

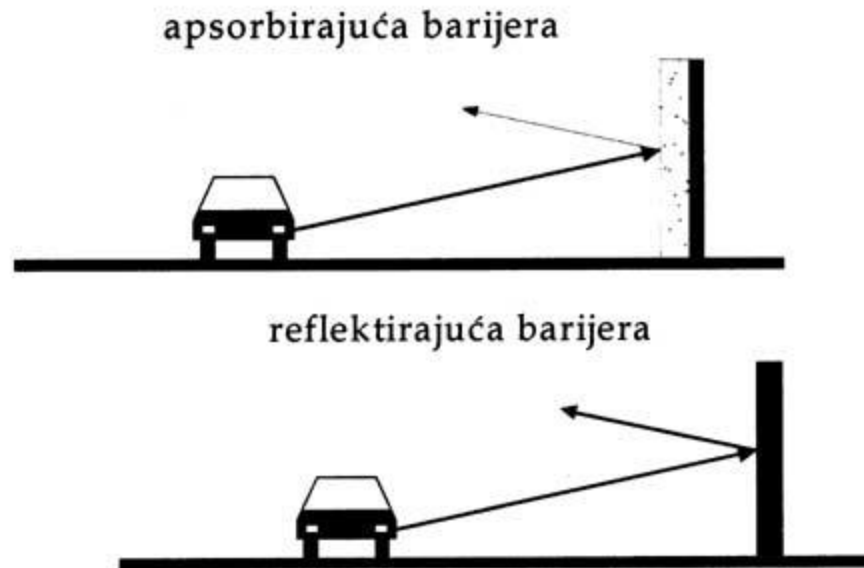
Barijere za zaštitu od prometne buke¹

Prof. dr. sc. Vesna Dragčević, dipl. inž. građ. Prof. dr. sc. Tatjana Rukavina, dipl. inž. građ. Vlatko Granić, dipl. inž. građ.

Industrijalizaciju praćena naglim razvojem tehnike i tehnologije te stvaranje velikih urbanih sredina u 20-om stoljeću posebno u razvijenim europskim zemljama te SAD-u, paralelno je pratio brz razvoj prometa i prometne infrastrukture. To je dovelo do povećanja razine buke kao i do produženja razdoblja u kojima je razina buke viša od dozvoljene propisane regulativom. U tim se zemljama zato već sredinom 20-og stoljeća započelo s izgradnjom barijera za zaštitu od buke, a intenzivno se primjenjuju od 70-ih godina prošlog stoljeća.

Osim zidova građevine za zaštitu od buke od prometa mogu se izvoditi u obliku nasada ili nasipa (sa ili bez zidova). No, najrasprostranjeniji je oblik zaštite, zidovi koji se postavljaju neposredno uz prometnicu. To su linijske građevine izvedene od različitih materijala (plastika, mineralna vuna, [kamen](#), beton, drvo, metal, staklo, itd.). Naravno, nije dovoljno napraviti bilo kakvu barijeru između kolnika i naselja da bi ona činila učinkovito te estetski i tehnički opravdano rješenje. Kako bi zaštita od buke bila učinkovita, građevina trajna i jednostavna za održavanje, moraju biti zadovoljeni zahtjevi koji se odnose na sposobnost apsorpcije zvuka, mehaničku otpornost i stabilnost, otpornost na smrzavanje, djelovanje soli, požar i sl. Osim navedenih zahtjeva barijere za zaštitu od buke moraju zadovoljiti i estetske kriterije vezano za uklapanja u okoliš koji će uvelike utjecati na odabir tipa barijere odnosno vrste materijala od kojeg će barijera biti izrađena.

¹ Izvor: www.masmedia.hr



Akustična svojstva

Općenito postoje dva tipa akustičnih barijera: reflektirajuće i apsorbirajuće. Osnovna razlika između ova dva tipa barijera je ta što reflektirajuće odbijaju zvučne valove bez smanjenja njihovog intenziteta, dok apsorbirajuće „upijaju“ dio zvučne energije i reflektiraju zvučni val smanjenog intenziteta.

