

UNIVERSITETI I PRISHTINËS
FAKULTETI I INXHINIERISË MEKANIKE
PRISHTINË



PUNIM DIPLOME MASTER

Mentori:

Prof. Asoc. Dr. Nexhat Qehaja

Kandidatja:

Bsc. Fatlume Zhujani

Prishtinë, 2017

UNIVERSITETI I PRISHTINËS
FAKULTETI I INXHINIERISË MEKANIKE
PRISHTINË



PUNIM DIPLOME MASTER

Titulli i temës:

**“MODELIMI MATEMATIKOR I EFEKTIT TË PARAMETRAVE TË SHPIMIT NË
ASHPËRSINË E SIPËRFAQES, KONSUMIN E INSTRUMENTIT DHE SHKALLËN
E MATERIALIT TË HEQUR”**

Titulli i temës në anglisht:

**" MATHEMATICAL MODELLING OF EFFECT OF DRILLING PARAMETTERS
ON THE SURFACE ROUGHNESS, TOOL WEAR AND MATERIAL REMOVAL
RATE”**

Mentori:

Prof. Asoc. Dr. Nexhat Qehaja

Kandidatja:

Bsc. Fatlume Zhujani

Prishtinë, 2017

DEKLARATË

Deklaroj që këtë punim diplome e kam punuar në mënyrë të pavarur në bazë të njohurive të fituara gjatë studimeve dhe literaturës së shënuar.

Me këtë rast i falënderohem mentorit Prof. Asoc . Dr. Nexhat Qehaja për mbështetjen e tij të vazhdueshme, shkencore, profesionale dhe këshillat e dobishme gjatë punimit të temës.

Gjithashtu, falënderoj menaxhmentin e FSHTA në Mitrovicë dhe FPX në Palaj, që më kanë mundësuar realizimin e pjesës eksperimentale të punimit.

Për përkrahjen e vazhdueshme dhe të palodhshme të arritjeve të mija të deri tanishme i falënderohem familjes sime, në veçanti burrit tim Artanit që është motivi kryesor i sukseseve të mija.

Prishtinë, shkurt 2017

Fatlume Zhujani

PËRMBAJTJA

| | |
|--|----|
| 1.0. HYRJE | 8 |
| 2.0. BAZAT E TEORISË SË PËRPUNIMIT ME HEQJE ASHKLE | 10 |
| 2.1. Shqyrtimet hyrëse..... | 10 |
| 2.2. Elementet themelore të prerjes..... | 12 |
| 2.3. Përpunimi me shpim..... | 14 |
| 2.3.1. Operacionet tjera gjatë procesit të shpimit..... | 16 |
| 2.3.2. Llojet e instrumenteve për shpim..... | 17 |
| 2.3.3. Puntot spirale..... | 18 |
| 2.3.4. Gjeometria e puntove..... | 18 |
| 2.4. Përpunueshmëria e metaleve | 24 |
| 2.4.1. Koncepti, përkufizimi dhe kriteret e vlerësimit..... | 24 |
| 2.4.2. Kriteret e përpunueshmërisë..... | 26 |
| 2.4.3. Metodatat për hulumtimin e përpunueshmërisë..... | 30 |
| 2.4.4. Metodatat krahasuese të hulumtimit të përpunueshmërisë..... | 31 |
| 2.4.5. Metodatat komplekse të hulumtimit të përpunueshmërisë | 32 |
| 2.5. Shpejtësia e largimit të materialit (MRR- Material Removal Rate)..... | 33 |
| 3.0. KUALITETI I PËRPUNIMIT | 35 |
| 3.1. Nocionet themelore..... | 35 |
| 3.2. Parametrat e ashpërsisë..... | 43 |
| 4.0. PLANET EKSPERIMENTALE SHUMËFAKTORËSHE | 46 |
| 4.1. Formimi i modelit matematikor..... | 49 |
| 4.2. Përcaktimi i parametrave të modelit..... | 53 |
| 4.2.1. Llogaritja e koeficienteve të regresionit..... | 67 |
| 4.2.2. Dekodimi i modelit matematikor..... | 71 |
| 4.3. Analiza dispersive..... | 85 |
| 4.3.1. Vlerësimi i signifikancës së parametrave të modelit..... | 85 |
| 4.3.2. Vërtetimi i adekuatshmërisë së modelit matematikor..... | 94 |

| | |
|---|-----|
| 5.0. KUSHTET GJATË REALIZIMIT TË EKSPERIMENTIT | 99 |
| 5.1. Materiali i ekzaminuar | 99 |
| 5.2. Karakteristikat e makinës metalprerëse | 100 |
| 5.3. Instrumenti metalprerës | 101 |
| 5.4 Matja e ashpërsisë së sipërfaqes..... | 102 |
| 5.5 Matja e konsumit të puntos..... | 103 |
| 5.6. Zgjedhja e regjimeve të prerjes..... | 103 |
| 6.0. REZULTATET EKSPERIMENTALE | 104 |
| 7.0. ANALIZA DHE VLERËSIMI I REZULTATEVE TË FITUARA | 106 |
| 8.0. PËRFUNDIM | 108 |
| 9.0. LITERATURA | 109 |
| SHTOJCA 1 | 111 |
| SHTOJCA 2 | 166 |

ABSTRAKTI

Në punim është prezantuar optimizimi i integritetit të sipërfaqes në procesin e shpimit, duke përdorur metodën RSM (Response Surface Methodology). Këtu hulumtohet ndikimi i parametrave të pavarur të përpunimit në parametrat e ashpërsisë së sipërfaqeve (R_a , R_z , R_q , R_t), konsumin e instrumentit (TW) dhe shpejtësinë e largimit të materialit (MRR) gjatë procesit të shpimit. Tre parametra janë zgjedhur për studim: shpejtësia e prerjes, hapi punues dhe diametri i puntos. Në këtë studim zhvillohet një model i ashpërsisë së sipërfaqes, konsumit të instrumentit dhe shpejtësisë së largimit të ashklës (materialit) bazuar në metodën RSM, me qasjen e linearizimit logaritmik për përcaktimin e parametrave të përpunimit në procesin e shpimit të çelikut EN 1.0038, duke përdorur puntot prej çelikut shpejt prerës HSS të veshura me TiN. Eksperimenti është projektuar dhe realizuar në bazë të një dizajni faktorial në tre nivele. Rezultatet e fituara empirike janë në përputhje të mirë me të dhënat e fituara në mënyrë eksperimentale, duke konfirmuar efektivitetin e analizës së regresionit në modelimin e përpunueshmërisë në procesin e shpimit .

ABSTRACT

The optimization of surface integrity in drilling process using response surface methodology (RSM) is presented. This paper investigates affecting of machining parameters on surface roughness parameter (R_a , R_z , R_q , R_t), tool wear (TW) and material removal rate (MRR) in drilling process. Three parameters were selected for study: cutting speed, feed rate and drill diameter. In this study developed a model of surface roughness, tool wear and material removal rate based on RSM method, logarithmic linearized approach for determining the processing parameters in drilling process of steel EN 1.0038, using HSS coated TiN drill tools. The experiment has been designed and carried out on the basis of a three level factorial design. Obtained empirik results are in good accordance with the experimentally obtained data, confirming the effectiveness of regression analysis in modeling of machining in drilling process.

LISTA E SIMBOLEVE TË PËRDORURA

| Simboli | Njësia | Shpjegimi i simbolit |
|---|------------------------|---|
| V | [m/min] ose [m/s], | Shpejtësia e prerjes |
| s | [mm/rr], | Hapi |
| a | [mm], | Thellësia e prerjes |
| q | [cm ³ /min] | Prodhueshmëria specifike |
| t _g | [min] | Koha kryesore e prerjes |
| n | [rr/min] | Numri i rrotullimeve |
| L | [mm] | Thellësia e shpimit |
| V _s | [mm/min] | Shpejtësia e lëvizjes ndihmëse |
| κ _r | [°] | Këndi sulmues |
| b ₁ | [mm] | Gjatësia e tehut prerës në kontakt |
| φ | [°] | Këndi i majës |
| W | [mm] | Gjerësia e prerjes |
| X _s | [mm] | Gjerësia e elementit |
| λ | [mm] | Gjatësia valore kufitare |
| l _n | [mm] | Gjatësia vlerësuese |
| l _r | [mm] | Gjatësia referente |
| d | [mm] | Diametri i puntos |
| T | [min] | Jetëgjatësia e instrumentit |
| KM | [%] | Indeksi i përpunueshmërisë |
| R _a | [μm] | Shmangia mesatare aritmetike e profilit |
| R _z | [μm] | Lartësia maksimale e profilit |
| R _t | [μm] | Lartësia e tërësishme e profilit |
| R _q | [μm] | Shmangia mesatare e rrënjës katrore të profilit |
| TW | [mg] | Konsumi i puntos |
| MRR | [mm ³ /min] | Shpejtësia e largimit të materialit |
| b ₀ , b ₁ , b ₂ , b ₃ | | Koeficientet e regresionit |
| S ² | | Dispersioni |
| F _R | | Marrëdhënia dispersive |
| t | | Kriteri i Studentit |
| F | | Kriteri i Fisherit |

1.0. HYRJJE

Rritja e zhvillimit të tregut botëror po përballet me ndryshime të shpejta dhe të vazhdueshme, të cilat janë të dukshme me dinamikën e ofertave të produkteve të reja të shumëllojshme, vjetrimin e shpejtë të produkteve aktuale dhe të reja, kërkesës së lartë të konsumatorëve për cilësi specifike për disa tregje rajonale. Kushtet e cekura janë mjaft të vështira dhe kritike për prodhimtarinë industriale sepse duhet të ndërmerren masat e duhura:

- shkurtimin e kohës së prodhimit duke përmirësuar cilësinë e produktit, kushtet e punës dhe jetës në përgjithësi.

Me përparimin e shkencës, proceseve të reja të përpunimit, materialeve të reja të instrumenteve dhe copave punuese (gjysmëfabrikateve), sidomos teknologjisë së informacionit, në prodhimtarinë e drejtpërdrejtë sjell arritjen e një mënyrë të re të prodhimit të dominuar nga kompjuterët, si në fazën përgatitore po ashtu edhe në fazën e realizimit të procesit të prodhimit, e cila është automatizuar deri në prodhimtarinë e integruar me kompjuter [1].

Procesi i prerjes është një ndër proceset më të rëndësishme të prodhimit në fushën e përpunimit me heqje ashkle të materialeve. Procesi i prerjes së metaleve definohet si proces i heqjes së ashklës nga copa punuese në mënyrë që të fitohet një produkt i gatshëm me dimensione, formë dhe ashpërsi të dëshiruar.

Objektivi imperativ i shkencës së prerjes së metaleve është zgjidhja e problemeve praktike lidhur me heqjen efikase dhe të saktë të metalit nga copa punuese.

Progresi në zhvillimin e modeleve parashikuese, i bazuar në teorinë e prerjes, nuk ka përmbushur ende objektivin e vet; shumica e tregueseve thelbësor të performancës së prerjes siç janë , qëndrueshmëria (jetëgjatësia) e instrumentit, forcat e prerjes, ashpërsia e sipërfaqes së përpunuar, energjia e shpenzuar,..., etj., duhet të definohen duke shfrytëzuar studimet eksperimentale.

Prandaj, përmirësimi i mëtejshëm dhe optimalizimi i performancës teknologjike dhe ekonomike të operacioneve të përpunimit varet nga metodologjia eksperimentale e mirëzgjedhur. Për fat të keq, ende ekziston një mungesë e informacioneve të mjaftueshme që kanë të bëjnë me metodologjinë e testimit dhe vlerësimin e të dhënave të procesit eksperimental të prerjes.

Ashpërsisë së sipërfaqes i është kushtuar një vëmendje e veçantë për vite të tëra. Ajo paraqet një karakteristikë të rëndësishme gjatë projektimit dhe realizimit të pjesëve të ndryshme si; pjesët që u nënshtrohen ngarkesave në lodhje, përshtatjet precize, vrimave, rulave, kërkesave estetike, etj. Duke iu referuar tolerancës së përpunimit, ashpërsia e sipërfaqes imponon kufizime kritike për përzgjedhjen e makinave dhe parametrave të prerjes në procesin e planifikimit.

Përpunimi i pastër gjatë tornimit ndikohet në vlera të ndryshme nga një numër faktorësh, të tillë si shpejtësia, hapi, thellësia e prerjes, karakteristikat e materialit, gjeometria e instrumentit, devijimet e copës punuese, stabiliteti dhe ngurtësia e sistemit makinë – instrument – copë punuese, mjete ftohës etj.

2.0. BAZAT E TEORISË SË PËRPUNIMIT ME HEQJE ASHKLE

2.1. Shqyrtimet hyrëse

Përpunimi është një proces prodhues në të cilin instrumenti prerës shfrytëzohet për të larguar tepricën e materialit nga copa punuese dhe pjesa e mbetur e materialit paraqet sipërfaqen e dëshiruar të copës punuese [1].

Teoria e prerjes është disiplinë shkencore me të cilën synohet të shpjegohet ndikimi i kushteve të përpunimit në [2]:

- rrjedhën e formimit dhe heqjes së ashklës
- forcat e prerjes të cilat lajmërohen gjatë prerjes dhe
- deformimet e përpunimit.

Esenca e teknologjisë së përpunimit të elementeve makinerike bazohet në shfrytëzimin e njëpasnjëshëm të metodave të ndryshme teknologjike duke vepruar në copën përpunuese me qëllim që rezultati përfundimtar të arrihet paraprakisht, nga ana e konstruktorit, formës së projektuar, dimensioneve dhe kualitetit të sipërfaqeve. Në të njëjtën kohë, teknologjia e përpunimit të detaleve makinerike nënkupton zgjedhjen dhe shfrytëzimin adekuat të gjitha mjeteve dhe faktorëve të cilët marrin pjesë në procesin e përfitimit të prodhimit të gatshëm. Mundësitë e teknologjisë së përpunimit ende janë mjaftë të kufizuara, ashtu që si mundësi për arritjen e qëllimit përfundimtarë imponohet nevoja për bashkëpunim të ngushtë me konstruktorin, i cili përcakton nevojat e teknologut i cili duhet të sigurojë realizimin e karakteristikave të nevojshme të prodhimit. Përpunimi i metaleve përfshin dy grupe kryesore: përpunimi me prerje dhe përpunimi pa prerje (përpunimi me deformim). Mënyra më e përhapur e përfitimit të pjesëve makinerike është akoma me anë të mënyrave të ndryshme të përpunimit me prerje, sidomos kur punohet në prodhimtari individuale dhe në seri të vogla, ku kjo është mënyrë e vetme ekonomike[3].

Përpunimi me prerje përfshin bashkësinë e mënyrave të përpunimit të cilat përfitimi i formës së materialit realizohet me heqjen e ashklës nga copa përpunuese me veprimin e pykës prerëse të instrumentit. Përpunimi realizohet në copën e përgatitur më parë – “copën përgatitore“, me instrumentin prerës i cili mundet me qenë me gjeometri të definuar ose të pa definuar, edhe atë në makinën adekuate metalprerëse me shfrytëzimin e pajisjeve të ndryshme ndihmëse dhe mjeteve për ftohje dhe lubrifikim.

Sistemi i cili krijohet nga informata, energjia, copa përpunuese, instrumenti metalprerës, makina metalprerëse, mjetet për ftohje dhe lubrifikim paraqet sistemin përpunues fig. 2.1 , në të cilin praktikisht zhvillohet procesi i përpunimit me pjesëmarrjen e punëtorit (ose pa pjesëmarrjen e tij tek makinat NC dhe CNC) i cili e dirigjon procesin.

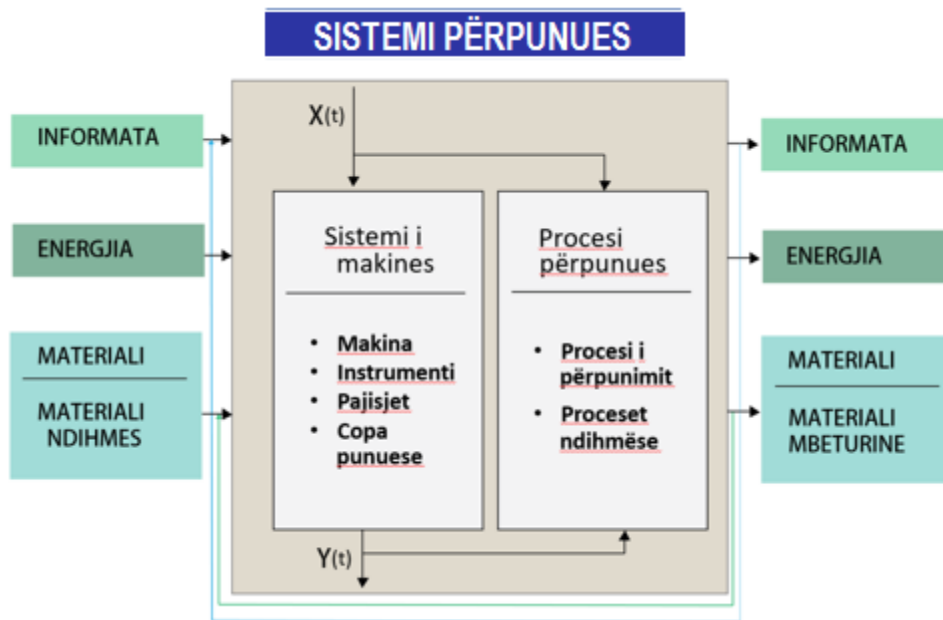


Fig. 2.1 Struktura e modelit bazë të sistemit përpunues [4]

Në procesin përpunues ku modeli i thjeshtësuar është dhënë në fig. 2.3 , materiali fillestar (copës përgatitore) transformohet në copë të gatshme - copë të përpunuara. Gjatë realizimit të procesit të përpunimit, në materialin përpunues veprohet me qëllim të realizimit të karakteristikave përkatëse dalëse të procesit, objekti përpunues definohet si copë përpunuese.



Fig. 2.2 Paraqitja skematike e procesit përpunues [4]

Përpunimi me prerje bazohet në heqjen e shtresës së caktuar të materialit i cili zakonisht caktohet në copën përgatitore dhe quhet shtesa e përpunimit. Shtesa mund të hiqet nga copa përpunuese njëkohësisht nga shumë sipërfaqe ose gradualisht nga disa sipërfaqe të cilat duhet të përpunohen, sipas renditjes paraprakisht të planifikuar. Në disa raste të veçanta shtesa e përpunimit mund të jetë aq sa që nuk mund të prehet përnjëherë, por hiqet me disa kalime të instrumentit metalprerës. Me heqjen e shtesave nga copa përpunuese, me përdorimin e metodave përkatëse dhe mjeteve, fitohet copa e përpunuar - copa e gatshme me të gjitha karakteristikat e parapara si dalje nga sistemi përpunues. Procesi përpunues si pjesë e procesit teknologjik zhvillohet në sistemin përpunues nën ndikimin e numrit të madh të faktorëve nga të cilët mund të veçohen ata me të cilët mund të ndikojnë në realizimin e procesit dhe praktikisht me ta dirigjohet procesi, për dallim nga disa faktorë ku veprimi i tyre shprehet negativisht në treguesit e zhvillimit të procesit dhe me atë edhe në karakteristikat e tij dalëse dhe për atë për procesin përpunues parashikohen si çrregullime. Kualiteti i prodhimit në kuptimin e gjerë, i cili shprehet përmes karakteristikave dalëse të procesit përpunues, varet shumë nga rregullat, zgjedhjes paraprake të parametrave hyrës (makines, instrumentit, materialit, regjimit të përpunimit, mjeteve për ftohje dhe lubrifikim etj), mirëpo, gjithashtu edhe nga veprimi i çrregullimeve të ndryshme (ndikimeve të padëshirueshme) të cilat paraqiten gjatë zhvillimit të vetë procesit.

2.2. Elementet themelore të prerjes

Përpunimi me prerje zhvillohet në sistemin përpunues elementet e të cilit (makina, instrumenti metalprerës, pajisjet ndihmëse, copa përpunuese, mjetet për ftohje dhe lubrifikim) kanë karakteristikat e tyre në çdo proces individual, kjo do të jetë pjesë e shqyrtimit të veçantë. Procesi i përpunimit të metaleve me prerje përbëhet nga veprimet kinematike dhe dinamike të dy trupave të fortë - të pykës prerëse të instrumentit dhe copës përpunuese.

Atëherë procesi i prerjes realizohet në rrethana të caktuara, d.m.th. mesin të cilin zakonisht e përbëjnë mjetet për ftohje dhe lubrifikim. Me pjesëmarrjen e këtyre tri elementeve themelore, ku praktikisht e formojnë strukturën e një sistemi të përbërë tribo-mekanik, realizohet procesi i ndarjes së shtresës së materialit nga objekti përpunues i cili është paraprakisht i paraparë në copën përgatitore. Heqja - prerja e shtresës së sipërfaqes së materialit nga copa përpunuese është përcjellë me deformime plastike dhe si rezultat i saj shtresa e materialit e cila hiqet, largohet në formë të ashklës. Shtesa e cila caktohet në copën

përgatitore në sipërfaqe të caktuara të cilat duhet të përpunohen, hiqet në procesin e prerjes menjëherë ose me shumë shtresa.

Gjatë kalimit të parë të instrumentit hiqet shtresa e sipërfaqes dhe formohet sipërfaqja e re - sipërfaqe e përpunuar. Sipërfaqet në copën përpunuese nga të cilat hiqet shtresa e materialit zakonisht i quajmë sipërfaqe të cilat përpunohen (sipërfaqe të përpunuara). Çdo sipërfaqe të re të formuar në copën përpunuese pas kalimit të instrumentit e quajmë sipërfaqe të përpunuar. (fig. 2.4).

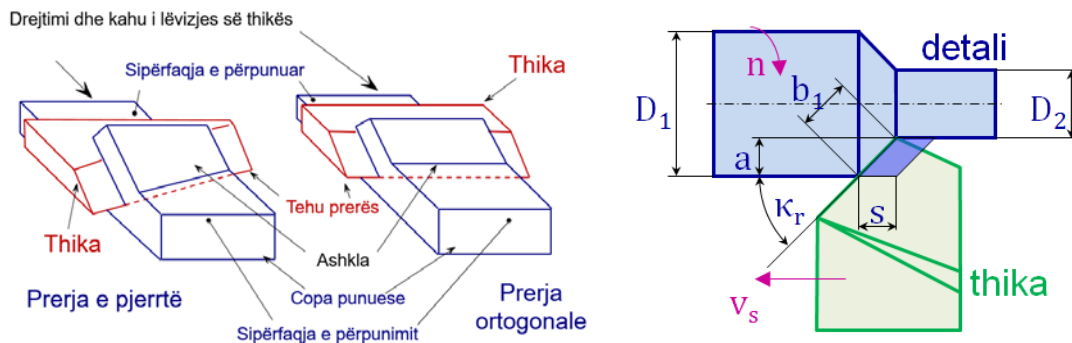


Fig. 2.4 Elementet themelore të procesit të prerjes

Ndërmjet sipërfaqes së përpunuar gjatë procesit të prerjes dhe sipërfaqes që përpunohet, krijohet një sipërfaqe në të cilën mbështetet tehu i instrumentit prerës sipas së cilës praktikisht realizohet ndarja e materialit e cila shndërrohet në ashkël nga materiali bazë (sipërfaqja e prerjes). Në qoftë se shtesa për përpunim (δ) hiqet me një kalim është e nevojshme që maja e instrumentit të depërtojë deri te niveli i sipërfaqes së përpunuar, gjatë së cilës në këtë rast është thellësia e prerjes (a) e barabartë me shtesën për përpunim ($\delta = a$). Nëse kjo për çfarëdo arsye është e pamundshme, atëherë shtesa hiqet në disa kalime të instrumentit. Thellësia e prerjes a (mm) pikërisht paraqet distancën ndërmjet sipërfaqes e cila përpunohet dhe sipërfaqes së përpunuar.

Elementet themelore (bazike) të procesit të prerjes i përbëjnë:

- Shpejtësia e prerjes v [m/min] ose [m/s],
- Hapi s [mm/rr] ose [mm/hd],
- Thellësia e prerjes a [mm],
- Koha kryesore e prerjes t_g [min] dhe
- Prodhueshmëria specifike q [cm³/min]

2.3. Përpunimi me shpim

Me shpim përpunohen sipërfaqet e brendshme cilindrike – vrimat, pra shpimi realizohet në copat përpunuese në të cilat duhet të bëhet hapja e vrimave cilindrike me karakteristika të përcaktuara në shikim të saktësisë së formës dhe dimensioneve me kualitet përkatës të sipërfaqes së përpunuar .

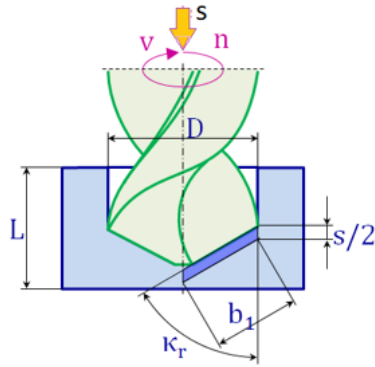
Shpimi është një nga proceset më të komplikuar të përpunimit mekanik ku maja e puntos futet në material dhe tehu mprehës nga forca e madhe e realizon shpimin duke hedhur jashtë materialin ku shpohet vrima. Në shpimin e vrimave kontribuojnë edhe procese të tjera duke përfshirë zgjeruesit, kalizvarët dhe alezatorët me të cilët arrihet saktësi më e madhe dhe kualitet i sipërfaqes së përpunuar.

Operacionet e shpimit realizohen me punto të cilat punojnë në kushte të rënda speciale duke pasur parasysh se përmes tyre realizohet edhe lëvizja kryesore edhe ndihmëse si lëvizje drejtvizore përgjatë boshtit të vet, ndërsa materiali bartet përmes kanaleve të puntos në kahje të kundërt nga kahja e lëvizjes së puntos. Në figurën 2.5 është paraqitur shpimi i një vrime të vetme.[11]

Elementet themelore (bazike) të procesit të prerjes me shpim janë treguar në fig. 2.6.



Fig. 2.5 Shpimi i një vrime [11]



| | | |
|------------------------------------|---|------------------------|
| Shpejtësia e prerjes | $v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$ | [m/min] |
| Numri i rrotullimeve | n | [rrot/min] |
| Shpejtësia e lëvizjes ndihmëse | $v_s = n \cdot s$ | [mm/min] |
| Hapi | s | [mm/rrot] |
| Koha kryesore | $t_g = \frac{L}{n \cdot s}$ | [min] |
| Prodhueshmëria | $q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot v_s$ | [mm ³ /min] |
| Thellësia e shpimit | L | [mm] |
| Këndi sulmues | κ_r | [°] |
| Gjatësia e tehut prerës në kontakt | $b_1 = \frac{D}{2 \sin \kappa_r}$ | [mm] |

9

Fig. 2.6 Elementet themelore gjatë procesit të shpimit

Prerja e materialit gjatë shpimit kryhet me dy tehe të lakuara prerëse, gjersa në mes për arsye të ekzistimit të bërthamës së puntos ndodhet edhe një teh prerës tërthor ndihmës me gjeometri të padëshiruar i cili më tepër e ngjesh se sa e pret materialin.

Me shpim mund të hapën dy lloje të vrimave fig. 2.7:

- të tejprtejtme,
- qorre.

