

Audiološki centar Otorinolaringološke klinike
Medicinskog fakulteta u Zagrebu

Dr Boris Salaj,

FAKTOR INFRAZVUČNE KOMPONENTE U GOVORNOJ AUDIOMETRIJI

Ljudsko uho registrira akustičke pojave u rasponu od 16 do 20.000 Hz. U okviru tog raspona uključeno je tzv. »govorno polje« koje se proteže od 80 do 12.000 Hz, a koje je frekvencijski i amplitudno definirano kvalitetom govornih elemenata. Već su **Fletcher** 1929, te kasnije **Dewey, Poter-Koop-Green, Benson, Hirsch**, te niz drugih autora vani u svijetu, a kod nas **Kostić i Pražić**, izvršili detaljna fotospektrometrijska mjerenja i analize govornih elemenata, te detaljno opisali njihove akustičke karakteristike.

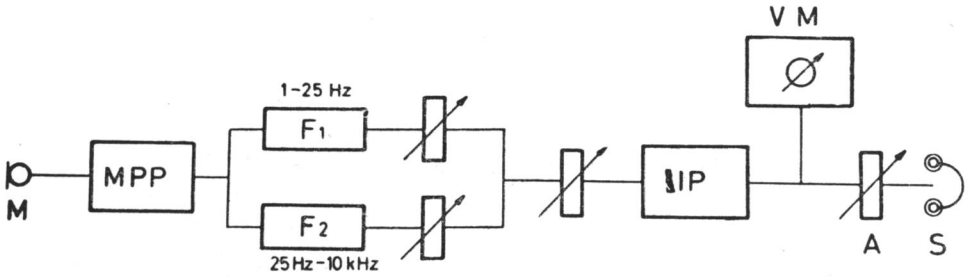
Kako su do sada svi autori obavljali ispitivanja pomoću uređaja koji frekvencijski obuhvaćaju samo čujni raspon ljudskog uha, u određenom smislu zapostavljali su svjesno analize akustičkih pojava u infra i ultra zvučnom području.

Pojave u ultrazvučnom pojasu, s obzirom na fizičku kvalitetu izvora i fizikalno-akustičke karakteristike, možemo praktički izostaviti.

Akustičke pojave u infrazvučnom području mogu se teoretski i praktički dokazati, a **Jelaković** je u okviru specijalnih mjerenja infrazvuka mogao i kod emisije govornih elemenata registrirati određene manifestacije u tom području.

Ti momenti, kao i ispitivanja koja smo mi sami vršili s infrazvučnim elementima kod izrade indikativnog testa za radnike izložene jakoj industrijskoj buci, potakli su nas da ispitamo faktor infrazvučne komponente i u govornoj audiometriji.