Akustičke barijere, kao nužan uvjet moraju zadovoljiti zahtjeve u pogledu zaštite od buke, a to su: adekvatna zvučna izolacija R_w , adekvatna apsorpcija zvuka ΔL_α .

Zvučna izolacija barijere uvjetovana je potrebnom redukcijom buke kod šticeh objekata. Za zvučnu izolaciju barijera postavlja se kriterij da R_w mora biti minimalno 24 dB za sve vrste barijera.

Apsorpcija zvuka barijera uvjetovana je potrebom za ograničavanjem buke na suprotnoj strani od štice a ukoliko se tamo, također, nalaze građevine koje treba štiti od buke. Apsorbirajuće barijere u pravilu se izvode kao neprozirne, dok reflektirajuće mogu biti izvedene od neprozirnih ali i prozirnih materijala. Prozirne, transparentne barijere iako samo djelomice ograničavaju vizuru, često se bojaju na različite načine ili zasjenjuju, a

u cilju smanjivanja njihove prozirnosti. Zvukoapsorbirajuće barijere kao površinske, sadrže elemente od poroznih materijala koji apsorbiraju buku. Unutrašnjost takovih barijera obično je ispunjena manje robusnim materijalima, kao što je primjerice mineralna vuna, pri čemu materijali ispune trebaju biti zaštićeni odgovarajućim folijama u cilju spriječavanja njihovog propadanja.

Podjela zidova za zaštitu od buke prema materijalu izvedbe

Zidovi za zaštitu od buke mogu biti izrađeni od različitih materijala, ovisno o tehničkim i estetskim zahtjevima ali i klimatskim uvjetima. U nastavku je dan pregled zidova za zaštitu od buke, ovisno o materijalima od kojih su izrađeni te je ukazano na prednosti i nedostatke njihove primjene ovisno, kako o materijalu iz kojeg su izvedeni tako i o području primijene.

Drveni zidovi

Drvo se u nekim europskim zemljama vrlo često primjenjuje kao materijal za izradu zidova za zaštitu od buke. Slični su visokim vrtnim ogradama, a svojim se dizajnom u ruralnim područjima dobro uklapaju u okolinu. Rijede se izvode u urbanim sredinama, iako se ponekad i tamo mogu dobro uklopiti. Zamjetno je da se češće izvode u kontinentalnim područjima nego u priobalju, gdje dominiraju kameni materijali. Ako se primijenjuju u gradovima u neposrednoj blizini stambenih i pješačkih zona trebaju biti prirodnih i svjetlih boja kako se ne bi stvarale zone sjena ili mračne zone koje izazivaju nelagodu. Na takvim se mjestima drveni zidovi kombiniraju sa transparentnim čime se postiže bolja osvjetljenost i vidljivost. U kombinaciji s gumenim materijalima čine vrlo dobar zvukoapsorbirajući sistem. Drvene zidove uputno je izbjegavati na vijaduktima i mostovima. Na tim mjestima, oni djeluju ružno ostavljajući dojam zatvorenosti bez obzira na detalje koji se na njima izvode. Pri tome treba istaknuti da oni na takvim mjestima zadovoljavaju sve akustične karakteristike, ali se ne uklapaju na betonsku ili čeliču konstrukciju objekta. Drvene zidove uputno je izbjegavati i u slučaju kada se zbog akustičnih svojstava traži da reflektirajuća barijera (cijela ili njezin gornji dio) bude zakrivljen. Drveni zidovi trebaju biti ravni. Ukoliko su zakrivljeni prema cesti zbog

svoje neprozirnost stvaraju kod vozača dojam suženog prostora. Barijere ovog tipa, izvedene na dužim potezima su monotone pa ih je na takvim mjestima potrebno kombinirati s transparentnim tipom barijera, ozeleniti ili ih na drugi način uljepšati.



Barijere na vijaduktima i mostovima bi, s vizualnog i estetskog gledišta trebale biti što svjetlije i jednostavnije, ali bi istovremeno trebale i odražavati karakter okolnog krajolika. Upravo je to glavni razlog upotrebe transparentnih materijala na ovim objektima

Metalni zidovi

Metalni zidovi se najčešće izvode od nehrđajućeg čelika ili aluminija, a isti se materijali najčešće koriste i za izradu nosača za ploče od drugih materijala.