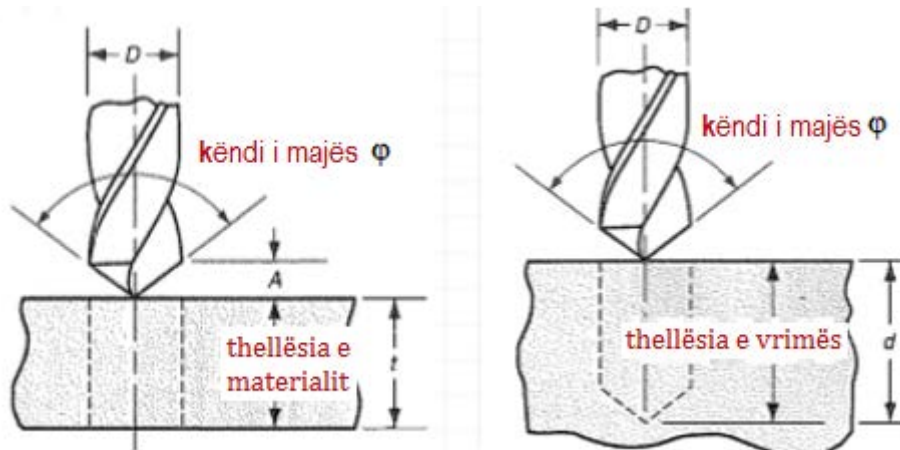


Fig 2.7 Llojet e vrimave a) e tejprtejtme dhe b) qorre [12]

Veçorit themelore të shpimit janë [13]:

- Shpejtësia e prerjes e ndryshueshme në drejtim të qendrës deri në zero fig. 2.8,
- Heqja e vështirë e ashklës,
- Nxehtësia e tepërt në pikën e veprimit,

- Konsumi i teheve prerëse,
- Koeficienti i fërkimit përgjatë mureve të prerjes.

Saktësia dhe cilësia e përpunimit të sipërfaqes, thellësia e shpimit, shpejtësia e largimit të materialit kanë bërë që të zhvillohen procese të ndryshme të shpimit të cilat do ti shohim në vijim.

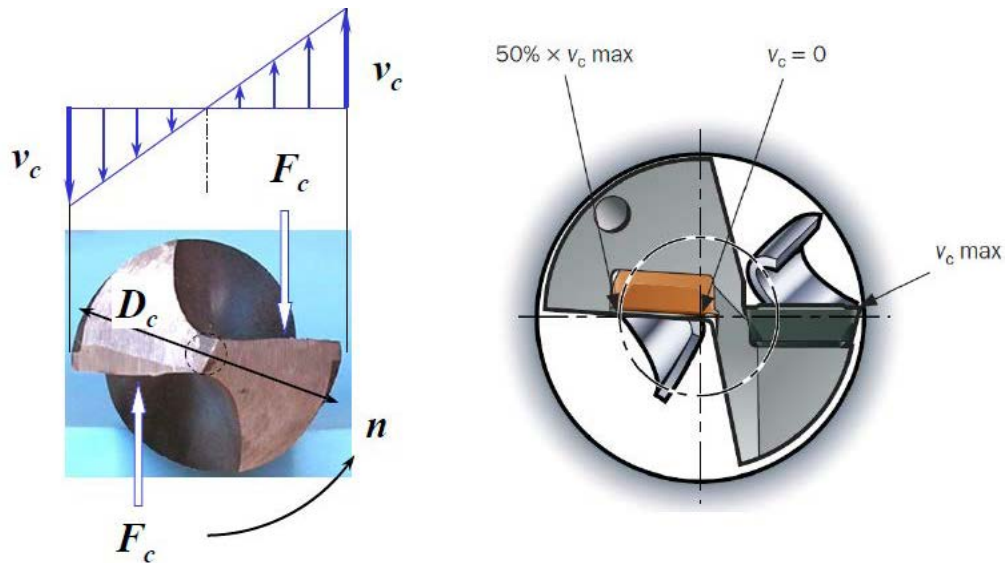


Fig. 2.8 Shpërndarja e shpejtësisë së prerjes përgjatë tehut kryesor prerës: në qendër në tehun tërthor shpejtësia është $v_c=0$

2.3.1. Operacionet tjera gjatë procesit të shpimit

Në figurën 2.9. shihet se si bëhet realizimi i futjes së puntos në materialin që dëshirojmë ta shpojme [11].

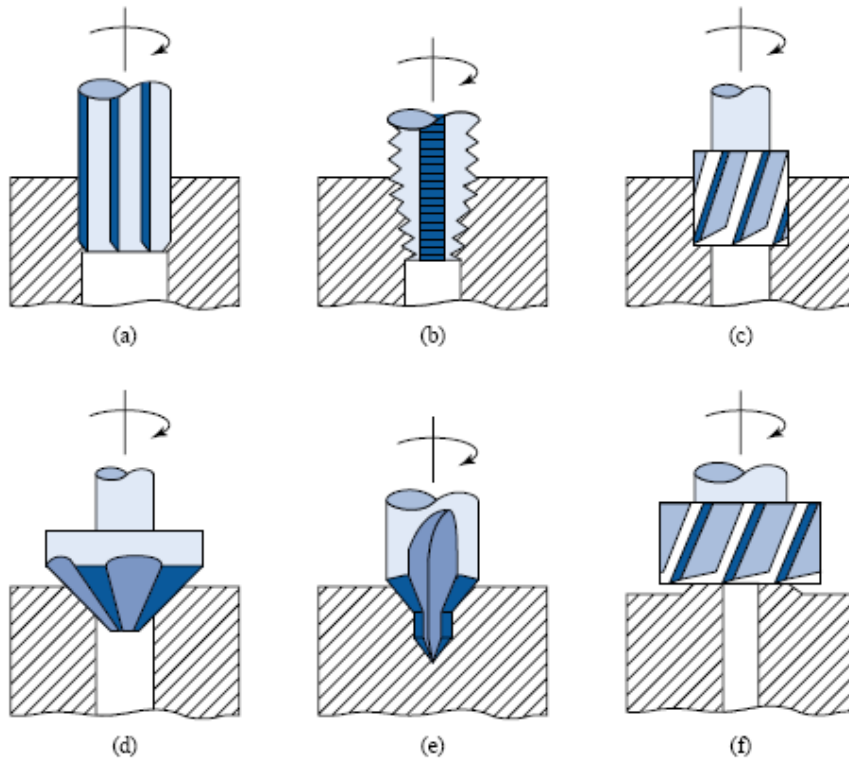


Fig. 2.9. a) zgjeruesi, b) filetimi me mashkull, c) kalizvari, d) kalizvari konik, e) qendërzimi, f) alezimi[11]

2.3.2. Llojet e instrumenteve për shpim

Ekzistojnë lloje të ndryshme të instrumenteve për shpim të cilat përdoren për operacione të ndryshme. Përpunueshmëria e materialit mund të ndikoj në atë se cilin lloj të veglës duhet ta përdorim , mirëpo zakonisht gjeometria e instrumentit na tregon se cilin lloj duhet përdorur gjatë realizimit të përpunimit. Por dihet se puntot spirale është lloji i cili më së shumti përdoret.

Llojet e instrumenteve për shpim janë:

- Puntot spirale,
- Puntot me pllaka nga metali i fortë,
- Zgjëruesit,
- Puntot e rrafshëta,
- Kalizvarët,
- Alezuesit,
- Puntot për filetimit etj.



Fig. 2.10 Lloje të ndryshme të puntove [13]

2.3.3. Puntot Spirale

Puntoja spirale zë një vend të veçantë dhe të rëndësishëm sa ju përket llojeve të puntove të shpimit, është shumë e rëndësishme për hapjen e vrimave cilindrike në materiale të ngurta për shpimin e vrimave qorre dhe vrimave të tejprëtejme.

Puntoja spirale përdoret 20-25% të llojet e shpimeve është njëra ndër puntot më të prodhuara dhe më të përdorura. Është shumë e thjeshtë përbëhet kryesisht nga dy pjesë kryesore e cila përfshinë gjatësinë e spirales (pjesa punuese) dhe gjatësinë e mbajtësit [13].

2.3.4. Gjeometria e puntove

Pasi që rëndësi më të madhe prej llojeve të puntos ka puntoja spirale, në vazhdim do të paraqesim gjeometrinë e saj.

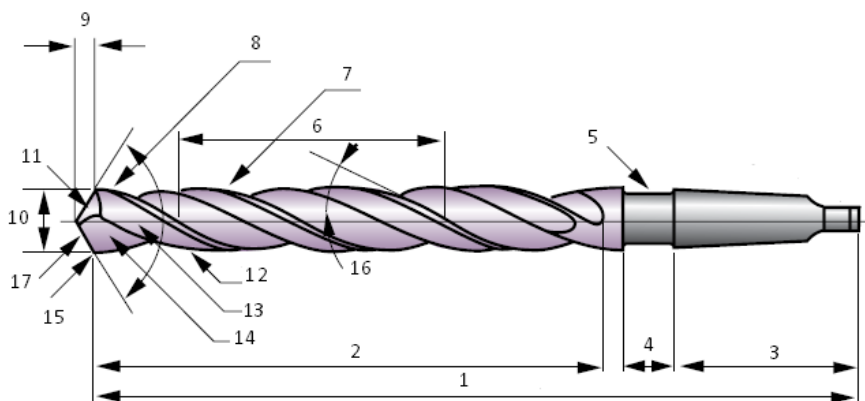


Fig. 2.11 Elementet konstruktive të puntos spirale [14]

Emërtimi:

1. Gjatësia e plotë e puntos,
2. Pjesa e gjatësisë së spirales,
3. Gjatësia e mbajtësit,
4. Qafa,
5. Gjatësia e qafës,
6. Tatëpjeta e spirales,
7. Kanali spiral,
8. Tehu tërthor latent,
9. Maja e bizës,
10. Diametri i puntos,
11. Sipërfaqja e prapme,
12. Faqja mbështetëse ,
13. Bërthama sipas vijës së mesit,
14. Sipërfaqja e përparme,
15. Drejtueset,
16. Këndi i spirales,
17. Tehu prerës.

Puntoja spirale përbëhet prej tri komponentëve :

- trupi ose pjesa punuese,
- pjesa mbajtëse ose bishti dhe
- kulmi i instrumentit.

Pjesa mbajtëse ose bishti – shërben për përforcimin e puntos në boshtin kryesor të makinës shpuese.

Pjesa mbajtëse mund të jetë:

- Cilindrike dhe
- Konike

Kur pjesa e mbajtësit është cilindrike është e shkurtër pra ka diametra më të vogël, përderisa pjesa mbajtëse konike është më e gjatë dhe ka diametra më të mëdhenj.

Bishti i mbajtësit – bishti i mbajtësit është i vendosur në fund të pjesës mbajtëse i rrafshuar dhe i fiksuar në boshtin kryesor të lidhur në mes të instrumentit edhe makinës.

Trupi ose pjesa punuese – Pjesa punuese shtrihet prej bishtit e deri tek maja e instrumentit dhe përmban spirale vetëm në pjesën punuese.

Kulmi i instrumentit – Është pika prerëse e teheve të puntos

Kanalet e spiraleve – Janë të vendosura në pjesën punuese të puntos thellësia e të cilave nga maksimalja në maje të puntos zvogëlohet deri në zero në qendër.



Fig. 2.12 Instrumenti prerës i puntos spirale

Konstruksioni i kanaleve mund të jetë: parabolik, konvencional, simetrik.

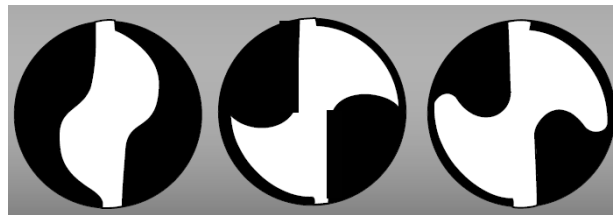


Fig. 2.13 Format e spirales



Fig. 2.14 Forma parabolike

Drejtueset – Janë të vendosura në mes të spiraleve prerëse



Fig. 2.15 Drejtueset

Bërthama – Është e vendosur në mesin e spiraleve kontribuon në fortësinë e puntos dhe mund të jetë në tri kategori: e lehtë, mesatare, e rëndë.

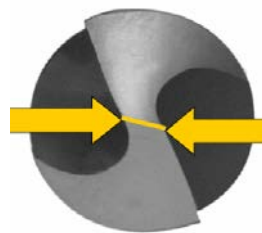


Fig. 2.16 Bërthama

Biza – Këndet që formojnë brinja kryesore me brinjën tërthore të ratifikuara formojnë bizën. Për arsye që ashkla më lehtë të mund të përcillet përmes hapjeve të bizës, e cila përpunohet me pllakë ratifikuese të ngushtë.

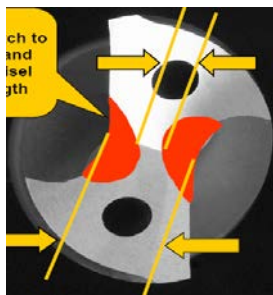


Fig. 2.17 Biza

Këndi i pjerrtësisë – Është këndi që lidh aksin kryesor të puntos me drejtueset dhe mund të jetë në tri kategori : me spirale të rralla , normale dhe të shpeshta.

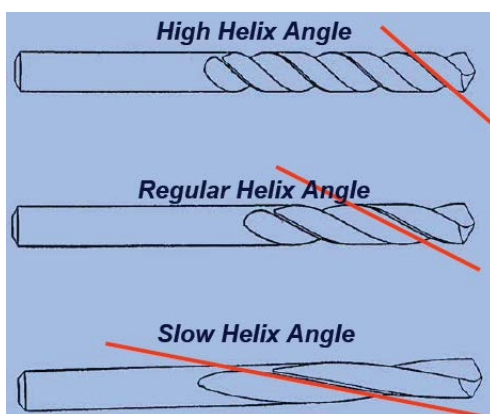


Fig. 2.18 Llojet e këndeve të pjerrtësisë

Me spirale të rralla – $12^\circ - 22^\circ$, përdoren tek materialet që thyhen lehtë siç janë bronzi, giza, gjithashtu përdoren edhe tek aplikimet horizontale kur puntosja nuk sillet.



Fig. 2.19. Puntot me spirale: (majtas) të rralla (djathtas) normale

Me spirale normale – $28^\circ - 32^\circ$, gjendet në shumicën e rasteve e po ashtu edhe puntot e kobaltit, përdoret në shumëllojshmëri të gjerë në puntot aplikative.

Me spirale të shpeshta – $34^\circ - 38^\circ$, përdoret në puntot parabolike në shumicën e rasteve dhe tek materialet e buta me ngjyra dhe pangjyra.



Fig. 2.20. Puntaja me spirale e shpeshtë

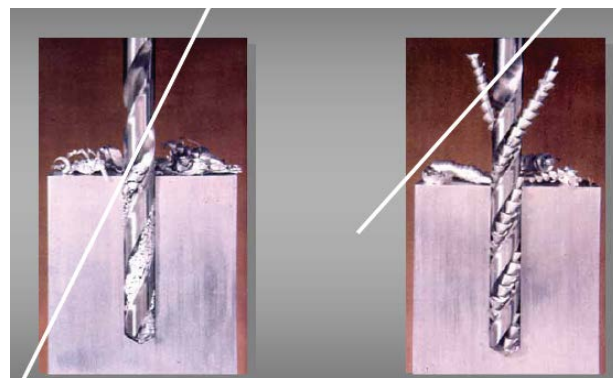


Fig. 2.21 Procesi i largimit të ashklës gjatë përpunimit me punto spirale;
(majtas) normale dhe (djathtas) të shpeshta

Kufizuesit – Shërbejnë për të mbrojtur tehun prerës nga fërkimi dhe një herë e rrisin edhe qëndrueshmërinë e tij, mund të jenë të njëfishta, dyfishta, dhe trefishta fig. 2.22.

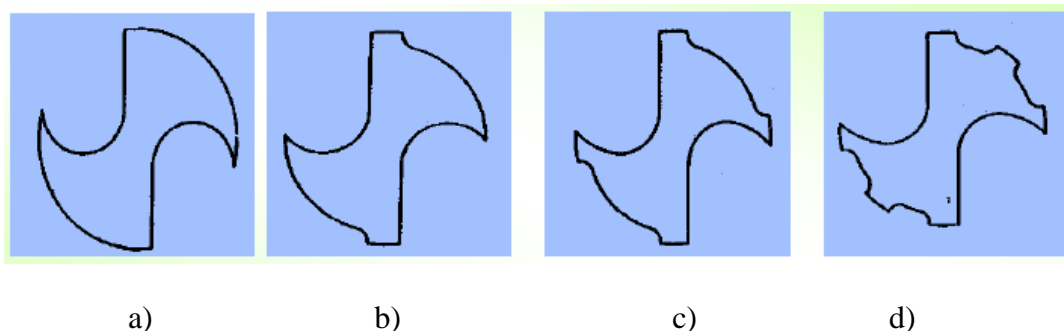


Fig. 2.22 Kufizuesit : a) pa kufij, b) kufij të njëfishtë, c) të dyfishtë, d) të trefishtë

Kulmi i puntos – Përmban në vete disa karakteristika si: këndet, tehet prerëse, këndet e prapme, dhe bërthamën.

Këndet e kulmit – Këndet e mëdha përdoren kryesisht për materiale të forta, prerje të vështira të këndeve, me kënde mbi 130° , ndërsa këndet e vogla për materiale të buta në përgjithësi deri 118° , për materiale pa ngjyra dhe jo metalike fig. 2.23.

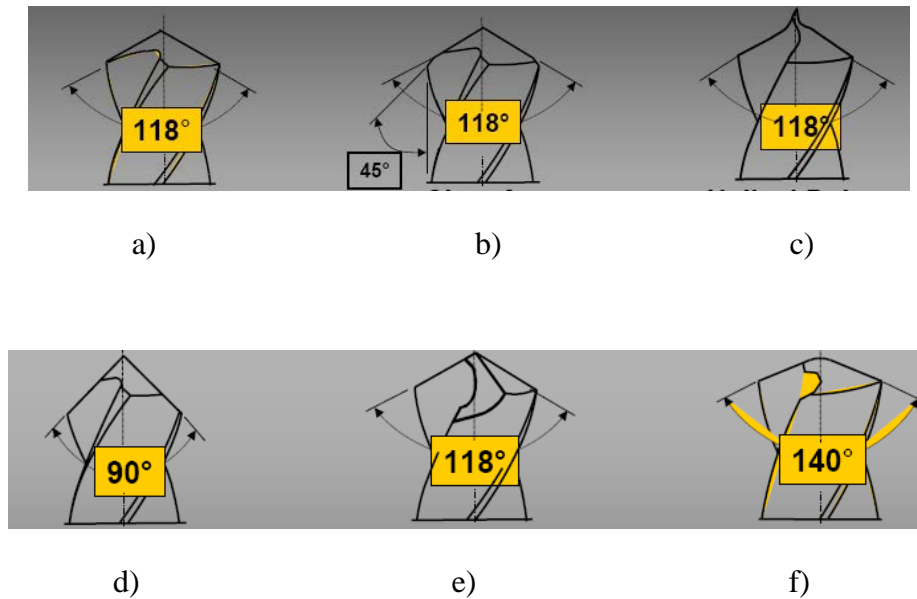


Fig. 2.23 Kënde të ndryshme: a) i përgjithshëm, b) për kanale, c) për qendërzim, d) për materiale të buta, e) për materiale të thyeshme, f) për çelique të forta

Tehet prerëse – Shtrihen prej qendrës së puntos deri tek diametri i jashtëm, në shumicën e rasteve janë vijë drejtë por mund të jenë edhe të lakuara fig. 2.24.

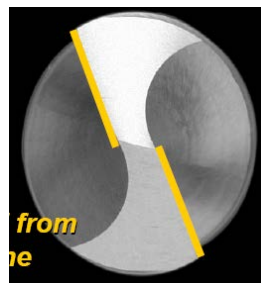


Fig. 2.24. Tehet prerëse të puntos

2.4. Përpunueshmëria e metaleve

2.4.1. Koncepti, përkufizimi dhe kriteret e vlerësimit

Termi përpunueshmëri është një nga konceptet më të papërcaktuara, por njëkohësisht edhe më të rëndësishme në fushën e teknologjisë së përpunimit me heqje ashkle. Ajo që me siguri mund të thuhet, është se përpunueshmëria pasqyrohet si rezultat i veprimit të përbashkët të faktorëve të mëposhtëm në procesin e prerjes:

- materiali dhe gjeometria e detalit
- materiali dhe gjeometria e instrumentit prerës
- MFL (mjetet ftohëse dhe lubrifikuese) dhe
- për të gjitha këto të ndërlidhura me regjimet e dhëna të prerjes (shpejtësia, hapi dhe thellësia e prerjes).

Është e qartë se ndryshe nga konceptet e tjera të përcaktuara qartë (vetitë e ndryshme fizike, mekanike, kimike), kjo është një kategori shumë komplekse e cila është e përcaktuar nga shumë faktorë që ndikojnë.

Faktorët ndikues në përpunueshmërinë e materialeve janë [2]:

- Përbërja kimike,
- Mënyra e përpunimit të gjysmë fabrikatit,
- Vetitë fizike të materialit,
- Përpunimi termik,
- Lloji i gjysmë fabrikatit,
- Struktura e gjysmë fabrikatit etj.

Pasi që nuk ka konsensus të plotë për përcaktimin e përpunueshmërisë mund të jepen disa që citoohen më shpesh në literaturë [3].

- Përpunueshmëria mund të merret si masë e vështirësive që lindin gjatë prerjes së materialit të caktuar,
- Përpunueshmëria e materialeve me prerje paraqet një karakteristikë të rëndësishme teknologjike, me të cilën vlerësohet lehtësia e materialit për tu përpunuar me metodën e caktuar,
- Përpunueshmëria është grup i një numri të madh të vetive të materialit të detalit që tregon se me çfarë suksesi mund të përpunohet materiali i caktuar,

- Përpunueshmëria është karakteristikë e materialit të copës punuese që tregon efektin e produktivitetit dhe cilësisë së produktit,
- Përpunueshmëria është treguesi kryesorë teknologjik i materialit dhe karakterizohet nga një sërë parametrash që përcaktojnë produktivitetin e procesit të prerjes dhe cilësinë e sipërfaqes së materialit të produktit,
- Përpunueshmëria e materialit nuk është veti unike e brendshme e materialit dhe mund të shprehet vetëm pjesërisht nga tri aspekte (pikëpamje) të veçanta të më poshtme:
 1. Nga pikëpamja e instrumenteve - shprehet me anë të raportit të sasisë së materialit të larguar dhe jetëgjatësisë së instrumentit,
 2. Nga pikëpamja e makinës – shprehet nëpërmjet forcave të prerjes,
 3. Nga pikëpamja e cilësisë - shprehet përmes cilësisë së sipërfaqes së përpunuar

Duke respektuar të gjitha përshkrimet e përpunueshmërisë të cituara deri më tani në literaturën e referuar mund të konkludohet se përpunueshmëria është karakteristik themelore teknologjike e cila shpreh përshtatshmërinë e përpunimit të materialit të caktuar, dhe vlerësohet nga një sërë kriteresh (ose funksione) të përpunueshmërisë " F0 ", duke shfrytëzuar për këtë një grup të metodave për testimin e përpunueshmërisë [4].

Përpunueshmëria (eng. machinability) është një term që tregon se si materiali i punës i përgjigjet procesit të prerjes. Në përgjithësi, përpunueshmëria e mirë do të thotë se materiali gdhendet duke siguruar një kualitet të mirë të sipërfaqes, jetëgjatësi të instrumentit prerës, forca të vogla të prerjes dhe kosto sa më të ulët [01].

Përkufizimi i përshtatshëm i përpunueshmërisë mund të jetë ai sipas të cilit, materiali më i përpunueshëm është ai që lejon heqjen e shpejtë të sasisë maksimale të materialit me cilësi të kënaqshme të sipërfaqes së përpunuar [3].

Përpunueshmërinë nuk e përcakton një kriter universal, por më shumë kriterë të pjesshëm të përpunueshmërisë.

Punueshmëria është më e mirë, sa më i madh të jetë numri i kriterëve apo funksioneve të përpunueshmërisë të kenë arritur ndikim më të madh pozitiv.

Është e mundur që këto rezultate të jenë krejtësisht kontradiktore.

Për shembull, është e mundur që një material sipas kriterëve të tehut prerës të ketë përpunueshmëri të mirë, por për shkak të tendencës së rritjes së tehut prerës sipas kriterit të cilësisë së sipërfaqes të ketë punueshmëri të dobët [4].

2.4.2. Kriteret e përpunueshmërisë

Ndonjë tregues universal i përpunueshmërisë nuk ekziston, por sipas shumicës së autorëve, përpunueshmëria definohet përmes këtyre parametrave [5]:

- a) shpejtësisë së prerjes $v_c = v_c(C_1, T, a, f, \dots)$,
- b) forcave të prerjes $F_1 = F_1(C_2, v_c, f, a, \alpha, \gamma, \dots)$,
- c) cilësisë së sipërfaqes së përpunuar $R_a = R_a(C_3, v_c, f, a, \dots)$,
- d) temperaturës së prerjes $\theta = \theta(C_4, v_c, a, f, \dots)$,
- e) formës së ashklës (l, k),
- f) sasisë së ashklës të shtresuar në faqen e përparme të instrumentit,
- g) sasisë së radioaktivitetit të tehut prerëse të instrumentit,
- h) indeksit të përpunueshmërisë etj.

Përpunueshmëria e materialeve të ndryshme, në të shumtën e rasteve vlerësohet me katër kriteret bazë [3] [4] [6]:

1. Qëndrueshmëria e instrumentit,
2. Forcat e prerjes,
3. Cilësia e sipërfaqes së përpunuar,
4. Forma e ashklave të prera.

Duhet të theksohet se këto kritere nuk kanë rëndësi të barabartë në kushte të ndryshme të prodhimit dhe inputet teknologjike të përpunimit të një materiali. Kjo do të thotë që duhet të renditen faktorët ndikues në çdo rast të veçantë. [4].

Qëndrueshmëria e instrumentit - shpenzimet e prodhimit dhe koha e përpunimit varen nga qëndrueshmëria e instrumentit, prandaj mund të thuhet se një material i caktuar është më i përpunueshëm në qoftë se jetëgjatësia e instrumentit është më e madhe. Jetëgjatësia e instrumentit paraqet kohën e prerjes gjatë së cilës instrumenti realizon prerjen deri te konsumi i tij gjegj., deri në shkallën e tillë të konsumit ku prerja e mëtejme do të ishte e pamundur. Qëndrueshmëria (jetëgjatësia) e instrumentit më së shpeshti shprehet në njësi të kohës, edhe pse njësi të qëndrueshmërisë së instrumentit mund të jenë edhe disa tregues të tjerë (për shembull. numri i copave të përpunuara).

Konsumi i instrumentit sipas faqes së pasme është i pranishëm gjithmonë, ndërsa konsumi sipas sipërfaqes së përparme të instrumentit, në shumë raste, është shumë pak i shprehur, prandaj si sipërfaqe interesante të kontaktit konsiderohen sipërfaqja e pasme e instrumentit dhe sipërfaqja e përpunuar e copës punuese [7].

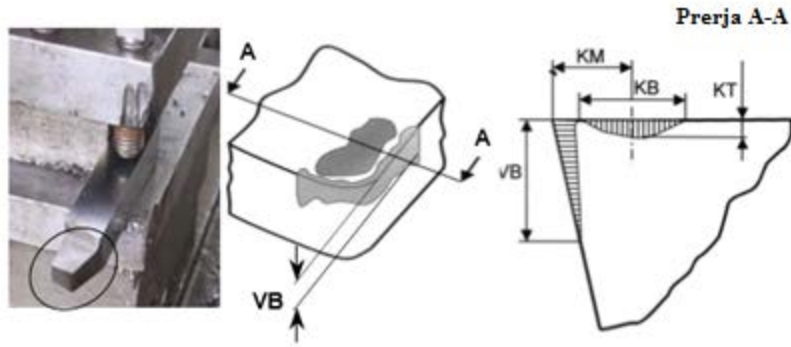


Fig. 2.25 Parametrat e konsumit të instrumentit:

VB- konsumi sipas faqes së prapme, KM-distanca nga qendra e kraterit deri te maja teorike e instrumentit, KB- gjerësia e kraterit, KT- thellësia e kraterit [7].

