

Oštećenja infrastrukture uzrokovana rastom korijenja drveća na području grada Zagreba

Drvodelić, Damir; Oršanić, Milan

Source / Izvornik: **Zelenilo grada Zagreba, 2013, 203 - 216**

Conference paper / Rad u zborniku

Publication status / Verzija rada: **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:596038>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-20**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



OŠTEĆENJA INFRASTRUKTURE UZROKOVANA RASTOM KORIJENJA DRVEĆA NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA

dr. sc. Damir Drvodelić, prof. dr. sc. Milan Oršanić

Uvod

Urbana stabla procjenjuju se na temelju estetskih, ekoloških, socijalnih i ekonomskih koristi koje pružaju. Prema Pauliću i dr. (2012), urbane šume pružaju brojne koristi koje su izražene u ekološkim i socijalnim funkcijama šuma od kojih je najvažnija ona rekreativna. Radi ispunjenja tih funkcija nužno je imati sigurna i stabilna stabla odnosno šumske sastojine. Sve te koristi urbanih stabala imaju i svoju cijenu, a jedna od njih je i trošak sanacije na infrastrukturi uzrokovan rastom korijenja. Smanjivanjem šteta na infrastrukturi uzrokovanih rastom korijenja znatno se utječe na troškove njege i održavanja stabala. Prema procjeni McPhersona i Pepera (2000), godišnja izdvajanja za sanaciju šteta na infrastrukturi (nogostupi, rubnjaci, slivnici) zbog rasta korijena drvorednih stabala u Kaliforniji iznose 70 milijuna dolara. Tom cijenom nisu obuhvaćene štete nastale na popločenim površinama u parkovima, oko okućnica i drugih površina izvan drvoreda, odnosno štete na kolnicima, temeljima građevina, parkiralištima, kanalizacijskim cijevima i ostaloj infrastrukturi. U zadnje vrijeme sve se veća pažnja poklanja razvoju plana gospodarenja urbanim stablima s ciljem smanjenja iznosa šteta na infrastrukturi. Razrađene su strategije za smanjenje šteta na infrastrukturi koje se dijele u tri skupine s obzirom na predmet aktivnosti: stablo, infrastruktura i korijenski sustav. U ovom radu temeljit ćemo se primarno na stablu. Pojam potencijal za oštećenja infrastrukture, prema definiciji, odnosi se na oštećenja zbog rasta i razvoja stabla. Neke strategije koriste se za prevenciju (preventivne mjere), dok se druge koriste za sanaciju ili sprečavanje budućih šteta (kurativne mjere). Mnoge strategije su ujedno preventivne i kurativne (npr. prepreke za korijen), dok su druge samo preventivne (izbor vrsta) ili kurativne (orezivanje korijena). Preventivne strategije tipične su za fazu planiranja dok se kurativne koriste za sanaciju nastalih oštećenja. Radi smanjenja šteta na infrastrukturi obje vrste strategija trebaju biti obuhvaćene planovima gospodarenja. Budući da su pojedine strategije, poput uporabe strukturnog tla ili prepreka za korijen, od većeg interesa za znanstvenike i praktičare, o njima postoji mnogo više informacija. Svaka strategija ima svoja ograničenja, stoga samo jedna nije dovoljna za smanjenje šteta. Cjelokupni plan za smanjenje šteta treba se zasnivati na kombinaciji strategija integriranih u multidisciplinarni pristup.

Dvije strategije koje se odnose na stablo jesu izbor vrsta i orezivanje korijena. Glavna preventivna mjera je izbor vrsta koje najmanje oštećuju infrastrukturu, dok je uklanjanje korijena standardna kurativna mjera. Potencijal za oštećenje infrastrukture rastom korijenja drveća može se smanjiti odabirom vrsta drveća odgovarajućih dimenzija za određeno mjesto sadnje te izbjegavanjem vrsta sa svojstvima rasta koje mogu oštetiti postojeću infrastrukturu. Prema Harrisu i dr. (2004), odabir pravih vrsta za određeno mjesto sadnje ključna je preventivna mjera za sprečavanje šteta na pločnicima. Neke vrste formiraju snažan pridanak ili žilište, a kod nekih korijenje raste blizu površine tla. Vrste drveća takvih svojstava imaju visok potencijal za oštećenje infrastrukture i mogu se koristiti isključivo kod otvora odgovarajuće veličine. Velika stabla u malim otvorima imaju visok potencijal za oštećenje infrastrukture. Pojedine vrste drveća ne razvijaju snažan pridanak i žilište, dok druge imaju dubok korijenski sustav. Na mjestima gdje su povoljni uvjeti u tlu i odgovarajuće veličine otvora, te vrste imaju nizak potencijal za oštećenje infrastrukture. S ciljem sprečavanja šteta na infrastrukturi, u nekim gradovima često se sade stabla niskog rasta (npr. *Lagerstroemia indica*). Takav pristup je dobar za sprečavanje šteta kod malih otvora za sadnju. Za razliku od visokih, stabla niskog rasta pružaju manje koristi. (McPherson i Peper, 2000) Oblik pridanaka i žilište stabala često se smatraju glavnim uzročnicima šteta na pločnicima. (Wagar i Barker,

1983) Kontakt vrlo izraženog pridanka ili žilišta stabla i popločene površine može dovesti do pucanja i/ili podizanja pločnika. Stabla s relativno izraženim pridankom i žilištem treba saditi u otvore koji su prilagođeni promjeru pridanka i žilišta, a nikako ne promjeru stabla u prsnoj visini. Za male otvore bolji izbor su vrste drveća sa slabo izraženim žilištem ili bez žilišta ili razvijenog pridanka. Pojedini autori uzimaju visinu stabla ili stopu rasta kao mjerilo za određivanje potencijala za oštećenja infrastrukture. Za stabla u blizini pločnika, važnija je vrijednost promjera debla u razini tla od njegove visine, stope rasta ili duljine trajanja života. Promjer zrelog stabla mjeri se u razini tla budući da neke vrste drveća imaju slabo izraženo žilište ili ga uopće nemaju, dok je kod drugih ono 2-3 puta veće od promjera u prsnoj visini. Vrlo je važno poznavati promjer debla u razini tla kako bi se odredila veličina otvora za sadnju potrebna za određenu vrstu. Na taj način izbjegava se sadnja stabla u premale otvore koji u kasnijoj dobi ometaju njihov rast. Prema Peperu i McPhersonu (1995), što je veća udaljenost između stabla i infrastrukture, manji je potencijal za nastanak šteta. Za određivanje promjera debla u razini tla kod lokalnih vrsta drveća potrebno je terenskim mjerenjima (grad, općina, park) obuhvatiti brojna zrela stabla raznih vrsta drveća koja rastu na različitim lokacijama. Na osnovi istraživanja u SAD-u (San Francisco), neke vrste drveća s visokim indeksom promjera debla su: *Aesculus carnea* (2,05), *Betula pendula* (2,00), *Crataegus* spp. (2,15), *Liquidambar styraciflua* (2,64), *Magnolia grandiflora* (2,40) i *Platanus x acerifolia* (2,03). Poznato je kako vrste sa snažnim i/ili površinskim korijenjem imaju visok potencijal za oštećenje infrastrukture u odnosu na vrste sa slabim (u odnosu na deblo) i dubokim korijenom. U mnogim gradovima, dokazana je značajna povezanost između potencijala za oštećenja nogostupa i vrste drveća, udaljenosti do pločnika i promjera debla (Francis i dr., 1996) Potencijal za oštećenja u lokalnim uvjetima može se smanjiti izbjegavanjem sadnje vrste drveća s plitkim korijenskim sustavom. Neke vrste drveća koje razvijaju površinsko korijenje ili uzrokuju oštećenja na infrastrukturi su: *Acer platanoides*, *Acer saccharinum*, *Acer saccharum*, *Aesculus hippocastanum*, *Ailanthus altissima*, *Betula pendula*, *Celtis australis*, *Ceratonia siliqua*, *Cercidiphyllum japonicum*, *Fagus sylvatica*, *Ficus elastica*, *Gleditsia triacanthos* var. *inermis*, *Hippophae rhamnoides*, *Juglans* spp., *Liquidambar styraciflua*, *Liriodendron tulipifera*, *Maclura pomifera*, *Magnolia grandiflora*, *Morus alba*, *Paulownia tomentosa*, *Picea pungens*, *Pinus pinea*, *Pinus sylvestris*, *Platanus x acerifolia*, *Populus* spp., *Quercus ilex*, *Robinia pseudoacacia*, *Salix babylonica*, *Ulmus glabra* i dr. Navedeni popis vrsta sastavljen je na temelju zapažanja u određenim lokalnim uvjetima nekih gradova, a sama procjena zakorjenjivanja razlikuje se s obzirom na autore. Vrste koje uzrokuju štete u jednom gradu mogu se pokazati dobrima na drugom mjestu i obrnuto. Uvjeti za zakorjenjivanje drveća razlikuju se od grada do grada, stoga treba biti oprezan ako se popis vrsta koje oštećuju infrastrukturu u jednom gradu koristi negdje drugdje. U njemačkom gradu Hannoveru, ključni čimbenici potencijala za oštećenja infrastrukture su ukupna veličina stabla i stopa rasta, dok sama vrsta nije značajan pojedinačni čimbenik. Drveće s dubokim korijenskim sustavom i izraženom nepravilnom distribucijom biomase korijena prikladnije je za sadnju u kvalitetno pripremljena tla dobre strukture, aeracije i plodnosti. Način razmnožavanja drveća u rasadniku može utjecati na potencijal za oštećenja na infrastrukturi. Mnoge vrste drveća cijepu se okuliranjem ili kopuliranjem na podloge iste ili drugih vrsta (*Fraxinus angustifolia* „Raywood“ na podlogu *F. pennsylvanica* ili *F. angustifolia*). Korijenski sustav tih dviju podloga je različit te se stoga cijepovi s tim podlogama razlikuju u potencijalu za oštećenja na infrastrukturi. Coate (1990) piše kako hibridna platana (*Platanus x acerifolia*) uzgojena iz reznica formira plići korijen za razliku od biljaka uzgojenih okuliranjem ili kopuliranjem. Prema Dirru i Heuseru (1987) postoji varijabilnost u korijenskom sustavu kultivara razmnoženih reznicama. Varijabilnost značajki korijena povezana s podlogama za cijepljenje uzima se u obzir kod selekcije biljaka. Jedan od mogućih načina za smanjenje šteta na infrastrukturi je sadnja stabala gologa korijena kod kojih je