Ovaj tip barijera uglavnom je apsorbirajući iako postoje i one koje su izvedene kao reflektirajuće. Najčešće su projektirani tako da im je prednja strana obložena perforiranim metalnim, obično aluminijskim pločama, a da im je stražnja strana od neperforiranih, profiliranih čeličnih ili aluminijskih ploča. Unutrašnji prostor ovakvih zidova ispunjen je mineralnom vunom ili drugim zvukoapsorbirajućim materijalom.

Primjena ovih barijera vrlo je česta, a najviše ih je izgrađeno u Njemačkoj. U mnogim slučajevima njihovu jednostavnu metalnu površinu čini kombinacija svijetlije i tamnije bojanih zona a često se njihova monotonija nastoji razbiti ozelenjavanjem. U klimatskim područjima s visokim temperaturama zraka sadnju vegetacije treba izbjegavati jer će se teško održati pokraj vrućih metalnih ploča. Metalni zidovi mogu se bojati u širokom spektru različitih boja. Složeniji dizajn s različitim dodacima češće se izvodi u urbanim sredinama u koja se bolje uklapa nego u ruralna područja (slika 4.). Čelični paneli često su u kombinaciji sa transparentnim panelima kao vrlo dobar reflektirajući sistem. Prije su se, zbog svoje male težine (aluminijski) znatno više izvodili na mostovima i vijaduktima, međutim danas su ih potisnuli sve kvalitetniji transparentni paneli izrađeni od plastike ili stakla. Primjenjuju se i kod potpornih zidova i na ulazu u tunele gdje formiraju dio ukupnog arhitektonskog koncepta. Moderne barijere ovoga tipa danas se uglavnom rade od aluminija. To su viskoapsorbirajući paneli koji se sastoje od mineralne vune, omeđene tankim perforiranim aluminijskim pločama. Izvode se kao jednostrano ili dvostrano apsorbirajući ili vrlo rijetko reflektirajući paneli. Reflektirajući paneli najčešće se izvode u kombinaciji s transparentnim pločama. Gotovi se paneli dopremaju na gradilište i vrlo jednostavno ugrađuju između čeličnih stupova, najčešće I profila.



Korištenje zvučnih barijera kao nosača za solarne ploče u pokusnoj je fazi u nekoliko europskih zemalja. Iako je u ovom trenutku proizvodnja solarne energije skuplja nego proizvodnja električne energije na konvencionalan način, valja očekivati da će troškovi s napretkom tehnologije znatno pasti

Betonski zidovi

Beton je danas jedan od najrasprostranjenijih konstrukcijskih materijala i kao takav se u velikoj mjeri upotrebljava i za izradu zidova za zaštitu od buke. Izvode se u cjelosti od betona ili u kombinaciji s nekim drugim materijalom. U nekim zemljama poput SAD-a gotovo pola izgrađenih barijera je od betona, a razlog tome je posve razumljiv. Ako je beton kvalitetan, propisno ugrađen i njegovan dobivamo trajnu barijeru koja će kroz duži vremenski period moći dobro podnijeti temperaturne oscilacije, sunčevo zračenje, djelovanje vlage, leda i soli.

Betonske barijere općenito se izvode na dva načina: kao prefabricirane (betonske ploče proizvode se u kontroliranim uvjetima u tvornicama i dopremaju se na mjesto ugradnje), kao barijere koje se izvode na licu mjesta.

Prema akustičkim karakteristikama mogu biti reflektirajuće i apsorbirajuće. Reflektirajuće se betonske barijere mogu izvoditi s pločama postavljenim pod različitim kutevima. Tada se zvučni val reflektira u različitim smjerovima čime se smanjuje intenzitet buka odnosno usmjerava se od prijarnika.

Ravne i glatke površine često čine betonske barijere tamnima i bez sjaja te ih treba izbjegavati korištenjem profiliranih oplata kojima se formira oblik i tekstura površine. Rebrasta ili naborana površina i s akustičkog je gledišta puno bolja nego ravna i glatka (slika 6.).

