

junij 2022

letnik 71

Gradbeni vestnik

GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE IN
MATIČNE SEKCIJE GRADBENIH INŽENIRJEV INŽENIRSKA ZBORNICE SLOVENIJE



159

PROMETNA VARNOST VOZNIKOV
E-SKIROJEV – VPLIV PROMETNE
INFRASTRUKTURE

168

VPLIV KOINCIDENČNEGA EFEKTA
NA ZVOČNO IZOLATIVNOST
PREGRAD

Izdajatelj:
**Zveza društev gradbenih inženirjev in
tehnikov Slovenije (ZDGITS),**
Karlovska cesta 3, 1000 Ljubljana,
telefon 01 52 40 200
v sodelovanju z **Matično sekcijo
gradbenih inženirjev Inženirske
zbornice Slovenije (IZS MSG),**
ob podpori **Javne agencije za
raziskovalno dejavnost RS, Fakultete
za gradbeništvo in geodezijo Univerze
v Ljubljani, Fakultete za gradbeništvo,
prometno inženirstvo in arhitekturo
Univerze v Mariboru in Zavoda za
gradbeništvo Slovenije**

Izdajateljski svet:
ZDGITS: **prof. dr. Matjaž Mikoš, predsednik**
izr. prof. dr. Andrej Kryžanowski
Dušan Jukič
IZS MSG: **mag. Gregor Ficko**
mag. Jernej Nučič
mag. Mojca Ravnikar Turk
UL FGG: **doc. dr. Matija Gams**
UM FGPA: **prof. dr. Miroslav Premrov**
ZAG: **doc. dr. Aleš Žnidarič**

Uredniški odbor: **izr. prof. dr. Sebastjan
Bratina, glavni in odgovorni urednik**
doc. dr. Milan Kuhta

Lektor: **Jan Grabnar**

Lektorica angleških povzetkov:
Romana Hudin

Tajnica: **Eva Okorn**

Oblikovalska zasnova: **Agencija GIG**

Tehnično urejanje, prelom in tisk:
Kočeovski tisk

Naklada: 450 tiskanih izvodov
3000 naročnikov elektronske verzije

Podatki o objavah v reviji so navedeni
v bibliografskih bazah COBISS in ICONDA
(The Int. Construction Database) ter na
www.zveza-dgits.si

Letno izide 12 številčk. Letna naročnina
za individualne naročnike znaša 23,16 EUR;
za študente in upokoјence 9,27 EUR;
za družbe, ustanove in samostojne podjetnike
171,36 EUR za en izvod revije; za
naročnike iz tujine 80,00 EUR.
V ceni je vštet DDV.
Poslovni račun ZDGITS pri NLB Ljubljana:
SI56 0201 7001 5398 955

Slika na naslovnici:
Individualna montažna lesena hiša,
foto: Lumar

**Glasilo Zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije in
Matične sekcije gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije.**
UDK-UDC 05 : 625; tiskana izdaja ISSN 0017-2774;
spletna izdaja ISSN 2536-4332.
Ljubljana, junij 2022, letnik 71, str. 157-176

Navodila avtorjem za pripravo člankov in drugih prispevkov

1. Uredništvo sprejema v objavo znanstvene in strokovne članke s področja gradbeništva in druge prispevke, pomembne in zanimive za gradbeno stroko.
2. Znanstvene in strokovne članke pred objavo pregleda najmanj en anonimen recenzent, ki ga določi glavni in odgovorni urednik.
3. Članki (razen angleških povzetkov) in prispevki morajo biti napisani v slovenščini.
4. Besedilo mora biti zapisano z znaki velikosti 12 točk in z dvojnimi presledkom med vrsticami.
5. Prispevki morajo vsebovati naslov, imena in priimke avtorjev z nazivi in naslovi ter besedilo.
6. Članki morajo obvezno vsebovati: naslov članka v slovenščini (velike črke); naslov članka v angleščini (velike črke); znanstveni naziv, imena in priimke avtorjev, strokovni naziv, navadni in elektronski naslov; oznako, ali je članek strokoven ali znanstven; naslov POVZETEK in povzetek v slovenščini; ključne besede v slovenščini; naslov SUMMARY in povzetek v angleščini; ključne besede (key words) v angleščini; naslov UVOD in besedilo uvoda; naslov naslednjega poglavja (velike črke) in besedilo poglavja; naslov razdelka in besedilo razdelka (neobvezno); ... naslov SKLEP in besedilo sklepa; naslov ZAHVALA in besedilo zahvale (neobvezno); naslov LITERATURA in seznam literature; naslov DODATEK in besedilo dodatka (neobvezno). Če je dodatkov več, so ti označeni še z A, B, C itn.
7. Poglavja in razdelki so lahko oštevilčeni. Poglavja se oštevilčijo brez končnih pik. Denimo: 1 UVOD; 2 GRADNJA AVTOCESTNEGA ODSEKA; 2.1 Avtocestni odsek ... 3 ...; 3.1 ... itd.
8. Slike (risbe in fotografije s primerno ločljivostjo) in preglednice morajo biti razporejene in omenjene po vrstnem redu v besedilu prispevka, oštevilčene in opremljene s podnapisi, ki pojasnjujejo njihovo vsebino.
9. Enačbe morajo biti na desnem robu označene z zaporedno številko v okroglem oklepaju.
10. Kot decimalno ločilo je treba uporabljati vejico.
11. Uporabljena in citirana dela morajo biti navedena med besedilom prispevka z oznako v obliki oglatih oklepajev: [priimek prvega avtorja ali kratica ustanove, leto objave]. V istem letu objavljena dela istega avtorja ali ustanove morajo biti označena še z oznakami a, b, c itn.
12. V poglavju LITERATURA so uporabljena in citirana dela razvrščena po abecednem redu priimkov prvih avtorjev ali kraticah ustanov in opisana z naslednjimi podatki: priimek ali kratica ustanove, začetnica imena prvega avtorja ali naziv ustanove, priimki in začetnice imen drugih avtorjev, naslov dela, način objave, leto objave.
13. Način objave je opisan s podatki: knjige: založba; revije: ime revije, založba, letnik, številka, strani od do; zborniki: naziv sestanka, organizator, kraj in datum sestanka, strani od do; raziskovalna poročila: vrsta poročila, naročnik, oznaka pogodbe; za druge vrste virov: kratek opis, npr. v zasebnem pogovoru.
14. Prispevke je treba poslati v elektronski obliki v formatu MS WORD glavnemu in odgovornemu uredniku na e-naslov: sebastjan.bratina@fgg.uni-lj.si. V sporočilu mora avtor napisati, kakšna je po njegovem mnenju vsebina članka (pretežno znanstvena, pretežno strokovna) oziroma za katero rubriko je po njegovem mnenju prispevek primeren.

Uredništvo

VSEBINA CONTENTS

IN MEMORIAM

prof. dr. Mitja Brilly, univ. dipl. inž. grad.
dr. Metka Gorišek (1961-2022)

158

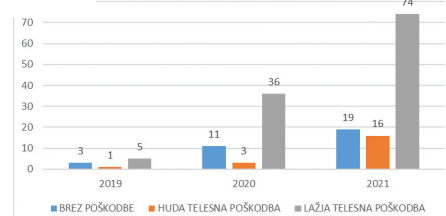


ČLANKI PAPERS

mag. Stanko Laković, univ. dipl. inž. str.
mag. Vlasta Rodošek, univ. dipl. inž. grad.
**PROMETNA VARNOST VOZNIKOV E-SKIROJEV –
VPLIV PROMETNE INFRASTRUKTURE
TRAFFIC SAFETY OF E-SCOOTERS DRIVERS –
IMPACT OF TRAFFIC INFRASTRUCTURE**

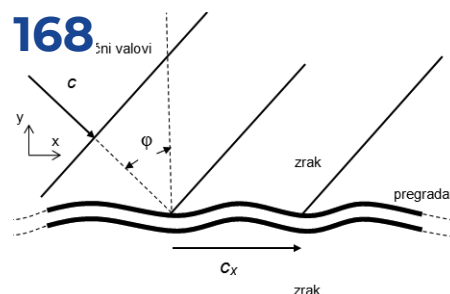
159

Poškodba voznika e-skiroja



mag. Mihael Ramšak, univ. dipl. inž. grad.
**VPLIV KOINCIDENČNEGA EFEKTA NA
ZVOČNO IZOLATIVNOST PREGRAD
INFLUENCE OF COINCIDENT EFFECT ON
THE SOUND INSULATION PERFORMANCE
OF BARRIERS**

168



FOTOREPORTAŽA Z GRADBIŠČA

GIC GRADNJE, d. o. o.
**POSLOVNA STAVBA ZAVAROVALNICE
SAVA V MARIBORU**

173



NOVI DIPLOMANTI

Eva Okorn

KOLENDAR PRIREDITEV

Eva Okorn

dr. Metka Gorišek (1961-2022)



Prezgodaj nas je zapustila dr. Metka Gorišek na vrhuncu svoje profesionalne poti. Obmolknil je njen nalezljivi smeh, ki smo ga bili vajeni na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo.

Na svoji profesionalni poti je dr. Metka Gorišek uspešno povezala teoretično znanje s praktičnimi izkušnjami in zelo zahtevnim administrativno-političnim delom. Kariero je začela leta 1984 kot asistentka na Katedri za splošno hidrotehniko po dokončanem študiju na hidrotehnični smeri Fakultete za gradbeništvo in geodezijo. Študij je nadaljevala na takratni tretji stopnji in uspešno magistrirala 1989, ter doktorirala leta 1995 kot prva doktorandka na hidrotehnični smeri z naslovom doktorske teze »Difuzijsko gibanje snovi, raztopljenih v vodi, skozi porozni prostor iz drobnozrnatih materialov«.

Svoje teoretično znanje je želela podkrepiti tudi s praktičnimi izkušnjami. Tako je kot asistentka sodelovala pri izdelavi

vodnogospodarskih projektov na VGP Kranj in nabirala praktične izkušnje tudi pri njihovem izvajanju. Prakso je je nadaljevala v letih 1994 in 1995 v Dravskih elektrarnah iz Celovca kot vodja projekta »Kalibracija hidrološkega prognostičnega modela za centralno vzdrževanje in delovanje hidroenergetske verige na reki Salzach«. Pri tem zahtevnem delu se je izredno izkazala in dobila božično nagrado, ker je ugotovila napako v matematičnem modelu, ki ga je uporabljala. Ko jo je občasno zagrabilo domotožje, je sedla zvečer v avto in se zapeljala v Ljubljano, da bi prespala v domači postelji. Zjutraj je bila spet na delovnem mestu v Celovcu.

V letih 1995 in 1996 je delala na ministrstvu za okolje in prostor, zaposlena pri Združenih narodih na Dunaju kot koordinatorka državnega programa za Donavsko konvencijo – usklajevanje nacionalnih dejavnosti v okviru programa Donavske konvencije. Po končani zaposlitvi pri ZN je delo nadaljevala na ministrstvu za okolje in prostor na različnih delavnih mestih do leta 2006. Skrbela je za uspešno izkoriščanje kohezijskih sredstev EU z vodenjem in pripravo ter izvajanjem investicij na področjih infrastrukture varstva okolja in vodne infrastrukture. V obdobju med letoma 2007 in 2008 je bila sekretarka v kabinetu ministra na ministrstvu za gospodarstvo in vodja projektov gospodarskih središč Resolucije o nacionalnih razvojnih projektih za obdobje 2007-2023. Delo je nadaljevala kot direktorica Inštituta za prostorski razvoj (ustanovitelj LUZ, d. d.) v obdobju 2008-2014 in sodelovala pri različnih kohezijskih infrastrukturnih projektih. Od 2014 do 2020 je prevzela vodilne funkcije na Inštitutu za vode Republike Slovenije. Zadnjo dolžnost državne sekretarke za okolje na ministrstvu za okolje in prostor je prevzela leta 2020. Zadnji večji projekt oskrbe s pitno vodo slovenske Istre ter kraškega zaledja, ki ga je zastavila pred več kot petnajstimi leti, je ostal nedokončan, saj ga v zadnjem mandatu ni zmogla izpeljati. Zelo dobro je poznala finančne mehanizme Evropske skupnosti, kar je povezala z ustreznim strokovnim znanjem. Skorajda ni kraja v Sloveniji, ki ga ni zaznamovala s praktičnimi rezultati svojega dela.

prof. dr. Mitja Brilly

mag. Stanko Lakovič, univ. dipl. inž. str.
stanko.lakovic@um.si



mag. Vlasta Rodošek, univ. dipl. inž. grad.
vlasta.rodosek@um.si
Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo,
prometno inženirstvo in arhitekturo,
Smetanova ulica 17, 2000 Maribor



Strokovni članek

UDK 656.11:629.326.3(497.4)

PROMETNA VARNOST VOZNIKOV E-SKIROJEV – VPLIV PROMETNE INFRASTRUKTURE

TRAFFIC SAFETY OF E-SCOOTERS DRIVERS – IMPACT OF TRAFFIC INFRASTRUCTURE

Povzetek

E-skiroji so vse pogostejši udeleženci v cestnem prometu, vozniki e-skirojev se pojavljajo tudi vse pogosteje kot povzročitelji in udeleženci v prometnih nesrečah. Vse večja popularnost e-skirojev posebej pri mlajši in srednji populaciji, njihovo večje število v prometu in stanje prometne infrastrukture vpliva na trend naraščanja števila prometnih nesreč tudi v Sloveniji. Avgusta 2021 je stopila v veljavo sprememba ZPrCP, ki pravno ureja področje uporabe e-skirojev v prometu [UL RS, 2021].

