | 0,65 | 0,60 |
| Uobičajeni | 0,72 | 0,69 | 0,65 | 0,60 | 0,54 |
| Loši | 0,63 | 0,61 | 0,57 | 0,52 | 0,45 |
| Nezadovoljavajući | 0,52 | 0,50 | 0,47 | 0,42 | 0,32 |

Koeficijent radnog vremena ($k_{radno\ vrijeme}$) se određuje prema tablici 5 koja je u nastavku.

Tablica 5. Vrijednost koeficijenta radnog vremena [8]

| Korištenje radnog vremena | $k_{radno\ vrijeme}$ |
|---------------------------|---|
| Odlično | 0,92 – za efektivan rad od 55 minuta na sat |
| Dobro | 0,84 – za efektivan rad od 50 minuta na sat |
| Slabo | 0,75 – za efektivan rad od 45 minuta na sat |

Koeficijent dotrajalosti stroja ($k_{dotrajalost\ stroja}$) se određuje prema tablici 6 .

Tablica 6. Vrijednost koeficijenta dotrajalosti stroja [8]

| Stanje stroja | Eksploatacija [h] | $k_{dotrajalost\ stroja}$ |
|-----------------|-------------------|---------------------------|
| Novi stroj | < 2.000 | 1,00 |
| Očuvani stroj | 2.000 – 4.000 | 0,91 |
| Dotrajali stroj | > 4.000 | 0,80 |

Osobito za toranjske dizalice vrijedi sljedeće:

$$U_{praktični, dizalica} = k_{ispravak} \cdot U_{teorijski, dizalica} \quad (12)$$

$$k_{ispravak} = k_{opći} = k_{organizacija} \cdot k_{radno\ vrijeme} \quad (13)$$

Teorijski učinak dizalice ovisi o broju ciklusa koji odradi toranjska dizalica u nekom promatranom vremenskom periodu te o proračunskoj masi korisnog tereta na nekom dohvatu dizalice. Oznaka $Q_{ciklus, proračun}$ predstavlja proračunsku masu korisnog tereta koju dizalica translacija na nekom dohvat.

$$U_{teorijski, dizalica} = n_{ciklus} \cdot Q_{ciklus, proračun} \quad (14)$$

Broj radnih ciklusa dizalice je obrnuto proporcionalan trajanju jednog ciklusa toranjske dizalice (t_{ciklus}).

$$n_{ciklus} = \frac{1}{t_{ciklus}} \quad (15)$$

Trajanje jednog ciklusa toranjske dizalice ovisi o trajanju pojedinih radnji koje toranjska dizalica obavi u jednom ciklusu. Te radnje najčešće sadržavaju:

- zahvaćanje tereta / punjenje posude ($t_{zahvaćanje\ tereta\ ili\ punjenje\ posude}$);
- uspravno dizanje tereta ($t_{uspravno\ dizanje\ tereta}$);
- okretanje tereta ($t_{okretanje\ tereta}$);
- vodoravno kretanje tereta ($t_{vodoravno\ kretanje\ tereta}$);
- uspravno spuštanje tereta ($t_{uspravno\ spuštanje\ tereta}$);
- otpuštanje tereta / pražnjenje posude ($t_{otpuštanje\ tereta\ /\ pražnjenje\ posude}$);
- povratno uspravno dizanje opreme za prihvat tereta
($t_{povratno\ uspravno\ dizanje\ opreme\ za\ prihvat\ tereta}$);
- povratno okretanje strijele ili tornja ($t_{povratno\ okretanje\ grane\ ili\ tornja}$);
- vodoravno povratno kretanje opreme za prihvat tereta
($t_{vodoravno\ povratno\ kretanje\ opreme\ za\ prihvat\ tereta}$);
- spuštanje opreme za prihvat tereta ($t_{spuštanje\ opreme\ za\ prihvat\ tereta}$).

Pa vrijedi:

$$t_{ciklus} = t_{zahvaćanje\ tereta\ ili\ punjenje\ posude} + t_{uspravno\ dizanje\ tereta} + t_{okretanje\ tereta} + t_{vodoravno\ kretanje\ tereta} + t_{uspravno\ spuštanje\ tereta} + t_{otpuštanje\ tereta\ /\ pražnjenje\ posude} + t_{povratno\ uspravno\ dizanje\ opreme\ za\ prihvat\ tereta} + t_{povratno\ okretanje\ grane\ ili\ tornja} + (t_{vodoravno\ povratno\ kretanje\ opreme\ za\ prihvat\ tereta} + t_{spuštanje\ opreme\ za\ prihvat\ tereta})$$

Nekim radnjama unutar trajanja jednog ciklusa toranjske dizalice moguće je pretpostaviti trajanje kako je prikazano u tablicama 7 i 8. U tablici 8 je vidljivo da duljina trajanja pojedinih radnji prvenstveno ovisi o specifikacijama dizalice, brzini dizanja i spuštanja tereta, brzini kretanja mačke po duljini strijele dizalice, brzini okretanja strijele ili tornja te brzini kretanja dizalice po tračnicama. U tablici vrijedi da oznaka:

- v - predstavlja brzinu pojedinih pokreta;
- h - označava visinu dizanja;
- d – dohvat toranjske dizalice;
- N kraj dohvata – nosivost toranjske dizalice na kraju njezina dohvata.

Tablica 7. Brzine izvršavanja zahvaćanja i otpuštanja tereta za proračunu učinka toranjske dizalice [8]

| Opis trajanja radnje | Opis radnje | Trajanje [minuta] | Opis radnje | Trajanje [minuta] |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| $t_{zahvaćanje\ tereta\ ili\ punjenje\ posude}$ | zahvaćanje tereta | 0,65-2,0 | punjenje posude | 1,0-1,5 |
| $t_{otpuštanje\ tereta\ / \ pražnjenje\ posude}$ | otpuštanje tereta | 0,5-1,0 | pražnjenje posude | 0,8-1,5 |

Tablica 8. Brzine izvršavanja pojedinih postupaka pri proračunu učinka toranjske dizalice [8]

| Vrsta dizalice | Specifikacije | V dizanja i spuštanja tereta [m/min] | | | V kretanja mačke po strijeli s teretom ili bez njega [m/min] | V okretanja tornja/ strijele [o/min] | V kretanja dizalice po tračnicama [m/min] |
|---|---|--------------------------------------|--------------------|------------|--|--------------------------------------|---|
| | | sporo (puž) | srednje (kornjača) | brzo (zec) | | | |
| Manji i srednje veliki samomontirajući rešetkasti kranovi s vodoravnom strijelom na okretnom tornju | h dizanja= 12-36 m d= 14-50 m N kraj dohvata = 0,3-2 t | 2,2-8 | 11,2-30 | 22,5-60 | 7,5-60 | 0,12-1 | 8,5-50 |
| Veći i veliki kranovi s vodoravnom okretnom strijelom | h dizanja= 32-136 m d= 41-100 m N kraj dohvata = 1-20 t | 2,7-11 | 9,5-65 | 13,5-130 | 3,1-86 | 0,65-1,2 | 8,5-50 |
| Manji i srednji samostojeći rešetkasti kranovi | h dizanja= 32-55 m d= 45-100 m N kraj dohvata = 0,1-6 t | - | 20-65 | 40-130 | - | 0,7-0,8 | 15-32 |

4. Studija slučaja City Island: planiranje, kalkuliranje i rad toranjskih dizalica

4.1. Analiza glavnih koraka i aspekata organizacije građenja na primjeru gradilišta City Island

City Island Business Park je projekt izgradnje inovativnog poslovnog središta grada Zagreba. Projekt je započeo s izvođenjem 2020 godine, a završetak je planiran do kraja 2027. godine.

Izvođenje projekta je podijeljeno na četiri faze:

1. faza gradnje (od ljeta 2020. do ljeta 2022.);
2. faza gradnje (od ljeta 2021. do kraja 2023.);
3. faza gradnje(od ljeta 2022. do kraja 2024.);
4. faza gradnje (od jeseni 2025. do kraja 2027.).

Za studiji slučaja ovog rada će se analizirati podatci na gradilištu zabilježeni do svibnja 2023. godine, kada je projekt bio u trećoj fazi izgradnje.

Budući da je odabir toranjske dizalice, odnosno planiranje, kalkuliranje, kao i sama analiza rada dizalica, proces koji se odvija točno određenim slijedom, razmotrit će se sedam faza odnosno koraka kroz koje mora proći svaka toranjska dizalica. Koraci po kojima će se ići jesu:

- a) Planiranje;
- b) Kalkuliranje;
- c) Priprema podloge, dobavljanje, dostava i istovar stroja;
- d) Montaža i ispitivanje rada;
- e) Redovno i periodično ispitivanje dizalica;
- f) Međudjelovanje i suradnja dizalica;
- g) Demontaža i eventualna promjena lokacije dizalice ili otprema s gradilišta.

Budući da svaka faza ima svoje specifičnosti, razmotrit ćemo ih kroz aspekte ključne za svaku pojedinu. Tako ćemo ulogu toranjskih dizalica i njihov utjecaj istraživati kroz:

- 1) Aspekt troškova na gradilištu;
- 2) Aspekt organizacije gradilišta i unutarnjeg prometa na gradilištu;
- 3) Aspekt organizacije građenja i planiranja radne snage.

4.1.1. Planiranje i kalkuliranje

Opsežno planiranje se mora odvijati prije dolaska stroja na gradilište. Plan moraju izraditi stručne osobe. Kao dio procesa planiranja, potrebno je ustanoviti i izvršiti ispitivanje mjesta na kojem je potrebno postaviti toranjsku dizalicu, kako bi se vidjelo u kojoj je mjeri tlo pogodno za postavljanje iste. Ovaj proces zahtjeva posjet gradilištu. Trebaju se predvidjeti i ustanoviti svi parametri koji bi mogli donijeti negativan učinak na rad dizalice. Navedeni bi stavke uključivale provjeru nadzemnih električnih vodova, podzemne strukture i tok vodova, popločene površine, blizina vodenih tokova i blizina susjednih građevina. [7]

Iznimno je važno da se ovaj korak provede na kvalitetan način kako u daljnjim koracima ne bi došlo do neželjenih i katastrofalnih posljedica. Planiranje se sastoji od dva osnovna dijela:

- planiranje isporuke, postavljanja, montaže i demontaže dizalice;
- planiranje na koji će se način odvijati dizanje tereta i međudjelovanje i rad dizalice s drugim dizalicama.

Razmatrajući aspekt organizacije gradilišta i unutarnjeg prometa na gradilištu potrebno je voditi računa da utovarivač ili labudica na kojima će se dopremiti dijelovi toranjske dizalice može, kroz gradilište, doći do mjesta na kojem će se u daljnjem periodu ona montirati. Ako to nije moguće, treba je napraviti dodatni plan translacije dijelova do mjesta montaže.

Kroz proces planiranja trebaju se ustanoviti svi parametri koje toranjska dizalica mora zadovoljiti. Tako treba predvidjeti za koje će se ona radove koristiti i koliki će teret prenositi. Ovi podatci su neophodni za tijek sljedeće faze kada se odabire točan tip dizalice.

Kalkulacija je korak koji ovisi o popriličnom broju faktora. Za svako gradilište se radi o istim faktorima od koji svaki ima specifičan utjecaj u odabiru stroja. Neki od faktora koji donose utjecaj na odabir jesu:

- karakteristike koje dizalica mora imati: visina dohvata i nosivost;
- uvjeti na gradilištu u vidu mogućnosti dostave i postavljanja dizalice na određenu lokaciju;
- dostupnost dizalica na tržištu;
- cijena najma dizalice;
- geološkim karakteristikama tla na mjestu postavljanja.

Kalkuliranje predstavlja korak izbora dizalice. U njemu se podjednako očituju sva tri gore navedena aspekta.

Tako je s aspekta troškova na gradilištu potrebno pronaći najpovoljniju varijantu, koja će ispunjavati sve neophodne zahtjeve. Promatrajući cijeli vremenski tijek treba uzeti u obzir:

- Troškove najma: Dizalice se često iznajmljuju na temelju potrebnog vremenskog perioda (dnevno, tjedno, mjesečno). Cijena najma će ovisiti o vrsti dizalice i trajanju upotrebe.
- Troškove energenta i održavanja: U obzir se treba uzeti potrošnja goriva ili električne struje i potrebne servise dizalice tijekom cijelog projekta.
- Troškove osoblja: Za osoblje koje će izraditi temelje, montirati i demontirati dizalicu, za osoblje koje će upravljanje dizalicom za koju su potrebni stručni operatori. Treba uzeti u obzir troškove njihovih plaća i drugih doprinosa.
- Troškove osiguranja: Dizalica mora biti osigurana kako bi se nadoknadili potencijalni rizici.

Nakon što su troškovi kalkulirani, potrebno je planirati radnu snagu. Ovo uključuje određivanje broja operatera dizalice, pomoćnog osoblja (signalisti i vezači tereta), i drugih radnika koji će raditi u neposrednoj blizini dizalice. Također, treba osigurati da svi imaju potrebne certifikate i obuku za sigurno rukovanje dizalicom.

Aspekt organizacije gradilišta i unutarnjeg prometa nam nameće uvjete organizacije gradilišta pri dopremi stroja te organizacije prometa po gradilištu kada se dizalice montira na određenu lokaciju. Tako se pri dopremi ili otpremi dizalice s gradilišta mora voditi računa o pristupu stroja koji će dovesti dizalicu (utovarivač ili labudica) te stroja koji će ju montirati ili demontirati s gradilišta (najčešće se radi o autodizalici).

Važno je poznavati točno opterećenje koje će dizalica prenositi i radijus kako bi se osiguralo da dizalica ima dostatnu nosivost za obavljanje radova. Nužno je osigurati da dizalica zadovoljava sigurnosne standarde propisane prema HRN-u. Takvi standardi zahtijevaju da nazivne nosivosti različitih vrsta dizalica budu dovoljno visoke, s dodatnom rezervom nosivosti. To je važno bi se spriječila mogućnost gubitka stabilnosti i prevrtanje dizalice. Svakako treba pripaziti i da se ne odabere veći kapacitet dizalice od potrebnog jer bi trošak dizalice, a vremenom i trošak energije bio znatno veći. To bi se moralo dogoditi zbog većih

motora koje treba pokrenuti, većeg broja kontrola, većih mehanizama sa zupčanicima i slično. [5]

4.1.1.1. Razlika kalkuliranja u teoriji i praksi

U idealnim uvjetima toranjska dizalica sa odgovarajućim karakteristikama savršeno odgovara odabranoj lokaciji na gradilištu. U usporedbi s literaturom, u praksi postoji niz čimbenika koji su presudni pri odlučivanju. Tako uzimanjem u obzir stvarne uvjete tržišta, gdje postoji ograničen broj toranjskih dizalica nekih karakteristika, dizalice često ne ispunjavaju optimalne karakteristike koje stroj treba imati. Tu su svakako i financijska i lokacijska ograničenja te dinamični i nepredvidljivi uvjeti na gradilištu. Niz je drugih faktora koji utječu na odabir određene toranjske dizalice za gradilište, a kose se sa idealnim izborom dizalica koji se spominju u literaturi. Neki od njih su navedeni u nastavku.

1. Izvođačka tvrtka posjeduje vlastite toranjske dizalice

Faktor koji nadjačava sve ostale prilikom izbora dizalice je posjedovanje vlastitih toranjskih dizalica od strane izvođačke tvrtke. Upravo je to presudni faktor odabira i na projektu City Island. Izvođač tada koristi dizalice koje već ima na raspolaganju, a planiranjem ih nastojati rasporediti na optimalne lokacije ovisno o potrebama i zahtjevima na gradilištu.

Troškovna efikasnost - Ovaj je faktor važan jer vlastiti stroj eliminira troškove iznajmljivanja, što može značajno smanjiti ukupne troškove projekta. Tvrtka može izbjeći dodatne troškove koji dolaze s najmom, kao što su transport, skladištenje i osiguravanje stroja.

Dostupnost i vremenska fleksibilnost - Posjedovanje vlastitog stroja znači da je on uvijek dostupan za upotrebu, bez potrebe za čekanjem na slobodan termin kod najmodavca. Izvođač je tada u mogućnosti brže reagirati na promjene u rasporedu i potrebe na gradilištu.

Poznavanje opreme - Radnici i operateri često su bolje upoznati s opremom koja je u vlasništvu tvrtke, što može povećati efikasnost i sigurnost pri radu. Poznavanje specifičnih karakteristika i načina rada stroja može smanjiti rizik od grešaka i nesreća.

Održavanje i pouzdanost - Vlastiti stroj je često bolje održavan, jer tvrtka ima direktnu kontrolu nad održavanjem i servisiranjem. Ovo može rezultirati većom pouzdanošću i manjim rizikom od kvarova tijekom izvođenja radova.

2. Poznavanje dobavljača i iskustvo u radu sa strojem

Poznavanje dobavljača i prethodno iskustvo u radu s dizalicom ima slične prednosti kao i rad sa vlastitom toranjskom dizalicom. Operator je upoznat sa radom na stroju i zna kako rukovati njime bez dužeg vremena za uhodavanje.

Povjerenje i pouzdanost - Dugogodišnje pozitivno iskustvo s određenim dobavljačem stvara povjerenje u njegovu pouzdanost i kvalitetnu usluga. Izvođačka tvrtka može biti sigurna da će dobiti dizalicu koja je dobro održavana i u ispravnom stanju poučena prethodnim iskustvima suradnje sa dobavljačem.

Povoljniji financijski uvjeti - Stabilna i dugotrajna poslovna suradnja može donijeti povoljnije financijske uvjete, kao što su popusti, povoljnije kamatne stope na plaćanje na rate i slično.

Efikasna komunikacija - Sa dobro poznatim dobavljačem, komunikacija je često brža i efikasnija. Ovo može pomoći u bržem rješavanju problema, koordinaciji isporuka i drugih logističkih pitanja.

3. Karakteristike na tržištu dostupne toranjske dizalice

Doseg i nosivost potrebne toranjske dizalice moraju uključivati i razmatranje odabrane zone i lokacije smještaja. Krovovi zgrada često sadrže i dodatnu opremu kao što su strojarske i električne instalacije koje dizalica ne može doseći jer nisu razmatrani u početnoj analizi. Zahtjevi mogu uključivati i slučaj skučenosti i ograničenosti prostora za postavljanje dizalice, tako da se treba naći povoljno rješenje.

4. Ograničenost tržišta i troškovi

Literatura često pristupa izboru toranjske dizalice sa fokusom na idealne uvjete i optimalne scenarije. U ovom kontekstu, izbor se temelji na preciznim tehničkim specifikacijama, ekonomičnosti, i dostupnosti najmodernijih tehnologija. U stvarnim uvjetima, ograničenost tržišta može značiti da su određeni modeli dizalica rijetko dostupni ili da postoje dugi rokovi isporuke zbog visokog stupnja zauzetosti opreme. Lokalni dobavljači i njihova ponuda mogu značajno uticati na izbor dizalice, posebno na područjima sa manje razvijenim tržištem građevinske opreme. S druge strane, ukoliko se odlučimo za određenu toranjsku dizalicu dobavljača koji će stroj biti primoran transportirati na udaljeno mjesto, dolazimo do kompleksnosti pri dostavi zbog veličine stroja, kao i do visokih troškova transporta. Ponekad se boljim izborom pokaže uporaba na tržištu lako dostupne i povoljnije dizalice, iako ona

svojim karakteristikama manje odgovara traženim zahtjevima projekta, od one teže odstupne, a pogodnije za projekt.

Iako literatura pruža idealizirane modele i analize za odabir toranjske dizalice, stvarni uvjeti na gradilištu zahtijevaju fleksibilnost i prilagođavanje trenutnim potrebama i ograničenjima. Balans i pronalaženje optimalnog rješenja između teorijskih preporuka i praktičnih mogućnosti ključan je za uspješno upravljanje građevinskim projektima.

4.1.1.2. Normativni učinak

Kao važan korak za planiranje i kalkuliranje toranjskih dizalica za gradilište će se izračunati i usporediti normativni, teorijski i praktični učinak po uzoru na teoriju prikazanu u trećem poglavlju rada.

U proračunu je razmatrana najnovija toranjska dizalica na gradilištu City Island, naziva Potain MD 208 A. Učinci će se izračunati za betoniranje ploče uz pomoć kible i kрана kroz fazu projekta B2. Karakteristike koje kran ima u ovoj fazi jesu očitane sa nacрта faze B2 pri čemu vrijedi da je ograničenje dohvata ruke od 45 m, dok je visina jednaka 43,88 m. Izmjerena udaljenost između automješalice i mjesta ugradnje betona je 42,5 m.

Beton se transportira u kibli BOSCARO tipa BCE-R.


Za toranjsku dizalicu navedenih karakteristika ne postoji norma za transport stoga je uzeta norma za betonske radove i iz nje je iščitana norma vremena. Odabrana je norma GN 400-616 za strojno ugrađivanje gotovog betona u nearmirane i armirane konstrukcije presjeka većih od 0,3 m³ betona na m² konstrukcije koja vrijedi od kote ± 0,0 za vertikalni transport toranjskom dizalicom. Tu je očitani podatak da je norma vremena jednaka 0,15 h/m³. Pa vrijedi:

$$U_{\text{normativ}} = 1 / N_v = 1 / 0,15 = 6,67 \text{ m}^3 / \text{h} \quad (16)$$

Normativni učinak predstavlja standardni učinak dizalice prema normativima ili industrijskim standardima.

4.1.1.3. Praktični učinak

Kibla koja je korištena za analizu i izračun praktičnog učinka je BOSCARO tip BCE-R kapaciteta 1250 l, čije su karakteristike prikazane na slici 30.



| MODEL | CAPACITY (L) | DIMENSIONS (mm) | | | | CAP. (kg) | WEIGHT (kg) |
|----------|--------------|-----------------|------|------|------|-----------|-------------|
| | | A | B | C | D | | |
| BCE-80R | 800 | 2710 | 1360 | 1200 | 1615 | 2080 | 495 |
| BCE-99R | 1000 | 2807 | 1360 | 1200 | 1712 | 2600 | 550 |
| BCE-125R | 1250 | 2908 | 1360 | 1200 | 1885 | 3250 | 640 |
| BCE-150R | 1500 | 3048 | 1560 | 1300 | 1925 | 3900 | 690 |
| BCE-200R | 2000 | 3258 | 1560 | 1300 | 2135 | 5200 | 750 |
| BCE-250R | 2500 | 2008 | 1694 | 1700 | 1927 | 6500 | 880 |
| BCE-300R | 3000 | 2183 | 1694 | 1700 | 2102 | 7800 | 930 |

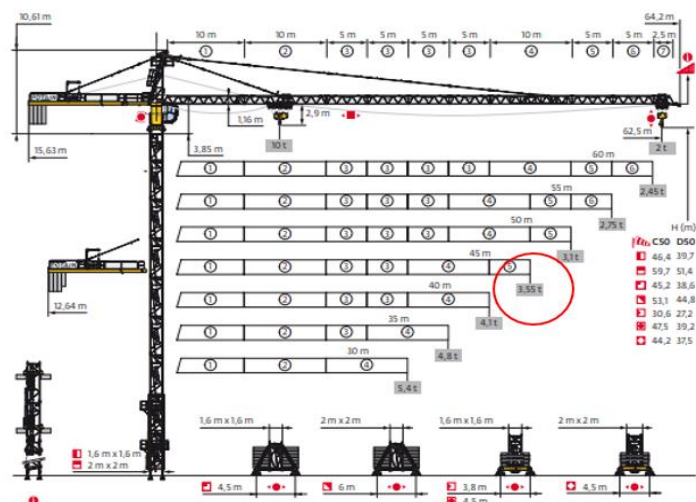
Slika 30 Tablica karakteristika kible

Vidljivo je da težina prazne odabrane kible iznosi 640 kg.

Težina pune kible, pri karakteristikama betona koji ima gustoću 2400 kg/m^3 , odnosno težinu po kibli $1,25 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 3000 \text{ kg}$, iznosi:

$$640 \text{ kg} + 3000 \text{ kg} = 3640 \text{ kg}$$

Iz kataloga dizalice, slika 31, je očitana maksimalna nosivost od 3,55 t koju dizalica može podnijeti pri ograničenju dohvata od 45m, što je prikazano na slici u nastavku. Zaključujemo da navedena kibla nije pogodna za betoniranje pri korištenju kрана ovakvih karakteristika jer je maksimalna nosivost iznosa 3,55 t manja od težine pune kible ovih karakteristika iznosa 3,64 t. Iz tog razloga će se razmatrati slučaj primjene manje kible istoga tipa.



Slika 31 Karakteristike dizalice Potain MD 208 A

Iz tablice je vidljivo da volumen manje kible iznosi 1000l i da ima težinu od 550 kg.