Marrëdhënia e përgjithshme e VB kundrejt kohës së prerjes është treguar në figurën 2.26 (e ashtuquajtura kurbë e konsumit). Megjithëse kurba (lakorja) e konsumit e treguar në fig. 2.26 është për rastin e konsumit sipas faqes së prapme të instrumentit, një marrëdhënie e ngjashme ndodhë edhe për llojet e tjera të konsumit. Nga figura shihet gjithashtu se si të përcaktohet jetëgjatësia e instrumentit për kriterin e dhënë të konsumit VB_k .

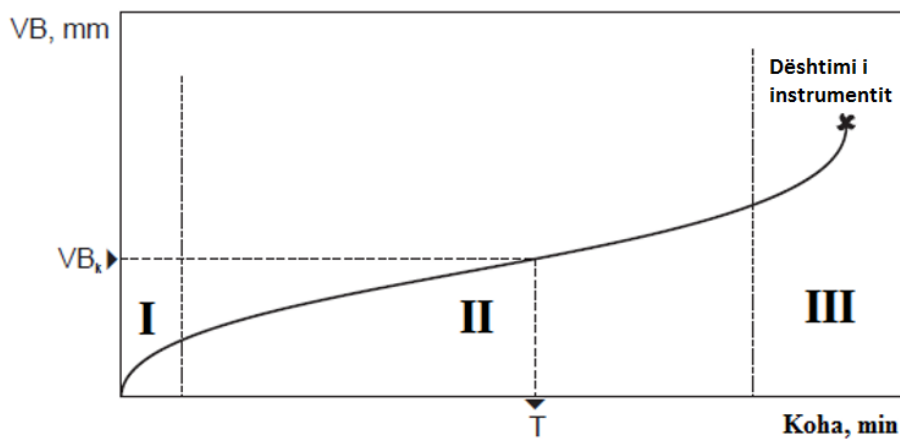


Fig. 2.26 Konsumi sipas faqes së prapme në funksion të kohës së prerjes. Jetëgjatësia T definohet si kohë e nevojshme që konsumi i instrumentit të arrijë vlerën VB_k [10]

Lakorja karakteristike (fig. 2.26) vlen për kombinimin e caktuar; instrument-copë punuese dhe për kushte të caktuara të prerjes: $A=ap \cdot f=\text{konst.}$, $vc=\text{konst.}$ (1)

Zona I njihet si konsum fillestar, zona II si “konsum normal”, ndërsa zona III si periodë e konsumit intensiv.

Parametrat të cilët më shumë ndikojnë në konsumin e instrumentit janë [10]:

- kushtet e prerjes (shpejtësia v , hapi s , thellësia e prerjes a),

- geometria e instrumentit prerës (këndi i përparmë)
- vetitë e materialit të pjesës punuese.

Prej këtyre parametrave, shpejtësia prerëse ka ndikimin më të madh. Kur shpejtësia e prerjes rritet, rritet edhe konsumi i tehut prerës, gjegj., shkurtohet jetëgjatësia e instrumentit fig. 2.27.

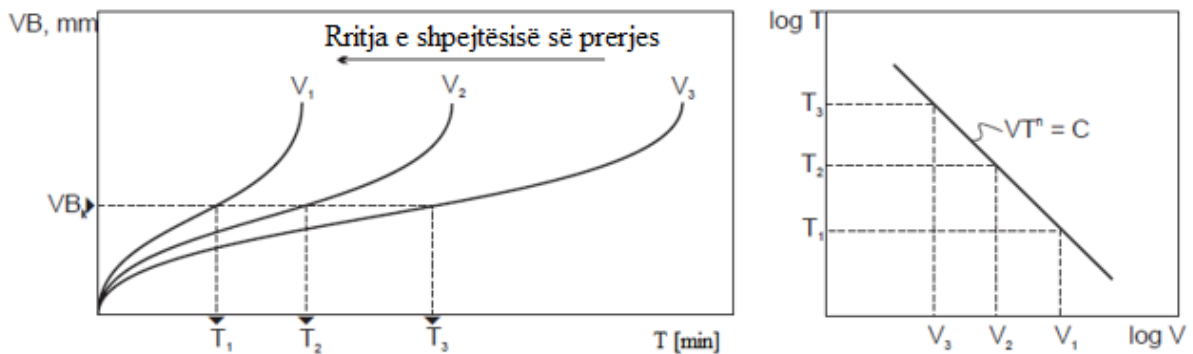


Fig. 2.27 (Majtas) Ndikimi i shpejtësisë së prerjes në gjerësinë e shiritit të konsumit dhe jetëgjatësinë e instrumentit për tri shpejtësi të prerjes. (Djathtas) Paraqitja skematike e diagramit $LogT-LogV$ [10]

Forcat e prerjes-konsumi i instrumentit si dhe harxhimi i energjisë gjatë prerjes varet nga forcat e prerjes, kështu që nëse gjatë përpunimit të një materiali forcat e prerjes janë më të vogla, atëherë i njëjti është më i përpunueshëm. Ndarja e shtresave sipërfaqësore të materialit me instrument prerës , është e mundur në qoftë se instrumenti e atakon me forcën F_R të barabartë me qëndrueshmërinë dhe forcat e fërkimit. Rezultantja e forcave të prerjes zakonisht te prerja e pjerrtë zbërthehet në tri komponente Fig 2.28:

F_c - forca kryesore e prerjes, e cila përkon me vektorin e shpejtësisë kryesore të prerjes,

F_f – forca e hapit prerës që vepron në drejtim të lëvizjes së hapit,

F_p - forca e depërtimit (penetrimit) që vepron në një drejtim perpendikular me F_c forcës dhe F_f gjegj. në drejtim të thellësisë së prerjes.

Raporti ndërmjet komponenteve të forcave të veçanta të prerjes ndryshon në mënyrë të konsiderueshme me ndryshimin e raportit të thellësisë dhe hapit, gjeometrisë së instrumentit, konsumit të instrumentit dhe vetive mekanike të instrumentit [7].

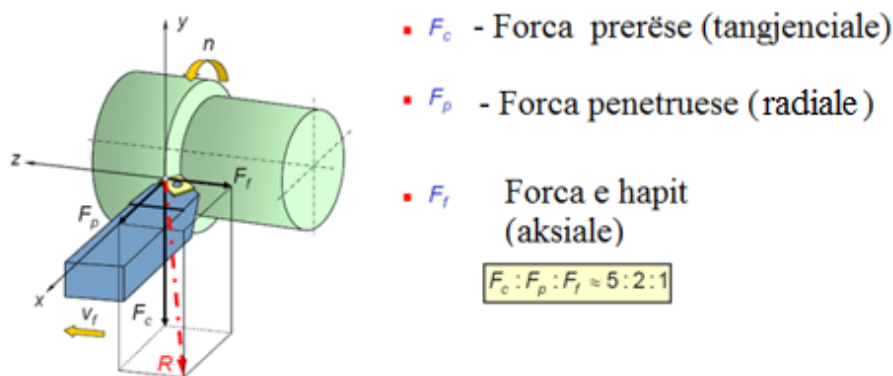


Fig. 2.28 Komponentet kryesore të forcave të prerjes

Kualiteti i sipërfaqes së përpunuar-kualitet sa më i lartë i sipërfaqes d.m.th. ashpërsi më e ulët e me këtë produkt me cilësi më të lartë, prandaj mund të konstatohet se materialet tek të cilat gjatë përpunimit realizohet kualitet më i lartë i përpunimit thuhet se kanë përpunueshmëri më të mirë. Kualiteti i sipërfaqes së përpunuar është kriter i rëndësishëm për vlerësimin e përpunimit të një materiali. Gjithashtu ajo ka një ndikim të madh në karakteristikat eksploatuese të elementeve të makinave: rezistencën ndaj konsumit, koeficientin e fërkimit, dhe kështu me radhë. Kjo varet nga materiali i detalit, trajtimin termik dhe procesin teknologjik të përpunimit[3].

Forma e ashklave të larguara – më të favorshme janë ato forma të ashklave të cilat më lehtë largohen nga zona e prerjes, prandaj për materialet që japin ashkla me forma më të favorshme thuhet që kanë përpunueshmëri më të mirë.

Format themelore të ashklave të gdhendura (Figura 2.29) janë [6]:

- e thyer (elementare),
- e prerë (lamelare),
- shiritore (kontinuale).

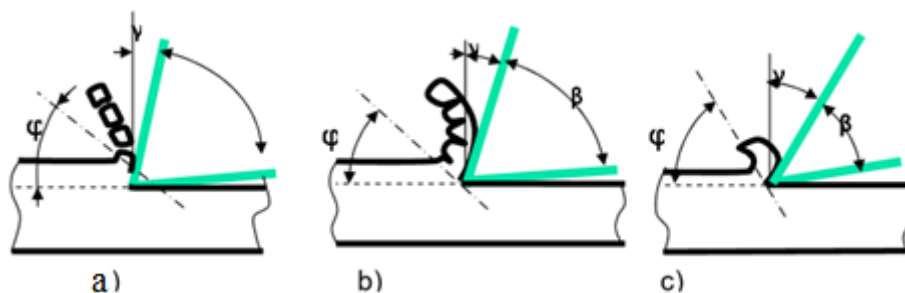


Fig. 2.29 Format e ashklave të prera [7]

Funksioni i ashklave të prera përcaktohet sipas koeficientit volumetrik sipas shprehjes [4];

$$K_a = V_a / V_m$$

V_a – vëllimi që zënë ashklat e prera,

V_m – vëllimi i materialit të detalit i cili është shndërruar në një ashkël.

2.4.3. Metodat për hulumtimin e përpunueshmërisë

Grupet e metodave për hulumtimin e përpunueshmërisë mund të klasifikohen në dy grupe kryesore [4]:

1. Metodat krahasuese, ose metodat e përpunueshmërisë relative, objektivi kryesor i të cilave është fitimi i indeksit (koeficientit) të përpunueshmërisë,
2. Metodat komplekse objektivi kryesor i të cilave është gjetja e funksionit të përpunueshmërisë.

Indeksi i përpunueshmërisë

Një përkufizim më i ngushtë i përpunueshmërisë kërkon të bëhen disa gjykime sasiore. Ekzistojnë disa mundësi , por në praktikë më së shpeshti përdoret i ashtuquajtur i indeksi i përpunueshmërisë.

Indeksi i përpunueshmërisë definohet me shprehjen [01]:

$$KM = V_{60} / V_{60R}$$

K_u , V_{60} – është shpejtësia prerja për materialin e ekzaminuar që siguron jetëgjatësinë e instrumentit prej 60 min, V_{60R} është shpejtësi e prerjes për materialin e referencës.

Materiallet referuese janë zgjedhur për secilin grup të materialeve të punës (hekurore dhe johekurore) në mesin e markave më të njohura dhe të përdorura gjerësisht.

Nëse $KM > 1$, përpunueshmëria e materialit të ekzaminuar është më e mirë se kjo e materialit referues, dhe e kundërta.

Si kriter i përpunueshmërisë merret ai kriter, i cili sipas rangut të caktuar për një proces të caktuar tregon përpunueshmëri më të mirë. Kriteri që përdoret më së shpeshti është shpejtësia e prerjes v_c e cila i korrespondon një vlerë të jetëgjatësisë së instrumentit T (p.sh.

V_{c60} për $T = 60$ min). Në qoftë se një material i dhënë mundëson shpejtësi më të lartë të prerjes me kushte të njëjta të përpunimit dhe parametrave të përpunimit, atëherë materiali ka punueshmëri më të mirë në krahasim me një tjetër dhe anasjelltas.

Për të realizuar përpunueshmërinë e materialeve vështirë të përpunueshëm, është e nevojshme që materialit ti shtohet një sasi e nxehtësisë në zonën e prerjes për të zvogëluar fortësinë e materialit. Burimi i nxehtësisë mund të jetë në pajisje me gaz, tufë laserike ose hark plazmë e fokusuar vetëm në zonën e prerjes të instrumentit fig. 2.30.

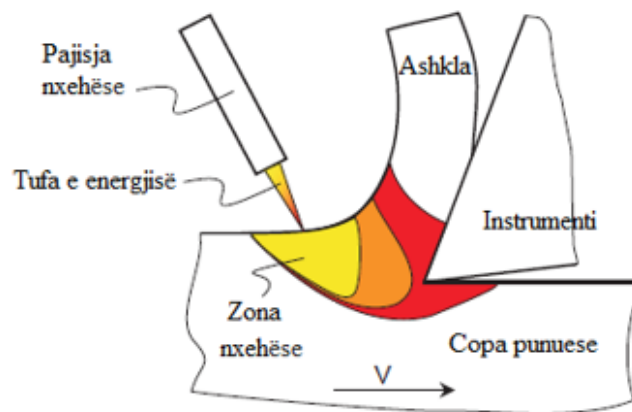


Fig. 2.30 Nxehja e copës punuese me gaz [10]

2.4.4. Metodatat krahasuese të hulumtimit të përpunueshmërisë

Karakteristika kryesore e metodës krahasuese është vlerësimi relativ i përpunueshmërisë d.m.th. përcaktimi i indeksit të përpunueshmërisë të materialit të testuar në raport me materialin referent të përvetësuar. Për material referent më së shpeshti zgjedhet materiali me përpunueshmëri të mirë për kriterin e vëzhguar.

Për fitimin e indeksit të përpunueshmërisë shfrytëzohen këto metoda[3,4]:

- Metoda e shpejtësisë së ndryshueshme,
- Metoda e rrugës konstante të instrumentit,
- Metoda e forcave konstante të prerjes,
- Metoda e izotopeve radioaktive,
- Metoda e përpunimit tërthor,
- Metodatat indirekte (përbërja kimike, karakteristikat mekanike, mikrostruktura etj.),
- Metoda e formës së ashklës së prerë.

2.4.5. Metodat komplekse të hulumtimit të përpunueshmërisë

Metodat komplekse e kanë marrë emrin sipas asaj se janë të bazuara në hulumtimet eksperimentale me plane eksperimentale shumëfaktorëshe. Duke marrë parasysh se këto eksperimente zgjasin deri sa të arrihet kriteri i konsumit të instrumentit metalprerës, për një kohë relativisht të gjatë, prandaj këto metoda quhen edhe si metoda afatgjate.

Pavarësisht nëse bëhet fjalë për hulumtimin e përpunueshmërisë sipas kriterit të konsumit të instrumentit ose sipas ndonjë kriteri tjetër metoda e hulumtimit është e njëjtë: planifikimi i instrumentit, realizimi i eksperimentit dhe përpunimi i rezultateve.

Prandaj, qëllimi i metodave komplekse është përfitimi i modeleve matematikore të procesit të përpunimit gjegjësisht funksioneve të përpunueshmërisë. Funksionet e përpunueshmërisë janë modele matematikore me të cilat përshkruhet varësia e ndërsjellë e parametrave hyrës dhe dalës të procesit të përpunimit dhe përfaqësojnë një përafrim real të formës së funksionit të procesit. Ato përdoren me qëllimin e [5]:

- definimit dhe optimizimit të procesit të përpunimit,
- parashikimit të intensitetit të ndikimit të faktorëve të veçantë në fazën e projektimit dhe simulimit të procesit të përpunimit,
- menaxhim të sigurt dhe kontroll të procesit të përpunimit

Metodat për fitimin e funksioneve të përpunueshmërisë janë në plane eksperimentale shumëfaktorëshe të ndryshme.

Rezultat përfundimtar i tyre janë modelet matematikore që përfaqësojnë një përafrim real, të panjohur, të formës analitike të funksioneve të fenomenit, si dhe ndërvarësinë e madhësive hyrëse (input) dhe dalëse (output) të proceseve të përpunimit me heqje ashkle.

2.5. Shpejtësia e largimit të materialit (MRR- Material Removal Rate)

Shpejtësia e largimit të materialit mund të definohet si sasi e largimit të materialit në raport me kohën e përpunimit.

Një mënyrë tjetër për të përcaktuar shpejtësinë e largimit të materialit MRR, është të imagjinohet një vlerë e çastit për shpejtësinë e largimit të materialit si shkallë e largimit në të cilën zona e prerjes tërthore të materialit fillon të largohet përgjatë materialit që përpunohet. Në qoftë se thellësia e prerjes shkon duke u ndryshuar atëherë edhe shpejtësia e largimit të materialit ndryshon në mënyrë kontinue gjatë përpunimit, në disa raste kjo mund të jetë e rëndësishme për shembull tek forcat e prerjes, materiali që përpunohet dhe instrumenti.

Ndryshimi i sasisë së materialit fillon të largohet përgjatë boshtit konik kjo nënkupton që forcat e prerjes dhe shmangia do të ndryshojnë përgjatë procesit të përpunimit.

Instrumenti prerës kontakton zonën ose sipërfaqen e prerjes tërthore të punës materiali largohet siq është paraqitur në figurën 2.31

MRR është një numër që mundëson largimin e sasisë së materialit nga sipërfaqja përpunuese në mënyrë efikase të prerjes dhe shumë profitabile, në kuptimin e plotë shpejtësia e largimit të materialit MRR, është sasia e materialit që largohet në minutë, sa më shumë që duhet të largojmë material edhe vlerat për MRR do të jenë më të mëdha .

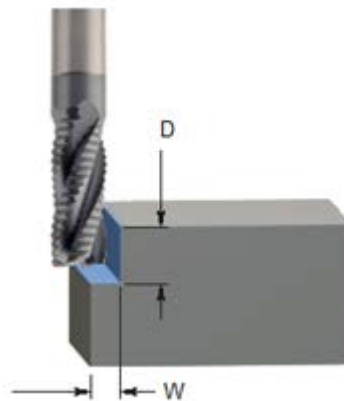


Fig. 2.31 Shpejtësia e largimit të materialit te shpimi

D –Thellësia e prerjes [mm],

W – Gjerësia e prerjes [mm],

F –Hapi [mm/min],

$$MRR = (D \times W \times F / 1000) [\text{mm}^3/\text{min}].$$

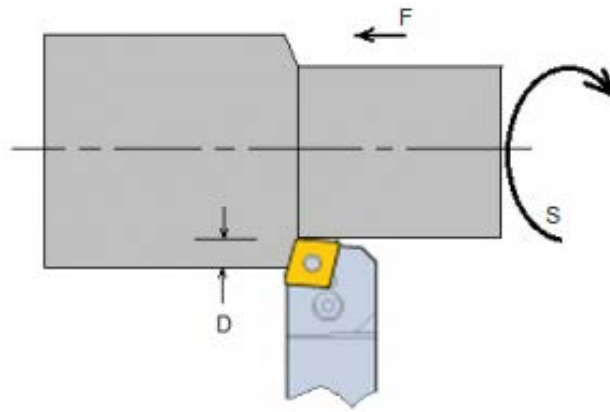


Fig. 2.32 Shpejtësia e largimit të materialit te tornimi

D – Thellësia e prerjes, mm

F – Hapi, mm/rr

S – Shpejtësia e prerjes, m/min

$$MRR = D \times F \times S \text{ mm}^3/\text{min}$$

Në figurën e mëposhtme mund të shohim përdorimin e shpejtësisë së largimit të materialit MRR për përpunime të caktuara fig. 2.31.

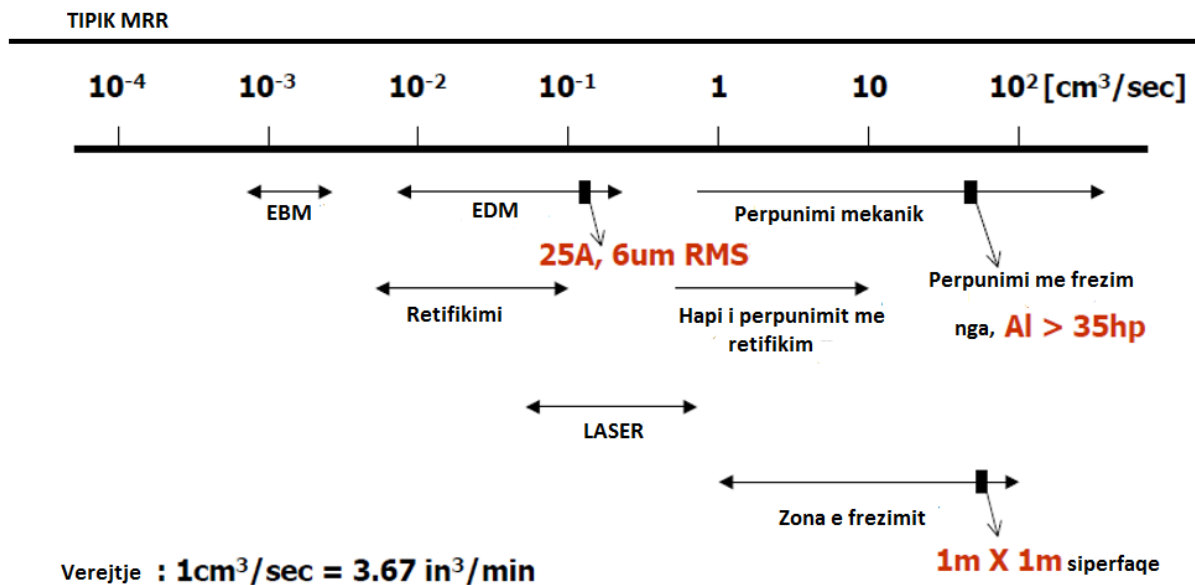


Fig. 2.33 Shpejtësia e largimit të materialit MRR për operacione të ndryshme të përpunimit[14]

3.0. KUALITETI I PËRPUNIMIT

3.1. Nocionet themelore

- **Saktësia e përpunimit**

Saktësia e përpunimit përfshinë; saktësinë e përmasës, saktësinë e formës dhe saktësia e pozitës reciproke të sipërfaqeve. Saktësia e përpunimit paraqet shkallën e përputhjes të copës së punuar me prototipin ideal. Konsiderohet se përputhja është realizuar nëse përmasat, forma dhe pozicioni reciprok i sipërfaqeve ndodhen në kufijtë të cilët janë shënuar në dokumentacionin e copës punuese [15].

- **Kualiteti i sipërfaqes së përpunuar**

Kualiteti (cilësia) e sipërfaqes së përpunuar përcaktohet nëpërmjet; ashpërsisë, valëzimit dhe defektit të shtresës sipërfaqësore.

Ekzistojnë 4 lloje të sipërfaqeve të përpunuar: e njëtrajtshme (uniforme) e lëmuar, e njëtrajtshme e ashpër, e valëzuar e lëmuar dhe e valëzuar e ashpër fig. 3.1.

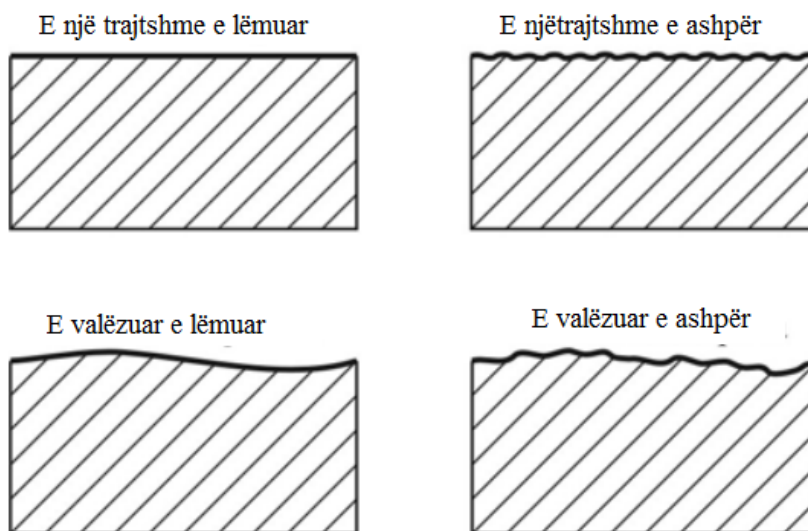


Fig. 3.1 Llojet e sipërfaqeve të përpunuara [16]

Në fig. 3.2. është treguar profili i sipërfaqes në rrafshin pingul me sipërfaqen me sistemin koordinativ respektiv.

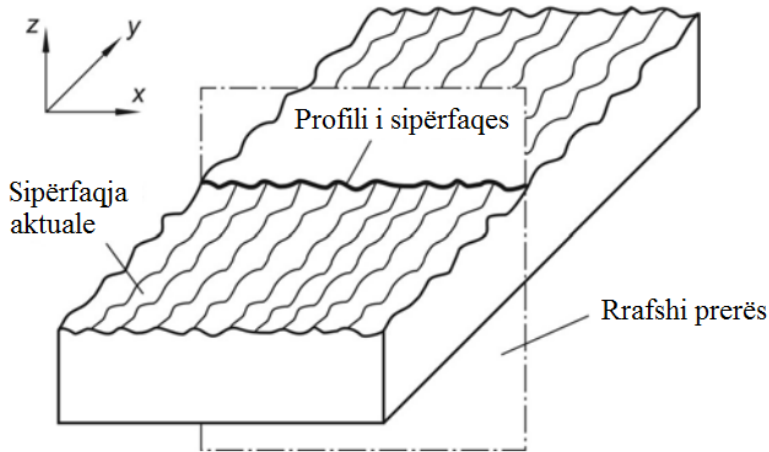


Fig. 3.2 Profili i sipërfaqes pingul në rrafshin e sipërfaqes [16]

Çdo pjesë e sipërfaqes përbëhet nga tekstura dhe ashpërsia e cila varet nga mënyra e përpunimit si dhe nga struktura e copës punuese. Sipërfaqja e ndonjë detali karakterizohet me topografi dhe profil.

Profili i sipërfaqes paraqet prerjen e sipërfaqes reale me rrafshin e caktuar (fig. 3.2).

Duhet të theksohet se matjet e profilit nëpërmjet majës shkruese ndërmerren në drejtim të një orientimi karakteristik të ashpërsisë sipërfaqësore, të cilat zakonisht përkojnë me drejtimin normal me aksin e procesit përpunues me një shpejtësi konstante (normal me shpejtësinë e prerjes në operacionet e prerjes).

Gjurma e profilit - është profili i cili e mbështjellë sipërfaqen reale të fituar me anë të instrumentit (profilometrit) me majë shkruese fig. 3.3. Gjurma e profilit përbëhet nga devijimet e formës, valëzimeve dhe vrazhdësisë (ashpërsisë) (DIN EN ISO 3274, DIN 4760) fig. 3.3.

