

SLIŠNOST IN RAZŠIRJANJE ZVOKA

Avtor: Damir Istenič, ing., TDI d.o.o.

Da bi nam bilo delovanje sirene jasno, ne moremo mimo teorije o slišnosti in razširjanju zvoka.

Osnovne lastnosti zvoka

Zvok nastane tako, da izvor zvoka vibrira v zraku (ali drugem mediju) in s tem prenaša vibracije v snov, v kateri se v obliki zvoka širijo z elastičnim nihanjem. Zvok v vakuumu ne obstaja in se ne more razširjati. Zvok se v zraku in drugih plinih širi radialno od izvora z valovnimi frontami (zgoščine in razredčine) v obliki vzdolžnega valovanja.

Hitrost zvoka (zvočnega valovanja)

Hitrost zvoka v zraku je odvisna od temperature in znaša 331,4 m/s pri temperaturi 0°C. Z rastjo temperature hitrost zvoka raste, zato običajno operiramo s podatkom, da je hitrost zvoka v zraku 340 m/s.

Valovna dolžina

Ker gre za zvočno valovanje, ne moremo mimo valovne dolžine. Za lažjo predstavo pa povejmo, da je valovna dolžina obratno sorazmerna frekvenci signala. Območje slišnih frekvenc je med 20 in 20000 Hz (Hertz). Pomembno je to, da je hitrost zvoka neodvisna od frekvence. Visokofrekvenčni zvoki potujejo skozi snov z enako hitrostjo kot nizkofrekvenčni, kar pomeni, da se z enako hitrostjo širijo vse vrste zvoka.

Zvočni tlak (sprememba zračnega tlaka)

Zvok je dinamično spreminjanje zračnega tlaka. Ker poznamo tudi meteorološki zračni tlak, je pomembno poudariti, da o zvoku govorimo, ko so spremembe tlaka zelo hitre – tlak se poveča ali zniža večkrat v eni sekundi, pri čemer so vrednosti spremembe tlaka relativno majhne. Najnižji zvočni tlak, ki ga v območju slišnih frekvenc še lahko zaznamo, znaša 0,00002 Pa (Pascal) oz. 20 µPa (mikro Pascal) in ga imenujemo **meja slišnosti** zvoka. Najvišja vrednost, ki jo uho še lahko prenese, je 20 Pa in jo imenujemo **bolečinska meja**.

Intenziteta in jakost zvoka (glasnost)

Osnovni sprejemnik zvoka je naše uho, ki zaznava zvok le pri zadostnem zvočnem tlaku in ustrezni zvočni frekvenci. Zaznavanje jakosti (glasnosti) zvoka ni linearno glede na vrednost zvočnega tlaka, temveč logaritemsko. Ta lastnost ušesu omogoča veliko razmerje med zvočnimi tlaki, ki jih zaznava. Zaradi logaritemske občutljivosti ušesa in velike dinamike zvočnega tlaka se jakost zvoka najpogosteje podaja v dB (decibel), pri čemer je meja slišnosti

enaka 0 dB, bolečinska meja pa je pri +120 dB. Za primerjavo si pogledjmo glasnost nekaterih znanih izvorov zvoka, merjeno na razdalji 1 metra od izvora:

Elektronska sirena moči 1000W	145 dB
Letalski motor	120 dB
Parno kladiivo, velike kovačnice	110 dB
Vlak v tunelu, podzemna železnica	100 dB
Kompresor	90 dB
Vpitje, tovornjak, gost promet	80 dB
Mestni promet, restavracija	70 dB
Sesalnik za prah, pisarna	60 dB
Normalen pogovor, tiha ulica	50 dB
Tihi pogovor, tiha glasba	40 dB
Zvok gledalcev med predstavo	30 dB
Miren vrt na podeželju	20 dB
Selest listja na rahlem vetru	10 dB

V zvezi s frekvenco in jakostjo zvoka je pomembno tudi to, da človeško uho dojema različne frekvence zvoka z različno jakostjo. Na primer zvok s frekvenco 130 Hz dojema »tišje« kot zvok s frekvenco 3000 Hz.

Vrste in dinamika zvoka

- Frekvenčna področja zvoka

Frekvenčno področje zvoka delimo na slišno področje (slišni zvok - od 20 do 20000 Hz), področje pod slišnim zvokom (inzrazvok - pod 20 Hz) in področje nad slišnim zvokom (ultrazvok - nad 20000 Hz).