moгуće mijenjati distribuciju korijena orezivanjem lateralnog, a ostavljanjem onoga vertikalnog. Ta metoda pretpostavlja kako će rast postranoga korijenja biti smanjen, a rast vertikalnog naglašen. Metodu je moguće provesti kod kontejnerski uzgojenih sadnica ali ne i baliranih. Orezivanje korijena koristi se mnogo godina kao način za otklanjanje šteta na infrastrukturi. Kad se štete dogode i nužna je reparacija, potrebno je ukloniti korijenje koje smeta infrastrukturi. Riječ je o kurativnoj mjeri s ciljem smanjenja ili onemogućavanja daljnjih šteta. Orezivanjem korijena mogu se zamijeniti infrastrukturni elementi. Ponekad se orezivanje korijena provodi i prije nastanka šteta kao preventivni zahvat. Orezivanje korijena je invazivna metoda koja znatno oštećuje stabla. Prema Hagenu (2001), orezivanje korijena utječe na strukturnu stabilnost i zdravstveno stanje stabala. Utjecaj orezivanja korijena na stablo ovisi o veličini korijena, postotku korijenja koje se orezuje, udaljenosti mjesta rezanja od debla, distribuciji korijena, vrsti, dobi i stanju stabla. Općenito se može reći kako je oštećenje veće ako se orezuje krupnije korijenje, veći postotak korijenja i što bliže deblu te stara, manje vitalna stabla. U situacijama kad se pretpostavlja da će ozljede na stablu biti velike, primjenjuju se alternativna rješenja, poput izgradnje zakrivljenih nogostupa ili njihovo premoštenje. Potrebno je naglasiti kako ne postoje precizne preporuke o tome koliki se postotak korijenskog sustava smije orezati budući da je svaka situacija specifična i zahtijeva pažljivu analizu. Ako je potrebno orezati nekoliko korjenova, treba ih sjeći što je moguće dalje od debla i samo na jednoj strani krošnje. U mnogim gradovima postoje pravilnici prema kojima se dozvoljava orezivanje korijena promjera manjeg od 2,5 cm dok se za orezivanje korijena promjera većeg od 5 cm traže posebna dopuštenja. Ako se prilikom zamjene nogostupa naiđe na krupnije korijenje na površini, potrebna je konzultacija izvođača radova s kvalificiranim arboristom kako bi se pronašlo prikladno rješenje. Preporučene udaljenosti za orezivanje korijena od debla zasnovane su uglavnom na opažanjima pri kopanju kanala ili konstrukcijskim radovima u neposrednoj blizini stabala. Općenite preporuke kažu kako se korijen može rezati na udaljenosti 15-30 cm uzduž jedne strane stabla za svakih 2,5 cm promjera u prsnoj visini. U obzir se moraju uzeti i ostali čimbenici poput klime, vrste, stanja stabla, dobi, uvjeta u tlu i prostora za rast korijena. Često se, prije zamjene nogostupa, korijen mora sjeći mnogo bliže stablu nego što nalažu preporuke. Tada orezivanje korijena treba obaviti selektivno uzimajući u obzir čimbenike koji potencijalno utječu na zdravstveno stanje i stabilnost stabla. Mann (2002) piše kako je za uspješno orezivanje korijena od presudne važnosti dobra prosudba i iskustvo. Najbolje vrijeme za orezivanje korijena je prije početka njegovog aktivnog rasta, tj. u kasno ljeto i jesen. (Hagen, 2001) Prema Gilmanu (1990), aktivni rast korijena je najveći pri temperaturi tla između 20 i 29°C. Treba izbjegavati orezivanje korijena prije pupanja, u vrijeme razvoja listova kao i tijekom vjetrovitih dana. Između vrsta postoji varijabilnost u toleranciji na orezivanje korijena. Stabla ginkga smatraju se relativno tolerantnim za razliku od bukve koja je neotporna. Neke vrste pokazuju određenu razinu tolerancije dok su druge neotporne na takve zahvate. Regeneracija korijena nakon orezivanja ovisi o vrsti drveća, dok određeni pad strukturne stabilnosti nastupa kod svih vrsta. Otpornost neke vrste na orezivanje korijena varira ovisno o lokaciji. Nakon orezivanja korijena može se očekivati smanjen rast i zdravstveno stanje. Vrste osjetljive na vodni stres često pokazuju simptome vodnog deficita odmah nakon orezivanja. Stablu orezanoga korijena treba prije postupka orezivanja te tijekom sljedeće vegetacije omogućiti navodnjavanje. Prihranjivanje stabala nakon orezivanja korijena nije nužna mjera njege osim u slučajevima kada nedostaje pojedini hranidbeni element. Miller i Neely (1993) te Watson (1998) pišu kako mlada i vitalna stabla mogu dobro podnijeti umjereni gubitak korijena dok se njihov vigor smanjuje s povećanjem postotka orezanoga korijenja. Stara stabla kao i ona lošega zdravstvenog stanja ne podnose dobro orezivanje korijenja. Prema Hamiltonu (1988), ako se radi o orezivanom korijenju starih ali vitalnih stabala, razdoblje smanjenog rasta i lošijeg estetskog izgleda može biti kraće u odnosu na stabla narušenog vitaliteta. Istraživanja Hagena