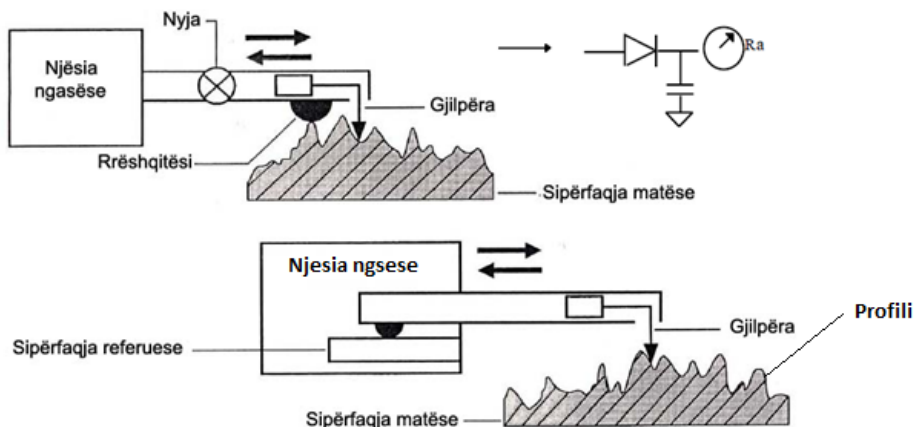


Fig. 3.3 Matja e gjurmës së profilit [17]

Derisa më herët janë bërë më së shpeshti matjet e profilit të sipërfaqes 2D fig. 3.4b, në ditët e sotme gjithnjë e më tepër i jepet rëndësi topografisë së saj, gjatë së cilës shfrytëzohen një numër i madh i parametrave 3D për përshkrimin e topografisë fig. 3.4a

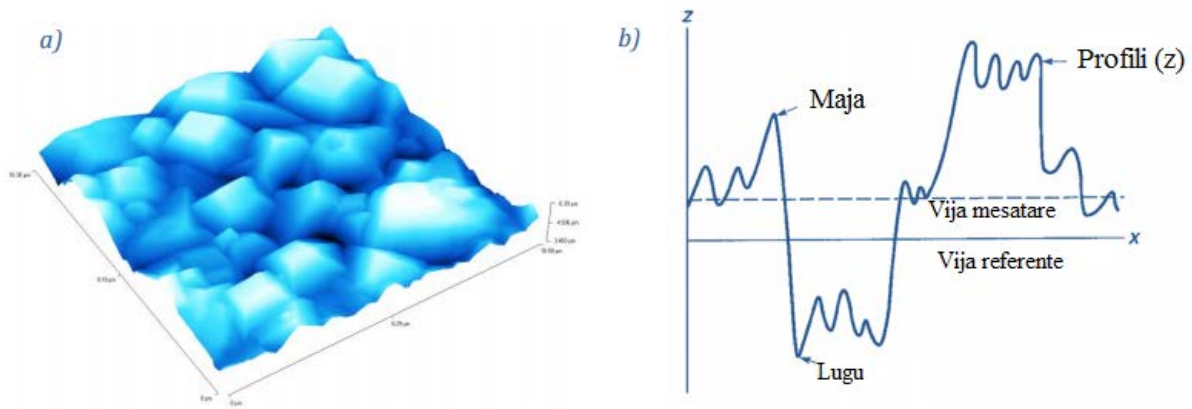


Fig. 3.4 a) topografia 3D e diamantit, b) linja e profilit 2D e një prerje tërthore [18]

Nocionet themelore rreth ashpërsisë së sipërfaqeve teknike jepen sipas standardit ISO 4287.

Ashpërsia është grup i jo rrafshinave të cilat e formojnë reliefin e sipërfaqes. Ashpërsia vëzhgohet në kufijtë e caktuar të prerjes së këtij reliefi, gjatë së cilës janë eliminuar gabimet e formës dhe valëzimit.

Në fig. 3.5 është paraqitur prerja me sipërfaqet karakteristike dhe profilet.

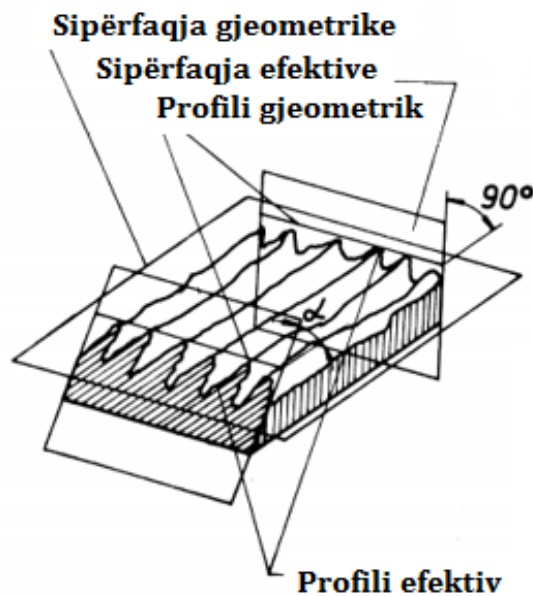


Fig. 3.5 Prerja me sipërfaqet karakteristike [19]

Sipërfaqja e cila e kufizon trupin është *sipërfaqja reale*.

Jorrafshinat: përfaqësojnë brigjet dhe lugjet e sipërfaqes reale.

Sipërfaqja gjeometrike është sipërfaqe e definuar me vizatimin teknik, e cila nuk merr parasysh ashpërsinë dhe gabimet e formës.

Sipërfaqja efektive është përshkrim i përafërt i sipërfaqes reale e cila mund të konstatohet me mjetet matëse.

Me prerjen e këtyre sipërfaqeve me rrafshje të zgjedhura fitohen profilet gjegjëse të tyre fig. 3.5:

- Profili real,
- Profili gjeometrik dhe
- Profili efektiv

Filtri i profilit është filteri i cili i ndan profilet sipas gjatësisë valore në valë të gjata dhe valë të shkurta (ISO 11562). Ekzistojnë tre filtra të cilët shfrytëzohen në pajisje me të cilët matet ashpërsia, valëzimi dhe profili primar (fig. 3.5)

Të gjitha i kanë karakteristikat e njëjta transmetuese të përcaktuara me ISO 11562, por gjatësitë valore i kanë të ndryshme.

Të gjitha dukuritë analizohen në sistemin koordinativ kënddrejtë në të cilin aksi x dhe z vendosen në sipërfaqen reale të vëzhguar.

Profili i ashpërsisë (R) është profil i cili derivon nga profili primar duke i neglizhuar komponentet me gjatësi valore të gjata me shfrytëzimin e filtrit të profilit λ_c fig. 3.6. Profili i ashpërsisë është baza për matjen e parametrave të ashpërsisë së profilit.

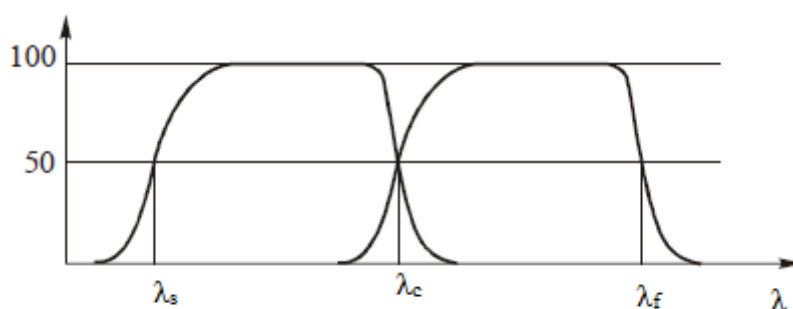
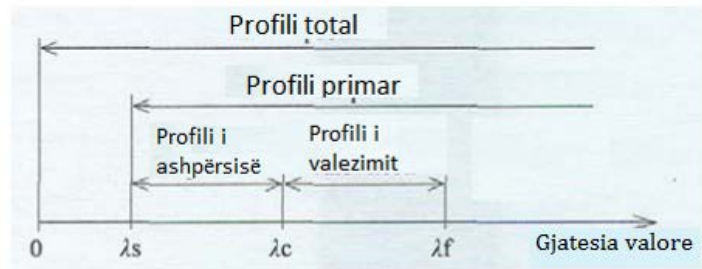


Fig. 3.6 Karakteristika transmetuese të profilit të ashpërsisë dhe valëzimit [20]

Profili i valëzimit (W) është profil i cili rrjedh nga profili primar (P) me aplikimin e filtrave të profilit λ_f dhe λ_c fig. 3.7



- Profili total
- Profili primar P
- Profili i valezimit W
- Profili i ashpërsisë R

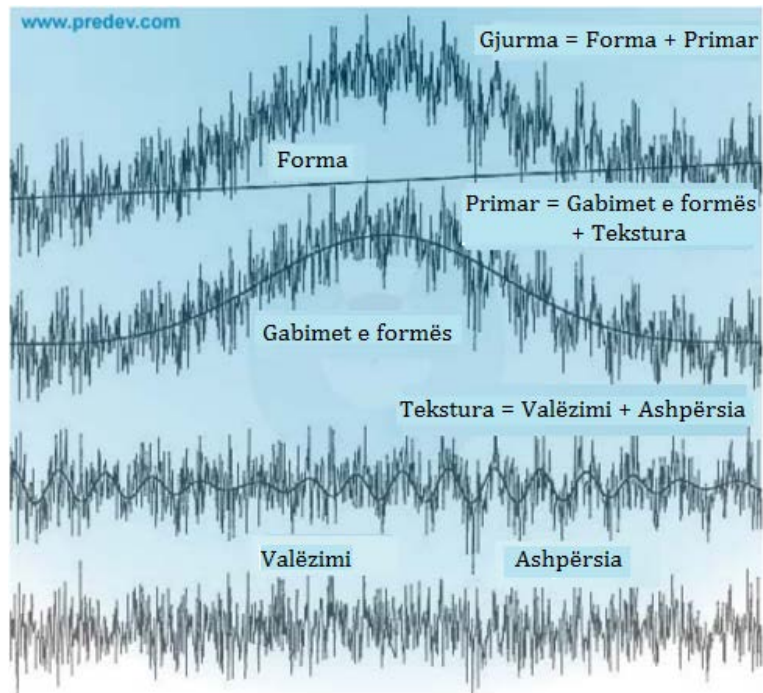
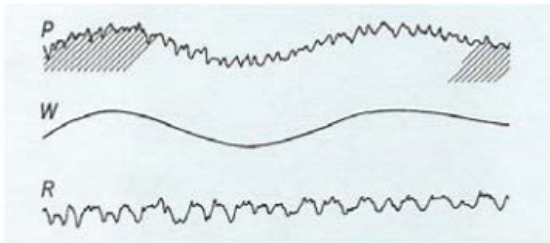


Fig. 3.7 Llojet e profilit të sipërfaqes [21]

Parametrat zakonisht përcaktohen nëpërmjet gjatësisë së mostrës (kampionit).

Linja mesatare e profilit përcaktohet ndaras për profilin primar, profilin e ashpërsisë dhe profilin e valëzimit. Për profilin primar përcaktohet me metodën e katrorëve më të vegjël, që d.m.th., se ajo e ndan profilin ashtu që brenda gjatësisë l shuma e katrorëve e të gjitha

devijimeve të profilit Z nga ajo vijë të jetë minimale, ndërsa për ashpërsinë dhe valëzimin përdoren filtrat e profilit λ_c dhe λ_f .

Gjatësia referente (gjatësia e mostrës) l_p , l_r , l_w është gjatësia përgjatë drejtimit x e cila shfrytëzohet për konstatimin e parregullsive të cilat i karakterizojnë profilet që maten.

Gjatësia e mostrës të profilin të ashpërsisë dhe valëzimit λ_r dhe λ_w numerikisht është e barabartë me gjatësinë valore karakteristike λ_c dhe λ_f . Gjatësia e mostrës së profilin primar l_p është e barabartë me gjatësinë vlerësuese fig. 3.8.

Gjatësia vlerësuese l_n është distanca në boshtin x e cila shfrytëzohet për vlerësimin e profilin që matet. Mund të përfshijë një ose më shumë gjatësi referente. Për gjatësitë e preferuara të vlerësimit të shikohet (ISO 4288:1996) tabela 3.1

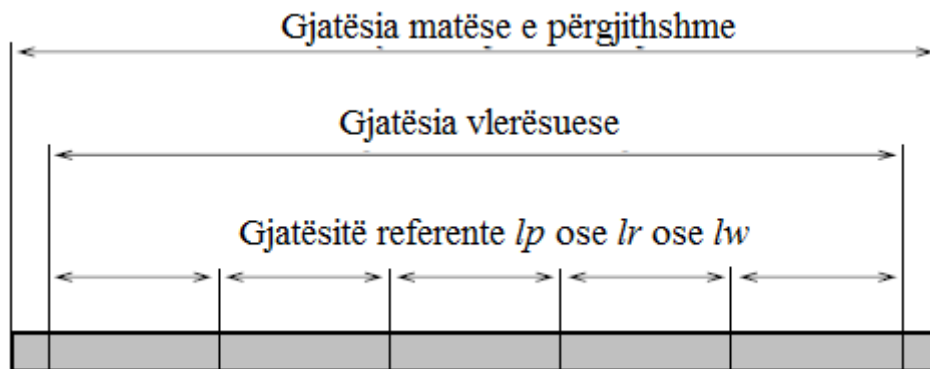


Fig. 3.8 Gjatësitë karakteristike të vlerësimit të profilin të sipërfaqes [21]

Vetitë eksploative të pjesëve makinerike dhe jetëgjatësia e tyre në masë të dukshme varen nga gjendja e sipërfaqeve të tyre. Për ndryshim nga sipërfaqja e rrafshët ideale, e cila definohet me vizatimin e punëtorisë së pjesës, sipërfaqja reale (teknike) përbëhet nga jorrafshina të formave dhe dimensioneve të ndryshme të cilat ndodhin në procesin e përpunimit fig. 3.8.

Lartësia, forma dhe drejtimi i shtrirjes të jorrafshirave në sipërfaqen e përpunuar të copës punuese varet nga një mori faktorësh: regjimi i përpunimit, kushtet e ftohjes dhe lubrifikimit të veglave për prerje, përbërjes kimike dhe mikrostrukture të copës së përpunuar, gjeometrisë së instrumentit, llojit dhe gjendjes së makinës, veglave shtrënguese dhe pajisjeve ndihmëse.

Dallohen këto shmangie nga sipërfaqja teorike [3.8]:

https://www.fsb.unizg.hr/elementroj/pdf/design/2007/hrapavost_tehnickih_povrsina.pdf

- Shmangiet mikroskopike,
- Valëzimi i sipërfaqes së përpunuar dhe
- Shmangiet mikrogeometrike.

Të gjitha shmangiet e sipërfaqes reale në raport me sipërfaqen ideale (teorike) duhet të jenë në kufijtë e lejuar të shmangies së dimensioneve.

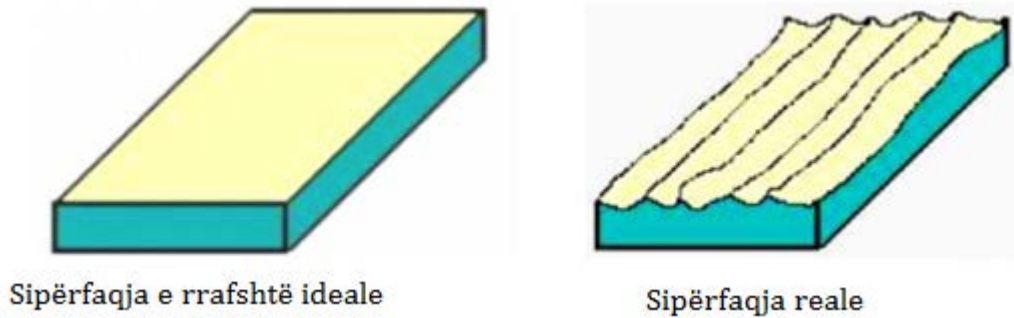


Fig. 3.1 Llojet e sipërfaqeve [22]

Ashpërsia e sipërfaqes në kuptim të përgjithshëm është një parregullsi mikrogeometrike, e cila ndodh gjatë proceseve të përpunimit ose ndikimeve të tjera. Ashpërsia e sipërfaqes në disa raste ka ndikim të rëndësishëm në performancën e pjesëve të makinës, veçanërisht në vendet e kontaktit reciprok të elementeve të veçanta (fërkimit, shkëlqimit, lyerjes). Në përgjithësi, pjesët e makinave me ashpërsi më të ulët kanë qëndrueshmëri dinamike më të madhe, rezistencë më të madhe ndaj korrozionit, aftësi më të madhe të puthitjes, transmetim më të mirë të nxehtësisë etj. Meqenëse, arritja e ashpërsisë së ulët të sipërfaqes është gjithëherë e lidhur me zgjatjen e procesit të përpunimit, gjë që shkakton rritjen e çmimit të pjesës makinerike.

Ky integritet i sipërfaqes i përcaktuar në këtë mënyrë, është i lidhur me procesin e prodhimit, ambientin rrethues, ndërveprimin mes tyre dhe kushteve të punës në sistemin tribologjik.

Gjatë definimit të ndonjë komponente inxhinierike është e rëndësishme të specifikohet shkalla e kualitetit të dëshiruar të komponentes gjeometrike.

Sipërfaqja e gjeneruar gjatë përpunimit si dhe metodave tjera të prodhimit në përgjithësi janë të parregullta dhe komplekse. Nga aspekti praktik, të rëndësishme janë parregullsitë gjeometrike të gjeneruara me metodat e përpunimit, të cilat janë devijime të përsëritura ose të rastit nga sipërfaqja ideale e lëmuar. Këto parregullsi janë të definuara nga lartësitë, distanca (shpërndarja) dhe drejtimi si dhe nga karakteristika të tjera të rastit, të cilat nuk janë të natyrës gjeometrike.

Nocioni i përgjithshëm i përdorur për definimin e këtyre parregullsive të sipërfaqes emërtohet si *tekstura e sipërfaqes* ose *topografia e sipërfaqes* të cilat e formojnë modelin e sipërfaqes [23].

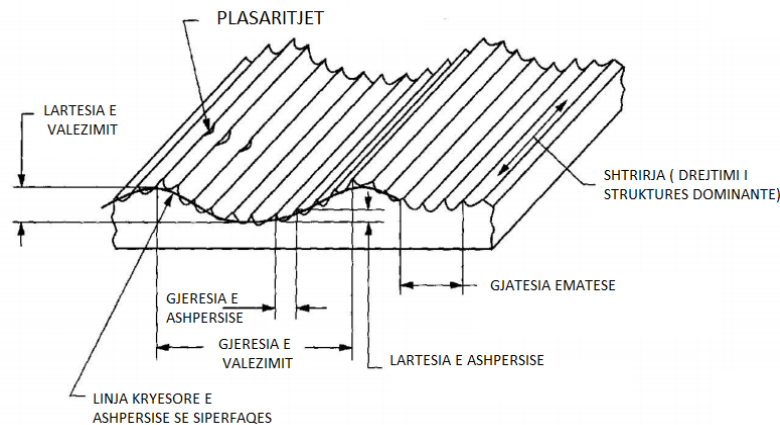


Fig. 3.9 *Tekstura e sipërfaqes së përpunuar: valëzimi, ashpërsia, çarjet dhe drejtimi* [18]

Arsyet e jo përsosshmërisë së sipërfaqes finale janë [24]:

- Jo përsosshmëria e sipërfaqes finale (përfundimtare) përbëhet kryesisht prej dy defekteve: Gabimeve të formës dhe teksturës së sipërfaqes. Gabimin e formës e paraqet devijimi i gjatësisë së valës (duke iu referuar Fig. 3.1) së sipërfaqes nga sipërfaqja nominale përkatëse. Gabimet formë rezultojnë nga probleme në shkallë të gjerë në procesin e prodhimit të tilla si gabime në mënyra mjet makinë, udhëzon apo spindles, shtrirjes jo të saktë të punës-copë. Ne do të diskutojmë më shumë në sipërfaqe Texture, ashtu siç është paraqitur në vizatim, si simbol vrazhdësi sipërfaqe. Sipërfaqja Texture cilësi është kombinimi i devijimeve mjaft të shkurtër gjatësi vale të një sipërfaqe nga sipërfaqja nominale. Gabimet (shmangiet) e formës shkaktohen nga një gamë e gjerë e problemeve në procesin e përpunimit dhe si gabimet në makinë, bosht ose rrëshqitës, vendosja e pasaktë e copës punuese etj.

Gabimi i formës është në vijën ndarëse dhe shkallën e madhësisë mes gabimeve gjeometrike dhe gabimeve finale

Në shumicën e procedurave të zbatuara për inspektimin e sipërfaqeve në teknologjitë industriale, analizohen dhe maten vetëm devijimet strukturale të rendit të dytë ose më të lartë në seksionin e sipërfaqes. Këto seksione duhet të reprezentohen në mënyrë statistikore për sipërfaqen e dhënë [DIN2257], fig. 3.1.

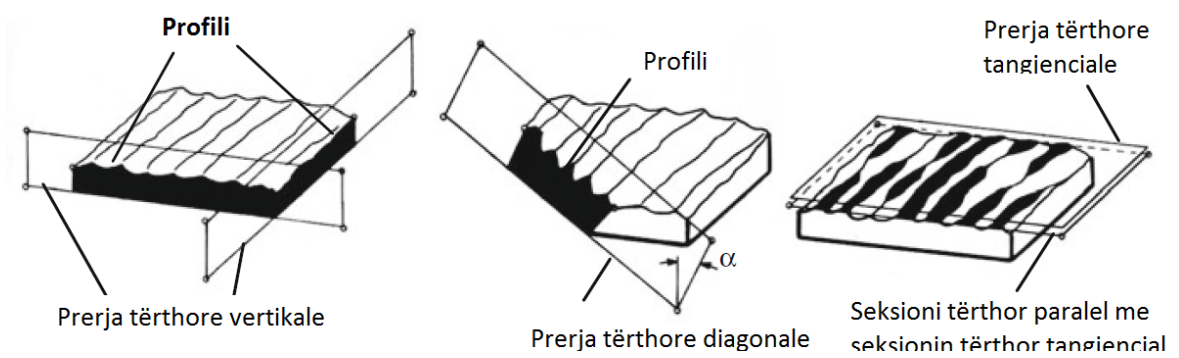
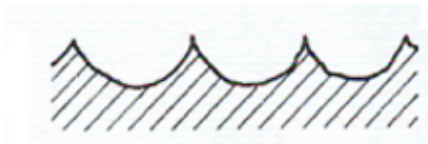


Fig. 3.10 Regjistrimi i devijimeve strukturale të sipërfaqes së përpunuar

Profilet e sipërfaqes mund të jenë periodike dhe joperiodike fig. 3.11.

Profilet periodike



Profilet joperiodike

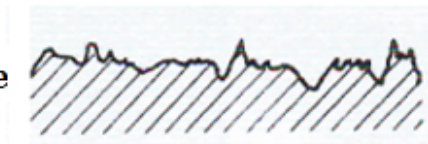


Fig. 3.11 Llojet e profileve të sipërfaqes [21]

3.2. Parametrat e ashpërsisë

Madhësia e ashpërsisë zakonisht matet në raport me linjën referente mesatare të jorrafshirave m , e cila e ndan profilin, ashtu që në kuadër të gjatësisë matëse l , shumën e të gjithë katrorëve të devijimit të profilin nga ajo vijë të jetë minimale. Gjatësia matëse l varet nga kualiteti dhe lloji i përpunimit, si dhe nga metoda e matjes tabela 3.1. Parametrat e ashpërsisë përcaktohen sipas disa standardeve si DIN 4762 dhe DIN 4768. [25]

Tabela 3.1. Gjatësitë e përshtatshme (Cutoff) sipas standardit ISO4288 [20]

| Profili periodik | Profili periodik | | Gjatesia valore kufitare | Gjat.vlers-gjat. refer/ |
|---------------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| | R_z (μm) | R_a (μm) | | |
| Gjeresia e elementit $X_s(\text{mm})$ | | | λ (mm) | l_r/l_r (mm) |
| >0,01 do0,04 | do0,1 | do0,02 | 0,08 | 0,08/0,4 |
| >0,04 do0,13 | >0,1 d 0,5 | >0,02do0,1 | 0,25 | 0,25/1,25 |
| >0,13 do 0,4 | >0,5 do10 | >0,1do 2 | 0,8 | 0,8/4 |
| >0,4 do1,3 | >10 do50 | >2do10 | 2,5 | 2,5/12,5 |

Sipas standardit JIS B 0601(1994) dhe JIS B 0031(1994) njihen këto kategori të ashpërsisë së sipërfaqes, për të cilat janë dhënë përkufizimet dhe treguesit e parametrave të ashpërsisë së sipërfaqes (në praktikën industriale) . Ato janë:

- Shmangia mesatare aritmetike e profilit (R_a), e cila është e barabartë me vlerën aritmetike absolute të vlerave të lartësive të profilit të jorrafshinave në gjatësinë matëse l fig. 3.2, i cili është parametri që më së shumti përdoret.

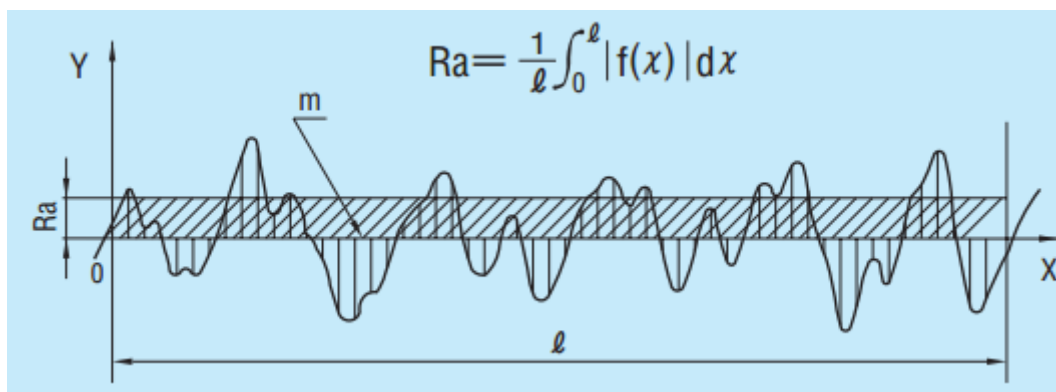


Fig. 3.12 Shmangia mesatare aritmetike e profilit të ashpërsisë (26)

- Lartësia mesatare e jorrafshirave (R_z), është e barabartë me shumën e mesatares aritmetike të vlerave mesatare absolute të 5 lartësive të majeve më të larta (y_p) dhe mesatares aritmetike të vlerave absolute të 5 thellësive më të mëdha (y_v) në gjatësinë matëse l fig. 3.13. Vlera e përafërt e $R_z \sim 4 R_a$.

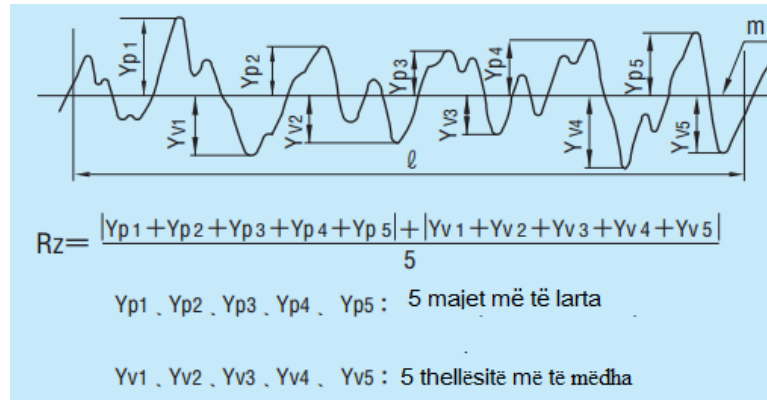


Fig. 3.13 Lartësia mesatare e jorrafshinave (26)

- Lartësia maksimale e profilit (R_y), përkufizohet si distancë në mes dy drejtimeve paralele me vijën mesatare të profilit, e tërhequr ashu që në kufijt e gjatësisë matëse të kontaktoj pikën më të lartë gjegjësisht më të ulët të profilit. Ky parametër është i njëjtë me parametrin R_{max} (lartësia më e madhe e jorrafshinave) e definuar me standardin HRN fig. 3.14. Përafërsisht është $R_{max} = 6,4 R_a$.