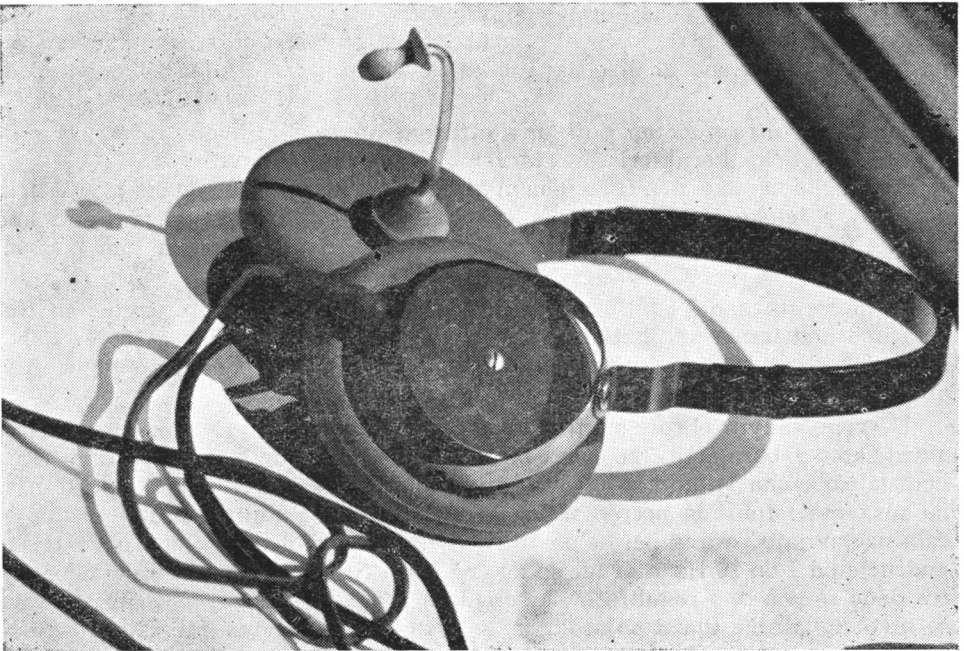
U svrhu takvih eksperimentalnih ispitivanja izradili smo u našem elektroakustičkom laboratoriju, po nacrtima **Gregurića**, audiometar s infrazvučnim područjem (slika 1), koji se sastoji od kristalnog mikrofona (M) priključenog na ulaz mikrofonskog pretpojačala (MPP). Na izlazu mikrofonskog pretpojačala nastavlja se dva paralelna filtra (F1, F2). Jedan propušta frekvencijsko područje od 1 do 20 Hz, a drugi od 20 do 10.000 Hz. Nivo signala iza svakog filtra daje se posebno regulirati. Zajedničkim regulatorom, koji slijedi, podešava se nivo signala na ulazu pojačala snage (JP). Za indikaciju intenziteta izgovorene riječi ugrađen je volumetar za vršne vrijednosti (VM), koji je priključen na izlaz pojačala snage. Njegov je frekvencijski opseg od 30 Hz do 10.000



(Sl. 1.)

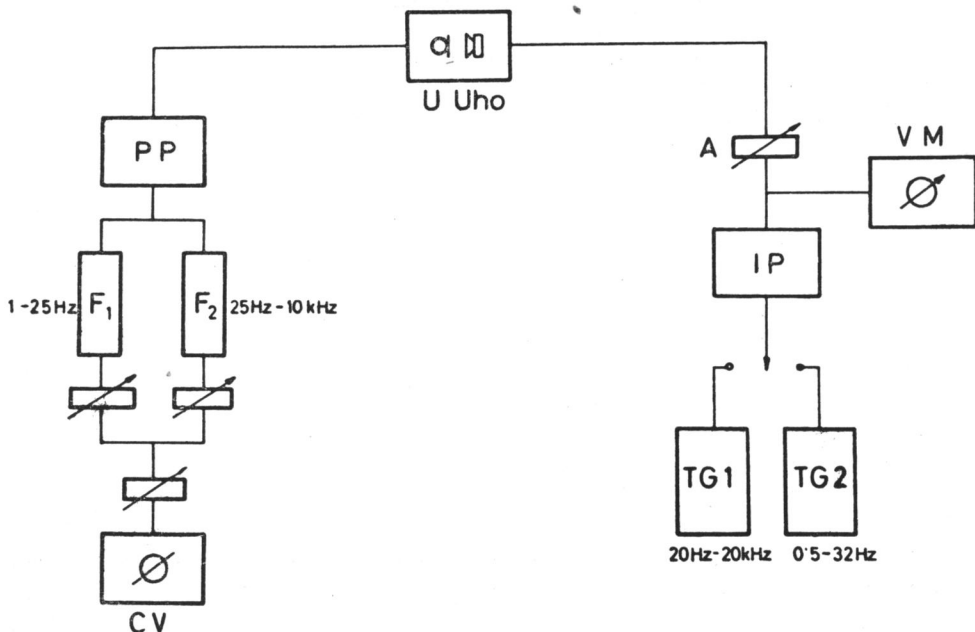
Hz, tako da obuhvaća samo čujno područje o kojem ovisi glasnoća. Na isti izlaz priključen je atenuator (A) koji u skokovima od 5 db regulira intenzitet signala u dinamskoj slušalici.