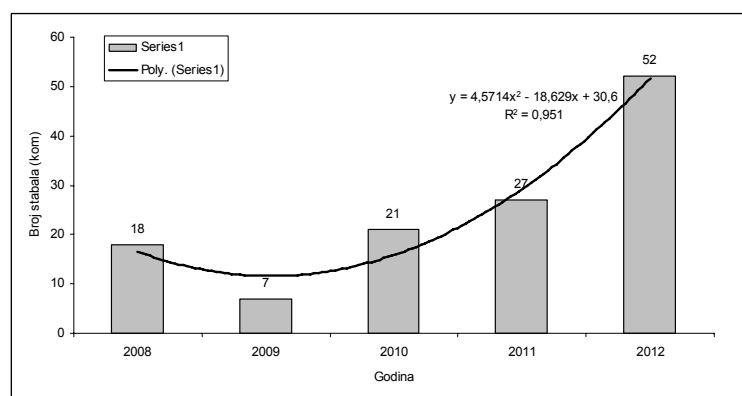
(2001) govore o tome kako orezivanje živih grana kod stabala orezanoga korijenja ima negativan utjecaj zbog kratkotrajne zalihe hranjiva. Coder (1997) piše kako orezivanje krošnje utječe na sporiji razvoj korijenja i može dovesti do izvale stabla. Isti autor preporučuje orezivanje krošnje tijekom razdoblja mirovanja vegetacije i sredinom ljeta. Prorjeđivanjem krošnje smanjuje se njezina težina čime se smanjuje opasnost od vjetroizvala. Phillips (1999) preporučuje prorjeđivanje krošnje godinu dana prije orezivanja korijenja kako bi se smanjila opasnost od udara vjetra. Orezivanje korijenja nekih vrsta može uzrokovati odumiranje pojedinog dijela krošnje što se može spriječiti njezinim prorjeđivanjem. Prema Mannu (2002), treba izbjegavati orezivanje korijenja stabala koja su u stanju stresa, nagnuta, znatno oštećena truleži u zoni korijena, debla ili krošnje, na vjetrovitoj strani, orezivanje na obje strane stabla, krupnoga korijenja opterećenog tenzijskim silama, neotpornih vrsta na orezivanje, u područjima s ljetnim olujama te listopadnih vrsta u fenofazi potpuno razvijenog lišća. Neke vrste koje su tolerantne na gubitak korijenja: *Abies concolor*, *Acer negundo*, *Acer platanoides*, *Acer saccharinum*, *Acer saccharum*, *Betula* spp., *Catalpa* spp., *Cedrus* spp., *Cedrus deodara*, *Celtis occidentalis*, *Cercis canadensis*, *Crataegus* spp., *Fagus* spp., *Fraxinus* spp., *Fraxinus pennsylvanica*, *Ginkgo biloba*, *Gleditsia tricanthos* var. *inermis*, *Juglans nigra*, *Liquidambar styraciflua*, *Liriodendron tulipifera*, *Magnolia* spp., *Picea abies*, *Picea pungens*, *Pinus nigra*, *Pinus strobus*, *Pinus sylvestris*, *Platanus* spp., *Populus deltoides*, *Pseudotsuga menziesii*, *Quercus* spp., *Robinia pseudoaccacia*, *Salix* spp., *Sorbus aucuparia*, *Tilia* spp., *Ulmus* spp. i dr. Orezivanje korijenja je skupa i invazivna metoda, te po mogućnosti treba odabrati druga rješenja. Upravo je izbor vrsta drveća ključan čimbenik koji može eliminirati ili umanjiti potrebu za kasnijim orezivanjem korijenja.

Materijali i metode

Podaci o stablima koja su rastom korijena dovela do oštećenja infrastrukture na području grada Zagreba u razdoblju od 2008. do 2012. godine prikupljena su iz Gradskog ureda za prostorno uređenje, zaštitu okoliša, izgradnju grada, graditeljstvo, komunalne poslove i promet, Odjela za komunalne poslove i zelenilo, Odsjeka za zelene površine. Predmet istraživanja bila su isključivo stabla koja su prouzročila određenu štetu na infrastrukturi i za koja su od prethodno spomenutog tijela izdana rješenja za njihovo uklanjanje ili provođenje određenih arborikulturnih zahvata s ciljem smanjenja ili sprečavanja daljnjih šteta. Podaci o ukupno 125 stabala obrađeni su u programskim paketima *Microsoft Excel* i *Statistica*. (StatSoft, Inc., 2003)

Rezultati istraživanja

Na slici 1. prikazani su podaci o ukupnom broju stabala koja su rastom korijenja uzrokovala oštećenja na infrastrukturi na području grada Zagreba za petogodišnje razdoblje (2008.-2012). Podaci su izjednačeni polinomnom funkcijom ($R^2=0,951$) na kojoj je vidljiv značajan trend povećanja opasnih stabala po infrastrukturu.



Slika 1. Podaci o broju stabala koja su uzrokovala štetu na infrastrukturi na području grada Zagreba u razdoblju od 2008. do 2012. godine

U 68,8% slučajeva prijavu štete nadležnom Odsjeku za zelene površine podnijeli su građani. U postocima izraženo, najviše šteta na infrastrukturi uzrokovala su soliterna stabla (53,6%), slijede stabla u sklopu (30,0%) i drvoređna stabla (16,0%). S obzirom na funkciju u prostoru, najviše stabala koja su dovela do oštećenja infrastrukture pripadaju u kategoriju zaštitnog zelenila (54,4%), slijede parkovna (44,0%) i drvoređna stabla (1,6%). Za sva ta stabla karakteristična je mala prosječna udaljenost od objekta od svega 1,55 m (raspon od 0,00 do 3,00 m). U tablicama 1. i 2. prikazana je deskriptivna statistika visina i prsnih promjera stabala nekih vrsta drveća koja su uzrokovala štetu na infrastrukturi na području grada Zagreba u razdoblju od 2008. do 2012. godine.

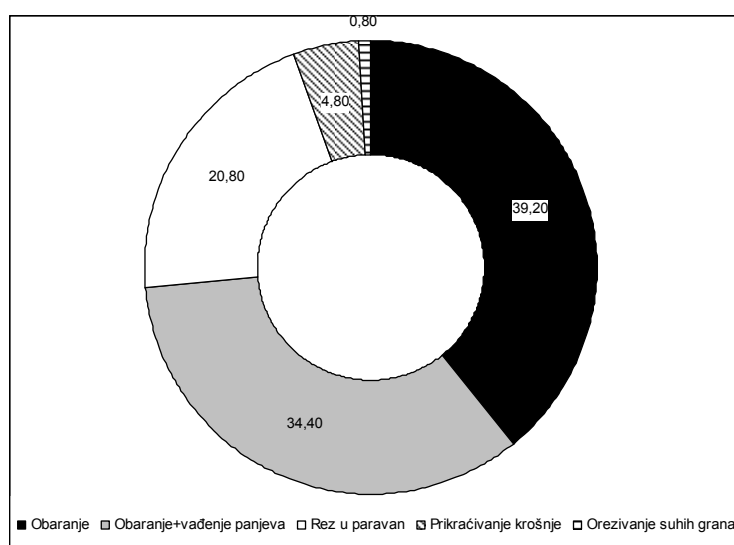
Tablica 1. Deskriptivna statistika visina stabala nekih vrsta drveća koja su uzrokovala štetu na infrastrukturi na području grada Zagreba u razdoblju od 2008. do 2012. godine