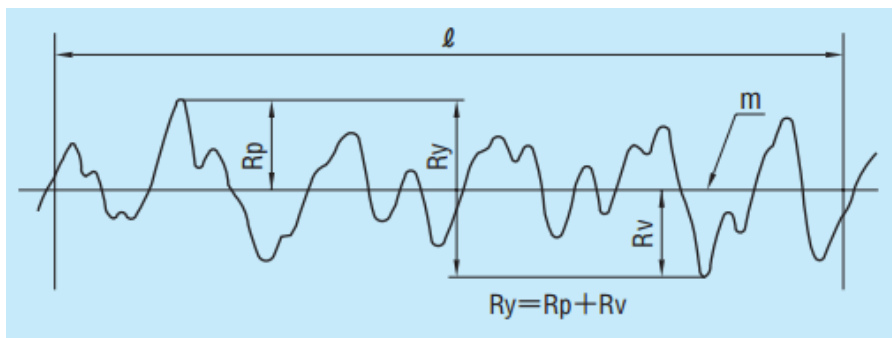


Fig. 3.14 Lartësia maksimale e profilit [26]

Në fig. 3.15 është paraqitur lartësia e tërësishme (teorike) profilit të ashpërsisë (R_t).

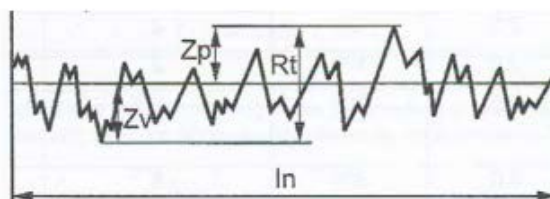


Fig. 3.15 Lartësia e tërësishme e profilit të ashpërsisë [21]

Vlera mesatare e shmangieve kuadratike (R_q) nga vija mesatare, jepet nëpërmjet formulës.

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{L} \int_0^L z^2(x) dx}$$

4.0. PLANET EKSPERIMENTALE SHUMËFAKTORËSHE

Metodat për fitimin e funksionit të përpunueshmërisë janë plane të ndryshme eksperimentale statistikore shumëfaktorëshe. Rezultati përfundimtar janë modelet matematikore që përshkruajnë varësinë e ndërsjellë të parametrave hyrës dhe dalëse të përpunimit.

Në figurën 4.1 në mënyrë skematike tregohet procesi i përpunimit me heqje ashkle me të gjitha hyrjet dhe daljet e nevojshme për të përcaktuar modelin matematik të procesit.

Gjithmonë, para hulumtuesit paraqiten dy detyra të rëndësishme:

- të hulumtoj se cilët parametra hyrës (x_i) kanë efekt të rëndësishëm në parametrat dalës (y_i)
- të përcaktojë varësinë funksionale të parametrave dalës nga ata hyrës.

Një funksion i përpunueshmërisë nuk është i domosdoshme ti përmbaj të gjithë parametrat hyrës signifikant (nuk është e mundur), por vetëm ata që janë të nevojshëm për rastet konkrete të caktuara. Të gjithë parametrat hyrës signifikant që për momentin nuk janë interesant duhet të trajtohen si konstant.

Gjatë kësaj duhet gjithmonë të merret parasysh se një funksion i përpunueshmërisë është i vlefshëm vetëm për kushte të caktuara të përpunimit, të cilat janë të shënuara si "konstante".

Kjo do të thotë se për çdo kombinim tjetër të konstanteve vlen një model matematikor tjetër. D.m.th., modeli matematikor është i pavlefshëm në qoftë se pranë tij janë shënuar edhe kushtet e përpunimit. "Çrregullimet" gjithashtu bëjnë pjesë në kushtet e përpunimit, por në ta nuk mund të ndikohet (për shembull luhatjet e tensionit në rrjeta) fig. 4.1.

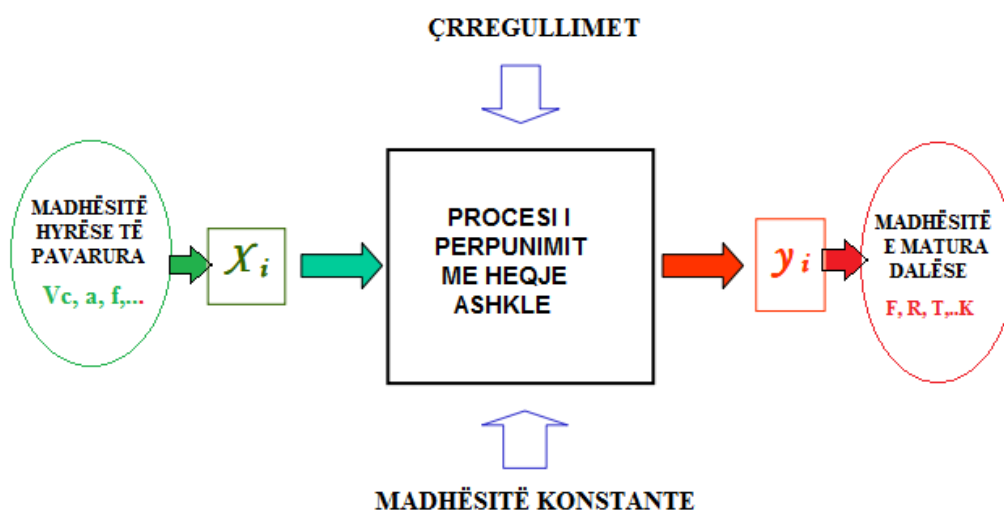


Fig. 4.1 Varësia funksionale në mes faktorëve hyrës dhe dalës [9]

Planifikimi i eksperimentit do të thotë, duke u bazuar në gjetjet nga literatura, përvoja dhe pritjet e qëllimit të dëshiruar, paraprakisht të parashikohen të gjithë faktorët ndikues dhe veprimet nëpërmjet një hulumtimi racional që do të qojnë në njohuri të reja. Kjo do të thotë se kjo është një mënyrë për të përcaktuar protokolin për gjetjen e varësisë funksionale në mes hyrjes dhe daljes së procesit të treguar në figurën 4.1.

Në thelb planet e eksperimenteve mund të ndahen në dy grupe [9]:

- Planet eksperimentale një faktorësh; që paraqet metodën klasike të eksperimentimit me një variabël,
- Planet eksperimentale statistikore shumë faktorëshe (metodat moderne të eksperimentimit).

Duke qenë se procesi i përpunimit me heqje ashkle karakterizohet nga ndikimi i shumë faktorëve ndikues, të cilët direkt ose me ndërveprim me njëri tjetrin ndikojnë në rrjedhën dhe rezultatin e procesit si dhe për shkak të karakterit statistikor të procesit, është e nevojshme që eksperimenti të zhvilloj metodën shumëfaktoriale statistikore.

Planifikimi shumëfaktorial eksperimental dallohet me këto karakteristika:

- gjatë rrjedhës së eksperimentit ndryshohen më shumë faktor ndikues njëkohësisht,
- ekziston një renditje paraprake e pikave eksperimentuese në hapësirë,
- numër minimal të eksperimenteve në raport me sasinë e informacioneve të fituara mbi ligjshmërinë e procesit,
- përpunimi matematikor i rezultateve relativisht i thjeshtë
- jep pasqyrë të varësisë midis faktorëve (ndërveprimi).

Në praktikë, nganjëherë edhe në literaturë nën termin planifikim i eksperimentit shpesh fshihen dy koncepte: planifikimi i eksperimenteve në kuptim të gjerë, ose planifikimi i eksperimentit në kuptimin e ngushtë. Planifikimi i eksperimentit në kuptimin e gjerë do të thotë hulumtimi eksperimental për fitimin e funksionit të përpunueshmërisë sipas një protokollit saktë të përcaktuar, të treguar në figurën 4.2.

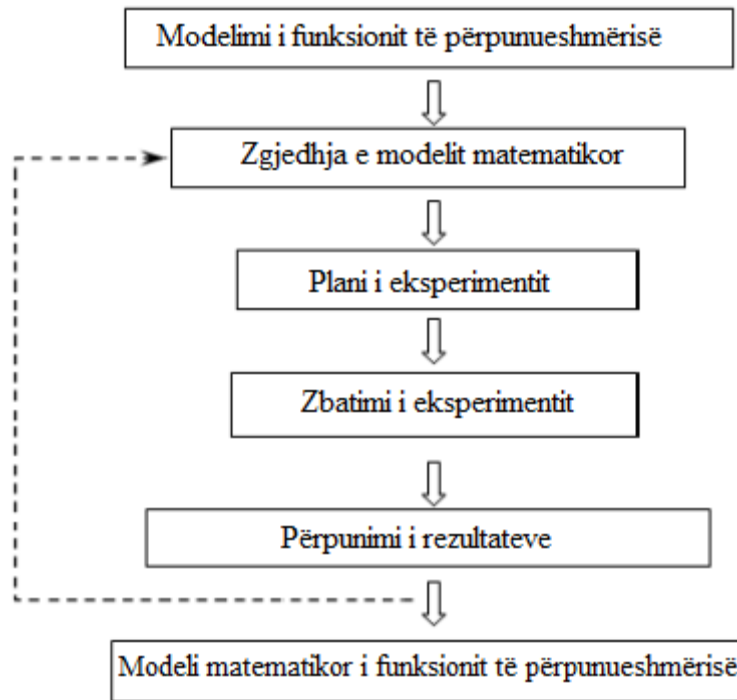


Fig. 4.2 Bllok skema e protokollit të hulumtimit eksperimental [9]

Siç shihet nga bllok skema, hulumtimi eksperimental fillon me zgjedhjen e modelit matematikor për të cilin supozohet se do të jetë përafrim mjaftueshëm i saktë i modelit real, analitik reagues të panjohur.

Definimi i modelit matematikor, nuk do të thotë vetëm përcaktimi i nivelit (shkallës) së tij, por edhe mënyrë e zgjedhjes së faktorëve të pavarur ndikues të cilët në atë moment janë interes i hulumtuesit që të përfshihen në model. Të gjithë faktorët e tjerë potencial duhet të mbesin konstant. Pas zbatimit të eksperimentit dhe përpunimit të rezultateve hipoteza duhet testuar. Në qoftë se kjo rezulton se modeli matematikor nuk është adekuat, procesi fillon nga e para duke vendosur një model të ri matematikor, ose duke zgjedhur një interval të ndryshëm të faktorëve të pavarur të modelit.

Projektimi eksperimental në kuptimin e ngushtë do të thotë definimi i një modeli të caktuar matematikë: numrit të pikave eksperimentale, intervalit të faktorëve të ndryshëm të pavarur, mënyrës dhe numrit të eksperimenteve përsëritëse në plan-matricën eksperimentale. [8].

Në këtë punim është shfrytëzuar metoda statistikore matematikore me shumë faktorë, ku të gjithë faktorët e ndryshueshëm të varur (dalës), janë dhënë në formë të funksionit eksponencial nga të ndryshueshmet e pavarura. Si faktorë të pavarur janë marrë shpejtësia e

prerjes (v_c), hapi prerës (f), thellësia e prerjes (diametri i puntos d), të cilët ndryshojnë në kufij të caktuar.

Modelet matematikore empirike supozohen në shumicën e rasteve në formë eksponenciale [27,28]:

$$R = C_R \cdot Q_1^{z_1} \cdot Q_2^{z_2} \cdot Q_3^{z_3} \dots Q_k^{z_k} \quad (4.1)$$

ose

$$R = C_R \cdot v^{x_1} \cdot f^{x_2} \cdot d^{x_3} \quad (4.2)$$

Të gjithë faktorët tjerë të ndryshëm dhe të pavarur (këndet e instrumentit metalprerës, lloji i materialit dhe mjetet ftohëse) nuk janë marrë në shqyrtim në modelin matematikor (4.2), sepse konsiderohen konstant në modelin matematikor të caktuar. Për çfarë do kushti tjetër jepet formë e veçantë e shprehjes (4.1 gjegj. 4.2).

4. 1. Formimi i modelit matematikor

Modeli matematikor i ashpërsisë së sipërfaqes i bazuar në efektin e parametrave të përpunimit; shpejtësisë së prerjes v_c , hapit punues (f) dhe diametrit të përpunimit të instrumentit (d) është dhënë sipas formës:

$$R = C_R \cdot v^{k_v} \cdot f^{k_f} \cdot d^{k_d} \quad (4.3)$$

Për definimin e kompleksit të parametrave lidhur me përpunueshmërinë, më së shpeshti përdoren planet ortogonale shumëfaktorëshe të rendit të parë të formës:

$$N = 2^k + N_0 \quad (4.4)$$

Ku janë;

N – numri i tërësishëm i eksperimenteve,

k – numri i parametrave të pavarur (v, f, a, r, \dots)

N_0 – numri i eksperimenteve të përsëritura në pikën qendrore të planit për vlerësimin statistikor të gabimit eksperimental si dhe më vonë në bazë të kriterit t ose F edhe vërtetimi i adekuatshmërisë së modelit matematikor.

Në figurën 4.2 është treguar interpretimi grafik i numrit të eksperimenteve nëpërmjet kubit latin. Planifikimin e eksperimenteve nëpërmjet kubit latin së pari e ka aplikuar Fisher

R. A. në punimin e tij në vitin 1949 “ The Design of Eksperimente” si dhe në të njëjtën kohë edhe Kishen në punimin “On latin and Hyper- Greco-Latin Cubes and Hypercubes” (1949).

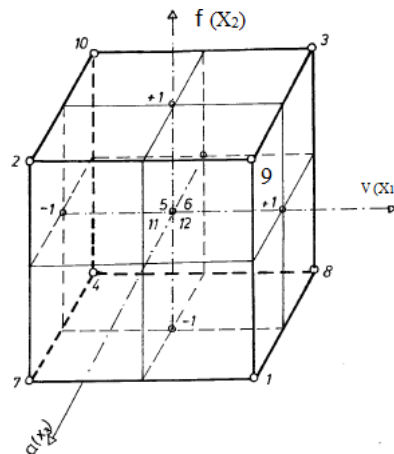


Fig. 4.2 Paraqitja skematike e planit të eksperimenteve [29]

Pikat eksperimentale janë dhënë në majet e simpleksit të rregullt (figurës më të thjeshtë: në rrafsh trekëndësh, ndërsa në hapësirë tetraedër).

Në këtë rast është e nevojshme që për tre faktorë (v,f,d) $k=3$ dhe $N_0 =4$, $N=2^k+4=12$ eksperimente, gjegjësisht nevojitet që për 12 kombinime të vlerës së faktorëve (v, f, d) të maten vlerat e parametrave të ashpërsisë Ra, Rz, Rt,Rq, konsumit të instrumentit (puntos) dhe shkallës (sasisë) së materialit të larguar (ashklës). Gjatë kësaj, 4 kombinime të vlerës së faktorëve (v, f , d) janë identik, gjegjësisht katër herë përsëriten. Tetë kombinimet e tjera të vlerës së faktorëve të pavarur gjinden në kufijtë e intervalit të variacionit të këtyre faktorëve. Para fillimit të realizimit të eksperimentit është e domosdoshme të zgjedhet intervali i variacionit të faktorëve në modelin matematikor 4.1, (shpejtësisë së prerjes -v, hapit punues- f dhe diametrit të instrumentit (puntos) prerëse – d). Mirëpo gjatë përvetësimit të intervalit të variacionit të faktorëve v, f dhe d duhet të plotësohet kushti që [29]:

$$\begin{aligned}
 V_{mes} &= \sqrt{V_{\min} \cdot V_{\max}} \\
 f_{mes} &= \sqrt{f_{\min} \cdot f_{\max}} \\
 d_{mes} &= \sqrt{d_{\min} \cdot d_{\max}}
 \end{aligned}
 \tag{4.5}$$

Me “linearizimin” e modelit empirik (4.3) fitohet modeli i rendit të parë:

$$\ln R = C_R + k_v \ln V + k_f \ln f + k_d \ln d
 \tag{4.6}$$

Nëse zëvendësohet me:

$$Y = \ln R; \quad k_0 = \ln C_R; \quad k_1 = k_v, \quad k_2 = k_f, \quad k_3 = k_d, \quad (4.7)$$

$$X_1 = \ln V; \quad X_2 = \ln f; \quad X_3 = \ln d$$

ekuacioni (4.6) e merr formën:

$$Y = k_0 X_0 + k_1 X_1 + k_2 X_2 + k_3 X_3 \quad (4.8)$$

Funksioni i “linearizuar” (4.8) mund të llogaritet në bazë të vlerave të logaritmuara të Y me gabimin e matjes (ε) në formën:

$$Y - \varepsilon = k_0 X_0 + k_1 X_1 + k_2 X_2 + k_3 X_3 \quad (4.8.1)$$

Pas zëvendësimeve, shprehja (4.8.1) merr formën:

$$\bar{Y} = b_0 X_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 \quad (4.9)$$

ku;

$$X_0 = 1$$

Eksperimenti është planifikuar në bazë të analizës trefaktorëshe duke ndryshuar të gjithë faktorët njëkohësisht:

$$X_1 = V; \quad X_2 = f; \quad X_3 = d \quad (4.10)$$

Pas realizimit të eksperimentit dhe përpunimit të dhënave, është e domosdoshme të caktohen konstanta b_0 , dhe koeficientet b_1 , b_2 dhe b_3 ku secili faktor ndryshon në tri nivele.

Me kompozimin e planit trefaktorësh sipas kubit latin (fig. 4.2), fitohet plani matricor me madhësitë karakteristike (tabela 4.1).

Tabela 4.1 Plani matricor i rendit të parë me tre faktorë

| Plani eksperimental i rendit të parë tre faktorësh | | | | | | |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|-------------------------|
| Plani matricor i koduar | | | | | Madhësitë e matura | Madhësitë e llogaritura |
| Nr. | X ₀ | X ₁ | X ₂ | X ₃ | Y _i | Ŷ _i |
| 1 | +1 | +1 | -1 | +1 | Y ₁ | Ŷ ₁ |
| 2 | +1 | -1 | +1 | +1 | Y ₂ | Ŷ ₂ |
| 3 | +1 | +1 | +1 | -1 | Y ₃ | Ŷ ₃ |
| 4 | +1 | -1 | -1 | -1 | Y ₄ | Ŷ ₄ |
| 5 | +1 | 0 | 0 | 0 | Y ₅ | Ŷ ₅ |
| 6 | +1 | 0 | 0 | 0 | Y ₆ | Ŷ ₆ |
| 7 | +1 | -1 | -1 | +1 | Y ₇ | Ŷ ₇ |
| 8 | +1 | +1 | -1 | -1 | Y ₈ | Ŷ ₈ |
| 9 | +1 | +1 | +1 | +1 | Y ₉ | Ŷ ₉ |
| 10 | +1 | -1 | +1 | -1 | Y ₁₀ | Ŷ ₁₀ |
| 11 | +1 | 0 | 0 | 0 | Y ₁₁ | Ŷ ₁₁ |
| 12 | +1 | 0 | 0 | 0 | Y ₁₂ | Ŷ ₁₂ |

Tabela 4.2 Koeficientët e regresionit të shumëfishtë

| Koeficientët e regresionit të shumëfishtë | b ₀ | b ₁ | b ₂ | b ₃ | Gabimi |
|---|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| Niveli themelor | | x ₀₁ | x ₀₂ | x ₀₃ | S ² (Y) |
| Intervali i variacionit | | w ₁ | w ₂ | w ₃ | S(b ₁) |
| Niveli i sipërm | | X ₊₁ | X ₊₂ | X ₊₃ | S(b ₂) |
| Niveli poshtëm | | x ₋₁ | x ₋₂ | x ₋₃ | S(b ₃) |

Ku është;

Ŷ – vlerat e madhësive të llogaritura,

Nga shprehja (4.9) gabimi i mundshëm gjatë matjes merr formën:

$$\varepsilon = \hat{Y} - (b_0X_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3) \quad (4.11)$$

Nëse pikat eksperimentale shpërndahen në atë mënyrë në “hiper” hapësirë ashtu që të plotësohen këto kushte në plan-matricën korresponduese:

1. Simetriteti

$$X_{iu} = 0, \quad i=1,2,3,\dots,k \quad (4.12)$$

2. Ortogonaliteti:

$$X_{iu} X_{iu} = 0, \quad i=0, 1,2,3,\dots,k \quad (4.13)$$

3. Normativiteti:

$$X_{iu}^2 = N, \quad i=0, 1,2,3,\dots,k \quad (4.14)$$

Atëherë planet e tilla emërohen si plane ortogonale shumëfaktorëshe .

Në krahasim me planet tjera për planet ortogonale është karakteristike:

- a) Shpërndarja e pikave eksperimentale në hapësirën eksperimentale është optimale,
- b) Numri i pikave eksperimentale është minimal,
- c) Vëllimi i informacioneve të grumbulluara është maksimal, të gjithë faktorët ndryshohen përnjëherësh, kështu që efekti i secilit faktorë (parametrave të modelit) përcaktohet në bazë të N-rezultateve eksperimentale, e për shkak të kësaj dispersioni i cilës do (b_i) do të jetë N-herë më i vogël se numri i eksperimenteve gjegj:

$$\sigma^2(b_i) = N^{-1} \cdot \sigma^2(Y) \quad (4.15)$$

- d) Të gjitha efektet e faktorëve (b_i), llogariten në mënyrë të pavarur prej njëri tjetrit dhe pavarësisht nga vlerat e faktorëve të përfshirë me hapësirën shumë faktoriale.
- e) Përpunimi matematik i të dhënave është i thjeshtë dhe i shkurtër.

4.2. Përcaktimi i parametrave të modelit

Në bazë të rezultateve eksperimentale mund të përcaktohen parametrat e modelit (4.2) në formën e dhënë të funksionit empirik (4.8).

Duke shfrytëzuar metodën e katrorëve më të vegjël, bazën e së cilës e përbën tendenca që çdo pikë Y, e fituar në mënyrë eksperimentale, të gjendet sa më afër lakores \hat{Y} (4.8) – të madhësive të llogaritura, me të cilën aproksimohen shënimet e fituara në mënyrë

eksperimentale, por me kusht që shuma e katrorëve të shmangieve (të madhësive të matura Y nga madhësitë analitike të fituara \hat{Y}) të jetë minimale:

$$\Sigma(Y - \hat{Y})^2 = \min \quad (4.16)$$

gjegjesisht:

$$\Sigma(\varepsilon^2)_{\min} = \Sigma[Y - (b_0X_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3)]^2 = F(b_0, b_1, b_2, b_3)$$

Anën e djathtë të barazimit (4.13) e shënojmë me F (F-funksioni i parametrave të panjohur b_0, b_1, b_2 dhe b_3).

Me derivimin e shumës së katrorit të gabimeve F sipas parametrave të panjohur b_0, b_1, b_2 dhe b_3 dhe barazimit me zero (kushti i ekstremumit-minimumit të funksionit) për n pika eksperimentale do të kemi:

$$\frac{\partial(\Sigma \varepsilon^2)}{\partial b_0} = 0 \quad \frac{\partial(\Sigma \varepsilon^2)}{\partial b_1} = 0 \quad \frac{\partial(\Sigma \varepsilon^2)}{\partial b_2} = 0 \quad \frac{\partial(\Sigma \varepsilon^2)}{\partial b_3} = 0 \quad (4.17)$$

gjegjesisht.

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\Sigma \varepsilon^2)}{\partial b_0} &= -2 \Sigma [Y - (b_0X_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3)] X_0 = 0 \\ \frac{\partial(\Sigma \varepsilon^2)}{\partial b_1} &= -2 \Sigma [Y - (b_0X_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3)] X_1 = 0 \\ \frac{\partial(\Sigma \varepsilon^2)}{\partial b_2} &= -2 \Sigma [Y - (b_0X_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3)] X_2 = 0 \\ \frac{\partial(\Sigma \varepsilon^2)}{\partial b_3} &= -2 \Sigma [Y - (b_0X_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3)] X_3 = 0 \end{aligned} \quad (4.18)$$

Me rregullimin e shprehjes (4.15/4.18), fitohet sistemi i barazimeve:

$$\begin{aligned} \Sigma Y &= Nb_0 + b_1 \Sigma X_1 + b_2 \Sigma X_2 + b_3 \Sigma X_3; \\ \Sigma X_1 Y &= b_0 \Sigma X_1 + b_1 \Sigma X_1^2 + b_2 \Sigma X_1 X_2 + b_3 \Sigma X_1 X_3; \\ \Sigma X_2 Y &= b_0 \Sigma X_2 + b_1 \Sigma X_1 X_2 + b_2 \Sigma X_2^2 + b_3 \Sigma X_2 X_3; \\ \Sigma X_3 Y &= b_0 \Sigma X_3 + b_1 \Sigma X_1 X_3 + b_2 \Sigma X_2 X_3 + b_3 \Sigma X_3^2; \end{aligned} \quad (4.19)$$

Nëse bëhet zëvendësimi për Σ me a_{ij} në barazimin (4.19) fitohet:

$$\begin{aligned}
B_0 &= b_0 a_{11} + b_1 a_{12} + b_2 a_{13} + b_3 a_{14} \\
B_1 &= b_0 a_{21} + b_1 a_{22} + b_2 a_{23} + b_3 a_{24} \\
B_2 &= b_0 a_{31} + b_1 a_{32} + b_2 a_{33} + b_3 a_{34} \\
B_3 &= b_0 a_{41} + b_1 a_{42} + b_2 a_{43} + b_3 a_{44}
\end{aligned}
\tag{4.20}$$

Duke shfrytëzuar elementet e algjibrës lineare (matricore) sistemi i ekuacioneve paraprake mund të shkruhet më shkurtë si produkt i dy matricave:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{bmatrix}
\tag{4.21}$$

$$b = \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix}
\tag{4.22}$$

$$B = \begin{bmatrix} B_0 \\ B_1 \\ B_2 \\ B_3 \end{bmatrix}
\tag{4.23}$$

ose

$$A \cdot b = B
\tag{4.24}$$

Me zgjedhje të përshtatshme të ndryshoreve të eksperimentit, ekuacionet paraprake dukshëm mund të thjeshtohen, ndërsa zgjidhja e tyre të shpejtohet.

Për shkak të thjeshtëzimit të punës me modelet matematikore të linearizuara në vend të madhësive natyrore futen madhësitë e koduara në tri nivele: -1, 0 dhe +1 nëpërmjet ekuacioneve të transformimit.

$$X_1 = \left[1 + 2 \frac{(\ln v - \ln v_{max})}{\ln v_{max} - \ln v_{min}} \right]$$

$$X_2 = \left[1 + 2 \frac{(\ln f - \ln f_{max})}{\ln f_{max} - \ln f_{min}} \right]$$

$$X_3 = \left[\left[1 + 2 \frac{(\ln d - \ln d_{max})}{\ln d_{max} - \ln d_{min}} \right] \right]$$
(4.25)

Prej të cilave për shkak të kushteve (4.6) do të rrjedh:

$$v = v_{max}; X_1 = +1,$$

$$v = v_{mes}; X_1 = 0,$$

$$v = v_{min}; X_1 = -1,$$

$$f = f_{max}; X_2 = +1,$$

$$f = f_{mes}; X_2 = 0,$$

$$f = f_{min}; X_2 = -1,$$
(4.26)

$$d = d_{max}; X_3 = +1,$$

$$d = d_{mes}; X_3 = 0,$$

$$d = d_{min}; X_3 = -1,$$

Në tabelën 4.3 janë dhënë rezultatet e kodimit për vlerat konkrete të parametrave të regjimit të përpunimit të cilat kodohen gjatë realizimit të eksperimentit.