Tako e-skiroji kot e-kolesa v prometu uporabljajo isto prometno površino, vendar se na morebitne nepravilnosti (poškodbe, neravnine, oprijem ipd.) zaradi značilnosti vozila odzivajo drugače in v določenih situacijah prometno nevarno.

V zadnjem času smo priča hitremu razvoju na področju sodobnih, tehnološko izpopolnjenih in široko uporabnih vozil. Tem spremembam je treba slediti tudi s standardi za načrtovanje prometa, prometne infrastrukture ter vzdrževanja stanja le-te, ki zagotavlja doseganje višje ravni prometne varnosti vseh udeležencev prometa.

V sistemu varnosti cestnega prometa so udeleženi trije dejavniki: voznik, vozilo in okolje. Današnji trend hitrega razvoja vozil izpopolnjuje le ta s sodobnimi napravami in rešitvami. Človek in okolje (prometna infrastruktura) morata za doseg prometne varnosti temu razvoju slediti. Človek ima sicer glede na spol, starost, okolje in ostale dejavnike različne sposobnosti upravljanja vozil. V članku pozornost ni posvečena vozniku in vozilu/e-skiroju.

Opravljen je bil raziskava stanja prometne varnosti voznikov e-skiroja z namenom ugotovitve vzroka prometnih nesreč ter povezave s prometno infrastrukturo z namenom podajanja ugotovitev in možnih dopolnitev/sprememb na obstoječi infrastrukturi, s čimer bi lahko vplivali na višjo stopnjo prometne varnosti e-skirojev, ki se v prometu pojavljajo v zadnjem času kot novi udeleženci v cestnem prometu in katerih število se hitro povečuje.

V sklopu raziskave je bila opravljena tudi anketa voznikov e-skiroja v treh večjih slovenskih mestih s poudarkom na korelaciji med njihovo varnostjo in stanjem prometne infrastrukture.

Rezultat se kaže v predlogu aktivnosti za izboljšanje prometne infrastrukture in posledično prometne varnosti.

Gljučne besede: e-skiro, prometna varnost, prometna infrastruktura

Summary

E-scooters are increasingly common participants in road traffic. These drivers also appear more and more often as responsible for the traffic accidents in which they are involved. The growing popularity of e-scooters, especially among the younger and middle-aged population, their increasing number in traffic and the current condition of transport infrastructure influence the increasing trend in the number of traffic accidents in general, as well as in Slovenia. In August 2021, an amendment to the ZPrCP came into force, which legally regulates the field of use of e-scooters in traffic [UL RS, 2021].

Both e-scooters and e-bikes use the same traffic space, but due to the characteristics of the vehicle type and in certain circumstances dangerous situations, they react differently to possible irregularities (damage, unevenness, grip, etc.).

Recently, there has been a rapid development in the field of modern, technologically advanced and widely used vehicles. These changes must also be followed by standards for traffic and transport infrastructure planning and maintenance that ensure the achievement of a higher level of traffic safety for all traffic participants.

The road safety system includes three factors: the driver, the vehicle and the environment/infrastructure. Today's trend of rapid vehicle development is perfected only by modern devices and solutions. User/driver and the environment/transport infrastructure must follow this development in order to ensure traffic safety. In fact, depending on gender, age, environment and other factors, a person has different driving skills. This article does not focus on driver and vehicle characteristics.

A study was conducted on the traffic safety status of e-scooter drivers in order to determine the cause of accidents and their relationship with the transport infrastructure in order to provide insights and possible additions/changes to the existing infrastructure that affect the higher level of traffic safety, as new road users have recently emerged and their number is growing rapidly.

The research included a survey of e-scooter drivers in three major Slovenian cities, focusing on the correlation between their safety and the condition of the transport infrastructure.

The result is reflected in the proposal for measures to improve transport infrastructure and thus traffic safety.

Key words: e-scooter, traffic safety, traffic infrastructure

1 UVOD

E-skiroji so v zakonodaji opredeljeni v skupini »lahka motorna vozila« in tu so tudi invalidski vozički in vozila na motorni pogon, pri katerih konstrukcijsko določena hitrost ne presega 25 km/h, niso širša od 80 cm in so izvzeta s področja uporabe Uredbe (EU) št. 168/2013 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 15. januarja 2013 o odobritvi in tržnem nadzoru dve- ali trikolesnih vozil in štirikolesnikov [UL EU, 2013]. E-skiroji imajo pozitivne lastnosti (majhnost, dovolj velika hitrost, so lahki, cenovno dosegljivi, premagujejo dokaj velike razdalje) in so tudi eden od korakov v smer zelene mobilnosti v mestih, zmanjšanja prometne gneče in izpustov plinov.

Mikromobilnost (tj. uporaba vozil, kot so kolesa, električna kolesa in električni skiroji) je v zadnjih letih postala središče pozornosti prometnih politik v mestih [Vishwanath, 2014]. Leta 2018 je bilo izvedenih približno dvakrat več skupnih potovanj z mikromobilnostjo kot leta 2017 [NACTO, 2020]. Čeprav predstavljajo majhen delež skupnih potovanj, je zaradi hitre rasti mikromobilnosti in razvoja tehnologij vpliv mikromobilnosti na druge načine prevoza in varnost v prometu vse pomembnejši.

E-skiroji so najnovejši uvod v mikromobilnost v mestih. Medtem ko se po svetu uporabljajo že vrsto let, je v zadnjih letih tudi v Sloveniji zaznana intenzivna rast njihove uporabe. E-skiroji, ki lahko prevažajo odraslo osebo, imajo običajno doseg 20–40 km, nosilnost 90–120 kg in največjo hitrost 25–35 km/h, lahko pa dosežajo višje omejitve teže, dosega in hitrosti. Cenovno so – predvsem v osnovni izvedbi – široko dostopni in zato tudi v vedno večjem številu zastopani kot prevozno sredstvo mikromobilnosti [ITF-OECD, 2022].

Leta 2018 so e-skiroji z 38,5 milijona zabeleženih potovanj prehiteli storitve souporabe koles (36,5 milijona potovanj) [NACTO, 2020]. Revija Wired [Wired, 2021] je leto 2018 poimenovala »leto skirojev«, saj je ta posebna oblika mikromobilnosti narasla v priljubljenosti in uporabi.

Koncentracija potovanj z mikromobilnostjo v urbanih središčih je povzročila veliko pozornosti njihovim vplivom, pozitivnim in negativnim [BTS, 2021]. Podporniki e-skirojev trdijo, da zagotavljajo zabavno, priročno, poceni in enostavno možnost prevoza, ki jo je mogoče uporabiti skoraj povsod. Poleg tega trdijo, da obstajajo javne koristi: e-skiroji lahko razširijo dostop do javnega prevoza, povečajo mobilnost, ne da bi bistveno povečali zastoje, in so okolju prijazni. Vendar pa se posledice hitre rasti uporabe e-skirojev kažejo tudi v negativnih vplivih na varnost prometa v mestih in povečevanju števila nesreč s poškodbami zaradi padcev in trkov uporabnikov e-skirojev. Nesreče uporabnikov e-skirojev so največkrat posledica neizkušenosti (med uporabniki, ki prvič uporabljajo e-skiro je posebno visoka stopnja nesreč), vpliva alkohola ali drog, uporaba e-skiroja oseb, mlajših od 18 let, in vožnja brez čelade [Hardt, 2019]. Raziskave prometnih nesreč, v katerih so bili udeleženi uporabniki e-skiroja, so pokazale, da je samo 4,4 % voznikov e-skirojev nosilo čelado, 4,8 % jih je bilo pod vplivom alkohola in 11 % je bilo mlajših od 18 let [PBOT, 2022]. Skoraj polovica poškodovanih je utrpela poškodbe glave, petnajst odstotkov pa travmatične poškodbe možganov [Holder, 2019]. Študije kažejo tudi, da ima infrastruktura pomemben vpliv na poškodbe uporabnikov e-skirojev; približno 50 % prometnih nesreč s poškodbami uporabnika e-skiroja je posledica stanja vozne

površine (luknja/razpoka/neravnina/zdrs), od tega jih je 37 % vozilo tudi s preveliko hitrostjo [Bloomberg, 2022]. Medtem ko so se številne študije osredotočile na poškodbe uporabnikov, e-skiroji vzbujajo pomisleke tudi pri neuporabnikih, saj ta vozila za vožnjo in parkiranje uporabljajo pločnike. Nevarnost tako predstavlja tudi trčenje s pešcem, na pločnikih parkirani e-skiroji pa ovirajo pešce, otežujejo prehod invalidskih in otroških vozičkov [Fang, 2018].

2 ZAKONODAJA S PODROČJA UPORABE E-SKIROJEV

E-skiroji so pri gibanju tihi, hitri ter zaradi tega lahko predstavljajo nevarnost za druge udeležence v cestnem prometu, ker jih ostali udeleženci v cestnem prometu ne slišijo, vidnost je zaradi manjše silhete e-skiroja tudi slabša. Karakteristike e-skirojev se pomembno razlikujejo od drugih vozil, posebej glede stabilnosti, načina vožnje, hrupa, hitrosti, kar se kaže tudi v značilnostih prometnih nesreč, v katerih so udeleženi najpogosteje kot povzročitelji, in njihovih posledic. Število prometnih nesreč e-skirojev se v primerjavi z nesrečami voznikov e-koles v Sloveniji povečuje z večjim trendom kljub dejstvu, da je zaznan podoben porast števila uporabnikov v prometu. Pričakovane in najbolj nevarne poškodbe voznika e-skiroja so predvsem poškodbe glave, kar kažejo tudi rezultati analize podatkov UKC, predstavljeni v nadaljevanju.

Zakonodaja predvideva, da mora voznik lahkega motornega vozila, kot je opredeljen e-skiro, imeti ponoči in ob zmanjšani vidljivosti prižgan na sprednji strani žaromet, ki oddaja belo svetlobo. Na zadnji strani mora imeti nameščen rdeč odsevnik, na obeh straneh pa rumene ali oranžne bočne odsevnik. Zvonec kljub pomembnemu vplivu na varnost z zakonodajo ni predviden. Posebno težavo predstavlja dejstvo, da je na trgu mogoče kupiti e-skiroje, ki z vidika opreme ne zadovoljujejo vsem zahtevam zakonodaje, in je uporabniku prepuščena odločitev o dodatni nadgradnji potrebne opreme. Prav tako v prometu zaznavamo uporabo e-skirojev, ki daleč presegajo hitrostne omejitve [Dinotti, 2022].

E-skiro je pri višjih hitrostih kot tudi pri močnem zaviranju nestabilen. Kolesa skiroja so majhna in zaradi tega občutljiva za nepravilnosti na vozni površini (kolesarska steza, kolesarska pot, vozišče), kot so luknje, neravnine, široke razpoke kot tudi prisotnost kamenega drobirja in peska, so iz tršega materiala kot pnevmatike koles, ki so jim prirejene tehnične smernice za oblikovanje infrastrukture (slika 1).



Slika 1. E-skiro.

Evropske države, ki so uredile problematiko uporabe e-skirojev v cestnem prometu, so Norveška, Belgija in Danska, v zadnjem obdobju so zakonodajne spremembe uvedle na pobudo ministrstva za infrastrukturo tudi Nemčija, Avstrija in Francija.

