

# OHAR TEKNIKOA

## Sonoritate txikiko errodadura-geruzak



EUSKO JAURLARITZA



GOBIERNO VASCO

LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA  
ETA GARRAIO SAILA

DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN  
TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTE

# OHAR TEKNIKOA

## Sonoritate txikiko errodadura-geruzak

EUSKO JAURLARITZA



GOBIERNO VASCO

LURRALDE PLANGINTZA,  
ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA  
Azpiegitura eta Garraio Sailburuordetza  
Garraio Plangintzaren Zuzendaritza

DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN  
TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES  
Viceconsejería de Infraestructuras y Transportes  
Dirección de Planificación del Transporte

Vitoria-Gasteiz 2024ko apirila



## AURKIBIDEA

1.	SARRERA.....	1
2.	ZARATAREN ARAZOA.....	2
3.	EUROPAKO, ESTATUKO ETA AUTONOMIA ERKIDEGOKO LEGERIA.....	5
4.	ZARATA-MAPA ESTRATEGIKOAK (ZME) ETA ZARATAREN AURKAKO EKINTZA-PLANAK (ZEP).....	7
5.	ERREPIDEKO TRAFIKOAREN ONDORIOZKO ZARATA.....	13
6.	ZARATA NEURTZEA.....	16
7.	ERRODADURA-ZARATA SORTZEA.....	21
8.	ERRODADURA-GERUZAK. MOTAK.....	22
9.	ERRODADURA-ZARATAREN MURRIZKETAN ERAGINA DUTEN NAHASTE BITUMINOSOEN PARAMETROAK .....	23
10.	SONORITATE TXIKIKO ERRODADURA-GERUZAK.....	24
11.	LABURPENA ETA GOMENDIOAK .....	35
1.	ERANSKINA – ERRENTAGARRITASUN-AZTERKETAK .....	37
2.	ERANSKINA – GERUZA BIKOITZEKO NAHASTE DRAINATZAILEAK GIPUZKOAN.....	44



## 1. SARRERA

Europako Ingurumen Agentziaren arabera<sup>1</sup>, kutsadura akustikoa gero eta larriagoa da: “Zarataren ondorio kaltegarriak agertzen dira eraginpean dauden herrien bizi-kalitatean, haurrek ikastetxeetan modu egokian ikasteko duten ahalmenean, osasunean, lurreko eta uretako faunaren banaketan eta kutsadura akustikoa murrizteko gizarteak ordaindu behar duen prezio ekonomiko altuan”. Txosten horren arabera, Europar Batasuneko biztanleriaren gutxienez % 20 osasunarentzat kaltegarriak diren maila akustikoen eraginpean dago egunean zehar: 55 dB-etik gora; % 15, berriz, maila altuen eraginpean dago gauez: > 50 dB.

Kutsadura akustikoa murriztea EBko ingurumen-helburu estrategiko nagusietakoa bihurtu da, Ingurumen Jarduketan Zazpigarren Programan eta Ingurumen Zaratari buruzko Zuzentarauan azaltzen denaren arabera. EBk asmo handiko helburu batzuk ezarri ditu zarata murrizteko. Hala, % 30eko murrizketa ezarri du zaratagatik eragozpen kronikoak dituen biztanleriaren portzentajearen 2030erako, 2021arekiko. Helburu horiek lortzeko plan nazionalak egiten ari dira, eta, ondorioz, ahalegin handia egiten ari dira inpaktu hori murrizten laguntzeko eta, horrela, eraginpeko pertsonen bizi-kalitatea eta osasuna hobetzeko.

Errepideak dira zarata-kutsaduraren arrazoi nagusia, errepideetatik zirkulatzen duten ibilgailuen kopuruagatik eta sareen hedaturagatik. Zirkulazioaren zarata honako hauek sortutakoa da: ibilgailuaren elementu mekanikoak (motorraren zarata gisa sinplifikatzen da), eta pneumatikoen eta zoladuraren arteko interakzioak (errodadura-zarata deritzo).

Zirkulazio-abiadura ertain eta handietarako, errodadura-zarata motorraren zaratari nagusitzen zaio, eta sonoritate txikiko errodadura-geruzak erabiltzeak zirkulazio-zarata nabarmen murriztu dezake. Hala ere, ez dago agindu edo jarraibide teknikorik Espainian erabiltzen diren errodaduren zarata-mailari buruz, ezta soinu txikiko errodaduretarako proposamenik ere.

Europako helburuak betetzeko idazten ari diren ekintza-planetan, sonoritate txikiko errodadurek zeregin garrantzitsua izan dezakete zarata murrizteko, neurri bakar gisa nahiz beste neurri batzuen osagarri gisa.

Dokumentu honen bidez, sonoritate txikiko zoladurei buruzko ezagupenen egoera hedatzen lagundu nahi du Eusko Jaurlaritzako Bide-zoruen Mahaiak. Horretarako, aditzera ematen ditu errodaduraren zarata murrizteko oinarritzko printzipioak eta soinu gutxiko zoladuren eraginkortasuna ebaluatzeko metodoak.

Zarata-mapak garatzen dituzten edo jarduketa-planak egiten dituzten teknikarien lana erraztu nahi da. Horretarako, haien eskura jartzen da Euskal Autonomia Erkidegoan erabiltzen diren errodadura-geruzen soinu-mailari buruzko informazioa, haien zeregina erraztearren.

Era berean, Euskal Autonomia Erkidegoan nahaste bituminoso bereziekin eraikitako tarteen emaitzak jakinarazi nahi dira, oso eraginkorrak izan baitira errodadura-zarataren maila murrizteko.

<sup>1</sup> “Environment Noise in Europe 2020”, European Environment Agency; 2020



## 2. ZARATAREN ARAZOA

Zarataren definiziorik orokorra hau da: “jasotzen duenak nahi ez duen soinua”. Definizio horrek zarataren izaera subjektiboa nabarmentzen du.

Zaratak kutsadura akustikoa sortzen du, halakotzat ulertuta giroan zaratak edo bibrazioak egotea, eta zarata edo bibrazio horiek eragozpena, arriskua edo kaltea eragitea pertsonei, jardueren garapenari nahiz edozein motatako ondasunei, edo kalte nabarmenak eragitea ingurumenari. Igorle akustikoa da kutsadura akustikoa sortzen duen edozein jarduera, azpiegitura, ekipo, makineria edo portaera. Zarata iturriari zuzenean lotutako kutsadura da, eta iturria aktibo ez dagoenean desagertzen da.

Kutsadura akustikoa eragiten duten jarduera asko daude, baina giroko zarataren foku nagusiak garraio-moduak eta, bereziki, errepidea dira. Osasunaren Mundu Erakundearen arabera<sup>2</sup> (OME edo WHO, ingelesezko sigletan), zarata, eta, bereziki, garraioak eragindakoa, bigarren tokian dago Europako ingurumenarekiko mehatxuen artean, airearen kutsaduraren ondoren.

Garraibideek sortutako zarata-mailak, oro har, entzumenari kalte biologikoak eragiteko baxuegiak badira ere, hura denbora luzez eraginpean badago eta soinu-maila jakin batzuk gainditzen badira, gizakiarengan ondorio negatiboak sor daitezke<sup>2</sup>, hala nola:

- Eragozpen handiak: halakotzat hartuta sentimendu negatiboak, hala nola gogobetetze-falta, deserosotasuna, sumindura edo bestelako asaldura orokorrak.
- Loaren asaldurak: loak erraztu egiten ditu gure gorputzaren bizi-funtzioak, eta zaratak eragotzi egiten du haren jarraitutasuna eta murriztu egiten du haren denbora eraginkorra. Horrek ondorioak izan ditzake buru-argitasunean, laneko errendimenduan eta bizi-kalitatean, eta aldaketak eragin ditzake metabolismoan eta apetituaren erregulazioan, oroimena sendotzea eragotzi dezake eta odol-hodietan disfuntzioak eragin ditzake. Epe luzez eraginpean egoteak sistema kardiobaskularrari eragin diezaioke.
- Sistema metaboliko eta kardiobaskularrei eragindako kalteak: organismoan erreakzio psikologiko eta emozionalak aktibatzen ditu zarataren eraginpean egoteak, eta horrek presio baskularra areagotzen du eta aldaketak eragiten ditu bihotz-maiztasunean. Tentsioa igotzeak hormonak behar ez bezala askatzea eragiten du. Efektu kronikoen hilkortasun goiztiarra eragin dezakete.
- Eragozpen kognitiboak haurrengan: ikasgeletako zaratak hainbat akats eragiten ditu; besteak beste, motibazioa eta kontzentrazioa murriztea eta hizkuntza entzuteko eta ulertzeko eragozpenak izatea. Eskolan zarataren eraginpean dauden hurrek irakurmen, oroimen eta etekin okerragoa izan dezakete.

Duela gutxi iradoki da zarata faktore bat izan daitekeela bularreko minbizi-mota batzuetan eta arnas gaixotasunetan, eta eragina izan dezakeela osasun mentalean eta, bereziki, depresioan eta antsietatean.

<sup>2</sup> Burden of disease from environmental noise, WHO y JRC, 2011



Zaratak faunari ere eragiten dio, eta haren ondorioak aldatu egiten dira espezieen arabera.

Neurri egokiak hartzen ez badira, zarataren ondorioak denborarekin larriagotu daitezke, trafikoaren eta etxebizitza-eraikuntzaren goranzko joeragatik; lehenengoak zarataren maila handituko baitu, eta bigarrenak eraginpeko pertsonen kopurua.

OMEk, zaratak osasunean duen eraginari buruzko azterketetan oinarrituta, gomendatzen du zarata-mailak iturriaren mende dauden atalase batzuetatik behera murriztea.

### 1. taula - OMEren gomendioak zarata-atalaseetarako

Arloa	Zarata egunez, arratsaldez eta gauzez ( $L_{den}$ )	Zarata gauzez ( $L_n$ )
<b>Errepidea</b>	53	45
<b>Trenbidea</b>	54	44
<b>Abiazioa</b>	45	40

Ingurumen Zaratari buruzko Europako Zuzentaraua (END: Environmental Noise Directive) betetzeko Europako herrialdeak biltzen ari diren zarata-mapetan jasotako datuetan oinarritzen dira Europako eraginpeko biztanleriari buruzko kalkuluak. Datu horietan,  $L_{den}$  zaratarako 55 dB eta  $L_n$  zaratarako 50 dB baino gehiagoko mailak jasaten dituen biztanleria soilik sartzen da. Bestalde, bide- eta trenbide-arteria nagusietatik edo hiri nagusietatik kanpoko eremuak daude, herrialdeek jasotako datuetan sartu gabe, eta haiek ere ingurumen-zarata handien pean egon daitezke. Horregatik, datu horietatik abiatutako kalkuluak ematen dituzten zifrak benetan eragindako biztanleriari dagozkionak baino txikiagoak dira.

Kalkuluen arabera<sup>3</sup>, Europako 447 milioi biztanleetatik (E-27) 167 milioik gainditzen zituzten OMEk errepide-trafikorako gomendatutako atalaseak, 36 milioik trenbiderako gomendatutakoak eta 15 milioik aire-trafikorako gomendatutakoak.

Eragin handienak, jakina, hiriguneei dagozkie. Inpaktu handiena duten hiri-esparrutik kanpoko bideak dira garraio-korridore nagusiak igarotzen direnak.

Ez dute osasunean eragina jasotzen adierazitako atalaseetatik gorako zarata-mailak jasaten dituzten pertsona guztiak. Osasunean eragina jasaten duten pertsonen<sup>2</sup> kopuru estimatua 2. taulan jasotakoa da.

<sup>3</sup>Report from the Commission to the European parliament and the Council on the implementation of the Environmental Noise Directive in accordance with Article 11 of Directive 2002/49/EC, 2023



## 2. taula - Zaratak osasunean eragiten dien pertsonen kopurua Europan

Arloa	Eragozpenak	Loaren asaldurak	Bihotzeko gaixotasun iskemikoak	Hilkortasun goiztiarra
<b>Errepidea</b>	14.440.000	3.700.000	33.600	8.900
<b>Trenbidea</b>	3.100.000	1.600.000	5.600	1.500
<b>Abiazioa</b>	900.000	200.000	2.000	200
<b>Guztira</b>	<b>18.400.500</b>	<b>5.500.000</b>	<b>41.200</b>	<b>10.600</b>

Zaratak inpaktu ekonomikoa ere badu, eta inpaktu hori ebalua daiteke gaixotasunen kostuagatik edo eragindakoak errendimendu osoan ez dauden egunengatik. Europako Ingurumen Agentziak<sup>4</sup> 35.000 milioi euroko kostua aurreikusten du eragozpenengatik, 34.000 milioi euro loaren asaldurengatik, 12.000 milioi euro bihotzeko gaixotasunengatik eta 5 milioi euro haurren eragozpen kognitiboengatik, zarataren jatorri guztietarako.

Balio ekonomikoa esleia dakieke, orobat, zaratak eragindako etxebizitzaren balio-galerari, galdutako lanegunei eta lurra erabiltzeko aukera txikiagoei.

Ingurumen Zaratari buruzko Europako Zuzentarauak zenbait indize akustiko zehazten ditu, eta indize horiek ISO 1996-2 arauan normalizatuta daude. Indize batzuetan, zarata sortzen den eguneko ordua bereizten da: eguneko zarataren indizea ( $L_d$ ); arratsaldeko zarataren indizea ( $L_e$ ); gaualdiko zarataren indizea ( $L_n$ ). Espainian, honako ordu-aldi hauek kontsideratzen dira:

- Eguna: 07:00-19:00 (12 h)
- Arratsaldea: 19:00-23:00 (4 h)
- Gaua: 23:00-07:00 (8 h)

Eguneko, arratsaldeko eta gaueko zarataren indize konbinatuan ( $L_{den}$ ) gaueko eta arratsaldeko neurriak zigortzen dira, batez besteko mailari 10 dB eta 5 dB gehituta, hurrenez hurren. Igoera horrek dakarren zigorra ezartzen da aldi horietan pertsonak zaratarekiko duten sentikortasun handiagoa kontuan izateko.

$L_{den}$ ,  $L_d$ ,  $L_e$  eta  $L_n$  indizeek soinu-presioari dagokion epe luzerako batez besteko maila haztatuari egiten diote erreferentzia. Epe hori urtebetekoa izan ohi da.  $LA_{eq} (den,d,e,n)$  ere deitzen zaie.

Batzuetan, adibidez, aireko edo trenbideko trafikoaren kasuan, komeni da, batez besteko mailaren ordean, tren edo aireontzi bakar bat igarotzeari dagokion  $L_{A,max}$  maila maximoa kontuan hartzea.

<sup>4</sup> Environmental noise in Europe, Europako Ingurumen Agentzia, 2020



Espanian arauak mugatzeko edo helburuak zehazteko  $L_d$ ,  $L_e$ ,  $L_n$  eta  $L_{A,max}$  adierazleak erabili ohi dira, baina Europako zarata-mapek  $L_{den}$  adierazleak ere eskatzen dituzte.

Europako Batzordeari bidaltzen zaizkion zarata-mapa estrategikoek kanpoko ingurumen-zarata soilik hartzen dute kontuan, hau da, esposizio handieneko fatxadei eragiten dien soinua. Estatuko eta EAeko arauak atalase onargarriak dituzte, bai kanpoko zaratarentzat, bai etxebizitzaren barrualdearentzat. Estimazioen arabera, leihoak irekita, barrualdeko zarata gutxienez 10 dB txikiagoa da kanpoaldekoa baino, 15 dB txikiagoa erdi-irekita badaude eta 25 dB txikiagoa itxita badaude.

### 3. EUROPAKO, ESTATUKO ETA AUTONOMIA ERKIDEGOKO LEGERIA

#### 3.1 Europako legeria

2002ko ekainaren 25ean, Europako Parlamentuak eta Kontseiluak onartu zuten 2002/49/EE Europako Zuzentaraua (END), Ingurumen Zarataren Ebaluazioari eta Kudeaketari buruzkoa. Zuzentarauaren helburua zen "ikuspegi komun bat ezartzea, lehentasunez ondorio kaltegarriak saihestu, prebenitu edo murrizteko, ingurumen-zarataren eraginpean egoteak dakartzan eragozpenak barne".

Horretarako, beharrezkotzat ezartzen zen estatu kideek:

- Zarata-mapa estrategikoak egitea, ingurumen-zaratarekiko esposizioa zehazteko ebaluazio-metodo komunaren arabera.
- Ingurumen-zarataren eta haren ondorioei buruzko informazioa herritarren eskura jartzea.
- Zarata-mapa estrategikoetatik abiatuta, estatuak ekintza-planak ezartzea, beharrezkoa zenean ingurumen-zarata prebenitzeko eta murrizteko; bereziki, esposizio-mailek giza osasunean ondorio kaltegarriak izan zitzaizketenean. Ingurunearen kalitate akustikoari ere eutsi behar zioten, kalitate hori egokia zenean.

Zarata-mapa estrategikoak errepide, trenbide, aireportu eta hiri nagusietarako egin behar dira, eta eraginpean dauden pertsonen kopuruari buruzko datua ere jaso behar dute.

Sartu beharreko eremuen definizioak trafikoa edo biztanle-kopurua hartzen du kontuan. Gaur egun, mapak prestatzen ari dira 100.000 biztanletik gorako hirietarako, urtean 3 milioi ibilgailu baino gehiago dituzten errepideetarako eta urtean 30.000 tren baino gehiago dituzten trenbideetarako. Zaratatik babestu beharreko zenbait eremu akustiko ere ebaluatzen dira.

Zuzentarauak ez du gehieneko zarata-atalaserik ezartzen, baina eskatzen du zarata-mapa estrategikoetan 55 dB  $L_{den}$  eta 50 dB  $L_n$  baino soinu-maila altuagoko eremuak sartzera, 5 dB-eko tartetan berezita. Herrialdeek mapa estrategikoen atalaseekin bat ez datozen mugak edo helburuak dituzten araudiak izan ditzakete.