Masivne betonske barijere bez vegetacije i dizajnerskih dodataka (prozirnih djelova ili ukrasnih detalja) treba izbjegavati jer su monotone. Apsorbirajuće betonske barijere općenito možemo podjeliti u dva tipa: betonske barijere s drvenim vlaknima – drvobetonske barijere, betonske barijere zrnate (granularne) strukture.

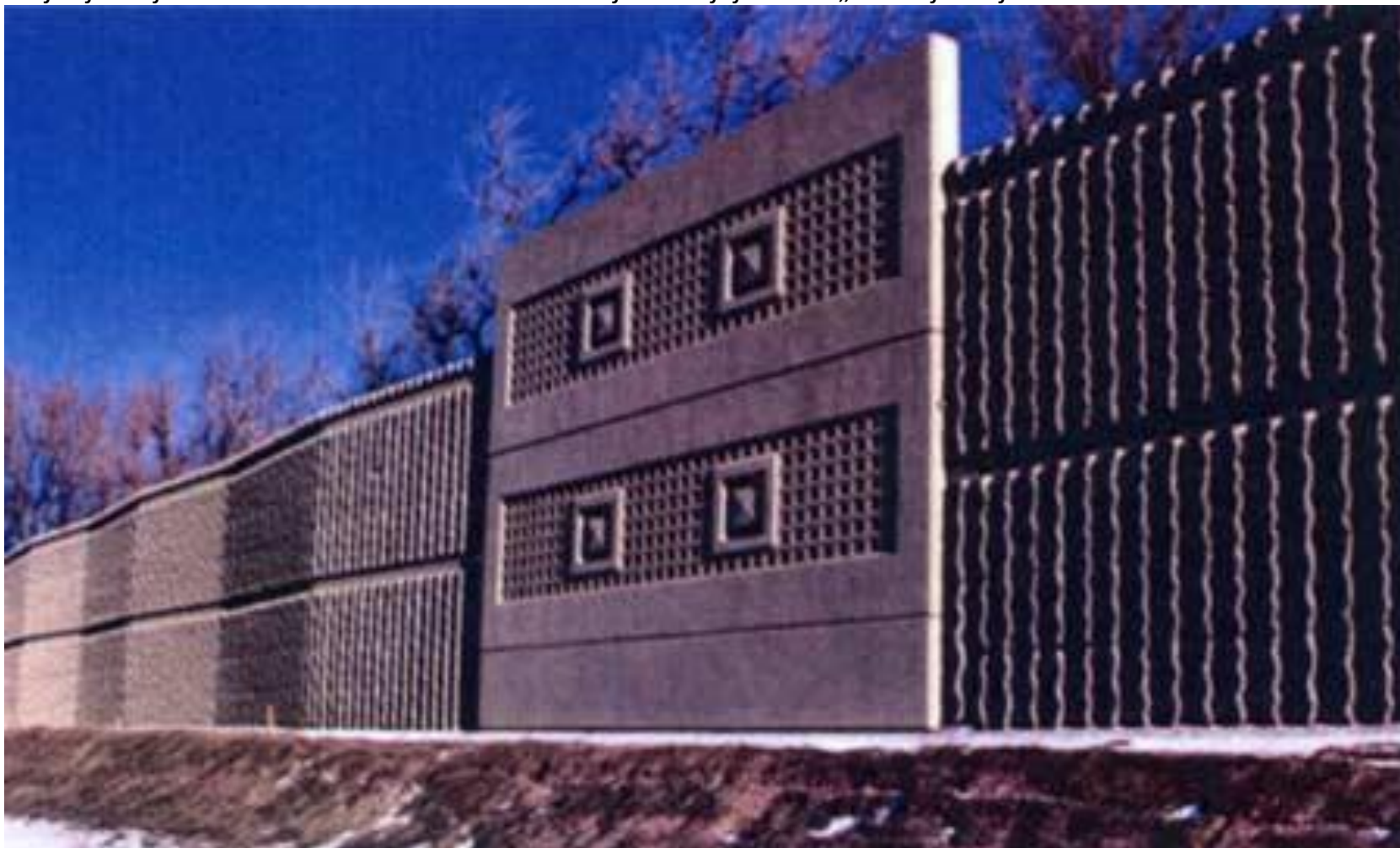
Oba tipa čine ploče izrađene u centralnim postrojenjima, u određenoj boji i veličini koje se postavljaju između čeličnih nosača. Za njihovu izradu koristi se beton otvorene strukture s različitim dodacima.