2.1 Uporaba e-skirojev v Nemčiji

Do leta 2019 v mestih ni bilo dovoljeno voziti e-skiroja, saj ni bila opredeljena površina, po kateri se ta vozila lahko gibljejo. Uvedba določil o uporabi e-skirojev [Deutcher Bundestag, 2021] podaja omejitve: največja dovoljena hitrost gibanja je 20 km/h, največja moč skuterja 500 W. Gibanje je dovoljeno po kolesarski stezi, v kolikor te ni, e-skiroji uporabljajo vozišče za motoriziran promet. Uporaba e-skiroja na pločniku ni dovoljena. Starostna omejitev za voznike e-skiroja je 14 let ali več. Za vožnjo e-skiroja ni potrebno posebno dovoljenje/izpit. Zahteva se zavarovanje odgovornosti za poškodbe tretjih oseb. Uporaba čelad ni zahtevana. E-skiro mora imeti dve neodvisni zavori, zvonec ter svetlobno telo spredaj in zadaj.

2.2 Uporaba e-skirojev v Avstriji

V Avstriji uporabo e-skirojev ureja sprememba Zakona o cestnem prometu [Dejure, 2021], ki je začela veljati junija 2019. Največja dovoljena hitrost e-skirojev je 25 km/h. Vožnja je dovoljena le na kolesarskih stezah in poteh, če teh ni, e-skiroji uporabljajo prometne površine za motoriziran promet. Uporaba e-skiroja na pločniku ni dovoljena. V conah za pešce in stanovanjskih območjih je vožnja dovoljena s hitrostjo gibanja pešcev. Parkiranje na pločniku je dovoljeno, če je širina pločnika najmanj 2,5 m. Uporaba mobilnega telefona je med vožnjo z e-skirojem prepovedana (dovoljeno prostoročno telefoniranje). Starostna meja je 12 let. Mlajši lahko uporabljajo e-skiroje v prisotnosti oziroma odgovornosti osebe, starejše od 16 let. Mlajši od 12 let morajo pri vožnji uporabljati čelado. Obvezna oprema za e-skiroje vključuje zavoro, svetlobno telo spredaj in zadaj. Če je hitrost uporabe e-skiroja omejena na največ 25 km/h in moč pod 600 W, registracija in zavarovanje nista potrebna.

2.3 Uporaba e-skirojev v Franciji

Uporaba e-skirojev v Franciji je urejena z odloki. Septembra 2019 je sprejeta zakonodaja, ki prepoveduje vožnjo e-skirojev po pločnikih. Hitrost vožnje je omejena na največ 25 km/h. Uporaba e-skirojev ni dovoljena po cestah izven naselij, razen če imajo urejene prometne površine za kolesarje (kolesarske steze/poti). V urbanih sredinah, kjer je hitrost prometa 50 km/h ali manj, je uporaba e-skiroja dovoljena po kolesarskih stezah, če teh ni, e-skiroji uporabljajo vozišče za motoriziran promet. V conah za pešce je največja dovoljena hitrost gibanja e-skirojev 8 km/h. Obvezna oprema za e-skiroje vključuje zavoro, svetlobno telo spredaj in zadaj in zvonec. V času zmanjšane vidljivosti (ponoči ali podnevi) mora voznik uporabljati odsevni jopič. Uporaba e-skirojev je dovoljena starejšim od 8 let, do 12 leta je obvezna uporaba čelade. Na e-skiroju je lahko sočasno le ena oseba. Uporaba mobilnih telefonov je dovoljena le s prostoročnim telefoniranjem.

2.4 Uporaba e-skirojev v Sloveniji

ZPrCP določa, da morajo vozniki lahkih motornih vozil voziti po kolesarskem pasu, kolesarski stezi ali kolesarski poti [UL RS,

2021]. Kjer teh prometnih površin ni ali niso prevozne, smejo voziti ob desnem robu smernega vozišča ceste v naselju, kjer je najvišja dovoljena hitrost vožnje omejena do 50 km/h. Izven navedenih območij vožnja z e-skiroji ni dovoljena. Voziti morajo drug za drugim, razen na kolesarski poti, kjer smeta voziti dva vzporedno, če širina poti to omogoča. Med vožnjo je prepovedano voditi, vleči ali potiskati druga vozila, pustiti se vleči ali potiskati, prevažati druge osebe, razen če je vozilo skladno z navodili proizvajalca konstruirano za prevoz oseb, prevažati predmete, ki ovirajo voznika pri vožnji. Ponoči in ob zmanjšani vidljivosti mora biti prižgano sprednje belo svetlobno telo in zadaj rdeče. Na straneh mora imeti vozilo rumene ali oranžne bočne odsevnik. Parkiranje je dovoljeno na način, da ne ovira prometa.

Uporaba lahkih motornih vozil, pri katerih konstrukcijsko določena hitrost presega 25 km/h ali so širša od 80 cm, lahkih motornih vozil brez krmila in miniaturnih motornih vozil, v cestnem prometu ni dovoljena. Za voznika lahkega motornega vozila je obvezna uporaba ustrezno pripete zaščitne kolesarske čelade do dopolnjenega 18. leta starosti [UL RS, 2021].

2.5 Uporaba e-skirojev v Italiji

Z novembrom 2021 je bil sprejet zakon, ki opredeljuje uporabo e-skirojev in določa, da je maksimalna dovoljena hitrost 20 km/h, znotraj pešcon pa je hitrost omejena na 6 km/h [GU RI, 2021]. Vožnja e-skirojev po pločniku ni dovoljena kot tudi ni dovoljeno parkiranje e-skirojev na pločniku izven območij, ki so v občinah za to predvidene. Starostna omejitev vožnje z e-skirojem je 14 let, za mlajše od 18 let je obvezna uporaba homologirane čelade. Od 1. 7. 2022 bo obvezna oprema e-skirojev zvonec, smerokazi in svetlobno telo stop. V času zmanjšane vidljivosti (ponoči ali podnevi) mora voznik uporabljati odsevni jopič. Na e-skiroju ni dovoljeno prevažati drugih oseb. Uporaba je dovoljena le na mestnih cestah z omejitvijo hitrosti 50 km/h, na območjih za pešce, na kolesarskih stezah, na prednostnih kolesarskih cestah.

Preverja se smiselnost/potreba uvedbe zavarovanja odgovornosti za škodo tretjim osebam.

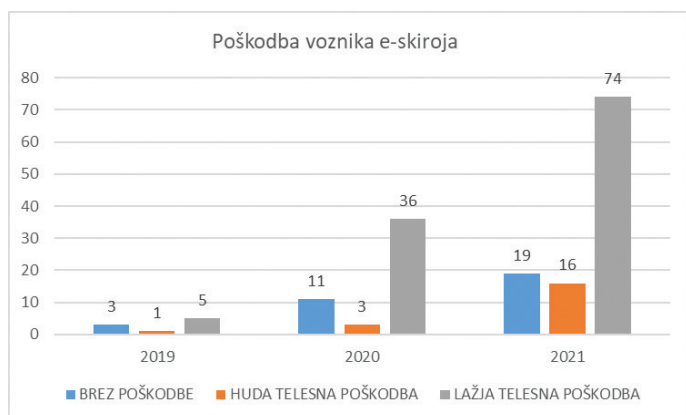
3 ANALIZA STANJA PROMETNE VARNOSTI E-SKIROJEV V SLOVENIJI

V sklopu raziskave je bila opravljena analiza prometne varnosti voznikov e-skirojev (voznik lahkega motornega vozila) za obdobje 2019–2021 na podlagi podatkov, zbranih iz policijskih zapisnikov prometnih nesreč [MNZ RS, 2022]. Število prometnih nesreč z udeležbo e-skiroja z leti bistveno narašča: 9 leta 2019, 50 leta 2020 ter 109 leta 2021, kar predstavlja več kot 12-kratni prirast števila prometnih nesreč v treh letih (preglednica 1). V raziskavo so bile vključene tudi prometne nesreče z udeležbo e-kolesa (kolo s pomožnim električnim motorjem), saj sta obe vrsti vozil v zadnjem času prepoznani kot zelo pomembni za mikromobilnost, število uporabnikov e-skirojev in e-koles v prometu se je v analiziranem obdobju podobno povečevalo in oboji uporabljajo pri svojem gibanju isto infrastrukturo – kolesarski pas, kolesarsko stezo, kolesarsko pot ali vozišče. V primerjavi z močnim povečanjem števila prometnih nesreč z e-skiroji, se je število prometnih nesreč z udeležbo e-kolesa v analiziranem obdobju povečalo za 2,25-krat.

LETO	Voznik e-skiroja	Voznik e-kolesa
2021	109	18
2020	50	8
2019	9	8
2018	Ni v evidenci	6
2017	Ni v evidenci	Ni v evidenci

Preglednica 1. Število prometnih nesreč z e-skiroji in e-kolesi v Sloveniji obdobju 2019–2021.

Raziskava je pokazala, da je voznik e-skiroja v prometnih nesrečah v letu 2020 v 72 % utrpel lažjo telesno poškodbo, 6 % hudo telesno poškodbo in v 22 % prometnih nesreč ni bil poškodovan (slika 2).



Slika 2. Vrste poškodb voznikov e-skirojev v obdobju 2019–2021.

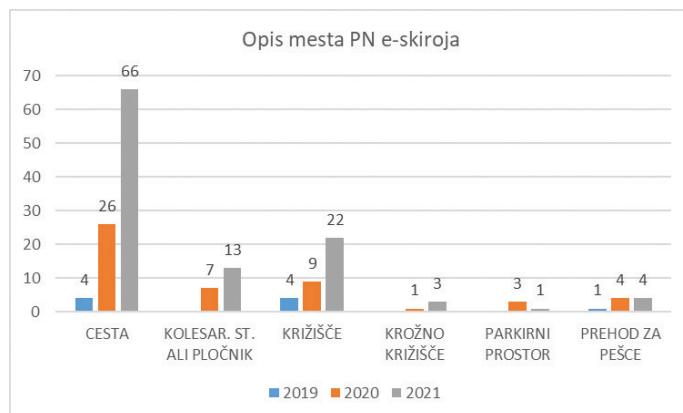
V letu 2021 se je ob skupnem številu prometnih nesreč povečal tudi delež prometnih nesreč s hudo telesno poškodbo (14,7 %), v 67,9 % je povzročena lažja telesna poškodba in v 17,4 % prometnih nesreč udeleženec ni bil poškodovan. Število prometnih nesreč s hudo telesno poškodbo voznika e-skiroja se je od leta 2019 do 2021 povečalo za 16-krat.

V analiziranem obdobju je delež prometnih nesreč z udeležbo e-skiroja, v katerih je voznik e-skiroja tudi povzročitelj nesreče, med 60 % in 62,4 %.

V prometnih nesrečah e-skirojev je bilo udeleženo 65,2 % moških voznikov in 34,8 % žensk. Najpogosteje so bili v prometnih nesrečah udeleženi vozniki v starostni skupini 15–23 let (40,4 %), starostni skupini 36–44 let (20,2 %), celoten starostni razpon udeležencev je med 9 in 75 let.

Delež prometnih nesreč, ki so se zgodile v naselju, je med 93,6 % in 96 %, kar potrjuje namen uporabe e-skirojev predvsem za mikromobilnost in doseganje krajših potovalnih časov znotraj naselja/mesta. V obdobju 2019–2021 se je 89,8 % prometnih nesreč zgodilo v naselju z uličnim sistemom. V letu 2020 se je 52 % prometnih nesreč zgodilo na cesti, v letu 2021 60,5 %; leta 2020 18 % in leta 2021 20,2 % v križišču; leta 2020 14 % in leta 2021 11,9 % na kolesarski stezi ali pločniku; 8 % leta 2020 in

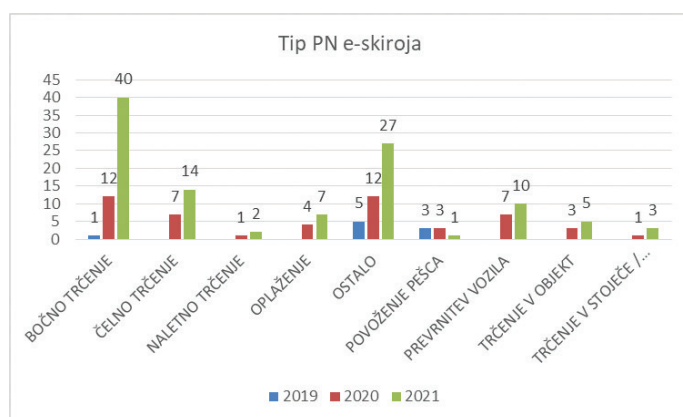
3,7 % leta 2021 ter 2 % leta 2020 in 2,8 % leta 2021 v krožnem križišču (slika 3).