Zarata-mapa estrategikoak 2007an aurkeztu zitzaizkion lehen aldiz Europako Batzordeari, eta ordutik 5 urtean behin egiten ari dira. Gaur egun laugarren fasean daude, eta fase hori 2024ko uztailean amaitzea aurreikusita dago.





Duela gutxi, END zuzentarauaren aldaketak argitaratu dira, helburu hauek lortzeko:

- Osasunaren gaineko ondorio kaltegarriak ebaluatzeko metodoak harmonizatzea eta eguneratzea (2020/367/EE Zuzentaraua; III. eranskinari eragiten dio).
- Zuzentaraua aurrerapen zientifikora eta zarataren ebaluaziora egokitzea (2021/1226 Zuzentarau delegatua, II. eranskina aldatuta).

### 3.2 Estatuko legeria

Espanian, MITMAk Europako Zuzentarauaren transposizioa egin zuen azaroaren 17ko 37/2003 Legean, "Zarataren Legea"n (gerora 1513/2005 Errege Dekretuak garatu zuen, zarataren ebaluazioari eta kudeaketari dagokienez, baita 1367/2007 Errege Dekretuak ere, zonifikazio akustikoari, kalitate-helburuei eta emisio akustikoei dagokienez).

Lege horren eta berori garatzen duten errege-dekretuen irismena eta edukia Zuzentarauarena baino zabalagoa da. Besteak beste, aurrez zehaztutako eremu akustiko bakoitzerako kalitate akustikoko helburuak ezartzen dira, eraikin jakin batzuen barne-espazioa sartuta; igorle akustikoak erregulatzen dira, eta emisio- edo immisio-balioak finkatzen dira, baita zaratak eta bibrazioak ebaluatzeko prozedurak eta metodoak ere. Urbanizatutako eremuetarako helburuak finkatzen dira, eta zarata-foku berrietarako, berriz, mugak ezartzen dira.

Legeak aipatzen dituen neurketa eta ebaluazio akustiko guztiek Espainiako lurralde osoan indize akustiko homogeneousak aplikatzea onartzen dute, eguneko aldi bakoitzari dagokionez. Mugako balioak, bai immisio akustikoko indizeenak, bai emisio akustikoko indizeenak, Estatuan zehazten dira, baina autonomia-erkidegoek eta udalek muga-balio zorrotzagoak ezar ditzakete Estatuak ezarritakoak baino.

Ondoren, 1371/2007 Errege Dekretua argitaratu zen, Eraikingintzaren Kode Teknikoko "HZ-OD Zarataren kontrako babesa" oinarritzko dokumentua onartzearekin batera, 1675/2008 Errege Dekretuaren xedapen iragankorren aldaketekin.

2020/367 EBko Zuzentarauaren transposizioa PCM/542/2021 Aginduaren bidez txertatu da, eta 2021/1226 Zuzentarau delegatuarena PCM/80/2022 Aginduaren bidez.

### 3.3 Euskal Autonomia Erkidegoko legeria

Euskal Autonomia Erkidegoan urriaren 16ko 213/2012 Dekretua, hots-kutsadurari buruzkoa, sartu zen indarrean, eta Estatuko araudiarekiko zenbait aldaketa sartuta. Aldaketa horien artean, nabarmentzekoa da zarata-mapak egitera behartutako subjektuekiko eskakizunak areagotu izana.

Adibidez, Estatuko legean, 100.000 biztanletik gorako udalek egin behar dituzte zarata-mapak; Euskal Autonomia Erkidegoan, berriz, 10.000 biztanletik gorakoek. Era berean, Estatuko legean zarata-mapa estrategikoak egiteko beharra dagoen bide-ardatz nagusiak urteko 3 milioi ibilgailutik gorakoak dira (8.220tik gorako EBBI - eguneko batez besteko indizea), eta Euskal Autonomia Erkidegoan, berriz, 6.000 ibilgailutik gorako EBBIkoak. Badira beste aldaketa batzuk ere, kalitate akustikoa egiaztatzeko eskumenei edo ekintza-planetarako eskakizunei eragiten dietenak, adibidez.



Soinu-mugak bat datoz Estatuko eta Euskal Autonomia Erkidegoko legerian, zenbait desberdintasun puntualekin.  $L_d$ ,  $L_e$  eta  $L_n$  mugak dagokion eremu akustikoaren arabera dira. Lehenik dauden eremuetarako helburuak edo garapen berriko eremuetarako mugak finkatzen dira. Esaterako, 3. taulako helburuak lehenik dauden urbanizazioei aplikatzen zaizkie.

### 3. taula - Kalitate akustikoko helburuak EAEn, lehenik dauden eremu urbanizatueterako

Eremu akustikoaren mota		dB(A) zarata-indizeak		
		$L_d$	$L_e$	$L_n$
<b>E</b>	Kutsadura akustikoaren aurkako babes berezia behar duten osasun-, irakaskuntza- eta kultura-erabilerako lurzorua nagusi diren lurraldeko esparruak/sektoreak	60	60	50
<b>A</b>	Bizitegi-erabilerako lurzorua nagusi den lurraldeko esparruak/sektoreak	65	65	55
<b>D</b>	Aurrekoaz bestelako hirugarren sektoreko erabilerako lurzorua nagusi diren lurraldeko esparruak/sektoreak	70	70	65
<b>C</b>	Olgetarako eta ikuskizunetarako erabilerako lurzorua nagusi diren lurraldeko esparruak/sektoreak	73	73	63
<b>B</b>	Industria-erabilerako lurzorua nagusi diren lurraldeko esparruak/sektoreak	75	75	65
<b>F</b>	Garraio-azpiegituren sistema orokorrean edo haiek eskatzen dituzten bestelako ekipamendu publikoari lotutako lurraldeko esparruak/sektoreak	(1)		

(1) Beren eremu-mugan izango dira mugakide duten eremuaren zonifikazio-tipologiari dagozkionak.

Lizentzia behar duten hirigintza-garapen berrietan (etorkizunekoetan) edo hirigintza-erabileren birkalifikazioetan, muga onargarriak 5 dB(A) murrizten dira.

Espazio bizigarrien barruan ere zarata-mugak daude. Adibidez, etxebizitzaren barruan gelak eta logelak bereizten dira, eta zarata-atalasea 20 dB eta 25 dB murrizten da, hurrenez hurren, aurreko taulako bizitegi-erabilerako kanpoko fatxadakoarekin alderatuta.

## 4. ZARATA-MAPA ESTRATEGIKOAK (ZME) ETA ZARATAREN AURKAKO EKINTZA-PLANAK (ZEP)

### 4.1 Zarata-mapa estrategikoak

Zarata-mapa (ZM) zona jakin batean eta une jakin batean dagoen soinu-mailaren banaketaren irudikapen grafikoa da.

Europako Batzordeak zarata-mapa estrategikoak egiteko eta bidaltzeko eskatzen die herrialdeei. Zaratarekiko esposizioari buruzko estimazioak izateko erabiltzen dira, Europako ingurumen-politika egin ahal izateko; herritarrei eta administrazioei tokiko egoerari buruzko informazioa emateko; eta ekintza-planak garatzeko.

Zarata-mapa estrategikoak (ZME) zehazten dira azterketa-eremuetan zaratarekiko esposizioaren ebaluazio globala egiteko, zarata-iturri desberdinak daudelako, edo etorkizuneko egoerak aurreikusteko. Garraio-korridore nagusietarako egiten dira. Eragindako biztanleriari buruzko datuak sartu behar dituzte.



Foru-aldundiek zarata-mapa estrategikoak egiten dituzte Europako Batzordeari bidaltzeko, baita zarata-mapak ere, euskal legeria betetzen den aztertzeko. Horiek guztiek  $L_d$ ,  $L_e$  eta  $L_n$  adierazleak jasotzen dituzte gutxienez, eta mapa estrategikoek  $L_{den}$  adierazlea ere bai.

Euskal Autonomia Erkidegoan, mapa estrategikoak 10.000 biztanletik gorako hirietarako egiten dira, baita errepide nagusietarako, aireportuetarako, trenbideetarako eta industria-zentroetarako ere, eta  $L_{den}$  adierazlea 55 dB-ekoa edo hortik gorakoa eta  $L_n$  adierazlea 50 dB-ekoa edo hortik gorakoa duten eremuak biltzen dituzte. Errepide-garraioko korridore handien zarata-mapa estrategikoak foru-aldundien webguneetan daude argitaratuta, eta hirienak, berriz, haietako bakoitzaren edo foru-aldundien webguneetan.

Laugarren faserako, aldaketak izan dira kalkulu-metodologian eta datuak aurkezteko formatuan, eta zaratak osasunean dituen ondorioei heltzeko eskatzen da.

Datu errealak eskuratzea ezinezkoa izango litzatekeenez, neurketa-kopuruagatik eta urteko batez besteko balioak edukitzeko beharragatik, kalkulu-ereduak erabiltzen dira estimazioak egiteko. Europako legeriaren aldaketak eskatzen du 2019ko urtarrilaren 1etik aurrera CNOSSOS-EU (Common NOise aSSessment methOdS) erabiltzea metodo komun gisa. Hortaz, laugarren faseko zarata-mapak eredu horrekin egin beharko dira, Europako Zuzendarauaren eranskinetan egindako aldaketei jarraituz, era berean.

Zarata-mapak egiteko prozedura zehazten da erreferentzian<sup>5</sup> eta Trantsizio Ekologikorako eta Erronka Demografikorako Ministerioak eta CEDEXek<sup>6</sup> batera argitaratutako oinarritzko gida batean.

CNOSSOS-EUK zarata sortzeko ereduak biltzen ditu errepiderako, trenbiderako, aireko trafikorako eta industriarako. Errepide eta trenbideetan zarata sortzeari buruzko ereduaren zatia hartu zen Europako Harmonoise eta Imagine ikerketa-proiektuetan garatutako lanetatik. Aireko nabigazioan zarata sortzeari dagokion ereduak oinarri hartzen du Europako Abiazio Zibilaren Konferentzian (29) jasotakoa, eta industria-zaratarari dagokionak ISO 9613 araua. Soinua hedatzeko eredu bakarra dago, Frantziako NMPB ereduan oinarritua. Biztanleriaren esposizioari buruzko estimazioak Alemaniako metodologiarenak dira.

CNOSSOS-EU ereduak zarata-iturriak foku puntualtzat hartzen ditu, ondoren fokuari eta hartzailearen arteko hedapen-lerroa lortzeko. Gainera, hedapen-lerro bakoitzerako puntuko puntuko estimazioak sortzen ditu. Garapen hori normalizatutako sareen bidez egiten da aztertzen den lurraldearen barruan.

Errepideko zarataren kasuan, ereduaren sarrera nagusiak dira ibilgailuen urteko trafikoak, trafikoa osatzen duten ibilgailu-motak (lau mota normalizaturen barruan), haien proportzioa guztizkoaren barruan eta zirkulazio-abiadura. Ereduak ibilgailu jakin batek sortzen duen bat-bateko zarata zehazten du, eta ibilgailua motaren eta abiaduraren arabera deskribatzen da. Kalkuluak ibilgailu-mota bakoitzeko zenbait abiaduratarako errepikatzen dira.

Bi eredu matematiko daude, bata errodadura-zaratarako eta bestea motorrerako. Lehenengoa kontuan hartutako abiaduraren eta erreferentziako abiaduraren arteko

<sup>5</sup> Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU), EU y JRC, 2012

<sup>6</sup> European zarata ebaluatze metodo komunak aplikatzeko gomendioen oinarritzko gida (CNOSSOS-EU). Iturri industrialen, errepideen, trenbideen eta aglomerazioen zarataren ebaluazioan aplikatzeko gomendioak



erlazioaren logaritmoaren funtzioa da, eta bigarrena kontuan hartutako abiaduraren mende dago linealki.

Trafikoa EBBI gisa adierazten da ibilgailu-motaren eta eguneko aldiaren arabera (eguna, arratsaldea, gaua).

Ereduen erreferentzia-baldintzak honako hauek dira:

- Abiadura konstantea.
- Errepide horizontala, maldarik gabea.
- Temperatura: 20 °C.
- Erreferentziako errodadura-geruza, honako hauek konbinatzen dituen: AC 11 trinko baten soinu-ezaugarriak (DAC 0/11 modeloan) SMA 11 batekin (2 eta 7 urte bitartekoa), eta mantentze-egoera konbentzionala.
- Galtzada lehorra.

Konfigurazio horretatik abiatuta, zuzenketa-faktoreak aplikatzen zaizkio zarata-mota hauei: azelerazioaren, tenperaturaren eta zoladura-motaren ondoriozko errodadura-zarata eta azelerazioaren, aldaparen eta zoladura-motaren (xurgapen akustikoa) ondoriozko motor-zarata.

Sarrera osagarriak kontuan har daitezke, hala nola errodadura-gainazalaren mota eta haren adina, tartearen luzetarako malda, meteorologia eta balaztatze- eta azelerazio-mugimenduak.

Metodoan erabiltzen diren beste sarrera batzuk dira lursail mota, eraikinen dimentsioak eta kokapena, eta zubibideen eta segurtasun-hesien kokapena. Horiek eragiten dute kalkulatu beharreko eremuaren zabaltasunean.

Zoladura-motaren arabeko zuzenketa-faktoreak (14 mota) Herbehereetako kalkulu-metodotik hartu dira, eta Espainian erabiltzen direnekin bat ez datozen errodadura-geruzei dagozkie. Argitaratutako taula batean korrelazioan jartzen dira Herbehereetako errodadurak Alemanian, Austrian, Frantzia, UKn eta herrialde eskandinaviarretan definitzen direnekin, baina metodoaren gidan eta taula gehigarrian jasotako informazioak ez dira nahikoak Espainian erabiltzen diren errodadura guztien koefizienteak ondorioztatzeko. 4. taulan CNOSSOS-EU ereduko errodadura batzuk Espainiako errodaduren parekoak izan daitezke. Ez dira sartu hormigoizko zoladurei (NL06, NL07 eta NL08) edo galtzada-harriari (NL10, NL11 eta NL12) dagozkienak.

#### 4. taula - CNOSSOS-EU ereduko zoladura-motaren arabeko zuzenketa-faktoreak

Zoladura-mota		Ardatzaren potentzia akustikoaren aldakuntza, dB(A)			
		30 km/h	50 km/h	90 km/h	120 km/h
<b>0</b>	Erreferentziako gainazala (AC/SMA 11)	0	0	0	0
<b>NL01</b>	PA (drainatzailea), 1 geruza	-1,1	-1,2	-2	-2,1
<b>NL02</b>	PA (drainatzailea), 2 geruza	-3,8	-3,9	-3,9	-3,2
<b>NL03</b>	PA (drainatzailea), 2 geruza, goikoa finagoa	-4,7	-5	-4,8	-3,8
<b>NL04</b>	SMA 0/5	-0,5	-0,8	-1,2	-1,2
<b>NL05</b>	SMA 0/8	-0,2	-0,3	-0,6	-0,6



Zoladura-mota		Ardatzaren potentzia akustikoaren aldakuntza, dB(A)			
		30 km/h	50 km/h	90 km/h	120 km/h
NL09	Gainazal-tratamendua	0,6	+1,4	+1,7	+1,5
NL13	A geruza mehea	-1,6	-2	-2,5	-2,2
NL14	B geruza mehea	-2	-2,6	-3,1	-2,7

CNOSSOS-EU ereduak barne hartzen duen errodadura-geruzen definizio honetan, honako hau kontuan hartu behar da:

- Ez dira adierazten geruza drainatzaileen edo meheen gehieneko agregakin-tamainak, eta horiek emaitzetan eragina dute.
- Ez da argitzen geruza meheko nahasteen A eta B sailkapena, baina ondorioztatzen da BBTM A eta BBTM B nahaste bituminoso etenen parekoak izan daitezkeela, hurrenez hurren.
- Ez dira sartzen geruza ultrafineko nahasteak edo hotzeko mikroaglomeratuak.

CNOSSOS metodoaren arabera, herrialde kideek faktore propioak ezarri ahal izango dituzte zoladura-motaren arabera, baldin eta errepidean egindako neurketetatik lortzen badira. Errodadura jakin baterako parametroak zehazteko prozedura erreferentziako 1. eranskinean agertzen da<sup>7</sup>, eta SPB metodoa erabili behar dela adierazten da (ikus dokumentu honen 7.3 atala).

## 4.2 Ekintza-planak. Zarataren kudeaketa

2002/49/EE Zuzentarauak 8. artikuluan ezartzen duenez, estatu kideek ekintza-planak (ZEP) egin behar dituzte, beren lurraldean zaratarekin eta haren ondorioekin lotutako gaiei aurre egiteko, beharrezkoa balitz zarata murriztea barne, bide-ardatz eta trenbide-ardatz nagusietatik, aireportuetatik eta hirietatik hurbil dauden lekuei dagokienez.

Zarata-mapa estrategikoen kasuan bezala, END Zuzentarauak ezartzen du ekintza-planak 5 urtean behin berrikusi eta eguneratu behar direla.

Ekintza-planek informazio hau jaso behar dute, besteak beste:

- Epe luzerako estrategia.
- Agintari eskudunek datozen bost urteetarako aurreikusitako jarduerak, eremu lasaiak babesteko neurriak barne.
- Informazio ekonomikoa (eskuragarri badago): aurrekontuak, kostu-efikazia edo kostu-onura ebaluazioak.
- Ekintza-planaren aplikazioa eta emaitzak ebaluatzeko aurreikusitako xedapenak.

Zarata murrizteko jarduketak hiru mota nagusitan sailka daitezke: emisioak jatorrian murriztu nahi dituztenak, emisio-fokuaren gainean jardunda; eraginpekoek zaratarekin duten esposizioa murriztu nahi dutenak, ibilbidean hedapenaren aurkako elementuak ezarrita; edo hartzailea isolatzekoak.

<sup>7</sup> Develop and Implement Harmonised Noise Assessment Methods Process Applied to Establish CNOSSOS-EU/National Method Equivalence for Road Source data, CIRCAB



Jatorriko jarduketan artean, errodadura-gainazalaren gaineko neurriak eta trafikoan eragiten dutenak nabarmentzen dira.