Zidovi od opeke

[Opeka](#) se često koriste za izgradnju barijera obzirom da se u određenim sredinama dobro uklapa u okoliš. Zidovi od opeke mogu biti reflektirajući i apsorbirajući. Za reflektirajuće se koriste pune, dok se za apsorbirajuće koriste perforirane opeke različitih dimenzija. Ovakvi zidovi uz ceste općenito stvaraju dojam standardnog zida od opeke (slika 8.). Ovakvi se zidovi zidaju ručno zbog čega je njihova izrada dugotrajna. Opeke u različitim tipovima zidova mogu imati i dekorativnu funkciju, formirajući određeni uzorak. Upotreba mortova različitih boja često pozitivno utječe na ukupni estetski dojam zida.

Ovaj se tip zidova za zaštitu od buke učestalije izvodi u kontinentalnim područjima jer su u priobalju izloženi agresivnom djelovanju morske vode koja negativno utječe kako na opeku tako i na mort koji ih povezuje. Puno su bolje rješenje u odnosu na betonske blokove koji ostavljaju bitno „hladniji“ dojam.



Plastični zidovi

Upotreba plastike danas je vrlo raširena obzirom da ju je lako proizvesti, oblikovati i primjeniti u najrazličitijim formama i oblicima. Plastične barijere se u najvećoj mjeri izvode od plastičnih panela vrlo male težine, ali velike otpornosti i čvrstoće. Rukovanje ovakvim panelima je jednostavno te se mogu ugraditi u gotovo svim uvjetima. Plastika obično kod ljudi asocira na snažne boje i inventivne oblike, međutim takve barijere ne izgledaju uvijek eksentrično ili neobično jer mogu biti projektirane tako da svojom površinom i bojom oponašaju izgled dugih materijala. Često, ovakve barijere izgledaju kao aluminijske ili presvučene čelikom. Nedostatak im je što su više zapaljive nego barijere od drugih materijala, a dim od požara štetan je i toksičan. Pepeo koji ostaje nakon požara također je toksičan i štetan za okolno tlo i vodu. Neki plastični materijali prilikom većih temperaturnih promjena skloni su promjeni, odnosno skupljanju i stvaranju otvorenih pukotina o čemu treba voditi računa prilikom projektiranja.

Ultraljubičaste zrake mogu uzrokovati smanjenje čvrstoće i otpornosti panela kao i degradaciju površine. Da bi se to spriječilo pri proizvodnji dodaju se aditivi protiv štetnog djelovanja takvih zračenja. Ove su barijere vrlo osjetljive i na mehanička razaranja, a oštećeni i uništeni dijelovi moraju se u cijelosti zamjeniti. U mnogim slučajevima plastične barijere izvode se u kombinaciji s transparentnim ili nekim drugim barijerama.



Prozirni ili transparentni zidovi

Prozirni zidovi za zaštitu od buke još se nazivaju i transparentnim, a njihova glavna karakteristika je da djelomično ili potpuno propuštaju svjetlosne zrake te omogućuju pogled u okolinu. Zamisliti današnje moderne svjetske metropole bez barijera ovoga tipa gotovo je nemoguće. Izrađene su od staklenih panela (lameliranog, očvrslog ili armiranog stakla) ili od plastike (akrilne ili polikarbonat ploče, pleksiglasa). Ovi materijali zbog svoje vizualne neutralnosti imaju malen utjecaj na izgled krajolika te mogu biti korišteni na većini lokacija. Upravo njihova prozirnost glavni je razlog zbog čega se danas gotovo jedino ovaj tip barijera izvodi na objektima poput mostova i vijadukata. Zbog svoje prozračnosti najbolje se uklapaju u ukupan izgled takvih konstrukcija. Nadalje, od ovih materijala mogu se izraditi barijere vrlo velikih visina koje zbog svoje prozirnosti neće ostavljati dojam visoke neprirodne prepreke.