Slušalica (S) ima gumeni štitnik koji gotovo hermetiski prijanja, obuhvaćajući uške, uz glavu ispitanika. Volumen unutar štitnika je relativno malen u odnosu na standardne slušalice audiometra, no kako je taj tzv. »mrtvi prostor«
uz propuštanje pritiska kritičan kod reprodukcije infrazvučnih frekvencija, izradili smo posebni nastavak (slika 2) koji je s jedne strane posve priljubljen uz zvukovod ispitanika, a s druge strane pomoću plastične cjevčice spojen s hermetiski zatvorenom komorom ispred membrane slušalice. Na taj smo način maksimalno otklonili moguće gubitke kod reprodukcije infra-zvučnih pojava.



(Sl. 2.)

Čitav audiometar uključujući mikrofona, pojačala i slušalice izmjeren je i izbaždaren u području od 1 Hz do 10.000 Hz, a u području od 1 do 32 Hz ne odstupa više od 3 db. Kod kalibracije služili smo se umjetnim uhom i instrumentima firme **Brüel-Kjaer**, a na blok shemi prikazani su elementi i princip mjerenja (slika 3).



(Sl. 3.)

S jedne strane umjetnog uha uključeno je izlazno pojačalo (IP) sa atenuatorom (A) i volumetrom za vršne vrijednosti (VM), te generatorima tona za područje od 20 Hz do 20 kHz, te 0,5 do 32 Hz (TG 1 i 2).

S druge strane umjetnog uha nakon priključenog prepojačala (PP), slijede filteri za pojaseve od 1 do 25 Hz, te 25 Hz do 10 kHz. Na svaki filter nastavlja se zaseban atenuator, a preko zajedničkog atenuatora uključen je cijevni voltmetar (CV).

Govorno audiometrijsko ispitivanje vršili smo tako da smo ispitaniku u insonornoj komori direktno preko mikrofona audiometra reproducirali jedan od disilabičnih spondejskih testova. Tim testovnim materijalom služimo se u našem Centru redovno kod govornog audiometrijskog ispitivanja, a izradio ga je, na osnovi principa psihoakustičkog laboratorija Harvardskog sveučilišta, **Pražić**. Potreba reprodukcije infrazvučnih elemenata uslovlila je ispitivanje direktno preko mikrofona, a ne standardno konzerviranim govornim elementima.

U okviru tehnike ispitivanja stalnom kontrolom intenziteta govornih elemenata pomoću volumetra vršnih vrijednosti, ispitivanjem pod insonornim uvjetima, konstantnom brzinom izgovaranja govornih elemenata, radom na uvijek istoj aparaturi, s istim ispitivačem i istim testovnim materijalom mogli smo odbaciti nepoželjne faktore koji mogu utjecati na rezultate ispitivanja.

Ispitivanja smo vršili komparativno na taj način da smo ispitaniku govorni test reproducirali preko audiometra bez infrazvučnog pojasa, a nakon toga prezentirali smo taj isti test, uključujući u aparaturu i infrazvučno područje, koje smo u odnosu na čujno područje linearno pojačali za 15-20 db. Na taj smo način još više istakli akustička zbivanja u infrazvučnom području.

U toku istog ispitivanja vršili smo i izmjenično ispitivanje, bilo prvo s uključenim infrazvučnim pojansom, a nakon toga bez njega ili obrnuto. Na taj smo način otklonili utjecaj eventualnog dekodiranja koje se može pojaviti ponavljanjem istog testa.

Sve osobe kod kojih smo izvršili takva ispitivanja prethodno su detaljno otorinolaringološki obrađene, te tonalno liminarno audiometrijski ispitane.

Slučajevi nisu odabirani već su ispitivanja provedena na neizabranim bolesnicima dnevnog bolesničkog materijala Audiološkog centra Otorinolaringološke klinike Medicinskog fakulteta.

Prema rezultatima audiološke obrade i kliničke slike u materijalu od 44 pacijenta registrirali smo s posve urednim sluhom 3 slučaja, a čisto provodnom naglušnosti 5 slučajeva od kojih su 3 bili kronične otitide i 2 otoskleroze.