Errodadura-gainazalari dagokionez, dokumentu honetan jorratzen diren sonoritate txikiko errodadurak erabiltzeaz gain, soinu-irtenguneak ezaba daitezke, errodadura-gainazala erregularizatu, zuloak edo bestelako kalteak ezabatu eta, hala badagokio, egituretako dilatazio-junturak hobetu.

Trafikoan diharduten neurriak honako hauek dira:

- Abiadura nolabait murriztea, hala nola abiadura-mugak seinaleztatuta edo semaforoak edo abiadura murrizteko elementuak instalatuta (trafikoa baretzea).
- Ibilgailuak igarotzeko mugak; neurri hau normalean ibilgailu astunetan zentratzen da, ibilgailu horientzako ordeko ibilbideak erraztuta edo gaueko zirkulazioa mugatuta.
- Turismoen zirkulazioa murriztea prozeduraren baten bidez, hala nola: garraio publikoa hobetzea, bidaiari partekatuak sustatzea edo matrikulen arabera igarotzeko mugak ezartzea.

Abiadura-muga murrizteak, adibidez, soinu-maila proportzio logaritmiko batean murrizten du. Abiadura murriztearen eragina errodadura-motaren araberakoa da, baina adibidez  $L_w = 17 \times \log(v/v_0) \times L_{w0}$  hartuta, abiadura 20 km/h murrizteak soinu-maila 4 dB inguru jaitea dakar. Praktikan, murrizketa txikiagoa da, gehieneko abiadura aldatzeak ez duelako batez besteko abiaduran magnitude bereko aldaketarik eragiten, eta esperimenduetan frogatu da murrizketa eraginkorra 2 dB ingurukoa dela. Neurri horren zuzeneko kostua ia nulua da.

Zirkulazioaren intentsitatea bikoizteak edo erdira murrizteak zarata-maila 3 dB inguru jaisten du, edozein dela ere EBBla.

Azpiegituraren gaineko jarduketak ere egin daitezke, hala nola eragin handiena jasotzen duten eremuetatik zarata urrunduko duten errepide berriak eraikitzea edo parke edo zuhaztiak jarrita urbanizazio berrietan arlo akustikoan jardutea.

Jatorrizko jarduketei gehitu beharko litzaizkieke ibilgailuen edo pneumatikoen diseinuari buruzko balizko neurriak, tokian-tokian hartu ezin direnak. Pneumatiko isilek eta ibilgailuetako aldaketek —bereziki, ibilgailu elektrikoak orokortzeak— hobekuntza bakoitzerako 2-4 dB inguru murriztea ekar dezakete.

5. taulan, zarataren jatorrian jarduketetarako espero den eraginkortasuna erakusten da.

**5. taula - Jarduketa nagusien ondoriozko zarata-murrizketaren eraginkortasun estimatua (dB)**

	Ibilgailua	Pneumatikoa	Abiadura murriztea	Errodadura-gainazala
<b>Egungo soluzioak</b>	1-2	1-2	1-3	1-6
<b>10-15 urtetan espero daitezkeen soluzioak</b>	2-4	2-4	-	6-8
<b>Nork hartzen duen bere gain kostua</b>	Kutsatzen duenak	Kutsatzen duenak	Kutsatzen duenak	Errepide-administrazioak / Gizarteak



Hedapenaren aurkako neurrien artean, nabarmentzekoak dira landare-pantailak edo pantaila akustikoak (xurgatzaileak edo islatzaileak), lurrezko dikeak, estaldura erabatekoak edo partzialak, edo tratamendu xurgatzaileak errepideko elementuetan.

Hesiak, dikeak edo pantailak eraikitzeak oso kostu handia du, eta, kasu askotan, kostu-onura txikia edo negatiboa ere bai. Beste kasu batzuetan ez dira eraginkorrak, adibidez, zarata-iturriaren gainetik altuera jakin batera dauden etxebizitzentzat. Horregatik, garrantzitsua da kostu-onura analisia egitea edo ezarpen-irizpide argiak zehaztea.

Hartzailea isolatzeko neurri nagusiak dira isolamendu akustikoko leihoak jartzea eta eraikina bera isolatzea. Oro har, neurri garestienak izaten dira.

6. taulak neurri nagusietako batzuen ezaugarriak laburbiltzen ditu.

#### 6. taula - Zarataren aurkako neurrien ezaugarri nagusiak

Sonoritate txikiko errodadura-geruzak	Pantailak	Eraikinen intsonorizazioa
Zarataren sorreran dihardu (drainatzaileak izan ezik)	Zarataren hedapenean dihardu	Zaratakat isolatuta dihardu
Zarataren neurrizko murrizketa —normalean 1 eta 6 dB(A) bitartean—	Zarataren murrizketa handia —normalean 7 eta 12 dB(A) bitartean—	Zarataren murrizketa handia —normalean 10 eta 20 dB(A) bitartean—
Ez-intrusiboa	Intrusiboa	Ez-intrusiboa
Ingurumen-zarata murrizten du	Ingurumen-zarata murrizten du, baina iturritik distantzia laburrera	Barruko zarata bakarrik murrizten du. Leihoek itxita egon behar dute
Nahiko merkea	Garestia (elementu gehigarria)	Oso garestia
Zerbitzu-bizitza ertaina	Zerbitzu-bizitza luzea izan daiteke	Zerbitzu-bizitza luzea
Ez da bandalismoarekiko kaltebera	Bandalismoarekiko kaltebera, oro har	Ez da bandalismoarekiko kaltebera
Mantentze-lanak behar ditu	Mantentze-lanak behar ditu	Ez du mantentze-lanik behar

Kasuan kasuko jarduketarik egokienak eremua hiritarra edo hiriartekoa izatearen arabera daude. Hiriguneetan, pantailak ia eraginkortasunik ez dutenean, gehien erabiltzen diren jarduketak hauek dira: errodadura-geruza berritzea sonoritate txikiko errodadurak sartzeko, eta zirkulazioa kudeatzea haren abiadura edo intentsitatea murrizteko; ondoren, isolamendu akustikoko leihoak erabiltzea edo eraikinak isolatzea. Hiriarteko errepideetan, soinu-maila txikiko errodadurak ez ezik, pantailak erabiltzea nagusitzen da.

Egoera bakoitzerako jarduketa edo jarduketa-multzo egokienari buruzko erabakiak hartzean haren kostua izan behar da kontuan, zarata murrizteko kostuak onurengatik justifikatuta dauden estimatu ahal izateko, errepide-administrazioentzat erabilgarri dauden baliabideak mugatzeko esparruaren barruan. Errentagarritasun-azterketa horiek hainbat modutan planteatu daitezke, baina gehien erabiltzen direnek kostua gizarte-onurekin alderatzen dute. Horretarako, onurak adierazten dira “osasun-unitate” gisa —zarataren ondoriozko osasun-jardueren kostua edo herritarrak eragozpenak saihesteko ordaintzeko prest dauden dirua— edo, besterik gabe, eragindako pertsona bakoitzeko zarata-murrizketa zehaztuta —dB-etan—.1. eranskinean, analisi horren garapena azaltzen da modu sinplifikatuan.



EBk finantzaturako Phenomena<sup>8</sup> programak 21 herrialdeko jarduera-planak analizatu zituen, 2019ko eskakizunen arabera idatzitakoak. Hautaketa bat egin zen Europako iparraldeko eta hegoaldeko herrialde handiak eta txikiak modu orekatuan sartzeko, horien artean Espainia zegoela, eta Euskal Autonomia Erkidegoko jarduketa-planak barne hartzen zituen.

7. taula - Phenomena proiektuak 21 herrialdetan detektatutako jarduketa-motak

Jarduketa-mota	Guztizkoaren gaineko proportzioa	Jarduketak
<b>Iturria</b>	% 34	% 65: Sonoritate txikiko errodadurak % 35: Trafikoaren kudeaketa
<b>Hedapena/isolamendua</b>	% 48	% 64: Pantailak edo hesiak % 28: Eraikinen isolamendua % 8: Eraikinen diseinua
<b>Hirigintza-plangintza eta azpiegitura-aldaketa</b>	% 13	% 64: Lurzorua erabiltzeko planak % 36: Azpiegitura berriak, edo daudenak ixtea
<b>Bestelako neurriak</b>	% 4	% 100: Eremu lasaien erabilgarritasuna
<b>Herritarren hezkuntza eta alerta</b>	% 1	Herritarren alerta areagotzea Jasangarritasuna sustatzea

Bestalde, Euskal Autonomia Erkidegoan errepide nagusietarako hirugarren fasean garatutako ekintza-planetan, pantaila akustikoak aplikatzeari, trazadura-aldaketei eta eraikinen isolamenduari buruzkoak dira, oro har, proposatutako jarduketak. Neurri horiekin batera, eraginpeko tarteetako errodadura-geruzetan jarduketak gauzatu ohi dira, nahiz eta ekintza-planetan berariaz ez agertu.

Europar egindako jarduketan eraginkortasunari buruzko azterketen emaitzen arabera, zarataren jatorriarekin lotutako neurriehi lehentasuna ematea gomendatzen da, hesien edo fatxaden isolamenduaren aurrean. Horren ondorioz, Europako Batzordeak adierazi du zarata jatorrian murriztea lehenetsiko duela, bereziki zentratuta pneumatiko isilagoak eta sonoritate txikiko errodadurak erabiltzean eta trafikoaren zirkulazio-abiadura murriztean. Sonoritate txikiko zoladurak, oro har, emaitzarik onenak izaten dituzte kostu-onura erlazioari dagokionez.

## 5. ERREPIDEKO TRAFIKOAREN ONDORIOZKO ZARATA

### 5.1 Ibilgailuaren eta errodaduraren zarata

Errepideetan, zarata sortzea baldintzatzen dute, batez ere, ibilgailuen kopuruak, motak eta abiadurak eta errodadura-geruzaren ezaugarriak. Beste faktore batzuek ere esku hartzen dute, hala nola ibilgailuen azelerazio eta dezelerazioek edo errodaduran ura egoteak. Sortutako zarataren transmisioari eragiten diote eremuaren topografiak, lursail-motak, eraikin edo oztopoen presentziak, baldintza atmosferikoek eta errodadura-geruzaren motak.

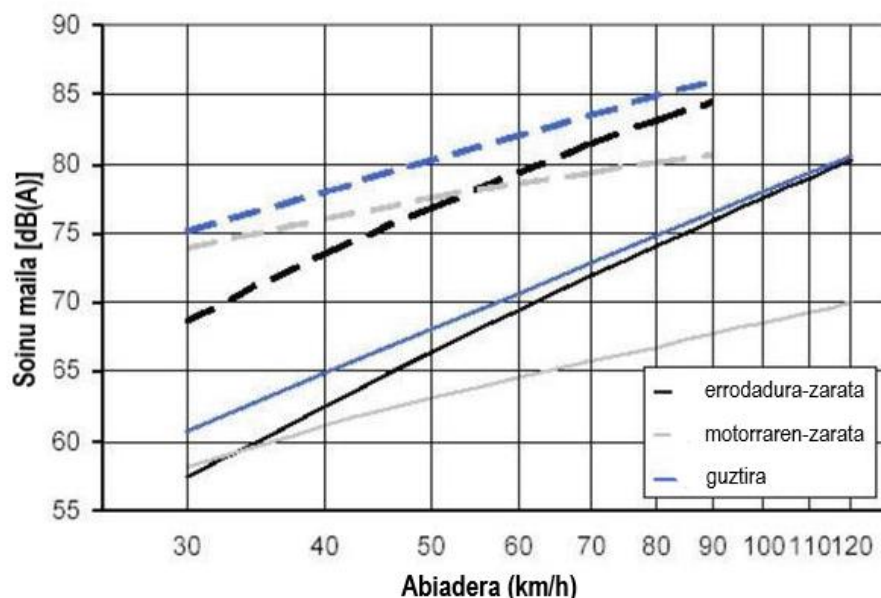
<sup>8</sup> Assessment of Potential Health Benefits of Noise Abatement Measures in the EU: Phenomena Project, Tecnalia/UAB/VVA/TNO/ANOTEC, 2021



Ibilgailuek sortzen duten zaratan, ibilgailuak berak egiten duena eta errodadurak sortzen duena bereizten dira. Efektu aerodinamikoek, zirkulazio-bideetan izaten diren abiadura neurridunetarako (120 km/h-tik beherakoak) eta baxuetarako, ez dute kontuan hartzeko moduko ondorioak.

Ibilgailuaren beraren zarata osatzen dute motorraren zaratak, transmisioarenak, haizagailuarenak, ihes-hodiarenak, txaparenak eta ibilgailuaren propulzioan laguntzen duten beste elementu batzuenak. Errodadura-zarata pneumatikoen eta zoladuraren gainazalaren arteko interakzioaren ondorio da. Haietako bakoitzaren ezaugarriak, aldi berean, ibilgailu-motaren arabera dira: motozikletak, turismoak, bi ardatz edo gehiagoko astunak, atoiak, etab. Zarata buruzko azterketa sinpleenak gutxienez turismoak eta ibilgailu astunak bereizten dituzte, eta CNOSSOS-EU ereduak, berriz, honako hauek kontuan hartzen ditu: turismoak, kamioi arinak, pisu handiko kamioiak, ziklomotorrak edo motozikletak, eta azken kategoria bat, irekia, ibilgailu berezientzat.

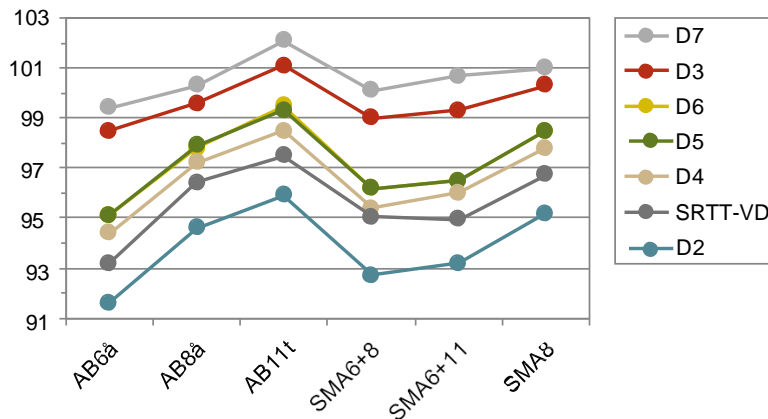
Zarataren magnitudea ibilgailuaren abiaduraren arabera da. Motorraren zarata modu linealean areagotzen da abiadurarekin, eta errodadura-zarata, berriz, modu logaritmikoan. Abiadurak motorraren edo errodaduraren zarata nola eragiten dion ikusita, turismoetan 35 km/h-tik aurrera da nagusi errodadura-zarata, eta kamioietan, berriz, 60 km/h-tik aurrera. Hortaz, errodadura-zaratak eta errodadura-gainazalak eragin handiagoa dute eremu irekiko autobietan eta autobideetan, zirkulazio-abiadura 55-60 km/h-tik gorakoa denean, eta hiri barruko edo hiri inguruko errepideetan, 35-40 km/h-tik gorakoa denean. Motorraren zarata abiadura txikietan da nagusi. Auto elektrikoetan propulzio-zarata oso txikia da, eta haietaz errodadura-zarata da nagusi egoera guztietan. Motozikleten kasuan, motorraren zarata da beti nagusi.



1. irudia: Errodaduraren eta motorraren zarata zirkulazio-abiaduraren arabera. Linea etenak turismoetarako dira, eta jarraituak ibilgailu astunetarako (iturria: Dijkink eta Keulen 2004)

## 5.2 Pneumatikoak

Pneumatiko motak, eta bereziki haien errodadura-bandaren ezaugarriek, eragina dute zarata sortzean. Irukiaren adibidean<sup>9</sup>, zarataren emaitzak ikus daitezke, 6 errodadura desberdinetan neurtuta, 7 pneumatiko-motarekin. Zoladura bererako 6 eta 8 dB arteko aldeak lortzen dira pneumatikoaren arabera. Halaber, agerian uzten da sortutako zarataren araberrako errodaduren sailkapena beti berdina dela.



2. irudia: Pneumatiko-mota desberdinek sortutako zarata.

## 5.3 Turismoaren eta kamioien zarata

Bai ibilgailuaren zarata, bai errodadura-aren, oso desberdinak dira turismoetan eta kamioietan. Abiadura bererako, kamioi baten zarata ibilgailu batena baino 10 dB handiagoa da. Bestalde, errodadura-geruzaren mota batek efektu desberdina izan dezake turismoetan eta kamioietan.

## 5.4 Zarataren hedapenean eragina duten faktoreak

Zarataren hedapenean eragina dute efektu atmosferikoek, mugako efektuek eta dibergentzia geometrikoak.

Soinu-uhinek molekula gaseosoeekin duten interakzioaren ondorioz, energia disipatu egiten da. Disipazio hori maiztasun baxuan baztergarria da, baina azkar hazten da maiztasunarekin. Adibidez, 200 Hz-era 1 dB/km ingurukoa da, eta 1.000 Hz-era 4 dB/km ingurukoa<sup>10</sup>. Distantziak behe-paseko iragazki gisa jokatzen du, maiztasun altuak disipatuta soinuaren jatorria hartzailearengandik urrundu ahala. Badira neurketan eragina duten beste inguruabar atmosferiko batzuk, hala nola haizea, zeinaren eragina iturriaren eta hartzailearen posizioaren (aldekoa edo kontrakoa) edo tenperaturaren araberrakoa baita.

<sup>9</sup> State of the art in managing road traffic noise: noise-reducing pavements; CEDR; 2017

<sup>10</sup> Bruit de roulement. État de l'art et recommandations; IDRRIM; 2020



Errodadura-zarata aldatu egiten da giro-tenperaturarekin. Hala, temperatura jaisten denean, handitu egiten da soinu-maila.

Soinua zuzenean hedatzen da igorlea eta hartzailea lotzen dituen lerroari jarraituz, baina lurrean islatzearen ondorioz ere. Azken modu horrek energia galtzea eta desfasea dakar. Soinua zoladuran bertan isla daiteke, kontuan hartuta errodadura drainatzaile batek soinua oso gutxi islatzen duela eta AC motako asfalto-hormigoizko batek jasotzen duen ia soinu guztia islatzen duela. Inguruko objektuekiko muga-efektuaren ondorioz ere islatzen da soinua. Objektu horien artean daude, besteak beste, zarataren aurkako hesiak, segurtasun-hesiak, hormak edo lurraren erliebea. Difrakzioa soinuaren maiztasunaren arabera da.