Vrsta	N	Mean	Median	Min.	Max.	Variance	Std.Dev.
<i>Acer negundo</i>	1	15,00	15,00	15,00	15,00		
<i>Acer platanoides</i>	3	10,00	10,00	10,00	10,00	0,00	0,00
<i>Acer saccharinum</i>	10	12,60	12,50	10,00	20,00	8,49	2,91
<i>Ailanthus altissima</i>	15	10,07	10,00	6,00	15,00	5,07	2,25
<i>Betula pendula</i>	5	12,00	12,00	10,00	15,00	4,50	2,12
<i>Catalpa bignonioides</i>	1	10,00	10,00	10,00	10,00		
<i>Ficus carica</i>	2	4,50	4,50	3,00	6,00	4,50	2,12
<i>Fraxinus americana</i>	1	13,00	13,00	13,00	13,00		
<i>Juglans regia</i>	1	14,00	14,00	14,00	14,00		
<i>Pinus nigra</i>	3	10,67	10,00	10,00	12,00	1,33	1,15
<i>Platanus spp.</i>	3	17,33	20,00	10,00	22,00	41,33	6,43
<i>Populus nigra</i>	3	12,00	12,00	12,00	12,00	0,00	0,00
<i>Populus nigra "Pyramidalis"</i>	17	19,53	20,00	16,00	22,00	1,76	1,33
<i>Prunus avium</i>	2	16,00	16,00	15,00	17,00	2,00	1,41
<i>Prunus cerasifera</i>	1	10,00	10,00	10,00	10,00		
<i>Prunus spp.</i>	3	7,67	10,00	3,00	10,00	16,33	4,04
<i>Sophora japonica</i>	3	15,00	15,00	15,00	15,00	0,00	0,00

Tablica 2. Deskriptivna statistika prsnih promjera stabala nekih vrsta drveća koja su uzrokovala štetu na infrastrukturi na području grada Zagreba u razdoblju od 2008. do 2012. godine

Vrsta	N	Mean	Median	Min.	Max.	Variance	Std.Dev.
<i>Acer negundo</i>	1	35,00	35,00	35,00	35,00		
<i>Acer platanoides</i>	3	30,00	30,00	30,00	30,00	0,00	0,00
<i>Acer saccharinum</i>	10	53,00	60,00	40,00	70,00	134,44	11,60
<i>Ailanthus altissima</i>	15	35,67	35,00	15,00	55,00	238,81	15,45
<i>Betula pendula</i>	5	30,00	30,00	20,00	35,00	37,50	6,12
<i>Catalpa bignonioides</i>	1	35,00	35,00	35,00	35,00		
<i>Ficus carica</i>	1	15,00	15,00	15,00	15,00		
<i>Fraxinus americana</i>	1	50,00	50,00	50,00	50,00		
<i>Juglans regia</i>	1	40,00	40,00	40,00	40,00		
<i>Juglans spp.</i>	3	10,00	10,00	10,00	10,00	0,00	0,00
<i>Pinus nigra</i>	3	26,67	25,00	25,00	30,00	8,33	2,89
<i>Platanus spp.</i>	3	68,33	80,00	35,00	90,00	858,33	29,30
<i>Populus nigra</i>	3	60,00	60,00	60,00	60,00	0,00	0,00
<i>Populus nigra pyramidalis</i>	17	83,53	100,00	25,00	100,00	571,14	23,90
<i>Populus spp.</i>	2	115,00	115,00	100,00	130,00	450,00	21,21
<i>Prunus avium</i>	2	57,50	57,50	55,00	60,00	12,50	3,54
<i>Prunus cerasifera</i>	1	15,00	15,00	15,00	15,00		
<i>Prunus cerasus</i>	1	15,00	15,00	15,00	15,00		
<i>Prunus spp.</i>	3	23,33	30,00	10,00	30,00	133,33	11,55
<i>Sophora japonica</i>	3	70,00	70,00	70,00	70,00	0,00	0,00
<i>Taxus baccata</i>	1	5,00	5,00	5,00	5,00		

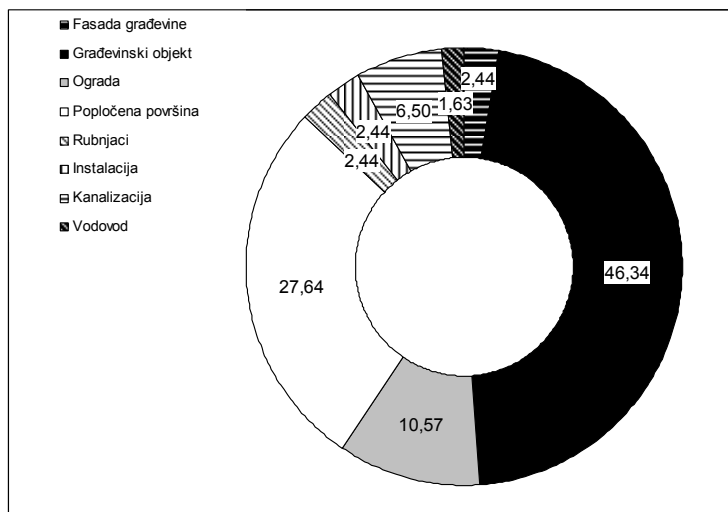
Na slici 2. prikazani su provedeni arborikulturni zahvati na stablima koja su uzrokovala štetu na infrastrukturi u razdoblju od 2008. do 2012. godine.



Slika 2. Arborikulturni zahvati na stablima koja su uzrokovala štetu na infrastrukturi na području grada Zagreba u razdoblju od 2008. do 2012. godine

Kao što se vidi na slici 2, najčešći arborikulturni zahvati na stablima koja su uzrokovala štetu na infrastrukturi su obaranje stabala (bez vađenja i s vađenjem panjeva) koje se provodilo u 73,6% slučajeva. Od ostalih zahvata dosta često se izvodio rez u paravan (20,80%), dok se krošnja prikraćivala u 4,80% slučajeva odnosno orezivanje suhih grana u 0,80% slučajeva.

Na slici 3. prikazane su vrste i učestalost šteta na infrastrukturi od stabala na području grada Zagreba u razdoblju od 2008. do 2012. godine.



Slika 3. Vrste i učestalost šteta na infrastrukturi od stabala na području grada Zagreba u razdoblju od 2008. do 2012. godine

Najveći broj šteta (46,34%) čine stabla na građevinskim objektima tako što krošnjama smetaju krovu ili metalnoj krovnoj limariji (trganje i/ili začepljenje), korijenjem rastu iz temelja objekta i podižu ga te rastu prema objektu ili uza zid objekta, štete garažama i korijenom prorastaju podrumске prostorije. S obzirom na vrste drveća, najčešće štete čine: *Chamaecyparis* spp. (24,56%), *Ailanthus altissima* (14,04%), *Betula pendula* (12,28%), *Acer platanoides* (5,26%), *Ficus carica* (5,26%) i *Platanus* spp. (5,26%). Nešto manje štete čine sljedeće vrste: *Acer* spp. (3,51%), *Carpinus betulus* (3,51%), *Pinus nigra* (3,51%), *Populus nigra* „*Pyramidalis*“ (3,51%), *Prunus* spp. (3,51%) i *Tilia* spp. (3,51%). Sljedeće vrste imaju učestalost šteta na građevinskim objektima od svega 1,75%: *Acer saccharinum*, *Acer palmatum*, *Laurus nobilis*, *Populus* spp., *Prunus avium*, *Prunus cerasus* i *Taxus baccata*. Dosta su značajne i štete na popločenim površinama (27,64%) gdje stabla rastom korijenja podižu asfalt i betonske ploče ili su debla urasla u asfaltiranu površinu i oštećuju je. Najčešće vrste koje čine štetu na popločenim površinama su: *Populus nigra* „*Pyramidalis*“ (44,12%), *Acer saccharinum* (20,59%) i *Ailanthus altissima* (11,76%). Nešto manje štete (5,88%) čine sljedeće vrste: *Platanus* spp., *Populus* spp. i *Prunus avium*. Od istraživanih vrsta *Aesculus hippocastanum* i *Juglans* spp., u najmanjoj mjeri oštećuju popločene površine (2,94%). Oštećivanje ograda rastom stabala zabilježeno je u 10,57% slučajeva, bilo da stabla rastu izravno uz ograde i urastaju u njih ili, češće, da korijen svojim rastom podiže temelje ograde. Najčešće štete na ogradama čine sljedeće vrste: *Ailanthus altissima* (38,46%) i *Prunus* spp. (30,77%). Nešto manje štete (7,69%) čine vrste: *Catalpa bignonioides*, *Fraxinus americana*, *Juglans regia* i *Juglans* spp. Kod 6,50% istraživanih stabala korijen oštećuje kanalizacijske cijevi na način da prodire u unutrašnjost cijevi i začepljuje ih, raste prema cijevima ili ih izvana obrasta. Vrste koje u najvećoj mjeri čine štetu na kanalizacijskim sustavima su: *Betula pendula* (37,50%) i *Acer saccharinum* (25,00%). Nešto manje štete (12,00%) čine: *Acer negundo*, *Ailanthus altissima* i *Pinus nigra*. Oštećenja na fasadama građevinskih objekata,