Miješanje naglušnosti registrirali smo u 9 slučajeva s pretežno adhezivnim mezotimpanalnim promjenama, descendirajući redukciju kod 23 slučaja, od toga 5 tipa akustičke traume, 8 prezbiakuzičke redukcije, 7 oštećenja u toku terapije ototoksičnim medikamentima i 3 s naglašenim retrolabirinalnim smetnjama, te na koncu 5 slučajeva s atipičnim nepravilnim pretežno uleknutim krivuljama nejasne geneze.

U toku ispitivanja pomoću govornih elemenata bez primjene i s korištenjem infrazvučnog područja dobivene rezultate smo podijelili u dvije grupe.

U prvoj ćemo iznijeti rezultate kod redukcije na intenzitetu optimalnog nivoa inteligibiliteta.

U drugoj grupi prikazat ćemo rezultate ispitivanja na 50%-nom nivou intenziteta od optimalnog nivoa inteligibilnosti, postignutog bez primjene infrazvučnog područja.

Na taj način možemo komparirati rezultate područja iznad 50% nivoa inteligibilnosti s područjem koje ne doseže optimum.

Dobivene rezultate iz prve grupe prikazat ćemo na tabeli 1 (slika 4). Rezultate smo podijelili u četiri odsjeka gdje smo u prvi uključili slučajeve kod kojih je razlika u postotku inteligibiliteta iznosila $\pm 5\%$, te slučajeve kod kojih nije bilo razlike.

Razlika od $\pm 5\%$ inteligibiliteta odgovara u testovnom materijalu samo jednom govornom elementu, a budući da taj procenat potpada i u granicu dozvoljenih varijacija uzeli smo cijelu grupu kao cjelinu. Takve vrijednosti dobili smo kod 26 ispitivanja, odnosno 82% od ukupnog broja ispitanika.

U drugom odsjeku su rezultati $\pm 10\%$ razlike inteligibilnosti. Kod tri ispitivanja dobili smo poboljšanje, a kod jednog smanjenje za 10 %, što odgovara u odnosu na ukupni broj 7%, odnosno 2%.

U trećem odsjeku registrirane su razlike od $\pm 15\%$ gdje su dobivena po 2 ispitivanja poboljšanja, tj. 5%, a ni jedno sa smanjenjem inteligibilnosti.

GRUPA I

+5%	11	25%	36	82%
-5%	8	18%		
=	17	39%		

+10%	3	7%
-10%	1	2%

+	7
-	2

+15%	2	5%
-15%	0	0%

+	5
-	0

+20%	1	2%
-20%	1	2%

+	2
-	2

UKUPNO	44	100%
--------	----	------

+	14
-	4

(Sl. 4.)

U četvrtom odsjeku uvrstili smo razlike od +20% i -20%, te smo registrirali jedno ispitivanje s poboljšanjem i jedno sa smanjenjem što je za jednu i drugu grupu 2%.

GRUPA II

+5%	3	7%	17	39%
-5%	3	7%		
=	11	25%		

+10%	7	16%
-10%	2	5%

+	16
-	5

+15%	7	16%
-15%	1	2%

+	16
-	2

+20%	4	9%
-20%	1	2%

+	9
-	2

> +20%	3	7%
< -20%	1	2%

+	7
-	2

UKUPNO	44	100%
--------	----	------

+	48
-	11

(Sl. 5.)

Rezultate iz druge grupe iznijet ću u tabeli 2 (slika 5) koja je podijeljena u pet odsjeka koji redom odgovaraju ranije opisanim iz prve grupe, jedino su u petoj grupi registrirani ukupno svi slučajevi kod kojih su procenti varirali i preko 20%.