- Frekvenčni spekter zvoka

o Periodični zvoki

- **Ton** je harmonični zvok ene frekvence, ki ga imenujemo tudi **fizikalni ton**. Fizikalni toni povzročajo ušesu neprijeten občutek, ker to niso lepi glasbeni toni, ki bi v ušesu lepo zveneli – »nimajo barve«. Amplituda zvočnega tlaka določa **jakost** tona, frekvenca pa njegovo **višino**.
- **Zven ali glasbeni ton** je zvok, sestavljen iz osnovne harmonične in višjih harmonskih komponent. Osnovna harmonična frekvenca določa **višino zvena**, višje harmonske komponente, ki so prisotne v zvenu pa njegovo **barvo**. Glasbeniki pravijo, da ima zven tem lepšo barvo, čim več višje harmonskih komponent vsebuje. **MS ali kvalitetne ES za javno alarmiranje oddajajo zvoke v obliki zvenov.**

- **Govor** je zvok, ki ima časovni potek v precejšnji meri podoben naključnemu (aperiodičnemu) signalu, vendar pa vsako črko sestavljajo **specifični formati**, ki so periodični signali znanih frekvenc. **ES za javno alarmiranje omogočajo tudi oddajanje govora.**
- **Aperiodični zvoki**
 - **Pok in udarec** imata zaradi kratkega časovnega trajanja zelo širok frekvenčni spekter, kjer praviloma prevladujejo signali nizkih frekvenc.
 - **Hrup** je aperiodični naključni zvok, s praviloma širokim frekvenčnim spektrom.

Slabljenje intenzitete zvoka pri razširjanju

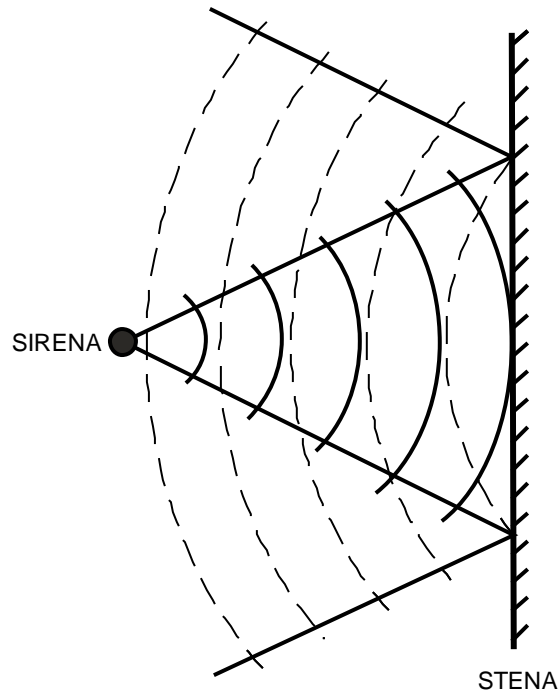
Pri razširjanju zvoka prihaja do slabljenja in izgub, zaradi česar intenziteta zvoka z razdaljo od izvora upada. Naj poudarimo le dva pojavi, zaradi katerih intenziteta zvoka upada:

- Zaradi koncentričnega razširjanja zvoka okoli izvora se njegova intenziteta znižuje s kvadratom razdalje od izvora.
- Zvok se prenaša z nihanjem in trki molekul, pri čemer nastajajo izgube, ki so odvisne zlasti od frekvence zvoka in naraščajo pri višjih frekvencah.

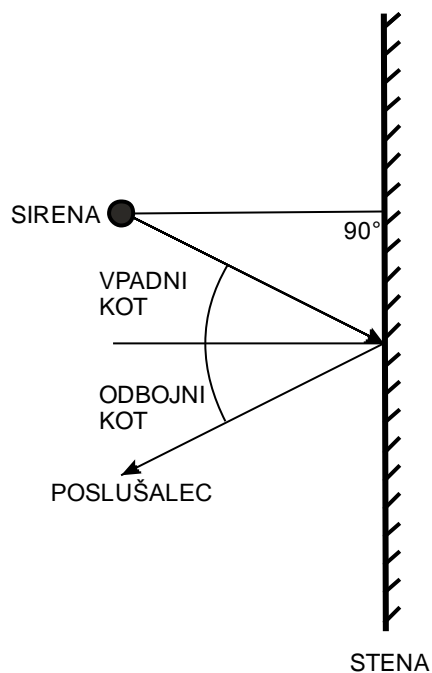
Na razširjanje zvoka vplivajo tudi naslednji dejavniki:

- **Odboj zvoka**

Potujoče valovanje prej ali slej prispe do kraja, kjer se spremeni njegova hitrost, ali kjer se spremeni gostota snovi. Zvok, ki iz zraka vpada na kovinsko ploščo ali betonski zid, se skoraj v celoti odbije nazaj v zrak. Zvok se močno odbija tudi od vodne gladine, zato je v vodi tišina, čeprav je nad gladino hrupno. Poznamo zrcalni odboj zvoka, pri katerem je odbojni kot enak vpadnemu kotu. Poleg tega poznamo tudi difuzni odboj zvoka, pri katerem se valovanje razprši in se širi bolj ali manj enakomerno v vse smeri. Navedeni dejavniki praviloma slabo vplivajo na slišnost sirene, lahko pa se zaradi njihovega vpliva tudi zgodi, da sireno slišimo v kraju, kjer je sicer ne bi.