Slika 3. Mesto prometne nesreče na prometni infrastrukturi.

Največja frekvenca ponovljivosti dogodka prometne nesreče je v času med 13:00 in 17:00 (57/168), med 9:00 in 10:00 (13/168) in med 18:00 in 19:00 (12/168), kar je razumeti tudi kot časovna obdobja najpogostejše uporabe e-skiroja za potrebe dnevnih migracij. Leta 2021 se je 53,2 % prometnih nesreč zgodilo v obdobju poletja, 26,6 % jeseni in 10,7 % spomladi. V času prometne nesreče je v 72,6 % bilo vreme jasno, v 19 % oblačno.

Analiza vzrokov prometnih nesreč e-skirojev za najpogostejši vzrok pokaže neupoštevanje pravila o prednosti (25,8 %–28 %), neprilagojeno hitrost (18 %–20,2 %) ter premike z vozilom (9,2 %–10 %). V približno 30 % prometnih nesreč je vzrok po veljavnem šifrantu neopredeljeno (ostalo), v kar je mogoče za vzrok umestiti tudi nepravilnosti/poškodbe prometne infrastrukture. Skladno s tipologijo prometnih nesreč podatki izražajo (slika 4), da je najpogosteje zaznано bočno trčenje (24 %–36,6 %), čelno trčenje (12,8 %–14 %), prevrnitev vozila (9,2 %–14 %), oplazenje (6,4 %–8 %).



Slika 4. Tip prometne nesreče voznika e-skiroja v obdobju 2019–2021.

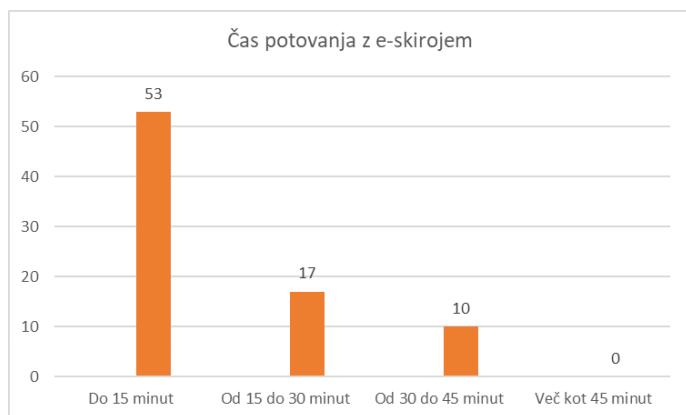
V sklopu analize so bili iz UKC Ljubljana pridobljeni podatki o poškodbah voznikov e-skirojev, udeleženih v prometnih nesrečah v letu 2021 [UKC, 2022]. Rezultati pokažejo najpogostejše

poškodbe glave (36,2 %), zapestja (16,9 %) in kolena (8,17 %). Najpogosteje so zaznane udarnine poškodovanca (26,4 %), zlomi (22,6 %), rane (14,9 %) in površinske poškodbe (14 %).

Za potrebe raziskave je bila v mestih Ljubljana, Maribor in Celje izvedena anketa naključno izbranih uporabnikov e-skirojev. V anketo je bilo vključenih 80 voznikov e-skirojev, 38 v Ljubljani, 29 v Mariboru in 13 v Celju. V starostni skupini 14–18 let je bilo v anketo vključenih 9 % anketirancev, v starostni skupini 18–30 let 81 %, med 30 in 40 let 7 %, 3 % anketirancev so bili starejši od 40 let. 79 % anketirancev je bilo moških in 21 % žensk.

Ugotovljeno je, da se v odgovorih na posamezna vprašanja mesta med seboj ne razlikujejo, zato jih lahko posplošimo.

Dolžina potovanja z e-skirojem je pri 66 % anketirancev do 15 min., pri 22 % anketirancev 15–30 min., 12 % anketirancev za posamezno vožnjo porabi 30–45 min. (slika 5).



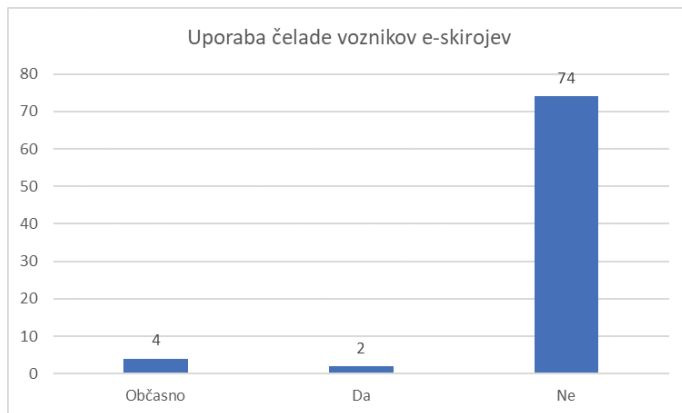
Slika 5. Rezultati ankete o času potovanja z e-skirojem.

Med vzroki za uporabo e-skiroja so anketiranci lahko izbrali več odgovorov. Najpogostejši vzrok je prihranek časa (61 %), izognitev gneči in vožnja do službe/šole (45 %), zabavna aktivnost v prostem času (43 %), nadomestek uporabi kolesa brez fizičnega napora (34 %), vožnja do trgovine/upravnih stavb (31 %).

Po kolesarskem pasu, kolesarski stezi ali kolesarski poti e-skiro uporablja 8 % anketirancev, 20 % jih za vožnjo uporablja desni rob vozišča v naselju, 33 % se jih vozi po cesti izven naselja, 45 % po parku in rekreativnih površinah, 34 % za vožnjo z e-skirojem uporablja pločnik.

Čelado pri vožnji z e-skirojem redno uporablja 3 % anketirancev, občasno 5 %, 92 % jih ne uporablja čelade (slika 6). 12 % anketirancev pri vožnji ne upošteva zakonskih omejitev hitrosti (<25 km/h). 66,3 % je mnenja, da je vožnja z e-skirojem nevarna.

Pri vprašanju »Kakšne težave zaznavate pri uporabi e-skiroja?« so vsi anketiranci izrazili pomanjkljivost mreže polnilnih mest, 68,8 % pomanjkanje ustreznih parkirišč/parkirnih mest za e-skiroje, mnenje o pomanjkljivosti prometne infrastrukture je izrazilo 55 % anketirancev. Za pomanjkljivost prometne infrastrukture so izpostavili predvsem slabo stanje kolesarskih pasov in stez (luknje, široke vzdolžne in prečne



Slika 6. Rezultati ankete o uporabi čelade.

razpoke, neravnine, drobir/pesek), konveksne pokrove vtočnih jaškov odvodnjavanja na robu vozišča, pogreze vozišča na območju vtočnih jaškov in instalacijskih pokrovov, višinsko neprilagojene prehode kolesarske steze čez cesto na območjih križišč.

4 PROMETNA INFRASTRUKTURA ZA E-SKIROJE

Vozniki e-skirojev imajo v primerjavi s kolesarji lahko drugačne infrastrukturne preference. Kolesa so zaradi svoje geometrije in velikosti pnevmatik bolj stabilna in se bolje obnesejo na bolj grobih prometnih površinah. Z manjšimi pnevmatikami in edinstveno zasnovano geometrijo zahtevajo e-skiroji bolj pokončen kot krmiljenja, zaradi česar so manj stabilni na poškodovani, neravni voziščni površini, posebno ob prisotnosti drobirja/kamenčkov. Poleg tega so e-skiroji tudi manjši in lažji od koles, zaradi česar je prehajanje med pločnikom in voziščem med vožnjo lažje. Seveda je ob tem treba zadostiti kriteriju, da je prehod izveden v ravnini – s pogreznjem robnikom v istem nivoju obeh prometnih površin. Rezultatov raziskav s področja infrastrukturnih preferenc voznikov e-skirojev v literaturi še ni zaznanih, dejstvo izredno hitrega trenda uporabe e-skirojev v mikromobilnosti pa zahteva upoštevanje specifičnosti tega prevoznega sredstva tudi pri oblikovanju in vzdrževanju prometne infrastrukture [Khan, 2001].

E-skiro pri vožnji po prometni površini zaradi konstrukcijskih značilnosti vozila izkazuje v primerjavi s kolesom (s katerim si delita isti prometni prostor) drugačne vibracije kot odziv na neravnost in poškodovanost vozišča kot tudi drugačen odziv voznika in posledično spremembo smeri/načina vožnje ob oviri oziroma pri spremembi hitrosti. E-skiro je med vožnjo bistveno bolj obremenjen s treslaji ne glede na vrsto vozne površine. Na betonskih površinah je v primerjavi z asfaltnimi površinami število vibracij na enaki dolžini poti multiplicitirano. Vožnja ob robu vozišča v naseljih (brez ločene kolesarske steze), kjer je praviloma izveden deniveliran pločnik z robnikom, je za vožnjo e-skiroja nevarna predvsem zaradi nizke konstrukcije e-skiroja in možnosti naleta/podrsanja po robniku – pri hitrosti 25 km/h to predstavlja prometno nevarno situacijo.

Na območjih z večjim prometom kolesarjev se pričakovano povečuje tudi število uporabnikov e-skirojev, zato je treba pri

planiranju in izvedbi kolesarskih stez upoštevati večje širine le-teh zaradi konfliktnih situacij, ki lahko nastopijo kot posledica različnih konstrukcijskih in voznodinamičnih lastnosti e-skiroja in kolesa pri gibanju po isti ozki površini – povečanje prostega in prometnega profila.

Pri nivojskih križanjih z drugimi prometnimi površinami mora biti niveleta površine za e-skiro in kolesarje neposredno/brez višinskega prehoda priključena na niveleto druge prometne površine, še posebej za varnost e-skirojev (manjša in bolj toga kolesa) je treba pozornost nameniti izvedbi bočnega prehoda z vozišča na kolesarsko stezo (slika 7). Na območjih, kjer kolesarska steza poteka ob cesti, na katero je izvedeno veliko individualnih priključkov, je treba izvedbo poglobitev načrtovati s primernimi radiji zaokrožitev (mala kolesa e-skiroja).

Za doseganje boljše oprijemljivosti in za varnejšo izvedbo manevrov izogibanja (srečevanje z udeleženci na isti prometni površini, izogibanje oviram) in zaviranja je primerno prometne površine za e-skiroje izvesti s prevleko iz pigmentiranega epoksidnega veziva ter posipom s kremenovim peskom [MZI RS, 2022].

Varno vožnjo e-skirojev zagotavlja enovita, kvalitetno vzdrževana prometna površina brez grbin in prekinitev. Osnovni element je tako ravnost površine brez valov, ki v povezavi s hitrostjo vožnje povzročajo mehanična nihanja vozila. E-skiro je kratko, nizko vozilo ter zaradi svoje konstrukcije in koles za te nihaje bistveno bolj občutljivo v primerjavi s kolesom. Pri oblikovanju in izgradnji zgornjega ustroja prometnih površin za kolesarje je treba upoštevati ustrezne Tehnične specifikacije za javne ceste (nosilnost, ravnost, torna sposobnost). Prav tako je, tudi zaradi voznodinamičnih in konstrukcijskih lastnosti e-skirojev in novih vozil, kriterije in izvedbo ukrepov vzdrževanja kolesarskih površin (tudi kolesarskih stez), po katerih se ta vozila gibljejo, treba poenotiti s kriteriji in merili vzdrževanosti javnih cest.