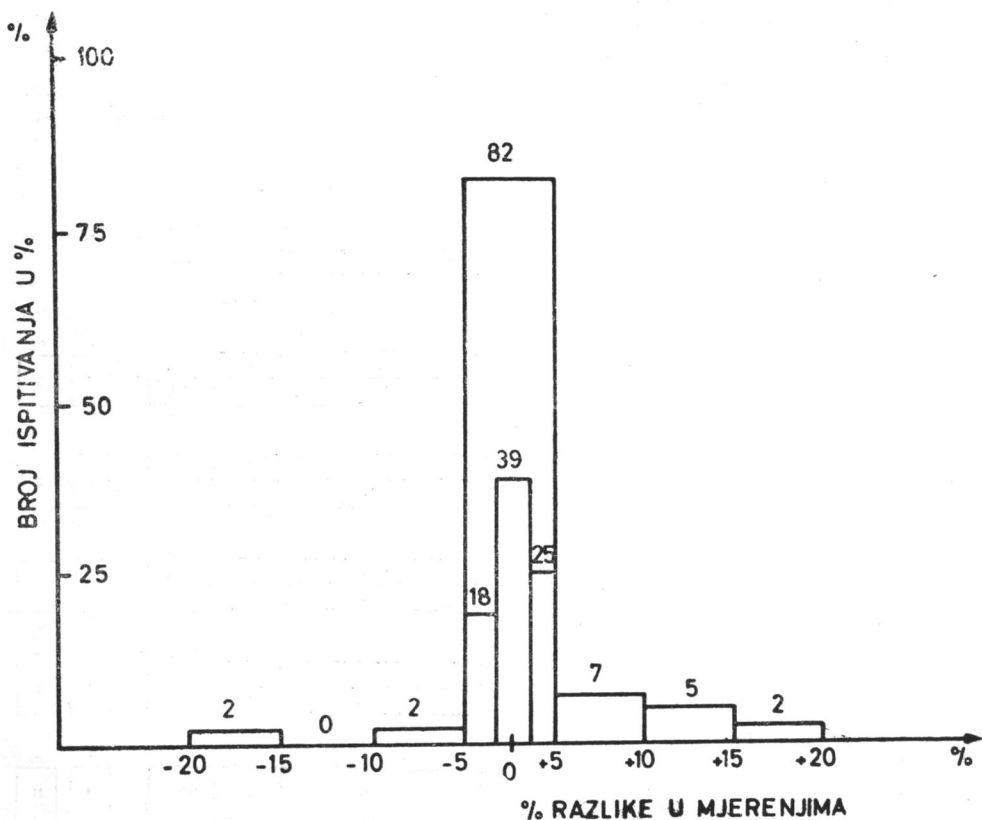
U prvom odsjeku imamo registriranih 17 mjerenja, odnosno 39% s razlikom od 5% zajedno s onima kod kojih nije postojala nikakva razlika inteligibiliteta.

U drugom odsjeku označene su razlike od 10%, pa imamo 7 ispitivanja s poboljšanjem, a 2 sa smanjenjem, odnosno 16% i 5%.

U trećem odsjeku s povišenim, odnosno smanjenim inteligibilitetom za 15% imamo 7 s poboljšanjem i 1 sa smanjenjem, odnosno 16 i 2%.

U četvrtom odsjeku, gdje je ispitana razlika za 20%, registrirana su 4 poboljšanja i jedno smanjenje, odnosno 9 i 2%.

U posljednjem odsjeku, gdje smo uvrstili ukupno sve slučajeve s razlikom preko 20%, imamo 3 ispitivanja s poboljšanim pragom i 2 sa smanjenim pragom inteligibilitnosti.