Dibergentzia geometrikoa energia-kontserbazioaren printzipioaren ondorioa da. Soinu-uhin bat distantzian hedatu ahala, uhinaren gainazala handitu eta anplitudea txikitu egiten da, soinu-maila murriztuta. Kasu horretan, murrizketa ez dago maiztasunaren arabera.

## 5.5 Zoladuraren iraunkortasun akustikoa

Errodadura-zarata areagotu egiten da denborarekin, errodadura-gainazala zahartu ahala. Gehiago areagotzen da agregakin txikien gehieneko tamaina txikiko gainazalaren, gehieneko tamaina handiagoa duten gainazal berberetan baino. 8. taulak Europako proiektu batean lortutako emaitzak erakusten ditu<sup>11</sup>.

8. taula - Nahaste bituminosen soinu-mailaren igoera denborarekin (dB/urte)

Material-mota	Agregakinaren gehieneko tamaina	Zarataren igoera (dB/urte)	
		Abiadura $\geq$ 80 km/h	Abiadura: 80 km/h
AC asfaltozko hormigoia	16	0,1	-
	$\leq$ 11	0,3 – 0,4	0,3 – 0,4
BBTM geruza meheak	10	0,2	-
	$\leq$ 8	0,4 – 0,6	0,4
PA drainatzailea, 1 geruza	16	0,3	-
	$\leq$ 8	0,3	-
PA drainatzailea, geruza bikoitza	$\leq$ 8	-	1,0

Beste azterketa batzuen arabera<sup>12</sup>, urtean 0,1 eta 0,2 dB arteko soinu-maila irabaziko da gainazal itxietan (baoak  $\leq$  % 6) eta 0,4 eta 0,5 dB artean azalera irekietan (baoak  $\geq$  12).

## 6. ZARATA NEURTZEA

### 6.1 Sarrera

Zarata neurtzeko, soinu-intentsitateari lotutako unitatea erabiltzen da; hau da, dezibela. Adierazpen honen bidez definitzen da:

<sup>11</sup> Proyecto QUESTIM: Modelling of Acoustic Aging of Road Surfaces; CEDR; 2014

<sup>12</sup> A review of current research on road surface noise reduction techniques; TRL; 2010



$dB = 10 \log_{10} (\text{neurtutako soinu-intentsitatea} / \text{erreferentziako soinu-intentsitatea})$

Unitate logaritmiko baten bidez dB-aren definizioa bat dator giza entzumenak soinu-presioari erantzuteko moduarekin.

Zarataren aurreko erreakzioa ez dago soilik haren intentsitatearen mende; giza entzumenak, adinaren arabera, 20 eta 20.000 Hz arteko maiztasunetako soinuak hautematen ditu, baina ez ditu tonu baxuak eta altuak eta 1.000-5.000 Hz tarteko batez besteko maiztasunenak berdin hautematen, haien sentikorragoa baita. Zirkulazioaren zarata 1.000 Hz inguruko maiztasunetan sortzen da normalean. Entzumenak maiztasun ertainekiko duen sentikortasuna simulatzeko, soinu-intentsitatea neurtzeko erabiltzen diren tresnei haztapen-sistema batzuk gehitu zaizkie, nazioartean errekonozituak eta "A", "B" eta "C" deituak. Egindako ikerketa ugarian alderatu egiten ziren pertsona-talde batek ezarritako sailkapenak haztapen-sistema bakoitza sartuta zeramaten neurketa-tresnetatik eratorritakoekin, eta errepideko saiakuntzetan lortutakoak gehiago hurbiltzen ziren kasu guztietan "A" haztapenera. Hori dela eta, errepideko zarataren neurriak dB(A)-etan ematen dira, nahiz eta batzuetan ez den kontuan hartzen haztapenaren erreferentzia.

Zarataren neurketa planteatu daiteke legerian zehaztutako kutsadura akustikoaren mugak betetzen direla egiaztatzeko (ingurumen-zarataren neurketa), edo zoladura jakin baten soinu-portaeraren analisisira espezifikoki zuzenduta egon daiteke. Kasu batean eta bestean, neurketa-prozedurak desberdinak dira.

## 6.2 Ingurumen-zarataren mailaren neurtzea

Ingurumen-zarataren maila egiaztatzeko zuzeneko neurketa bat egin nahi bada, UNE-ISO 1996-1 eta 2 arauak bete beharko dira. Neurketaren helburua da zehaztea zein den maila akustiko ertaina edo maximoa fatxadaren edo errepidearen ingurunean, ingurumen-zarataren ondorioz.

1367/2007 Errege Dekretuaren IV. eranskinak eta Euskal Autonomia Erkidegoko hotz-kutsadurari buruzko 213/2012 Dekretuak zenbait baldintza orokor eskatzen dituzte neurketarako, arau hauen arabera:

- Neurketak etengabe egin daitezke ebaluazioaren denboraldi osoan, edo, bestela, soinu-presioaren mailaren laginketa-metodoak aplikatuta, ebaluazio-aldiaren barruan neurketak egiteko hautatutako denbora-tarteetan.
- Laginketetan gutxienez LAeq,Ti neurketen 3 serie egin beharko dira, serie bakoitzean gutxienez 5 minutuko iraupeneko hiru neurketarekin (Ti = 300 segundo), eta serie bakoitzaren artean gutxienez 5 minutuko denbora-tarteekin. Ebaluatu beharreko soinu-iturriak sortutako soinu-mailaren adierazgarri izan behar dute neurketek. LAeq,Ti-aren emaitza batez besteko emaitza energetikoa izango da.
- LAmaz-aren gutxienez 3 neurketa-serie egin behar dira. Emaitza neurtutako mailarik altuena izango da.
- Neurketak dokumentatzeko, deskribatu egin beharko dira erabilitako neurketa-metodologia (laginen kopurua, haien arteko tartea, egindako zuzenketak, etab.) eta lortutako azken emaitzaren adierazgarritasun-maila justifikatuko dituzten zarata-fokuaren funtzionamendu-baldintzak.



Arauek eta legeriak hainbat muga dituzte neurketaren baldintzei eta zuzenketa-faktoreei dagokienez. UNE-ISO 1996 - 2 arauak adierazten du trafikoak sortutako zarata neurtzeko gutxienez 30 ibilgailu arin eta beste horrenbeste ibilgailu astun barne hartu behar direla.

UNE-ISO 1996 1 eta 2 arauen metodoak ez du bidea ematen ibilgailu baten zarata isolatzeko hura abiadura jakin batean igarotzen denean. Beraz, haren emaitzek ez dute behar bezala zehazten errepedeko zoladuraren eragina. CNOSSOS-EU programak ez du prozedura hori onartzen zoladurei lotutako zuzenketa-koefizienteak zehazteko. Hala ere, errodadura baten aldaketaren eragin globala zehazteko eta sonoritate txikiko zoladuren eraginkortasuna estimatzeko erabil daitezke.

Zoladura jakin baten errodadura-zarata neurtzeko eta haren eragina kuantitatiboki ezaugarritzeko, bi arau espezifiko egin dira, UNE-ISO 1996 arauaz bestelakoak. Batak igarotze-metodo estatistikoa definitzen du, eta besteak hurbiltasun-metodoa. Biak hurrengo ataletan deskribatzen dira azaletik.

### 6.3 Igarotze-metodo estatistikoa (SPB, Statistical Pass-By)

EN-ISO 11819-1 arauan zehazten da. CNOSSOS-EU programaren koefizienteak zehazteko erabili behar den metodoa da, errodadura alternatiboen ezaugarriak baliozkotu nahi badira (6. erreferentzia). Tarte batean zirkulatzen ari diren ibilgailu bakartu ugari sortzen duten soinu-maila maximoa neurtzean oinarritzen da metodoaren oinarritzko printzipioa.

Mikrofonoak neurtu nahi den erreia ardatzetik (erditik) 7,5 m-ra daude, eta 1,2 m-ko altueran.

Trafiko-fluxuaren barruan ibilgailu bakartuak hautatzen dira (turismoak, bi ardatzeko astunak eta zenbait ardatzetako astunak), 45 km/h-tik gorako abiaduran zirkulatzen dutenak, errodadura-zarata nagusi izan dadin. Ibilgailuak bakartuak neurtu ahal izateko (mikrofonoaren aurretik igaroko direnak, beste ibilgailu batzuk oso hurbil edo paralelo izan gabe), trafikoa moderatua izan behar da, eta ez saiakuntza oso bat egiteko behar den denbora oso luzea izateko bezain txikia.

Abiadura laser edo radar bidez neurtzen da, eta  $L_{Amax}$  soinu-mailaren neurriarekin batera erregistratzen da.

Arauaren arabera, gutxienerako ibilgailu-kopuru bat egon behar da:

- 100 turismo.
- Gutxienez 80 ibilgailu astun, horien artean 2 ardatzeko gutxienez 30 kamioi eta 2 ardatz baino gehiagoko gutxienez 30 kamioi.

Horrela, gutxienez 100 datu-pare lortzen dira ( $L_{Amax}$ , V).

Emaitzetan oinarrituta, soinu-mailaren eta abiaduraren logaritmoaren arteko erregresioa egiten da, eta erabiltzen den erreferentzia-abiadurarako zarata-maila estimatzen da. Abiadura hori izan daiteke tartean adierazitako gehieneko abiadura edo erreferentzia-abiadura generikoa. Adibidez, Frantzia 90 km/h hartzen da turismoetarako, eta 80 km/h kamioietarako, eta ibilgailu arinen  $L_{Amax}$  (90 km/h) adierazlea hartzen da zoladurak alderatzeko indize adierazgarri gisa, baldin eta trafikoa eta ingurunearen ezaugarriak antzekoak badira.



$$L_{Amax}(V) = L_{Amax}(V_{ref}) + a \log_{10}(V/V_{ref})$$

Turismo baten ohiko SPB neurriak 65 eta 80 dB artean egon ohi dira.

Erregresioaren bidez, neurketa-tartean sartutako edozein abiaduratarako soinu-maila kalkula daiteke. Ereduetatik abiatuta, fatxadako zarata ere estima daiteke.

Saiakuntza-arauak muga asko ezartzen ditu proba egiten den eremurako. Neurketa baliozkoa izan dadin, ez da soinu-uhina islatuko duen objekturik egon behar, hala nola eraikinak edo hesiak, neurketa-eremuaren inguruan. Ez da lur-erazketa edo lubeta handirik egon behar, eta luzetarako eta zeharkako profilak ez du aldapa handirik izan behar. Mikrofonoaren eta erreiaeren artean belarra edo bestelako landaredia egoteak ere eragina du neurketan. Gainera, haizeak abiadura txikia izan behar du. Zoladurak lehorra egon behar du, eta, nahaste drainatzaileen kasuan, neurtu aurreko 48 orduetan ez du euririk egin behar. Neurketan zehar, giro-tenperaturak 5 eta 30 °C artean egon behar du, eta emaitza airearen 20 °C-ko tenperaturan normalizatu behar da.

Saiakuntzaren baldintzak oso mugatzaileak izan daitezke hiriguneetan, eta SPSa osatzen duen metodo bat garatu da, mikrofonoaren atzean 0,90 m x 0,75 m-ko panel gutzitx islatzaile bat jarrita. Aukera ematen du eraikin, lur-erazketa, hesi eta abarren presentziak neurtzeko, baina ziurgabetasuna sortzen du emaitzan, bereziki 500 eta 2.000 Hz arteko maiztasunetan. Igarotzen den ibilgailuak eragindako soinu-uhina panelean islatzen da, eta horrek soinu-presioa 6 dB(A) inguru handitzea dakar, gero kendu egiten direnak neurketatik. Backing Board (SPB-BB) igarotze-metodo estatistikoa esaten zaio. ISO/PAS 11819-4 ohar teknikoan deskribatzen da, eta aurreikusita dago SPBaren EN-ISO arauaren etorkizuneko berrikuspen batean sartzea.

SPB metodoa oso doitzat jotzen da zoladuraren soinu-maila zehazteko, batez ere zoladuraren gainean zirkulatzen duten ibilgailu-flotarako, baina neurtzen diren tarte laburraren baldintzak baino ez ditu islatzen. Gainera, denbora asko behar du neurtzeko.

Igarotze kontrolatuaren metodoa (CPB) SPBaren sinplifikazio bat da. Nahiko ibilgailu gutxi erabiltzen ditu, eta baldintza kontrolatuetan erabiltzen dira saiakuntzarako espezifikoki. Oro har, errepidea zirkulaziorako irekita ez dagoenean edo proba-tarte berezietan aplikatzen da, zaratari buruzko ikerketen barruan. Haren emaitzak SPBkoen baliokidetzat jotzen dira.

#### 6.4 Hurbiltasun-metodoa (CPX, Close ProXimity)

ISO/TS 31145-1 zehaztapen teknikoarekin osatzen den EN-ISO 11819-2 arauan jasota dago. Ibilgailu batean jarritako mikrofonoak erabiltzen dira, eta horiek neurketa-gurpil batetik gertu kokatzen dira, errodadura-zarata modu jarraituan jasotzeko.

Mikrofonoak ibilgailuan bertan instala daitezke, edo, maizago, neurketa-gurpilaz hornitutako atoi batean. Gurpiletik hurbil gutxienez bi mikrofono jartzen dira, normalean pneumatikoaren kanpoaldeko alboko gainazaletik 20 cm-ra, gurpilaren ardatzetik 230 cm-ra eta errodadura-gainazalaren gainetik 10 cm-ko altuerara.

Ibilgailuaren gainean neurtzen bada, gurpil normalizatu bat erabiltzen da, eta haren gogortasunak arauan zehaztutako mugen barruan egon behar du betiere. Atoi bat erabiltzen bada, hura irekita edo itxita egon daiteke. Atoia itxita (kamera erdianekoikoa), kanpoko eraginaren neurketa isolatzea lortzen da. Eragin horien artean daude airearen turbulentziak



edo trafikoaren, ibilgailu traktorearen beraren edo atoiaren beraren zaratak. Oro har, turismo-gurpil bat instalatzen da, baina atoi-modelo batzuek kamioi-gurpilak ere onartzen dituzte.

Emaitza gisa, bi mikrofonoek neurtutako soinu-mailen batezbestekoa, 20 metrotik behin, ateratzen da. Emaitzetan, neurtzeko unean ibilgailuak duen abiadura jasotzen da.

Neurriak 50, 80 edo 110 km/h-ko abiaduran hartu ohi dira, baina komeni da tartean seinaleztatuta dagoen gehieneko abiaduran egitea. Gurpilak ibilgailuen gurpil-arrastotik zirkulatu behar du. Zarata-mailak handiak izaten dira, 90 eta 105 dB bitartekoak.

Metodo hori ez da egokitzat jotzen CNOSSOS-EU metodoarekin egindako kalkuluetarako zoladuren ezaugarriak baliozkotzeko, baina aukera ematen du errepide-tarte luzeak modu jarraituan neurtzeko eta errei guztietan neurketa egiteko. Hiriguneetan ere aplika daiteke. Herralde batzuetan obra bat onartzeko irizpide gisa erabiltzen da.

Eragozpen bat da hurbileko zarata oso desberdina izan daitekeela urrutiko zaratarekin alderatuta, eta, bereziki, beste zarata batzuekin konbinatuz gero. Neurketa baten eta bestearen arteko aldea baldintza hauen arabera dago: ibilgailuaren abiadura, pneumatikomotak, soinuaren maiztasuna eta xurgapena (zoladuraren inpedantzia akustikoa). Atoiek, oro har, turismo-gurpilekin ematen dituzte emaitzak, eta ez kamioi-gurpilekin, eta neurketaren emaitzak erabilitako pneumatikoaren eta haren egoera eta antzinasunaren oso mende daude.

Europako Rosanne<sup>13</sup> programan erlazioak ezarri dira SPBaren eta CPXaren emaitzen artean, baina kontuan hartu behar da bi saiakuntza-prozedurak ez direla baliokideak.

## 6.5 Xurgapen akustikoko neurriak laborategian eta in situ

Xurgapen akustikoaren koefizientea da soinu-uhin bat gainazalean islatzen denean materialak xurgatutako soinu-energiaren frakzioa. Soinuaren maiztasunaren (edo espektoaren) eta intzidentzia-angeluaren arabera da. Oro har, intzidentzia lauak kontuan hartzen dira.

Xurgapen akustikoa neurtzeko bi metodo normalizatu ditu. Bat da ISO 13472-1 (hedatutako gainazalaren metodoa) arauan jasotakoa. Metodo horrek alderatu egiten ditu bozgorailu baten bidez gainazalera bidalitako soinu-seinale bat eta mikrofono batek islatutakoa. Errepidean egiten da, tarte zirkulaziorako itxita.

Alternatiba gisa, Kundt-en hodietan edo inpedantzia-hodietan jarritako lekuko gainean neurketa bat egin daiteke, xurgapen akustikoaren espektra zehazteko. Printzipio honetan oinarritzen da: hodi baten alboko dimentsioak txikiak direnean seinale akustikoaren uhin-luzerarekin alderatuta, uhin lauak baino ez dira hedatzen. Saiakuntzan, zoladuraren lagin bat jartzen da hodiaren mutur batean, eta soinu-uhin arruntak emititzen dira haren gainazalera. Gero, uhinaren nodoetan izandako aldaketa neurtzen da. ISO 10534-1 eta ISO 10534-2 arauak metodo horren bi aldaera jasotzen dituzte.

Erreberberazio-ganberetan ere egin daitezke saiakuntzak, ISO 354 edo EN 20354 arauen arabera. Saiakuntzan, zoladuraren lagin bat jartzen da islatzeko ahalmen handiko eta

<sup>13</sup> Rosanne; Harmonisation of measurement methods for skid resistance, noise emission and rolling resistance of road pavements; 2016



xurgapenik gabeko paretak dituen ganbera batean, eta soinu-eremu lauso bat aplikatzen da, uhin lauen ausazko banaketarekin. Xurgapen-koefizientea erreberberazio-denboraren murrizketatik ondorioztatzen da, eta kontuan hartzen du laginaren azalera erlatiboa ganberaren hormekiko. Metodoa ez da oso praktikoa, errodadura-geruzaren neurri jakin bateko lagin bat eskatzen baitu.