rubnjacima i instalacijama manje su izražena od prethodnih, a najmanje je oštećenja zabilježeno na vodovodnim cijevima. Štete na fasadama mogu biti izravne koje nastaju doticanjem grana stabala, a posebno su naglašene za vjetrovitog vremena, te neizravne koje nastaju zbog blizine stabala građevinskim objektima i stalne zasjenjenosti zbog čega su fasade često vlažne ili mokre. Ovaj zadnji oblik šteta je češći i naglašeniji jer se manifestira nakon svakih jačih oborina. Vrsta drveća nema značajan utjecaj na štete na fasadama iako su štetnije one s vrlo razvijenom i gustom krošnjom te debelim skeletnim granama. Štete na rubnjacima kolnika i pješačkim stazama nastaju zbog površinskog rasta korijenja stabala, a manifestiraju se pucanjem i/ili podizanjem. Te štete primijećene su samo kod crne topole (*Populus nigra*). Oštećenja instalacija uzrokovala su stabla japanske sofore (*Sophora japonica*). Štete na hladnovodnim i toplovodnim cijevima uzrokovala su stabla hrasta cera (*Quercus cerris*) i oraha (*Juglans* spp.) a nastaju zbog prodora korijena u šahtove ili unutrašnjost cijevi zbog čega dolazi do njihova začepljenja. Stabla svojim rastom pričinjavaju i razne druge oblike šteta na infrastrukturi koje prethodno nisu spomenute, poput obrastanja stupova javne rasvjete i slično. Pojedine vrste, poput *Ailanthus altissima*, toliko su invazivne da svojim rastom uzrokuju višestruke štete na infrastrukturi i takva stabla su potencijalno najopasnija. Vrsta *Populus nigra* „*Pyramidalis*“ ne smatra se invazivnom, ali također svojim snažnim rastom dovodi do višestrukih šteta na infrastrukturi, poput oštećenja pločnika i prodora u kanalizacijske sustave.

Ukupno gledano, štete na infrastrukturi na području grada Zagreba čine 31 vrsta drveća, od toga 28 vrsta listača i samo tri četinjače (*Chamaecyparis lawsoniana*, *Pinus nigra*, *Taxus baccata*). Gledano u postocima, najviše šteta (bez obzira na vrstu) čine stabla invazivne vrste *Ailanthus altissima* (14,40%), slijede vrste *Populus nigra* „*Pyramidalis*“ (13,60%), *Chamaecyparis lawsoniana* (11,20%), *Betula pendula* (8,80%), *Acer saccharinum* (8,00%), *Prunus* spp. (4,80%), *Juglans* spp. (4,00%), *Platanus* spp. (4,00%), *Acer platanoides* (2,40%), *Pinus nigra* (2,40%), *Populus nigra* (2,40%), *Populus* spp. (2,40%), *Prunus avium* (2,40%), *Sophora japonica* (2,40%), *Acer* spp. (1,60%), *Carpinus betulus* (1,60%), *Ficus carica* (1,60%) i *Tilia* spp. (1,60%). Najmanje štete (0,80%) počinile su sljedeće vrste: *Acer negundo*, *Aesculus hippocastanum*, *Catalpa bignonioides*, *Crataegus laevigata*, *Acer palmatum*, *Ficus* spp., *Fraxinus americana*, *Juglans regia*, *Laurus nobilis*, *Prunus cerasifera*, *Prunus cerasus*, *Quercus cerris* i *Taxus baccata*.

U 83,12% situacija nakon obaranja pojedinog stabla ide se u zamjensku sadnju. Zamjenska sadnja provodi se u 56,25% slučajeva u blizini oborenih stabala, a ostatak se odnosi na sadnju u neposrednoj mikrolokaciji uklonjenog stabla. Za zamjensku sadnju biralo se 28 vrsta, od čega 27 listača i samo jedna četinjača (*Pinus nigra*). Kod zamjenske sadnje najviše su se koristile vrste iz rodova *Acer*, *Tilia* i *Quercus*. Vrste koje čine najveći udjel u zamjenskoj sadnji su: *Acer platanoides*, *Quercus robur* „*Pyramidalis*“, *Prunus laurocerasus* i *Mahonia aquifolium*. Popis zamjenskih vrsta drveća i grmlja sa znanstvenim i narodnim nazivima te postotnim udjelom prikazan je u tablici 3.

Tablica 3. Popis zamjenskih vrsta drveća i grmlja sa znanstvenim i narodnim (Borzan, 2001) nazivima te postotnim udjelom na području grada Zagreba u razdoblju od 2008. do 2012. godine

Znanstveno ime	Narodna imena	Udjel (%)
<i>Acer platanoides</i>	javor mliječ, mliječ	16,50
<i>Acer platanoides</i> „Crimson King“	kultivar javora mliječa „Crimson King“	0,97
<i>Acer pseudoplatanus</i>	gorski javor, bijeli javor	1,94
<i>Acer saccharinum</i>	srebrnolisni javor, srebrolisni javor	0,97
<i>Carpinus spp.</i>	grab, pravi grab	0,97
<i>Cercis siliquastrum</i>	obični judić, jadikovec, judić, obično Judino drvo, sredozemni judić	0,97
<i>Chaenomeles japonica</i>	japanska dunjica, japanska dunja	1,94
<i>Corylus colurna</i>	medvjeda lijeska, div-lijeska, divolijeska, mečja lijeska	3,88
<i>Crataegus spp.</i>	glog	1,94
<i>Forsythia suspensa</i>	viseća forsitija, kineska forsitija, obična forsitija	0,97
<i>Fraxinus spp.</i>	jasen	0,97
<i>Gleditsia triacanthos</i>	trobodni trnovac, gledičija, trnovac, tršiljkasti trnovac	1,94
<i>Liriodendron tulipifera</i>	američki tulipanovac, lijerovac, tulipovac, žuta tulipa	2,91
<i>Magnolia kobus</i>	kobuši-magnolija, japanska magnolija	1,94
<i>Magnolia stellata</i>	zvjezdasta magnolija	0,97
<i>Mahonia aquifolium</i>	obična mahonija, oštroolisna mahonija, vazdazelena mahonija, vodolisna mahonija	4,85
<i>Malus spp. (ukrasne)</i>	jabuka, ukrasne forme	1,94
<i>Pinus nigra</i>	crni bor, bor lučika	2,91
<i>Platanus spp.</i>	platana, platan	2,91
<i>Prunus cerasifera</i> „Atropurpurea“	kultivar mirobalanine prunike, džanarike, mirobalana, šljivovišnje „Atropurpurea“	1,94
<i>Prunus laurocerasus</i>	lovorvišnjina prunika, lovorvišnja, zeleniče	4,85
<i>Prunus serrulata</i>	japanska uresna prunika, japanska cvjetna trešnja, japanska trešnja	1,94
<i>Quercus robur</i>	hrast lužnjak, dub, gorun, hrast lužnik, lužnjak	2,91
<i>Quercus robur</i> „Pyramidalis“	kultivar hrasta lužnjaka „Pyramidalis“	9,71
<i>Sorbus aria</i>	obična mokinja, brašnavi oskoruša, europska mokinja, meral, muk, mokinja, mukovnica	2,91
<i>Tilia cordata</i>	malolisna lipa, kasna lipa, lipolist, pozna lipa, sitnolisna lipa, tamna lipa	2,91
<i>Tilia spp.</i>	lipa	16,50
<i>Tilia tomentosa</i>	srebrnasta lipa, bijela lipa, pustena lipa, srebrna lipa	3,88