V sklopu prometne infrastrukture je za gibanje e-skirojev in koles po isti površini treba zagotoviti širši prometni prostor z razširitvijo prometnega in prostega profila in uporabo varne prometne opreme, kot so varovalne ograje na premostitvenih objektih, prepustih, nadvozih, varnostne ograje, objekti za ureditev prostora. Pri tem je treba upoštevati načela oblikovanja navedene prometne opreme za zagotavljanje prometne



Slika 7. Nepravilnosti prometne infrastrukture za varno vožnjo z e-skiroji.

varnosti ob upoštevanju, da je ta oprema za voznika e-skiroja lahko nevarna ob padcu, ki ni posledica naleta in ne le izključno ob naletu. Prva prometna nesreča s smrtnim izidom z udeležbo voznika e-skiroja v Sloveniji se je zgodila 1. marca 2022. Po navedbah medijev [Mariborinfo, 2022] je 52-letni voznik e-skiroja med vožnjo po vozišču javne ceste z desnim bočnim delom vozila zadel ob robnik hodnika za pešce. Ob padcu je z glavo zadel v zaključek lesene ograje, postavljene vzdolž hodnika za pešce. Voznik ni uporabljal čelade, ob padcu je na kraju nesreče umrl.

Smrt voznika e-skiroja neposredno ni posledica padca zaradi bočnega podrsanja z vozilom ob cestni robnik, temveč poškodb glave ob naletu na zaključek lesene ograje ob cestišču.

5 SKLEP

Z namenom ugotavljanja povezanosti stanja prometne varnosti e-skirojev kot udeležencev v prometu in prometne infrastrukture je bil za potrebe članka opravljen pregled obstoječe literature in virov, izvedena detajlna analiza prometne varnosti voznikov e-skirojev v Sloveniji za obdobje 2019-2021 s poudarkom na iskanju korelacije prometna nesreča-vozna površina.

Opravljen je bil pregled podatkov UKC Ljubljana o značilnostih poškodb voznikov e-skirojev, udeleženi v nesrečah v letu 2021. Izvedena je bila anketa med 80 uporabniki e-skirojev v treh večjih slovenskih mestih (Ljubljana, Maribor, Celje). Ta mesta so bila izbrana, saj je bilo pričakovati, da je zaradi večje potrebe po mikromobilnosti uporaba e-skirojev številnejša kot v manjših mestih in temu primerno infrastruktura bolje urejena.

Statistična analiza je pokazala, da z namenom preprečitve napak, ki lahko vodijo v nesrečo, obstaja potreba po izobraževanju voznikov e-skirojev. Najpogosteje se prometne nesreče zgodijo v naselju (89,9 %) z uličnim sistemom, v veliki večini gre za trčenja, kar nakazuje odgovornost tudi infrastrukture (nezadostna oprijemljivost), zato bi bilo večino aktivnosti in ukrepov treba usmeriti v izboljšanje infrastrukture za kolesarje. Tretjina prometnih nesreč se je v analiziranem obdobju zgodila na zglajenem asfaltu z neravninami, kar izkazuje potrebo po spremembah tehničnih standardov za zagotavljanje stanja kolesarskih površin. Smiselni je razmislek o uvedbi tehničnih pregledov za zagotavljanje tehnične brezhibnosti in ustreznosti e-skirojev skladno z zakonodajo.

Rezultati opravljene raziskave so pokazali, da je za povečanje prometne varnosti z vidika vozila/e-skiroja smiselno uvesti zvočnik kot obvezno dodatno opremo vozila.

Prav tako je zakonodajno treba urediti obvezno uporabo homologirane zaščitne čelade pri vožnji e-skirojev ne glede na starost voznika, s tem bi vplivali na zmanjšanje pogostosti poškodb glave kot posledice prometnih nesrečah. V pogojih slabe vidljivosti in ponoči mora voznik e-skiroja obvezno uporabljati odsevni jopič.

Obstoječe stanje prometne infrastrukture predstavlja na veliko mestih težavo za varno vožnjo e-skirojev. Ta vozila potrebujejo zaradi svojih konstrukcijskih značilnosti ravno prometno površino (majhen premer koles) z zadostno oprijemljivostjo (trenje pri izvajanju manevrov izogibanja oviram).

Vedno večje število vozil na kolesarskih stezah in pasovih (kolesarji, e-skiroji) pogojuje potrebo po večjem prometnem prostoru, saj se vozila gibljejo z različno hitrostjo in jim je treba omogočiti varen manever izogibanja. Širina kolesarskih stez na prometnih povezavah z veliko gostoto kolesarjev, e-skirojev in ostalih vozil, ki jih uporabljajo, mora zagotavljati varno prehitvanje. Zaradi razlik v konstrukciji in višini vozil je ob nezadostni širini lahko ta manever nevaren. Pri umestitvi opreme ob prometni prostor je treba upoštevati značilnosti gibanja e-skiroja oziroma posledice morebitnega padca, zdrsa, naleta tega vozila v opremo.

Rezultati raziskave in opravljene ankete uporabnikov e-skirojev so pokazali potrebo po spremembi tehnične regulative s področja vzdrževanja cestne infrastrukture s poudarkom na določitvi prometno varnih mejnih vrednosti stanja vozne površine in izvajanjem vzdrževalnih ukrepov za njihovo zagotavljanje.

6 LITERATURA

Bloomberg, Citylab, spletna stran Bloomberg Citylab - <https://www.citylab.com/transportation/2019/05/electric-scooters-safety-gear-head-injuries-helmet-cdc-data/588544>, datum vpogleda 20.1.2022, 2022.

BTS, spletna stran portala Bureau of Transportation Statistics, US Department of Transportation - <https://www.bts.gov/statistical-products/surveys/national-household-travel-survey-daily-travel-quick-facts>, datum vpogleda 13.10.2021, 2021.

Dejure, dejure.org Rechtsinformationssysteme GmbH, Straßenverkehrs-Ordnung Verordnung vom 06.03.2013, 2019, 31st Amendment to the Road Law, spletna stran portala - <https://dejure.org/gesetze/StVO/31.html>, datum vpogleda 12.10.2021, 2021.

Deutscher Bundestag, spletna stran portala Verordnung über die Teilnahme, 2019, Regulation on the share of electric vehicles in road traffic - <http://dipbt.bundestag.de/dip21/brd/2019/0158-19.pdf>, datum vpogleda 12.10.2021, 2021.

Dinotti, Najmočnejši električni skiro v Sloveniji, spletni portal - <https://www.youtube.com/watch?v=ExJKXO4S6c>, datum vpogleda 12.2.2022, 2022.

Fang, K., Agrawal, A. W., Steele, J., Hunter, J. J., Hooper, A. M., Where Do Riders Park Dockless, Shared Electric Scooters?, Mineta Transportation Institute, Project 1713, Findings from San Jose, California, spletna stran portala - <https://transweb.sjsu.edu/sites/default/files/1713-WP2-Scooter-Parking.pdf>, 2018.

GU RI, Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 10 settembre 2021, n. 121, recante disposizioni urgenti in materia di investimenti e sicurezza delle infrastrutture, dei trasporti e della circolazione stradale, per la funzionalità del Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili, del Consiglio superiore dei lavori pubblici e dell'Agenzia nazionale per la sicurezza delle infrastrutture stradali e autostradali, 1-25, 2021.

Hardt, C., Bogenberger, K., Usage of e-scooters in urban environments, Transportation Research Procedia 2019, 37, 2019.

ITF-OECD, Safe Micromobility, International Transport Forum, Paris 2020, spletni portal - https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/safe-micromobility_1.pdf, datum vpogleda 12.2.2022, 2022.

Khan, S. I., Raksuntorn, W., Characteristics of passing and meeting maneuvers on exclusive bicycle paths, Transport Research Record 2001, 1776, 28, 2001.

Mariborinfo, Spletna stran portala Mariborinfo - <https://mariborinfo.com/novica/kronika/smrtna-prometna-nesreca-vozil-elektricni-skiro-padel-in-umrl-na-kraju/391174>, Mariborinfo d.o.o, Maribor, datum vpogleda 1.3.2022, 2022.

MNZ RS, Ministrstvo za notranje zadeve, statistika, prometna varnost, za leto 2018, 2019, 2020 in 2021, spletna stran portala - <https://www.policija.si/o-slovenski-policiji/statistika/prometna-varnost>, datum vpogleda 11. 4. 2022, 2022.

MZI RS, Ministrstvo za infrastrukturo RS, spletna stran portala - https://www.gov.si/assets/organi-v-sestavi/DRSI/Dokumenti-DRSI/Tehnicne-specifikacije/TSC_02_401_2010_Oznacbe_na_voziscu_Oblika_in_mere.pdf, datum vpogleda 23.2.2022, 2022.

NACTO, National Association of City Transportation Officials (NACTO), spletna stran National Association of City Transportation Officials - https://nacto.org/wp-content/uploads/2019/09/NACTO_Shared_Micromobility_Guidelines_Web.pdf, datum vpogleda 19.9.2021, 2021.

PBOT, Portland Bureau of Transportation, 2018 e-Scooter findings report, 2019, spletni portal - https://www.portland.gov/sites/default/files/2020-04/pbot_e-scooter_01152019.pdf, datum vpogleda 12.2.2022, 2022.

Trivedi T.K., Liu C., Antonio A.L.M., Wheaton N., Kreger V., Yap A., Schriger D., Elmore J.G., Injuries Associated With Standing Electric Scooter Use, JAMA network open, spletna stran portala - <https://jamanetwork.com/journals/jamanetworkopen/fullarticle/2722574>, 2019.

UKC, Statistika pacientov, ki so bili v Urgentnem kirurškem bloku med leti 2013 – februar 2022 pregledani zaradi padca s skirojem. Diagnoze pacientov, ki so se poškodovali pri padcu s skirojem v letu 2021, Univerzitetni klinični center Ljubljana, 2022.

UL EU, Uredba (EU) 168/2013 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 15. januarja 2013 o odobritvi in tržnem nadzoru dvo- ali trikolesnih vozil in štirikolesnikov, podatki o ustanovi, 2013.

UL RS, Zakon o pravilih cestnega prometa, Uradni list RS 156/21, 8585-8618, 2021.

Vishwanath, A., Gan, H. S., Kalyanaraman, S., Winter, S., Mareels, I., Personalised Public Transportation: A new mobility model for urban and suburban transportation, 17th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 1831-1836, 2014.

Wired, spletna stran portala Wired - <https://www.wired.com/story/2018-year-of-the-scooter-what-happens-2019/>, datum vpogleda 9.8.2021, 2021.

mag. Mihael Ramšak, univ. dipl. inž. grad.
mihael.ramsak@zag.si
Zavod za gradbeništvo Slovenije,
Dimičeva ulica 12, 1000 Ljubljana



Strokovni članek
UDK 534.836:656.11(497.4)

VPLIV KOINCIDENČNEGA EFEKTA NA ZVOČNO IZOLATIVNOST PREGRAD

INFLUENCE OF COINCIDENT EFFECT ON THE SOUND INSULATION PERFORMANCE OF BARRIERS

Povzetek

Če je hitrost zvočnega valovanja, vpadlega na pregrado, enaka hitrosti povzročene upogibnega valovanja v pregradi, govorimo o koincidenčnem efektu. Pri frekvencah zvoka, kjer nastopi koincidenca, se zvočna izolativnost pregrade zmanjša, in sicer najbolj pri najnižji koincidenčni frekvenci, kjer potuje zvok v smeri vzporedno s pregrado. Za doseganje boljše zvočne izolativnosti pregrade je zato treba pri izbiri materiala in debeline pregrade zagotoviti, da je kritična frekvenca pregrade izven merodajnega frekvenčnega območja. Pri masivnejših pregradah je to pod merodajnim frekvenčnim območjem, pri lažjih pregradah pa nad merodajnim frekvenčnim območjem. Če se legi kritične frekvence na merodajnem frekvenčnem območju ni mogoče izogniti, je treba za zmanjšanje resonančnega odziva pri koincidenca povečati notranje dušenje v pregradi, kar pa je učinkovito le pri lažjih in manj togih pregradah.

Ključne besede: zvočni valovi, upogibni valovi, koincidenčni efekt, kritična frekvenca, zvočna izolirnost

Summary

If the speed of the sound wave incident on the barrier is equal to the speed of the induced bending wave in the barrier, this is called a coincidence effect. At the frequencies of sound where coincidence occurs, the sound insulation of the barrier is reduced, most notably at the lowest coincidence frequency, where the sound propagates parallel to the barrier. In order to achieve better sound insulation of the barrier, it is therefore necessary to ensure that the critical frequency of the barrier is outside the relevant frequency range. This can be achieved by choosing an appropriate material and the thickness of the barrier. For more massive barriers, this is below the relevant frequency range, and for lighter barriers, above the relevant frequency range. If the position of the critical frequency in the relevant frequency range cannot be avoided, the internal damping of the barrier must be increased in order to reduce the resonant response at the coincidence, which is effective only for lighter and less rigid barriers.