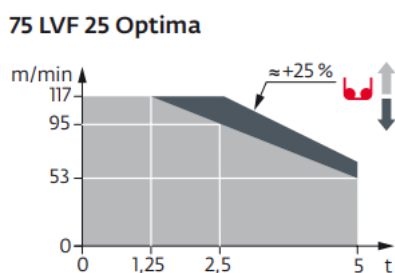
Težina pune kible, u odnosu na karakteristike betona koji ima zapreminsku masu 2400 kg/m³, odnosno težinu $1 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 2400 \text{ kg}$, iznosi:

$$550 \text{ kg} + 2400 \text{ kg} = 2950 \text{ kg} = 2,95 \text{ t}$$

Vidljivo je da je nosivost ove kible sa betonom pogodna za rad sa kranom ovih karakteristika jer nije premašena maksimalna nosivost od 3,55 t.

Iz kataloga toranjske dizalice je očitana snaga motora dizalice od 55kW i duljina užeta od 895m.

Iz dijagrama na slici 32 je interpolacijom za težinu od 2,95 t dobiveno da je brzina prijenosa pune kible jednaka 86,6 m/min. Za težinu jednaku 0,55 t je brzina prenošenja tereta jednaka 117 m/min.



Slika 32 . Specifikacija toranjske dizalice

Za izračunati vrijeme transporta kible je potrebno izračunati omjer brzine i udaljenosti od automješalice do mjesta ugradnje.

Za punu kiblu vrijeme transporta iznosi:

$$t_{\text{vodoravno kretanje tereta}} = \frac{s}{v_1} = \frac{42,5 \text{ m}}{86,6 \text{ m/min}} = 0,49 \text{ min} \quad (17)$$

Za praznu kiblu vrijeme transporta iznosi:

$$t_{\text{vodoravno povratno kretanje opreme za prihvat tereta}} = \frac{s}{v_2} = \frac{42,5 \text{ m}}{117 \text{ m/min}} = 0,36 \text{ min} \quad (18)$$

Vrijeme jednog ciklusa se može izračunati prema formuli:

$$\begin{aligned} t_{\text{ciklus}} = & t_{\text{zahvaćanje tereta ili punjenje posude}} + t_{\text{uspravno dizanje tereta}} + t_{\text{okretanje tereta}} + \\ & t_{\text{vodoravno kretanje tereta}} + t_{\text{uspravno spuštanje tereta}} + t_{\text{otpuštanje tereta / pražnjenje posude}} + \\ & t_{\text{povratno uspravno dizanje opreme za prihvat tereta}} + t_{\text{povratno okretanje grane ili tornja}} + \\ & t_{\text{vodoravno povratno kretanje opreme za prihvat tereta}} + t_{\text{spuštanje opreme za prihvat tereta}} \quad (19) \end{aligned}$$

Kako je i navedeno u poglavlju 3.2 ovog rada, nekim radnjama unutar ciklusa toranjske dizalice je moguće pretpostaviti trajanja. Tako da prema tablici 7 vrijeme punjenja kible iz iskustvenih normi iznosi 1,0-1,5 min, a vrijeme pražnjenja betona iz kible iznosi 0,8-1,5 min.

Iz tablice 8 je moguće očitati ostale vrijednosti trajanja radnji. Prema karakteristikama dizalice Potain MD 208 A spada u kategoriju većih i velikih kranova s vodoravnim okretnom strijelom. Vrijedi da je:

$$t_{\text{uspravno dizanje/spuštanje tereta}} = \frac{43,88}{\frac{9,5 + 65}{2}} = 1,18 \text{ min}$$

$$t_{\text{okretanje tereta}} = \frac{0,65 + 1,2}{2} = 0,93 \text{ min}$$

$$t_{\text{uspravno dizanje/spuštanje opreme}} = \frac{43,88}{\frac{13,5 + 130}{2}} = 0,61 \text{ min}$$

Jedan ciklus toranjske dizalice je jednak:

a) Kraće vrijeme trajanja ciklusa:

$$t_{\text{ciklus min}} = 1 + 1,18 + 0,93 + 0,49 + 0,8 + 0,61 + 0,36$$

$$t_{ciklus\ min} = 5,37\ min$$

b) Duže vrijeme trajanja ciklusa:

$$t_{ciklus\ max} = 1,5 + 1,18 + 0,93 + 0,49 + 1,5 + 0,61 + 0,36$$

$$t_{ciklus\ max} = 6,57\ min$$

c) Srednja vrijednost trajanja ciklusa:

$$t_{ciklus\ srednje} = \frac{5,37 + 6,57}{2} = 5,97\ min$$

Broj radnih ciklusa dizalice po satu iznosi:

$$n_{ciklus\ min} = \frac{1}{t_{ciklus}} = \frac{1}{\frac{5,37}{60}} = 9,97$$

$$n_{ciklus\ max} = \frac{1}{t_{ciklus}} = \frac{1}{\frac{6,57}{60}} = 8,31$$

$$n_{ciklus\ srednje} = \frac{1}{t_{ciklus}} = \frac{1}{\frac{5,97}{60}} = 9,063$$

Formula u nastavku se koristi za praktične procjene stvarne količine učinka dizalice po ciklusu uzimajući u obzir popunjenost kible i efikasnost vremena ciklusa. Koristi se za stvarne uvjete rada na gradilištu. Količina učinka po jednom ciklusu stroja se može izračunati po formuli:

$$Q_c = q * k_p * k_v \quad (20)$$

Gdje vrijedi da je:

q – volumen kible

k_p - koeficijent ispravke punjenja, pretpostaviti će se da je jednak 1,0 kv

koeficijent ispravke korištenja vremena, pretpostavka da je 1,0

$$Q_c = 1 * 1,0 * 1,0 = 1\ m^3$$

Budući da imamo sve potrebne podatke, možemo izračunati teorijski učinak stroja prema formuli (8) poglavlja 3.2 vrijedi:

$$U_{t\ min} \equiv U = n_{ciklus} \cdot Q_{ciklus} = 9,97 * 1 = 9,97\ m^3/h$$

$$U_{t \max} \equiv U = n_{\text{ciklus}} \cdot Q_{\text{ciklus}} = 9,063 \cdot 1 = 8,31 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$U_t \equiv U = n_{\text{ciklus}} \cdot Q_{\text{ciklus}} = 9,063 \cdot 1 = 9,063 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Kada se planira betoniranje na gradilištu, važno je uzeti u obzir praktični učinak, a ne samo teorijski. Ovo omogućava realističnije planiranje resursa, uključujući vrijeme potrebno za betoniranje, broj radnika, količinu betona, i raspored radova. Da bi izračunali spomenuti praktični učinak potrebno je pretpostaviti iznose koeficijenata za rad. Koeficijenti su očitani iz tablica 4 i 5.

$$k_{\text{organizacija}} = 0,75, \text{ dobri uvjeti strojnog rada uz dobro održavanje stroja}$$

$$k_{\text{radno vrijeme}} = 0,84, \text{ dobro korištenje radnog vremena (efektivan rad 50 minuta na sat)}$$

$$k_{\text{ispravak}} = k_{\text{organizacija}} \cdot k_{\text{radno vrijeme}} = 0,75 \cdot 0,84 = 0,63$$

Dobiveni koeficijent ispravka od 0,63 upućuje na to da se praktični učinak dizalice smanjuje za 37% u odnosu na teorijski učinak.

$$U_{\text{praktični, dizalica}} = k_{\text{ispravak}} \cdot U_{\text{teorijski, dizalica}} = 0,63 \cdot 9,97 = 6,28 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$U_{\text{praktični, dizalica}} = k_{\text{ispravak}} \cdot U_{\text{teorijski, dizalica}} = 0,63 \cdot 8,31 = 5,23 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$U_{\text{praktični, dizalica}} = k_{\text{ispravak}} \cdot U_{\text{teorijski, dizalica}} = 0,63 \cdot 9,063 = 5,71 \text{ m}^3 / \text{h}$$

4.1.1.4. Analiza učinaka toranjske dizalice

Iz prethodnog je proračuna vidljivo da unatoč maloj razlici između vremena potrebnih da se obavi jedan ciklus dizalice, praktični učinak stroja poprilično varira.

Tablica 9 Analiza učinaka

| | Normativni učinak | Teorijski učinak | Praktični učinak |
|-------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Minimalni učinak | 6,67 m ³ / h | 9,97 m ³ / h | 6,28 m ³ / h |
| Maksimalni učinak | | 8,31 m ³ / h | 5,23 m ³ / h |
| Srednji učinak | | 9,063 m ³ / h | 5,71 m ³ / h |

Normativni učinak je često zasnovan na optimalnim uvjetima i služi samo kao referentna vrijednost.

Usporedimo li dobivene vrijednosti teorijskog i praktičnog učinka, kako je vidljivo u gore prikazanoj tablici uvidjet ćemo da je teorijski učinak veći od praktičnog za čak 37 %, što i je realno jer teorijski učinak ne uzima u obzir realne uvjete rada na gradilištu koji smanjuju efikasnost. Veliki postotak razlike ukazuje na značajne gubitke u efikasnosti. To može biti zbog vremena koje dizalica provodi u neproduktivnim fazama, kao što su postavljanje tereta, čekanje na betonske mješavine, ili koordinacija sa drugim radovima na gradilištu. Razmatranje faktora koji uzrokuju smanjenje efikasnosti može pomoći u identifikaciji područja za poboljšanje. Na primjer, optimizacija logistike, dodatna edukacija dizaličara, ili bolje koordiniranje radova mogu poboljšati praktični učinak.

4.1.1.5. Analiza ekonomičnosti toranjske dizalice

Važan korak za odabir stroja i planiranje strojnog rada, utvrđivanje ekonomičnosti i tehnologije radova svakako je određivanje cijene radnog sata stroja. Kroz kalkulaciju troškova građevinskih radova, ovaj se isti čimbenik strojnog rada uzima bez obzira na to koja se vrsta građevinskih radova izvodi i koja je tehnika, tehnologija i učinak izvedbe tih radova. Iz tih razloga vrlo je važan i metodološki pristup određivanju cijene radnog sata stroja kako bi određivanje troškova strojnog rada bilo što točnije. [12]

Cijena radnog sata stroja se može dobiti formulom [13]:

$$css = cssS + cssM + cssR \quad (21)$$

Vrijedi da je:

- (cssS) troškovi amortizacije i jednokratnih obveza stroja (“O”):
 - troškovi amortizacije revalorizirane vrijednosti stroja dobivenom vrijednošću ulaganja (investiranja) u pojačano održavanje (obnovu, generalni remont) stroja
 - troškovi osiguranja
 - troškovi registracije
- (cssM) materijalni troškovi pogona stroja u radu (troškovi rada stroja) (“M”):
 - troškovi tekućeg održavanja
 - troškovi energije
 - troškovi habajućih dijelova

- (cssR) - plaća strojara kao radne snage ("R").

Tablica 10 Pregled troškova

| VRSTA TROŠKA | OPIS | | TROŠAK |
|--------------|--------------------------------|--|-----------|
| INDIREKTNI | MOBILIZACIJA | utovar elemenata kрана na kamion | 6 000 € |
| | | transport kamionom | |
| | | dolazak/odlazak autodizalice na gradilište | 12 000 € |
| | | priprema i ispitivanje podloge na gradilištu | |
| | | istovar elemenata kрана autodizalicom | |
| | | montaža elemenata kрана | |
| | | spajanje elektroinstalacija na kранu | |
| | | ispitivanje montirane toranjske dizalice od ovlaštene institucije i puštanje u rad | |
| | DEMOBILIZACIJA | odpajanje elektroinstalacija na kранu | 11 000 € |
| | | dolazak/odlazak autodizalice na gradilište | |
| | | demontaža elemenata kрана | |
| | | utovar elemenata kрана autodizalicom na kamion | |
| | | transport elemenata kamionom | |
| | | istovar elemenata kрана iz kamiona | |
| | amortizacija | 3 000 € | |
| | Indirektni trošak [€/h] | 6,29 €/h | |
| DIREKTNI | | troškovi energije | 34 500 € |
| | | strojar | 66145 € |
| | | Direktni trošak [€/h] | 19,75 €/h |

Prema izrazu (21) i tablici 10 vrijedi da je:

cssS = trošak transporta + trošak pripreme i montaže + trošak demontaže + trošak amortizacije

cssS = 6,29 €

cssM = troškovi električne energije = 6,75 €

cssR = plaća strojara = 13 €

odnosno:

$$css = cssS + cssM + cssR = 6,29 \text{ €} + 6,75 \text{ €} + 13 \text{ €} = 25,99 \text{ €}$$

Prodajna cijena sata stroja prema (22) iznosi:

$$pcss = css + \text{dobit (d)} = 25,99 + 5\% = 27,29 \text{ €} \quad (22)$$

Ekonomičnost ubrajamo u jedno od najpoznatijih mjerila poslovnog uspjeha. To je gospodarsko načelo poslovanja određenog poduzeća koje se očituje u težnji da se ostvare učinci uz što manju količinu rada, predmeta rada, sredstava za rad i ostalih usluga, ili da se određenom količinom inputa dobije što je moguće veći output. [14]

Poslovanje može biti:

- ekonomično, ukoliko vrijedi da je $E_k > 1$;
- neekonomično, ako je $E_k < 1$;
- na granici ekonomičnosti za $E_k = 1$.

Granice isplativosti uporabe određenog stroja ili postrojenja možemo prikazati kroz ekonomičnost (E_k):

$$E_k = \frac{Q}{U} \quad (23)$$

gdje vrijedi:

Q - ostvarena količina rada po jedinici vremena

U - utrošeni elementi proizvodnje po jedinici vremena

Formulu možemo raspisati i kao:

$$E_k = \frac{Qc \cdot c}{Uv \cdot pcss} \quad (24)$$

gdje je:

Qc - količina rada u jedinici vremena

pcss - prodajna cijena radnog sata stroja

c - ugovorena jedinična cijena proizvoda

Uv - količina utrošenog vremena (sat)

Količinu utrošenog vremena možemo dobiti:

$$Uv = \frac{Qc}{Up} = \frac{150 \text{ m}^3}{5,71 \text{ m}^3/\text{h}} = 26,27 \text{ h} \quad (25)$$

$$Ek = \frac{Qc \cdot c}{Uv \cdot pc_{ss}} = \frac{150 \text{ m}^3 \cdot 80 \text{ €}}{26,27 \text{ h} \cdot 27,29 \text{ €}} = 1,674 > 1$$

Proračunom je utvrđeno da je toranjska dizalica Potain MD 208 A ekonomična. Stroj je dosta efikasan jer daje više korisne energije nego što se u njega ulaže.

4.1.2. Priprema podloge, transport i istovar stroja

Pri postavljanju dizalice na gradilište pažnju treba skrenuti na obavljanje sljedećeg:

- izraditi prijelazni put do mjesta postavljanja dizalice;
- odrediti prostor odlaganja dijelova dizalice do montaže;
- pripremiti i urediti manipulacijski prostor autodizalice koja je potrebna pri montaži toranjske dizalice;
- izvesti temelje ili postaviti dizaličnu prugu;
- izraditi priključak za električnu energiju;
- osigurati priključak uzemljenja dizalične pruge. [4]

U prvom koraku, nakon planiranja i kalkulacije potrebno je pripremiti podlogu u vidu temelja ili postavljanja dizalične pruge, ovisno o vrsti kрана. Čak i prije same dostave dizalice, moraju se znati podatci i dobiti izvješća o tlu da bi se mogli pripremiti adekvatni temelji. Izrada temelja za dizalice je obavezna za funkcioniranje i rad stroja i to iz više razloga. U prvom redu tu je sigurnost. Temelji pružaju stabilnost stroja te osiguravaju da dizalica ostane čvrsto postavljena na tlu i da se minimizira rizik od prevrtanja ili pomicanja dizalice. U drugom pogledu, njihova funkcija je ključna za prenošenje opterećenja na tlo kao i raspodjelu težine tereta dizalice, sprječavajući tako koncentrirano opterećenje u točkama, čime se sprječava slijeganje u tlo. [7]

U nastavku će se prikazati primjer izvještaja ispitivanja tla u svrhu dobivanja modula stišljivosti, potrebnog za izračun dimenzija temelja za jedan od kranova s gradilišta City Island Business Park.

Na slici 30 možemo vidjeti početnu stranicu izvještaja o ispitivanju tla, za temeljenje kрана. Vidljivo je da na naslovnoj stranici trebaju biti navedeni podaci o naručitelju geotehničkih ispitivanja, broj narudžbenice, građevni proizvod, podaci o tome koja su svojstva ispitana, podaci o gradilištu i datum nastajanja izvještaja.

Prilikom postavljanja dizalice na odredišno mjesto, stručna služba se treba pažljivo pridržavati zahtjeva i uputa proizvođača dizalice u vezi s izgradnjom temelja, dizalične staze, sidrenja, postavljanjem srednjeg balasta i protuutega, te slijediti propisani redoslijed montaže. [5]

Prikazom na slike 31 i 32, vidljivo je koji su podaci potrebni za temeljenje jednog od kranova. Za izračun modula stišljivosti se koriste priručnici proizvođača dizalice iz kojega se očitavaju reakcije na stope stabilizatora što ih stroj prenosi na podlogu prilikom rada. Prvi je korak ispitivanje otpornosti tla odnosno geotehničko izvješće koje obavlja geotehnička tvrtka. Tim se ispitivanjem dobiju podaci o silama i naprezanjima u tlu. Da bi se osigurala stabilnost dizalice prije temeljenja je potrebno utvrditi modul stišljivosti tla na kojem će se dizalica kasnije montirati. Modul stišljivosti se mjeri u svrhu da se utvrdi kakve je temelje potrebno postaviti za podršku toranjske dizalice. Postupak ispitivanja modula stišljivosti tla obično obavlja stručni inženjer koji koristi specijaliziranu opremu i tehnike kako bi procijenio nosivost tla i utvrdio jesu li uvjeti za postavljanje toranjske dizalice zadovoljavajući. Na temelju rezultata ispitivanja, može se donijeti odluka o sigurnom postavljanju dizalice i, ako je potrebno, mogu se poduzeti dodatne mjere za ojačanje tla ili temelja da bi se osigurala sigurnost tijekom rada dizalice. Glavni cilj ovih ispitivanja je utvrditi nosivost tla i dubinu temeljenja potrebnu za podršku teške dizalice.

IZVJEŠTAJ O ISPITIVANJU BR. LI-21.07.20-01-25

Naručitelj: **TEHNIKA d.d.**
Ulica grada Vukovara 274, 10000 Zagreb

Ugovor/narudžba: **Narudžbenica br.02/2020 od 23.7.2020. (PON-20.07.21-01)**

Građevni proizvod: **Nosivi slojevi**

Ispitana svojstva: **Modul stišljivosti sloja metodom male kružne ploče sa padajućim teretom prema TP BF-StB-8.3-01**

Građevina: **CITY ISLAND BUZIN**

Izvođač: **TEHNIKA d.d.**
Ulica grada Vukovara 274, 10000 Zagreb

Datum izvještaja: **6.3.2023.**

Voditelj ispitivanja:



Igor Hlebec, mat.info.teh.

Voditelj laboratorija:



Mario Vujica, mag.ing.aedif.

(1) Podatke dostavio Naručitelj. Laboratorij se odriče od odgovornosti za označene podatke i svih rezultata na koje isti mogu utjecati.
Rezultati ispitivanja odnose se samo na ispitane uzorke.
Umnožavanje ovog Izvještaja ili njegovog dijela nije dozvoljeno bez pismenog odobrenja laboratorija.

OB.RU.72-TP BF-SIB-8.3-02

Izdanje 1

Stranica 1 od 3

Slika 33. Početna stranica izvještaja o ispitivanju modula stišljivosti tla

OPĆI PODACI

NARUČITELJ:

TEHNIKA d.d.
Ulica grada Vukovara 274, 10000 Zagreb

IZVOĐAČ:

TEHNIKA d.d.
Ulica grada Vukovara 274, 10000 Zagreb
CITY ISLAND BUZIN

GRADILIŠTE/PROJEKT:

REZULTATI ISPITIVANJA

METODA ISPITIVANJA:

Dinamička ploča sa padajućim teretom

MJESTO ISPITIVANJA:

Prema tablici u nastavku

DATUM ISPITIVANJA:

Prema tablici u nastavku

KORIŠTENA OPREMA:

Mala dinamička ploča

PROMJER KRUŽNE PLOČE:

d = 300 (mm)

ISPITIVANJE PROVEDENO NA:

Nosivom sloju

VLAŽNOST PODLOGE:

Nije mjerena

ODSTUPANJE OD NORME:

Vlažnost podloge nije mjerena

NAPOMENA:

MS \geq 60 MN/m²



(1) Podatke dostavio Naručitelj. Laboratorij se odriče od odgovornosti za označene podatke i svih rezultata na koje isti mogu utjecati. Rezultati ispitivanja odnose se samo na ispitane uzorke.

Umnožavanje ovog Izvještaja ili njegovog dijela nije dozvoljeno bez pismenog odobrenja laboratorija.

Slika 34. Izvještaja o ispitivanju modula stišljivosti tla

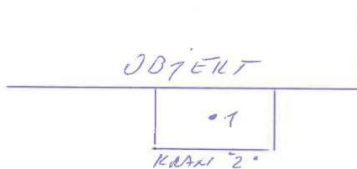
IZVJEŠTAJ O ISPITIVANJU BR. LI-21.07.20-01-25

REZULTATI ISPITIVANJA:

| OZNAKA ISPITIVANJA | DATUM ISPITIVANJA | SLOJ/ MATERIJAL | OČITANA VRIJEDNOST MODULA STIŠLJIVOSTI Evd (MN/m ²) |
|-----------------------|----------------------|---|---|
| G-2107201-332 | 25.2.2023. | NOVA POZICIJA, PODLOGA TEMELJA KRANA K"2", POZ 1 PREMA SKICI | 60,8 |

IZJAVA: Ispitivanje je provedeno u skladu s TP BF-StB-8.3-01, osim navedenog u točki „Odstupanje od TP BF-StB-8.3-01“.

Skica pozicija ispitivanja:



- Kraj izvještaja o ispitivanju -

(1) Podatke dostavio Naručitelj. Laboratorij se odriče od odgovornosti za označene podatke i svih rezultata na koje isti mogu utjecati.
 Rezultati ispitivanja odnose se samo na ispitane uzorke.
 Umnožavanje ovog Izvještaja ili njegovog dijela nije dozvoljeno bez pismenog odobrenja laboratorija.

Slika 35. Konačni rezultati izvještaja o ispitivanju modula stišljivosti tla

Veličinu i čvrstoću temelja mora odrediti kvalificirana osoba koja će koristiti izvješća i maksimalne reakcije dizalice na tlo koje je dostavio proizvođač. Veličina, oblik i dubina temeljenja svakako ovisi o karakteristikama tla na kojem je planirano postavljanje stroja, njegovim karakteristikama te težini i obilježjima tereta koji će se translirati. Važno je da se prilikom projektiranja i izgradnje temelja za toranjsku dizalicu poštuju svi relevantni propisi i standardi. Prilikom postavljanja dizalice na određeno mjesto, stručna služba se treba pažljivo pridržavati zahtjeva i uputa proizvođača dizalice u vezi s izradom temelja. Sam temelj mora biti ravan i mora potpuno podržavati dno vanjske podloge. Na slici 33 prikazani podaci koji su bili potrebni za računanje karakteristika jednog od kranova s gradilišta City Island. [5]



ISO 9001 : 2015
ISO 14001 : 2015
ISO 50001 : 2011

Zagreb, 31.05.2021.

gradilište: BZN_B City Island

Predmet: **TEMELJENJE KRANA**
K2 – POTAIN MD 208 ; r=60m

n/r gđin. Vladimir Perenčević, dig

Prema podacima proizvođača građevinskog kрана K2 "POTAIN MD 208" za visinu ispod kuke 53,60 m i doseg ruke 60,0 m reakcije na stope stabilizatora iznose u radu **910 kN**, a u mirovanju **1130 kN po stopi**. Stope stabilizatora kрана postavljaju se na armirano betonske blokove dimenzija 175x175cm i visine 75cm, a kontaktno naprezanje ispod bloka za maksimalnu silu iznosi **368,98 kN/m²**.

Geotehnički elaborat izradila je tvrtka SPP d.o.o., Trstenjakova 3 iz Varaždina, pod brojem tehničkog dnevnika SPP/2019/086, iz srpnja 2019. godine, a računska otpornost tla iznosi **350 kN/m²**.

Prema geotehničkom elaboratu, navedenim silama i naprezanjima na tlu, podlogu za temeljenje kрана K2 potrebno je izvesti na način da se na mjestu temeljenja izvrši iskop materijala tlocrtnih dimenzija minimalno 7,00x7,00 m do dubine pojave dobro zbijenog šljunka (a minimalno debljine cca 50-60 cm) te se iskopani dio zamijeni šljunkom ili drobljencem uz zbijanje u slojevima po 25-30 cm tako da na niveliranoj podlozi ispod blokova kranske staze modul stišljivosti iznosi **Mk >50 MPa**. Kran K2 temeljimo na koti cca -6,50m.

Gornju plohu nasipa izvesti 10-20cm iznad površine okolnog terena zbog sprječavanja eventualnog ispiranja materijala ispod AB blokova uslijed kiše.

Izradio:

Nenad Tokić, dig



Slika 36. Navedeni podaci koji su bili potrebni za temeljenje jednog od kranova

4.1.3. Montaža i ispitivanje rada

Prije montaže osoba koja ju izvodi treba provjeriti postoje li opasnosti na gradilištu, utvrditi da na mjestu priklještenja ili u zonama pada dizalice nema osoblja, te da je brzina vjetra ispod najveće dopuštene prema uputama proizvođača dizalice.