Rasprava

U urbanim područjima dosta je često naglašen negativan utjecaj korijenja stabala na infrastrukturu. Primjeri oštećenja popločenih površina, podizanja rubnjaka i temelja građevinskih objekata, začepjenja kanalizacijskih cijevi i ostalih šteta zabilježeni su u cijelom svijetu. Time su znatno manja izdvajanja iz gradskog proračuna za troškove sanacije na infrastrukturi. S obzirom na broj od 125 stabala što čini svega 0,076% od ukupnog broja stabala koja su rastom korijenja prouzročila štetu na infrastrukturi na području grada Zagreba za petogodišnje razdoblje (2008-2012) može se reći kako problem rasta korijena stabala i infrastrukture na području grada Zagreba nije toliko značajan kao u pojedinim gradovima Europe i svijeta. Brojni su primjeri rezultata sličnih istraživanja iz Europe i svijeta u kojima su dobiveni sasvim suprotni podaci. U njemačkom gradu Hannoveru, Reichwein (2002) je istraživao 2881 drvoredno stablo i došao do zaključka kako svako drugo stablo uzrokuje oštećenja na popločenim površinama. Prema Wongu i dr. (1988), u engleskom gradu Manchesteru, 30% drvorednih stabala uzrokuje određena oštećenja na pločnicima odnosno 13% stabala uzrokuje oštećenja rubnjaka. U Kanadi 15-20% svih nogostupa treba zamijeniti zbog fizičkih šteta od stabala, a šteta se procjenjuje na 1,5-2,4 milijuna dolara. (Rajani, 2002) Prema Sealana i Associates (1994), u kalifornijskom gradu San Jose, 68% svih šteta na nogostupima uzrokovano je stablima. Wagar (1985) piše kako je saniranje šteta na rubnjacima i nogostupima, uzrokovanih korijenjem drveća, među najskupljim radovima povezanim s urbanim stablima. Cijena popravka oštećenja na nogostupu po jednom stablu u Kaliforniji iznosi prosječno 480 dolara. (McPherson i Peper, 2000) Uvidom u stanje 15 američkih gradova, za sanaciju šteta na nogostupima uzrokovanih korijenjem stabala izdvaja se od 0,4 do 40% sredstava iz proračuna predviđenog za ukupnu brigu o stablima. (McPherson i Peper, 1995)

Najviše šteta na infrastrukturi na području grada Zagreba uzrokovala su soliterna stabla što je i razumljivo budući da ona uvijek imaju jače razvijen pridanak, žilište i općenito korijenski sustav za razliku od drvorednih stabala ili onih u sklopu. S obzirom na vrlo malu prosječnu udaljenost istraživanih stabala od objekta razumljivo je kako su štete bile neizbježne. Hamilton (1976) piše kako najveće štete uzrokuju visoka stabla zasađena u malim otvorima na nogostupima.

U tim istraživanjima utvrđeno je kako je najčešći arborikulturni zahvat na stablima koja su uzrokovala štetu na infrastrukturi obaranje stabala (bez vađenja i s vađenjem panjeva) što zasigurno ne smije biti pravilo. Neke od dodatnih mjera koje treba poduzimati umjesto obaranja stabala su promjena građe nogostupa (kod sanacije), izgradnja zakrivljenog nogostupa, povećanje prostora za rast stabla, zamjena nekvalitetnog tla supstratima dobre kvalitete, postavljanje prepreka za korijen, orezivanje korijenja itd. Stabla treba uklanjati isključivo u situacijama kad se oštećenja na infrastrukturi nakon sanacije opet ponavljaju. Najbolje su preventivne mjere poput selekcije vrsta drveća s dubokim korijenskim sustavom te obrazovanje svih struktura uključenih u planiranje javnih zelenih površina.

U našim istraživanjima utvrđeno je kako najviše šteta čine stabla na građevinskim objektima, i to je posebno izraženo kod vrsta *Chamaecyparis* spp., *Ailanthus altissima* i *Betula pendula*. Arboristima su odavno poznati problemi invazivnosti nekih vrsta drveća, poput *Ailanthus altissima*, *Acer platanoides* i dr. Na području grada Zagreba registrirano je 1547 stabala vrsta roda *Chamaecyparis* spp. (0,94%) te 21.112 stabala alergene vrste *Betula pendula* (12,88%) i zasigurno bi u budućnosti trebalo smanjiti njihov udjel.

Kad je riječ o štetama na popločenim površinama i rubnjacima, u ovim istraživanjima dokazano je kako ih najčešće uzrokuju vrste *Populus nigra* „*Pyramidalis*“, *Acer saccharinum* i *Ailanthus altissima*. Neke vrste drveća (*Fraxinus*, *Morus* i *Ulmus*) u većini slučajeva se pliće zakorjenjuju od drugih (*Quercus*, *Pyrus*) zbog čega su potencijalno opasnija za popločene površine i sklonija vjetroizvalama, posebno ona visokog rasta i velike krošnje.

Osim toga, razlozi površinskog zakorjenjivanja mogu biti povezani s plitkim tlom, razlikama u horizontima tla, količinom oborina ili načinom navodnjavanja. Uz sve to, vrste iz rodova *Ulmus* i *Populus* tjeraju mnogobrojne izdanke iz korijena, pogotovo u situacijama kad se dio korijena mehanički ozlijedi, što stvara velike probleme kod održavanja prostora oko tih stabala i povećava troškove. Za nastanak šteta na nogostupima i rubnjacima važan je raspoloživi prostor za rast stabla odnosno udaljenost od debla do nogostupa ili rubnjaka. U istraživanju Lessera (2001) na jugu Kalifornije utvrđeno je kako stabla niskog rasta rijetko pričinjavaju štete na pločnicima te kako je četvrtina zasađenih stabala srebrnolisnog javora (*Acer saccharinum*) uzrokovala oštećenja nogostupa. Mjere koje treba primijeniti u situacijama kad je na raspolaganju mali prostor za rast su odabir vrsta drveća niskog rasta te onih vrsta za koje postoje podaci da ne oštećuju pločnike. U Engleskoj se stabla sade u minimalne otvore 2x2 m i na udaljenosti najmanje 3 m od nogostupa. Prema istraživanjima Kopinga (1985), Stankovicka (1990), Sealana i Associates (2004), Fraedricha (1995), Dunna (2000), Manna (2000), Lessera (2001) i Coatea (2001), neke od vrsta drveća koje oštećuju pločnike su: *Acer saccharinum*, *Betula pendula*, *Pinus sylvestris*, *Populus* spp., *Robinia pseudoacacia*, *Acer platanoides*, *Ginkgo biloba*, *Liquidambar styraciflua*, *Quercus ilex*, *Acer rubrum*, *Acer saccharum*, *Fraxinus* spp., *Liriodendron tulipifera*, *Salix* spp., *Magnolia grandiflora*, *Ceratonia siliqua*, *Ulmus parvifloia*, *Celis australis* i dr. U našim istraživanjima potvrđene su spoznaje navedenih autora o vrstama drveća koje nisu poželjne za sadnju na popločenim površinama jer uzrokuju oštećenja. Pri selekciji vrsta drveća, ako ne postoje lokalni podaci, preventivno bi trebalo izbjegavati sadnju nabrojenih vrsta. Prema Coateu (2001), neke se vrste i kultivari drveća koji ne oštećuju pločnike: *Acer negundo* „Sensation“, *Aesculus pavia*, *Carpinus betulus* „Fastigiata“, *Corylus colurna*, *Cotinus obovatus*, *Platanus x acerifolia* „Yarwood“, *Quercus suber*, *Sophora japonica* „Regent“ i dr. Pri selekciji vrsta drveća, ako ne postoje lokalni podaci, preventivno bi trebalo poticati sadnju gore nabrojenih vrsta i kultivara. Tamo gdje je prostor za nadzemni rast ograničen, treba birati kultivare drveća stupastog rasta.