Key words: sound waves, bending waves, coincidence effect, critical frequency, sound reduction index

1 UVOD

Koincidenca na pregrado vpadlega zvočnega valovanja in v pregradi povzročena upogibnega valovanja lahko bistveno vpliva na zvočno izolativnost pregrade. Namen prispevka je na kratko opisati pojav koincidence ter s pomočjo nekaj značilnih primerov predstaviti, kako koincidenca vpliva na zvočno izolativnost pregrade. Navedenih je tudi nekaj osnovnih usmeritev, kako se izogniti njenemu vplivu na poslabšanje zvočne izolativnosti.

2 ZVOČNA IZOLIRNOST

Eden od tradicionalnih kazalnikov za opis izolativnosti pregrad pred zvokom v zraku (sten, stropov, oken, vrat ipd.), ki se pogosto uporablja v državah Evropske unije, je izolirnost pred zvokom v zraku R , določena v posameznih frekvenčnih pasovih v frekvenčnem območju med 100 Hz in 3150 Hz. Definirana je z enačbo:

$$R = 10 \cdot \log \frac{P_{\text{inc}}}{P_{\text{trans}}} \quad (\text{dB}), \quad (1)$$

kjer je:

P_{inc} – na pregrado vpadla zvočna moč (W),

P_{trans} – zvočna moč, prenešana skozi pregrado (W).

Mogoče je pokazati [Hopkins, 2014], da se izolirnost pred zvokom v zraku iz enačbe (1) lahko izrazi z merljivimi vrednostmi ravni zvočnega tlaka:

$$R = L_s - L_r + 10 \cdot \log \left(\frac{S}{A} \right) \quad (\text{dB}), \quad (2)$$

kjer je:

L_s – povprečna raven zvočnega tlaka v odmevnem zvočnem polju prostora z zvočnim virom (dB),

L_r – povprečna raven zvočnega tlaka v odmevnem zvočnem polju sprejemnega prostora (dB),

S – površina ločilne konstrukcije med sosednjima prostoroma (m^2),

A – ekvivalentna absorpcijska površina sprejemnega prostora (m^2).

Ekvivalentna absorpcijska površina A sprejemnega prostora se določi z enačbo:

$$A = \frac{0,163 \cdot V}{T} \quad (\text{m}^2), \quad (3)$$

kjer je:

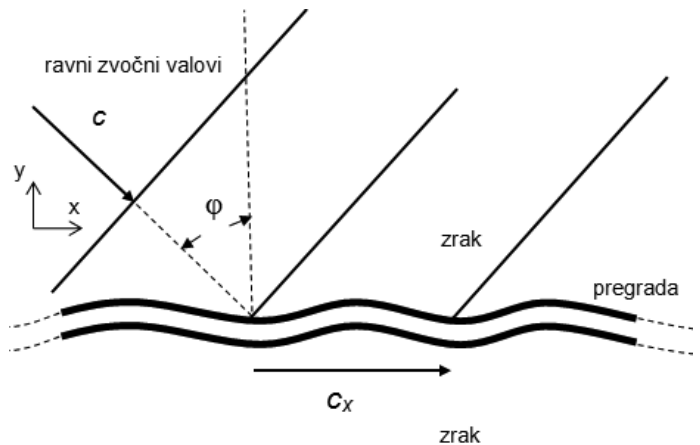
V – prostornina sprejemnega prostora (m^3),

T – odmevni čas v sprejemnem prostoru (v opremljenem prostoru $T_0 \approx 0,5$ s).

Odmevni čas v prostoru je po definiciji čas, ki je potreben, da raven zvočnega tlaka v prostoru po izključitvi zvočnika s šumom pade za 60 dB.

3 KOINCIDENČNI EFEKT IN KRITIČNA FREKVENCA

Pri vpadu ravnih zvočnih valov na neskončno veliko pregrado nastane na površini pregrade sled zvočnih valov, ki se širi po pregradi s hitrostjo $c_x = c / \sin \varphi$ (slika 1), pri čemer je c hitrost zvočnih valov v zraku.



Slika 1. Poševni vpad zvoka na pregrado vzbudi v pregradi upogibne valove.

Sled zvočnega valovanja vzbudi v pregradi upogibne valove. Če je pregrada homogena in tanka, se v njej vzbudijo čisti upogibni valovi, kjer lahko vpliv strižnih deformacij in rotacijske vztrajnosti prerezov pregrade zanemarimo. Hitrost upogibnih valov je v tem primeru ([Cremer, 1988], [Hopkins, 2014]):

$$c_b = \sqrt[4]{\frac{B}{m}} \cdot \sqrt{2\pi \cdot f} \quad (\text{m/s}), \quad (4)$$

kjer je:

B – upogibna togost na enoto širine pregrade (Nm),

m – masa na enoto površine pregrade (kg/m^2),

f – frekvenca (Hz).

Enačba (4) pokaže, da je hitrost upogibnih valov odvisna tudi od frekvenca, torej da je pri različnih frekvencah različna. Govorimo o t. i. disperziji upogibnih valov.

V primeru, ko je hitrost sledi zvočnega valovanja c_x na pregradi enaka hitrosti c_b povzročena upogibnega valovanja v pregradi, govorimo o koincidenca (ujemanju) sledi zvočnega valovanja z vzbujenimi upogibnimi valovi v pregradi oziroma o t. i. koincidenčnem efektu [Cremer, 1942]. Pri tem velja:

$$c_x = c_b = \frac{c}{\sin \varphi} \quad (\text{m/s}), \quad (5)$$

kjer je φ vpadni kot zvoka na pregrado (slika 1).

Ker je frekvenca sledi zvočnega valovanja na pregradi enaka frekvenci vpadlega zvočnega valovanja, sledi iz enačbe (5), da je projekcija valovne dolžine zvoka na pregrado enaka valovni dolžini upogibnega valovanja pregrade:

$$\lambda_b = \frac{\lambda}{\sin \varphi} \quad (\text{m}) \quad (5a)$$

Frekvenca, pri kateri nastane koincidenčni efekt, se imenuje koincidenčna frekvenca. Iz enačb (4) in (5) dobimo:

$$f_{co} = \frac{c^2}{2\pi (\sin \varphi)^2} \cdot \sqrt{\frac{m}{B}} \quad (\text{Hz}) \quad (6)$$

Iz enačbe (6) sledi, da je najnižja koincidenčna frekvenca pri vpadnem kotu zvoka $\varphi = \pi/2$, torej takrat, ko zvok v zraku potuje vzporedno s pregrado. Imenuje se kritična frekvenca:

$$f_{cr} = \frac{c^2}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{m}{B}} \quad (\text{Hz}) \quad (7)$$

Za tanko in homogeno pregrado je kritična frekvenca ([Cramer, 1988], [Fahy, 1994]):

$$f_{cr} = \frac{c^2}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{m \cdot 12 \cdot (1 - \nu^2)}{E \cdot h^3}} \quad (\text{Hz}), \quad (7a)$$

kjer je:

- c – hitrost zvoka v zraku (m/s),
- m – masa na enoto površine pregrade (kg/m²),
- E – dinamični modul elastičnosti pregrade (N/m²),
- h – debelina pregrade (m),
- ν – prečna kontrakcija.

Omenimo, da tanka enoslojna homogena plošča predstavlja dober približek dejanske pregrade, če lahko deformacije pregrade v smeri pravokotno na pregrado zanemarimo ter so resonance nihajnih podsistemov v pregradi nad obravnavanim frekvenčnim območjem (npr. resonance sten votlin v votličavi opeki, resonance medprostorov v votličavi opeki ipd.). Če je pregrada sestavljena iz več slojev ter izpolnjuje navedena kriterija, se jo lahko obravnava kot enojno homogeno pregrado, pri čemer se upošteva vpliv lastnosti posameznih slojev na skupno obnašanje pregrade (skupna masa, skupna togost, skupno dušenje).

Koincidenčni efekt je prisoten pri kritični frekvenci, kjer je hitrost upogibnih valov enaka hitrosti zvoka v zraku, ter na frekvenčnem območju nad kritično frekvenco, kjer je hitrost upogibnih valov večja od hitrosti zvoka v zraku (enačba (5)). Na frekvenčnem območju pod kritično frekvenco je hitrost upogibnih valov v pregradi manjša od hitrosti zvoka v zraku, zato se v pregradi kot odziv na sled zvočnega valovanja na pregradi vzbudijo le vsiljeni upogibni valovi.

Do sedaj smo opazovali odziv pregrade na vzbujanje z vpadnimi ravnimi zvočnimi valovi. Pojav pa lahko opazujemo tudi v obratni smeri, torej da imamo v pregradi že vzbujene upogibne valove in nas zanima, kako pregrada zaradi teh valov seva zvok. Iz do sedaj opisanega sledi, da bo pregrada sevala zvok pri kritični frekvenci in nad njo, pod kritično frekvenco pa sevanja zvoka ne bo. To v realnosti seveda ne drži, saj je jasno, da pregrade sevajo zvok tudi pri nižjih frekvencah pod kritično frekvenco. Razlog je v tem, da je pri opisu koincidenčnega efekta privzeto, da je pregrada neomejena, kar v realnosti seveda ni mogoče. V pregradi s končnimi merami se zaradi odbojev upogibnih valov od robov pregrade in od diskontinuitet v pregradi oblikujejo stoječi upogibni valovi (nihajne oblike), katerih sevanje zvoka je drugačno od sevanja neskončne pregrade. Izkaže pa se, da je za opis vpliva koincidenčnega efekta na zvočno izolirnost pregrade model neskončne plošče zadovoljiv, če se upošteva vse vpadne kote zvoka φ na ploščo med 0° in 78° [Hongisto, 2000].

4 VPLIV KOINCIDENČNEGA EFEKTA NA ZVOČNO IZOLIRNOST ENOJNE PREGRADE

Zvočno izolirnost tanke homogene neskončne ravne pregrade, izpostavljene difuznemu (razpršenemu) zvočnemu polju, se za frekvenčno območje pri kritični frekvenci in nad njo določijo z enačbo ([Davy, 2009],[Hongisto, 2000]):

$$R = 20 \cdot \log(m \cdot f) + 10 \cdot \log \left[\eta \left(\frac{f}{f_{cr}} - 1 \right) \right] - 44 \quad (\text{dB}),$$

za $f \approx f_{cr}$ in $f > f_{cr}$ (8)

Glede na kritično frekvenco se lahko razdelijo enojne pregrade v naslednje značilne skupine [Fasold, 1987]:

- pregrade z »majhno« upogibno togostjo – kritična frekvenca ≥ 1600 Hz,
- pregrade z »veliko« upogibno togostjo – kritična frekvenca ≤ 200 Hz,
- ostale pregrade – kritična frekvenca med 200 Hz in 1600 Hz.

V preglednici 1 so predstavljeni nekateri značilni materiali s pripadajočimi najmanjšimi oziroma največjimi debelinami, ki jih še uvrščajo v skupini z »majhno« oziroma z »veliko« upogibno togostjo.

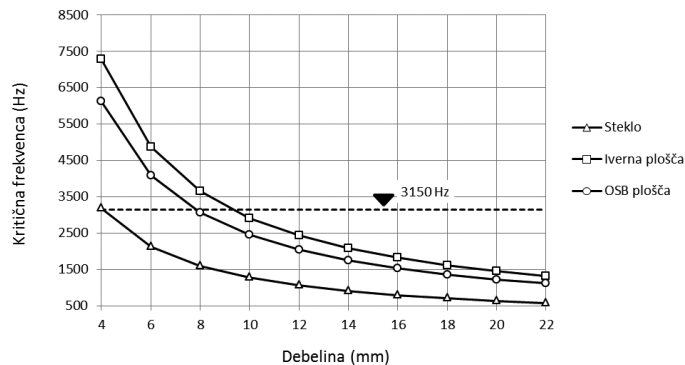
Pregrade z veliko upogibno togostjo ($f_c \leq 200$ Hz)		Pregrade z majhno upogibno togostjo ($f_c \geq 1600$ Hz)	
Sestava pregrade	Debelina (mm)	Sestava pregrade	Debelina (mm)
Težki beton	> 85	Mavčno-kartonske plošče	< 20
Lahki beton	> 120	Vezane plošče	< 13
Porobeton	> 220	Lesocementne plošče	< 45
Opeka	> 115	Steklo, jeklo, aluminij	< 7

Preglednica 1. Toge in gibke pregrade iz nekaterih značilnih gradbenih materialov.