Uvijek je dobro od stručnih službi tražiti da se na dizalici postavi natpisna ploča s oznakom broja betonskih blokova kako bi prebrojavanjem blokova mogli ustanoviti da se na dizalici točno potrebna količina balasta. [5]

Prije početka zahvaćanja i dizanja tereta toranjskom dizalicom potrebno je:

- utvrditi težinu tereta koji se transportira;
- ispitati postoje li na teretu unaprijed predviđena sigurna mjesta za vezivanje ili zahvat;
- procijeniti ima li teret na mogućim mjestima vezanja oštre bridove koji bi mogli oštetiti pomoćna nosiva sredstva;
- provjeriti jesu li pomoćna nosiva sredstva ispravna i pogodna za uporabu [5].

U tablici 9 su navedeni elementi provjere i popis nedostataka koji se mogu javiti za svaki pojedini element.

Tablica 11. Provjera elemenata dizalice prije početka rada

| Elementi provjere | Mogući nedostaci |
|---|---|
| Temelji-dizalična staza-mjesto sidrenja | - ulegnuće temelja; - odron nasipa; - olabavljenost veza tračnice; - zatrpanost dizalične staze; - predmeti ili materijal odložen u neposrednoj blizini dizalične staze; - olabavljenost branika; - oštećenost mjesta sidrenja i sidrenih veza. |
| Balast i protuuteg | - neosiguranost spadanja i rasipanja materijala; - nedovoljna težina balasta i protuutega. |
| Nosiva konstrukcija | - oštećenost elemenata rešetke konstrukcije. |

| | |
|--|--|
| Nosiva sredstva | <ul style="list-style-type: none"> - kuka oštećena, ne okreće se u ležištu, zatvarač otvora kuke je oštećen; - uže za dizanje i spuštanje tereta je oštećeno; - uže za dizanje i spuštanje strijele je oštećeno; - veze užadi oštećene. |
| Upravljački uređaj | <ul style="list-style-type: none"> -oštećenost tipkala, sklopki, ručica, izbacivanje iz položaja; - uključivanja, tvrdo ukapčanje. |
| Sigurnosni uređaji | <ul style="list-style-type: none"> - uređaj za sprečavanje preopterećenja ne djeluje (nepodešen); - neispravni krajnji isključivači dizanja strijele; - neispravno ograničenje dizanja kuke; - neispravni krajnji isključivači kretanja dizalice; - neispravan uređaj za sidrenje; - neispravan pokazivač nosivosti. |
| Mehanizam za: dizanje strijele tereta, okretanje,vožnju dizalice | <ul style="list-style-type: none"> - neispravnost vodilica užeta; - neispravno namatanje užadi na bubanj; - neispravno vođenje užadi; - kotači vožnje kolica oštećeni; - užnice oštećene; - kotači vožnje dizalice oštećeni; - na pojedinim mehanizmima čuju se neuobičajeni šumovi. |
| Kočnice | <ul style="list-style-type: none"> - kočnica dizanja i spuštanja tereta propušta; - kočnica dizanja i spuštanja strijele propušta; - kočnica okretnog dijela zakašnjelo djeluje; - kočnica za vožnju kolica zakašnjelo djeluje; - kočnica za vožnju dizalice zakašnjelo djeluje. |
| Elektrooprema i elektrouređaji dizalice | <ul style="list-style-type: none"> - neosiguranost glavnog nabojnog kabla od oštećenja; - oštećenost dijelova opreme i elektrouređaja. |
| Podmazivanje | <ul style="list-style-type: none"> - užad nisu podmazana; - reduktori propuštaju ulje; - nepodmazanost mjesta za podmazivanje. |

Dizaličar je ovlašten započeti rad s toranjskom dizalicom samo ako je uporaba odobrena od strane ovlaštene komisije, koja je unijela zadovoljavajuće podatke o rezultatima ispitivanja dizalice na trenutnom mjestu uporabe u kontrolnu knjigu dizalice.

Da bi se utvrdilo da je dizalica valjano montirana, ispravna i spremna za rad na siguran način radi se ispitivanje koje se vodi kroz zapisnik o pregledu i ispitivanju radne opreme. Takav zapisnik služi kao dokumentacija koja potvrđuje da je oprema prošla inspekciju u skladu sa zahtjevima. U prilogu 01 je pokazan primjer takvog zapisnika s gradilišta City Island. Kroz njega je vidljivo da se na početku obrasca navede podatci o proizvođaču, korisniku, namjeni i mjestu rada te ispitivačima i datumu nastajanja zapisnika za dizalicu. U ovom slučaju ispitivanje i pregled su obavili diplomirani inženjeri strojarstva i elektrotehnike.

Iz obrasca je vidljivo da su ispitivači koristili propise prema kojima je obavljena provjera ispunjavanja sigurnosno zdravstvenih zahtjeva na radnoj opremi, a navedeni su u nastavku:

- Tehnički propis za niskonaponske električne instalacije (NN 5/10);
- Pravilnik o zaštiti na radu pri uporabi radne opreme (NN 18/17);
- Pravilnik o sigurnosti strojeva (NN 28/11);
- Pravilnik o tehničkim normativima za dizalice (Sl. list 65/91);
- Pravilnik o sigurnosti i zdravlju pri radu s električnom energijom (NN 88/12).

Uređaji kojima su se inženjeri koristili za ispitivanje jesu digitalni dinamometar, laserski mjerač udaljenosti i višenamjensko mjerilo za mjerenje i ispitivanje električnih instalacija.

Cijeli zapisnik je podijeljen na dva osnovna dijela:

- 1) Strojarski dio (A):
 - a) Pregled u stanju mirovanja

U ovom se dijelu se ispituju:

- vrste pogona (ovisno o tom radi li se o električnom ili drugom pogonu);
- radne tvari i sirovine koje radna oprema koristi pri radu;
- smještaj dizalice;
- dizalična staza;
- podvozje;
- stup;

- strijela dizalice i mačka;
- mehanizam za dizanje i spuštanje tereta;
- upravljanje dizalicom;
- natpisi (odnosi se na tvorničku pločicu s osnovnim podacima, pločice upozorenja i registarske pločice te oznake na upravljačkim uređajima).

b) Ispitivanje u pogonu

- dizanje i spuštanje kuke;
- vožnja mačke po grani;
- okretanje strijele;
- tipkalo za isklop u nuždi i zvučna signalizacija;
- provjera elektromagnetskih kočnica za dizanje i spuštanje kuke, vožnju mačke te okretanje strijele;
- krajnji isključivači za dizanje kuke, vožnju mačke, preopterećenje te za okretanje;
- uređaji za uključivanje u pogon i isključivanje iz pogona dizalice.

c) Pokusno statičko i dinamičko opterećenje

Dizalice je potrebno probno ispitati kako bi se provjerila njihova sigurnost pri radu. Ključni dio ispitivanja počiva na statičkom i dinamičkom testiranju. Tako se statičkim ispitivanjem dokazuje siguran rad uređaja za dizanje i prenošenje tereta. Statičko se probno ispitivanje provodi uz pomoć tereta čija nosivost prekoračuje maksimalno dozvoljenu. Koliko će veće biti prekoračenje ovisi o maksimalnom dozvoljenom teretu koji dizalica smije dizati. Za dizalice koje imaju nosivost manju od 20 MPa vrijedi da je probni teret veći od dozvoljenog za 25%, a za nosivosti od 20 do 50 MPa probni teret more biti veći od maksimalno dozvoljenog za 5 MPa. Za dizalice čija je nosivost veća od 50 MPa probno opterećenje mora biti veće za 10% od maksimalno dozvoljenog. [1]

Statičko probno ispitivanje se vrši tako da se probni teret nanese na dizalicu pa se digne na visinu 10 cm od razine poda i na toj visini zadrži u roku od 10 minuta. Po isteku tog vremena, teret se spušta na podlogu i vrši se mjerenje eventualnih deformacija koje su se dogodile dizalici prilikom ispitivanja. Za vrijeme statičkog ispitivanja teret je potrebno staviti na mjesto maksimalnog pogiba konstrukcije koji se izmjeri i usporedi s dozvoljenim izračunatim progibom. Iznos računskog progiba se može pronaći u matičnoj knjizi svakog kрана, a iznosa

je od 1/700 do 1/1200 dužine strijele dizalice. Ako se prilikom probnog statičkog ispitivanja uoče nedozvoljene deformacije ili nepravilnosti dizalice, potrebno je sanirati problem i statičko ispitivanje izvesti ponovno.

Probnim dinamičkim opterećenjem se provjerava ispravnost i pravilno funkcioniranje mehanizma za dizanje i prijenos tereta i ispravnost njihovih kočnica. Ovo se ispitivanje obavlja vješanjem tereta nosivosti koja je veća od dozvoljene za 10% njenog iznosa. Duljina trajanja i složenost ovog ispitivanja ovisi o konstrukciji dizalice i o uvjetima u kojima dizalica treba obavljati zahtijevani rad.

Ispitivanje se u cijelosti provodi kroz nekoliko koraka:

- nanese se statičko i dinamičko opterećenje s 10 % težim teretom od maksimalne nosivosti dizalice pri minimalnom i maksimalnom dohvatu;
- po isteku vremena statičkog opterećenja se utvrđuje jesu li nastala oštećenja ili trajne deformacije na konstrukciji dizalice. Utvrđuje se i zadovoljava li kočnica uređaja za dizanje i spuštanje tereta;
- testira se dizanje i spuštanje tereta po čitavoj visini, vožnja mačke s teretom, okretanje strijele s teretom;
- djelovanje elektromagnetskih kočnica za dizanje i spuštanje tereta, vožnju mačke s teretom te okretanje strijele s teretom;
- uređaj protiv preopterećenja dizalice koji je ispravno djelovao kod preopterećenja dizalice, isključuje se mehanizam za dizanje tereta i vožnju mačke za povećanje dohvata;
- prilikom preopterećenja dizalice, kao upozorenje se oglasi truba;
- promjene nastale uporabom, odnosno strojarskim dijelom se utvrđuje jesu li na dizalici nastale promjene i oštećenja koja bi imala utjecaj na siguran rad.

2) Elektro dio (B):

Provjerava se:

- priključak za električnu mrežu;
- zaštita od preopterećenja i kratkog spoja;
- zaštita od izravnog dodira dijelova s naponom;
- zaštita od neizravnog dodira dijelova pod naponom.

Govoriti o nosivosti toranjske dizalice ima smisla samo uz podatak udaljenosti osi tereta od osi tornja. Podaci za dizalice u biti sadrže slikoviti izvještaj s navodima koliki apsolutno najveći teret može podići određena dizalica i do koje udaljenosti od tornja ga može nositi. [1]

Za svaku duljinu strijele dizalice postoji krivulja momenta opterećenja iz koje se za različite duljine prijenosa mogu očitati maksimalne težine koje toranjska dizalica može translirati. Osim toga za svaku pojedinu dizalicu postoji tablica nosivosti iz koje se ovisno duljini strijele i duljini prijenosa tereta može očitati nosivost. Nosivost dizalice je u suprotnom odnosu s dosegom, pa uz svaku dizalicu postoji dijagram iz kojeg se može očitati, ovisno o udaljenosti tereta od osi stupa, koju maksimalnu težinu dizalica smije prenositi kako i je prikazano u prilogima 02, 03, 04 i 05. [3]

Dopuštena težina tereta koji se diže dizalicom osim o udaljenosti osi stupa do osi tereta koji se diže, ovisi i o brzini dizanja tereta. Ti iznosi moraju biti naznačeni i na ploči opterećenja na vidljivom mjestu. Ako se dizalicom diže teret teži od maksimalno dopuštenog, sigurnosni uređaji odmah isključuju svako daljnje kretanje dizalice, dizanje tereta te blokira vožnju mačke po strijeli. Sigurnosni uređaj za preopterećenje ima svrhu za izvanredne slučajeve, tako da je težinu tereta, pri vezanju na dizalicu, uvijek iznova potrebno provjeriti ili procijeniti. [4]

Periodični pregledi i kontrole

Periodični se pregledi obavljaju prije nego što se dizalica pusti u rad, prilikom svakog premještanja dizalice, zamjene nosivih dijelova dizalice i u rokovima od dvije do pet godina, ovisno o klasi toranjske dizalice. Osim spomenutih razlikujemo i periodičke preglede. Oni obuhvaćaju pregled dokumentacije, konstrukcije mehanizma, elektroopreme i instalacija, kontrolu podataka na tvorničkoj ploči, dinamički i statički pregledi te isprave o ispitivanju. [4]

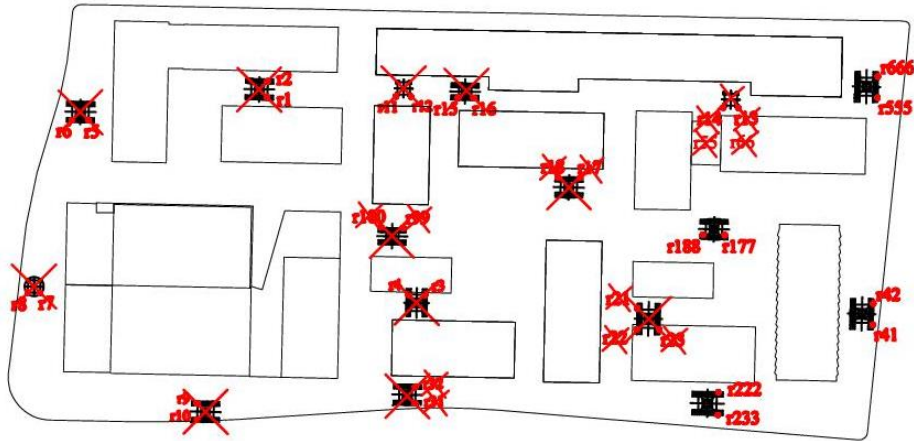
Tijekom rada dizalice na temeljima, dizaličnoj stazi ili mjestu učvršćenja mogu se javiti poremećaji čak i ako je montaža ispravno izvedena. Ulegnuće temelja, oslabljenje veza tračnica dizalične staze, osipanje nasipa dizalične staze, nepropisno obavljene iskopi u blizini dizalične staze, odroni nakon obilnih kiša i slično mogu dovesti do ugrožavanja sigurnosti dizalice. Upravo iz tog se razloga, iako to u Republici Hrvatskoj nije zakonska obaveza, na gradilištu City Island redovito rade geodetske izmjere i bilježenja geodetskih točaka za kontroliranje ulegnuća postolja kрана. Provjera se radi tako da geodet zabilježi položaj točaka na postolju te u određenim vremenskim razmacima, najčešće svakih mjesec dana ili po potrebi, mjeri

dogadaju li se neke promjene, ulegnuća ili visinski pomaci razmatranih točaka. Na taj se način osigurava sigurnost i preciznost rada toranjske dizalice. Najveći rizik se javlja ako se izmjerama utvrdi da je ulegnuće dvije točke kрана neravnomjerno. Odstupanja u razlici točaka ne smiju biti veća od 1 centimetra jer se u tom slučaju javlja rizik od prevrtanja cijelog stroja.

[5]

Kroz obrazac prikazan na slici 34, geodet za svaki kran uzima po dvije referentne točke s postolja dizalice te po njima prati razlike visinskih pomaka dizalica.

OPAŽANJE BILJEGA VISINA NA KRANOVIMA



Opažao: Vladivoj Relić, d.i.geod.

| Datum opaznje | POTAJAN F3-20 TOPKIT | | POTAJAN F3-20 TOPKIT | | POTAJAN F3-20 TOPKIT | | POTAJAN F3-20 TOPKIT | | POTAJAN F3-20 TOPKIT | | POTAJAN F3-20 TOPKIT | | POTAJAN F3-20 TOPKIT | | POTAJAN F3-20 TOPKIT | | | | | |
|---------------|----------------------|------------|----------------------|------------|----------------------|------------|----------------------|------------|----------------------|------------|----------------------|------------|----------------------|---------|----------------------|---------|---------|---------|---------|--|
| | r15 | r16 | r17 | r18 | r19 | r100 | r21 | r22 | r23 | r31 | r32 | r55 | r66 | r41 | r42 | r177 | r188 | r222 | r233 | |
| 17.08.2021 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14.07.2021 | 108.781 | 108.781 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17.09.2021 | 108.781 | 108.781 | 110.265 | 110.258 | 111.651 | 111.654 | | | | | | | | | | | | | | |
| 19.10.2021 | 108.781 | 108.781 | 110.265 | 110.258 | 111.651 | 111.654 | 110.956 | 110.956 | | | | | | | | | | | | |
| 03.11.2021 | 108.781 | 108.781 | 110.265 | 110.258 | 111.651 | 111.654 | 110.956 | 110.956 | | | | | | | | | | | | |
| 26.11.2021 | 108.781 | 108.781 | 110.265 | 110.258 | 111.651 | 111.654 | 110.956 | 110.956 | 110.948 | 111.710 | 111.702 | | | | | | | | | |
| 14.12.2021 | 108.781 | 108.781 | 110.265 | 110.258 | 111.651 | 111.654 | Napušten | 110.956 | 110.948 | 111.710 | 111.702 | | | | | | | | | |
| 14.01.2022 | 108.781 | 108.781 | 110.265 | 110.258 | 111.651 | 111.654 | Napušten | 110.956 | 110.948 | 111.710 | 111.702 | | | | | | | | | |
| 11.02.2022 | 108.781 | 108.781 | 110.265 | 110.258 | 111.651 | 111.654 | Napušten | 110.956 | 110.948 | 111.710 | 111.702 | | | | | | | | | |
| 03.03.2022 | 108.781 | 108.781 | 110.265 | 110.258 | 111.651 | 111.654 | Napušten | 110.956 | 110.948 | 111.710 | 111.702 | | | | | | | | | |
| 02.05.2022 | 108.781 | 108.781 | 110.265 | 110.258 | 111.651 | 111.654 | Napušten | 110.956 | 110.948 | 111.705 | 111.695 | 110.018 | 110.020 | | | | | | | |
| 14.06.2022 | 108.781 | 108.781 | 110.265 | 110.258 | 111.651 | 111.654 | Napušten | 110.956 | 110.948 | 111.705 | 111.695 | 110.018 | 110.020 | 111.274 | 111.279 | | | | | |
| 20.07.2022 | 108.781 | 108.781 | 110.265 | 110.255 | 111.651 | 111.654 | Napušten | 110.953 | 110.948 | 111.705 | 111.695 | 110.018 | 110.020 | 111.274 | 111.279 | | | | | |
| 31.08.2022 | 108.781 | 108.781 | 110.265 | 110.255 | Demontiran | Demontiran | Napušten | 110.953 | 110.948 | 111.705 | 111.695 | 110.018 | 110.020 | 111.274 | 111.279 | | | | | |
| 20.09.2022 | 108.781 | 108.781 | 110.265 | 110.255 | Demontiran | Demontiran | Napušten | 110.953 | 110.948 | 111.705 | 111.695 | 110.018 | 110.020 | 111.274 | 111.279 | | | | | |
| 02.11.2022 | 108.781 | 108.781 | Demontiran | Demontiran | Demontiran | Demontiran | Napušten | Demontiran | Demontiran | 111.705 | 111.695 | 110.018 | 110.020 | 111.274 | 111.279 | 111.271 | 111.259 | 111.735 | 111.095 | |
| 20.12.2022 | Demontiran | Demontiran | Demontiran | Demontiran | Demontiran | Demontiran | Demontiran | Demontiran | Demontiran | 111.705 | 111.695 | 110.018 | 110.020 | 111.274 | 111.279 | 111.271 | 111.259 | 111.735 | 111.095 | |
| 03.02.2023 | Demontiran | Demontiran | Demontiran | Demontiran | Demontiran | Demontiran | Demontiran | Demontiran | Demontiran | 111.705 | 111.695 | 110.018 | 110.020 | 111.274 | 111.279 | 111.271 | 111.259 | 111.735 | 111.095 | |
| 02.03.2023 | Demontiran | Demontiran | Demontiran | Demontiran | Demontiran | Demontiran | Demontiran | Demontiran | Demontiran | Demontiran | Demontiran | Demontiran | Demontiran | 111.271 | 111.277 | 111.271 | 111.259 | 111.735 | 111.095 | |
| 07.03.2023 | | | | | | | | | | | | r55 | r66 | | | | | | | |
| 05.04.2023 | | | | | | | | | | | | 111.661 | 111.032 | 111.271 | 111.277 | 111.266 | 111.254 | 111.735 | 111.095 | |
| 17.04.2023 | | | | | | | | | | | | 111.661 | 111.032 | 111.271 | 111.277 | 111.266 | 111.254 | 111.735 | 111.095 | |

Slika 37. Primjer izvještaja i opažanju pomaka na kranovima faze B3

4.1.4. Pozicioniranje i interakcija dizalica

Kada unutar radnog prostora građevinskih toranjskih dizalica postoje stalni objekti poput prometnica ili drugih zapreka, radne mogućnosti stroja se mijenjaju. Zbog toga je potrebno ograničiti ili isključiti određena kretanja dizalice, kao i poduzeti dodatne mjere sigurnosti kako bi se operacija izvela na siguran način. Ovo uključuje prilagodbu rada dizalice prema okolini i postavljanje odgovarajućih sigurnosnih ograničenja i barijera radi zaštite osoba i imovine. [5]

Dodatne mjere sigurnosti koje je potrebno poduzeti, ovisno o stanju radnog prostora jesu:

- Kada dvije toranjske dizalice trebaju raditi na istom gradilištu, s dijelom jedne dizalice zahvaćajući radni prostor druge, preporučuje se da jedna od dizalica bude postavljena na veću visinu kako bi se izbjegao sudar strijela. Na taj se način sprečava moguće oštećenje ili sudaranje među dizalicama. Postavljanje dizalice na veću visinu omogućuje dovoljan prostor za kretanje strijela, čime se održava sigurnost i funkcionalnost obje dizalice na manjem prostoru;
- U slučaju kada unutar manjeg radnog prostora dizalice postoje stalni objekti, potrebno je da je ona postavljena tako da strijela nadvisuje te objekte. Ako nije moguće postaviti dizalicu tako, tada se treba ograničiti područje okretanja strijele pomoću krajnjih isključivača struje. Važno je napomenuti da se ovo ograničenje primjenjuje samo ako dizalica na tom gradilištu nije izložena djelovanju vjetra;
- Ako se unutar radijusa dohvata strijele dizalice nalaze javne prometne površine poput ceste, pješačkih prilaza, dvorišta i drugih takve površine treba ograditi i natkriti dok područje okretanja dizalice treba biti ograničeno krajnjim isključivačima struje [5].

Proveden je značajan broj studija o optimalizaciji rasporeda toranjskih dizalica i simulaciji rada u srhu smanjenja ukupnih troškova. Optimizacija rasporeda dizalica na gradilištu pokušava pronaći najpovoljnije lokacije toranjskih dizalica kako bi se zadovoljili svi traženi kriteriji. Takvi kriteriji mogu uključivati uravnoteženje radnog opterećenja i smanjenje vremena dizanja i pa tako i ukupnog rada dizalice ili minimaliziranja prostornih sukoba između toranjskih dizalica ili drugih pokretnih resursa na gradilištu. [9]

Identificiranje optimalnih lokacija za postavljanje toranjskih dizalica na gradilište, kako bi se pronašlo rješenje i za preklopne zone, je težak posao za voditelje gradilišta koji opažanja

dobivaju samo na temelju 2d CAD crteža i radnog iskustva. Upravo zbog toga danas postoji 3D BIM model kao simulacija rada i funkcioniranje rada toranjskih dizalica na gradilištu. Ovo uvelike olakšava pronalaženja optimalnog rješenja za odabira lokacije ali i odabir kapaciteta dizalica koji zadovoljavaju tražene uvjete gradilišta. [9]

4.1.5. Demontaža dizalice i otprema s gradilišta

Demontaža toranjske dizalice uključuje sklapanje strijele, spuštanje tornja, uklanjanje protuutega i centralnog balasta, postavljanje dizalice u transportni položaj i uklanjanje s gradilišta. Ovaj rad zahtjeva iskustvo i znanje. Prije rastavljanja je neophodno utvrditi ima li dovoljno prostora za obavljanje svih potrebnih radnji za uklanjanje dizalice s gradilišta. Prije početka rastavljanja svakako je potrebno i provjeriti jesu li svi prekidači u ispravnom položaju. Demontažu je uvijek potrebno provoditi prema uputama proizvođača. Protuuteg i balast se treba razmontirati točno određenim, pravilnim redoslijedom i u pravo vrijeme. Pri tom se potrebno pridržavati svih mjera za zaštitu od pada radnika s visine, i sve je osoblje potrebno zadržati dalje od zone pada dizalice i od mjesta mogućeg preklještenja. [7]

4.2. Analiza organizacije gradilišta po fazama izgradnje projekta City Island

Projekt City Island Business Park je inovativno poslovno središte u Zagrebu. Sami projekt je podijeljen u 3 faze gradnje:

- B1 - prva faza
- B2 – druga faza
- B3 – treća faza

Upravo će se kroz te tri faze, kako je i prikazano u prilogu 06 promatrati logika i problematika položaja postavljanja toranjskih dizalica na gradilište. Maksimalni broj toranjskih dizalica koje su se koristile na gradilištu tijekom faze izgradnje objekata je 7.