Akrilne i pleksiglas ploče mogu se lako oblikovati te na taj način odgovoriti na vrlo složene estetske zahtjeve. One se mogu bojati, dok se staklene nijansiraju i graviraju.

itan čimbenik kod ovih barijera otpornost je na vandalizam. Naime pri pokušaju oštećivanja staklo će lakše biti slomljeno, ali će akrilna ploča lakše biti ogrebana. Današnje novije ploče od pleksiglasa izvode se sa različitim vrstama ojačanja te pri dinamičkim udarima ostaju neoštećene ili na mjestu izvanrednog udara pucaju, ali ostaju kompaktne i povezane. Kao i kod plastičnih barijera oštećeni i uništeni djelovi ne mogu se sanirati već ih je potrebno u cjelosti zamjeniti.

Ove su barijere često „meta raznovrsnih grafita“, no problem se rješava na način da se na panele od pleksiglasa pri proizvodnji nanese tanki antigrafitni premaz.

Na mjestima gdje je potreban potpuno neiskrivljen pogled kroz barijeru, armirano staklo predstavlja bolji izbor od ostalih prozirnih materijala.

Iako oba materijala omogućuju prodor svjetla, tamo gdje je njegova važnost velika, u prošlosti se preferiralo staklo. Međutim, danas je upotrebom ploča od pleksiglasa uspješno savladan i taj problem.

Prozirne se barijere često izvode u kombinaciji s drugim barijerama kao djelovi koji će razbiti monotoniju nekog jednoličnog materijala, kao otvori koje će propuštati svjetlost ili kao djelovi koji će omogućiti bolju preglednost i snalaženje vozača u prostoru. Izvedene kao gornji dio barijere od nekog drugog materijala čine istu znatno nižom i

vizualno prihvatljivijom. Problemi s pticama koje se zbog vizualne neutralnosti odnosno prozirnosti barijera zalijeću i zabijaju u njih riješava se na način da se ploče nijansiraju bojama ili se na njihovoj površini izvode različiti uzorci koji upućuju na prisutnost barijere.

Prozirne barijere u većini su slučajeva reflektirajuće te ih na mjestima gdje refleksija zvuka djeluje štetno na stanovnike treba izbjegavati.



U urbanim sredinama zbog nedostatka redovito skupih gradskih prostora te naglašene brige oko uklapanja u prostor izbor optimalnog rješenja zaštite od buke nije jednostavan. Često, čak i za djelomično rješenje ovog problema nije dostatna primjena samo jedne, već kombinacija više mjera zaštite

Pri projektiranju prozirnih barijera u gradskim sredinama potrebno je voditi računa ne samo o izgledu barijere iz daljine već i izbliza obzirom da se pješaci svakodnevno kreću u njihovoj neposrednoj blizini. Stoga moraju biti estetski oblikovane, ali prije svega moraju imati dovoljno detalja i uzoraka da bi bile vizualno interesantne. Estetskoj prepoznatljivosti znatan doprinos mogu dati dobro oblikovani stupovi koji su važni kod svih tipova barijera, a posebno kod transparentnih jer se ističu u odnosu na prozirne ploče. Stupovi svojom bojom i oblikom daju potrebnu težinu vizualnom karakteru barijere.

Plastične barijere osjetljive su na ultraljubičasto zračenje zbog čega mogu postati mutne. Zato ih je potrebno zaštititi dodavanjem aditiva pri proizvodnji ili kasnije premazati tankim UV zaštitnim slojem. Staklene barijere nisu ili su vrlo malo osjetljive na ovakva zračenja.

Nadalje, problem kod prozirnih barijera može predstavljati zasljepljivanje vozača. Kako bi se zadržala prozirnost ovih barijera potrebo ih je češće čistiti obzirom da statički elektricitet pogoduje zadržavanju prašine i drugih nečistoća na površini. Njihov najveći nedostatak je cijena koja može biti 10-20 puta veća u usporedbi s nekim drugim vrstama barijera.