Zuzenean errepidearen gainazalean aplikatutako inpedantzia-hodiek prozedurak garatzen ari dira.

## 7. ERRODADURA-ZARATA SORTZEA

Pneumatikoaren bandaren eta errodaduraren arteko kontaktuan pneumatikoaren bibrazio konplexuak, efektu aerodinamikoak eta erresonantziak sortzen dira gainazalaren hutsuneetan. Sonoritate txikiko nahaste bituminosoen diseinuak eskatzen du trafikoaren errodadura-zarata sortzeko mekanismoak ezagutzea, horien gainean jardun ahal izateko. Hauek dira errodadurako soinu-mailan gehien eragiten duten fenomenoak:

- Bibrazioak pneumatikoetan.

Bibrazioak zoladuraren gainazalaren eta pneumatikoaren arteko inpaktuaren ondorioz sortzen dira (mailu-efektua). Horrek pneumatikoaren errodadura-bandaren bibrazio erradialak edo tangentialak eragiten ditu, eta bibrazio horiek haren paretetara transmititzen dira. Horretan eragina dute, halaber, kontaktu-eremuan pneumatikoak duen deformazioak eta pneumatikoaren blokeak errodaduraren testuran bertan sartzeak. Bibrazioek zarata entzungarria sortzen dute 500 eta 1.500 Hz bitarteko maiztasunetan.

Fenomeno horri eragiten dioten nahaste bituminosoen ezaugarriak dira gainazalaren testura eta, bereziki, nahaste bituminosoen agregakinaren tamaina.

- Airearen ponpatzea.

Pneumatikoak errodadura-gainazala ukitzen duenean, airearen zati bat pneumatikoaren zirrikietatik kanporatzen da, eta beste zati bat, harrapatuta geratzen dena, gainazalaren kontra konprimatzen da. Gero, pneumatikoak kontaktua galtzen duenean, airea xurgatzen da. Fenomeno hori segundoko milaka aldiz gertatzen da. Aire-ponpaketa horrek maiztasun handiko zarata sortzen du, normalean 1.000 Hz-etik gorakoa. Nahaste bituminosoen hutsuneei emisio hori murrizten laguntzen dute.

- Bozina-efektua.

Pneumatikoen forma zirkularrak eta errepidearen gainazal lauak bozina efektua egiten dute, eta horrek zarata handitzen du pneumatikoaren eta zoladuraren arteko kontaktuan, airea gainazal mugatzaileen kontra islatzearen ondorioz. Igoera hori 20 dB-era iritsi daiteke. Gainazaleko hutsuneei ere efektu hori murrizten laguntzen dute.

- Helmholtz efektua.





Botila batean putz egiteak duen efektuaren antzekoa da, aire-masak barruan bibratzen duenean, maiztasun batzuk anplifikatuta.

- Hedatzean xurgatzea.

Motorraren eta errodaduraren zarata ibilgailuetatik hartzaileengana hedatzen da. Gainazalak zarata islatu dezake. Hutsuneak dituzten gainazal irekiek maiztasunetako batzuk xurgatu ditzakete hedapenean zehar.

- Gainazalaren zurruntasuna.

Gainazal zurrunagoek zarata handiagoa sortzen dute elastikoek baino. Errodadura-gainazalaren zurruntasuna pneumatikoarena baino handiagoa da hainbat magnitude-ordenatan. Zoladuraren zurruntasuna murriztuta, txikiagotu egiten da pneumatikoaren errodadura-bandako blokeen inpaktua, eta, ondorioz, haren bibrazioak eta zarata sortzea.

- Itsaspena eta askatzea.

Pneumatikoak itsaspen- eta askatze-fenomenoak jasaten ditu zoladurarekin kontaktuan, eta fenomeno horiek maiztasun handiko soinuak eragiten dituzte.

## 8. ERRODADURA-GERUZAK. MOTAK

Garraio, Mugikortasun eta Hiri Agenda Ministerioak (MITMA) errepide eta zubietako obretarako preskripzio tekniko orokorren agirian (PG-3) honako material hauek jasotzen ditu errepideetako zoruen errodadura-geruzetarako:

- 540. artikulua. Mikroaglomeratuak hotzean (MICROF).
- 542. artikulua. Hormigoi bituminoso (AC) motako nahaste bituminosoak. Errodadura-geruzetarako nahaste trinkoak (D) eta erditrinkoak (S) barne hartzen dituzte.
- 543. artikulua. Errodadura-geruzetarako nahaste bituminosoak. Nahaste drainatzaileak (PA) eta etenak (BBTM A eta B).
- 544. artikulua. SMA motako nahaste bituminosoak.
- 545. artikulua. AUTL motako nahaste bituminosoak (ultrameheak) errodadura-geruzetarako.
- 550. artikulua. Hormigoizko zoladurak.

Gainera, PG-3an normalizatu gabeko beste errodadura batzuk daude:

- Gainazaleko tratamenduak.
- Hotzean irekitako nahasteak.
- Galtzada-harrizko zoladurak.

Horien guztien artean, hauek dira Euskal Autonomia Erkidegoko errodadura komunak:

- AC surf S edo D asfaltozko hormigoi motako nahaste bituminosoak (PG-3aren arabera).
- BBTM A edo B motako nahaste bituminoso etenak (PG-3aren arabera).
- PA nahaste drainatzaileak (PG-3aren arabera).
- MICROF hotzeko mikroaglomeratuak (PG-3aren arabera).



- AF hotzean irekitako nahaste bituminosoak (EAEko Zoruen Arauaren 10. eranskinaren arabera).
- TRG hartxintzar-garaztada bidezko gainazaleko tratamenduak.

EAEko bide nagusietan errodadura ohikoenak BBTM A eta B dira, eta neurri txikiagoan nahaste drainatzaileak. Trafiko ertain eta baxuetarako hedatuenak AC surf S edo D nahaste bituminosoak dira.

Hotzeko mikroaglomeratuak errodadurak leheneratzeko erabiltzen dira, normalean labainketarekiko erresistentzia berreskuratzeko edo gainazal zahartuak birgaitzeko, baina baita trafiko txikiko errepideetan hotzean irekitako nahasteen gaineko goiko geruza gisa ere. Hotzeko mikroaglomeratuekin zigilatutako hotzeko nahaste irekien diseinu hori Gipuzkoan aplikatzen da batez ere. Halaber, gainazaleko tratamenduak, oro har hirukoitzak, Araban erabiltzen dira trafiko txikiko bideetan.

Gaur egun, EAEn tarte gutxi daude SMA eta AUTL motako nahaste bituminosoekin (duela gutxi normalizatu dira), baina datozen urteetan haien erabilera zabaltzea espero da.

EAEn ez dira ohikoak hormigoizko zoladurak edo galtzada-harrizko bide-zoruak; beraz, ez dira analisi honetan sartzen.

## 9. ERRODADURA-ZARATAREN MURRIZKETAN ERAGINA DUTEN NAHASTE BITUMINOSOEN PARAMETROAK

8. atalean deskribatutakotik ondorioztatzen da azaleko geruzak osatzen dituzten nahaste bituminosoek errodaduraren soinu-maila bi efektoren bidez jaitzi dezaketela.

Lehenengoa zarata gutxiago sortzean datza. Hori lortzeko, pneumatikoen bibrazioari eragiten dioten ezaugarrietan jardun behar da. Horretarako, honako hauek bilatzen dira:

- Azalera erregularrak eta homogeenak.
- Makrotestura negatiboak: agregakin lodiaren gandorrak gainazalean maila berean daudenean sortzen direnak. Agregakin fin gutxi duten nahaste bituminosoekin eta metalezko arrabolen bidezko azken trinkotzearekin sortzen dira. Hotzeko mikroaglomeratuek, gainazaleko tratamenduek eta AC nahasteek (bereziki zahartuta daudenean) testura positiboak dituzte, agregakinen gandorrak altuera desberdinetan dituztela. Nahaste drainatzaileek, BBTMek, SMAek eta AUTLek testura negatiboak dituzte, eta gainazal nahiko laua dute, gainazaleko hutsuneekin.
- Gainazaleko makrotestura nahikoak, 0,5 mm-koak gutxienez, airea errazago ponpatzeko.
- Agregakin txikien gehieneko tamainak. Errodadura-material bererako, zenbat eta handiagoa izan agregakinaren gehieneko tamaina, hainbat eta handiagoak dira pneumatikoaren bibrazioak. Gehieneko tamaina horrek airearen ponpaketari ere eragiten dio. Errodadura egokienak 8-10 mm-koak edo txikiagoak dira. Gehieneko tamaina murrizten den mm bakoitzeko, 0,25 dB inguruko soinu-maila<sup>10</sup> murriztu daiteke.
- Ikerketa batzuen arabera, nahaste bituminosoetan gainazalaren elastikotasuna hobetu eta bibrazioak murrizten dituzten osagai batzuk (kautxua, adibidez) sartzeak pneumatikoaren bibrazioa murriztu dezake.



Errodaduraren soinu-maila murrizteko bigarren efektua sortutako zarataren zati bat xurgatzea da. Honako hauen bidez lortzen da hori:

- Zarata xurgatzeko ahalmena erraztuko duten eta, gainera, kanporantz aire gutxiago ponpatuko duten hutsune altuak. Hutsuneez komunikatuta egon behar dute. Era berean, zarata gutxiago sortzen dute, pneumatikoaren eta errodaduraren artean harrapatuta dagoen airearen konpresio- eta espantsio-efektuetan eraginez. Ikerketa batzuk hutsuneeen forma optimizatzen saiatzen dira, haien eragina maximizatzeko.

Egungo ezagutzetatik ondorioztatzen da errodaduraren soinu-maila murrizten gehien laguntzen duten nahaste bituminosoen parametroak honako hauek direla: hutsune asko, agregakinaren partikulen gehieneko tamaina txikia eta testura negatiboa.

Sonoritate txikieneko errodadurak lortzen dira % 15etik gorako hutsune-edukiekin, 8 mm edo gutxiagoko partikulen gehieneko tamainekin eta testura negatiboekin. Nahaste bituminosoak parametro horien kopurua zenbat eta handiagoa izan edo parametro adierazgarriaren magnitudea zenbat eta handiagoa izan, orduan eta handiagoa izango du zarata murrizteko ahalmena.

## 10. SONORITATE TXIKIKO ERRODADURA-GERUZAK

### 10.1 Sarrera

Sonoritate txikiko errodaduratzat hartzen dira AC motako nahasteekiko errodadura-zarata murrizteko gai direnak, haien diseinu-parametroengatik.

Sonoritate txikiko nahaste bituminosoei “fonoxurgatzaile” ere deitzen zaie, nahiz eta lehen terminoa egokiagozat jotzen den, ez baitute haiek guztiek zarata xurgapen bidez murrizten.

Herrialde batzuek, errodadura-geruza bat sonoritate txikikotzat jotzeko, erreferentziako gainazal batekiko behar den murrizketa kuantifikatzen dute.

#### 9. taula - Sonoritate txikiko errodaduren definizioa zenbait herrialdetan

Herrialdea	Sonoritate txikiko errodaduren definizioa
Alemania	$\geq 2$ dB (erreferentzia: SMA)
Danimarka	$\geq 3$ dB (erreferentzia: 8 urteko AC11 D)
Herbehereak	Nahaste drainatzailea (definizioz)
Suedia	2-3 dB (erreferentzia: AC16 D edo SMA 16)
Suitza	Sonoritate txikiko nahasteen lau mota estandar daude
Erresuma Batua	$\geq 2,5$ dB (erreferentzia: Hot Rolled Asphalt)

Dokumentu honetan sonoritate txikiko nahaste bituminosoak dira AC16 surf S-aren zarata gutxienez 2 dB murrizteko gai direnak.

PA, BBTM A eta B, SMA eta AUTL motako nahaste bituminosoen errodadura-zarata murriztu dezakete AC surf S motako nahaste bituminosoen soinu-mailarekiko.

Hotzeko mikroaglomeratuek eta gainazaleko tratamenduek sonoritate handiagoa dute AC nahasteek baino. Soinu-handitzearen<sup>10</sup> magnitude-ordena AC16 surf S nahaste bituminoso



batekiko 2 dB da hotzeko mikroaglomeratuetarako, eta 3 dB gainazaleko tratamenduetarako. Hotzean irekitako nahasteak ere ACak baino zaratatsuagoak dira (horien gainazala, oro har, hotzeko mikroaglomeratuekin ixten da).

10. taulak laburtuta jasotzen ditu sonoritate potentzial txikiko nahasteen zarata-mailan eragina izan dezaketen parametro nagusiak, baita erreferentzia gisa hartzen den AC-S/D nahastea ere.

**10. taula - Sonoritate txikiko potentzialeko errodaduren definizioa**

Nahaste bituminosoaren mota	Gehieneko tamaina (mm)	Lodiera (cm)	Hutsuneak (%)	Testura	
				Mota	Sakonera (mm)
<b>AC S (erreferentzia)</b>	16	4-5	3/4-6	Positiboa	≥0,7
<b>PA</b>	11	4-5	≥20	Negatiboa	≥1,5
	16	4-5	≥20		≥1,5
<b>BBTM A</b>	8	2-3	≥4	Negatiboa	≥1,1
	11	2-3	≥4		≥1,1
<b>BBTM B</b>	8	2-3	≥12 y ≤18	Negatiboa	≥1,5
	11	2-3	≥12 y ≤18		≥1,5
<b>SMA</b>	8	2-4	4-6	Negatiboa	≥0,9
	11	3-5	4-6		≥0,9
	16	4-6	4-7		≥0,9
<b>AUTL</b>	5	1-2	≥8 eta ≤15	Negatiboa	≥1,0
	8	1-2	≥8 eta ≤15		≥1,0
	11	1-2	≥8 eta ≤15		≥1,0

Mota desberdinetako errodaduren zarata-murrizketa potentzialari buruzko esperientzia nahiko mugatua denez Espainian, soinu-murrizketaren datuak Europako azterketetatik hartu dira, batez ere <sup>9., 10., 12., 14.,15.</sup> eta <sup>16.</sup> erreferentzietan adierazitakoetatik.

Aipatutako dokumentuetan aurkeztutako emaitzak kontu handiz hartu behar dira; izan ere, CENek Europan definitutako nahaste bituminosoek oso askotariko diseinu-aukerak eskaintzen dituzte, eta herrialde bakoitzak bere errepideen baldintzetara eta berorren esperientziara egokitu ditu. Gainera, aldeak daude sonoritate-hobekuntzak definitzeko erreferentziazat hartzen den gainazalari dagokionez. Kasu batzuetan AC-S/D bat da, baina beste batzuetan gehieneko tamaina desberdineko SMAk dira, eta hipotesi batzuk egin behar izan dira haiek taulan agertzen direnetan eraldatzeko. Horregatik guztiagatik, aurkezten diren datuak estimaziotzat hartu behar dira.

Aipatutako erreferentzien artean, IDRRIM (Institut des Routes, des Rues, et des Infrastructures pour la Mobilité) Frantziako zentroaren gida nabarmentzen da, Espainian normalizatu diren nahaste bituminosen formulazioekiko antzekotasunagatik eta dituen

<sup>14</sup> Sustainable Road Surfaces for Traffic Noise Control (Silvia); FEHRL; 2006

<sup>15</sup> Guidance Manual for the Implementation of Low-Noise Road Surfaces, FEHRL; 2006

<sup>16</sup> Quiet pavement technologies; PIARC; 2013.



datuen kopuruagatik. Izan ere, 1990eko hamarkadaz geroztik sistematikoki neurtzen du errepide-sareko tarteen errodadura-zarata. 2018an, 1.200 bat tartetako erregistroak zituen, SPB metodoaren bidez hartuak. 11. taulan, laburbildu egiten dira IDRRIMEk nahaste bituminosoen inguruan egiten duen balorazioa eta hainbat egoeratan lortutako banaketen batez besteko balioak. Nahaste bituminosoak Frantziako terminologiaren arabera aurkezten dira, eta parentesi artean baliokidetzat jotzen diren Espainiakoak.

11. taula - Zarata-murrizketaren balorazioa IDRIIMen datu-basean

Nahaste bituminosoa	Balorazioa	Ibilgailu arinak		Ibilgailu astunak	
		0-3 urte	Adin guztiak (0- 15 urte)	0-3 urte	Adin guztiak (0- 15 urte)
BBSG 0/14 (AC surf D 12)	-	78,1	78,5		86,6
BBSG 0/10 (AC surf D 8)	Erref.	76,1	78	84,9	85,9
BBTM 0/10, 1. klasea (BBTM 11 A)	--a-	77,8	78,1	85,8	86
BBTM 0/8	-a+	73,2	76	82,8	83,8
BBTM 0/6, 1. klasea	+a++	73,8	74,2	82,8	83,2
BBTM 0/10, 2. klasea (BBTM 11 B)	+a++	76,2	70,5		83,2
BBTM 0/6, 2. klasea	++	72,8	73,5	82,8	83
BBTM 0/4	++	68,2	69		
SMA 0/10	-a+				
SMA 0/4	--a-				
BBUM 0/10 (AUTL 11)	--a -	77,5	77,9		84
BBUM 0/8 (AUTL 8)	-a+				
BBUM 0/6 (AUTL 5)	+	73,3	78,8		
BBDr 0/10	+a++	73,2	78,8	83,1	82,2
BBDr 0/6	++	71,9	72,7	81,8	81,5

BBSG = Beton bitumineux semi-grenu; BBTM = Beton bitumineux tres mince; BBUM = Beton bitumineux ultra mince ; BBDr = Beton bitumineux drainant

Aurreko taulan gelaxka batzuk hutsik daude, datu adierazgarriak ez izateagatik. - eta + sinboloek esan nahi dute zarata murriztea edo handitzea erreferentziarekin alderatuta.