Če opazujemo frekvenčno območje med 100 Hz in 3150 Hz, ki se v gradbeni akustiki privzema za merodajno [SIST, 2021], ugotovimo, da se pri bolj togih pregradah večina merodajnega frekvenčnega območja nahaja nad kritično frekvenco, pri pregradah z majhno upogibno togostjo pa se večina merodajnega frekvenčnega območja nahaja pod kritično frekvenco.

Pri bolj togih pregradah, ki so pretežno tudi masivnejše, s povečanjem debeline pregrade znižujemo kritično frekvenco pod merodajno frekvenčno območje, kar ugodno vpliva na zvočno izolirnost. Na merodajnem frekvenčnem območju je v tem primeru mogoče povečevati zvočno izolirnost s povečanjem mase in/ali upogibne togosti. Vpliv povečanja notranjega dušenja z dodajanjem materialov z večjim notranjim dušenjem na zvočno izolirnost je zaradi velike mase in upogibne togosti v tem primeru običajno zanemarljivo.

Pri pregradah z majhno upogibno togostjo je kritična frekvenca na zgornjem ali celo nad zgornjim delom merodajnega frekvenčnega območja (graf na sliki 2). Zvočno izolirnost take pregrade je vsekakor mogoče povečati s povečanjem mase pregrade. Maso pregrade povečamo z odebelitvijo pregrade, pri čemer pa poleg mase praviloma povečamo tudi upogibno



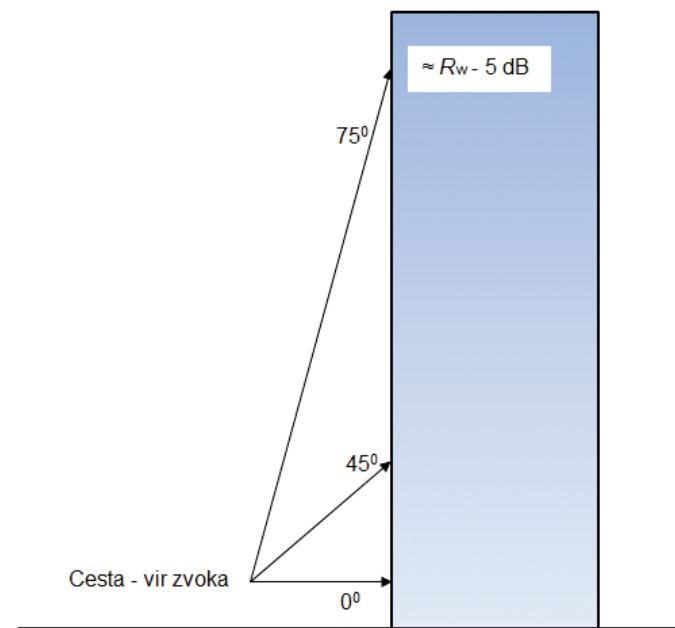
Slika 2. Kritične frekvence pregrad z majhno upogibno togostjo za nekatere značilne materiale.

togost pregrade, s čimer se zniža njena kritična frekvenca. To pa na žalost pomeni, da se padec zvočne izolirnosti pregrade na območju kritične frekvence pomakne v merodajno frekvenčno območje. Da se to ne bi zgodilo, je torej treba oblikovati pregrado na tak način, da masa pregrade sicer naraste, upogibna togost pa se pri tem ne poveča. Če to ni mogoče, ostane edina možnost povečanje notranjega dušenja v pregradi, npr. z dodajanjem slojev materialov z večjim notranjim dušenjem, kar pa je, za razliko od masivnejših pregrad, v tem primeru učinkovit ukrep.

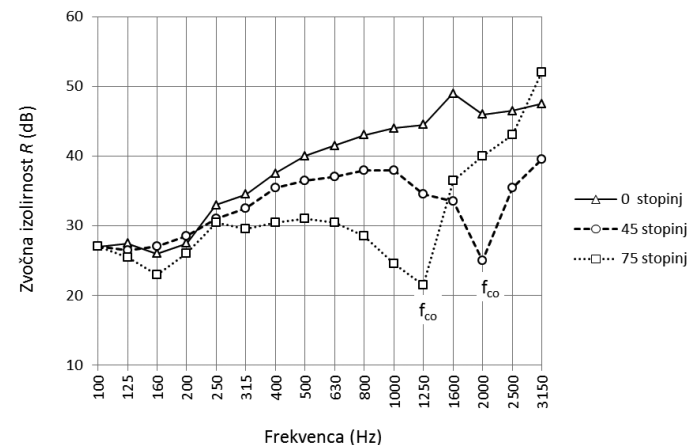
Steklo je npr. material, za katerega je pri običajnih debelinah kritična frekvenca vedno v merodajnem frekvenčnem območju (spodnja krivulja v grafu na sliki 2).

težno pod poljubnim vpadnim kotom na območju $0 \leq \varphi < 90^\circ$ in ne blizu 90° , je največji padec zvočne izolirnosti pregrade pri koincidenčni frekvenci, ki ustreza temu vpadnemu kotu (enačba (6)), ne pri kritični frekvenci. Značilni primer te vrste je npr. vpad hrupa (= neželjenega zvoka) cestnega prometa na fasado visoke stavbe v različnih nadstropjih (slika 4).

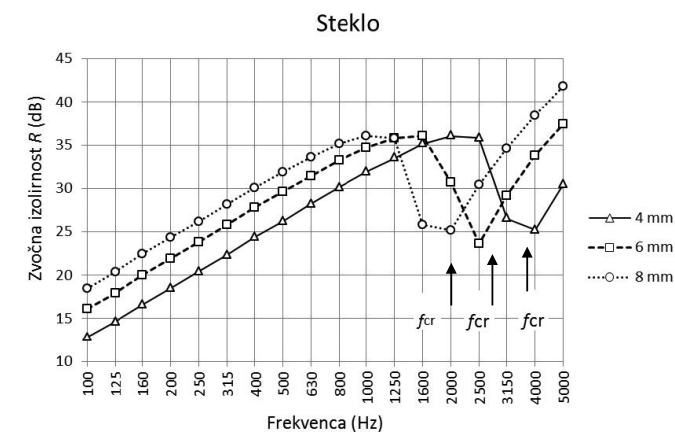
Vrednost R_w na sliki 4 je ovrednotena zvočna izolirnost, ki predstavlja enoštevnično vrednost zvočne izolativnosti pregrade, določeno po standardu [SIST, 2021]. V stavbi je bilo z meritvami ugotovljeno [Volovšek, 1983], da je dosežena ovrednotena zvočna izolirnost oken v najvišjih nadstropjih za okoli 5 dB nižja od vrednosti, ki je bila za enaka okna ugotovljena z meritvami v laboratoriju. Dosežena zvočna izolirnost oken v posame-



Slika 4. Zmanjšanje zvočne izolirnosti oken v višjih nadstropjih zaradi večjega vpadnega kota zvoka na izpostavljenost fasado stavbe.



Slika 5. Pri večanju vpadnega kota zvoka na fasado (slika 4) se koincidenčna frekvenca in s tem padec zvočne izolirnosti pomika proti sredini merodajnega frekvenčnega območja.



Slika 3. Zvočne izolirnosti stekel različnih debelin, izpostavljenih difuznemu zvočnemu polju.

Iz grafa na sliki 3 se vidi, da je zmanjšanje zvočne izolirnosti največje pri kritični frekvenci. Zvočne izolirnosti v grafu na sliki 3 so vrednosti v terčnih frekvenčnih pasovih, zato so lokacije kritičnih frekvenc označene le okvirno. Iz grafa se tudi opazi, da se znižanje zvočne izolirnosti pri kritični frekvenci s povečevanjem debeline stekla pomika proti nižji frekvenci (enačba (7a)).

Padec zvočne izolirnosti je največji pri kritični frekvenci in na frekvenčnem območju v njeni neposredni okolici le v primeru, če zvok vpada na pregrado tudi v smeri, ki je skoraj vzporedna z ravnino pregrade ($\varphi \approx 90^\circ$). Če pa zvok vpada na pregrado pre-

znih terčnih frekvenčnih pasovih je za tri značilne vpadne kote (slika 4) predstavljena v grafu na sliki 5.

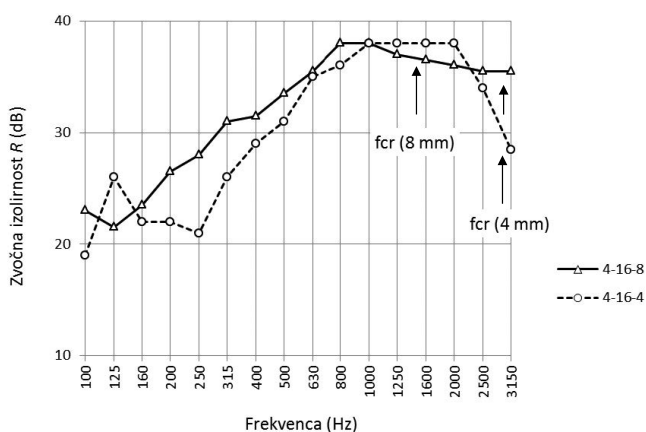
Iz grafa na sliki 5 je lepo vidno, da pri skoraj pravokotnem vpadu zvoka na okno (v pritličju) praktično ni vpliva koincidence, pri poševnem vpadu zvoka na okno pa se koincidenčna frekvenca f_{co} z večanjem vpadnega kota znižuje, pri čemer se padec zvočne izolirnosti pomika proti sredini merodajnega frekvenčnega območja. To pa povzroči že omenjeni padec R_w v višjih nadstropjih stavbe.

5 VPLIV KOINCIDENČNEGA EFEKTA NA ZVOČNO IZOLIRNOST DVOJNE PREGRADE

Koincidenčni efekt se seveda pojavi tudi pri dvojnih in večkratnih pregradah, npr. pri dvojni ali trojni zasteklitvi oken ipd., pri čemer pa je njegov učinek na skupno zvočno izolirnost pregrade odvisen od celotne sestave pregrade. V grafu na sliki 6 je za značilni primer predstavljena primerjava zvočnih izolirnosti izolacijskega stekla s sestavo »steklo 4 mm - medprostor zrak 16 mm - steklo 4 mm« ter izolacijskega stekla s sestavo »steklo 4 mm - medprostor zrak 16 mm - steklo 8 mm«.

Kritična frekvenca 8 mm debelega stekla je okoli 1,5 kHz (odvisno od njegove mase in upogibne togosti – enačba (7)), kritična frekvenca 4 mm debelega stekla pa je okoli 3 kHz. V primeru zasteklitve 4-16-4 imata obe stekli kritično frekvenco pri 3 kHz in najbolj prepuščata zvok ravno pri tej frekvenci in neposredno okoli nje, kar povzroči na tem frekvenčnem območju znaten padec zvočne izolirnosti celotne pregrade. Drugače je v primeru zasteklitve 4-16-8, kjer je kritična frekvenca 8 mm debelega stekla okoli 1,5 kHz, kritična frekvenca 4 mm debelega stekla pa okoli 3 kHz. V tem primeru steklo 8 mm nekoliko omeji prepuščanje zvoka celotne pregrade pri 3 kHz, vendar hkrati povzroči večje prepuščanje zvoka pri 1,5 kHz, kjer pa manj prepušča zvok 4 mm debelo steklo. Posledica navedenega je padec zvočne izolirnosti zasteklitve 4-16-8 na območjih obeh kritičnih frekvenc, ki pa je znatno manjši od padca zvočne izolirnosti zasteklitve 4-16-4 na frekvenčno bolj omejenem območju okoli 3 kHz.

Za izbrani primer le bežno omenimo, da je večja zvočna izolirnost zasteklitve 4-16-8 na pretežnem delu frekvenčnega območja pod frekvenco okoli 1000 Hz posledica večje mase te zasteklitve glede na maso zasteklitve 4-16-4.



Slika 6. Primerjava zvočne izolirnosti oken z dvojno zasteklitvijo, kjer sta obe stekli v enem primeru enaki, v drugem primeru pa različni.

6 SKLEP

Koincidenčni efekt pomembno vpliva na zvočno izolirnost pregrade, še posebno v frekvenčnem območju kritične frekvence, saj je v tem frekvenčnem območju padec zvočne izolirnosti pregrade lahko znaten. Pomembno je zato, da je kritična frekvenca pregrade izven merodajnega frekvenčnega območja, ki se v gradbeni akustiki privzema med 100 Hz in 3,15 kHz.