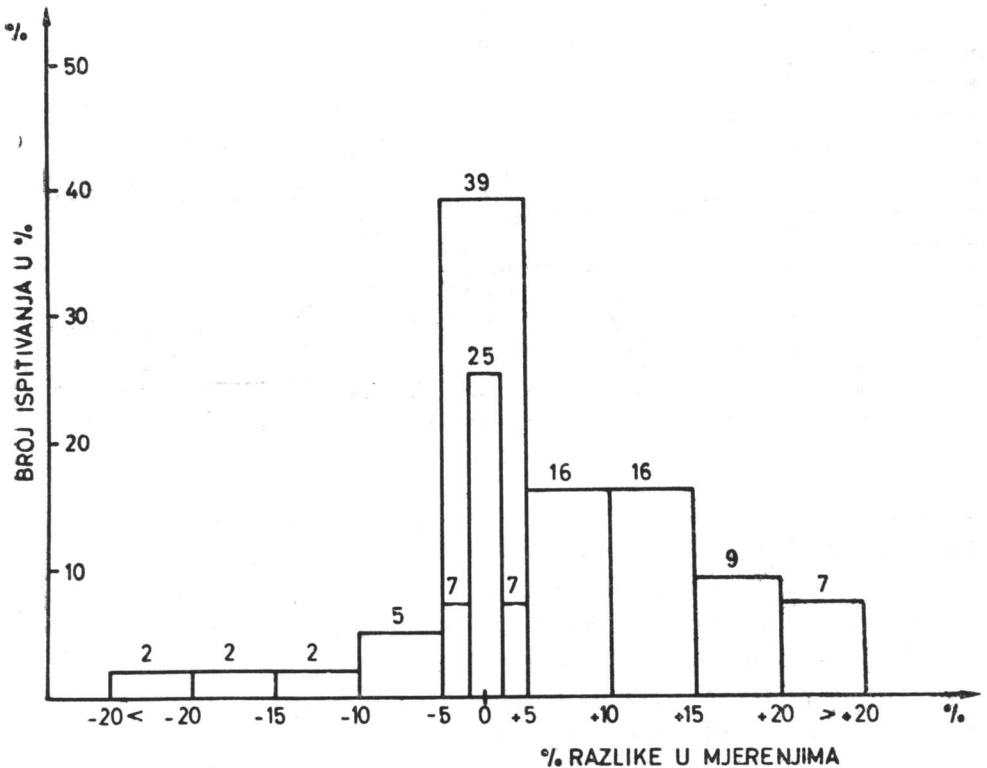


(Sl. 6.)

Iz analiza dobivenih rezultata vidimo u prvoj grupi, u kojoj smo konfrontirali rezultate na optimalnom nivou inteligibiliteta, da se u 82% ispitivanja nije pokazala nikakva razlika (slika 6).

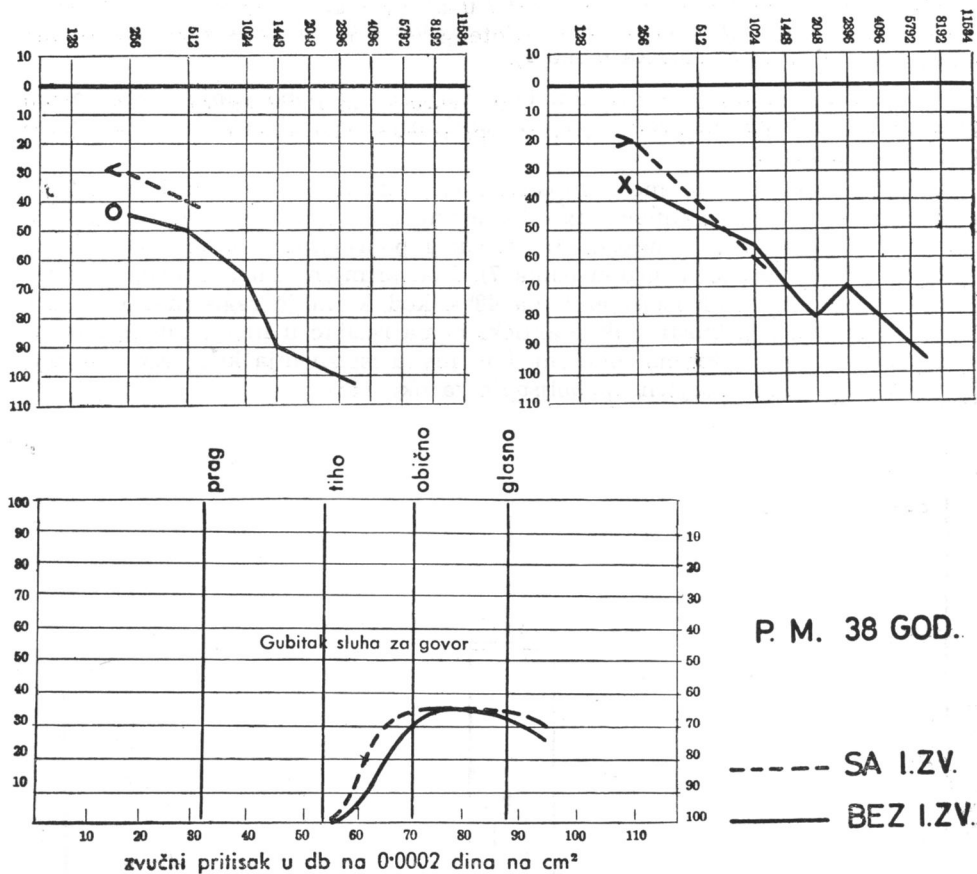
Od ostalih ispitivanja samo kod 14% uslijedilo je poboljšanje praga inteligibilnosti za maksimum 20%, a u 4% ispitivanja registrirano je u istom rasponu i pogoršanje.