Jarraian, erreferentziako AC S/D motarekiko nahaste bituminosoen lortzen duten soinu-mailaren murrizketari buruzko datuak aurkezten dira, adierazitako erreferentzia guztietatik ondorioztatuak, CNOSSOS-EU metodoak aintzat hartzen dituen datuekin eta Euskal Autonomia Erkidegoan zarata murrizteko jarduketara posibleak aztertzeke hartzea gomendatzen den datuekin batera.

12. taula - Errodaduren soinu-murrizketa (dB), zenbait iturriren arabera ( $v \geq 60$  km/h)

Nahaste bituminosoa	CNOSSOS (erref.: <sup>6)</sup> )	TRL (erref.: <sup>12)</sup> )	SYLVIA (erref.: <sup>14)</sup> )	AIPCR (erref.: <sup>16)</sup> )	IDRIIM (erref.: <sup>10)</sup> )	CDER (erref.: <sup>9)</sup> )	Proposatutako soinu-murrizketa
AC 16 S (erref.)	0	0	0	0	0		0
BBTM 11 A	2,2 – 2,5	0-3	0-1	4,7	0-1	1-3	2,2 – 2,5
BBTM 8 A	-				1-2		2,5 – 3,5
BBTM 11 B	2,7 – 3,1	0-3	0-1	5	2-3	1-3	2,7 – 3,1
BBTM 8 B	-				3-4		3 - 4
SMA 11	0	0	1-2	4,7	-		1- 2
SMA 8							2-3
AUTL 11	-				0		1 - 2
AUTL 8	-				-		1 - 3
AUTL 5	-				5,5		1 - 4
PA 16							2 - 3
PA 11	2 – 2,1	2-3	3-4	4	2-3	2-4	2 - 4
PA, geruza bikoitza	3,2 – 3,9	3-6		6	-	3-6	3 - 6

Kontuan izan behar da, portaera akustikoa errodadura-geruzen ezaugarri garrantzitsua den arren, aintzat hartu beharreko beste funtzionalitate batzuk daudela material jakin bat hautatu behar denean, haien artean jarraian zerrendatzen direnak:

- Geruzaren iraunkortasuna.
- Geruzaren kostua, bai hasierakoa, bai zerbitzu-bizitzan zehar, mantentzeko, birgaitzeko eta berreraikitzeko eragiketak barne.
- Birziklatua izateko ahalmena eta bigarren mailako materialak erabiltzeko aukera.
- Trafikoaren segurtasuna, barne hartuta labainketarekiko erresistentzia, hidropianingekiko, langar eta zipriztinak eratzearekiko eta bide-marken ikuspena.
- Gidarienezako erosotasuna, kontuan hartuta langar eta zipriztinen murrizketa eta ibilgailuaren barruko isiltasun handiagoa.
- Errodadurarekiko erresistentzia, eta horrek duen eragina erregaiaren kontsumoan eta CO<sub>2</sub>-aren emisioan.
- Murrizketa praktikoak tartearen inguruabarrengatik.

Sonoritate txikiko potentzialeko nahaste bituminoso bakoitzerako eta erreferentziako nahasterako, hurrengo azpiataletan definitutako motak eta funtzionamendu-printzipioak azaltzen dira, baita ezaugarri funtzionalak eta egiturazkoak eta haiek aplikatzeko mugak ere.

## 10.2 Nahaste bituminoso drainatzaileak (PA)

### Errodadura drainatzaileei buruzko orokorra

Nahaste bituminoso drainatzaileak Europako UN-EN 13108-7 arauan eta PG-3aren 543. artikuluan jasota daude.

Oso nahaste irekiak dira, komunikatutako hutsuneekin. Hori lortzeko, agregakin lodi asko jartzen zaie eta agregakin fina murrizten da. Geruza batean zabaldu daitezke (hori da soluziorik ohikoena), edo geruza bikoitzean.



Hasieran, geruza bakarreko nahaste drainatzaileak erabili ziren zoladuren gainazaleko ura azkar kentzeko eta euriarekin zirkulatzeko baldintzak hobetzeko ahalmen handia zutelako. Ondoren, errodadura-zarata nabarmen murrizteko duten ahalmena errekonozitu zen. Gaur egun askoz gutxiago erabiltzen da, mantentze-lan handiagoa behar dutelako eta gutxiago irauten dutelako, normalean errodadura-geruzetarako beste nahaste bituminoso batzuek baino gutxiago.

Bi ardatz granulometriko daude: PA 16, gehieneko tamaina nominala duena (% 5 baino gehiago atxikitzen duen lehen bahea), 16 mm-koa, eta PA 11, erabiliena, 11,2 mm-ko gehieneko tamaina duena. Herrialde batzuek 6 mm-ko gehieneko tamaina duten nahaste drainatzaileak erabiltzen dituzte zarata neurri handiagoan murrizteko.

Nahaste drainatzaileak hutsuneen eduki jakin bat lortzeko diseinatzen dira, normalean % 20 eta % 22 artekoa, baina diseinu bereziekin % 28 eta % 30 artekoa izan daiteke.

4-5 cm-ko lodierako errodadura-geruzetan erabiltzen dira, eta neurri batean iragazgaitzak diren eta luzetarako eta zeharkako erregularutasun egokia duten tarteko geruzetan jarri behar dira, ur-metaketak saihesteko. Arrabol metalikoekin soilik trinkotzen dira eta testura negatiboa dute.

Beren ezaugarri mekanikoengatik, AC motakoek baino gutxiago laguntzen dute bidezorua euskarri-ahalmenean, eta gainazaleko ezaugarri egokiak ematea dute eginkizun nagusia.

Duten beste eragozpen bat da birgaitze-lanetan fresatu eta ordezkatu egin behar direla edo, hala badagokio, beste nahaste drainatzaile bat jarri behar dela haien gainean. Azken operazio hori ez da komeni behin baino gehiagotan egitea.

Zarata-murrizketa hutsuneen eduki handiaren eta testura negatiboaren ondorio da. Izan ere, ezaugarri horiek direla-eta, xurgapena areagotzen dute eta zarata gutxiago sortzen dute. Soinu-mailaren murrizketa nabarmena da AC nahasteen aldean: hasierako urteetan 2-4 dB-ekoa dela estimatzen da, eta epe luzera 2 dB ingurukoa. Nahaste bituminoso hauek dute zarata murrizteko ahalmen handiena EAEn erabili ohi direnen artean.

### **Nahaste drainatzaileak geruza bikoitzean**

Geruza bikoitzeko nahaste bituminoso drainatzaileak ez daude oraindik normalizatuta Europan. 1996an sartu ziren, geruza bakarreko nahaste drainatzaileen mukurua errazago kentzeko eta zarata murrizteko. Bi geruza hauez osatuta daude: beheko geruza drainatzaile bat, 3,5 eta 6 cm arteko lodierakoa, agregakin lodiduna, 11 eta 16 mm arteko gehieneko tamainakoa (PA 16); eta goiko geruza drainatzaile bat, 1,5 eta 3 cm bitarteko lodierakoa eta gehieneko agregakin finagokoa, 10 mm baino gutxiagokoa eta, oro har, 4-8 mm artekoa (PA 8).

Goiko geruzak agregakin finagoa dauka eta azalera homogenea du, errodadura-zarata murrizten du eta gainazalean metatzen diren detrituen iragazki gisa dihardu. Beheko geruzak tamaina handiko hutsuneak ditu, eta goiko geruzatik iragaz daitezkeen partikulak kentzea errazten du, horrela mukurua saihestuta. Hutsuneen antolaerak (txikiak gainazalean eta handiagoak hondoan) bidea ematen du Humbolt efektuagatik zarata gehiago murrizteko. Geruzaren lodiera handiak haren efikazia akustikoa areagotzen du.



Multzoan hutsuneen edukia % 20-30 artekoa da, % 25ekoa izan ohi da. Bi geruzetako betunaren batez besteko edukia ohikoa da nahaste drainatzaileetan, baina herrialde batzuetan handitu egiten dute % 5,7-6raino, zuntzak eta karea gehituta.

Teknikaren puntu kritikoenetako bat da bi geruza drainatzaileen arteko lotura egokia lortzea itsaspen-garaztadarik erabili gabe, horrek multzoaren iragazkortasuna murriztuko lukeelako eta soinu-efikazia ere txikiagotuko lukeelako. Beraz, bereiz zabaldu eta trinkotzen dira, itsaspen-arriskurik gabe, ziurtatuta bi operazioen arteko denbora gutxienekoa dela beheko geruzako betunaren itsaspen-ahalmenari eusteko. Bi geruzak aldi berean zolatu eta trinkotu ahal izateko zabaltzeko makina bereziak ere garatu dira.

Geruza bikoitzeko nahaste drainatzaileak oso efikazak dira errodadura-zarata murrizteko. Zenbait azterketek asfaltozko hormigoirako baino 6 dB-rainoko zarata-maila txikiagoak jasotzen dituzte trafiko konbinatuetako bide azkarretarako. Epe luzera, soinu-efikazia 2 dB inguru murrizten da.

Zoladura horien iraunkortasuna, batez beste, 8-10 urtekoa izan da Europan, nahiz eta 3-4 urterekin akats goiztiarren kasuak egon diren. Herbehereetan, ordea, nahaste drainatzaileen batez besteko zerbitzu-bizitza 17 urtekoa da geruza batean (ACetan baino bat gutxiago), eta 13 urtekoa geruza bikoitzekoetan.

Gipuzkoako Foru Aldundian eraikitako hiru tarte daude, bat N-I errepidean eta bi GI-20 errepidean (2. eranskinean deskribatzen dira).

Europan oso heterogeneoa da nahaste drainatzaileen erabilera geruza bakarrean edo bikoitzean. Herrialde batzuek ia ez dituzte erabiltzen neguan duten portaeragatik eta iraunkortasun txikiagoagatik, eta beste batzuek, ordea, bide nagusietan erabilera komunezko zoladuratzat jotzen dute.

Adibide adierazgarriena Herbehereetakoa da, 80ko hamarkadaz geroztik erabili izan baitira, eta bertako autobide-sarearen % 90etik gora baitu mota horretako nahaste bituminosoa (% 70 drainatzaileekin geruza batean, eta % 20 bi geruzatan). Geruza bakarrean 0/16 nahaste drainatzaileak erabiltzen dituzte 5 cm-ko lodieran, normalean aglutinatzaile konbentzionalekin. Geruza bikoitzean, geruzak 4,5 cm-ko lodiera du, eta goikoak 2,5 cm-koa.

### 13. taula - Nahaste bituminoso drainatzaileen ezaugarrien laburpena

Ezaugarriak	Oharrak
Labainketarekiko erresistentzia	Nabarmen hobetzen da euria ari duenean, gainazaleko ur-geruza murrizten baita.
Gidariaren erosotasuna	Euria ari duenean erosotasuna nabarmen hobetzen da, ziprintin gutxiago sortzen direlako eta bide-markak hobeto ikusten direlako. Betiere zarata gutxiago dago ibilgailuaren barruan.
Iraunkortasuna	Aplikagarriak diren errepideetan, geruza bakarreko drainatze-nahasteen iraunkortasun mekanikoa 12 urtekoa da, eta 8-10 urtekoa geruza bikoitzean; AC-S batean, berriz, 18 urtekoa da. Trazadura bihurria edo sartzeko erreiak dituzten beste errepide batzuetan, iraunkortasuna aski txikiagoa izan





Ezaugarriak	Oharrak
	daiteke. Denborarekin mukurutu egiten dira, batez ere EBBI ertain edo baxuko errepideetan, baina mukurututa ere, nolabaiteko drainagarritasunari eusten diote.
Errodadurarekiko erresistentzia (eragina energia-kontsumoan eta CO <sub>2</sub> -emisioetan)	Testura negatiboa dutenez, errodadurarekiko erresistentzia eta, beraz, emisioak AC nahasteetan baino txikiagoak dira.
Birziklatuak izateko eta bigarren mailako material gisa erabiltzeko ahalmena	Fabrikazioan zepak erabiltzea onartzen da, baina gaur egun ez da fresaketarik baimentzen. Beste nahaste bituminoso batzuetan erabil daitezke, baina tasa txikietan, elementu fin gutxiko eskeleto minerala baitute.
Geruzaren kostua	AC-S nahasteak baino garestiagoa da m <sup>2</sup> /cm-ko, baina lodiera txikia izategatik konpentsa dezake. Kontserbazioa garestiagoa da partikulak askatzeko erraztasunagatik eta kalte mekanikoengatik edo isurketengatik. Trafiko txikiko edo zirkulazio geldoko bideetan jartzen badira, baliteke noizean behin ohiko garbiketak behar izatea. Neguko kontserbazioa ere garestiagoa dute. Ez dute emendakinik onartzen, nahaste drainatzaileekin izan ezik, eta kasu horretan jarduketa bakarrera mugatuta. Konponketak eta zulo-betetzeak nahaste drainatzaileekin egin behar dira.
Murrizketa praktikoak	EAEn, bidearen EBBIa 2.000 ibilgailutik gorakoa bada eta proiektuko trafiko-kategoria T00 baino txikiagoa bada soilik erabil daitezke. Badira beste muga batzuk ere, eta hauek nabarmentzen dira: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bihurgune itxiak dituzten tartekak.</li> <li>• Sarbideak sarri dituzten eremuak.</li> <li>• Herri barruko bideak.</li> <li>• Tunelak.</li> </ul>
Soinu-maila	Epe laburrerako murrizketa erreferentziarekiko. PA-11: 2-4 dB. PA, geruza bikoitza: 3-6 dB. Igoera epe luzera. PA-11: 0,3 dB/urte (0,1 AC surf S-rako) PA, geruza bikoitza: 0,2 dB/urte.

### 10.3 Nahaste bituminoso etenak oso geruza mehean (BBTM)

BBTM nahaste bituminoso etenak (frantseseko Béton Bitumineux Très Mince-etik) Europako UNE-EN 13108-2 arauan eta PG-3aren 543. artikuluan definituta daude.

Testura egokia eskaintzeko eta 2 cm-tik 3 cm-ra bitarteko geruza meheetan zabaldu ahal izateko diseinatutako nahasteak dira. Hori lortzeko, agregakin finaren edukia murriztu egiten da AC motako nahasteen aldean, eta granulometriari etena sortzen da, agregakin lodia errazago ahokatzeko.



PG-3ak bi motatakoak aurreikusten ditu: BBTM A izenekoak, itxiagoak, % 4tik gorako hutsune-edukia dutenak, eta BBTM B izenekoak, irekiagoak, % 12tik % 18ra bitarteko hutsune-edukia dutenak. Haietako bakoitza bi azpimotatan banatzen da, gehieneko agregakin-tamainaren arabera: 8 eta 10 mm artekoa; 8 mm-koa, 2 eta 3 cm arteko lodierako geruzetarako; eta 10 mm-koa, 3 cm-ko geruzetarako.

BBTM A nahasteak esfortzu tangenzialekiko erresistenteagoak dira, eta B motakoak baino iraunkorragoak. BBTM B nahasteak A nahasteek baino testura handiagoa dute, eta gainazaleko ura kentzeko ahalmen handiagoa.

Beren lodiera txikiagatik eta ezaugarri mekanikoengatik, AC motakoek baino gutxiago laguntzen dute bide-zoruaren euskarri-ahalmenean, eta gainazaleko ezaugarri egokiak ematea dute eginkizun nagusia.

Nahaste bituminosen bi mota horiek arrabol metalikoekin soilik trinkotzen dira, eta testura negatiboa dute.

Dituzten eragozpenak geruzaren lodiera txikiarekin lotuta daude, erregularitasun bikaineko eta pitzatu gabeko euskarriak eskatzen baititu. Bira malkartsuak dituzten eremuetan partikulak gal ditzakete, bereziki BBTM B nahasteek.

Zarata-murrizketa agregakinen tamaina txikiaren (11 edo 8 mm), testura negatiboaren eta, BBTM B-ren kasuan, hutsuneen eduki handiaren ondorio da.

#### 14. taula - BBTM A eta B nahaste bituminoso etenen ezaugarrien laburpena

Ezaugarriak	Oharrak
Labainketarekiko erresistentzia	Labainketarekiko erresistentzia egokia dute, agregakin-tamaina txikiak lagunduta. Testura AC nahasteetan baino handiagoa denez, hobeto mantentzen da abiadura handietan. BBTM B nahasteek, nahiko hutsune dituztenez, euriarekin portaera ona dute labainketarekiko.
Gidariaren erosotasuna	Erosotasuna hobetu egiten da ibilgailuaren barruan zarata gutxiago dagoelako, eta BBTM B-ren kasuan ziprztin gutxiago daude.
Iraunkortasuna	Aurreikusitako egiturazko iraunkortasuna 15 urte ingurukoa da BBTM A-rako, eta 14 urtekoa BBTM B-rako, AC-S baten 18 urteen aldean. Trazadura bihurria edo sartzeko erriak dituzten errepideetan, iraunkortasuna zertxobait txikiagoa izan daiteke.
Errodadurarekiko erresistentzia (eragina energia-konsumoan eta CO <sub>2</sub> -emisioetan)	Ezaugarri egokiak, testura negatiboa dutelako.
Birziklatuak izateko eta bigarren mailako material gisa erabiltzeko ahalmena	Fabrikazioan zepak erabiltzea onartzen da, baina gaur egun ez da fresaketarik gehitzea baimentzen. Beste nahaste bituminoso batzuetan erabil daitezke, baina tasa txiki edo ertainetan, elementu fin gutxiko eskeleto minerala baitute.
Geruzaren kostua	AC nahasteak baino garestiagoak izaten dira tonako, betun-eduki handiagoa dutelako eta betun eraldatuak behar dituztelako, baina, lodiera txikiagoaz jartzen



Ezaugarriak	Oharrak
	direnez, geruzaren kostua txikiagoa izaten dute. Iraunkortasun txikiagoa izateak kostu hori handitzen du. Mantentze-lanen kostua AC nahasteenaren antzekoa da.
Murrizketa praktikoak	Ez dira egokiak esfortzu tangenzial handiak dituzten eremuetarako, hala nola bihurgune itxietarako, biribilguneetarako edo sartzeko erretegi ugari dituzten errepideetarako.
Soinu-maila	Epe laburrerako murrizketa erreferentziarekiko. BBTM 11A: 2,2-2,5 BBTM 8 A: 2,5-3,5 BBTM 11 B: 2,7-3,1 BBTM 8 B: 3-4 Igoera epe luzera. BBTM 11A: 0,1 (0,1 AC surf S-rako) BBTM 8 A: 0,1 BBTM 11 B: 0,1 BBTM 8 B: 0,1

#### 10.4 SMA nahaste bituminosoak

SMA nahaste bituminosoak (alemanezko Splitt Mastix Asphalt jatorrizkotik edo ingelesez izendatutako Stone Mastic Asphalt-etik) definituta daude UNE-EN 13108-5 Europako arauan eta PG-3ren 544. artikuluan, 3/2019 Agindu Zirkularrean aurkeztutakoan. Europar duela 40 urte baino gehiago erabili dira, baina Espainian duela gutxi sartu dira araudian.