Zaobljene barijere

U velikim urbanim sredinama gdje brze prometnice prolaze u blizini naselja uloga je barijera zaštititi od buke objekte većih visina smještenih u neposrednoj blizini prometnice. To upućuje na potrebu primjene barijera većih visina. Visoke barijere (makar bile i transparentne) nisu primjerene kako s građevinskog aspekta (problem stabilnosti) tako nisu niti u skladu s urbanom arhitekturom. Problem se rješava na način da se gornji dio barijere zaobli prema prometnom traku.

Time je gornji dio barijere znatno bliže izvoru zvuka nego je to slučaj s vertikalnom barijerom pa se prema tome povećava visina zone iza barijere koju ona štiti. Ovaj oblik barijere izvodi se od metala (uglavnom aluminija) ako se žele dobiti apsorpcijska svojstva ili od transparentnih materijala ako se žele dobiti reflektivna svojstva.



Galerije

Galerija je zapravo zaobljena barijera koja u potpunosti natkriva rubni trak, pruža se preko vozničkih trakova koje praktički smješta u tunel. Takav oblik daje joj znatno bolja akustična svojstva u usporedbi s običnim zaobljenim barijerama. Donji se dio barijere izvodi uglavnom od metala (aluminij), a gornji mora biti isključivo od transparentnih materijala kako bi dio ispod nje bio dovoljno osvijetljen i prozračan.

Tuneli

Gledano s akustičnog i vizualnog stajališta tuneli predstavljaju najbolji oblik zaštite od buke. Međutim tuneli su ujedno i najskuplji oblik te iste zaštite što je i glavni uzrok njihove ograničene uporabe. Izvode se u zonama koje su posebno osjetljive na buku ili na mjestima gdje ceste prolaze neposredno uz visoke stambene objekte.

Uglavnom se izvode od metalnih i transparentnih materijala i trebaju biti projektirane tako da spriječe odjek zvuka koji se stvara u tunelu. Ukoliko je odjek zvuka znatan nužno je koristiti apsorberajuće materijale kao obloge u tunelima. Najbolje je koristiti aluminijske perforirane ploče koje u sebi sadrže mineralnu vunu ili neki drugi apsorberajući materijal.

Tamo gdje terenske prilike to dopuštaju tuneli se ukopavaju u zemlju, dok se prostor iznad može koristiti za neke druge sadržaje, međutim u većini slučajeva kada služe zaštiti od buke oni su iznad zemlje.



Barijere na mostovima

Barijere na vijaduktima i mostovima bi, s vizualnog i estetskog gledišta trebale biti što svjetlije i jednostavnije, ali bi istovremeno trebale i odražavati karakter okolnog krajolika. Upravo je to glavni razlog upotrebe transparentnih materijala na ovim objektima. Nadalje, dizajn zvučne barijere na mostu ili vijaduktu trebao bi biti usklađen sa osnovnom konstrukcijom. Ploče bi trebale biti povezane međusobno kao i za konstrukciju kako ne bi popustile u

slučaju naleta vozila. Često se na ovim objektima izvodi zaštita od buke u obliku zatvorenog ili poluzatvorenog tunela.

Barijere i solarne ploče

Korištenje zvučnih barijera kao nosača za solarne ploče u pokusnoj je fazi u nekoliko europskih zemalja. U ovom je trenutku, međutim, proizvodnja solarne energije skuplja nego proizvodnja električne energije na konvencionalan način, iako je za očekivati da će troškovi s napretkom tehnologije znatno pasti. Ne uzimajući u obzir troškove, korištenje zvučnih barijera kao nosača solarnih ploča pokazala se dobrom idejom. No, u tom slučaju bi se trebale nalaziti tamo gdje ih „vandali“ ne bi mogli oštetiti a solarne bi ćelije trebale biti dizajnirane kao integralni dio barijere, a ne kao dodatak. Tako dobivena električna energija, u urbanim bi se područjima mogla koristiti za osvjetljavanje nekog objekta ili same barijere ili za napajanje dinamičke prometne svjetlosne signalizacije.