Tabela 4.3 Niveli i vlerave të regjimit të përpunimit për ashpërsinë e sipërfaqes së përpunuar

| Niveli i eksperimentit, pozita e madhësisë së pavarur | Regjimi i përpunimit | | | Kodi i madhësisë së normuar | | |
|---|---------------------------|--------------|-----------|-----------------------------|----------------|----------------|
| | Shpejtësia | Hapi | Diametri | | | |
| | V _c [m/min] | F [mm/rr] | d [mm] | X ₁ | X ₂ | X ₃ |
| Niveli maksimal | 25 | 0.3 | 12 | +1 | +1 | +1 |
| Niveli mesatar | 20 | 0.175 | 10 | 0 | 0 | 0 |
| Niveli minimal | 15 | 0.1 | 8 | -1 | -1 | -1 |

Sa i përket rendit të realizimit të eksperimentit, matricat janë kompozuar asisoj që me randomizim fitohen matrica ortogonale të cilat mundësojnë që duke u shumëzuar me matricën vetanake të transponuar fitohet matrica diagonale.

Në bazë të kësaj fitohet:

$$(\mathbf{X}^T \cdot \mathbf{X})^{-1} = \begin{bmatrix} 12 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 8 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 8 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 8 \end{bmatrix} \quad (4.27)$$

Duke u bazuar në këtë, zgjidhja e sistemit prej katër ekuacioneve normale (4.17) dhe (4.18) dukshëm thjeshtëzohet.

Matrica inverse (4.24), duke qenë diagonale do të jetë:

$$(\mathbf{X}^T \cdot \mathbf{X})^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{1}{12} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{8} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{8} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{8} \end{bmatrix} \quad (4.28)$$

Sipas kësaj, shprehjet për parametrat e panjohur b_0 , b_1 , b_2 dhe b_3 në formën matricore do të jenë:

$$\begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} = (\mathbf{X}^T \cdot \mathbf{X})^{-1} \cdot (\mathbf{X}^T) \cdot \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_{12} \end{bmatrix} \quad (4.29)$$

Gjegjësisht

$$\begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{12} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{8} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{8} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{8} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} +1+1+1+1+1+1+1+1+1+1+1+1 \\ +1-1+1-1+0+0-1+1-1-1+0+0 \\ -1+1+1-1+0+0-1-1+1+1+0+0 \\ +1+1-1-1+0+0+1-1+1-1+0+0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ Y_4 \\ Y_5 \\ Y_6 \\ Y_8 \\ Y_9 \\ Y_{10} \\ Y_{11} \\ Y_{12} \end{bmatrix} \quad (4.30)$$

Ose në formën skalare nga barazimi (4.30) llogariten konstantat b_0 , b_1 , b_2 dhe b_3 në këtë formë:

$$b_0 = \frac{1}{N}(Y_i) = \frac{1}{12}(Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7 + Y_8 + Y_9 + Y_{10} + Y_{11} + Y_{12}) \quad (4.31)$$

$$b_1 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^8 (Y_i)$$

$$b_1 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^8 (Y_i) = \frac{1}{8} (+Y_1 - Y_2 + Y_3 - Y_4 - Y_5 + Y_6 + Y_7 - Y_8) \quad (4.32)$$

$$b_2 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^8 (Y_i) = \frac{1}{8} (-Y_1 + Y_2 + Y_3 - Y_4 - Y_5 - Y_6 + Y_7 + Y_8)$$

$$b_3 = \frac{1}{2^k} \cdot \sum_{i=1}^8 (Y_i) = \frac{1}{8} (+Y_1 + Y_2 - Y_3 - Y_4 + Y_5 - Y_6 + Y_7 - Y_8)$$

ku është; $Y = \ln T$, ndërsa indeksi i tregon numrin e eksperimentit.

Për dekodimin e konstantes b_0 dhe koeficientët b_1, b_2, b_3 në ekuacionin (4.9), zëvendësohen vlerat e X -it.

Pas zëvendësimit fitohet barazimi:

$$Y = b_0 + b_1 \cdot \left[1 + 2 \frac{\ln v - \ln v_{max}}{\ln v_{max} - \ln v_{min}} \right] + b_2 \left[1 + 2 \frac{\ln s - \ln f_{max}}{\ln f_{max} - \ln f_{min}} \right] + b_3 \left[1 + 2 \frac{\ln a - \ln a_{max}}{\ln a_{max} - \ln a_{min}} \right] \quad (4.33)$$

Nëse zëvendësohet:

$$A_1 = \frac{2}{\ln v_{max} - \ln v_{min}}; \quad A_2 = \frac{2}{\ln f_{max} - \ln f_{min}}; \quad A_3 = \frac{2}{\ln d_{max} - \ln d_{min}} \quad (4.34)$$

Me zëvendësimin e shprehjes (4.34) në shprehjen (4.25) fitohet:

$$X_1 = A_1 \ln v - A_1 \ln v_{max} + 1$$

$$X_2 = A_2 \ln f - A_2 \ln f_{max} + 1 \quad (4.35)$$

$$X_3 = A_3 \ln d - A_3 \ln d_{max} + 1$$

nëse zëvendësojmë me:

$$a_1 = 1 - A_1 \ln v_{max};$$

$$a_2 = 1 - A_2 \ln f_{max}; \quad (4.36)$$

$$a_3 = 1 - A_3 \ln d_{max}$$

Me zëvendësimin e (4.36) në shprehjen (4.36) fitohet:

$$\begin{aligned}
X_1 &= A_1 \ln v + a_1 \\
X_2 &= A_2 \ln f + a_2 \\
X_3 &= A_3 \ln d + a_3
\end{aligned}
\tag{4.37}$$

Me zëvendësimin e X_1 , X_2 , dhe X_3 në shprehjen (4.9) fitohet:

$$\bar{Y} = b_0 + b_1(A_1 \ln v + a_1) + b_2(A_2 \ln f + a_2) + b_3(A_3 \ln d + a_3)
\tag{4.38}$$

Nëse zëvendësohen me:

$$p_0 = b_0 + b_1 \cdot a_1 + b_2 \cdot a_2 + b_3 \cdot a_3 \quad \text{dhe}
\tag{4.39}$$

$$p_1 = A_1 \cdot b_1, \quad p_2 = A_2 \cdot b_2 \quad p_3 = A_3 \cdot b_3
\tag{4.40}$$

Me zëvendësimin e (4.39 dhe 4.40) në (4.38) fitohet:

$$\bar{Y} = p_0 + p_1 \ln v + p_2 \ln f + p_3 \ln d
\tag{4.41}$$

Me antilogaritmin e shprehjes (4.41) fitohet varësia e kërkuar në koordinatat logaritmike.

a) Për ashpërsinë e sipërfaqes

$$R = c_R \cdot v^{p_1} \cdot f^{p_2} \cdot d^{p_3}
\tag{4.42a}$$

b) Për konsumin e instrumentit

$$TW = c_{TW} \cdot v^{p_1} \cdot f^{p_2} \cdot d^{p_3}
\tag{4.42b}$$

c) Për shpejtësinë e largimit të materialit

$$MRR = c_{MRR} \cdot v^{p_1} \cdot f^{p_2} \cdot d^{p_3}
\tag{4.42c}$$

ku janë:

a) Për ashpërsinë e sipërfaqes

$$\begin{aligned}
c_R &= \exp(p_0) \\
Y = R &= \exp(\bar{Y})
\end{aligned}
\tag{4.43a}$$

gjegjësisht:

$$R = e^{p_0} \cdot v^{p_1} \cdot f^{p_2} \cdot d^{p_3}
\tag{4.44a}$$

b) Për konsumin e instrumentit

$$\begin{aligned}c_{TW} &= \exp(p_0) \\ Y = TW &= \exp(\bar{Y})\end{aligned}\tag{4.43b}$$

gjegjesisht

$$TW = e^{p_0} \cdot v^{p_v} \cdot f^{p_f} \cdot d^{p_d}\tag{4.44b}$$

c) Për shpejtësinë e largimit të materialit

$$\begin{aligned}c_{MRR} &= \exp(p_0) \\ Y = MRR &= \exp(\bar{Y})\end{aligned}\tag{4.43c}$$

gjegjesisht

$$MRR = e^{p_0} \cdot v^{p_v} \cdot f^{p_f} \cdot d^{p_d}\tag{4.44c}$$

Përcaktimi empirik i varësisë $R=\Phi_1(v, f, d)$, $TW=\Phi_2(v, f, d)$, $MRR=\Phi_3(v, f, d)$

Për përcaktimin e kriterit të përpunueshmërisë së çelikut konstruktiv të pa leguruar EN 1.0038 sipas standardit EN 10250-2 nëpërmjet funksionit të qëllimit (4.4) dhe vlerave të regjimit të përpunimit të dhëna në tabelat 4.3 është realizuar seria prej 12 eksperimenteve të suksesshme sipas (fig. 4.2), gjegjesisht planit matricor (tabela 4.1 dhe 4.1.1). Rezultatet eksperimentale të fituara për ashpërsinë e sipërfaqes, konsumin e instrumentit dhe shpejtësinë e largimit të materialit janë paraqitur në tabelat 4.4.a,b,c dhe 4.5.a,b,c.

Tabela 4.4a Vlerat e matura eksperimentale për ashpërsinë e sipërfaqes

| PLANI EKSPERIMENTAL I RENDIT TË PARË ME TRE FAKTORË | | | | | | | |
|---|-----------------------|-------------|----------|---------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Nr. | NDRYSHORET E PAVARURA | | | VLERAT EKSPERIMENTALE TË MATURA | | | |
| | v_c (m/min) | f (mm/rr) | d (mm) | Ra [μm] | Rz [μm] | Rq [μm] | Rt [μm] |
| 1 | 25 | 0.1 | 12 | 2.425 | 9.584 | 2.562 | 17.464 |
| 2 | 15 | 0.3 | 12 | 4.232 | 15.814 | 4.525 | 30.426 |
| 3 | 25 | 0.3 | 8 | 3.241 | 12.324 | 3.524 | 26.486 |
| 4 | 15 | 0.1 | 8 | 3.564 | 12.835 | 3.984 | 25.253 |
| 5 | 20 | 0.175 | 10 | 3.582 | 13.342 | 3.823 | 28.482 |
| 6 | 20 | 0.175 | 10 | 3.322 | 14.612 | 3.542 | 26.426 |
| 7 | 15 | 0.1 | 12 | 5.826 | 21.041 | 6.453 | 44.625 |
| 8 | 25 | 0.1 | 8 | 2.542 | 9.132 | 2.745 | 20.336 |
| 9 | 25 | 0.3 | 12 | 7.321 | 26.336 | 8.017 | 58.624 |
| 10 | 15 | 0.3 | 8 | 8.824 | 31.934 | 9.736 | 70.542 |
| 11 | 20 | 0.175 | 10 | 3.501 | 12.734 | 3.847 | 24.981 |
| 12 | 20 | 0.175 | 10 | 3.614 | 13.021 | 3.942 | 28.924 |

Tabela 4.5a Plani matricor i koduar për ashpërsinë e sipërfaqes

| | Plani matricor i koduar | | | | Ra [μm] | Rz [μm] | Rq [μm] | Rt [μm] |
|----|-------------------------|-------|-------|-------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | X_0 | X_1 | X_2 | X_3 | | | | |
| 1 | 1 | +1 | -1 | +1 | 2.425 | 9.584 | 2.562 | 17.464 |
| 2 | 1 | -1 | +1 | +1 | 4.232 | 15.814 | 4.525 | 30.426 |
| 3 | 1 | +1 | +1 | -1 | 3.241 | 12.324 | 3.524 | 26.486 |
| 4 | 1 | -1 | -1 | -1 | 3.564 | 12.835 | 3.984 | 25.253 |
| 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3.582 | 13.342 | 3.823 | 28.482 |
| 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3.322 | 14.612 | 3.542 | 26.426 |
| 7 | 1 | -1 | -1 | +1 | 5.826 | 21.041 | 6.453 | 44.625 |
| 8 | 1 | +1 | -1 | -1 | 2.542 | 9.132 | 2.745 | 20.336 |
| 9 | 1 | +1 | +1 | +1 | 7.321 | 26.336 | 8.017 | 58.624 |
| 10 | 1 | -1 | +1 | -1 | 8.824 | 31.934 | 9.736 | 70.542 |
| 11 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3.501 | 12.734 | 3.847 | 24.981 |
| 12 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3.614 | 13.021 | 3.942 | 28.924 |

Tabela 4.4b Vlerat e matura eksperimentale për konsumin e puntos

| PLANI EKSPERIMENTAL I RENDIT TË PARË ME TRE FAKTORË | | | | |
|---|-----------------------|-----------|--------|---------------------------------|
| | NDRYSHORET E PAVARURA | | | VLERAT EKSPERIMENTALE TE MATURA |
| Nr. | v_c (m/min) | f (mm/rr) | d (mm) | TW [g/min] |
| 1 | 25 | 0.1 | 12 | 0.0828 |
| 2 | 15 | 0.3 | 12 | 0.2388 |
| 3 | 25 | 0.3 | 8 | 0.3104 |
| 4 | 15 | 0.1 | 8 | 0.0912 |
| 5 | 20 | 0.175 | 10 | 0.1858 |
| 6 | 20 | 0.175 | 10 | 0.1878 |
| 7 | 15 | 0.1 | 12 | 0.1668 |
| 8 | 25 | 0.1 | 8 | 0.2528 |
| 9 | 25 | 0.3 | 12 | 0.3574 |
| 10 | 15 | 0.3 | 8 | 0.1326 |
| 11 | 20 | 0.175 | 10 | 0.1672 |
| 12 | 20 | 0.175 | 10 | 0.1398 |

Tabela 4.5b Plani matricor i koduar për konsumin e puntos

| | Plani matricor i koduar | | | | TW [g/min] |
|----|-------------------------|-------|-------|-------|------------|
| | X_0 | X_1 | X_2 | X_3 | |
| 1 | 1 | +1 | -1 | +1 | 0.0828 |
| 2 | 1 | -1 | +1 | +1 | 0.2388 |
| 3 | 1 | +1 | +1 | -1 | 0.3104 |
| 4 | 1 | -1 | -1 | -1 | 0.0912 |
| 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.1858 |
| 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.1878 |
| 7 | 1 | -1 | -1 | +1 | 0.1668 |
| 8 | 1 | +1 | -1 | -1 | 0.2528 |
| 9 | 1 | +1 | +1 | +1 | 0.3574 |
| 10 | 1 | -1 | +1 | -1 | 0.1326 |
| 11 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.1672 |
| 12 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.1398 |

Tabela 4.4c Vlerat e matura eksperimentale për shpejtësinë e largimit të materialit

| PLANI EKSPERIMENTAL I RENDIT TË PARË ME TRE FAKTORË | | | | |
|---|-----------------------|-----------|--------|------------------------------------|
| | NDRYSHORET E PAVARURA | | | VLERAT EKSPERIMENTALE TE MATURA |
| Nr. | v_c (m/min) | f (mm/rr) | d (mm) | MRR [mm ³ /min] |
| 1 | 25 | 0.1 | 12 | 7500 |
| 2 | 15 | 0.3 | 12 | 13500 |
| 3 | 25 | 0.3 | 8 | 15000 |
| 4 | 15 | 0.1 | 8 | 3000 |
| 5 | 20 | 0.175 | 10 | 8750 |
| 6 | 20 | 0.175 | 10 | 8750 |
| 7 | 15 | 0.1 | 12 | 4500 |
| 8 | 25 | 0.1 | 8 | 5000 |
| 9 | 25 | 0.3 | 12 | 22500 |
| 10 | 15 | 0.3 | 8 | 9000 |
| 11 | 20 | 0.175 | 10 | 8750 |
| 12 | 20 | 0.175 | 10 | 8750 |

Tabela 4.5c Plani matricor i koduar për shpejtësinë e largimit të materialit

| | Plani matricor i koduar | | | | MRR [mm ³ /min] |
|----|-------------------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------------|
| | X ₀ | X ₁ | X ₂ | X ₃ | |
| 1 | 1 | +1 | -1 | +1 | 7500 |
| 2 | 1 | -1 | +1 | +1 | 13500 |
| 3 | 1 | +1 | +1 | -1 | 15000 |
| 4 | 1 | -1 | -1 | -1 | 3000 |
| 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 8750 |
| 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 8750 |
| 7 | 1 | -1 | -1 | +1 | 4500 |
| 8 | 1 | +1 | -1 | -1 | 5000 |
| 9 | 1 | +1 | +1 | +1 | 22500 |
| 10 | 1 | -1 | +1 | -1 | 9000 |
| 11 | 1 | 0 | 0 | 0 | 8750 |
| 12 | 1 | 0 | 0 | 0 | 8750 |

Ndërsa vlerat e logaritmuara dhe llogaritura për Ra, Rz, Rq, Rt, TW dhe MRR janë dhënë në tabelat 4.6a,b,c,d,e,f.

Tabela 4.6.a Vlerat e logaritmuara për Ra

| Nr. rendor | Vlerat eksperimentale | | Vlerat e llogaritura | |
|------------|-----------------------|-------------|----------------------|------------------|
| | Ra [μm] | $Y=\ln Ra$ | Ra_{\log} | $\hat{Y}=\ln Ra$ |
| 1 | 2.425 | 0.885831524 | 2.726361 | 1.002967824 |
| 2 | 4.232 | 1.442674695 | 6.710352 | 1.903651464 |
| 3 | 3.241 | 1.175881924 | 3.878953 | 1.355565336 |
| 4 | 3.564 | 1.27088351 | 3.62864 | 1.288857992 |
| 5 | 3.582 | 1.275921304 | 3.945429 | 1.372557731 |
| 6 | 3.322 | 1.200567011 | 3.945429 | 1.372557731 |
| 7 | 5.826 | 1.762330659 | 4.136938 | 1.419955972 |
| 8 | 2.542 | 0.932951173 | 2.391378 | 0.871869844 |
| 9 | 7.321 | 1.990746931 | 4.422315 | 1.486663315 |
| 10 | 8.824 | 2.177475282 | 5.885864 | 1.772553484 |
| 11 | 3.501 | 1.253048642 | 3.945429 | 1.372557731 |
| 12 | 3.614 | 1.284815192 | 3.945429 | 1.372557731 |

Tabela 4.6.b Vlerat e logaritmuara për Rz

| Nr. rendor | Vlerat eksperimentale | | Vlerat e llogaritura | |
|------------|-----------------------|-------------|----------------------|------------------|
| | Rz [μm] | $Y=\ln Rz$ | Rz_{\log} | $\hat{Y}=\ln Rz$ |
| 1 | 9.584 | 2.260095041 | 10.40024168580 | 2.34182904489 |
| 2 | 15.814 | 2.760895624 | 24.98242570949 | 3.21817260604 |
| 3 | 12.324 | 2.5115481 | 14.52912120602 | 2.67615499440 |
| 4 | 12.835 | 2.552175814 | 13.253168510147 | 2.58423665668 |
| 5 | 13.342 | 2.590916954 | 14.76716722843 | 2.69240628589 |
| 6 | 14.612 | 2.681843109 | 14.76716722843 | 2.69240628589 |
| 7 | 21.041 | 3.046472915 | 15.394982684266 | 2.73404165661 |
| 8 | 9.132 | 2.211784729 | 8.9533167029222 | 2.19202404497 |
| 9 | 26.336 | 3.270936824 | 16.8771391696 | 2.82595999433 |
| 10 | 31.934 | 3.463671273 | 21.5067664907 | 3.068367606117 |
| 11 | 12.734 | 2.544275582 | 14.76716722843 | 2.69240628589 |
| 12 | 13.021 | 2.566563439 | 14.76716722843 | 2.69240628589 |

Tabela 4.6.c Vlerat e logaritmuara për Rq

| Nr. rendor | Vlerat eksperimentale | | Vlerat e llogaritura | |
|------------|-----------------------|-------------|----------------------|------------------|
| | Rq [μm] | $Y=\ln Rq$ | Rq _{llog} | $\hat{Y}=\ln Rq$ |
| 1 | 2.562 | 0.940788203 | 2.91722981168 | 1.07063447135 |
| 2 | 4.525 | 1.509617577 | 7.30145611701 | 1.98807379634 |
| 3 | 3.524 | 1.259596708 | 4.202507339434 | 1.43568133274 |
| 4 | 3.984 | 1.38228634 | 4.008898740499 | 1.38851657529 |
| 5 | 3.823 | 1.341035455 | 4.278776940347 | 1.45366720715 |
| 6 | 3.542 | 1.264691539 | 4.278776940347 | 1.45366720715 |
| 7 | 6.453 | 1.864545139 | 4.507631075647 | 1.50577175512 |
| 8 | 2.745 | 1.009781075 | 2.594462306597 | 0.95337929150 |
| 9 | 8.017 | 2.081564287 | 4.725325807683 | 1.55293651257 |
| 10 | 9.736 | 2.275830356 | 6.4936100004849 | 1.87081861651 |
| 11 | 3.847 | 1.347293624 | 4.278776940347 | 1.45366720715 |
| 12 | 3.942 | 1.371688209 | 4.278776940347 | 1.45366720715 |

Tabela 4.6.d Vlerat e logaritmuara për Rt

| Nr. rendor | Vlerat eksperimentale | | Vlerat e llogaritura | |
|------------|-----------------------|-------------|--------------------------------|------------------|
| | Rt [μm] | $Y=\ln Rt$ | R _t _{llog} | $\hat{Y}=\ln Rt$ |
| 1 | 17.464 | 2.860141619 | 20.567592912599 | 3.0237166774 |
| 2 | 30.426 | 3.415297506 | 50.562105797387 | 3.92320239844 |
| 3 | 26.486 | 3.276616292 | 31.845975975911 | 3.46091103105 |
| 4 | 25.253 | 3.228944961 | 27.130312393176 | 3.30065164128 |
| 5 | 28.482 | 3.349272309 | 30.368610514238 | 3.41340952609 |
| 6 | 26.426 | 3.274348374 | 30.368610514238 | 3.41340952609 |
| 7 | 44.625 | 3.79829424 | 29.764899885037 | 3.39332984308 |
| 8 | 20.336 | 3.012392714 | 18.747088787454 | 2.93103847569 |
| 9 | 58.624 | 4.071144169 | 34.938495101984 | 3.5535892328 |
| 10 | 70.542 | 4.256208277 | 46.086690391641 | 3.83052419663 |
| 11 | 24.981 | 3.218115536 | 30.368610514238 | 3.41340952609 |
| 12 | 28.924 | 3.3646717 | 30.368610514238 | 3.41340952609 |

Tabela 4.6.e Vlerat e logaritmuara për TW

| Nr. rendor | Vlerat eksperimentale | | Vlerat e llogaritura | |
|------------|-----------------------|-------------|----------------------|---------|
| | TW [mg] | Y=lnTW | TW _{tllog} | Ŷ= lnTW |
| 1 | 0.0828 | -2.49132722 | 0.1635 | -1.811 |
| 2 | 0.2388 | -1.4321289 | 0.20109 | -1.604 |
| 3 | 0.3104 | -1.16989349 | 0.28225 | -1.265 |
| 4 | 0.0912 | -2.39470038 | 0.10452 | -2.2584 |
| 5 | 0.1858 | -1.68308445 | 0.18243 | -1.7014 |
| 6 | 0.1878 | -1.67237771 | 0.18243 | -1.7014 |
| 7 | 0.1668 | -1.79095979 | 0.11034 | -2.2042 |
| 8 | 0.2528 | -1.37515662 | 0.15487 | -1.8652 |
| 9 | 0.3574 | -1.02889968 | 0.29797 | -1.2108 |
| 10 | 0.1326 | -2.0204182 | 0.19048 | -1.6582 |
| 11 | 0.1672 | -1.78856458 | 0.18243 | -1.7014 |
| 12 | 0.1398 | -1.96754245 | 0.18243 | -1.7014 |

Tabela 4.6.f Vlerat e logaritmuara për MRR

| Nr. rendor | Vlerat eksperimentale | | Vlerat e llogaritura | |
|------------|----------------------------|-----------|----------------------|----------------|
| | MRR [mm ³ /min] | Y=lnMRR | MRR _{tllog} | Ŷ= lnMRR |
| 1 | 7500 | 8.922658 | 7659.13819657387 | 8.94365474943 |
| 2 | 13500 | 9.510444 | 13786.43360787927 | 9.53144031572 |
| 3 | 15000 | 9.615805 | 15318.26577533133 | 9.63680123684 |
| 4 | 3000 | 8.006367 | 3063.65652083511 | 8.02736442302 |
| 5 | 8750 | 9.076808 | 8935.657859633879 | 9.09780505215 |
| 6 | 8750 | 9.076808 | 8935.657859633879 | 9.09780505215 |
| 7 | 4500 | 8.411832 | 4595.48291794432 | 8.43282912566 |
| 8 | 5000 | 8.517193 | 5106.094201391866 | 8.53819004678 |
| 9 | 22500 | 10.021270 | 22977.38934646545 | 10.04226593948 |
| 10 | 9000 | 9.104979 | 9190.95946519879 | 9.12597561307 |
| 11 | 8750 | 9.076808 | 8935.657859633879 | 9.09780505215 |
| 12 | 8750 | 9.076808 | 8935.657859633879 | 9.09780505215 |