Što se tiče planiranja potrebnog broja dizalica na gradilištu, on je za sve faze unutar projekta dobiven internom kalkulacijom ukupnih norma sati za izvođenje armiranobetonske konstrukcije u ugovorenom roku sa iskustvenom pretpostavkom da pod kranom može raditi maksimalno 25-30 proizvodnih radnika. Na gradilištu City Island nije se pratio učinak toranjskih dizalica, već se na tjednoj i dnevnoj bazi detaljno planirali radovi na izvedbi AB

konstrukcije uzimajući u obzir da učinak kranova bude maksimalno iskorišten. Prosječna cijena radnog sata stroja je iznosila 33,18 €.

4.2.1. Faza gradnje B1

Kranovi koji su korišteni u ovoj fazi jesu:

- 1) K1 - Metalina LM HC- 185;
- 2) K2 – Potain Topkit F3/29;
- 3) K3 - Metalina LM 80 – HC;
- 4) K4 – Potain Topkit F3/29;
- 5) K5 – Potain Topkit F3/29;
- 6) K6 – Potain Topkit MD 208 A.

Varijanta postavljanja kranova u tlocrtu je prikazana u prilogu 06. Ideja i glavni cilj tlocrtnog postavljanja toranjskih dizalice je taj da oni prekriju cijelo područje, odnosno svaku točku na gradilištu na koju će se vršiti translaticiranje tereta. Potrebno je omogućiti okretanje strijele dizalice za 360°, pomicanje mačke po cijeloj dužini strijele ili nagibanja strijele te pokretanje dizalice po dizaličnoj pruzi.

Tlocrtni položaj kranova ove faze je prikazan u prilogu 07. Prva predložena varijanta položaja kranova ove faze prikazana je u prilogu 08. Navedena se varijanta morala korigirati jer su se kranovi visinski poklapali te tako sprječavali putanju za nesmetan rad drugog kрана. Kako je i prikazano u navedenom prilogu, vidljivo je da kran K1 dijelom zapinje za K6. Problem se riješio tako da je kran K6 bilo potrebno temeljiti na približno 4 metra niže i to kako bi on bio što je više moguće udaljen od kрана K5. Iz nacрта je vidljivo da su K1, K2 i K3 temeljeni 2 metra ispod razine terena.

Varijanta koja je visinski usvojena prikazana je u prilogu 09. U usporedbi s prethodnom verzijom, sada su K4 i K5 podignuti za 3 metara, dok je K6 temeljen na razini 3,5 metara što se pokazalo najboljom solucijom.

4.2.2. Faza gradnje B2

Kranovi koji su korišteni u drugoj fazi gradnje jesu:

- 1) K1 - Metalina LM HC- 185;
- 2) K2 – Potain Topkit MD 208;
- 3) K3 – Potain Topkit F3/29;
- 4) K4 – Potain Topkit F3/29;
- 5) K5 – Potain Topkit F3/29;
- 6) K6 – Potain Topkit MD 208 A;
- 7) K7 – Potain HDT 80.

Faza gradnje B2 je bila najkompliciranija faza za kalkuliranje postavljanja dizalica na gradilištu. Problemi su se javili zbog nedostatka prostora između građevina i zbog toga što je trebalo pronaći rješenje kako organizirati unutarnji promet na gradilištu. Postavljeni strojevi morali su zadovoljiti i uvjet da se gradilištem sigurno može kretati i radna snaga. Upravo zbog navedenih razloga, svaka građevina u ovoj fazi ima svoj kran.

Kroz prilog 10 se može promotriti prva varijanta postavljanja toranjskih dizalica. U njoj tlocrtno postoji zona koju ne obuhvaća niti jedan kran. Budući da se kranovi na ovom projektu koriste i za dizanje fasadnih elemenata, ova opcija nije dolazila u obzir jer bi u tom slučaju fasadne elemente velikih dimenzija morali prenijeti radnici.

Usvojena varijanta prikazana u prilogu 11 nudi rješenje za problem iz prethodne varijante. Dizalice K5 i K3 su pomjerene u desno i dodan je još jedan kran na poziciju u blizini zone koja nije bila prekrivena. Pogled i visinske pozicije dizalica ove konačne varijante ove faze je prikazan u prilogu 12.

Montaža kao i demontaža dizalice predstavljaju složene zadatke koje je potrebno provesti točnim slijedom za svaki pojedini tip dizalice. Neophodno je to izvesti po uputama proizvođača i prema svim sigurnosnim mjerama. Trajanje procesa montiranja i demontiranja može varirati od nekoliko sati do nekoliko tjedana, što ovisi o veličini, vrsti, proizvođaču i tipu dizalice, kao i mogućnosti korištenja pomoćnih sredstava najčešće autodizalice.

Prilikom montiranja dizalica korištene su autodizalice. To se obično izvodi tako da se strijela dizalice, budući da je sastavljan od više elemenata, složi na zemlji. Podvozje dizalice i fiksni

dio, te centralni balast se postavljaju na pripremljeno postolje ili voznu stazu autodizalicom. Daljnja montaža se, budući da je toranjska dizalica samomontirajuća obavlja vlastitim mehanizmima i uređajima. Kada je dizalica montirana na osnovnu visinu produžuje se uređajima za produženje a to su:

- sustav navojnog vretena i matice;
- hidraulični sustav;
- sustav sprega koloturnika.

Za demontažu kрана K6 je bilo potrebno postaviti izrazito visoku autodizalicu izvan ograde gradilišta, odnosno na cestu van gradilišta. To je bila najpovoljnija varijanta jer je tijekom druge faze izgrađen objekt približne visine 20 metara. Tako je dizalicu bilo potrebno, dio po dio, demontirati i prenijeti preko građevine.

4.2.3. Faza gradnje B3

Treća faza izgradnje City Island-a uključivala je četiri kрана, a to su:

- 1) K1 - Metalina LM HC- 185;
- 2) K3 – Potain Topkit F3/29;
- 3) K5 – Potain Topkit F3/29;
- 4) K7 – Potain Topkit MD 208 A.

U tlocrtnom pogledu ova faza nije predstavljala komplikaciju prilikom planiranja lokacija za postavljanje, a konačna tlocrtna verzija je prikazana u prilogu 13. Visinski gledano, postojale su dvije opcije postavljanja. Prva, donesena u prilogu 14, nije odabrana zato što su dizalice K1, K5 i K7 postavljene preblizu, te bi prilikom rotacija dolazilo do smetnji tijekom rotacija i prijenosa tereta. Za konačnu varijantu je odabrana situacija prikazana u prilogu 15. Ova verzija donosi opciju skraćanja tornja kрана K1 s maksimalne visinu na 6 elemenata koji čini toranj. K5 se visinski dovodi u viši položaj tako da se toranj, s početnih 8 elemenata produljuje na 17. Toranjsku se dizalicu K7 također produljuje s prethodnih 8 elemenata koji čine toranj na 17, tako da sada ta dizalica može dizati terete na visinu 54,4 metra. Pozicija kрана K3 budući da nije predstavljala problem, nije mijenjana.

U niti jednoj fazi građenja na ovom gradilištu hod mačke nije ograničavan, tako da dizalice mogu dohvaćati teret onolikog raspona kolika im je duljina strijele.

5. Zaključak

Glavni cilj rada je bio ukazati na važnost dobrog planiranja strojnog rada, odnosno rada toranjske dizalice u građevinskim projektima. Toranjska dizalica je stroj bez kojeg je danas teško zamisliti bilo koje veće gradilište. Ovakva dizalica ima mogućnost visinski i dužinski translirati terete većih masa. Spomenuti stroj tako pruža mogućnost jednostavnog i preciznog premještanja i odlaganja materijala, opreme i alata na druga mjesta gradilišta unutar svog dohvata.

Na primjeru projekta City Island Business Park koji je inovativno poslovno središte u Zagrebu je provedena analiza rada toranjskih dizalica pri unutarnjem transportu. Kroz proces planiranja i kalkulacije dizalice uvijek je potrebno ustanoviti parametre koje toranjska dizalica mora zadovoljiti. Tako treba predvidjeti za koje će se ona radove koristiti i koliki će teret prenositi.

U radu je kroz poglavlje planiranja i kalkuliranja prikazan izračun normativnog, teorijskog i praktičnog učinka na primjeru jedne toranjske dizalice sa gradilišta pri betoniranju ploče uz pomoć kрана i kible. Provedena je i analiza dobivenih rezultata. Tako je normativni učinak je prema izračunu jednak $6,67 \text{ m}^3 / \text{h}$, teorijski $9,063 \text{ m}^3 / \text{h}$ dok praktični iznosi $5,71 \text{ m}^3 / \text{h}$. Usporedimo li dobivene vrijednosti teorijskog i praktičnog učinka uvidjet ćemo da je teorijski učinak veći od praktičnog za čak 37 %. Veliki postotak razlike ukazuje na značajne gubitke u efikasnosti. To može biti zbog vremena koje dizalica provodi u neproduktivnim fazama, kao što su postavljanje tereta, čekanje na betonske mješavine, ili koordinacija sa drugim radovima na gradilištu. Razmatranje faktora koji uzrokuju smanjenje efikasnosti može pomoći u identifikaciji područja za poboljšanje. Na primjer, optimizacija logistike, dodatna edukacija dizalčara, ili bolje koordiniranje radova mogu poboljšati praktični učinak.

Važan korak za odabir stroja i planiranje strojnog rada, utvrđivanje ekonomičnosti i tehnologije radova svakako je određivanje cijene radnog sata stroja. Cijena radnog sata toranjske dizalice predstavlja iznos koji se plaća za korištenje toranjske dizalice tijekom jednog sata. Stvarna cijena radnog sata stroja je jednaka cijeni sata stroja u obliku obveze, materijalni troškovi pogona odnosno održavanje i pogona odnosno plaće dizalčara. Izračunato je da je cijena radnog sata stroja jednaka 25,99 €. Pomoću ovog podatka je izračunata i ekonomičnost toranjske dizalice. Proračunom je utvrđeno da je je toranjska dizalica Potain MD 208 A ekonomična jer vrijedi $Ek = 1,674 > 1$. Iz rezultata je vidljivo da je stroj dosta efikasan, odnosno da daje više korisne energije od one koju je u njega potrebno uložiti.

U idealnim uvjetima toranjska dizalica sa odgovarajućim karakteristikama savršeno odgovara odabranoj lokaciji na gradilištu. U usporedbi s literaturom, u praksi postoji niz čimbenika koji su presudni pri odlučivanju. Tako uzimanjem u obzir stvarne uvjete tržišta, gdje postoji ograničen broj toranjskih dizalica određenih karakteristika, dizalice često ne ispunjavaju optimalne karakteristike koje trebaju imati. Tu su svakako i financijska i lokacijska ograničenja te dinamični i nepredvidljivi uvjeti na gradilištu. U radu je obrađen i niz drugih faktora koji utječu na odabir toranjske dizalice za gradilište. Faktor koji nadjačava sve ostale prilikom izbora dizalice je posjedovanje vlastitih toranjskih dizalica od strane izvođačke tvrtke. Upravo je to bio presudni faktor odabira dizalica i na projektu City Island. Izvođač tada koristi dizalice koje već ima na raspolaganju, a planiranjem ih nastojati rasporediti na optimalne lokacije ovisno o potrebama i zahtjevima na gradilištu.

Budući da je projekt podijeljen u 3 faze gradnje i kranovi su se demontirali i ponovno postavljali ovisno o fazi. Kroz analizu organizacije gradilišta po fazama razmatrana je problematika postavljanja. Sagledano je više varijanti postavljanja toranjskih dizalica i kroz tlocrte i poglede je po fazama analizirano zašto se u projektu nije išlo na određenu varijantu, a zašto su pak druge varijante prihvaćene kao optimalne.

Iako literatura pruža idealizirane modele i analize za odabir toranjskih dizalica, stvarni uvjeti na gradilištu zahtijevaju fleksibilnost i prilagođavanje trenutnim potrebama i ograničenjima. Balans i pronalaženje optimalnog rješenja između teorijskih preporuka i praktičnih mogućnosti ključan je za uspješno upravljanje građevinskim projektima.

6. Literatura

- [1] Obradović, D. *Održavanje toranjskih dizalica, Osijek*, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek; 2018, str.79- 86,
<https://dokumen.tips/documents/27-meunarodni-znanstveno-struni-skup-aorganizacija-i-energetski-uinkoviti.html?page=3>, pristupljeno: 04. lipnja 2023.
- [2] Greiner, H. G. *Crane Handbook* (3. izd.). Harvey, Illionis: Whiting Corporation; 1967.,
<https://www.scribd.com/document/103269401/Whiting-Crane-Handbook>, pristupljeno: 13. lipnja 2023.
- [3] Slunjski, E. *Strojevi u građevinarstvu*. Zagreb: Hrvatsko društvo građevinskih inženjera; 1995.
- [4] Stalni i vanjski stručni suradnici *Rukovalac* (27.izd.). Zagreb: Zavod za istraživanje i razvoj sigurnosti d.o.o.; 2022.
- [5] Stručni suradnici ZIRS-a *Sigurnost pri radu s dizalicama upravljanjem iz kabine* (5.izd.). Zagreb: Zavod za istraživanje i razvoj sigurnosti d.d.; 2007.
- [6] Tešović, S., Ojvan B., *Proizvodnja i ugradnja glavnih nosača na objektima cestovnih prometnica*, *Građevinar*, 2004, vol. 56, No. 02, str. 87-90., <https://hrcak.srce.hr/broj/986> , pristupljeno: 22. kolovoz 2023.
- [7] National commission for the certification of crane operators (NCCCO), *Tower crane reference manual*, Copyright 2004–2014 National Commission, *TC RM REV 03/14.*,
https://www.nccco.org/docs/default-source/reference-materials-2014/tc_rm_032714a.pdf?sfvrsn=2, pristupljeno: 13. lipnja 2023.
- [8] Vukomanović M., Kolarić, Radujković *Priručnik organizacije građenja*. Zagreb: Udžbenici sveučilišta u Zagrebu; 2018.
- [9] Wang J., Zhang X., Shou W., Wang X., Xu B., Wu P. *A BIM-based Approach for Automated Tower Crane Layout Planning*. Elsevier; 2015.,
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580515001168>, pristupljeno: 10. srpnja 2023.

- [10] Dedijer, S. *Transportni uređaji dizalice i prijenosnice* (6.izd.). Sarajevo: IP »Svjetlost« - OOUR zavod za udžbenike; 1976., <https://dokumen.tips/documents/transportni-uredjaji-dizalice-i-prenosilice.html?page=34>, pristupljeno: 7. srpnja 2023.
- [11] Kovač, B., Brana P., Vidković D. *Tehnologija građenja*. Osijek: Građevinski fakultet Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku; 2006., <https://dokumen.tips/documents/tehnologija-materijali-1dio.html?page=1>, pristupljeno: 16. lipnja 2023.
- [12] Bezak S., Linarić Z., *Metodološki pristup proračuna troškova strojnog rada pri građenju*, Građevinar, 2008, vol. 61, No. 01, str. 23-27., <http://ww.casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-61-2009-01-03.pdf>, pristupljeno: 11. lipnja 2024.
- [13] Linarić Z., *Građevinski strojevi -troškovi strojnog rada u građenju*, https://www.grad.unizg.hr/_download/repository/troskovistrojnograda.pdf, pristupljeno: 12. lipnja 2024.
- [14] Vukomanović, M., *Predavanja*, Građevinski fakultet Zagreb, https://www.grad.unizg.hr/_download/repository/GS_predavanja.pdf, pristupljeno: 12. lipnja 2024.

7. Popis priloga

Prilog 1: Zapisnik o pregledu i ispitivanju radne opreme toranjske dizalice

Prilog 2: Katalog krana i dijagram nosivosti

Prilog 3; Prilog 4; Prilog 5; Prilog 6: Katalog krana i dijagram nosivosti

Prilog 7: Tlocrtni prikaz toranjskih dizalica u prvoj fazi građenja

Prilog 8: Visinski položaj toranjskih dizalica u prvoj fazi građenja, prva varijanta

Prilog 9: Visinski položaj toranjskih dizalica u prvoj fazi građenja, usvojena varijanta

Prilog 10: Tlocrtni prikaz toranjskih dizalica u drugoj fazi građenja, prva varijanta

Prilog 11: Tlocrtni prikaz toranjskih dizalica u drugoj fazi građenja, usvojena varijanta

Prilog 12: Visinski položaj toranjskih dizalica u drugoj fazi građenja

Prilog 13: Tlocrtni prikaz toranjskih dizalica u trećoj fazi građenja

Prilog 14: Visinski položaj toranjskih dizalica u trećoj fazi građenja, prva varijanta

Prilog 15: Visinski položaj toranjskih dizalica u trećoj fazi građenja, usvojena varijanta

Temeljem članka 42. Zakona o zaštiti na radu (NN 71/14, 118/14, 94/18 i 96/18) i članka 10. Pravilnika o pregledu i ispitivanju radne opreme (NN 16/16, 120/22), a nakon obavljenog pregleda i ispitivanja radne opreme sastavljen je:

Z A P I S N I K

O PREGLEDU I ISPITIVANJU RADNE OPREME

broj: Z-51-438-5/1-23

I PODACI O RADNOJ OPREMI

Naziv radne opreme: DIZALICA GRAĐEVINSKA OKRETNNA STUPNA, max. nosivost 108 kN / 15,7 m; 26 kN / 50 m
Proizvođač: POTAIN
Tip / Model: F3/29A
Tvornički broj: 52883
Inventarni broj: 61-156

II OPĆI PODACI O KORISNIKU RADNE OPREME

Naziv: TEHNIKA d.d.
Sjedište: Ulica grada Vukovara 274, 10000 ZAGREB
OIB: 73037001250

III NAMJENA RADNE OPREME

radna oprema se koristi za manipulaciju teretom

IV MJESTO PREGLEDA I ISPITIVANJA (položaj u radnom prostoru)

privremeno gradilište: City Centar Buzin

V PREGLED I ISPITIVANJE OBAVILI

Hrvoje Kašuba, dipl. ing. str., (stručni ispit broj: 135), ST 0891,OIB: 05875167260
Tomislav Guštek, dipl. ing. el., (stručni ispit broj: 3178),OIB: 62215907876

VI DATUM POČETKA I ZAVRŠETKA PREGLEDA I ISPITIVANJA

Početak: 06.03.2023. Završetak: 06.03.2023.

VII PROPISI KOJIMA JE UTVRĐENA OBEVEZA ISPITIVANJA RADNE OPREME

Zakon o zaštiti na radu (NN 71/14, 118/14, 94/18 i 96/18)

Pravilnik o pregledu i ispitivanju radne opreme (NN 16/16, 120/22)

VIII PROPISI PREMA ČIJIM ZAHTJEVIMA JE OBAVLJENA PROVJERA ISPUNJAVANJA SIGURNOSNO ZDRAVSTVENIH ZAHTJEVA NA RADNOJ OPREMI

- Tehnički propis za niskonaponske električne instalacije (NN 5/10)
- Pravilnik o zaštiti na radu pri uporabi radne opreme (NN 18/17)
- Pravilnik o sigurnosti strojeva (NN 28/11)
- Pravilnik o tehničkim normativima za dizalice (Sl. list 65/91)
- Pravilnik o sigurnosti i zdravlju pri radu s električnom energijom (NN 88/12)

IX METODE, POSTUPCI I NORME KORIŠTENE PRI PREGLEDU I ISPITIVANJU RADNE OPREME

Poslovnik o postupcima, uvjetima i metodama obavljanja poslova zaštite na radu, ALFA SIGURNOST d.o.o., siječanj/2023.

X TEHNIČKA DOKUMENTACIJA KOJA JE KORIŠTENA PRI ISPITIVANJU RADNE OPREME (upute proizvođača za uporabu i održavanje te ostala dokumentacija)

- tehnička dokumentacija
- uputa za uporabu
- kontrolna knjiga

XI NALAZI DRUGIH OVLAŠTENIH ISPITIVAČA I/ILI LABORATORIJA, TE ODRŽAVATELJA RADNE OPREME

Geomehanika tla: Izvještaj o ispitivanju broj: LI-21.07.20-01-25, GEOEXPERT IGM d.o.o., 06.03.2023.

XII MJERNA I ISPITNA OPREMA KORIŠTENA PRI PREGLEDU I ISPITIVANJU RADNE OPREME

- Digitalni dinamometar, Kern, HFM 10T1, ser. broj WF 1315550
- Laserski mjerač udaljenosti, Proizvođač: UNI-T, Model: UT391A, Serijski broj: H110377378
- Višenamjensko mjerilo za mjerenje i ispitivanje električne instalacije, Metrel, Eurotest 61557, ser. broj 17250375

NALAZI REZULTATI PREGLEDA I ISPITIVANJA RADNE OPREME**XIII OPIS ISPITNIH RADNJI I REZULTATI PREGLEDA I ISPITIVANJA – strojarski dio (A)**

Pregledom i ispitivanjem radne opreme u mirovanju i pogonu, bez opterećenja i pod opterećenjem, utvrđeno je sljedeće:

PREGLED U STANJU MIROVANJA

- A.1. Vrsta pogona
- električni.
- A.2. Radne tvari i sirovine, koje radna oprema koristi pri radu
- ulje za reduktore
 - hidrauličko ulje i mast za podmazivanje.
- A.3. Smještaj dizalice
- dizalica je smještena unutar ograđenog gradilišta
 - dizalica je preko kotača postavljena na dizaličnu stazu, za vrijeme rada se ne kreće po stazi, nego radi na mjestu i kliještima je učvršćena za prugu radi sprečavanja kretanja uslijed djelovanja vjetra
 - tračnice dizalične staze su spojnicama pričvršćene za AB blokove, koji su oslonjeni na zbito tlo
 - okretni mehanizam je na vrhu stupa
 - dizalica radi u dohvat s drugim građevinskim okretnim stupnim dizalicama, a u manevarskom prostoru dizalice se nalazi prometnica, iznad koje je zabranjena manipulacija teretom, (potrebno upisati u kontrolnu knjigu i dati na potpis dizaličaru).
- A.4. Dizalična staza
- tračnice dizalične staze su postavljene preko betonskih podmetača na sabijeno tlo
 - pričvršćenje tračnica za podlogu je propisno izvedeno
 - tračnice su istog tipa
 - međusobni spoj tračnica je izveden spojnicama
 - tračnice su međusobno galvanski spojene Fe-Zn trakom
 - razlika međusobnog razmaka tračnica (simetrala) je u dopuštenim granicama - zadovoljava

Alfa sigurnost d.o.o. je ovlašten za obavljanje poslova zaštite na radu temeljem rješenja o ovlaštenju Ministarstva rada, mirovinskog sustava, obitelji i socijalne politike, Klasa: UP/I-115-01/19-01/43, Ur.br.: 524-03-03-02/1-22-08, Zagreb, izdano dana 16. rujna 2022. godine

- g) visinska razlika tračnica je u dopuštenim granicama - zadovoljava
h) na krajevima tračnica su odbojnici.
- A.5. Podvozje dizalice
- a) podvozje je s kotačima - zadovoljava
b) broj betonskih blokova na podvozju (10 A + 10 B kom.) odgovara visini stupa, učvršćenje i montaža blokova su izvedeni prema uputama proizvođača.
- A.6. Stup dizalice
- a) montaža stupa je izvedena prema uputi proizvođača (osnova + 7 nastavka)
b) stezanje međukomada konstrukcije stupa je izvedeno originalnim vijcima proizvođača dizalice
c) na konstrukciji stupa je ugrađena kabina za upravljanje dizalicom, unutar stupa su ljestve s leđobranom za prilaz u kabinu
d) kabina je ostakljena i grijana, pod je toplinski i električki izoliran, u kabini se nalazi PP aparat.
- A.7. Grana dizalice i mačka
- a) montaža grane i mačke je izvedena prema uputama proizvođača
b) dužina grane je 50 m, a broj protutega na grani je prema uputama proizvođača (2+2 kom.)
c) mehanizam za vožnju mačke - zadovoljava.
- A.8. Mehanizam za dizanje i spuštanje tereta
- a) sklop užnica na mehanizmu za dizanje tereta zadovoljava
b) čelično uže svojom dimenzijom, konstrukcijom i ovješanjem odgovara za maksimalnu nosivost dizalice (ovjes: 1:2/1:4)
c) sklop kuke zadovoljava (kuka je s osiguračem, a sklop kuke je propisno obojan).
- A.9. Upravljanje dizalicom
- a) upravljanje dizalicom se obavlja iz kabine
b) upravljački uređaji su tipkala i poluge pored kojih se nalaze odgovarajuće oznake
c) ugrađena je truba za zvučnu signalizaciju, te tipkalo za isklup u nuždi.
- A.10. Natpisi
- a) na dizalici se nalazi tvornička pločica s osnovnim podacima
b) na dizalici su postavljene ploče upozorenja i registarska ploča
c) upravljački uređaji su propisno označeni.
- ISPITIVANJE U POGONU**
- A.11. Stavljanjem dizalice u pogon ispitane su sljedeće radnje
- a) dizanje i spuštanje kuke-zadovoljava
b) vožnja mačke po grani-zadovoljava
c) okretanje grane-zadovoljava
d) ispitano je tipkalo za isklup u nuždi i zvučna signalizacija-prilikom ispitivanja su ispravno djelovali.
- A.12. Provjera elektromagnetskih kočnica za:
- a) dizanje i spuštanje kuke-zadovoljava
b) vožnju mačke-zadovoljava
c) okretanje grane-zadovoljava.
- A.13. Ispitnim radnjama su provjereni krajnji isključivači za:
- a) dizanje kuke-zadovoljava
b) vožnju mačke-zadovoljava
c) preopterećenje-zadovoljava
d) okretanje-zadovoljava.