Odboj zvoka sirene od betonske stene



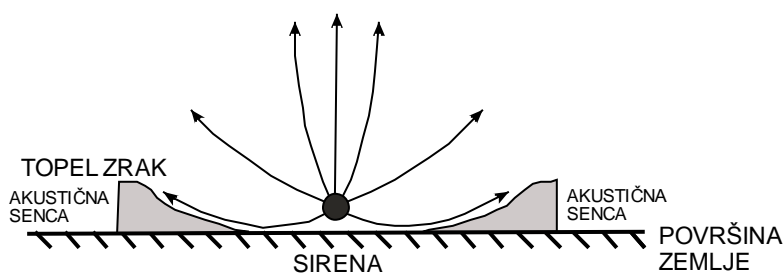
Zrcalni odboj zvoka

- **Lom zvoka**

Zvok se ob prehodu iz ene v drugo snov na meji deloma odbije, preostali del pa vstopa skozi mejo, pri čemer se v večini primerov spremeni smer njegovega širjenja – pravimo, da se valovanje ob prehodu v drugo snov lomi. Lom zvoka lahko zaznamo tudi v ozračju, če se temperatura zraka spreminja z višino. Če temperatura zraka z višino pojema (kot na primer poleti, ko so tla dobro segreta, zrak v višini pa je hladen),

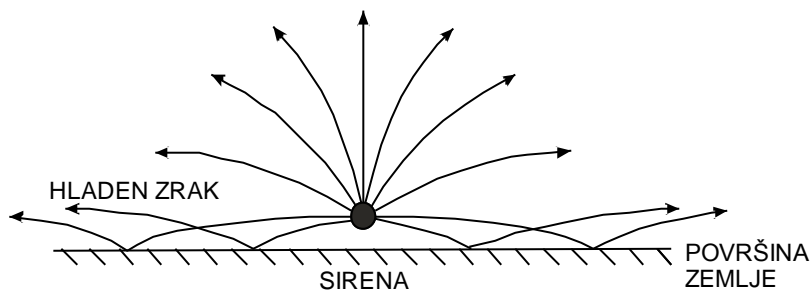
se žarki zvoka lomijo navzgor in ob tleh se pojavljajo območja, ki jih zvok sploh ne doseže – pravimo, da pride do akustične sence. Sireno bo na območju akustične sence slišati slabše ali je sploh ne bo slišati, čeprav razdalja od nje ni tako velika. Drugače je pri temperaturni inverziji, ko se temperatura zraka z višino povečuje (pozimi). Tokrat se žarki zvoka lomijo navzdol in po odboju od tal se spet lomijo navzdol in tako lahko dosežejo tudi oddaljena območja. To povzroča, da je pri temperaturni inverziji zraka dobro slišati sireno na precej oddaljenem mestu, v drugačnih vremenskih razmerah ali v drugem letnem času pa slabo ali sploh ne.

HLADEN ZRAK



Lom zvoka poleti

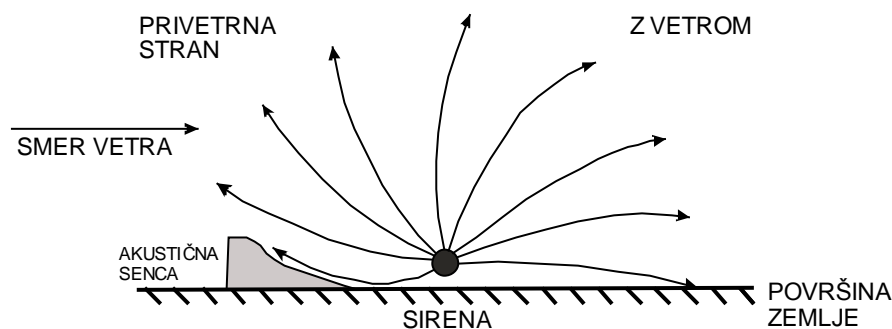
TOPEL ZRAK



Lom zvoka pri temperaturni inverziji (pozimi)

- **Vpliv vetra**

Na razširjanje zvoka in na lomljenje njegovih žarkov vpliva tudi veter. Znano je, da zvok z vetrom potuje daleč, da pa slabo slišimo izvor zvoka na privetni strani. Veter namreč pomika zračne mase. Z njimi se premikajo tudi zgoščine, zaradi česar se valovne fronte krivijo in smer žarkov zvoka se spreminja. Na privetni strani izvora nastane akustična senca, ki jo zvok zaradi vetra ne doseže. Torej je sireno na privetni strani slišati slabo, v smeri vetra pa daleč.