4.2.1. Llogaritja e koeficientëve të regresionit

Llogaritja e koeficientëve të regresionit b_0 , b_1 , b_2 dhe b_3 bëhet në bazë të ekuacioneve (4.31 dhe 4.32) dhe të dhënave nga tabelat 4.4 deri 4.6.3:

a) për Ra:

$$\begin{aligned} b_0 &= \frac{1}{12}(y_1 + y_2 + \dots + y_{12}) = (0.885831524 + 1.442674695 + 1.175881924 + 1.27088351 + 1.275921304 \\ &+ 1.200567011 + 1.762330659 + 0.932951173 + 1.990746931 + 2.177475282 + 1.253048642 \\ &+ 1.284815192) = 1.387760654 \end{aligned} \quad (4.44.0a)$$

$$\begin{aligned} b_1 &= \frac{1}{8}(+y_1 - y_2 + y_3 - y_4 - y_7 + y_8 + y_9 - y_{10}) = (0.885831524 - 1.442674695 + 1.175881924 \\ &- 1.27088351 - 1.762330659 + 0.932951173 + 1.990746931 - 2.177475282) = -0.2084941 \end{aligned} \quad (4.45.1a)$$

$$\begin{aligned} b_2 &= \frac{1}{8}(-y_1 + y_2 + y_3 - y_4 - y_7 - y_8 + y_9 + y_{10}) = (-0.885831524 + 1.442674695 + 1.175881924 \\ &- 1.27088351 - 1.762330659 - 0.932951173 + 1.990746931 + 2.177475282) = 0.241848 \end{aligned} \quad (4.46.2a)$$

$$\begin{aligned} b_3 &= \frac{1}{8}(+y_1 + y_2 - y_3 - y_4 + y_7 - y_8 + y_9 - y_{10}) = (0.885831524 + 1.442674695 - 1.175881924 \\ &- 1.27088351 + 1.762330659 - 0.932951173 + 1.990746931 - 2.177475282) = 0.065549 \end{aligned} \quad (4.47.3a)$$

b) për Rz:

$$\begin{aligned} b_0 &= \frac{1}{12}(y_1 + y_2 + \dots + y_{12}) = \frac{1}{12}(2.260095041 + 2.760895624 + 2.511548581 + 2.552175814 \\ &+ 2.590916954 + 2.681843109 + 3.046472915 + 2.211784729 + 3.270936824 + 3.463671273 \\ &+ 2.544275582 + 2.566563439) = 2.705098324 \end{aligned} \quad (4.44.0.b)$$

$$\begin{aligned} b_1 &= \frac{1}{8}(+y_1 - y_2 + y_3 - y_4 - y_7 + y_8 + y_9 - y_{10}) = \frac{1}{8}(2.260095041 - 2.760895624 + 2.511548581 \\ &- 2.552175814 - 3.046472915 + 2.211784729 + 3.270936824 - 3.463671273) = -0.196106306 \end{aligned} \quad (4.45.1b)$$

$$\begin{aligned}
b_2 &= \frac{1}{8}(-y_1 + y_2 + y_3 - y_4 - y_7 - y_8 + y_9 + y_{10}) = \frac{1}{8}(-2.260095041 + 2.760895624 \\
&+ 2.511548581 - 2.552175814 - 3.046472915 - 2.211784729 + 3.270936824 + 3.463671273) \\
&= 0.242065475
\end{aligned}
\tag{4.46.2b}$$

$$\begin{aligned}
b_3 &= \frac{1}{8}(+y_1 + y_2 - y_3 - y_4 + y_7 - y_8 + y_9 - y_{10}) = \frac{1}{8}(2.260095041 + 2.760895624 - 2.511548581 \\
&- 2.552175814 + 3.046472915 - 2.211784729 + 3.270936824 - 3.463671273) = 0.0749025
\end{aligned}
\tag{4.47.3b}$$

c) për Rq:

$$\begin{aligned}
b_0 &= \frac{1}{12}(y_1 + y_2 + \dots + y_{12}) = \frac{1}{12}(0.940788203 + 1.509617577 + 1.259596708 + 1.38228634 \\
&+ 1.341035455 + 1.264691539 + 1.864545139 + 1.009781075 + 2.081564287 + 2.275830356 \\
&+ 1.347293624 + 1.371688209) = 1.470726543
\end{aligned}
\tag{4.44.0c}$$

$$\begin{aligned}
b_1 &= \frac{1}{8}(+y_1 - y_2 + y_3 - y_4 - y_7 + y_8 + y_9 - y_{10}) = \frac{1}{8}(0.940788203 - 1.509617577 + 1.259596708 \\
&- 1.38228634 - 1.864545139 + 1.009781075 + 2.081564287 - 2.275830356) = -0.217568642
\end{aligned}
\tag{4.45.1c}$$

$$\begin{aligned}
b_2 &= \frac{1}{8}(-y_1 + y_2 + y_3 - y_4 - y_7 - y_8 + y_9 + y_{10}) = \frac{1}{8}(-0.940788203 + 1.509617577 \\
&+ 1.259596708 - 1.38228634 - 1.864545139 - 1.009781075 + 2.081564287 + 2.275830356) \\
&= 0.241151021
\end{aligned}
\tag{4.46.2c}$$

$$\begin{aligned}
b_3 &= \frac{1}{8}(+y_1 + y_2 - y_3 - y_4 + y_7 - y_8 + y_9 - y_{10}) = \frac{1}{8}(0.940788203 + 1.509617577 - 1.259596708 \\
&- 1.38228634 + 1.864545139 - 1.009781075 + 2.081564287 - 2.275830356) = 0.05862759
\end{aligned}
\tag{4.47.3c}$$

d) për Rt:

$$\begin{aligned}
b_0 &= \frac{1}{12}(y_1 + y_2 + \dots + y_{12}) = \frac{1}{12}(2.860141619 + 3.415297506 + 3.276616292 + 3.228944961 \\
&+ 3.349272309 + 3.274348374 + 3.79829424 + 3.012392714 + 4.07114169 + 4.256208277 \\
&+ 3.218115536 + 3.3646717) = 3.427120435
\end{aligned}
\tag{4.44.0d}$$

$$b_1 = \frac{1}{8}(+y_1 - y_2 + y_3 - y_4 - y_7 + y_8 + y_9 - y_{10}) = \frac{1}{8}(2.860141619 - 3.415297506 + 3.276616292 - 3.228944961 - 3.79829424 + 3.012392714 + 4.07114169 - 4.256208277) = -0.184806583$$

(4.45.1d)

$$b_2 = \frac{1}{8}(-y_1 + y_2 + y_3 - y_4 - y_7 - y_8 + y_9 + y_{10}) = \frac{1}{8}(-2.860141619 + 3.415297506 + 3.276616292 - 3.228944961 - 3.79829424 - 3.012392714 + 4.07114169 + 4.256208277) = 0.264936278$$

(4.46.2d)

$$b_3 = \frac{1}{8}(+y_1 + y_2 - y_3 - y_4 + y_7 - y_8 + y_9 - y_{10}) = \frac{1}{8}(2.860141619 + 3.415297506 - 3.276616292 - 3.228944961 + 3.79829424 - 3.012392714 + 4.07114169 - 4.256208277) = 0.046339101$$

(4.47.3d)

e) Pär TW

$$b_0 = \frac{1}{12}(y_1 + y_2 + \dots + y_{12}) = \frac{1}{12}(-2.49132722 - 1.4321289 - 1.16989349 - 2.39470038 - 1.68308445 - 1.67237771 - 1.79095979 - 1.37515662 - 1.02889968 - 2.0204182 - 1.78856458 - 1.96754245) = -1.735$$

(4.44.0e)

$$b_1 = \frac{1}{8}(+y_1 - y_2 + y_3 - y_4 - y_7 + y_8 + y_9 - y_{10}) = \frac{1}{8}(-2.49132722 + 1.4321289 - 1.16989349 + 2.39470038 + 1.79095979 - 1.37515662 - 1.02889968 + 2.0204182) = 0.19662$$

(4.45.1e)

$$b_2 = \frac{1}{8}(-y_1 + y_2 + y_3 - y_4 - y_7 - y_8 + y_9 + y_{10}) = \frac{1}{8}(2.49132722 - 1.4321289 - 1.16989349 + 2.39470038 + 1.79095979 + 1.37515662 - 1.02889968 - 2.0204182) = 0.3001$$

(4.46.2e)

$$b_3 = \frac{1}{8}(+y_1 + y_2 - y_3 - y_4 + y_7 - y_8 + y_9 - y_{10}) = \frac{1}{8}(-2.49132722 - 1.4321289 + 1.16989349 + 2.39470038 - 1.79095979 + 1.37515662 - 1.02889968 + 2.0204182) = 0.027107$$

(4.47.3e)

f) Për MRR

$$b_0 = \frac{1}{12}(y_1 + y_2 + \dots + y_{12}) = \frac{1}{12}(8.9226583 + 9.510444964 + 9.61580548 + 8.006367568 + 9.076808979 + 9.076808979 + 8.411832676 + 8.5171933191 + 10.02127059 + 9.104979856 + 9.076808979 + 9.076808979) = 9.034815712$$

(4.44.0f)

$$b_1 = \frac{1}{8}(+y_1 - y_2 + y_3 - y_4 - y_7 + y_8 + y_9 - y_{10}) = \frac{1}{8}(8.9226583 - 9.510444964 + 9.61580548 - 8.006367568 - 8.411832676 + 8.517193191 + 10.02127059 - 9.104979856) = 0.255412812$$

(4.45.1f)

$$b_2 = \frac{1}{8}(-y_1 + y_2 + y_3 - y_4 - y_7 - y_8 + y_9 + y_{10}) = \frac{1}{8}(-8.9226583 + 9.510444964 + 9.61580548 - 8.006367568 - 8.411832676 - 8.517193191 + 10.02127059 + 9.104979856) = 0.549306144$$

(4.46.2f)

$$b_3 = \frac{1}{8}(+y_1 + y_2 - y_3 - y_4 + y_7 - y_8 + y_9 - y_{10}) = \frac{1}{8}(8.9226583 + 9.510444964 - 9.61580548 - 8.006367568 + 8.411832676 - 8.517193191 + 10.02127059 - 9.104979856) = 0.202732554$$

(4.47.3f)

Me zëvendësimin e konstanteve b_0, b_1, b_2, b_3 në modelin linear matematikor të formës së koduar (4.8) fitohet modeli empirik i koduar linear i formës :

a) për Ra:

$$Y_a = b_0 X_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 = 1.387760654 \cdot X_0 - 0.2084941 \cdot X_1 + 0.241848 \cdot X_2 + 0.065549 \cdot X_3$$

(4.48a)

b) për Rz :

$$Y_z = b_0 X_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 = 2.705098324 \cdot X_0 - 0.196106306 \cdot X_1 + 0.242065475 \cdot X_2 + 0.0749025 \cdot X_3$$

(4.48b)

c) për Rq:

$$Y_q = b_0 X_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 = 1.470726543 \cdot X_0 - 0.217568642 \cdot X_1 + 0.241151021 \cdot X_2 + 0.05862759 \cdot X_3$$

(4.48c)

d) për Rt:

$$Y_r = b_0 X_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 = 3.427120435 \cdot X_0 - 0.184806583 \cdot X_1 + 0.264936278 \cdot X_2 + 0.046339101 \cdot X_3$$

(4.48d)

e) për TW:

$$Y_{TW} = b_0 X_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 = -1.735 \cdot X_0 + 0.19662 \cdot X_1 + 0.3001 \cdot X_2 + 0.027107 X_3$$

(4.48e)

f) për MRR:

$$Y_{MRR} = b_0 X_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 = 9.034815712 \cdot X_0 + 0.255412812 \cdot X_1 + 0.549306144 \cdot X_2 + 0.202732554 \cdot X_3$$

(4.48f)

4.2.2. Dekodimi i modelit matematikor

Për dekodimin e konstantes k_0 dhe k_1, k_2, k_3 duhet të zëvendësohen vlerat reale (të dekoduar) të madhësive hyrëse sipas niveleve nga tabela 4.3.

$$\begin{aligned} V_{1\min} = X_{1\min} &= 15 & v_{1\max} = X_{1\max} &= 25 \\ d_{3\min} = X_{3\min} &= 8 & d_{3\max} = X_{3\max} &= 12 \\ f_{2\min} = X_{2\min} &= 0.1 & f_{2\max} = X_{2\max} &= 0.3 \end{aligned}$$

(4.50)

në ekuacionet (4.34 dhe 4.36) fitohen:

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \frac{2}{\ln \frac{X_{1\max}}{X_{1\min}}} = \frac{2}{\ln \frac{25}{15}} = 3.915230378 \\
 A_2 &= \frac{2}{\ln \frac{X_{2\max}}{X_{2\min}}} = \frac{2}{\ln \frac{0.3}{0.1}} = 1.820478453 \\
 A_3 &= \frac{2}{\ln \frac{X_{3\max}}{X_{3\min}}} = \frac{2}{\ln \frac{12}{8}} = 4.932606925
 \end{aligned}
 \tag{4.51}$$

$$\begin{aligned}
 a_1 &= 1 - A_1 \ln v_{\max} = 1 - 3.915230378 \ln 25 = -11.60264041 \\
 a_2 &= 1 - A_2 \ln f_{\max} = 1 - 1.820478453 \ln 0.3 = 3.191806548 \\
 a_3 &= 1 - A_3 \ln d_{\max} = 1 - 4.932606925 \ln 12 = -11.25706775
 \end{aligned}
 \tag{4.52}$$

Me zëvendësimin e vlerave të shprehjeve (4.51 dhe 4.52) në ekuacionet (4.36 dhe 4.37) fitohen vlerat e p_0 , p_1 , p_2 dhe p_3 :

a) për Ra

$$\begin{aligned}
 p_0 &= b_0 + b_1 \cdot a_1 + b_2 \cdot a_2 + b_3 \cdot a_3 = 1.387760654 - 0.2084941 \cdot (-11.60264041) + 0.241848 \cdot (3.191806548) \\
 &+ 0.065549 \cdot (-11.25706775) = 3.840884221
 \end{aligned}
 \tag{4.53 a)$$

$$\begin{aligned}
 p_1 &= p_v = A_1 \cdot b_1 = 3.915230378 \cdot (-0.2084941) = -0.816302332 \\
 p_2 &= p_f = A_2 \cdot b_2 = 1.820478453 \cdot 0.241848 = 0.440279 \\
 p_3 &= p_d = A_3 \cdot b_3 = 4.932606925 \cdot 0.065549 = 0.323327
 \end{aligned}
 \tag{4.54 a)$$

b) për Rz

$$p_0 = b_0 + b_1 \cdot a_1 + b_2 \cdot a_2 + b_3 \cdot a_3 = 2.705098324 - 0.196106306 \cdot (-11.60264041) + 0.242065475 \cdot (3.191806548) + 0.0749025 \cdot (-11.25706775) = 4.909892926$$

(4.53b)

$$p_1 = p_v = A_1 \cdot b_1 = 3.915230378 \cdot (-0.196106306) = -0.767801366$$

$$p_2 = p_f = A_2 \cdot b_2 = 1.820478453 \cdot 0.242065475 = 0.440674981$$

$$p_3 = p_d = A_3 \cdot b_3 = 4.932606925 \cdot 0.0749025 = 0.36946459$$

(4.54 b)

c) për Rq

$$p_0 = b_0 + b_1 \cdot a_1 + b_2 \cdot a_2 + b_3 \cdot a_3 = 1.470726543 - 0.217568642 \cdot (-11.60264041) + 0.241151021 \cdot (3.191806548) + 0.05862759 \cdot (-11.25706775) = 4.104829916$$

(4.53 c)

$$p_1 = p_v = A_1 \cdot b_1 = 3.915230378 \cdot (-0.217568642) = -0.851831356$$

$$p_2 = p_f = A_2 \cdot b_2 = 1.820478453 \cdot 0.241151021 = 0.439010237$$

$$p_3 = p_d = A_3 \cdot b_3 = 4.932606925 \cdot 0.05862759 = 0.289186856$$

(4.54 c)

d) për Rt

$$p_0 = b_0 + b_1 \cdot a_1 + b_2 \cdot a_2 + b_3 \cdot a_3 = 3.427120435 - 0.184806583 \cdot (-11.60264041) + 0.264936278 \cdot (3.191806548) + 0.046339101 \cdot (-11.25706775) = 5.895347711$$

(4.53 d)

$$p_1 = p_v = A_1 \cdot b_1 = 3.915230378 \cdot (-0.184806583) = -0.723560347$$

$$p_2 = p_f = A_2 \cdot b_2 = 1.820478453 \cdot 0.264936278 = 0.482310785$$

$$p_3 = p_d = A_3 \cdot b_3 = 4.932606925 \cdot 0.046339101 = 0.22857257$$

(4.54 d)

e) Për TW

$$p_0 = b_0 + b_1 \cdot a_1 + b_2 \cdot a_2 + b_3 \cdot a_3 = -1.735 + 0.19662 \cdot (-11.60264041) + 0.3001 \cdot (3.191806548) + 0.027107 \cdot (-11.25706775) = -3.36313$$

(4.53 e)

$$p_1 = p_v = A_1 \cdot b_1 = 3.915230378 \cdot (0.19662) = 0.769798$$

$$p_2 = p_f = A_2 \cdot b_2 = 1.820478453(0.3001) = 0.546326435$$

$$p_3 = p_d = A_3 \cdot b_3 = 4.932606925 \cdot 0.027107 = 0.13371$$

(4.54 e)

f) Për MRR

$$p_0 = b_0 + b_1 \cdot a_1 + b_2 \cdot a_2 + b_3 \cdot a_3 = 9.034815712 + 0.255412812 \cdot (-11.60264041) + 0.549306144 \cdot 3.191806548 + 0.202732554 \cdot (-11.25706775) = 5.54245755$$

(4.53 f)

$$p_1 = p_v = A_1 \cdot b_1 = 3.915230378 \cdot 0.255412812 = 1$$

$$p_2 = p_f = A_2 \cdot b_2 = 1.820478453 \cdot 0.549306144 = 0.999999$$

$$p_3 = p_d = A_3 \cdot b_3 = 4.932606925 \cdot 0.202732554 = 0.999999$$

(4.54 f)

Me zëvendësimin e barazimeve (4.53 a,b,c,d dhe 4.54 a,b,c,d) në ekuacionin (4.8) fitohet ekuacioni empirik i kërkuar i ashpërsisë së sipërfaqes së përpunuar në koordinata logaritmike:

a) për Ra

$$\bar{Y}_a = p_0 + p_v \ln v + p_f \ln f + p_d \ln d = 3.840884221 - 0.816302332 \cdot \ln v + 0.440279 \cdot \ln f + 0.323327 \cdot \ln d$$

(4.55a)

b) për Rz

$$\begin{aligned}\bar{Y}_z &= p_0 + p_v \ln v + p_f \ln f + p_d \ln d = 4.909892926 - 0.767801366 \cdot \ln v + 0.44067498 \cdot \ln f \\ &+ 0.36946459 \cdot \ln d\end{aligned}\tag{4.55b}$$

c) për Rq

$$\begin{aligned}\bar{Y}_q &= p_0 + p_v \ln v + p_f \ln f + p_d \ln d = 4.104829916 - 0.851831356 \cdot \ln v + 0.439010237 \cdot \ln f \\ &+ 0.289186856 \cdot \ln d\end{aligned}\tag{4.55.c}$$

d) për Rt

$$\begin{aligned}\bar{Y}_t &= p_0 + p_v \ln v + p_f \ln f + p_d \ln d = 5.895347711 - 0.723560347 \cdot \ln v + 0.482310785 \cdot \ln f \\ &+ 0.22857257 \cdot \ln d\end{aligned}\tag{4.55d}$$

e) Për TW

$$\begin{aligned}\bar{Y}_{TW} &= p_0 + p_v \ln v + p_f \ln f + p_d \ln d = -3.36313 + 0.769798 \cdot \ln v + 0.546326435 \cdot \ln f \\ &+ 0.13371 \cdot \ln d\end{aligned}\tag{4.55e}$$

f) Për MRR

$$\begin{aligned}\bar{Y}_{MRR} &= p_0 + p_v \ln v + p_f \ln f + p_d \ln d = 5.54245755 + 1 \cdot \ln v + 0.999999 \cdot \ln f \\ &+ 0.999999 \cdot \ln d\end{aligned}\tag{4.55e}$$

Me antilogaritimin e shprehjes (4.55a,b,c,d,e,f) fitohet varësia e kërkuar në formë eksponenciale:

a) për Ra

$$R_a = C_{Ra} \cdot v^{p_v} \cdot f^{p_f} \cdot d^{p_d} = 46.56663145 \cdot v^{-0.816302332} \cdot f^{0.440279} \cdot d^{0.323327}\tag{4.56a}$$

b) për Rz

$$R_z = C_{Rz} \cdot v^{P_v} \cdot f^{P_f} \cdot d^{P_d} = 135.6248917 \cdot v^{-0.767801366} \cdot f^{0.44067498} \cdot d^{0.36946459} \quad (4.56b)$$

c) për Rq

$$R_q = C_{Rq} \cdot v^{P_v} \cdot f^{P_f} \cdot d^{P_d} = 60.63243106 \cdot v^{-0.851831356} \cdot f^{0.439010237} \cdot d^{0.289186856} \quad (4.56c)$$

d) për Rt

$$R_t = C_{Rt} \cdot v^{P_v} \cdot f^{P_f} \cdot d^{P_d} = 363.3431523 \cdot v^{-0.723560347} \cdot f^{0.482310785} \cdot d^{0.22857257} \quad (4.56d)$$

e) Për TW

$$TW = C_{TW} \cdot v^{P_v} \cdot f^{P_f} \cdot d^{P_d} = 0.034627 \cdot v^{0.769798} \cdot f^{0.546326435} \cdot d^{0.13371} \quad (4.56 e)$$

f) Për MRR

$$MRR = C_{MRR} \cdot v^{P_v} \cdot f^{P_f} \cdot d^{P_d} = 255.3046531 \cdot v^1 \cdot f^{0.999999} \cdot d^{0.99999} \quad (4.56 f)$$

ku janë;

$$C_{Ra} = \exp(p_0) = \exp(3.840884221) = 46.56663145 \quad (4.57a)$$

$$\bar{Y} = \ln Ra \text{ gjegj.}, Ra = \exp(\bar{Y}) \quad (4.58a)$$

$$C_{Rz} = \exp(p_0) = \exp(4.909892926) = 135.6248917 \quad (4.57b)$$

$$\bar{Y} = \ln Rz \text{ gjegj.}, Rz = \exp(\bar{Y}) \quad (4.58b)$$

$$C_{Rq} = \exp(p_0) = \exp(4.104829916) = 60.63243106 \quad (4.57c)$$

$$\bar{Y} = \ln Rq \text{ gjegj.}, Rq = \exp(\bar{Y}) \quad (4.58c)$$

$$C_{Rt} = \exp(p_0) = \exp(5.895347711) = 363.3431523 \quad (4.57d)$$

$$\bar{Y} = \ln Rt \text{ gjegj.}, Rt = \exp(\bar{Y}) \quad (4.58d)$$

$$C_{TW} = \exp(p_0) = \exp(-3.36313) = 0.034627 \quad (4.57e)$$

$$\bar{Y} = \ln TW \text{ gjegj.}, TW = \exp(\bar{Y}) \quad (4.58e)$$

$$C_{MRR} = \exp(p_0) = \exp(5.542457552) = 255.3046535 \quad (4.57f)$$

$$\bar{Y} = \ln MRR \text{ gjegj.}, MRR = \exp(\bar{Y}) \quad (4.58f)$$

Forma e dekoduar e ekuacionit do të jetë:

a) për Ra

$$R_a = C_{Ra} \cdot v^{P_v} \cdot f^{P_f} \cdot d^{P_d} = 46.56663145 \cdot v^{-0.816302332} \cdot f^{0.440279} \cdot d^{0.323327} \quad (4.59a)$$

$$R_{a1(+1-1+1)} = 46.5663145 \cdot 25^{-0.816302332} \cdot 0.1^{0.440279} \cdot 12^{0.323327} = 2.726361$$

$$R_{a2(-1+1+1)} = 46.5663145 \cdot 15^{-0.816302332} \cdot 0.3^{0.440279} \cdot 12^{0.323327} = 6.710352$$

$$R_{a3(+1+1-1)} = 46.5663145 \cdot 25^{-0.816302332} \cdot 0.3^{0.440279} \cdot 8^{0.323327} = 3.878953$$

$$R_{a4(-1-1-1)} = 46.5663145 \cdot 15^{-0.816302332} \cdot 0.1^{0.440279} \cdot 8^{0.323327} = 3.62864$$

$$R_{a5(0,0,0)} = 46.5663145 \cdot 20^{-0.816302332} \cdot 0.175^{0.440279} \cdot 10^{0.323327} = 3.945429$$

$$R_{a6(0,0,0)} = 46.5663145 \cdot 20^{-0.816302332} \cdot 0.175^{0.440279} \cdot 10^{0.323327} = 3.945429$$

$$R_{a7(-1-1+1)} = 46.5663145 \cdot 15^{-0.816302332} \cdot 0.1^{0.440279} \cdot 12^{0.323327} = 4.136938$$

$$R_{a8(+1-1-1)} = 46.5663145 \cdot 25^{-0.816302332} \cdot 0.1^{0.440279} \cdot 8^{0.323327} = 2.391378$$

$$R_{a9(+1+1+1)} = 46.5663145 \cdot 25^{-0.816302332} \cdot 0.3^{0.440279} \cdot 12^{0.323327} = 4.422315$$

$$R_{a10(-1+1-1)} = 46.5663145 \cdot 15^{-0.816302332} \cdot 0.3^{0.440279} \cdot 8^{0.323327} = 5.885864$$

$$R_{a11(0,0,0)} = 46.5663145 \cdot 20^{-0.816302332} \cdot 0.175^{0.440279} \cdot 10^{0.323327} = 3.945429$$

$$R_{a12(0,0,0)} = 46.5663145 \cdot 20^{-0.816302332} \cdot 0.175^{0.440279} \cdot 10^{0.323327} = 3.945429$$

b) pör Rz

$$R_z = C_{Rz} \cdot v^{P_v} \cdot f^{P_f} \cdot d^{P_d} = 135.6248917 \cdot v^{-0.767801366} \cdot f^{0.440674981} \cdot d^{0.36946459} \quad (4.59b)$$

$$R_{z1(+1-1+1)} = 135.6248917 \cdot 25^{-0.767801366} \cdot 0.1^{0.440674981} \cdot 12^{0.36946459} = 10.40024168580$$

$$R_{z2(-1+1+1)} = 135.6248917 \cdot 15^{-0.767801366} \cdot 0.3^{0.440674981} \cdot 12^{0.36946459} = 24.98242570949$$

$$R_{z3(+1+1-1)} = 135.6248917 \cdot 25^{-0.767801366} \cdot 0.3^{0.440674981} \cdot 8^{0.36946459} = 14.52912120602$$

$$R_{z4(-1-1-1)} = 135.6248917 \cdot 15^{-0.767801366} \cdot 0.1^{0.440674981} \cdot 8^{0.36946459} = 13.253168510147$$

$$R_{z5(0,0,0)} = 135.6248917 \cdot 20^{-0.767801366} \cdot 0.175^{0.440674981} \cdot 10^{0.36946459} = 14.76716722843$$

$$R_{z6(0,0,0)} = 135.6248917 \cdot 20^{-0.767801366} \cdot 0.175^{0.440674981} \cdot 10^{0.36946459} = 14.76716722843$$

$$R_{z7(-1-1+1)} = 135.6248917 \cdot 15^{-0.767801366} \cdot 0.1^{0.440674981} \cdot 12^{0.36946459} = 15.394982684266$$

$$R_{z8(+1-1-1)} = 135.6248917 \cdot 25^{-0.767801366} \cdot 0.1^{0.440674981} \cdot 8^{0.36946459} = 8.9533167029222$$

$$R_{z9(+1+1+1)} = 135.6248917 \cdot 25^{-0.767801366} \cdot 0.3^{0.440674981} \cdot 12^{0.36946459} = 16.8771391696$$

$$R_{z10(-1+1-1)} = 135.6248917 \cdot 15^{-0.767801366} \cdot 0.3^{0.440674981} \cdot 8^{0.36946459} = 21.5067664907$$

$$R_{z11(0,0,0)} = 135.6248917 \cdot 20^{-0.767801366} \cdot 0.175^{0.440674981} \cdot 10^{0.36946459} = 14.76716722843$$

$$R_{z12(0,0,0)} = 135.6248917 \cdot 20^{-0.767801366} \cdot 0.175^{0.440674981} \cdot 10^{0.36946459} = 14.76716722843$$

c) për Rq

$$R_q = C_{Rq} \cdot v^{P_v} \cdot f^{P_f} \cdot d^{P_d} = 60.63243106 \cdot v^{-0.851831356} \cdot f^{0.439010237} \cdot d^{0.289186856} \quad (4.59c)$$

$$R_{q1(+1-1+1)} = 60.63243106 \cdot 25^{-0.851831356} \cdot 0.1^{0.439010237} \cdot 12^{0.289186856} = 2.91722981168$$

$$R_{q2(-1+1+1)} = 60.63243106 \cdot 15^{-0.851831356} \cdot 0.3^{0.439010237} \cdot 12^{0.289186856} = 7.30145611701$$

$$R_{q3(+1+1-1)} = 60.63243106 \cdot 25^{-0.851831356} \cdot 0.3^{0.439010237} \cdot 8^{0.289186856} = 4.202507339434$$

$$R_{q4(-1-1-1)} = 60.63243106 \cdot 15^{-0.851831356} \cdot 0.1^{0.439010237} \cdot 8^{0.289186856} = 4.008898740499$$

$$R_{q5(0,0,0)} = 60.63243106 \cdot 20^{-0.851831356} \cdot 0.175^{0.439010237} \cdot 10^{0.289186856} = 4.278776940347$$

$$R_{q6(0,0,0)} = 60.63243106 \cdot 20^{-0.851831356} \cdot 0.175^{0.439010237} \cdot 10^{0.289186856} = 4.278776940347$$

$$R_{q7(-1-1+1)} = 60.63243106 \cdot 15^{-0.851831356} \cdot 0.1^{0.439010237} \cdot 12^{0.289186856} = 4.507631075647$$

$$R_{q8(+1-1-1)} = 60.63243106 \cdot 25^{-0.851831356} \cdot 0.1^{0.439010237} \cdot 8^{0.289186856} = 2.594462306597$$

$$R_{q9(+1+1+1)} = 60.63243106 \cdot 25^{-0.851831356} \cdot 0.3^{0.439010237} \cdot 12^{0.289186856} = 4.725325807683$$

$$R_{q10(-1+1-1)} = 60.63243106 \cdot 15^{-0.851831356} \cdot 0.3^{0.439010237} \cdot 8^{0.289186856} = 6.4936100004849$$

$$R_{q11(0,0,0)} = 60.63243106 \cdot 20^{-0.851831356} \cdot 0.175^{0.439010237} \cdot 10^{0.289186856} = 4.278776940347$$

$$R_{q12(0,0,0)} = 60.63243106 \cdot 20^{-0.851831356} \cdot 0.175^{0.439010237} \cdot 10^{0.289186856} = 4.278776940347$$

d) p er R_t

$$R_t = C_{R_t} \cdot v^{P_v} \cdot f^{P_f} \cdot d^{P_d} = 363.3431523 \cdot v^{-0.723560347} \cdot f^{0.482310785} \cdot d^{0.22857257} \quad (4.59d)$$

$$R_{t1(+1-1+1)} = 363.3431523 \cdot 25^{-0.723560347} \cdot 0.1^{0.482310785} \cdot 12^{0.22857257} = 20.567592912599$$

$$R_{t2(-1+1+1)} = 363.3431523 \cdot 15^{-0.723560347} \cdot 0.3^{0.482310785} \cdot 12^{0.22857257} = 50.562105797387$$

$$R_{t3(+1+1-1)} = 363.3431523 \cdot 25^{-0.723560347} \cdot 0.3^{0.482310785} \cdot 8^{0.22857257} = 31.845975975911$$

$$R_{t4(-1-1-1)} = 363.3431523 \cdot 15^{-0.723560347} \cdot 0.1^{0.482310785} \cdot 8^{0.22857257} = 27.130312393176$$

$$R_{t5(0,0,0)} = 363.3431523 \cdot 20^{-0.723560347} \cdot 0.175^{0.482310785} \cdot 10^{0.22857257} = 30.368610514238$$

$$R_{t6(0,0,0)} = 363.3431523 \cdot 20^{-0.723560347} \cdot 0.175^{0.482310785} \cdot 10^{0.22857257} = 30.368610514238$$

$$R_{t7(-1-1+1)} = 363.3431523 \cdot 15^{-0.723560347} \cdot 0.1^{0.482310785} \cdot 12^{0.22857257} = 29.764899885037$$

$$R_{t8(+1-1-1)} = 363.3431523 \cdot 25^{-0.723560347} \cdot 0.1^{0.482310785} \cdot 8^{0.22857257} = 18.747088787454$$

$$R_{t9(+1+1+1)} = 363.3431523 \cdot 25^{-0.723560347} \cdot 0.3^{0.482310785} \cdot 12^{0.22857257} = 34.938495101984$$

$$R_{t10(-1+1-1)} = 363.3431523 \cdot 15^{-0.723560347} \cdot 0.3^{0.482310785} \cdot 8^{0.22857257} = 46.086690391641$$

$$R_{t11(0,0,0)} = 363.3431523 \cdot 20^{-0.723560347} \cdot 0.175^{0.482310785} \cdot 10^{0.22857257} = 30.368610514238$$

$$R_{t12(0,0,0)} = 363.3431523 \cdot 20^{-0.723560347} \cdot 0.175^{0.482310785} \cdot 10^{0.22857257} = 30.368610514238$$

e) P er TW

$$TW = C_{TW} \cdot v^{P_v} \cdot f^{P_f} \cdot d^{P_d} = 0.034627 \cdot v^{0.769798} \cdot f^{0.546326435} \cdot d^{0.13371}$$