A.14. Uređaji za uključivanje u pogon i isključivanje iz pogona dizalice pouzdano djeluju. Gibanje dijelova dizalice je sukladno oznakama pored upravljačkih uređaja.

POKUSNO STATIČKO I DINAMIČKO OPTEREĆENJE

- a) statičko i dinamičko opterećenje je obavljeno 10 % težim teretom od maksimalne nosivosti dizalice pri minimalnom i maksimalnom dohvatu
- b) po isteku vremena statičkog opterećenja je utvrđeno da nisu nastala oštećenja niti trajne deformacije na konstrukciji dizalice. Kočnica uređaja za dizanje i spuštanje tereta zadovoljava. Pokus je trajao 25 minuta
- c) dinamičko opterećenje je obavljeno 10 % težim teretom od maksimalne nosivosti dizalice pri minimalnom i maksimalnom dohvatu.

Obavljeno je:

- d) dizanje i spuštanje tereta po čitavoj visini-zadovoljava
 - e) vožnja mačke s teretom-zadovoljava
 - f) okretanje grane s teretom-zadovoljava.
- A.15. Ispitano je djelovanje elektromagnetskih kočnica za:
- a) dizanje i spuštanje tereta-zadovoljava
 - b) vožnju mačke s teretom-zadovoljava
 - c) okretanje grane s teretom-zadovoljava.

A.16. Ispitan je uređaj protiv preopterećenja dizalice koji je ispravno djelovao-kod preopterećenja dizalice, isključuje se mehanizam za dizanje tereta i vožnju mačke za povećanje dohvata.

Prilikom preopterećenja dizalice, kao upozorenje se oglasi truba.

A.17. Promjene nastale uporabom - strojarski dio

- a) na dizalici nisu nastale promjene i oštećenja, koja bi utjecala na siguran rad.

Pregled i ispitivanje obavio: _____

Hrvoje Kašuba, dipl. ing. str.
(*stručni ispit broj: 135*), ST 0891
OIB: 05875167260

XIV OPIS ISPITNIH RADNI I REZULTATI PREGLEDA I ISPITIVANJA – elektro dio (B)

Pregledom i ispitivanjem radne opreme u mirovanju i pogonu, utvrđeno je sljedeće:

B.1. Priključak na električnu mrežu

- a) radna oprema se priključuje na električnu mrežu 400 V, 50 Hz, preko stalnog priključka iz elektro razdjelnika gradilišta inv. broj: 97
- b) priključni kabel je ispravan i neoštećen.

B.2. Zaštita od preopterećenja i kratkog spoja

- a) zaštita od preopterećenja i kratkog spoja je izvedena NVO instalacijskim osiguračima, nazivne struje 80 A.

B.3. Zaštita od izravnog dodira dijelova pod naponom

- a) zaštita od izravnog dodira dijelova pod naponom je provjerena probnim prstom prema HRN EN 61032 i utvrđeno je da zadovoljava
- b) izolacija vodiča nije oštećena

- c) napojni kabel je zaštićen od mehaničkog oštećenja
 d) električni dijelovi i sklopovi koji služe za uključivanje u pogon, isključivanje iz pogona, signalni uređaji i uređaji za upravljanje djeluju pouzdano i nisu oštećeni.

B.4. Zaštita od neizravnog dodira dijelova pod naponom

- a) zaštita od neizravnog dodira dijelova pod naponom je izvedena TN sa ZUDS 100/0,5A
 b) svi metalni dijelovi, koji u normalnom pogonu nisu pod naponom, a u slučaju kvara mogu doći pod napon galvanski su povezani.

B.5. Ostalo

- a) dizalica je povezana Fe-Zn trakom dovoljnog presjeka na dva nezavisna uzemljivača.

B.6. Rezultati mjerenja i ispitivanja zaštite od neizravnog dodira dijelova pod naponom:

| Mjerno mjesto | Tip zašt. uređaja | $I_{\Delta n}$ [A] | Z_s [Ω] | $I_{\Delta n} \times Z_s$ [V] | U_{iz} [V] | Ocjena rezultata |
|-------------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------|--------------|------------------|
| dizalica građevinska okretna stupna | NVO 80A | 0,5 | 0,21 | 0,105 | 0,11 | Zadovoljava |

$I_{\Delta n}$ - nazivna diferencijalna struja (preostala proradna struja) strujne zaštitne sklopke (ZUDS)


Z_s - impedancija petlje kvara

U_{iz} - izmjereni napon dodira

B.7. Rezultati ispitivanja zaštite od indirektnog dodira

| Tip ZUDS | Vrijednost diferencijalne struje isključenja [mA] | | Vrijeme isključenja [ms] | | Prorada (provjera) ispitnog tipkala |
|----------|---|------------|--------------------------|------------|-------------------------------------|
| | Izmjereno | Dozvoljeno | Izmjereno | Dozvoljeno | |
| 100/0,5A | 375 | <500 | 21 | <200 | Zadovoljava |

Pregled i ispitivanje obavio:


 Tomislav Guštek, dipl. ing. el.
 (stručni ispit broj: 3178)
 OIB: 62215907876

XV REZULTATI O PREGLEDU I ISPITIVANJU S POPISOM NEDOSTATAKA I PRIJEDLOGOM MJERA ZA OTKLANJANJE

Nema nedostataka.

XVI ZAKLJUČNA OCJENA


Na temelju podataka pribavljenih pregledom i ispitivanjem na dan i u vrijeme ovog ispitivanja i upisanih u ovom zapisniku, ocjenjuje se da predmet ispitivanja **zadovoljava** uvjete propisane pravilima zaštite na radu.

XVII PROPISANI ROK ZA SLJEDEĆI PREGLED I ISPITIVANJE


Zapisnik o provedenom pregledu i ispitivanju radne opreme vrijedi do **06.03.2026.** godine, uz uvjet da u tijeku važenja ovog Zapisnika ne nastupe okolnosti zbog kojih je prema odredbama Zakona o zaštiti na radu potrebno ponoviti pregled i ispitivanje.

U Zagrebu, 06.03.2023.

Rezultate pregledao i ocijenio:


Hrvoje Kašuba, dipl. ing. str.
(*stručni ispit broj: 135*), ST 0891
OIB: 05875167260

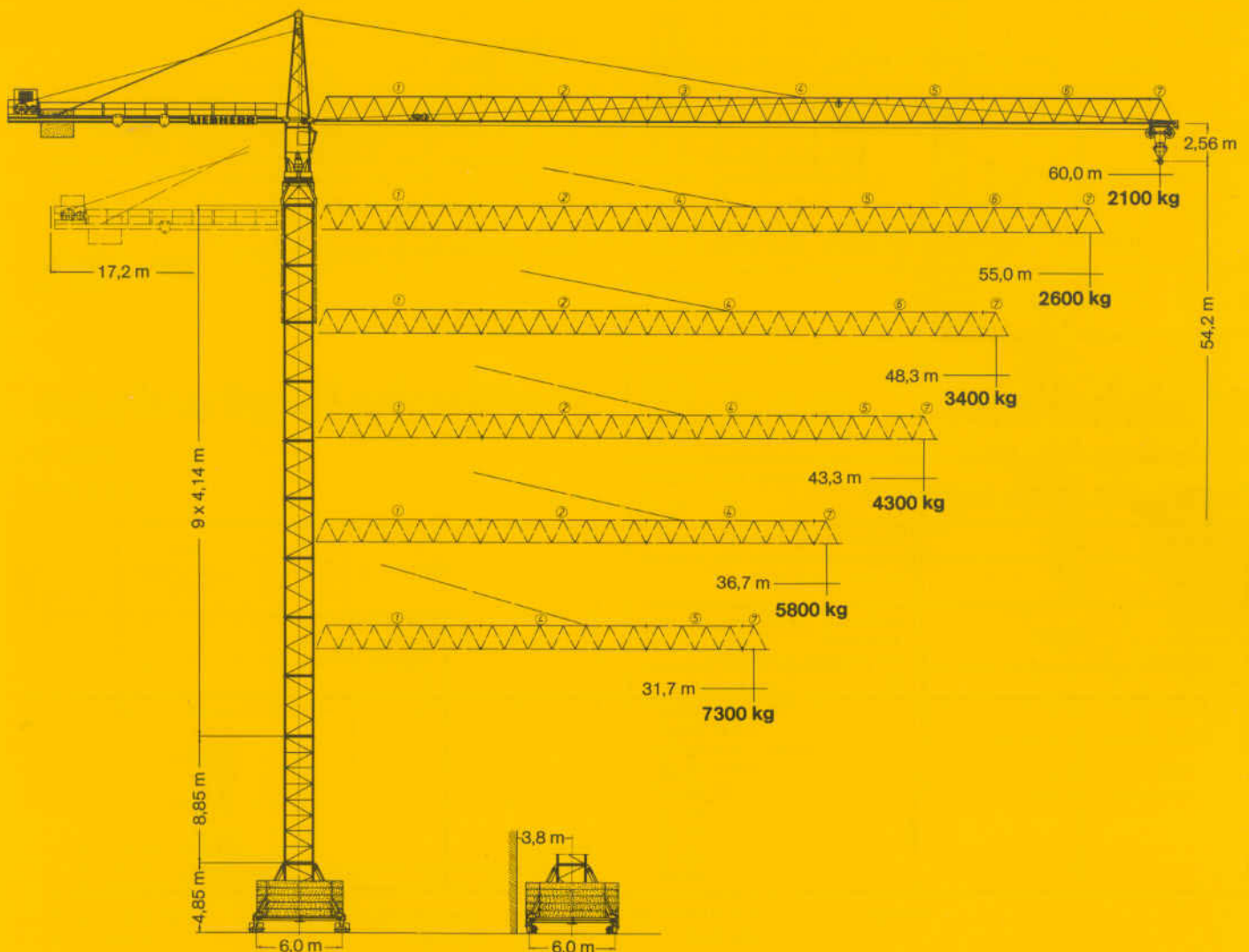
Rezultate pregledao i ocijenio:


Tomislav Guštek, dipl. ing. el.
(*stručni ispit broj: 3178*)
OIB: 62215907876

 ALFA SIGURNOST[®]
Remetinec 48E, Zagreb
Hrvatska, EU
OIB: 47785989863 

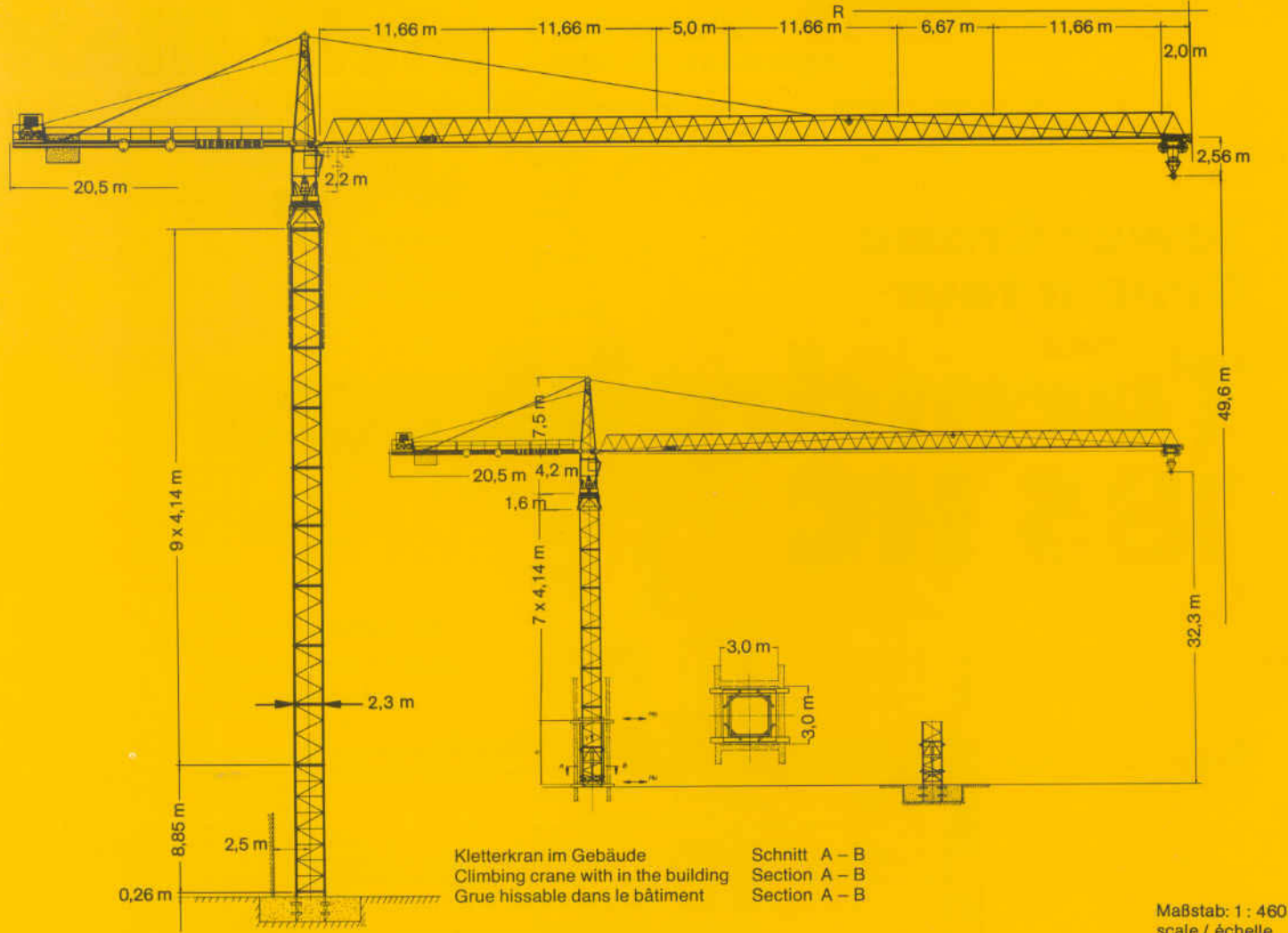
**Tower Crane
Grue à tour**

Turmdrehkran 185 HC



Maßstab: 1 : 460
scale / échelle

LIEBHERR



Hubhöhe

Hoisting height

Hauteur sous crochet

| Anzahl der Turmstücke Number of tower sections Nombre d'éléments de mât | Hubhöhe Hoisting height Hauteur sous crochet | |
|---|---|--|
| | stationär stationary sur pieds de scellement m | fahrbar mobile roulante sur rails m |
| 1 | 16,48 | 21,08 |
| 2 | 20,62 | 25,22 |
| 3 | 24,76 | 29,36 |
| 4 | 28,90 | 33,50 |
| 5 | 33,04 | 37,64 |
| 6 | 37,18 | 41,78 |
| 7 | 41,32 | 45,92 |
| 8 | 45,46 | 50,06 |
| 9* | 49,60 | 54,20 |

* Führungsstück nach Montage ablassen. / Lower guide section after erection. / Baissez la cage télescopique après le montage.
 Weitere Hubhöhen auf Anfrage. / Further hoist heights on request. / Hauteurs sous crochet plus élevées sur demande.

185 HC

Daten für fahrbaren Kran

Data for rail-going crane

Caractéristiques pour grue sur rails

| | |
|---|-------|
| Radstand Wheel gauge Empattement | 6,0 m |
| Spurweite Track gauge Ecartement de la voie | 6,0 m |

| | |
|--|----------|
| Innenkurvenradius Interior curve radius Rayon de courbe intérieure | 12,0 m |
| Konstruktionsgewicht (max. Hakenhöhe + Ausladung) Dead weight (max. hoisting height + radius) Poids de construction (Hauteur sous crochet max. + portée) | 62000 kg |

Ausladung und Tragfähigkeit

Radius and capacity




Portée et charge

| Auslegerlänge Length of jib Longueur de flèche (Schwenkradius Slewing radius Rayon de rotation) m | Max. Tragfähigkeit Max. capacity Charge max. m/kg | Ausladung und Tragfähigkeit m/kg Radius and capacity Portée et charge | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 17,5 | 20,0 | 22,5 | 25,0 | 27,5 | 30,0 | 31,7 | 33,0 | 35,0 | 36,7 | 39,0 | 41,0 | 43,3 | 45,0 | 48,3 | 50,0 | 51,0 | 52,5 | 55,0 | 57,0 | 60,0 |
| 60,0 (R = 61,4) | 2,2 - 17,8 8000 | 7960 | 7180 | 6400 | 5760 | 5230 | 4770 | 4500 | 4310 | 4040 | 3830 | 3570 | 3370 | 3160 | 3020 | 2770 | 2660 | 2590 | 2500 | 2360 | 2250 | 2100 |
| 55,0 (R = 56,4) | 2,2 - 15,5 10000 | 8940 | 7880 | 7020 | 6320 | 5730 | 5230 | 4930 | 4760 | 4430 | 4200 | 3920 | 3700 | 3480 | 3320 | 3050 | 2930 | 2860 | 2730 | 2600 | | |
| 48,3 (R = 49,7) | 2,2 - 17,1 10000 | 9820 | 8660 | 7730 | 6960 | 6320 | 5770 | 5450 | 5260 | 4900 | 4650 | 4350 | 4110 | 3860 | 3700 | 3400 | | | | | | |
| 43,3 (R = 44,7) | 2,2 - 19,0 10000 | 10000 | 9560 | 8530 | 7690 | 6990 | 6390 | 6040 | 5820 | 5440 | 5170 | 4830 | 4570 | 4300 | | | | | | | | |
| 36,7 (R = 38,1) | 2,2 - 21,4 10000 | 10000 | 10000 | 9520 | 8590 | 7820 | 7160 | 6760 | 6480 | 6100 | 5800 | | | | | | | | | | | |
| 31,7 (R = 33,1) | 2,2 - 23,1 10000 | 10000 | 10000 | 10000 | 9270 | 8430 | 7720 | 7300 | | | | | | | | | | | | | | |

Geschwindigkeiten

Speeds

Vitesses

| | | |
|---|--------------------------------|------------|
|  | U/min 0,8 sl./min tr./mn | 2 × 5,0 kW |
|  | 12,0 / 40,0 / 80,0 m/min | 4,8 kW |
|  | 25,0 m/min | 2 × 7,5 kW |

| Hubwerk Hoist gear Mécanisme de levage | Gang Gear Rapport | kg | m/min |
|---|-------------------------|---------------|---------------------|
| 61,0 kW, WIW 270 RX 088 Elmag, WSB Hubhöhe 101,0 m (2 Lagen) Hoisting height (2 layers) Hauteur sous crochet (2 couches) | 1 | 10000 | 1,7 / 17,0 |
| | 2 | 4800 | 5,8 / 58,0 |
| | 3 | 2440 | 11,4 / 114,0 |
| 30,0/34,0 kW, WIW 240 RX 051 Elmag, WSB Hubhöhe 63,0 m (2 Lagen) Hoisting height (2 layers) Hauteur sous crochet (2 couches) | 1 | 10000 5800 | 1,2 / 12,0 24,0 |
| | 2 | 4000 1480 | 3,9 / 39,0 78,0 |
| | 3 | 1800 500 | 7,8 / 78,0 155,0 |
| 61,0 kW, WIW 270 RX 121 Elmag, WSB Hubhöhe mit LS-Trommel (6 Lagen) 157,0 m Hoisting height with LS-drum (6 layers) Hauteur sous crochet avec enrouleur LS (6 couches) | 1 | 10000 | 1,1 / 11,0 |
| | 2 | 5700 | 4,1 / 41,0 |
| | 3 | 2500 | 8,0 / 80,0 |

Technische Kenngröße nach BGL

2125-0180

Technical nominal size according to the construction machinery list (BGL)

Grandeur caractéristique suivant le barème d'emploi des appareils (BGL)

Gesamtmotorenleistung mit

34 kW-Hubwerk 63,8 kW

61 kW-Hubwerk

90,8 kW

Total motor output with

hoist gear

hoist gear

Puissance totale des moteurs avec

mécanisme de levage

mécanisme de levage

Gesamtanschlußwert (bei Gleichzeitigkeitsfaktor von 0,8)

78,0 kVA

95,0 kVA

Total power requirement (with a simultaneity factor of 0,8)

Puissance totale requise (avec un facteur de simultanéité de 0,8)

Technische Daten - Technical data

Caractéristiques techniques

Kolli-Liste

Packing List Liste de colisage

| Pos. Item Rep. | Anzahl Qty | Benennung Description Désignation | Diese Liste kann nicht zur Ermittlung des kleinsten Transportvolumens verwendet werden. This list cannot be used for the calculation of the smallest transport volume. Cette liste ne peut pas être utilisée pour la calculation du plus petit volume de transport. | Länge m Length m Longueur m | Breite m Width m Largeur m | Höhe m Height m Hauteur m | Einzelgew. kg Unit weight kg Poids unitaire kg | Gesamtgew. kg Total weight kg Poids total kg |
|----------------|------------|---|---|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|--|--|
| 1 | 2 | Fahrschemel mit Antrieb Rail bogie with drive Bogie moteur | | 1,46 | 0,84 | 0,87 | 1080 | 2160 |
| 2 | 2 | Fahrschemel ohne Antrieb Rail bogie without drive Bogie fou | | 1,15 | 0,6 | 0,87 | 800 | 1600 |
| 3 | 1 | Tragholm lang Support arm long Longeron long | | 9,1 | 0,82 | 0,74 | | 1350 |
| 4 | 2 | Tragholm kurz Support arm short Longeron court | | 4,41 | 0,62 | 0,71 | 615 | 1230 |
| 5 | 2 | Randträger Border support Traverse | | 5,48 | 0,11 | 0,16 | 118 | 572 |
| 6 | 4 | Stützholm Support strut Hauban de châssis | | 4,23 | 0,17 | 0,25 | 275 | 1100 |
| 7 | 1 | Führungsstück kpl. Guide section cpl. Cage télescopique cpl. | | 8,39 | 2,80 | 2,5 | | 4070 |
| 8 | 1 | Unterswagen-Turmstück Undercarriage tower section Mât de châssis | | 3,73 | 2,52 | 2,52 | | 1950 |
| 9 | 9 | Turmstück Tower section Élément de mât | | 4,14 | 2,30 | 2,30 | 2050 | 18450 |
| 10 | 1 | Drehbühne kpl. mit Kugeldrehkranz und Kud-Auflage Slewing platform cpl. with ball slewing ring and ring support Ensemble mât cabine avec pivot et couronne d'orientation | | 6,24 | 2,74 | 2,57 | | 7100 |
| 11 | 1 | Turmspitze Tower head Porte-flèche | | 7,66 | 1,62 | 1,77 | | 1750 |
| 12 | 1 | Gegenausleger-Endstück Counter-jib end section Pointe de contre-flèche | | 7,63 | 2,40 | 0,73 | | 1750 |
| 13 | 1 | Gegenausleger-Zwischenstück Intermediate counter-jib section Élément interm. de contre-flèche | | 3,48 | 1,72 | 0,73 | | 904 |
| 14 | 1 | Gegenausleger-Anlenkstück Counter-jib heel section Pied de contre-flèche | | 8,41 | 1,74 | 0,73 | | 1420 |
| 15 | 1 | Ausleger-Anlenkstück Jib heel section Pied de flèche | | 12,0 | 1,84 | 1,92 | | 2210 |
| 16.1 | | Ausleger-Zwischenstück | | | | | 1630 | |
| 16.2 | 3 | Intermediate jib section Élément interm. de flèche | | 11,97 | 1,63 | 1,86 | 1530 | 4145 |
| 16.3 | | | | | | | 985 | |
| 17 | 1 | Ausleger-Zwischenstück Intermediate jib section Élément interm. de flèche | | 5,31 | 1,63 | 1,84 | 520 | 1245 |
| 18 | 1 | Ausleger-Kopfstück Jib head section Pointe de flèche | | 6,98 | 1,63 | 1,84 | 725 | |
| 19 | 1 | Laufkatze Trolley Chariot | | 2,20 | 1,84 | 1,86 | | 280 |
| 20 | 1 | Grundturmstück Base tower section Mât de base | | 1,88 | 1,83 | 1,07 | | 375 |
| 21 | 1 | Stapel Podeste Platforms Plates-formes | | 8,85 | 2,3 | 2,3 | | 4065 |
| 22 | 1 | Hydraulikanlage, Stütz- und Klettertraverse Hydraulic unit, supporting and climbing cross members Système hydraulique avec traverses d'appui et de télescopage | | 5,0 | 1,5 | 2,0 | | 2300 |
| 23 | 1 | Turmstück lang Long tower section Élément de mât long | | 2,00 | 1,15 | 1,00 | | 800 |
| 24 | 1 | Hubwerkseinheit Hoist gear unit Treuil de levage | | 12,42 | 2,3 | 2,3 | | 5100 |
| 25 | 1 | Hubwerkseinheit Hoist gear unit Treuil de levage | | 4,12 | 2,40 | 1,66 | | 4790 |
| 25 | 1 | Kiste mit Kleinteilen, Seilen und Fundamentwinkeln Crate with small parts, ropes and foundation angle irons Caisse contenant des accessoires, câbles et pieds de scellement | | 1,1 | 1,0 | 1,24 | | 1500 |

Datenblatt Nr. 120 P - 2301 H 1 B 3 DIN 15018 - 4.88

Data sheet

Feuille de caractéristiques

Konstruktionsänderungen vorbehalten!