Štete na ogradama najviše su povezane s invazivnom vrstom *Ailanthus altissima* čije sjeme pada u pukotine ograda, uz temelje kuća ili pukotine na fasadama i može klijeti u ovakvim ekstremnim uvjetima. Biljke iz sjemena karakterizira brz rast i razvoj nadzemnog i podzemnog dijela te rano plodonošenje. Sve su to razlozi zbog čega ova vrsta pričinjava izravne štete na ogradama i ostalim građevinskim objektima. Na području grada Zagreba nisu značajne ni štete na ogradama od vrste roda *Prunus* spp. što nije zabilježeno u dosadašnjim istraživanjima. Udjel vrsta roda *Prunus* iznosi čak 7,16% od ukupnog broja stabala i sigurno je kako ove vrste treba dodatno pratiti i znanstveno više istraživati.

Vrste koje u najvećoj mjeri čine štetu na kanalizacijskim sustavima su: *Betula pendula* i *Acer saccharinum*, što se podudara s već poznatim podacima iz literature kako vrste roda *Salix* spp., *Populus* spp., i *Acer saccharinum* imaju invazivno korijenje koje naglim rastom prema kanalizacijskim cijevima uzrokuje njihovo slabljenje, pucanje i na kraju dolazi do prodora sitnoga korijenja u cijevi i začepjenja. Randrup (2000) piše kako treba izbjegavati sadnju sljedećih rodova drveća u neposrednoj blizini kanalizacijskih cijevi: *Salix*, *Populus*, *Betula* i *Ulmus*. U tim istraživanjima uz invazivnu vrstu *Ailanthus altissima* pokazala se jednako štetnom za infrastrukturu i vrsta *Populus nigra* „Pyramidalis“ što i ne čudi s obzirom na to da je riječ o stablima visokog rasta prosječne visine 19,5 m i prsnim promjerom 84 cm. Udjel invazivne vrste *Ailanthus altissima* je dosta velik na području grada Zagreba s registriranih 1026 stabala što čini 0,63% od ukupnog broja stabala dok vrsta *Populus nigra* „Pyramidalis“ sudjeluje također s visokih 1,31%. Potrebno je poduzimati sve mjere s ciljem smanjenja udjela tih štetnih vrsta.

Općenito gledano, oštećenja na infrastrukturi na području grada Zagreba uzrokuju uglavnom listače dok su stabla četinjača (osim lawsonovog pačempresa) manje štetna. U ovim

istraživanjima utvrđeno je kako se u velikom postotku nakon uklanjanja stabla koje je počinilo štetu na infrastrukturi obavlja zamjenska sadnja u blizini oborenih stabala što je dobro. Kod zamjenske sadnje premalo pažnje se poklanja četinjačama, a vrsta *Acer platanoides* koja se često koristi pripada u invazivnu vrstu te vrstu koja korijenskim sustavom oštećuje pločnike i u budućnosti je treba izbjegavati ili smanjivati njezin udjel koji trenutno iznosi oko 6,01% od ukupnog broja stabala. Neke zamjenske vrste, poput *Acer saccharinum*, *Fraxinus* spp. i *Liriodendron tulipifera* nalaze se na popisu vrsta za koje je poznato da korijenskim sustavom oštećuju pločnike pa ih treba koristiti s oprezom ili podalje od popločenih površina. Kultivar *Quercus robur* „*Pyramidalis*“ je dobar izbor za zamjensku sadnju, posebno u otvorima na parkiralištima, pločnicima i tamo gdje su nadzemni uvjeti za rast ograničeni (uski prostori). Vrste *Prunus laurocerasus* i *Manohia aquifolium* su također dobar izbor jer izrastu kao niža stabla ili grmovi, imaju slabije razvijen korijenski sustav koji ne čini štete na infrastrukturi te izvrsno podnose zaszenu i gradska onečišćenja. Općenito za zamjensku sadnju treba birati mnogo više vrsta drveća raznih visina, a naročito iz onih rodova koji su vrlo malo zastupljeni u ukupnom udjelu kako bi se povećala urbana bioraznolikost.

Svjedoci smo globalnih klimatskih promjena a urbana mikroklima u takvim poremećenim makroklimatskim uvjetima mnogo se brže i znatnije mijenja što treba uzeti u obzir pri budućim selekcijama vrsta drveća.

Zaključci

Urbana stabla procjenjuju se na temelju estetskih, ekoloških, socijalnih i ekonomskih koristi koje pružaju. S ciljem ispunjenja navedenih funkcija nužno je imati sigurna i stabilna stabla. Sve koristi urbanih stabala imaju i svoju cijenu a jedna od njih je i trošak sanacije na infrastrukturi uzrokovane rastom korijenja. Smanjivanjem šteta na infrastrukturi rastom korijenja stabala znatno se utječe na troškove njege i održavanja stabala. Kontakt korijena stabala i infrastrukture predstavlja ozbiljne probleme u mnogim gradovima Europe i svijeta. Uklanjanja i/ili premještanja stabala te sanacija šteta mogu u znatnoj mjeri utjecati na gradski proračun. Određeni izazov predstavlja izbor odgovarajućih vrsta drveća za sadnju na parkiralištima i popločenim površinama. Treba izbjegavati vrste s krupnim površinskim korijenjem koje bi moglo uzrokovati oštećenja na pločnicima kao i stabla s gustom krošnjom koja bi sprečavala propusnost svjetla prema pločniku. Treba izbjegavati sadnju stabala čiji plodovi, grane i krupni listovi otpadaju na pločnik. Pri sadnji stabala na parkirališta potrebno je voditi računa o tome da otvori za sadnju budu prilagođeni vrsti drveća sa što većim volumenom tla za rast korijenja. Ako je ograničen volumen tla, potrebno je odabrati rastom manje vrste ili kultivare koji su dobro prilagođeni na visoke temperature i nedostatak vlage. Potrebno je voditi računa o veličini stabala u zreloj dobi. Visina stabla ne smije ometati nadzemne vodove ili nadstrešnice građevinskih objekata, a širina ne smije smetati prometu vozila i pješaka. Tamo gdje prostor za rast nije velik, potrebno je saditi uspravne ili stupolike kultivare. Novijim istraživanjima otkrivene su brojne mjere za ublažavanje stresnih čimbenika kod urbanih stabala (prepreke za korijen, modificirana tla, mikorizna cjepiva, pravovremene metode sanacije oštećenja na pločnicima, različite metode izradbe otvora i dr.). Ako dođe do oštećenja infrastrukture rastom korijenja stabala, potrebna je sanacija. Pri sanaciji treba dati prednost neinvazivnim metodama za stabla, a stabla uklanjati isključivo u situacijama kad se oštećenja na infrastrukturi nakon sanacije opet ponavljaju. Najviše šteta na području grada Zagreba čine stabla na građevinskim objektima, i to posebno one vrste *Chamaecyparis* spp., *Ailanthus altissima* i *Betula pendula*. Štete na popločenim površinama i rubnjacima najčešće uzrokuju vrste *Populus nigra* „*Pyramidalis*“, *Acer saccharinum* i *Ailanthus altissima*, a štete na ogradama invazivna vrsta *Ailanthus altissima*. Na kanalizacijskim sustavima najčešće štete čine vrste *Betula pendula* i *Acer saccharinum*. Oštećenja na instalacijama uzrokovala su stabla japanske sofore (*Sophora japonica*), a na hladnovodnim i toplovodnim cijevima stabla