U drugoj grupi gdje smo komparirali vrijednosti dobivene kod reprodukcije na 50%-nom nivou intenziteta od intenziteta optimalnog nivoa inteligibilnosti (postignutog bez primjene infrazvučnog područja) vidljive su izvjesne razlike u odnosu na prvu grupu (slika 7). Kod primjene infrazvučnog područja povisuje se postotak ispitivanih na 48%, kod kojih je registrirano poboljšanje praga inteligibilnosti, dok praktički nema razlike u nivou inteligibiliteta kod 39% ispitivanja. Prema tome, na tom nivou ispitivanja kod oko 50% slučajeva je uslijedilo prosječno poboljšanje za oko 15%.



(Sl. 7.)

Na osnovi dobivenih rezultata izvršenim mjerenjem na nivou dvaju intenziteta možemo zaključiti da se primjenom infrazvučnog pojasa u govornoj audiometriji dobiva posve lagano povišenje praga inteligibilnosti i to jedino na



(Sl. 8.)

P. M. 38 GOD.

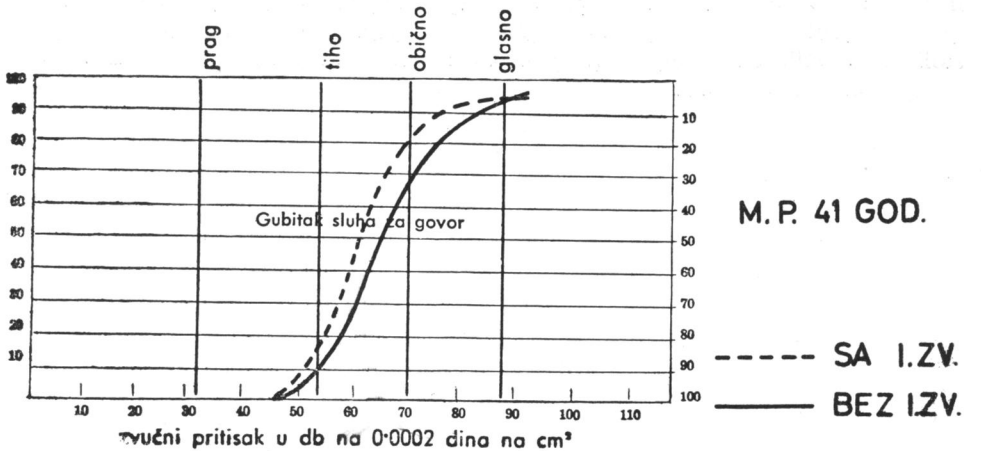
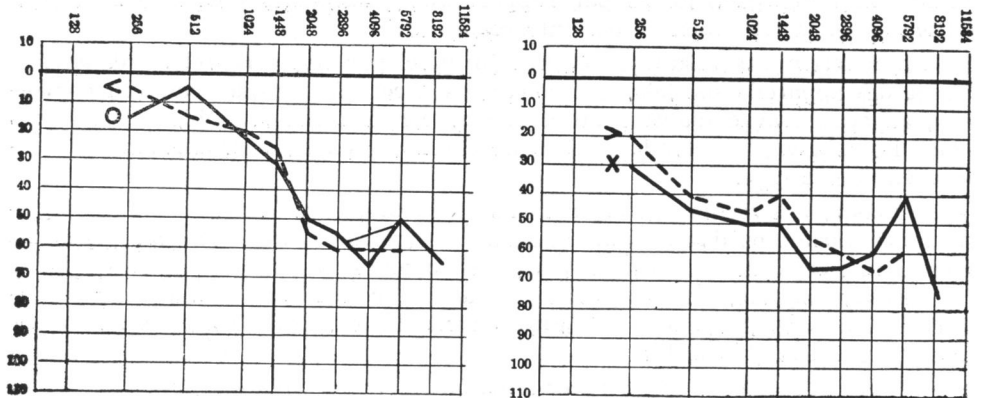
--- SA I.ZV.
 — BEZ I.ZV.