Subject to alterations!

Sous réserves de modifications!

Printed in Fed. Rep. of Germany

**Nehmen Sie Kontakt auf mit
Contact**

Mettez-vous en rapport avec

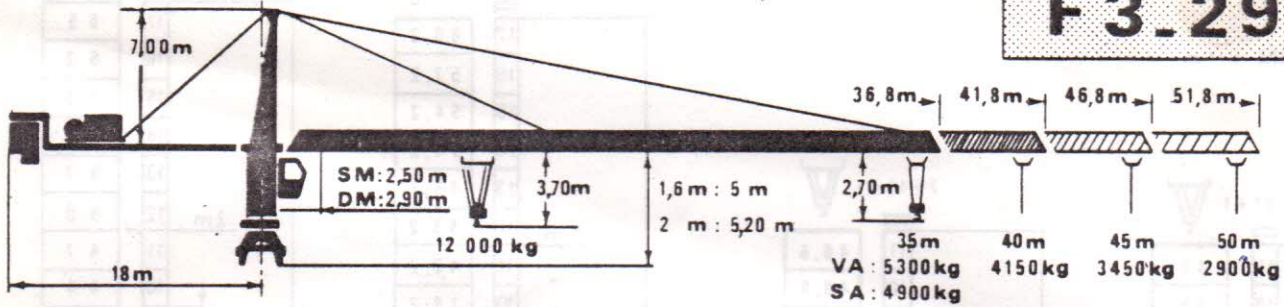
**LIEBHERR-WERK BIBERACH GMBH, Postfach 1663, D-7950 Biberach an der Riss 1,
Telefon (0 73 51) 41-0, Telex 71802, Telefax (0 73 51) 412 25**



Potain

TOPKIT

F 3.29A



| | | | | | |
|------|----|--|----|---|--|
| 50 m | DM | | kg | 12000 10200 9000 8100 7200 6600 6000 5500 5100 4650 4350 4050 3750 3500 3300 3100 2900 2700 | |
| | | | m | 15,7 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 | |
| | SM | | kg | 6000 5700 5200 4850 4500 4200 3950 3700 3450 3250 3100 2900 | |
| | | | m | 28,6 m 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 | |
| | | | kg | 6000 5400 5100 4750 4500 4250 4000 3800 3600 3450 | |

| | | | | | |
|------|----|--|----|---|--|
| 45 m | DM | | kg | 12000 10500 9200 8200 7400 6700 6000 5400 5000 4600 4300 4000 3750 3500 3250 | |
| | | | m | 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 | |
| | SM | | kg | 6000 5600 5200 4800 4650 4150 3900 3650 3450 | |
| | | | m | 29,2 m 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 | |
| | | | kg | 6000 5700 5300 5000 4700 4450 4200 4000 | |

| | | | | | |
|------|----|--|----|--|--|
| 40 m | DM | | kg | 12000 10700 9500 8500 7600 6900 6300 6000 5300 4950 4550 4250 3950 | |
| | | | m | 16,3 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 | |
| | SM | | kg | 6000 5500 5100 4750 4450 4150 | |
| | | | m | 29,8 m 32 33 34 35 36 37 38 39 40 | |
| | | | kg | 6000 5700 5300 5000 4700 | |

| | | | | | |
|------|----|--|----|--|--|
| 35 m | DM | | kg | 12000 10700 9600 8600 7800 7100 6500 6000 5500 5100 | |
| | | | m | 17,3 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 | |
| | SM | | kg | 6000 5700 5300 | |
| | | | m | 31,6 m 34 35 | |
| | | | kg | 6000 5850 | |

Spécifique VA.PA 6

| | | | | | |
|------|----|--|----|---|--|
| 35 m | DM | | kg | 12000 10100 9000 8000 7300 6600 6000 5500 5100 4700 | |
| | | | m | 16,3 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 | |
| | SM | | kg | 6000 5500 5300 4900 | |
| | | | m | 29,8 m 32 33 34 35 | |
| | | | kg | 6000 5500 | |

Spécifique SA.PA 4

* Nous consulter
Consult us

| | | | m/mn | kg | capacité maxi maxi capacity |
|-------------------------------------|--|--|---------|-------|--------------------------------|
| ① TREUIL WINCH 80 LMD 30 | | | 0 → 96 | 3000 | 410 m * > 410 m |
| | | | 0 → 48 | 6000 | |
| | | | 0 → 192 | 1500 | |
| | | | 0 → 48 | 6000 | |
| | | | 0 → 24 | 12000 | |
| | | | 0 → 96 | 3000 | |
| ② TREUIL WINCH 45 RCS 30 A | | | 0 → 52 | 3000 | 281 m * > 281 m |
| | | | 0 → 26 | 6000 | |
| | | | 0 → 26 | 6000 | |
| | | | 0 → 13 | 12000 | |

| | | |
|--|----------------------|----------|
| | OMD 55 0 → 0,8 tr/mn | 2 x 8 ch |
|--|----------------------|----------|

| | | |
|--|--------------------|------|
| | RCC 83 0 → 60 m/mn | 9 ch |
|--|--------------------|------|

| | | |
|-------------|------------------------|--|
| 380 V 50 Hz | Réseau Mains supply | Groupes électrogènes Generator unit |
| | ① 120 KVA | * |
| * 60 Hz | ② 75 KVA | |

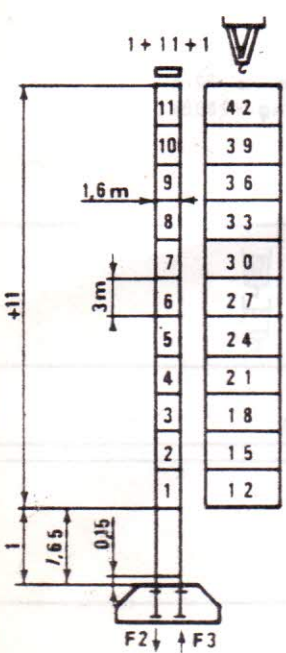
PA 458

SA 458

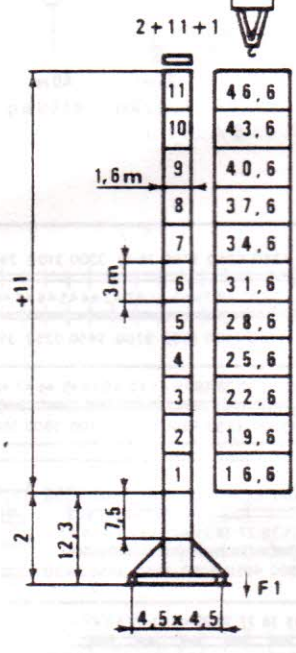
PA 664

VA664

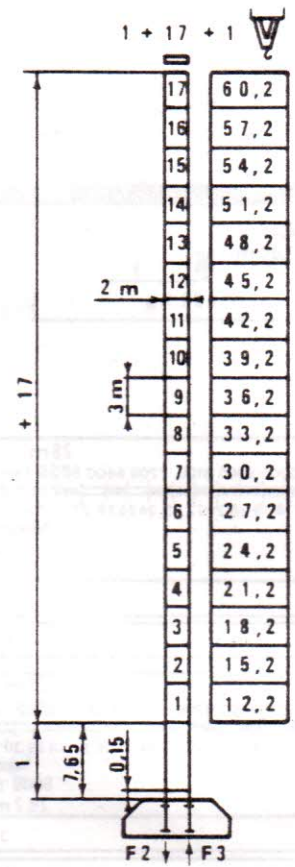
$H. SM = H. DM + 1m$



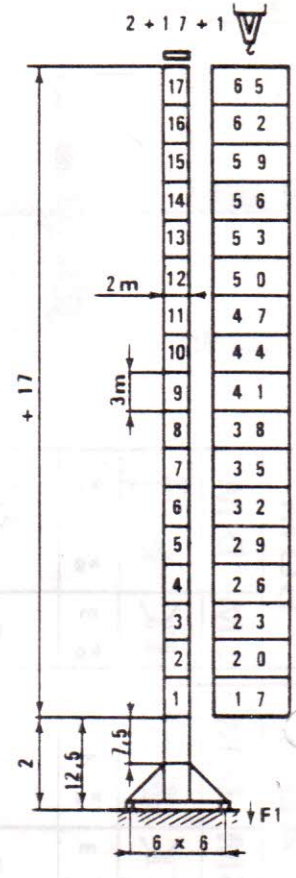
| | | |
|----|------------|--------|
| F2 | ● 111 t | ■ 95 t |
| F3 | ● 83 t | ■ 70 t |
| | 48,4 t LMD | |
| | 47,4 t RCS | |



| | | |
|----|------------|--------|
| F1 | ● 72 t | ■ 75 t |
| | 57,4 t LMD | |
| | 56,4 t RCS | |



| | | |
|----|------------|---------|
| F2 | ● 121 t | ■ 184 t |
| F3 | ● 85 t | ■ 148 t |
| | 63,6 t LMD | |
| | 62,6 t RCS | |



| | | |
|----|------------|---------|
| F1 | ● 89 t | ■ 126 t |
| | 77,6 t LMD | |
| | 76,6 t RCS | |

- En service
- Hors service

Poids à vide sans lest avec fleche et hauteur maxi

La hauteur sous crochet est theorique elle est obtenue fleche horizontale avec garde de fin de course de 0.70m entre le moufle et le crochet.

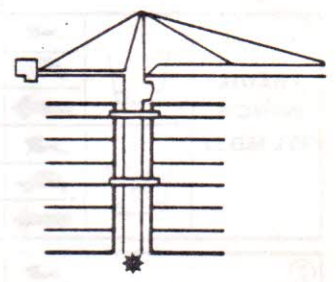
| | | | |
|--|-------------|----------------------------|------------|
| | RT 425 | 25m/mn | 2 x 5 ch |
| | RTTP 544 1v | 22m/mn | 4 x 4 ch |
| | RCT 546 | 10/50m/mn H ≤ 2 + 6 + 1 | 4 x 6,5 ch |

| | | | |
|--|-------------|-------------------------------|------------|
| | RT 544 | 22m/mn | 4 x 4 ch |
| | RTTP 645 2v | 15.30m/mn | 4 x 5 ch |
| | RCT 646 | 12 / 60m/mn H ≤ 2 + 10 + 1 | 4 x 6,5 ch |

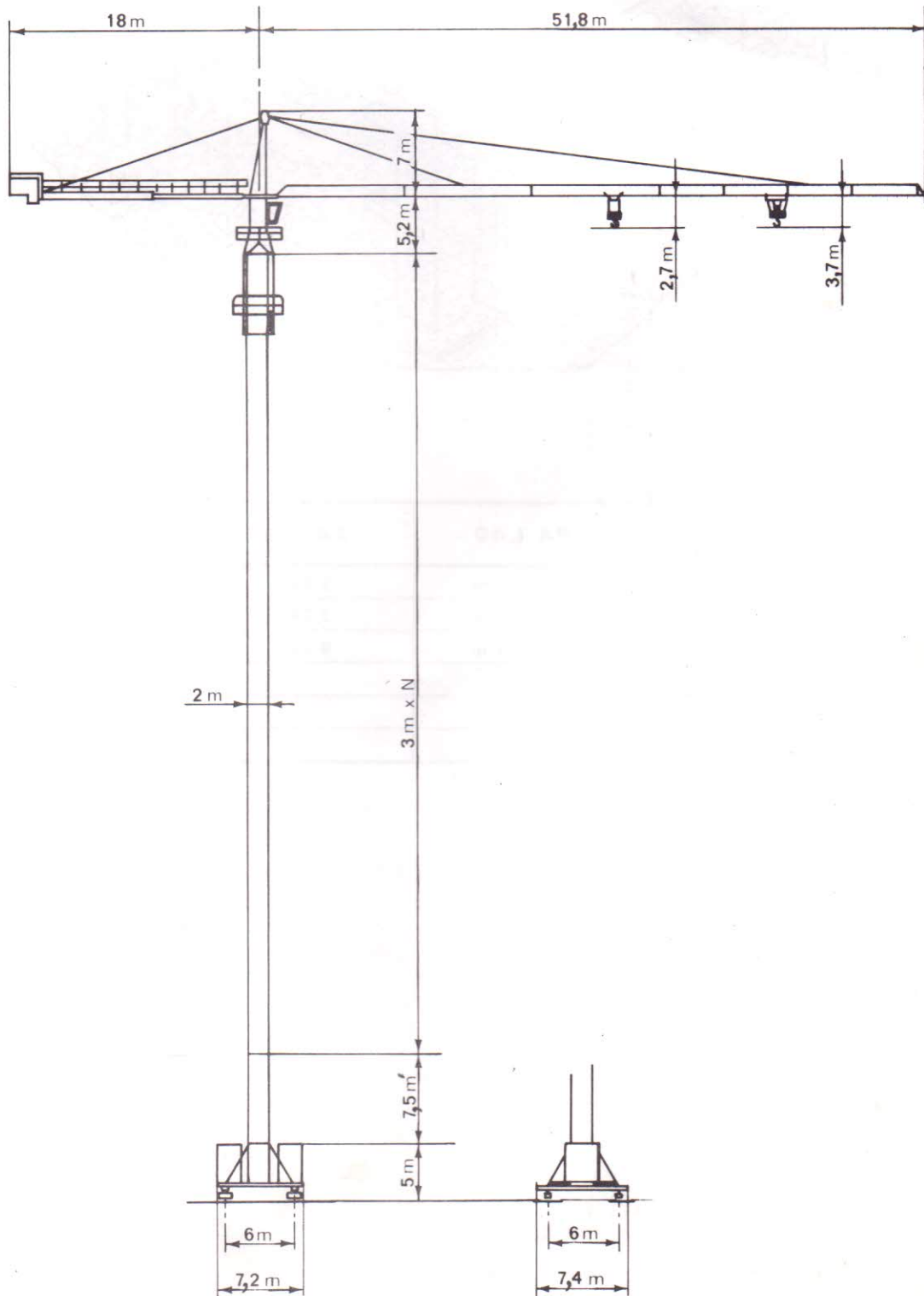


Potain

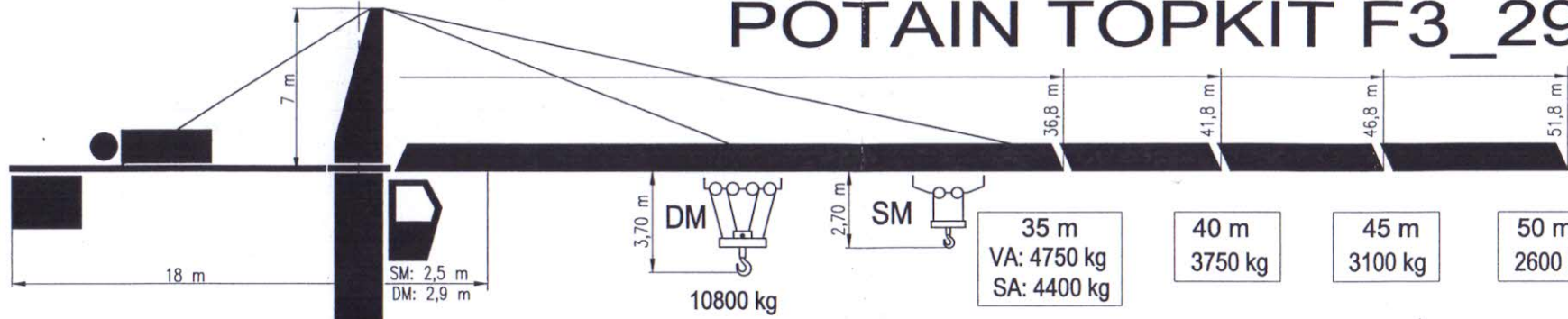
BP 173 - F 69130 ECULLY - Route de Charbonnières
 Tél. (78) 33 81 81 + - Télex 330179
 AGENCES :
 Paris - Lyon - Marseille - Rennes - Strasbourg - Toulouse - Nancy
 EXPORT 89, Avenue du Président Roosevelt
 F 94150 CHEVILLY-LARUE - Tél. (1) 687 22 23 - Télex 270001



* Voir documentation speciale

F3.29A F3.25A VA

POTAIN TOPKIT F3_29A

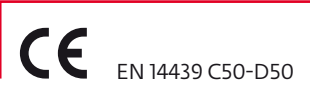
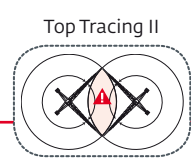
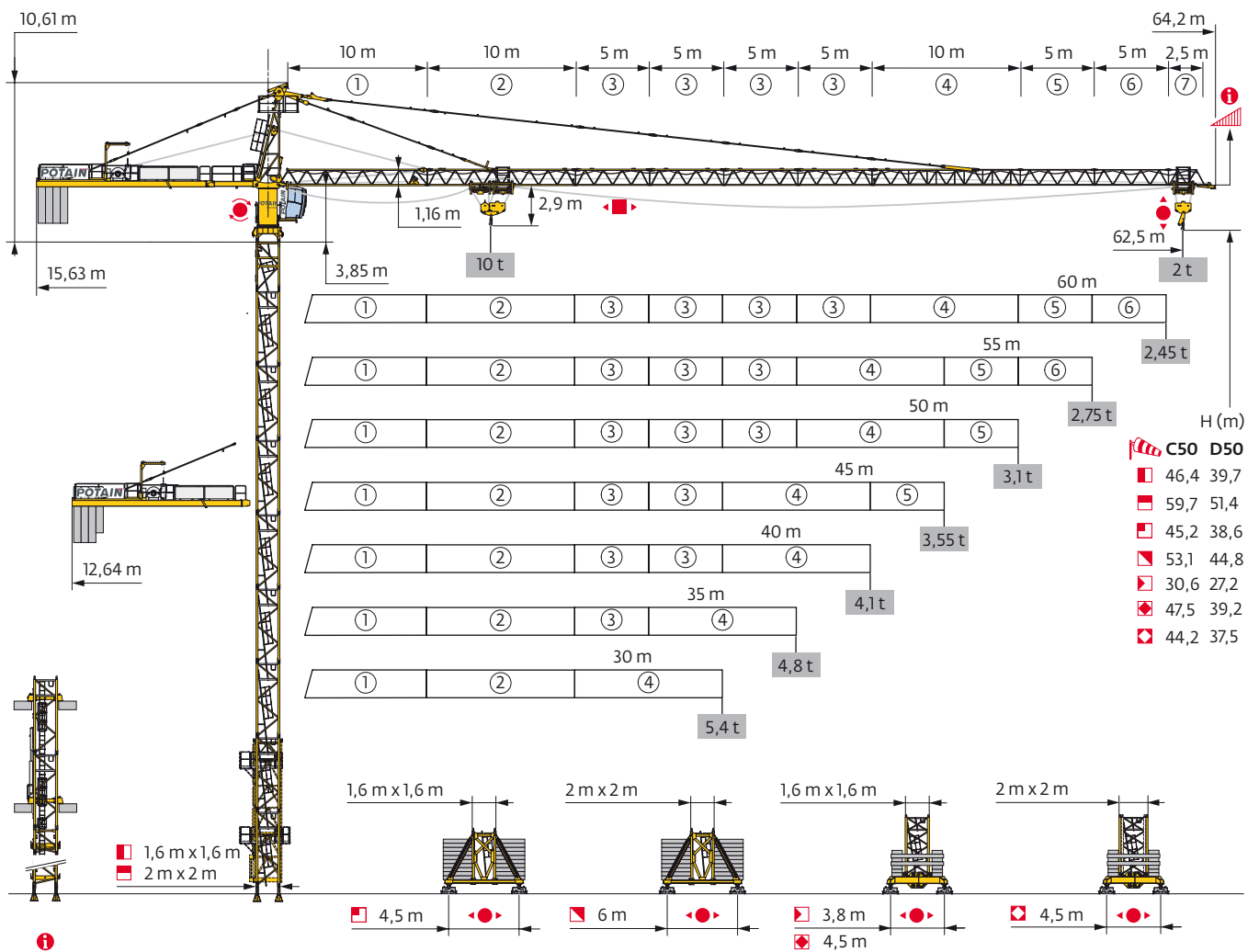


| | | | | |
|--|----|--|----|------|
| <p>10800 9200 8100 7300 6500 5950 5400 4950 4600 4200 3900 3650 3400 3150 3000 2800 2600 2400</p> <p>15,7 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 28,6 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50</p> <p>5400 5100 4700 4350 4050 3800 3550 3300 3100 2900 2800 2600</p> | kg | | DM | 50 m |
| <p>5400 4850 4600 4250 4050 3800 3600 3400 3200 3100</p> <p>31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50</p> | kg | | SM | 50 m |
| <p>10800 9450 8250 7350 6650 6050 5400 4850 4500 4150 3850 3600 3400 3150 2900</p> <p>16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 28,2 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45</p> <p>5400 5050 4350 4300 4150 3700 3500 3250 3100</p> | kg | | DM | 45 m |
| <p>5400 5100 4750 4500 4200 4000 3750 3600</p> <p>31,6 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45</p> | kg | | SM | 45 m |
| <p>10800 9650 8550 7650 6850 6200 5650 5400 4750 4450 4100 3800 3550</p> <p>16,3 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 28,8 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40</p> <p>5400 4950 4600 4250 4000 3750</p> | kg | | DM | 40 m |
| <p>5400 5150 4750 4500 4250</p> <p>32,3 33 34 35 36 37 38 39 40</p> | kg | | SM | 40 m |
| <p>10800 9650 8800 7750 7000 6400 5850 5400 4950 4600</p> <p>17,3 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 31,6 32 33 34 35</p> <p>5400 5150 4750</p> | kg | | DM | 35 m |
| <p>5400 5250</p> <p>34,1 35</p> | kg | | SM | 35 m |
| <p>10800 9100 8100 7200 6550 5950 5400 4950 4600 4250</p> <p>16,3 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 29,8 30 31 32 33 34 35</p> <p>5400 4950 4750 4400</p> | kg | | DM | 35 m |
| <p>5400 4950</p> <p>32,3 33 34 35</p> | kg | | SM | 35 m |

VA.PA6

SA.PA4

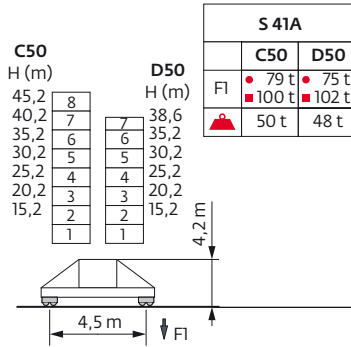
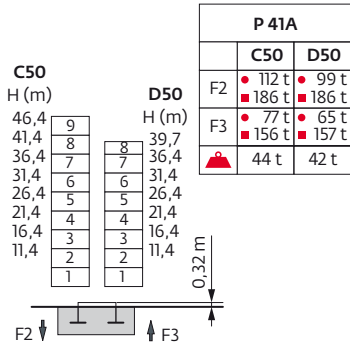
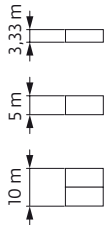
Potain MD 208 A



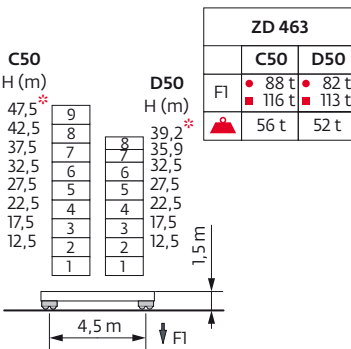
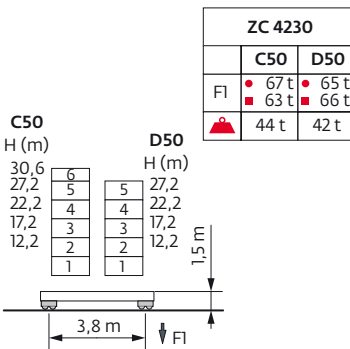
Mât - Réactions / Mast - Reaktionskräfte / Mast - Reactions / Mástil - Reacciones / Torre - Reazioni
 Tramo - Reações / Реакция опор мачты