Vpliv vetra na razširjanje zvoka

Zaradi odboja in loma zvoka je razširjanje zvoka sirene močno odvisno od: postavitve sirene same, od konfiguracije terena, preprek na poti med sireno in poslušalcem, dežja, snega, megle itd.

Teorijo razširjanja zvoka lahko razširimo tudi na **stoječe zvočno valovanje, resonatorje, Dopplerjev pojav** itd., kar lahko v določenih razmerah tudi bistveno vpliva na slišnost sirene, vendar bomo na tem mestu omenili samo še, da je **slišnost, ne nazadnje odvisna tudi od »sprejemnika«, torej od slušnih sposobnosti vsakega posameznega človeka.**

S pridobljenim znanjem lahko sedaj razčlenimo podatek o zvočnem tlaku MS, ki smo ga navedli v enem od prejšnjih poglavij, to je **103 dBA/30 m**. To je podatek, ki se običajno podaja za sirene za javno alarmiranje in pomeni, da je na razdalji 30 metrov od sirene zvočni tlak zvoka, ki ga sirena oddaja 103 dB. Oznaka A pomeni, da je bila meritev izvedena tako, kot jo dojema človeško uho glede na frekvenco zvoka. Izvedbo takšnih meritev omogočajo ustrezni merilni instrumenti. Ker ni navedeno, da gre za podatek o zvočnem tlaku v določeni smeri, vemo, da gre za krožno razširjanje zvoka okoli sirene.

Pri branju podatkov o zvočnem tlaku za sirene pa je treba biti previden, kajti nekateri proizvajalci zapišejo podatek pri oddaljenosti 1 metra od sirene, kar je bistveno večji zvočni tlak. Najdemo lahko tudi proizvajalce, ki sploh ne napišejo, za katero razdaljo od sirene velja podatek o njenem zvočnem tlaku.

Ker so v preteklosti v Sloveniji obstajale predvsem motorne sirene (MS), katerih zvok je zelo karakterističen in so ga bili ljudje navajeni, jemljemo ta tip sirene kot referenčno sireno in tudi večina proizvajalcev siren se trudi, da bi zvok njihove elektronske sirene (ES) čim bolj približali zvoku MS. Znano je, da je za polni zagon elektromotorja pri MS potreben določen čas in prav tako je potreben določen čas za popolno ustavitev sirene. V tem času se frekvenca pri MS spreminja in nekateri ljudje slišijo sireno bolje v času zagona in pojemka kot takrat, ko deluje pri polnih obratih.

Slovenskima proizvajalcema ES približevanje zvoka motorni sireni ni uspela, saj je bil zvok teh siren skorajda fizikalni ton. Zaradi tega je bilo kar precej pritožb prebivalstva in še posebno gasilcev, da sirene ni slišati. Po določenem času, ko so se ljudje navadili na ta zvok pa pritožb ni bilo več.

Čeprav je zvok novih ES zelo dober približek zvoku MS, se dogaja enako. Ko se MS zamenja z novo ES, te na začetku »ni slišati« in zanimivo, tudi če se staro ES zamenja z novo ES, nove »ni slišati«. S časom, po nekaj proženjih pa se slišnost čudežno uredi sama od sebe.

To potrjuje dejstvo, da je poleg vseh dejavnikov, ki fizikalno vplivajo na razširjanje zvoka, pomemben tudi ta, da imamo ljudje zvok določene sirene »vpisan v možganih« in da tudi ta dejavnik vpliva na slišnost sirene. Ko naši možgani po nekaj proženjih nove ES »pozabijo« na zvok prejšnje sirene, se slišnost nove sirene izboljša.

Viri in literatura:

Tavčar, B. 2001, Sistem javnega alarmiranja

Podberšič, M., 2004. Slovene operational system of warnings

IT 100 d.o.o., 2006. Študija prevzema javnega alarmiranja na lokalnem nivoju

Podberšič, M., UJMA 2007. Prevzem in prenova sistema javnega alarmiranja na lokalni ravni

Podberšič, M., UJMA 2008. Sistem javnega alarmiranja z detekcijo na plazu Kropa

Podberšič, M., UJMA 2009. Prevzem sistema javnega alarmiranja na lokalni ravni in prenova mobilnih siren

TDI d.o.o., Arhiv od 2007 do 2013

NADALJEVANJE PRIHODNJIČ:

- NAČRTOVANJE POSTAVITVE SIREN
- DELOVANJE ELEKTRONSKE SIRENE
- MOBILNI SIJA
- DMR RADIJSKI SISTEM V SIJA