nivou kad intenzitet izgovorenih elemenata nije još dostigao optimalni nivo inteligibilnosti. To povišenje pojavljuje se kod 48% ispitivanja.

Kada intenzitet dostigne optimalni nivo inteligibilnosti reprodukcija s danim infrazvučnim pojasom doprinosi poboljšanju samo kod 14% ispitanika (audiogram 1. sl. 8. i audiogram 2. sl. 9.)

Želio bih naglasiti da rezultate ispitivanja nismo samo komparirali u procentualnim vrijednostima inteligibiliteta, već smo u toku ispitivanja u preko 90% slučajeva registrirali i nemogućnost diskriminacije istih govornih elemenata bilo bez, bilo s primjenom infrazvučnog pojasa.

Na osnovi dobivenih vrijednosti u toku naših ispitivanja nismo mogli registrirati nikakve signifikantne promjene pridodavanjem infrazvučne komponente.



M. P. 41 GOD.

--- SA I.ZV.
 — BEZ I.ZV.

(Sl. 9.)

RÉSUMÉ

Dr. Boris Salaj — Zagreb

LA COMPOSANTE INFRASONORE DANS L'AUDIOMÉTRIE VOCALE

L'importance de la composante infrasonore, c'est-à-dire des phénomènes acoustiques dans la sphère des fréquences s'étendant de 0,5 à 16 Hz, accentuée dans les discussions portant sur l'intelligibilité des éléments vocaux, est un problème qui a brusquement fait apparition dans l'audiologie il y a une dizaine d'années et qui reste depuis ce temps l'objet des recherches très intenses.

Le problème est étudié par un grand nombre d'acousticiens, phonéticiens et audiologues, dont certains attribuent à cette étendue de fréquences une sig-

nification toute particulière par rapport aux possibilités plus larges et plus efficaces de la transmission des informations.

En fonction des résultats obtenus jusqu'ici par nos recherches réalisées à l'aide des appareils spécialement construits à cet effet, nous avons pu constater, en accord avec d'autres auteurs, que certains éléments bien déterminés dans les limites de l'étendue infrasonore renforcent considérablement le phénomène de fatigue.

Au cours des recherches et examens ultérieurs, nous avons réussi à enregistrer des variations d'intelligibilité durant la transmission et le développement des éléments vocaux présentés dans des conditions spéciales, c'est-à-dire à l'aide d'un dispositif acoustique auquel la zone infrasonore amplifiée fut ajoutée et aussi au moyen des installations dont la zone des fréquences ne s'étendait que de 20 à 10.000 Hz.

Les résultats de ces expériences nous ont fait voir des déviations tout à fait insignifiantes dans les limites permises de la courbe de Gauss, ce qui veut dire que ces résultats ne permettent aucune conclusion affirmative quant à la possibilité d'amélioration de l'intelligibilité de la parole articulée par l'effet de la composante infrasonore.