1,6 m

30 m → 62,5 m

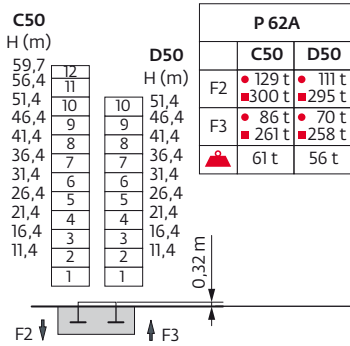
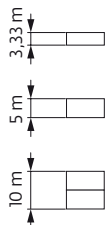


H (m) $\frac{H}{2} = H (m)$
 H (m) $\frac{H}{3} = H (m) - 0,3 m$

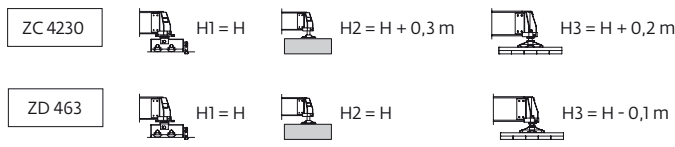
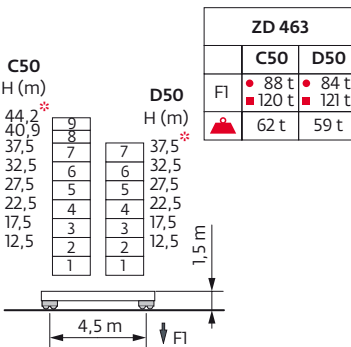
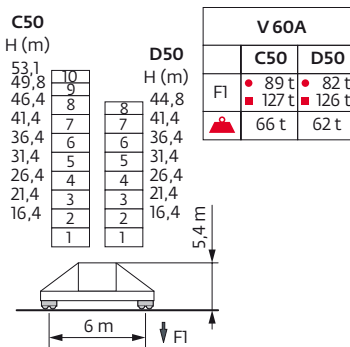


2 m


30 m → 62,5 m



H (m) $\frac{H}{2} = H (m)$
 H (m) $\frac{H}{3} = H (m) - 0,3 m$











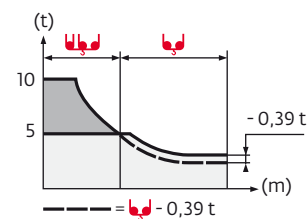
Ancrages / Verankerungen / Anchorages / Anclajes / Ancoraggi
 Ancoragem / Анкера









C50-D50 

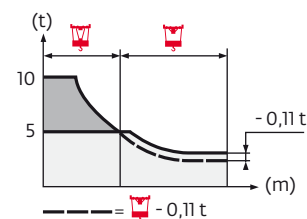
Courbes de charges / Lastkurven / Load curves / Curvas de cargas / Curve di carico
 Curvas de carga / Кривые нагрузок



| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|---|----|------|-----|-----|-----|------|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|---|
| 62,5 m | 2,9 | ▶ | 15 | 17 | 20 | 22 | 25 | 27,1 | 29 | 30 | 32 | 35 | 37 | 40 | 42 | 45 | 47 | 50 | 52 | 55 | 57 | 60 | 62,5 | m |
|  | | | 10 | 8,7 | 7,2 | 6,4 | 5,5 | 5 | 5 | 4,8 | 4,5 | 4 | 3,8 | 3,4 | 3,3 | 3 | 2,85 | 2,65 | 2,5 | 2,35 | 2,25 | 2,1 | 2 | t |
| 60 m | 2,9 | ▶ | | 16,9 | 20 | 22 | 25 | 27 | 30 | 30,6 | 32,7 | 35 | 37 | 40 | 42 | 45 | 47 | 50 | 52 | 55 | 57 | 60 | m | |
|  | | | | 10 | 8,2 | 7,4 | 6,4 | 5,8 | 5,1 | 5 | 5 | 4,6 | 4,3 | 4 | 3,7 | 3,5 | 3,3 | 3,1 | 2,9 | 2,7 | 2,6 | 2,45 | t | |
| 55 m | 2,9 | ▶ | | 17 | 20 | 22 | 25 | 27 | 30 | 30,8 | 32,9 | 35 | 37 | 40 | 42 | 45 | 47 | 50 | 52 | 55 | m | | | |
|  | | | | 10 | 8,3 | 7,5 | 6,4 | 5,9 | 5,2 | 5 | 5 | 4,7 | 4,4 | 4 | 3,8 | 3,5 | 3,3 | 3,1 | 2,95 | 2,75 | t | | | |
| 50 m | 2,9 | ▶ | | 17,1 | 20 | 22 | 25 | 27 | 30 | 30,9 | 33,1 | 35 | 37 | 40 | 42 | 45 | 47 | 50 | m | | | | | |
|  | | | | 10 | 8,4 | 7,5 | 6,5 | 5,9 | 5,2 | 5 | 5 | 4,7 | 4,4 | 4 | 3,8 | 3,5 | 3,3 | 3,1 | t | | | | | |
| 45 m | 2,9 | ▶ | | 17,3 | 20 | 22 | 25 | 27 | 30 | 31,2 | 33,4 | 35 | 37 | 40 | 42 | 45 | m | | | | | | | |
|  | | | | 10 | 8,5 | 7,6 | 6,5 | 6 | 5,3 | 5 | 5 | 4,7 | 4,5 | 4,1 | 3,8 | 3,55 | t | | | | | | | |
| 40 m | 2,9 | ▶ | | 17,4 | 20 | 22 | 25 | 27 | 30 | 31,4 | 33,6 | 35 | 37 | 40 | m | | | | | | | | | |
|  | | | | 10 | 8,5 | 7,6 | 6,6 | 6 | 5,3 | 5 | 5 | 4,8 | 4,5 | 4,1 | t | | | | | | | | | |
| 35 m | 2,9 | ▶ | | 17,5 | 20 | 22 | 25 | 27 | 30 | 31,6 | 33,8 | 35 | m | | | | | | | | | | | |
|  | | | | 10 | 8,6 | 7,7 | 6,6 | 6 | 5,3 | 5 | 5 | 4,8 | t | | | | | | | | | | | |
| 30 m | 2,9 | ▶ | | 17,4 | 20 | 22 | 25 | 27 | 30 | m | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | 10 | 8,5 | 7,7 | 6,6 | 6 | 5,3 | t | | | | | | | | | | | | | | |



| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|---|------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|---|
| 62,5 m | 2,2 | ▶ | 15,1 | 17 | 20 | 22 | 25 | 27 | 27,4 | 27,9 | 30 | 32 | 35 | 37 | 40 | 42 | 45 | 47 | 50 | 52 | 55 | 57 | 60 | 62,5 | m |
|  | | | 10 | 8,7 | 7,2 | 6,5 | 5,6 | 5,1 | 5 | 5 | 4,6 | 4,2 | 3,8 | 3,6 | 3,2 | 3 | 2,8 | 2,65 | 2,45 | 2,3 | 2,15 | 2,05 | 1,9 | 1,8 | t |
| 60 m | 2,2 | ▶ | | 17 | 20 | 22 | 25 | 27 | 30 | 30,9 | 31,5 | 32 | 35 | 37 | 40 | 42 | 45 | 47 | 50 | 52 | 55 | 57 | 60 | m | |
|  | | | | 10 | 8,3 | 7,4 | 6,4 | 5,9 | 5,2 | 5 | 5 | 4,9 | 4,4 | 4,1 | 3,8 | 3,5 | 3,3 | 3,1 | 2,85 | 2,7 | 2,5 | 2,4 | 2,25 | t | |
| 55 m | 2,2 | ▶ | | 17,1 | 20 | 22 | 25 | 27 | 30 | 31,1 | 31,7 | 32 | 35 | 37 | 40 | 42 | 45 | 47 | 50 | 52 | 55 | m | | | |
|  | | | | 10 | 8,4 | 7,5 | 6,5 | 5,9 | 5,2 | 5 | 5 | 4,9 | 4,5 | 4,2 | 3,8 | 3,6 | 3,3 | 3,1 | 2,9 | 2,75 | 2,55 | t | | | |
| 50 m | 2,2 | ▶ | | 17,2 | 20 | 22 | 25 | 27 | 30 | 31,3 | 31,9 | 32 | 35 | 37 | 40 | 42 | 45 | 47 | 50 | m | | | | | |
|  | | | | 10 | 8,4 | 7,5 | 6,5 | 6 | 5,3 | 5 | 5 | 4,5 | 4,2 | 3,8 | 3,6 | 3,3 | 3,1 | 2,9 | t | | | | | | |
| 45 m | 2,2 | ▶ | | 17,4 | 20 | 22 | 25 | 27 | 30 | 31,6 | 32,2 | 35 | 37 | 40 | 42 | 45 | m | | | | | | | | |
|  | | | | 10 | 8,5 | 7,6 | 6,6 | 6 | 5,3 | 5 | 5 | 4,5 | 4,2 | 3,9 | 3,6 | 3,35 | t | | | | | | | | |
| 40 m | 2,2 | ▶ | | 17,5 | 20 | 22 | 25 | 27 | 30 | 31,8 | 32,4 | 35 | 37 | 40 | m | | | | | | | | | | |
|  | | | | 10 | 8,6 | 7,7 | 6,6 | 6,1 | 5,4 | 5 | 5 | 4,6 | 4,3 | 3,9 | t | | | | | | | | | | |
| 35 m | 2,2 | ▶ | | 17,6 | 20 | 22 | 25 | 27 | 30 | 32 | 32,6 | 35 | m | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | 10 | 8,6 | 7,7 | 6,7 | 6,1 | 5,4 | 5 | 5 | 4,6 | t | | | | | | | | | | | | |
| 30 m | 2,2 | ▶ | | 17,6 | 20 | 22 | 25 | 27 | 30 | m | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | 10 | 8,6 | 7,7 | 6,7 | 6,1 | 5,4 | t | | | | | | | | | | | | | | | |



Lest de base / Grundballast / Base ballast / Lastre de base / Zavorra di base
 Lastro da base / Базовый Балласт

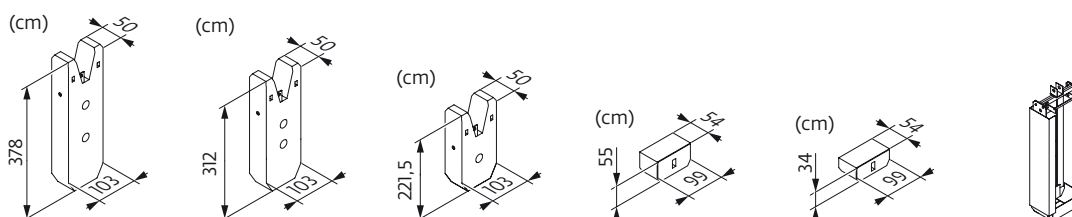
| | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-----------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1,6 m | S 41A C50 D50 | H (m) | 45,2 | 40,2 | 38,6 | 35,2 | 30,2 | 25,2 | 20,2 | 15,2 | | |
| | | ▲(t) | 102 | 78 | 72 | 66 | 60 | 60 | 60 | 60 | | |
| | | ▲(t) | - | - | 108 | 84 | 60 | 60 | 60 | 60 | | |
| | ZC 4230 C50 D50 | H (m) | 30,6 | 27,2 | 22,2 | 17,2 | 12,2 | | | | | |
| | | ▲(t) | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | | | | | |
| | | ▲(t) | - | 80 | 80 | 80 | 80 | | | | | |
| 2 m | V 60A C50 D50 | H (m) | 53,1 | 49,8 | 46,4 | 44,8 | 41,4 | 36,4 | 31,4 | 26,4 | 21,4 | 16,4 |
| | | ▲(t) | 132 | 108 | 84 | 84 | 60 | 36 | 24 | 24 | 24 | 24 |
| | | ▲(t) | - | - | - | 132 | 108 | 72 | 48 | 24 | 24 | 24 |
| | ZD 463 C50 D50 | H (m) | 47,5 | 42,5 | 39,2 | 37,5 | 35,9 | 32,5 | 27,5 | 22,5 | 17,5 | 12,5 |
| | | ▲(t) | 125* | 90 | 75 | 70 | 65 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 |
| | | ▲(t) | - | - | 125* | 105* | 95 | 65 | 55 | 55 | 55 | 55 |
| ZD 463 C50 D50 | H (m) | 44,2 | 40,9 | 37,5 | 32,5 | 27,5 | 22,5 | 17,5 | 12,5 | | | |
| | ▲(t) | 120* | 95 | 70 | 55 | 50 | 50 | 50 | 50 | | | |
| | ▲(t) | - | - | 125* | 80 | 50 | 50 | 50 | 50 | | | |

Lest de contre-flèche / Gegenauslegerballast / Counter-jib ballast / Lastre de contra-flecha / Zavorra di controbraccio
 Lastro da contra lança / Противовес стрелы

| ▲▲▲ | 33 LVF - 50 LVF | | | | 75 LVF | | | |
|--------|-----------------|---------|---------|-------|---------|---------|---------|-------|
| | 4200 kg | 3400 kg | 2300 kg | ▲(kg) | 4200 kg | 3400 kg | 2300 kg | ▲(kg) |
| 62,5 m | 4 | 0 | 0 | 16800 | 3 | 1 | 0 | 16000 |
| 60 m | 4 | 0 | 0 | 16800 | 3 | 1 | 0 | 16000 |
| 55 m | 2 | 1 | 1 | 14100 | 1 | 2 | 1 | 13300 |
| 50 m | 1 | 2 | 1 | 13300 | 0 | 3 | 1 | 12500 |
| 45 m | 3 | 1 | 0 | 16000 | 2 | 2 | 0 | 15200 |
| 40 m | 3 | 0 | 1 | 14900 | 2 | 1 | 1 | 14100 |
| 35 m | 3 | 0 | 0 | 12600 | 2 | 1 | 0 | 11800 |
| 30 m | 1 | 2 | 0 | 11000 | 0 | 3 | 0 | 10200 |



| ▲▲▲ | 33 LVF - 50 LVF | | | | 75 LVF | | | |
|--------|-----------------|--------|---|-------|---------|--------|---|-------|
| | 4200 kg | 700 kg | ▲ | ▲(kg) | 4200 kg | 700 kg | ▲ | ▲(kg) |
| 62,5 m | 3 | 5 | 1 | 16462 | 3 | 4 | 1 | 15762 |
| 60 m | 3 | 5 | 1 | 16462 | 3 | 4 | 1 | 15762 |
| 55 m | 3 | 2 | 1 | 14362 | 3 | 1 | 1 | 13662 |
| 50 m | 3 | 0 | 1 | 12962 | 2 | 5 | 1 | 12262 |
| 45 m | 3 | 5 | 1 | 16462 | 3 | 4 | 1 | 15762 |
| 40 m | 3 | 3 | 1 | 15062 | 3 | 2 | 1 | 14362 |
| 35 m | 3 | 0 | 1 | 12962 | 2 | 5 | 1 | 12262 |
| 30 m | 2 | 4 | 1 | 11562 | 2 | 3 | 1 | 10862 |

| | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------|
| CA - 4200 kg | CR - 3400 kg | CS - 2300 kg | CB - 700 kg | CAB - 700 kg | 362 kg |
|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------|



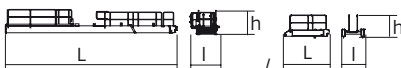
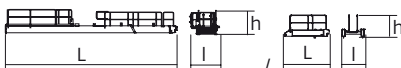
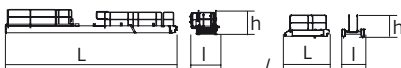
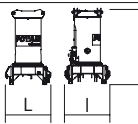
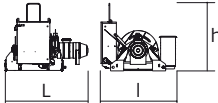

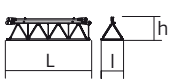
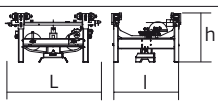

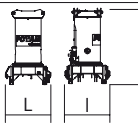

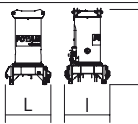

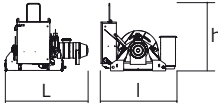





Encombrenent et poids / Abmessungen und Gewicht / Dimensions and weight / Dimensiones y peso / Ingombro e peso
dimensões e pesos / габаритные размеры и вес

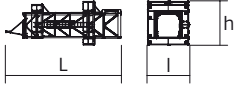

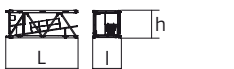

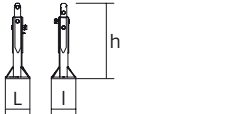
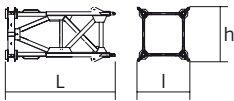
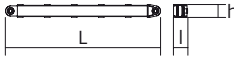
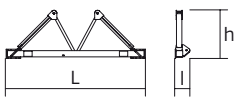
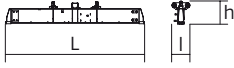
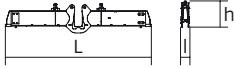

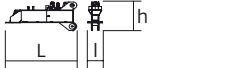
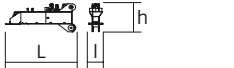
Partie tournante / Drehender Kranteil / Slewing crane part / Parte giratoria

Parte rotante / Parte rotativa / Поворотная часть :  62,5 m -  33 LVF

 x 5

 x 5

| Partie tournante / Drehender Kranteil / Slewing crane part Parte giratoria / Parte rotante / Parte rotativa Поворотная часть | L (m) | l (m) | h (m) | kg (+/- 5%) | | |
|--|---|--|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Contre-flèche / Gegenausleger Counter-jib / Contra-flecha Controbraccio / Contra-lança Контр-стрела |  | 11,97 3,5 | 1,92 1,56 | 1,54 1,52 | 2315 710 | |
| Porte-flèche / Auslegerträger Cathead / Porta-flecha Cuspide / Suporte de lança Оголовок |  | 3,26 | 1,87 | 7,06 | 2670 | |
| Cabine / Kabine Cab / Cabina Cabina / Cabina Кабина |  Ultra View | 3,86 | 2,26 | 2,51 | 1180 | |
| Pivot / Krankopf Towerhead / Pivote Portaralla / Pivot Секция поворотной части |  ∇ 1,6m ∇ 2 m | 2,1 2,49 | 1,87 2,47 | 4,05 4,05 | 4450 5545 | |
| Treuil de levage (+ câble) / Hubwerk (+ Seil) Hoisting winch (+ rope) / Mecanismo de elevación (+ cabo) Argano di sollevamento (+ fune) Guincho de elevação (+ cabo) Подъемная лебедка (+ канатом) |  | 33 LVF 50 LVF 75 LVF | 1,79 1,89 2,03 | 1,73 1,73 1,98 | 1,54 1,54 1,83 | 1685 1910 3395 |
| Élément de flèche / Auslegerement Jib section / Elemento de flecha Elemento di braccio / Elemento de lança Секция стрелы |  | ① | 10,64 | 1,52 | 1,75 | 2185 |
| | | ② | 10,18 | 1,38 | 1,69 | 1325 |
| | | ④ | 10,19 | 1,38 | 1,35 | 1080 |
| Élément de flèche / Auslegerement Jib section / Elemento de flecha Elemento di braccio / Elemento de lança Секция стрелы |  | ③ | 5,16 | 1,38 | 1,34 | 560 |
| | | ⑤ | 5,15 | 1,38 | 1,1 | 315 |
| | | ⑥ | 5,15 | 1,38 | 1,1 | 280 |
| | | ⑦ | 2,59 | 1,38 | 1,1 | 140 |
| Chariot / Laufkatze Trolley / Carrello Carro / Carro-distribuidor Тележка |  |  10 t | 1,79 | 1,67 | 0,96 | 230 |
| Moufle / Hubflasche Pulley block / Aparejo Bozzello / Cadernal Полиспаст |  |  10 t | 1,02 | 0,42 | 1,97 | 315 |
| Chariot / Laufkatze Trolley / Carrello Carro / Carro-distribuidor Тележка |  |  10 t | 1,6 | 1,62 | 0,9 | 170 |
| Chariot / Laufkatze Trolley / Carrello Carro / Carro-distribuidor Тележка |  |  10 t | 1,69 | 1,62 | 0,95 | 205 |
| | |  5 t | 1,7 | 1,62 | 0,92 | 205 |
| Moufle / Hubflasche Pulley block / Aparejo Bozzello / Cadernal Полиспаст |  |  10 t | 1,65 | 0,25 | 1,72 | 325 |
| | |  5 t | 1,07 | 0,15 | 1,49 | 195 |

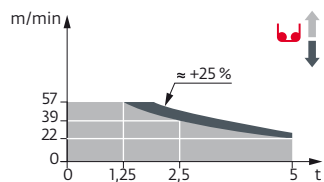
| Equipement de télescope / Teleskopierüstung / Telescoping equipment Equipo de telescopaje / Equipaggiamento di telescopaggio / Equipamento de telescopagem Оборудование для телескопирования | L (m) | I (m) | h (m) | kg (+/- 5%) | |
|---|---|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Cage de télescope / Teleskopwagen Telescopic cage / Jaula de telescopaje Gabbia di telescopaggio / Gaiola de telescopagem для телескопирования крана |  \square 1,6 m \square 2 m | 11,2 11,5 | 3,94 4,21 | 3,58 4,36 | 5865 8235 |
| Mâture / Mastwerk / Masts Mástil / Torre / Coluna Мачты | | | | | |
| K 437B K 639B |  \square 1,6 m \square 2 m | 10,21 10,23 | 1,67 2,07 | 1,62 2,03 | 3450 5290 |
| K 437A K 439A KR 649A K 639A |  \square 1,6 m \square 1,6 m \square 2 m \square 2 m | 5,21 5,21 5,23 5,23 | 1,67 1,67 2,1 2,07 | 1,62 1,62 2,08 2,03 | 1850 2230 3250 2805 |
| K 437C K 639C |  \square 1,6 m \square 2 m | 3,45 3,57 | 1,67 2,07 | 1,62 2,03 | 1360 1985 |
| Bases / Kranbasen / Crane bases Bases / Basi / Bases фундамент под кран | | | | | |
| Pieds de scellement / VerankerungsfüÙe Fixing angles / Pie de empotramiento Montante da annegare / Angulos fixadores анкера |  P 41A P 62A | 0,37 0,65 | 0,37 0,65 | 1,14 1,27 | 135 295 |
| Mât-châssis / Grundmasteinheit Basic mast unit / Tramo-chassis Elemento base / Tramo-chassis Мачта для крепления к шасси |  S 41A V 60A | 3,63 5,01 | 1,96 2,41 | 2,08 2,41 | 2965 4390 |
| Haubans / Mastabstützungen Struts / Tornapuntas Puntoni / Escoras Растяжка |  S 41A V 60A | 3,18 4,51 | 0,26 0,29 | 0,24 0,29 | 225 420 |
| Sommier / Unterwagenhälfte Half-bearer / Testero Testata / Estrutura base Траверса |  S 41A V 60A | 5,08 6,7 | 0,6 0,7 | 1,78 2,31 | 1145 1600 |
| Bras de croix / Fundamentkruzträger Cross girder / Braço en cruz Braccio croce / Braço da cruz Поперечная балка |  ZC 4230 | 5,64 | 0,82 | 1,05 | 1590 |
| Bras de croix / Fundamentkruzträger Cross girder / Braço en cruz Braccio croce / Braço da cruz Поперечная балка |  ZC 4230 | 5,64 | 0,47 | 1,33 | 1895 |
| Bras de croix / Fundamentkruzträger Cross girder / Braço en cruz Braccio croce / Braço da cruz Поперечная балка |  ZD 463 | 7,65 | 1,17 | 1,36 | 3585 |
| 1/2 Bras de croix / 1/2 Fundamentkruzträger 1/2 Cross girder / 1/2 Braço en cruz 1/2 Braccio croce / 1/2 Braço da cruz 1/2 Поперечная балка |  ZD 463 | 3,41 | 0,7 | 1,35 | 1655 |
| 1/2 Bras de croix / 1/2 Fundamentkruzträger 1/2 Cross girder / 1/2 Braço en cruz 1/2 Braccio croce / 1/2 Braço da cruz 1/2 Поперечная балка |  ZD 463 | 3,41 | 0,73 | 1,35 | 1670 |

Mécanismes / Triebwerke / Mechanisms / Mecanismos / Meccanismi
 Mecanismos / Механизмы