BBTM nahaste etenen aurrekaria dira, eta betunetan oso aberatsak izango ziren nahaste bituminosoak lortzeko ideiarekin garatu ziren, oso iraunkorrak eta,aldi berean, deformazioekiko erresistenteak bihurtzeko, eta agregakin lodien eskeleto mineral handi baten bidez lortzen da hori. Era berean, nahiko testura izatea eta lodiera txikietan trinkotu ahal izatea bilatu zen, eta, horretarako, agregakin finaren edukia murriztu zen.

PG-3ak hiru granulometria definitzen ditu, gehienez 16, 11 eta 8 mm-ko agregakin-tamainakoak, hurrenez hurren. Nahaste itxiak dira, % 4-6ko hutsune-edukikoak, SMA 8 eta 11en kasuan, eta % 4-7koak SMA 16en kasuan. Duten granulometriaren arabera, lodiera konbentzionaleko errodadura-geruzetan (4-6 cm) edo geruza meheetan (3-4 cm) edo oso meheetan (2-3 cm) erabil daitezke.

Alemanian definitutako eta Europako iparraldean erabilitako betun-eduki minimoak nahastearen gaineko % 6,7koak dira. Espainian, gutxienezko betun-eduki hori % 5,8ra murriztu da.

SMA nahaste bituminosoak oso egonkorak eta iraunkorrak dira, eta portaera egokia dute, baita esfortzu tangenzial handiko eremuetan ere. Betun-eduki handia dutenez, beste nahaste bituminoso batzuek baino iraunkortasun handiagoa dute.

Testura negatiboaren eta, dagokionean, AC16 surf S nahaste bituminosoekin alderatuta agregakinak duen gehieneko tamaina txikiagoaren ondorio da zarata-murrizketa.



## 15. taula - SMA nahaste bituminosen ezaugarrien laburpena

Ezaugarriak	Oharrak
Labainketarekiko erresistentzia	Labainketarekiko erresistentzia egokia dute, duten testurak lagunduta (AC nahasteena baino handiagoa, baina BBTM nahasteena baino txikiagoa), eta horrek abiadura handietan ondo mantentzea eragiten du.
Gidariaren erosotasuna	Erosotasuna hobetu egiten da, ibilgailuaren barruan zarata txikiagoa dagoelako.
Iraunkortasuna	Egiturazko iraunkortasun estimatua 20 urte ingurukoa dute, eta AC-S batek, berriz, 18 urtekoa.
Errodadurarekiko erresistentzia (eragina energia-kontsumoan eta CO <sub>2</sub> -emisioetan)	Ezaugarri egokiak, testura negatiboa dutelako.
Birziklatuak izateko eta bigarren mailako material gisa erabiltzeko ahalmena	Fabrikazioan zepak erabiltzea onartzen da, baina gaur egun ez da fresaketarik gehitzea baimentzen. Beste nahaste bituminoso batzuetan erabil daitezke, baina tasa txiki edo ertainetan, elementu fin gutxiko eskeleto minerala baitute.
Geruzaren kostua	AC nahasteak baino garestiagoak dira tonako, betun-eduki handiagoa dutelako, betun eraldatuak behar dituztelako eta zuntzak gehitu behar dituztelako, baina lodiera txikiagoan jar daitezke, eta horrek geruzaren kostua murrizten du. Iraunkortasun handiagoak ere kostua murrizten du. Mantentze-lanen kostua AC nahasteenaren antzekoa da.
Murrizketa praktikoak	Ez du murrizketa praktikorik.
Soinu-maila	Epe laburrerako murrizketa erreferentziarekiko. SMA 11: 1-2 SMA 8: 2-3 Igoera epe luzera. SMA 11: 0,2 (0,1 AC surf S-rako) SMA 8: 0,2

## 10.5 AUTL nahaste bituminoso ultrameheak

AUTL (Asphalt for Ultra-Thin Layers) nahaste ultrameheak EN 13108-9 arauan eta PG-3aren 545. artikuluan normalizatuta daude. Frantzian garatu ziren, eta 90eko hamarkadaren erdialdetik erabiltzen dira bertan, baina Espainian sartu berriak dira.

Nahaste bituminoso hauetan, agregakinaren gehieneko tamaina eta agregakin finaren edukia murriztu egiten dira, oso lodiera txikiko geruzetan (1 eta 2 cm artekoetan) jarri ahal izateko. BBTM A eta B motakoen arteko konposizioa dute, eta hutsuneen edukia % 8 eta % 15 artekoa.

Labainketarekiko erresistentzia-ezaugarri egokiak ez dituzten errodadura-geruzak birgaitzeko erabiltzen dira, oro har. Eginkizun funtzionala dute funtsean, eta ia ez dakarte egitura-gaitasunik.

PG-3ak nahaste bituminoso ultrafinen hiru mota aurreikusten ditu, agregakinaren gehieneko tamainaren arabera (5 mm, 8 mm edo 11 mm-koa izan daiteke).



AUTL nahaste bituminosok AC eta SMA nahasteek baino testura gehiago dute, baina BBTM A eta B nahasteek baino gutxiago. Arrabol metalikoekin soilik trinkotzen dira, eta testura negatiboa dute.

Errodadura-geruzetarako nahaste bituminoso horiek BBTMen aldean dituzten abantailak dira azaleraren kota-igoera murrizten dutela eta kostua txikiagoa dutela, geruzaren lodiera txikiagatik.

Dituzten eragozpenak geruzaren lodiera txikiarekin lotuta daude, erregulartasun bikaineko eta pitzatu gabeko euskarriak eskatzen baititu. Ez dira oso erresistenteak zeharkako esfortzuekiko, eta bira malkartsuak dituzten eremuetan partikulak gal ditzakete. Hortaz, ez dira egokiak sartzeko errei eta irteera sarriak dituzten bideetan.

Duten sonoritate txikiagoa testura negatiboaren, agregakin-tamaina txikiaren eta hutsune-eduki handiaren ondorio da.

#### 16. taula - AUTL nahaste bituminosoen ezaugarrien laburpena

Ezaugarriak	Oharrak
Labainketarekiko erresistentzia	Labainketarekiko erresistentzia egokia dute, agregakin-tamaina txikiak lagunduta.
Gidariaren erosotasuna	Erosotasuna hobetu egiten da, ibilgailuaren barruan zarata txikiagoa dagoelako.
Iraunkortasuna	Iraunkortasun estimatua 12 urte ingurukoa dute, eta AC-S batek, berriz, 18 urtekoa. Trazadura bihurria edo sartzeko erreiak dituzten errepideetan, iraunkortasuna zertxobait txikiagoa izan daiteke.
Errodadurarekiko erresistentzia (eragina energia-kontsumoan eta CO <sub>2</sub> -emisioetan)	Ezaugarri egokiak, testura negatiboa dutelako.
Birziklatuak izateko eta bigarren mailako material gisa erabiltzeko ahalmena	Fabrikazioan zepak erabiltzea onartzen da, baina gaur egun ez da fresaketarik gehitzea baimentzen. Beste nahaste bituminoso batzuetan erabil daitezke, baina tasa txiki edo ertainetan, elementu fin gutxiko eskeleto minerala baitute.
Geruzaren kostua	AC nahasteak baino garestiagoak izaten dira tonako, betun-eduki handiagoa dutelako eta betun eraldatuak behar dituztelako, baina, lodiera txikiagoaz jartzen direnez, kostua antzekoa izaten dute. Iraunkortasun txikiagoa izateak kostu hori handitzen du. Mantentze-lanen kostua AC nahasteenaren antzekoa da.
Murrizketa praktikoak	Ez dira egokiak esfortzu tangenzial handiak dituzten eremuetarako, hala nola bihurgune itxietarako, biribilguneetarako edo sartzeko errei ugari dituzten errepideetarako.
Soinu-maila	Epe laburrerako murrizketa erreferentziarekiko. AUTL 11: 1-2 AUTL 8: 1-3 AUTL 5: 1-4 Igoera epe luzera. AUTL 11: 0,2 (0,1 AC surf S-erako) AUTL 8: 0,4 AUTL 5: 0,4



## 10.6 Nahaste poroelastikoak

Agregakinekin, kautxu birziklatuarekin eta betun eraldatu batekin edo poliuretano batekin egindako nahaste drainatzaile batek osatzen du zoladura poroelastikoa (PERS: Poro-Elastic Road Surface). Hutsune-edukia % 20 eta % 40 artekoa du. Oso gainazal malgu gisa funtzionatzen du, eta bibrazio bidezko zarataren garapena murrizten du. Soinu-maila 5 eta 15 dB artean murriztea lortzen da asfaltozko hormigoi konbentzionalarekiko.

Zoladura hau esperimentu-mailan dago oraindik, baina hainbat ikerketa-proiekturen xede izan da Europan (Persuade) eta Japonian. Oraingoz, hauek dira ditu ahulezia nagusiak: euskarriarekiko itsaspenen-falta, labainketarekiko erresistentzia txikia, suarekiko portaera txarra eta iraunkortasun eskasa. Patente bat dago produktuaren gainean.

Dosifikazio ohikoena hauek dira: % 37 0/2 kautxua, % 7,5 poliuretano-aglutinatzailea eta % 55,5 agregakin arruntak.

## 11. LABURPENA ETA GOMENDIOAK

Zirkulazioaren zarata sortzen da bi hauen ondoriozko zarataren konbinazioagatik: alde batetik, ibilgailuaren zati mekanikoak eta karrozeria (motorraren zarata) eta, bestetik, errodadura. Errodadura-zarata pneumatikoen eta zoladuraren arteko kontaktuan sortzen da, eta gainazal-motaren eragin handia du. Motorraren zaratari nagusitzen zaio 35 km/h-ko abiadura gainditzen duten turismoentzat, eta 60 km/h-koa gainditzen duten kamioientzat. Beraz, zoladurak zarataren sorreran duen eragina funtsezkoa da 35-60 km/h-tik gorako abiadurak hartzen dituzten hiri barruko errepideetan eta hiriartekoetan.

Errodadura-geruza batzuek errodadura-zarata murrizteko ahalmena dute, AC16 surf S motako nahaste bituminoso konbentzionalen aldean. Nahaste bituminosoen zarata-maila kontrolatzen duten ezaugarri nagusiak dira agregakinaren gehieneko tamaina, hutsuneak eta testura.

Dokumentu honetan errodadura-zaratari buruzko oinarritzko kontzeptuak azaldu dira, barne direla osasunaren gainean dituen ondorioak, zaratari buruzko araudia, neurtzeko prozedurak, ondorioak kuantifikatzeko kalkulu-metodoak eta haren maila murrizteko ahalmen handiena duten nahaste bituminosoen ezaugarriak.

Nahaste bituminosoen soinu-mailaren estimazioa baliagarria da Europar Batasunak zarataren aurka jarduteko eskatzen dituen planak definitzeko. Orain arte, CNOSSOS-EU kalkulu-metodoan aurkezten direnak soilik daude, Holandako praktikatik hartuak, eta ez dakigu egokitzen ote diren PG-3an definituta dauden eta Euskal Autonomia Erkidegoan erabiltzen diren nahaste bituminosoen ezaugarrietara. Dokumentu honetan proposamen bat egin da foru-aldundien sareetan erabiltzen den nahaste bituminosoaren mota bakoitzerako jarduketaren planak egitean kontuan har daitekeen zarata-murrizketari buruz.

Errodadura-zarata murriztea da zaratari buruzko Europako politikaren helburu nagusietako bat, eta sonoritate txikiko nahaste bituminosoen erabilera erregulatzeko prozedurarik egokienak eztabaidatzen ari dira jadanik. Datozen urteetan aurrerapenak espero dira ildo horretatik, eta komenigarria da foru-aldundiak eta Euskal Autonomia Erkidegoko gainerako



errepide-administrazioak eta enpresak egoera horretarako prestatzen joatea, beharrezko ezagutzak eskuratuta, sareetan neurketak eginda eta zarata murrizteko potentzial handieneko nahaste bituminosoekin probak eginda.



## 1. ERANSKINA – ERRENTAGARRITASUN-AZTERKETAK

### A1.1 Kostu-onura metodoa

Zarataren aurkako jarduketaren errentagarritasun-azterketak egiteko gehien erabiltzen den metodoa kostu-onurarena da, baina badira aplika daitezkeen beste batzuk ere, kostu-efikaziarena adibidez.

Kostu-onura analisia helburu du jarduketa-plan jakin batek gizartearentzat emaitza positiboa edo negatiboa duen zehaztea, eta aukera ematen du hainbat planen artean sozialki efikazena dena hautatzeko.

Metodoa aplikatzeko jarraibideak dokumentu hauetan aurkitu daitezke, besteak beste:

- “Guide to cost benefit analysis of investment projects”, 2008ko uztailean Europar Batasunak argitaratua.
- “Decision and cost/benefit methods for noise abatement measures in Europe”, EPA sareko Interest Group on Traffic Noise Abatement (European Networks of the Heads of Environment Protection Agencies) taldeak 2018ko otsailean argitaratua.
- “3/2014 Zerbitzu Oharra: Informazio-azterketen edo aurreproiektuen errentagarritasun-azterketetan sartu beharreko gutxieneko edukiei buruzko preskripzio eta gomendio teknikoak, Garraio eta Mugikortasun Jasangarriko Ministerioaren Azterketa eta Proiektuen Zuzendariordetza Nagusiarenak”.

Euskal Autonomia Erkidegoko foru-aldundiak ere badituzte zarata-jarduketei buruzko erabakiak hartzeko metodoak, ondorengo atal batean laburbiltzen direnak.

Kostu-onura analisia honako etapa hauetan egiten da:

- Egoera eta jarduteko estrategiak planteatzea, abiapuntuko egoera (jarduerarik gabe) barne.
- Inpaktuak identifikatzea.
- Jarduketaren kostua zehaztea.
- Onuren diru-balorazioa (inpaktuak).
- Itzulerako barne-tasa eta kostuen uneko balio garbia kalkulatzeko.
- Kostu-onura konparazioa.
- Emaitzak ebaluatzea.
- Sentikortasun-analisia.

Analisian jarduketaren kostua hartzen da kontuan, jarduketa inplementatzeko inbertsioaren kostuak direla-eta, proiektu- eta eraikuntza-kostuak barne, gehi kontuan hartutako analisi-aldiko mantentzearen eta berrezartzearen ondoriozkoak (aldi hori 25 edo 30 urtekoa izan ohi da). Halaber, inbertsioak analisi-aldiaren amaieran duen hondar-balioa ere kontuan hartu behar da.

A.1.1 taulan, sonoritate txikiko nahaste bituminosoen kostu erlatiboak jasotzen dira 2024rako, AC-S nahaste bituminosoei dagokienez. Prezioa nabarmen alda daiteke merkatuaren baldintzen arabera eta, bereziki, osagaien prezioaren arabera; beraz, orientagarritzat soilik hartu behar da. Kostuen konparazioa desberdina izan daiteke eraikuntza-motaren arabera. Hala, eraikuntza berriko bide-zoru batean, lodiera txikiko





geruza bat beheko geruzen lodiera handituta konpentsatu behar da, eta prezioaren hobekuntza errodadura meheenaren lodieraren kostu-aldeari dagokio soilik; gainazaleko birgaitze-lan batean, berriz, baliteke horrela ez izatea, eta, orduan, materialaren kostu-aldeak eta geruzaren lodiera txikiagoak eragina izango dute kostu-aldean.

**A.1.1 taula - Errodadura-geruzen prezio erlatiboak**

Taula			
Nahaste bituminosoa	Prezio erlatiboa, €/ m <sup>2</sup> /cm	Geruzaren lodiera, cm	Geruzaren kostu erlatiboa, €/m <sup>2</sup>
AC-S	1,00	5	1,00
BBTM A	1,08	3	0,65
BBTM B	1,10	3	0,66
AUTL	1,07	2	0,43
SMA	1,44	3	0,86
PA	1,10	4	0,88

Berrezarpenaren kostuan, errodadura-geruzen iraunkortasuna hartu behar da kontuan. Iraunkortasun hori, EAEko esperientziaren arabera, A.1.2 taulakoa da, AUTL eta SMA nahasteetarako izan ezik, horien iraunkortasuna dagoen bibliografiaren bidez kalkulatu baita.

**A.1.2 taula - Errodadura-geruzen iraunkortasuna (urteak)**

Nahaste bituminosoa	Autobideak eta errepide nagusiak	Bigarren mailako errepideak
AC	18	20
BBTM A	15	18
BBTM B	14	16
AUTL	12	14
SMA	20	22
PA	12	14

Onuran kontuan hartzen dira gizarte-inpaktuak, barne hartuta erabiltzailearentzako zuzeneko kostuak gehi kanpo-kostuak ingurumen-hobekuntzen ondorioz. Baliteke inpaktu guztiek ez ekartzea kostu-murrizketarik, eta kasuak kasu gehitu edo kendu behar izatea.

Jarduketek trafikoa aldatzen badute (adibidez, gehieneko abiadura murrizten bada), honako hauek har daitezke kontuan:

- Ibilbide-denbora handitzearen kostua.
- Erregai-kontsumoaren kostua.
- Istripuen kostua.