hrasta cera (*Quercus cerris*) i oraha (*Juglans* spp.). Vrsta *Ailanthus altissima* je toliko invazivna da svojim rastom uzrokuje višestruke štete na infrastrukturi i takva stabla su potencijalno najopasnija. Potrebno je poduzeti sve napore kako bi se smanjio udjel ove vrste. Vrsta *Populus nigra* „*Pyramidalis*“ ne smatra se invazivnom, ali također svojim snažnim rastom dovodi do višestrukih šteta na infrastrukturi, poput oštećenja pločnika i prodora u kanalizacijske sustave. Općenito gledano, najopasnije vrste za infrastrukturu su *Ailanthus altissima* i *Populus nigra* „*Pyramidalis*“. Kod zamjenske sadnje treba povećati broj vrsta, posebno četinjača, smanjiti udjel invazivne vrste *Acer platanoides* kao i udjel vrsta drveća za koje je poznato da korijenskim sustavom oštećuju pločnike. Pri budućim selekcijama vrsta drveća treba voditi računa o globalnim klimatskim promjenama, a naročito o promjenama urbane mikroklimе.

Literatura

1. Borzan, Ž., 2001: Imenik drveća i grmlja, latinski, hrvatski, engleski, njemački. Hrvatske šume p.o., Zagreb, 485 pp.
2. Coate, B., 1990: Water Conserving Plants and Landscapes for the Bay Area. Alamo, CA: East Bay Municipal Utility District.
3. Coate, B., 2001: Unpublished list of tree species and their tendency to conflict with pavement. Presentation to a meeting of the Western Chapter International Society of Arboriculture. Barrie Coate Associates. Los Gatos, CA.
4. Coder, K. D., 1997: Crown Pruning Effects on Roots. In Proceedings of the Third European Congress of Arboriculture. Merano, Italy: Italian Chapter of the International Society of Arboriculture.
5. Dirr, M. A., C. W. Heuser Jr, 1987: The Reference Manual of Woody Plant Propagation. Athens, GA: Varsity Press.
6. Dunn, L., 2000: Dealing with Tree Roots and Concrete: The Sunnyvale Experience. In: Strategies to Reduce Infrastructure Damage by Tree Roots. Proc. Symposium for Researchers and Practitioners. L. Costello, E. McPherson, D. Burger and L. Dodge (eds.). Western Chapter. International Society of Arboriculture. Cohasset, CA. pp. 83-88.
7. Fraedrich, B., 1995: Solutions to Tree and Sidewalk Conflicts. City Trees, May-June, pp. 13-15. Society of Municipal Arboriculture. Champaign, IL: International Society of Arboriculture.
8. Francis, J. K., B. P. Parresol, J. M. de Patino, 1996: Probability of Damage to Sidewalks and Curbs by Street Trees in the Tropics. Journal of Arboriculture, 22(4): 193-197.
9. Gilman, E. F., 1990: Tree Root Growth and Development I. Form, Spread, Depth and Periodicity. Journal of Environmental Horticulture, 8(4): 215-220.
10. Hagen, B., 2001: Back to Basics: Tree Roots. Western Arborist, 26(1): 11-14.
11. Hamilton, W. D., 1976: Street Tree Root Problem Survey. Landscape Supervisors Forum Newsletter, May 11. Hayward: University of California Cooperative Extension, pp. 1-3.
12. Hamilton, W. D., 1988: Significance of Root Severance on Performance of Established Trees. Journal of Arboriculture, 14(12): 288-292.
13. Harris, R. W., J. R. Clark, N. P. Matheny, 2004: Arboriculture: Integrated Management of Landscape Trees, Shrubs, and Vines. 4th ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 578 pp.
14. Kopinga, J., 1985: Site Preparation Practices in the Netherlands. Metria, 5: 72-84.
15. Lesser, L., 2001: Hardscape Damage by Tree Roots. Journal of Arboriculture, 27(5): 272-276.

16. Mann, G., 2000: Redwood City, California's Tree Preservation and Sidewalk Repair Program. In: Strategies to Reduce Infrastructure Damage by Tree Roots. Proc. Symposium for Researchers and Practitioners. L. Costello, E. McPherson, D. Burger and L. Dodge (eds.). Western Chapter. International Society of Arboriculture. Cohasset, CA. pp. 70-74.
17. Mann, G., 2002: Root Pruning: The Good, the Bad and the Ugly. In Roots vs. Infrastructure: Is it Either Or? Seminar presented by the California Urban Forests Council and the Western Chapter ISA (March), San Jose, CA.
18. McPherson, E., P. Peper, 1995: Infrastructure Repair Costs Associated with Street Trees in 15 Cities, pp. 49-63. In Trees and Building Sites, eds. G. Watson and D. Neely, Savoy, IL: International Society of Arboriculture.
19. McPherson, E. G., P. Peper, 2000: Cost Due to Conflicts between Street Tree Root Growth and Hardscape. In L. R. Costello et al., eds., Strategies to Reduce Infrastructure Damage by Tree Roots: Proceedings of a Symposium for Researchers and Practitioners. Cohasset, CA: Western Chapter, International Society of Arboriculture, 15-18.
20. Miller, F. D. Jr, D. Neely, 1993: The Effect of Trenching on Growth and Plant Health of Selected Species of Shade Trees. *Journal of Arboriculture*, 19(4): 226-229.
21. Paulić, V., M. Oršanić, D. Drvodelić, M. Šango, 2012: Management of Maksimir Urban Forest: Tree Risk Assessment Survey. 15th European Forum on Urban Forestry Governance, Leipzig, Germany, 40-41.
22. Peper, P. J., E. G. McPherson, 1995: Street Trees and Urban Infrastructure: Getting at the Root of the Problem. Newsletter of the Western Center for Urban Forest Research and Education, Fall Update (3).
23. Phillips, L. E., 1999: Tips for the Municipal Arborist: Tree Roots Versus Sidewalks. *City Trees*, 35(5).
24. Rajani, B., 2002: Best Practices for Concrete Sidewalk Construction: Construction Technology Update 54. Ottawa: Institute for Research in Construction, National Research Council of Canada.
25. Randrup, T., 2000: Occurrence of Tree Roots in Danish Municipal Sewer Systems: *Arboricultural Journal*, 24: 283-306.
26. Reichwein, S., 2002: Baumwurzeln unter Verkehrsflächen: Untersuchungen zu Schäden an Verkehrsflächen durch Baumwurzeln und Ansätze zur Schadensvermeidung. Heft 6, Beiträge zur räumlichen Planung. (Tree roots under sidewalks. Doctoral dissertation) Hannover: Fachbereich Landschaftsarchitektur und Umweltentwicklung. Universität Hannover.
27. Sealana and Associates, 2004: City of San Jose Sidewalk Survey and Analysis Study. City of San Jose, Department of Streets and Parks, San Jose, CA.
28. Stankovick, M., 1990: Sidewalks and Trees. Village of Oak Park. Oak Park, IL.
29. StatSoft Inc., 2003: Electronic Statistics Textbook. Tulsa, OK: StatSoft. www.statsoft.com
30. Wagar, J. A., P. A. Barker, 1983: Tree Root Damage to Sidewalks and Curbs. *Journal of Arboriculture*, 9: 177-181.
31. Wagar, A., 1985: Reducing Surface Rooting of Trees with Control Planters and Wells. *Journal of Arboriculture*, 11: 165-171.
32. Watson, G. W., 1998: Tree Growth after Trenching and Compensatory Crown Pruning. *Journal of Arboriculture*, 24(1): 47-53.
33. Wong, T. W, J. E. G. Good, M. P. Denne, 1988: Tree Root Damage to Pavements and Kerbs in the city of Manchester. *Arboricultural Journal*, 12:17-34.