V primerih masivnih pregrad se stremi za tem, da je kritična frekvenca pod merodajnim frekvenčnim območjem, v primerih lažjih in bolj gibkih pregrad pa za tem, da je njihova kritična frekvenca nad merodajnim frekvenčnim območjem (preglednica 1). V primerih dvojnih in večkratnih pregrad se je treba izogibati slojem z enako kritično frekvenco, npr. zasteklitvam z več enako debelimi stekli ipd. V kolikor to zaradi kakršnihkoli drugih razlogov ni primerno ali pa celo ni mogoče, je treba zagotoviti večje notranje dušenje slojev s kritično frekvenco na merodajnem frekvenčnem območju, in sicer z namenom zmanjšati resonančni odziv zaradi koincidence. Povečanje notranjega dušenja bo učinkovito zlasti v primerih slojev z majhno upogibno togostjo, malo učinkovito ali celo neučinkovito pa bo v primerih masivnejših in bolj togih pregrad.

7 ZAHVALA

Prispevek temelji na raziskavah, financiranih v okviru programske skupine ARRS - P2 - 0273 Gradbeni objekti in materiali ter v okviru infrastrukturnega programa ARRS - IO - 0032 Preizkušanje materialov in konstrukcij.

8 LITERATURA

Cremer, L., Theorie der Schalldämmung Wände bei schrägem Einfall, Akustische Zeitschrift, 7, 81-104, 1942.

Cremer, L., Heckl, M., Ungar, E. E., Structure-Borne Sound, Structural Vibrations and Sound Radiation at Audio Frequencies, 2nd ed., Springer Verlag, Berlin, 1988.

Davy, J. L., Predicting the sound insulation of single leaf walls: Extension of Cremer's model, Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 126 (4), 1871-1877, 2009.

Fahy, F., Sound and Structural Vibrations - Radiation, Transmission and Response. 4th ed., Academic Press Limited, London, 1994.

Fasold, W., Sonntag, E., Winkler, H., Bau- und Raumakustik, VEB Verlag, Berlin, 1987.

Hongisto, V., Sound insulation of doors - part 1: Prediction models for structural and leak transmission, Journal of Sound and Vibration, 230 (1), 133-148, 2000.

Hopkins, C., Sound Insulation. 2nd ed., Routledge, London, New York, 2014.

SIST, SIST EN ISO 717-1: 2021, Akustika: Vrednotenje zvočne izolirnosti v stavbah in zvočne izolirnosti gradbenih elementov - Del 1: Izolirnost pred zvokom v zraku, Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2021.

Volovšek, S., Vpliv sestave fasadnih sten in oken na zvočno zaščito zgradb pred zunanjim hrupom - 3. del, Končno poročilo o rezultatih preiskav, Raziskovalna Skupnost Slovenije, 1983.

FOTOREPORTAŽA POSLOVNA STAVBA ZAVAROVALNICE SAVA V MARIBORU



Slika 1. Objekt v fazi izvedbe zadnjih grobih gradbenih del na stolpničnem delu stavbe, februar 2022.

Lokacija: Maribor, mestna četrt Tabor

Investitor: Zavarovalnica Sava, d. d.

Naročnik: MRB Investicije, d. o. o.

Projektant arhitekture: Komunaprojekt, d. d.

Projektant gradbenih konstrukcij: Projekt, d. d., Nova Gorica

Glavni izvajalec: GIC GRADNJE, d. o. o.

Za investitorja Zavarovalnico Sava, d. d., in naročnika MRB Investicije, d. o. o., od meseca marca 2021 v mestni četrti Tabor v Mariboru podjetje GIC GRADNJE, d. o. o., gradi objekt upravne stavbe Zavarovalnice Sava in pripadajočo zunanjo ureditev. Upravni stavbi se bodo pridružili tudi zunanji objekti in parkirna mesta, park ter vse potrebne dostopne površine, skupno na kar dobrih 13.000 m² površine. Celotna gradnja bo potekala predvidoma do konca oktobra 2022, ko bo ekipa podjetja GIC GRADNJE predala objekt v uporabo investitorju.



Konstruktivna zasnova objekta je armiranobetonska, delno monolitna in delno montažna, pri čemer so prefabriki izdelani v sodelovanju s podjetjem Pro-concrete, d. o. o. Vsi stebri in glavna jedra objekta (stopnišča, dvigalni jaški, inštalacijski jaški, energetske prostori in sanitarni vozli) so armiranobetonske konstrukcije, izvedene na mestu samem. Medetažne plošče so delno montažne izvedbe z uporabo plošč Omnia, ki se z žerjavom montirajo na pripravljene podpore. Po končani montaži plošč se položi in zveže armatura plošče, sledi betoniranje armiranobetonske plošče.

Slika 2. Armiranobetonska konstrukcijska zasnova objekta, februar 2022.



Slika 3. Delno montažna izvedba medetažne plošče (sistem Omnia), november 2021.

Objekt upravne stavbe je podkleten z eno kletno etažo, nad katero je zgrajeno pritličje in deset nadstropij. Trenutno poteka zaključna faza izvedbe strehe nad 10. nadstropjem, tako da je upravna stavba že dobila svojo zasnovano obliko.



Slika 4. Izvedena streha nad 10. nadstropjem, april 2022.

Kletna etaža je, tlorisno gledano, največja izmed vseh nadstropij objekta, namenjena je 105 parkirnim mestom, tehničnim prostorom in računalniškemu centru. Pritličje je namenjeno vstopni avli, poštnemu vložišču, poslovnim, tehničnim, skladiščnim in drugim pomožnim prostorom. V pritličju bo tudi restavracija z lastno kuhinjo, ki bo preko zunanjega gostinskega vrta povezovala zunanost in notranjost objekta. Od prvega do desetega nadstropja je objekt namenjen poslovni dejavnosti za investitorja in razne najemnike. Objekt bo predvidoma grajen za več kot 500 delovnih mest.



Slika 5. Začetki gradbenih del segajo v april 2021, ko se je pričel izkop gradbene jame.

Posebnost gradnje je zaščita gradbene jame s tehnologijo jet grouting, kjer se je z vtiskanjem injekcijske mase izboljšala struktura temeljnih tal.

Zasnova projekta Zavarovalnice Sava je posebna z vidika, da nobeno nadstropje nima povsem enakih tlorisnih dimenzij glede na ostala nadstropja. Pri gradnji se zaradi raznolikosti konstrukcije spoprijemamo z več izzivi na področju postavitve opažev previsov plošč v nadstropjih, montaže fasadnih odrov in betoniranja armiranobetonskih plošč.



Slika 6. Prikaz razgibane armiranobetonske konstrukcije, februar 2022.



Slika 7. Konstrukcija terja montažo izjemno zahtevnih odrov in podpornih opažnih elementov, februar 2022.

Avtor: GIC GRADNJE, d. o. o.

NOVI DIPLOMANTI GRADBENIŠTVA

UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

I. STOPNJA – VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

Žan Žak Hribar, Stroškovno optimalni pristop k energijski sanaciji tipične poševne strehe, mentor izr. prof. dr. Mitja Košir, somentor asist. David Božiček;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=136550>

I. STOPNJA - UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM VODARSTVO IN OKOLJSKO INŽENIRSTVO

Matevž Jenko, Meritve transporta plavin na Kamniški Bistrici in Pšati, mentor doc. dr. Nejc Bezak, somentor doc. dr. Simon Rusjan;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=137068&lang=slv>

II. STOPNJA - MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO (smeri Gradbene konstrukcije, Geotehnika-hidrotehnika, Nizke gradnje)

Neža Govekar, Katalog v skladu s slovenskimi pravilniki izdelanih gradnikov modela cestnega telesa, mentor izr. prof. dr. Marijan Žura, somentor viš. pred. dr. Robert Rijavec;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=136911>

III. STOPNJA - DOKTORSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRAJENO OKOLJE

Tajda Potrč Obrecht, Napredna metodologija za vrednotenje okoljskih vplivov prenove stavb v celotni življenjski dobi, mentor izr. prof. dr. Roman Kunič, somentorja izr. prof. dr. Andraž Legat in prof. dr. Alexander Passer;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=136965>

NOVI DIPLOMANTI GRADBENIŠTVA

UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO, PROMETNO INŽENIRSTVO IN ARHITEKTURO

I. STOPNJA – UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

Matjaž Pongrac, Analiza temperaturne obtežbe na okvirni armiranobetonski mostni konstrukciji, mentor doc. dr. Milan Kuhta, somentor Gregor Udovč;
<https://dk.um.si/lzpisGradiva.php?id=81646>

II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVA

Klavdija Krajnc, Energijska prenova večstanovanjskega objekta na Koroški cesti, mentorica prof. dr. Vesna Žegarac Leskovar, somentor prof. dr. Miroslav Premrov;
<https://dk.um.si/lzpisGradiva.php?id=81487&lang=slv>

Klementina Knez, Jekleni most s poševnimi kabli dolžine 100 m, mentor prof. dr. Stojan Kravanja, somentorja doc. dr. Tomaž Žula in izr. prof. dr. Primož Jelušič;
<https://dk.um.si/lzpisGradiva.php?id=81638>

Anželika Serafimoska, Jeklen poslovni objekt z industrijsko halo 28 x 90 m, mentor doc. dr. Simon Šilih, somentorja prof. dr. Stojan Kravanja in doc. dr. Tomaž Žula;
<https://dk.um.si/lzpisGradiva.php?id=81652&lang=slv&prp=dkum:10859846:r1>

Jelena Vilotjević, Allplan Bridge za izdelavo geometrijskega in analitičnega modela ter analizo konstrukcije na primeru viadukta Kozarica, mentor doc. dr. Milan Kuhta, somentor Dušan Rožič;
<https://dk.um.si/lzpisGradiva.php?id=81669>

Rubriko ureja **Eva Okorn**, gradb.zveza@siol.net

4.-7.7.2022

ACEER 2022 — 4th International Conference on Advances in Civil and Ecological Engineering Research

Spletna konferenca
www.aceerconf.org/

2.-5.9.2022

ICCUE 2022 - 9th International Conference on Civil and Urban Engineering

Peking, Kitajska
www.iccue.org/

5.-7.9.2022

17th Danube - European Conference on Geotechnical Engineering

Bukarešta, Romunija
<https://sites.google.com/view/17decgero/home>

12.-15.9.2022

EUROCK 2022 — Rock and Fracture Mechanics in Rock Engineering and Mining

Espoo, Finska
www.eurock2022.com

13.-17.9.2022

ICOSSAR 2021-2022, 13th International Conference on Structural Safety & Reliability

Spletna konferenca
www.icossar2021.org

15.-17.9.2022

ICSCE 2022 — 6th International Conference on Structural and Civil Engineering

Barcelona, Španija
www.icsce.org

28.-29.9.2022

4. gradbeno - prostorsko - okoljska konferenca

Ljubljana, Slovenija
<https://gradbeno-prostorsko-okoljska-konferenca.si/>

29.-30.9.2022

S.ARCH 2.0 — 9th International Conference on Architecture and Built Environment

Spletna konferenca
www.s-arch.net/s-arch-2-0

24.-26.10.2022

ICCEFA'22 - 3rd International Conference on Civil Engineering Fundamentals and Applications

Hibridna konferenca
Seul, Južna Koreja
<https://iccefa.com>

26.-28.10.2022

ICBSTS 2022 — 3rd International Conference on Building Science, Technology and Sustainability

Lizbona, Portugalska
www.icbsts.org

4.-6.4.2023

S.ARCHBERLIN — 10th International Conference on Architecture and Built Environment

Berlin, Nemčija
www.s-arch.net/s-arch-berlin

25.-28.6.2023

9ICEG - 9th International Congress on Environmental Geotechnics

Hania, Kreta, Grčija
www.iceg2022.org

17.-21.9.2023

12 ICG - 12th International Conference on Geosynthetics

Rim, Italija
www.12icg-roma.org

14.-17.11.2023

WLF6 - 6th World Landslide Forum

Firence, Italija
<https://wlf6.org/>

26.-30.08.2024

XVIII European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering

Lizbona, Portugalska
www.spgeotecnia.pt

Rubriko ureja **Eva Okorn**, ki sprejema predloge za objavo na e-naslov: gradb.zveza@siol.net