Horiez gain, beste ingurumen-inpaktu batzuk ere izan daitezke:

- Atmosferarako emisioen kostua, abiaduraren arabera.
- Inpaktuaren kostua berotze globalean.
- Naturaren eta paisaiaren gaineko kostua.
- Zarata-maila aldatzearen kostua.

Jarduketak pantailak barne hartzen baditu, zarata murriztearen kostuaz gain, eremuaren estetikaren gaineko eragina eta trafikoaren ikusmena kentzearen eragina har daiteke kontuan.

Sonoritate baxuko errodadura-geruzak barne hartzen dituzten jarduketetan, birgaitze-obra ohikoenek eragindako buxadurak edo denbora-galerak sar daitezke, hala badagokio.

Zarataren eragozpenen eta horien ondoriozko gaixotasunen ondoriozko kostuak 28en Europarako gomendatutako balioetatik har daitezke<sup>17</sup> (A.1.2 taulan laburbiltzen dira), eragozpenen kostuen gehi osasun-kostuen batura gisa. Eragozpenen kostuak lortzen dira zarata murrizteko pertsona batek duen ordaintzeko prestasunetik (inkesten bidez lortzen da). Osasun-kostua Europako azterketa batetik hartua da<sup>18</sup>. Pertsona bakoitzeko kostu horiek eragindako pertsona-kopuruarekin biderkatzen dira, guztizko kostua lortzeko.

#### A.1.3 taula - Errepideko trafikoaren zarataren ingurumen-kostua, EU28 (€2016/dB/pertsona/urte)

Lden —dB(A)—	Eragozpenak	Osasuna	Guztira
50-54	14	3	17
55-59	28	3	31
60-64	28	6	34
65-69	54	9	63
70-74	54	13	67
≥75	54	18	72

Prezio horiei aipatutako eskuliburuan Espainiarako adierazitako zuzenketak aplikatu behar zaizkie, eta adierazitako edizioa (2019) erabiltzen bada (2016ko prezioak jasotzen ditu), 2016tik kalkulu-urtera bitarteko KPIaren ondoriozko igoera.

Eskuliburuak beste inpaktu batzuetarako erreferentzia-kostuak ere jasotzen ditu, hala nola istripuak, ingurumen-kutsadura edo zirkulazio-denborak, analisietan erabil daitezkeenak.

Batzuetan, ezin zaie zuzenean diru-balio bat esleitu aurreko inpaktu guztiei, eta, inguruabar hori gertatzen denean, irizpide anitzeko analisi bat egin daiteke, eskala baten barruan balioak esleitura eta horietako bakoitzari pisu haztatuak aplikatuta.

<sup>17</sup> Handbook on the external costs of transport; European Commission, 2019.

<sup>18</sup> Environmental Noise: Valuing impacts on: sleep disturbance, annoyance, hypertension, productivity and quiet; Department for Environment, Food&Rural Affairs (DEFRA), 2014.



Etorkizuneko urteko kostuak analisi-aldiko urte bakoitzean hartu behar dira, kontuan hartutako deskontu-tasarekin murriztuta. Kostu osoa bere uneko balio garbian hartu behar da kontuan.

Jarraian, kostu-onura metodoaren adibide sinplifikatu bat aurkezten da, lehen aipatutako EPAren argitalpenetik hartua.

Adibide honetan 5 km-ko luzerako errepide bat hartzen da, 2 x 2 erreikoa eta guztira 25 m-ko plataforma-zabalerakoa. Errepideak 400 etxebizitzako auzune bat zeharkatzen du, eta etxebizitza horiek zarata-maila handi baten pean daude.

Zenbait jarduera hartzen dira kontuan:

- Soinu-maila txikiko errodadura-geruzak aplikatzea:
  - BBTM B motako 1 nahaste bituminoso mehe (1. geruza), soinu-maila 3,5 dB murrizten duena.
  - 1 nahaste bituminoso drainatzaile geruza bikoitzean (2. geruza), soinu-maila 6 dB murrizten duena.

3 m-ko hesi akustiko bat jartzea, zarata 10 dB murrizten duena errepidetik hurbilen dauden eraikinen erdientzat, eta 5 dB beste erdientzat.

- 3 m-ko hesia jartzearen eta 2. motako errodadura-geruza aplikatzearen konbinazioa.
- 6 m-ko hesi bat jartzearen eta 2. motako errodadura-geruza aplikatzearen konbinazioa.

Jarduketan zuzeneko kostuak kostuen estimazioari buruzko Holandako arautik hartuta daude (2009ko kostuak). Lehen instalazioko eta 30 urtez mantentzeko kostuak barne hartzen dituzte.

Zarata-murrizketa eraikin bakoitzerako lortutako murrizketaren batura da, honela neurtuta: dB \* etxebizitzan (dB \* v). Helburuko zarata-maila 50 dB da.

Adibide honetan suposatzen da 400 etxebizitzetan zarata-helburua betetzeko 3.500 dB \* etxebizitza behar direla. Jarduketa bakoitzaren bidez lortutako zarata-mailaren murrizketa kalkulu-eredu baten bidez aterako litzateke.

#### A.1.4 taula.- Jarduketan analisia

Jarduketa	Kostuak (M €)	Guztizko murrizketa (dB * v)	Beharrezko murrizketa (dB * v)	Efikazia
<b>A. Ez da jarduten</b>	0	0	3.500	% 0
<b>B. 1. geruza</b>	4,9	1.200	3.500	% 45
<b>C. 2. geruza</b>	9,9	2.600	3.500	% 77
<b>D. 3 m-ko hesia</b>	20,7	3.400	3.500	% 97
<b>E. 3 m-ko hesia + 2. geruza</b>	30,5	5.800	3.500	% 161
<b>F. 6 m-ko hesia + 2. geruza</b>	48,2	6.800	3.500	% 200

Zarata murriztearen ondoriozko onurak ekonomikoki kuantifikatu dira. Adibide honetan suposatzen da zaratak eragindako eragozpenekiko onurak direla, kontuan hartuta 25



€/pertsona/urte (ordaintzeko prestasuna, EU 2001) eta 30 urteko analisi-aldia. Zifra horrek eragozpenen ondoriozko kostua baino ez du barne hartzen. Osasun-kostuak eragozpenengatik kontuan hartutakoen % 50 direla jotzen da.

Guztizko onuren kuantifikazio ekonomikoa honela egiten da:

- Lden,v-n kalkulatu da etxebizitza bakoitzerako.
- Etxebizitza bakoitzeko pertsona kopurua (Np,v) zehazten da edo estimazio generiko bat erabiltzen da (adibidez, 2,1).
- Kanpoko kostu guztiak kalkulatu dira, etxebizitza bakoitzarenak batuta; hau da:

$$\text{Guztizko kostuak} = \sum 25 \text{ €} * N_{p,v} * (L_{den,v} - 50) * 30 \text{ urte.}$$

Adibideari zifra horiek aplikatuta, 14,2 milioi €-ko kostua aterako litzateke jarduten ez den kasurako.

Adibide honetan kostuak zuzenean batu dira, nahiz eta urteko balio garbi eguneratuak hartu behar ziren.

Jarduketa bakoitzerako emaitzetatik abiatuta, onurak kostuekin aldera daitezke. Aldea positiboa bada (kostuak onurak baino txikiagoak badira), jarduketa aintzat har daiteke. Negatiboa balitz, jarduketa gizartearentzat garestia izango litzateke. Kostu-onura erlazioa ere erabil daiteke konparaziorako.

Azaldutako adibidean dagozkion kalkuluak eginda, C jarduketa litzateke egokiena.

Adibide honek oso modu sinplifikatuan erakusten du metodoaren garapena. Hurrengo atalean, eragindako biztanleria analizatzeko eta neurriaren efikazia analizatzeko prozedura zehatzak azaltzen dira.

## A1.2 Foru-aldundien prozedurak

Bizkaian eta Gipuzkoan jarduketaren proportzionaltasun ekonomikoa analizatzen da SPEA - Soluzioaren Proportzionaltasun Ekonomikoaren Adierazlea baliatuta.

Adierazle horrek jarduketaren efikazia eta efizientzia honela konbinatzen ditu:

$$\text{Bizkaia: SPEA} = \text{Efikazia} \times \text{Efizientzia} \times 40$$

SPEA < 0,5 bada, jarduketa ekonomikoki neurritz kanpoko da

SPEA ≥ 0,5 bada, jarduketa bideragarria da.

$$\text{Gipuzkoa: SPEA} = (\text{Efikazia} \times \text{Efizientzia})/25$$

Jarduketaren balorazioa honako hau da:

SPEA > 4,0: Oso ona

SPEA > 2,0: Ona

SPEA > 1,0: Nahikoa

SPEA < 1,0: Eskasa



## SPEA &lt; 0,5: Txarra

Bi prozeduretan, efikazia honela definitzen da: eragindako multzoan neurriak duen efektua, eta zatiketa hau eginda lortzen da: soluzioa ezarri ondoren Kalitate Akustikoko Helburuak (KAH) gainditzen dituzten mailen eraginpean egoteari utziko dion biztanleria zati eremu horretan KAH gainditzen duten mailen eraginpean gaur egun dagoen biztanleria, ehunekotan. Bizkaian pertsona-kopuruaren arabera ebaluatzen da, eta Gipuzkoan eraikin-kopuruaren arabera.

Adibidez, Bizkaian, urbanizazio batean 80 pertsona badaude KAH gainditzen duten mailen eraginpean (gaualdian, hori baita adierazlerik sentikorrena) eta estimatzen bada jarduketaren ondoren 20 pertsona baino ez direla eraginpean geratzen, efikazia hau da:  $100 \times (80-20)/80 = \% 75$ .

Eraikin bakoitzari esleitutako pertsona-kopurua PCI/1319/2018 Aginduan adierazitakoan oinarritzen da, eraikin bakoitzari egotzita eragiketa honen emaitzazko pertsona-kopurua: zentsu-sekzioko guztizko pertsona-kopurua bider eraikinaren bolumenaren eta zentsu-sekzioko bizitegi-eraikinen bolumen osoaren arteko zatidura; estimazio doituagoa egitea ahalbidetuko duten datuak eduki ezean.

Aurrekoa osatzeko, hartzaileen banaketa egin da, PCI/1319/2018 Aginduaren arabera. 5 m baino gehiagoko luzerako fatxadetan, hartzaileak erregulariki ahalik eta luzerarik handienez bereizita banatzen dira, gehienez 5 m-ko separaziora iritsi arte. Hartzaile bakoitzari populazio haztatua esleitzen zaio, fatxadaren luzeraren arabera. Eraikin bateko hartzaile guztien populazioaren batura eraikineko populazio osoari egokituko zaio. SPEAren kalkuluan, KAHak gainditzen dituzten hartzaile guztiak hartzen dira kontuan. Hartzaile bakoitzaren zarata-mailak, egungo egoeran, eta jarduketaren ondoren dagoena CNOSSOS-EU metodoaren bidez lortzen dira. Aurrekoaren kasu bereziak Foru Aldundiaren barne-ohar batean garatzen dira.

Gipuzkoarako adibide batean, % 100eko efikaziak berekin dakar jarduketak eraikin guztien soinu-maila zuzentzen duela, eta % 50eko efikaziak eraikinen erdiena.

Efizientziak jarduketaren onura akustikoa alderatzen du haren kostuarekin.

Bizkaian, onura akustikoa EZKI - Errepideetako Zarata Kudeatzeko Indizearen bidez zehazten da. Indize horrek aztertutako eremuan KAHak gainditzen dituen populazioa eta haien gainditze-larritasuna baloratzen ditu. EZKla lortzeko, hartzaile bakoitzarentzat hartzaile horri lotutako biztanleen emaitza gehitzen da, hartzaileak jasotako mailaren eta KAHaren arteko aldearekin biderkatuta. Efizientzia lortzen da hasierako EZKlaren eta etorkizuneko EZKlaren arteko aldea jarduketaren kostuarekin zatituta.

Gipuzkoan, jarduketaren onura akustikoa eurotan baloratzen da, kontuan hartuta eragozpenari edo OP - Ordaintzeko Prestasunari lotutako kostua (eragozpena saihesteagatik biztanleriaren OParen bidez lortzen da) eta osasunaren gainean eragindako kalteen ondoriozko eragozpena. Kostuak EAEko errentaren arabera doitutako Europako datuetatik hartzen dira. Jarduketaren onura ebaluatzeko, aztertutako zonako hartzaile guztiak sartzen dira, eta eragozpenak baloratzen dira gauez 40 dB-eko eta egunez 50 dB-eko atalasea kontuan hartuta, KAHenak baino txikiagoak. Hain zuzen ere, onura hori adierazten dute Europako zenbait azterketek zarata-maila murrizteagatik herritarrak ordaintzeko prest



dauden gutxieneko atalase gisa. Onuragarritzat jotzen da KAHen azpitik dauden hartzaileengan zarata-mailak jaitsi ahal izatea, egoera lasaiagoa lortzeko. Metodologia garatzeko, biztanle-kopuru bat esleitzen zaio zarata-mapetako puntu hartzaile bakoitzari. Eraikin bakoitzaren populazioa kalkulu-puntu bakoitzeko fatxada-luzeraren proportzioan banatzen da. Pertsona-kopuru horrekin, soinu-mailarekin eta urteko eta pertsonako OParekin efizientzia kalkula daiteke.



## 2. ERANSKINA – GERUZA BIKOITZEKO NAHASTE DRAINATZAILEAK GIPUZKOAN

Gipuzkoako Foru Aldundiak geruza bikoitzeko nahaste drainatzailea erabili du zenbait tarte egikaritzeko, errodadura-zarata murriztearren.

Horietako bi GI-20 errepidean daude, 7+850 eta 8+250 kilometro-puntuen artean, Donostiako Loiola auzoan, bakoitza galtzada batean, eta urtebeteko desfasearekin eraiki ziren. N-I errepidearen tarteak 452+760 KParen eta 453+572 KParen artean dago, Lasarte Orian, Irunerako norabidean.

**A.2.1 taula - GFaren sareko geruza bikoitzeko nahaste drainatzailea duten tarteak**

Tartea	Zerbitzuan jarritako urtea	Hasierako KPa	Amaierako KPa	Luzera (m)	Trafiko-kategoria
GI-20, gorakorra	2018	7+850	8+250	400	T1
GI-20, Beherakorra	2019	8+250	7+850	400	T1
N-I, Lasarte	2021	452+760	453+572	812	T0

Bi kasuetan, asmoa zen pantaila akustikoen efektua osatzea, aldameneko eraikinetan soinua murrizteko helburuak betetzeko.

Bi jarduketetan, zegoen errodadura fresatu zen, gero tarteko geruza bat eta errodadura drainatzailea geruza bikoitzean jartzeko.

N-I errepidearen tartean azpiko geruza drainatzailea PA 16 motakoa zen, 4,7 cm-ko lodierakoa, eta goiko drainatzailea PA 11 motakoa, 3,5 cm-ko lodierakoa. GI-20 errepidearen tarteetan, gaineko geruza PA 8 motakoa zen (egiaz PA 11 motakoa, baina agregakinaren % 100 11 mm-ko bahetik pasatuta). Betunaren batez besteko edukia % 4,5ekoak izan ziren N-I errepidean, eta % 4,7koak GI-20 errepidean, eta bi geruzetan diseinu-hutsuneen edukia % 20 ingurukoa zen.

Obran jartzeko, 250 m inguru desfasatutako bi zabaltzeko makina erabili ziren. Horrela, lehenengoak azpiko geruza jartzen zuen, eta bigarrenak, berriz, gaineko geruza, lehenengo geruzaren temperatura 80 °C-ra jaitsi ondoren. Ez zen itsaspen-garaztadarik egin bi geruzen artean.

Trinkotzeen bidez % 98tik gorako trinkotasunak lortu ziren neurtutako puntu guztietan. Batez besteko makrotestura 2,6 mm-koa izan zen, eta batez besteko iragazkortasuna 28 s-koa, % 21,2ko hutsune-edukiaren baliokidea.

Geruza berria jarri aurretik, jarri eta berehala eta zenbait hilabete igaro ondoren egin ziren soinui-mailen neurketak. Neurketa guztiak UNE-ISO 1996 arauaren arabera egin ziren.

GI-20 errepidean, jarduketaren aurretik, hasierako LAeq soinu-maila 78-80 dB ingurukoa zen. Geruza bikoitzeko nahaste drainatzailea zerbitzuan jarri ondoren, lortutako murrizketa 12 dB ingurukoa izan zen aurreko errodaduraren balioekin alderatuta. Bi urte geroago, 9 dB inguruko murrizketa neurtu zen, eta 4 urte geroago, 2023an, 11 dB inguruko murrizketa neurtu zen berriro. Murrizketa horiek ordezkaturako nahaste bituminosoei dagozkie,



zahartuta baitzeuden. Beraz, ezin da zuzenean ondorioztatu nahaste berri konbentzionalekiko soinu-murrizketa.

N-I errepidean, nahaste zaharraren soinu-maila GI-20 errepidean baino pixka bat txikiagoa zen, eta 76-78 dB artean zegoen. 2021ean zoladura drainatzailea geruza bikoitzean jarri ondoren soinu-murrizketa 7,2 dB ingurukoa izan zen, eta bi urte geroago antzeko murrizketari eutsi zitzaion (7,6 dB ingurukoa).





## BIDE-ZORUEN MAHAIKO KIDEAK

### Arabako Foru Aldundia

Miguel Ángel Ortiz de Landaluce Martínez de Rituerto

Errepideen Zerbitzuko burua

### Bizkaiko Foru Aldundia

Felipe Cobo Sánchez

Bide-sarea Kudeatzeko Zuzendariordea

José Miguel De La Fuente Casado

Azpiegiturak Garapeneko Zuzendariorde Nagusia

### Gipuzkoako Foru Aldundia

Susana Luzuriaga Mocoroa

Bide Azpiegituren Birgaitzea eta Bulego Teknikoko zerbitziburua

### Eusko Jaurlaritza

Luis Ignacio López de Aguilera Salazar

Garraio Azpiegituretako arduraduna

### REDACCIÓN

Aurelio Ruiz Rubio

CIESM-INTEVIA zuzendaria