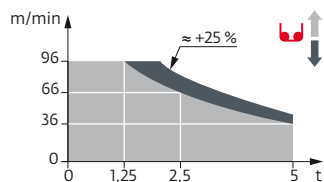
| 400 V - 50 Hz | | | | | | | | | | | ch - PS hp | kW | |
|---------------|-------------------------|-----------------------------------|---------|------|-----|------|-----------|-----|------|------|---------------|---------|-------|
| | 33 LVF 25 Optima | m/min | 22 | 28 | 39 | 57 | 11 | 14 | 19,5 | 28,5 | 33 | 22 | 321 m |
| | | t | 5 | 3,75 | 2,5 | 1,25 | 10 | 7,5 | 5 | 2,5 | | | |
| | 50 LVF 25 Optima | m/min | 36 | 46 | 66 | 96 | 18 | 23 | 33 | 48 | 50 | 37 | |
| | | t | 5 | 3,75 | 2,5 | 1,25 | 10 | 7,5 | 5 | 2,5 | | | |
| | 75 LVF 25 Optima | m/min | 53 | 68 | 95 | 117 | 26,5 | 34 | 47,5 | 58,5 | 75 | 55 | |
| | | t | 5 | 3,75 | 2,5 | 1,25 | 10 | 7,5 | 5 | 2,5 | | | |
| | 7 DVF 4 | m/min | 0 → 79 | | | | | | | | 6,5 | 4,8 | |
| | RVF 152 Optima+ | tr/min U/min rpm | 0 → 0,8 | | | | | | | | 2 x 5,5 | 2 x 4 | |
| | S 41A | RT 443 A1 - 2V R ≥ 10 m | m/min | | | | 15 - 30 | | | | 4 x 5 | 4 x 3,7 | |
| | V 60A | RT 544 A1 - 2V R ≥ 13 m | m/min | | | | 13,5 - 27 | | | | 4 x 7 | 4 x 5,2 | |
| | ZC 4230 | RT 324 | m/min | | | | 12,5 - 25 | | | | 2 x 7 | 2 x 5,2 | |
| | ZD 463 | RT 443 A1 - 2V | m/min | | | | 15 - 30 | | | | 4 x 5 | 4 x 3,7 | |

| | | |
|-------------------------|---------------------|---|
| | IEC 60204-32 | kVA |
| 400 V (+10% -10%) 50 Hz | | 33 LVF : 40 kVA 50 LVF : 54 kVA 75 LVF : 74 kVA |

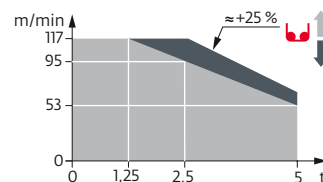
33 LVF 25 Optima





















50 LVF 25 Optima



75 LVF 25 Optima



| | FR | DE | EN | ES | IT | PT | RU |
|---|--|--|---|---|---|---|---|
|  | Profil de vent suivant EN 14439 C50-D50 | Windbedingungen gemäss EN 14439 C50-D50 | Wind conditions according to EN 14439 C50-D50 | Conformidad de los condiciones de viento EN 14439 C50-D50 | Condizioni del vento secondo EN 14439 C50-D50 | Perfil de vento conforme EN 14439 C50-D50 | Ветровой режим в соответствии с EN 14439 C50-D50 |
|  | Appel de flèche | Auslegerüberhöhung | Jib elevation | Elevación de la flecha | Inclinazione braccio | Desvio da lança | подъем стрелы |
|  | Équipements standards | Standardausrüstungen | Standard equipment | Equipamiento de serie | Equipaggiamento standard | Equipamento de série | Стандартное оборудование |
|  | Équipements optionnels | Sonderausrüstungen | Options | Equipamiento opcional | Equipaggiamento in opzione | Equipamento opcional | Дополнительное оборудование (опция) |
|  | Réactions en service | Reaktionskräfte in Betrieb | Reactions in service | Reacciones en servicio | Reazioni in servizio | Reacções em serviço | Реакция при работе |
|  | Réactions hors service | Reaktionskräfte außer Betrieb | Reactions out of service | Reacciones fuera de servicio | Reazioni fuori servizio | Reacções fora de serviço | Реакция в покое |
|  | Poids à vide sans lest avec flèche et hauteur maximum | Gewicht ohne Last, ohne Ballast, mit Ausleger und max. Höhe | Weight without load, without ballast, with jib and max. height | Peso en vacío sin lastre, con flecha y altura máxima | Peso a vuoto, senza zavorra, con braccio e altezza massimi. | Peso em vazio sem lastro com lança e altura máxima. | Вес пустого, без балласта, со стрелой, максимальной высоты. |
|  | Poids total du lest | Ballast-Gesamtgewicht | Total ballast weight | Peso total del lastre | Peso totale della zavorra | Peso total do lastro | Общий вес балласта |
|  | Utilisation poste fixe uniquement | Nur stationärer Einsatz | Only static use | Uso sobre puesto fijo únicamente | Utilizzo esclusivamente in postazione fissa | Unicamente para utilização fixa | Использовать только в неподвижном состоянии |
|  | Camion 13,4 m | Lkw 13,4 m | Lorry 13,4 m | Camión 13,4 m | Camion 13,4 m | Camião 13,4 m | Рзусовой автомобиль 13,4 м |
|  | Conteneur High Cube 40', et/ou Flat Rack 20' | Container High Cube 40', und/oder Flat Rack 20' | Container High Cube 40', and/or Flat Rack 20' | Contenedor High Cube 40', y/o Flat Rack 20' | Container High Cube 40', e/o Flat Rack 20' | Contentor High Cube 40', e/ou Flat Rack 20' | 40-футовый контейнер повышенной вместимости High Cube, и/или 20-футовая открытая платформа Flat Rack |
|  | Levage | Heben | Hoisting | Elevación | Sollevamento | Elevação | Подъем |
|  | Distribution | Katzfahren | Trolleying | Distribución | Distribuzione | Distribuição | Перемещение по стреле |
|  | Orientation | Schwenken | Slewing | Orientación | Rotazione | Rotação | Поворот |
|  | Translation | Kranfahren | Travelling | Traslación | Traslazione | Translação | Перемещение крана |
|  | Puissance requise | Erforderliche Leistung | Required power | Potencia Necesaria | Potenza richiesta | Potência Necessária | Потребляемая мощность |
|  | Nous consulter | AufAnfrage | Consult us | Consultarnos | Consultateci | Consultar-nos | Проконсультируйтесь у нас |
|  | Document commercial non contractuel. Pour toute information technique se référer à la notice correspondante. | Unverbindliches Vertriebsdokument. Für technische Informationen, siehe die entsprechenden Anweisungen. | This commercial document is not legally binding. For any technical information, please refer to the corresponding instructions. | Documento comercial no contractual. Para cualquier información técnica, ver la noticia correspondiente. | Documento commerciale non vincolante, per tutte le informazioni tecniche fare riferimento al catalogo istruzioni. | Documento comercial não contractual. Para qualquer informação técnica complementar consultar as respectivas instruções. | Этот коммерческий документ не является юридически обязательным. Для получения технической информации, см. соответствующие инструкции. |



www.manitowoc.com

Americas
Manitowoc, Wisconsin, USA
 Tel: +1 920 684 6621
 Fax: +1 920 683 6277

Shady Grove, Pennsylvania, USA
 Tel: +1 717 597 8121
 Fax: +1 717 597 4062

Europe, Middle East, Africa
Ecully, France
 Tel: +33 (0)4 72 18 20 20
 Fax: +33 (0)4 72 18 20 00

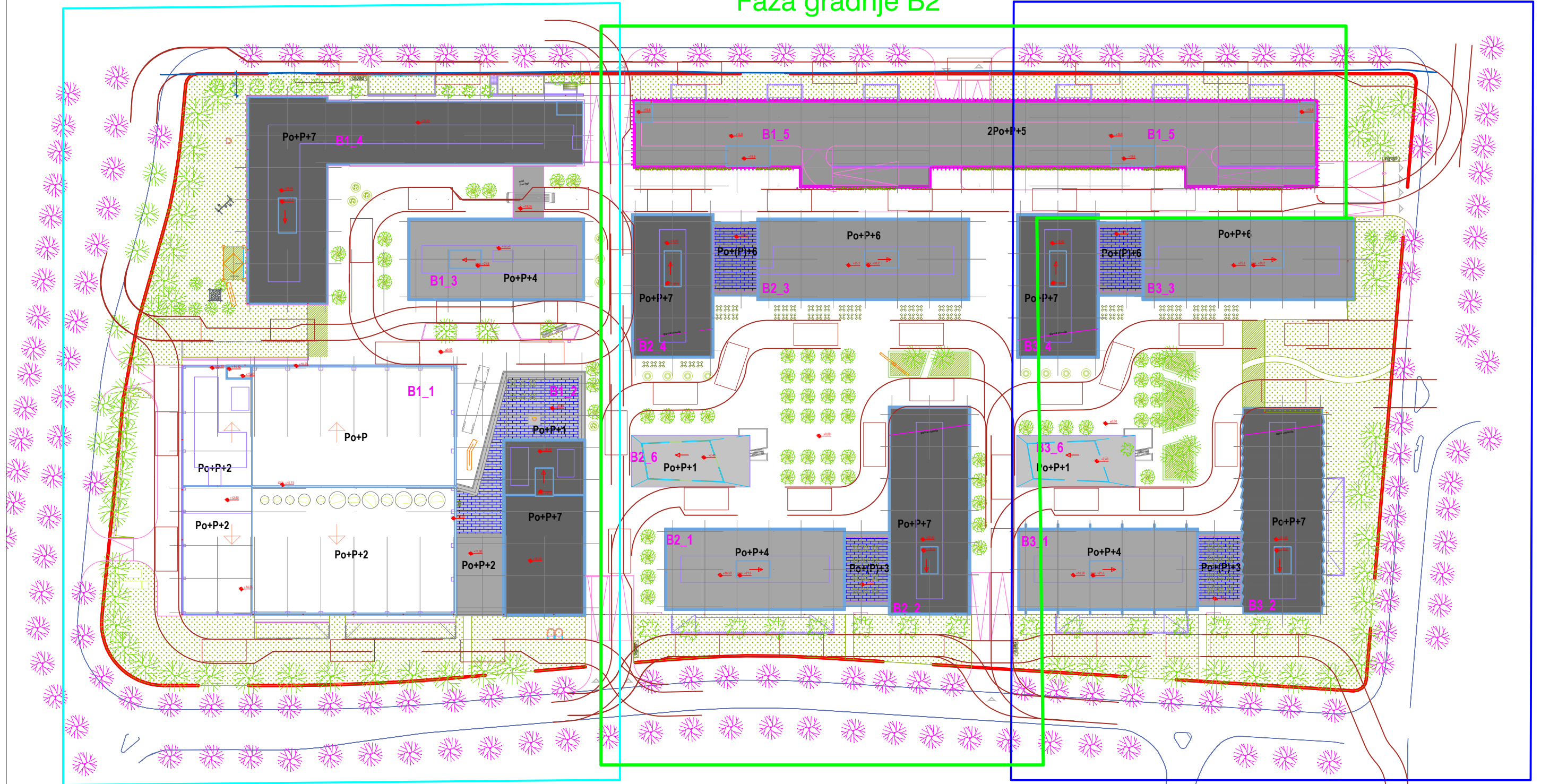
China
Shanghai, China
 Tel: +86 21 6457 0066
 Fax: +86 21 6457 4955

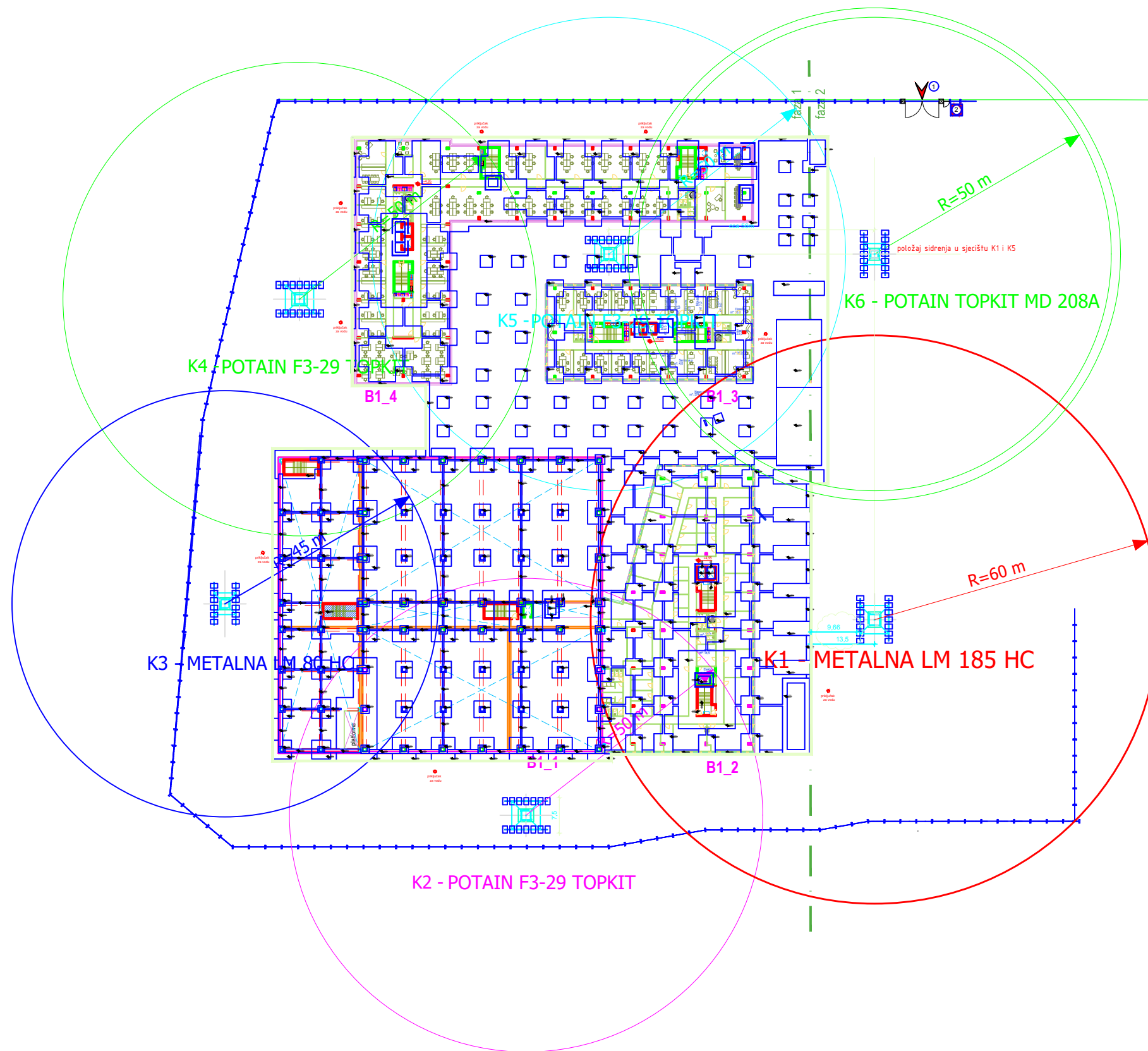
Greater Asia-Pacific
Singapore
 Tel: +65 6264 1188
 Fax: +65 6862 4040

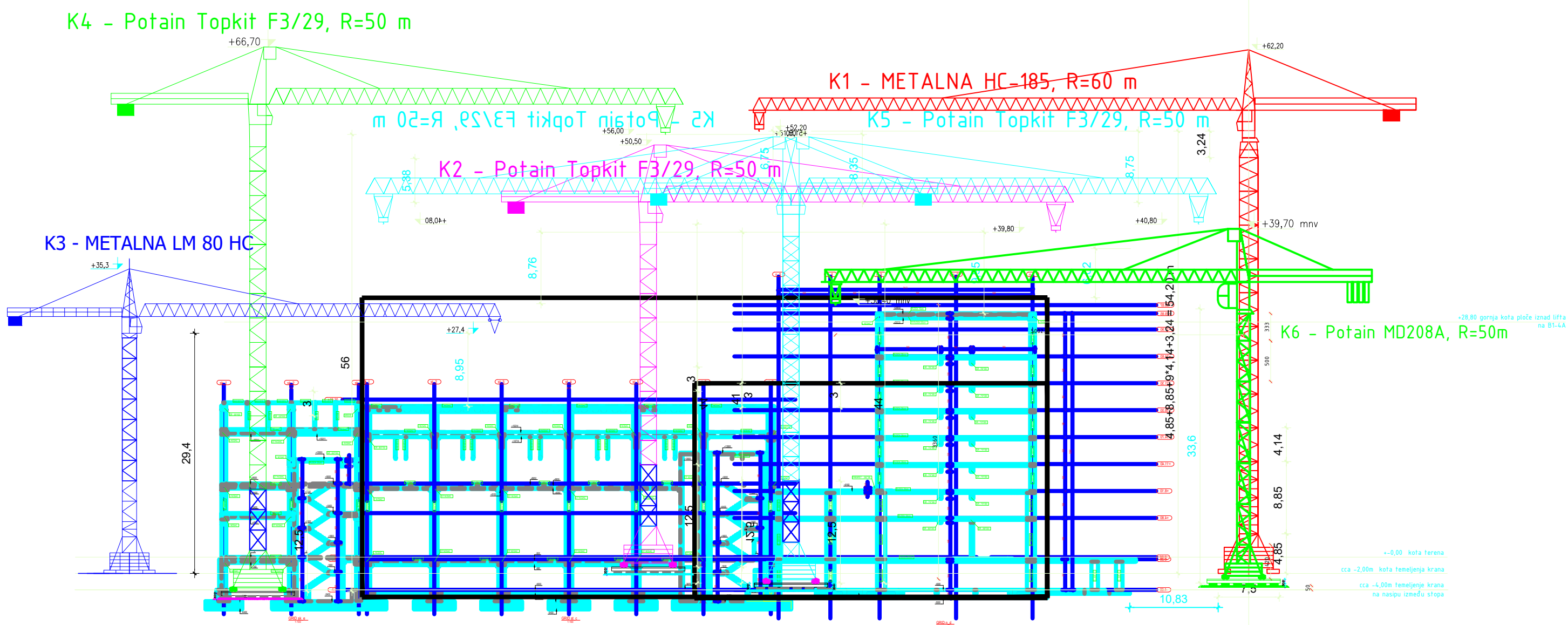
Faza gradnje B1

Faza gradnje B2

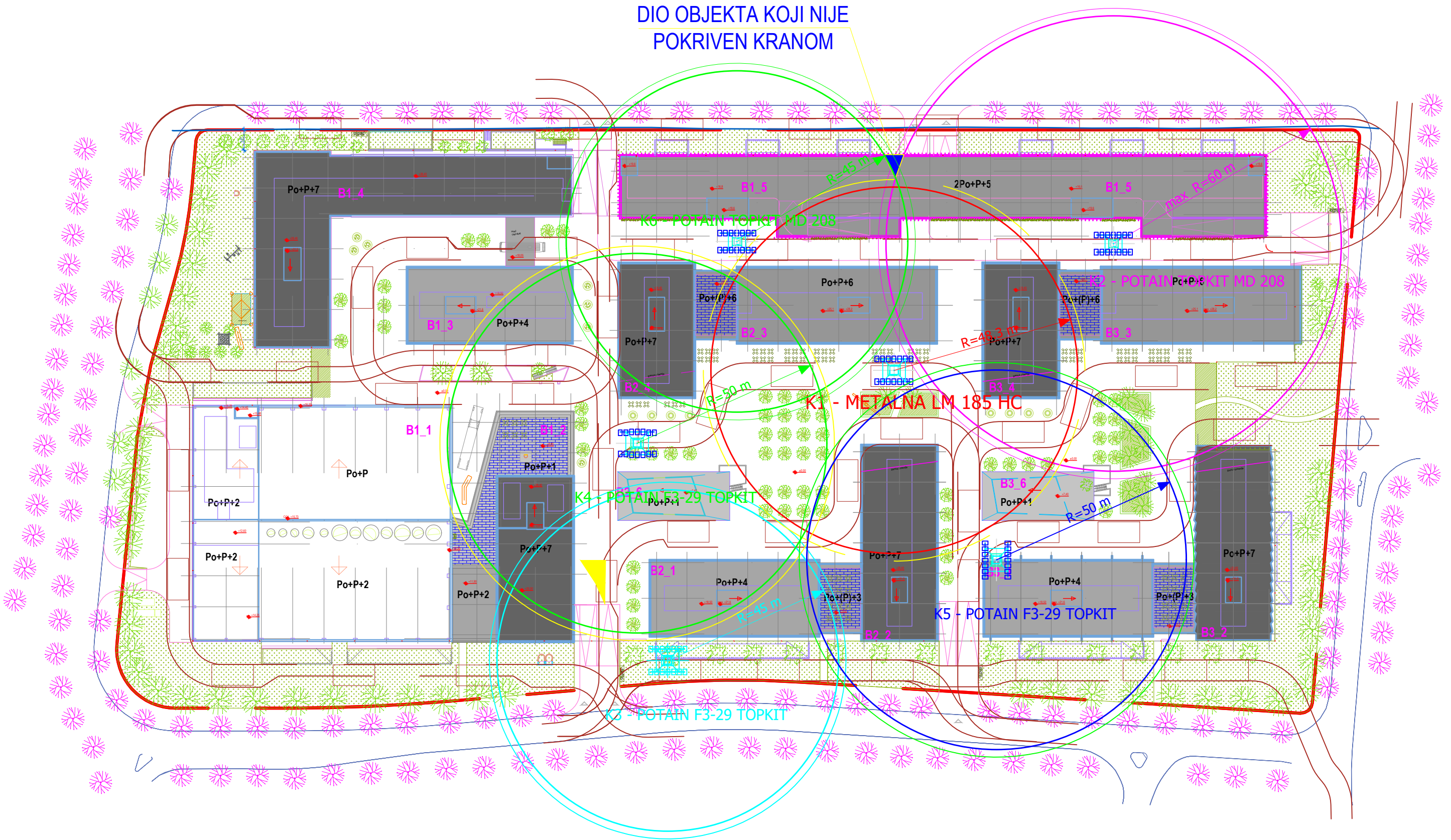
Faza gradnje B3

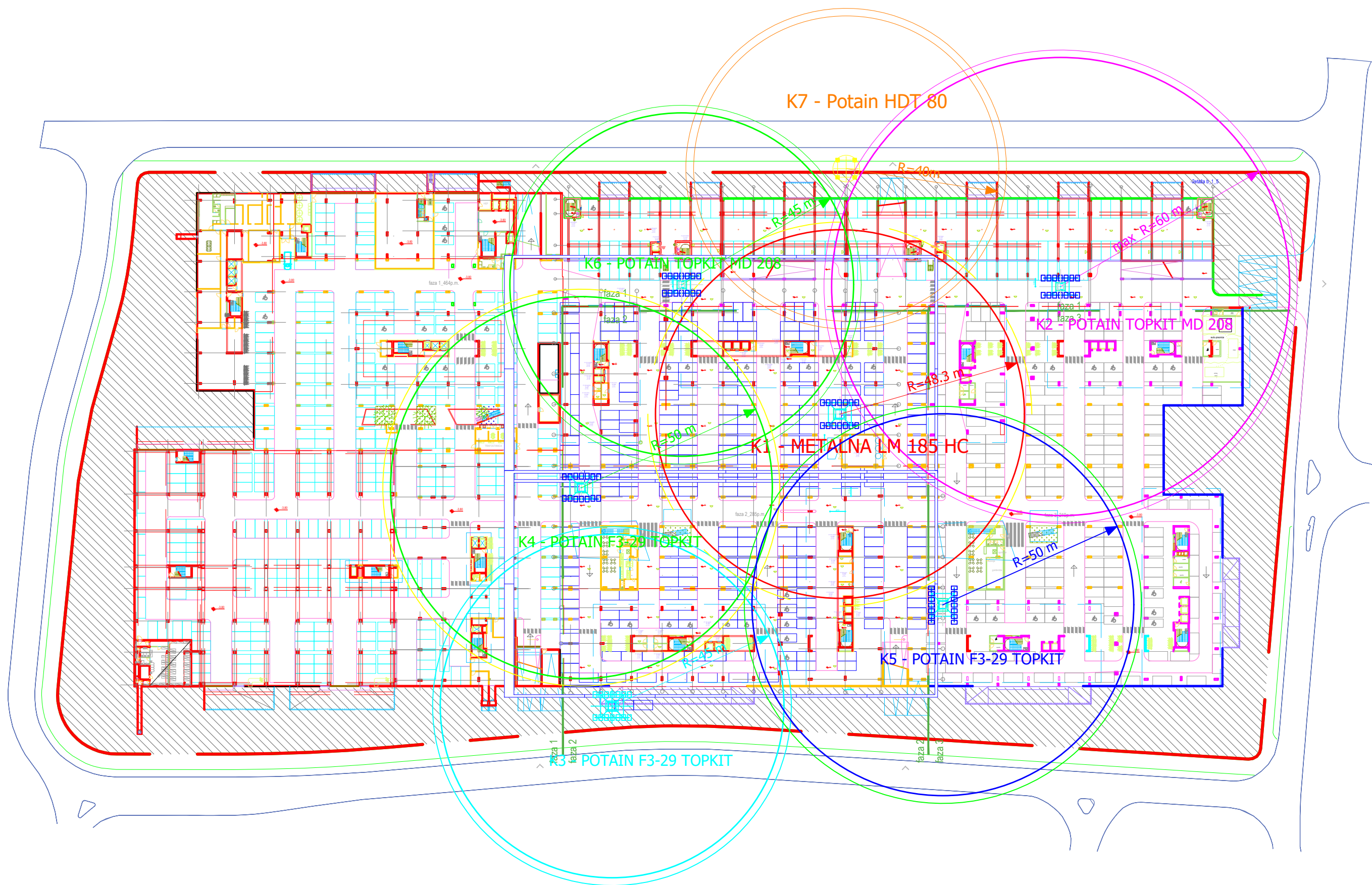






DIO OBJEKTA KOJI NIJE
POKRIVEN KRANOM





Tlocrtni prikaz toranjskih dizalica - konačna varijanta- faza B2