(4.59e)

$$TW_{1(+1-1+1)} = 0.034627 \cdot 25^{0.769798} \cdot 0.1^{0.546326435} \cdot 12^{0.13371} = 0.1635$$

$$TW_{2(-1+1+1)} = 0.034627 \cdot 15^{0.769798} \cdot 0.3^{0.546326435} \cdot 12^{0.13371} = 0.20109$$

$$TW_{3(+1+1-1)} = 0.034627 \cdot 25^{0.769798} \cdot 0.3^{0.546326435} \cdot 8^{0.13371} = 0.28225$$

$$TW_{4(-1-1-1)} = 0.034627 \cdot 15^{0.769798} \cdot 0.1^{0.546326435} \cdot 8^{0.13371} = 0.10452$$

$$TW_{5(0,0,0)} = 0.034627 \cdot 20^{0.769798} \cdot 0.175^{0.546326435} \cdot 10^{0.13371} = 0.18243$$

$$TW_{6(0,0,0)} = 0.034627 \cdot 20^{0.769798} \cdot 0.175^{0.546326435} \cdot 10^{0.13371} = 0.18243$$

$$TW_{7(-1-1+1)} = 0.034627 \cdot 15^{0.769798} \cdot 0.1^{0.546326435} \cdot 12^{0.13371} = 0.11034$$

$$TW_{8(+1-1-1)} = 0.034627 \cdot 25^{0.769798} \cdot 0.1^{0.546326435} \cdot 8^{0.13371} = 0.15487$$

$$TW_{9(+1+1+1)} = 0.034627 \cdot 25^{0.769798} \cdot 0.3^{0.546326435} \cdot 12^{0.13371} = 0.29797$$

$$TW_{10(-1+1-1)} = 0.034627 \cdot 15^{0.769798} \cdot 0.3^{0.546326435} \cdot 8^{0.13371} = 0.19048$$

$$TW_{11(0,0,0)} = 0.034627 \cdot 20^{0.769798} \cdot 0.175^{0.546326435} \cdot 10^{0.13371} = 0.18243$$

$$TW_{12(0,0,0)} = 0.034627 \cdot 20^{0.769798} \cdot 0.175^{0.546326435} \cdot 10^{0.13371} = 0.18243$$

f) Për MRR

$$MRR = C_{MRR} \cdot v^{P_v} \cdot f^{P_f} \cdot d^{P_d} = 255.3046531 \cdot v^1 \cdot f^{0.999999} \cdot d^{0.999999}$$

(4.59d)

$$MRR_{1(+1-1+1)} = 255.3046531 \cdot 25^1 \cdot 0.1^{0.999999} \cdot 12^{0.999999} = 7659.13819657387$$

$$MRR_{2(-1+1+1)} = 255.3046531 \cdot 15^1 \cdot 0.3^{0.999999} \cdot 12^{0.999999} = 13786.43360787927$$

$$MRR_{3(+1+1-1)} = 255.3046531 \cdot 25^1 \cdot 0.3^{0.999999} \cdot 8^{0.999999} = 15318.26577533133$$

$$MRR_{4(-1-1-1)} = 255.3046531 \cdot 15^1 \cdot 0.1^{0.999999} \cdot 8^{0.999999} = 3063.65652083511$$

$$MRR_{5(0,0,0)} = 255.3046531 \cdot 20^1 \cdot 0.175^{0.999999} \cdot 10^{0.999999} = 8935.657859633879$$

$$MRR_{6(0,0,0)} = 255.3046531 \cdot 20^1 \cdot 0.175^{0.999999} \cdot 10^{0.999999} = 8935.657859633879$$

$$MRR_{7(-1-1+1)} = 255.3046531 \cdot 15^1 \cdot 0.1^{0.999999} \cdot 12^{0.999999} = 4595.48291794432$$

$$MRR_{8(+1-1-1)} = 255.3046531 \cdot 25^{-1} \cdot 0.1^{0.999999} \cdot 8^{0.999999} = 5106.094201391866$$

$$MRR_{9(+1+1+1)} = 255.3046531 \cdot 25^{-1} \cdot 0.3^{0.999999} \cdot 12^{0.999999} = 22977.38934646545$$

$$MRR_{10(-1+1-1)} = 255.3046531 \cdot 15^{-1} \cdot 0.3^{0.999999} \cdot 8^{0.999999} = 9190.95946519879$$

$$MRR_{11(0,0,0)} = 255.3046531 \cdot 20^{-1} \cdot 0.175^{0.999999} \cdot 10^{0.999999} = 8935.657859633879$$

$$MRR_{12(0,0,0)} = 255.3046531 \cdot 20^{-1} \cdot 0.175^{0.999999} \cdot 10^{0.999999} = 8935.657859633879$$

Rezultatet e llogaritura të ashpërsisë së sipërfaqes nga ekuacionet (4.59a,b,c,d,e dhe f) janë dhënë në tabelat 4.7a deri 4.7f).

Tabela 4.7a Llogaritjet për analizën dispersive për Ra

| Nr. | Vlerat eksperimentale | | Vlerat e llogaritura | | (Y- \hat{Y}) | (Y- \hat{Y}) ² |
|-----|-----------------------|---------------------|----------------------|-------------------------------|-----------------|------------------------------|
| | R _{aE} [μm] | Y=lnR _{aE} | R _{aP} [μm] | \hat{Y} = lnR _{aP} | | |
| 1 | 2.425 | 0.885831524 | 2.726361 | 1.002967824 | -0.11714 | 0.013720913 |
| 2 | 4.232 | 1.442674695 | 6.710352 | 1.903651464 | -0.46098 | 0.212499582 |
| 3 | 3.241 | 1.175881924 | 3.878953 | 1.355565336 | -0.17968 | 0.032286128 |
| 4 | 3.564 | 1.27088351 | 3.62864 | 1.288857992 | -0.01797 | 0.000323082 |
| 5 | 3.582 | 1.275921304 | 3.945429 | 1.372557731 | -0.09664 | 0.009338599 |
| 6 | 3.322 | 1.200567011 | 3.945429 | 1.372557731 | -0.17199 | 0.029580808 |
| 7 | 5.826 | 1.762330659 | 4.136938 | 1.419955972 | 0.342375 | 0.117220426 |
| 8 | 2.542 | 0.932951173 | 2.391378 | 0.871869844 | 0.061081 | 0.003730929 |
| 9 | 7.321 | 1.990746931 | 4.422315 | 1.486663315 | 0.504084 | 0.254100291 |
| 10 | 8.824 | 2.177475282 | 5.885864 | 1.772553484 | 0.404922 | 0.163961663 |
| 11 | 3.501 | 1.253048642 | 3.945429 | 1.372557731 | -0.11951 | 0.014282422 |
| 12 | 3.614 | 1.284815192 | 3.945429 | 1.372557731 | -0.08774 | 0.007698753 |
| | | | | | Σ | 0.858743596 |

R_{aE}-eksperimentale; R_{aP}- predictive (parashikuar gjegj. e llogaritur)

Tabela 4.7b Llogaritjet për analizën dispersive për Rz

| Nr. | Vlerat eksperimentale | | Vlerat e llogaritura | | (Y- \hat{Y}) | (Y- \hat{Y}) ² |
|-----|-----------------------|---------------------|----------------------|-------------------------------|-----------------|------------------------------|
| | R _{zE} [μm] | Y=lnR _{zE} | R _{zP} [μm] | \hat{Y} = lnR _{zP} | | |
| 1 | 9.584 | 2.260095041 | 10.40024168580 | 2.34182904489 | -0.0817340 | 0.0066804 |
| 2 | 15.814 | 2.760895624 | 24.98242570949 | 3.21817260604 | -0.4572769 | 0.2091022 |
| 3 | 12.324 | 2.5115481 | 14.52912120602 | 2.67615499440 | -0.1646068 | 0.0270954 |
| 4 | 12.835 | 2.552175814 | 13.253168510147 | 2.58423665668 | -0.0320608 | 0.0010278 |
| 5 | 13.342 | 2.590916954 | 14.76716722843 | 2.69240628589 | -0.1014893 | 0.0103000 |
| 6 | 14.612 | 2.681843109 | 14.76716722843 | 2.69240628589 | -0.0105631 | 0.0001115 |
| 7 | 21.041 | 3.046472915 | 15.394982684266 | 2.73404165661 | 0.3124312 | 0.0976132 |
| 8 | 9.132 | 2.211784729 | 8.9533167029222 | 2.19202404497 | 0.0197606 | 0.0003904 |
| 9 | 26.336 | 3.270936824 | 16.8771391696 | 2.82595999433 | 0.4449768 | 0.1980043 |
| 10 | 31.934 | 3.463671273 | 21.5067664907 | 3.06836760611 | 0.3953036 | 0.1562649 |
| 11 | 12.734 | 2.544275582 | 14.76716722843 | 2.69240628589 | -0.1481307 | 0.0219427 |
| 12 | 13.021 | 2.566563439 | 14.76716722843 | 2.69240628589 | -0.1258428 | 0.0158364 |
| | | | | | Σ | 0.7443698 |

Tabela 4.7c Llogaritjet për analizën dispersive për Rq

| Nr. | Vlerat eksperimentale | | Vlerat e llogaritura | | (Y- \hat{Y}) | (Y- \hat{Y}) ² |
|-----|-----------------------|---------------------|----------------------|-------------------------------|-----------------|------------------------------|
| | R _{qE} [μm] | Y=lnR _{qE} | R _{qP} [μm] | \hat{Y} = lnR _{qP} | | |
| 1 | 2.562 | 0.940788203 | 2.91722981168 | 1.07063447135 | -0.1298462 | 0.0168600534 |
| 2 | 4.525 | 1.509617577 | 7.30145611701 | 1.98807379634 | -0.4784562 | 0.2289203538 |
| 3 | 3.524 | 1.259596708 | 4.202507339434 | 1.43568133274 | -0.1760846 | 0.0310057950 |
| 4 | 3.984 | 1.38228634 | 4.008898740499 | 1.38851657529 | -0.0062302 | 0.0000388158 |
| 5 | 3.823 | 1.341035455 | 4.278776940347 | 1.45366720715 | -0.1126317 | 0.0126859115 |
| 6 | 3.542 | 1.264691539 | 4.278776940347 | 1.45366720715 | -0.1889756 | 0.0357118031 |
| 7 | 6.453 | 1.864545139 | 4.507631075647 | 1.50577175512 | 0.3587733 | 0.1287183409 |
| 8 | 2.745 | 1.009781075 | 2.594462306597 | 0.95337929150 | 0.0564017 | 0.0031811611 |
| 9 | 8.017 | 2.081564287 | 4.725325807683 | 1.55293651257 | 0.5286277 | 0.2794473238 |
| 10 | 9.736 | 2.275830356 | 6.4936100004849 | 1.87081861651 | 0.4050117 | 0.1640345091 |
| 11 | 3.847 | 1.347293624 | 4.278776940347 | 1.45366720715 | -0.1063735 | 0.0113153391 |
| 12 | 3.942 | 1.371688209 | 4.278776940347 | 1.45366720715 | -0.0819789 | 0.0067205561 |
| | | | | | Σ | 0.918639962 |

Tabela 4.7d Llogaritjet për analizën dispersive për Rt

| Nr. | Vlerat eksperimentale | | Vlerat e llogaritura | | (Y - \hat{Y}) | (Y - \hat{Y}) ² |
|-----|-----------------------|---------------------|----------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|
| | R _{tE} [μm] | Y=lnR _{tE} | R _{tP} [μm] | \hat{Y} = lnR _{tP} | | |
| 1 | 17.464 | 2.860141619 | 20.567592912599 | 3.0237166774 | -0.163575 | 0.0267567997 |
| 2 | 30.426 | 3.415297506 | 50.562105797387 | 3.92320239844 | -0.507904 | 0.2579673797 |
| 3 | 26.486 | 3.276616292 | 31.845975975911 | 3.46091103105 | -0.184294 | 0.0339645508 |
| 4 | 25.253 | 3.228944961 | 27.130312393176 | 3.30065164128 | -0.071706 | 0.0051418479 |
| 5 | 28.482 | 3.349272309 | 30.368610514238 | 3.41340952609 | -0.064137 | 0.0041135826 |
| 6 | 26.426 | 3.274348374 | 30.368610514238 | 3.41340952609 | -0.139061 | 0.0193380040 |
| 7 | 44.625 | 3.79829424 | 29.764899885037 | 3.39332984308 | 0.4049643 | 0.1639961627 |
| 8 | 20.336 | 3.012392714 | 18.747088787454 | 2.93103847569 | 0.0813542 | 0.0066185120 |
| 9 | 58.624 | 4.071144169 | 34.938495101984 | 3.5535892328 | 0.5175549 | 0.2678631119 |
| 10 | 70.542 | 4.256208277 | 46.086690391641 | 3.83052419663 | 0.4256840 | 0.1812069362 |
| 11 | 24.981 | 3.218115536 | 30.368610514238 | 3.41340952609 | -0.195293 | 0.0381397425 |
| 12 | 28.924 | 3.3646717 | 30.368610514238 | 3.41340952609 | -0.048737 | 0.0023753756 |
| | | | | | Σ | 1.0074820056 |

Tabela 4.7e Llogaritjet për analizën dispersive për TW

| Nr. | Vlerat eksperimentale | | Vlerat e llogaritura | | (Y - \hat{Y}) | (Y - \hat{Y}) ² |
|-----|-------------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|
| | TW _E [g/min] | Y=lnTW _E | TW _P [g/min] | \hat{Y} = lnTW _P | | |
| 1 | 0.0828 | -2.49132722 | 0.1635 | -1.811 | -0.68036 | 0.46289 |
| 2 | 0.2388 | -1.4321289 | 0.20109 | -1.604 | 0.17187 | 0.02954 |
| 3 | 0.3104 | -1.16989349 | 0.28225 | -1.265 | 0.09508 | 0.00904 |
| 4 | 0.0912 | -2.39470038 | 0.10452 | -2.2584 | -0.13629 | 0.01857 |
| 5 | 0.1858 | -1.68308445 | 0.18243 | -1.7014 | 0.0183 | 0.00033 |
| 6 | 0.1878 | -1.67237771 | 0.18243 | -1.7014 | 0.02901 | 0.00084 |
| 7 | 0.1668 | -1.79095979 | 0.11034 | -2.2042 | 0.41324 | 0.17077 |
| 8 | 0.2528 | -1.37515662 | 0.15487 | -1.8652 | 0.49002 | 0.24012 |
| 9 | 0.3574 | -1.02889968 | 0.29797 | -1.2108 | 0.18186 | 0.03307 |
| 10 | 0.1326 | -2.0204182 | 0.19048 | -1.6582 | -0.36221 | 0.13119 |
| 11 | 0.1672 | -1.78856458 | 0.18243 | -1.7014 | -0.08718 | 0.0076 |
| 12 | 0.1398 | -1.96754245 | 0.18243 | -1.7014 | -0.26616 | 0.07084 |
| | | | | | Σ | 1.17482 |

Tabela 4.7f Llogaritjet për analizën dispersive për MRR

| Nr. | Vlerat eksperimentale | | Vlerat e llogaritura | | (Y- \hat{Y}) | (Y- \hat{Y}) ² |
|-----|--|----------------------|---|--------------------------------|-----------------|------------------------------|
| | MRR _E [mm ³ /min] | Y=lnMRR _E | MRR _P [mm ³ /min] | \hat{Y} = lnMRR _P | | |
| 1 | 7500 | 8.922658 | 7659.13819657387 | 8.94365474943 | -0.020996 | 0.000440863 |
| 2 | 13500 | 9.510444 | 13786.43360787927 | 9.53144031572 | -0.020996 | 0.000440845 |
| 3 | 15000 | 9.615805 | 15318.26577533133 | 9.63680123684 | -0.020996 | 0.000440841 |
| 4 | 3000 | 8.006367 | 3063.65652083511 | 8.02736442302 | -0.020997 | 0.000440891 |
| 5 | 8750 | 9.076808 | 8935.657859633879 | 9.09780505215 | -0.020997 | 0.000440876 |
| 6 | 8750 | 9.076808 | 8935.657859633879 | 9.09780505215 | -0.020997 | 0.000440876 |
| 7 | 4500 | 8.411832 | 4595.48291794432 | 8.43282912566 | -0.020997 | 0.000440879 |
| 8 | 5000 | 8.517193 | 5106.094201391866 | 8.53819004678 | -0.020997 | 0.000440875 |
| 9 | 22500 | 10.021270 | 22977.38934646545 | 10.0422659394 | -0.020995 | 0.000440829 |
| 10 | 9000 | 9.104979 | 9190.95946519879 | 9.12597561307 | -0.020996 | 0.000440857 |
| 11 | 8750 | 9.076808 | 8935.657859633879 | 9.09780505215 | -0.020997 | 0.000440876 |
| 12 | 8750 | 9.076808 | 8935.657859633879 | 9.09780505215 | -0.020997 | 0.000440876 |
| | | | | | Σ | 0.005290384 |

4.3. ANALIZA DISPERSIVE

4.3.1 Vlerësimi i signifkancës së parametrave të modelit

Për vlerësimin e signifkancës (rëndësisë) së parametrave të modelit mund të shfrytëzohet çdonjëri nga dy kriteret e njohura:

Kriteri t- i Student-it ose F- i Fischer-it, meqenëse ekziston varësia e formës:

$$F(1,f) = t^2(f) \quad (4.60)$$

Vlerësimi i signifkancës sipas kriterit-F është paraqitur në tabelën 4.7.

Sipas këtij kriteri duhet të plotësohet kushti:

$$F_{Ri} = \frac{S_i^2}{S^2_E} > F_t, \quad (4.61)$$

ku janë:

F_{ri} – vlera e llogaritur e kriterit-F për parametrin e i-të,

S^2_i - dispersioni i parametrin të i-të,

S^2_E -dispersioni i rezultateve në pikën zero,

F_t - Vlera tabelare e kriterit -F e cila sipas kriterëve të dhëna ($F_{LF}=1$, $f_E=3$) atëherë

$F_t=10.1$

Dispersioni i parametrave të modelit është:

$$S_i^2 = \frac{S_{b_i}}{f_i} \quad (4.62)$$

ku është:

$$S_i^2 = \frac{S_{b_i}}{f_i}$$

$$S_{b_i} = b_i \cdot \sum_{u=1}^N X_{iu} Y_u = N_i \cdot b_i, \quad i=0, 1, 2, 3 \quad (4.63)$$

Ku për $i=0$, $N_i=12$, ndërsa për $i=1,2,3$ - $N_i=8$; shkallët e lirisë $f_i = 1$.

Tabela 4.7 Shprehjet për llogaritjen e analizës disperzive

| Burimi i variacionit | Shkallët e lirisë f_i | Shuma e katrorëve S | Dispersioni S^2 | Marrëdhënia dispersive F_R |
|--------------------------|-------------------------|--|------------------------------------|---|
| b_0 | $f_0=1$ | $S_{b_0}=N b_0^2$ | $S_0^2 = \frac{S_0}{f_0}$ | $F_{R0} = \frac{S_0^2}{S_E^2}$ |
| b_1 | $f_1=1$ | $S_{b_1}=N b_1^2$ | $S_1^2 = \frac{S_1}{f_1}$ | $F_{R1} = \frac{S_1^2}{S_E^2}$ |
| b_2 | $f_2=1$ | $S_{b_2}=N b_2^2$ | $S_2^2 = \frac{S_2}{f_2}$ | $F_{R2} = \frac{S_2^2}{S_E^2}$ |
| b_k | $F_k=1$ | $S_{b_k}=N b_k^2$ | $S_k^2 = \frac{S_k}{f_k}$ | $F_{Rk} = \frac{S_k^2}{S_E^2}$ |
| Shuma reziduale | $f_{Ri} = N - k - 1$ | $S_R = \sum_{u=1}^N (Y_{eu} - Y_{empu})^2 = \sum_{u=1}^N Y_{eu}^2 - N \sum_{i=0}^k b_i^2$ | $S_R^2 = \frac{S_R}{f_R}$ | Koeficientet janë signifkant nëse $F_{Ri} > F_t$ |
| Shuma e përgjithshme | $f_u = N$ | $S_u = \sum_{u=1}^N Y_{eu}^2$ | $S_U^2 = \frac{S_U}{f_U}$ | |
| Gabimet e eksperimenteve | $f_{Ei} = n_0 - 1$ | $S_E = \sum_{v=1}^{N_0} (Y_{e0v} - Y_{emp0v})^2 = \sum_{u=1}^{N_0} Y_{e0u}^2 - \frac{1}{N_0} (\sum_{u=1}^{N_0} Y_{e0u})^2$ | $S_E^2 = \frac{S_E}{f_E}$ | |
| Adekuatshmëria e modelit | $f_{LF} = f_R - f_E$ | $S_{LF} = S_R - S_E$ | $S_{LF}^2 = \frac{S_{LF}}{f_{LF}}$ | $F_{RLF} = \frac{S_{LF}^2}{S_E^2}$ |

Me zëvendësimin e vlerës së parametrave (b_i gjegjësisht, b_0, b_1, b_2, b_3 dhe p_0, p_1, p_2, p_3) nga ekuacionet (4.44 a deri 4.47f) në ekuacionin (4.63) fitohen :

a) për Ra

$$\begin{aligned} S_0 &= N_0 \cdot b_0^2 = 12 \cdot (1.387760654)^2 = 23.11056 \\ S_1 &= N_1 \cdot b_1^2 = 8 \cdot (-0.2084941)^2 = 0.347758231 \\ S_2 &= N_2 \cdot b_2^2 = 8 \cdot (0.241848)^2 = 0.467922657 \\ S_3 &= N_3 \cdot b_3^2 = 8 \cdot (0.065549)^2 = 0.034373361 \end{aligned} \quad (4.64a)$$

b) për Rz

$$\begin{aligned} S_0 &= N_0 \cdot b_0^2 = 12 \cdot (2.705098324)^2 = 87.81068331 \\ S_1 &= N_1 \cdot b_1^2 = 8 \cdot (-0.196106306)^2 = 0.307661466 \\ S_2 &= N_2 \cdot b_2^2 = 8 \cdot (0.242065475)^2 = 0.468765553 \\ S_3 &= N_3 \cdot b_3^2 = 8 \cdot (0.0749025)^2 = 0.044883076 \end{aligned} \quad (4.64b)$$

c) për Rq

$$\begin{aligned} S_0 &= N_0 \cdot b_0^2 = 12 \cdot (1.470726543)^2 = 25.95643877 \\ S_1 &= N_1 \cdot b_1^2 = 8 \cdot (-0.2175686442)^2 = 0.378688919 \\ S_2 &= N_2 \cdot b_2^2 = 8 \cdot (0.241151021)^2 = 0.465230519 \\ S_3 &= N_3 \cdot b_3^2 = 8 \cdot (0.05862759)^2 = 0.027497554 \end{aligned} \quad (4.64c)$$

d) për Rt

$$\begin{aligned} S_0 &= N_0 \cdot b_0^2 = 12 \cdot (3.427120435)^2 = 140.9418537 \\ S_1 &= N_1 \cdot b_1^2 = 8 \cdot (-0.184806583)^2 = 0.273227785 \\ S_2 &= N_2 \cdot b_2^2 = 8 \cdot (0.264936278)^2 = 0.561529851 \\ S_3 &= N_3 \cdot b_3^2 = 8 \cdot (0.046339101)^2 = 0.017178498 \end{aligned} \quad (4.64d)$$

e) Për TW

$$S_0 = N_0 \cdot b_0^2 = 12 \cdot (-1.735)^2 = 36.10554$$

$$S_1 = N_1 \cdot b_1^2 = 8 \cdot (0.19662)^2 = 0.309264 \quad (4.64e)$$

$$S_2 = N_2 \cdot b_2^2 = 8 \cdot (0.3001)^2 = 0.72048$$

$$S_3 = N_3 \cdot b_3^2 = 8 \cdot (0.027107)^2 = 0.00588$$

f) Për MRR

$$S_0 = N_0 \cdot b_0^2 = 12 \cdot (9.034815712)^2 = 979.5347394$$

$$S_1 = N_1 \cdot b_1^2 = 8 \cdot (0.255412812)^2 = 0.521885636 \quad (4.64f)$$

$$S_2 = N_2 \cdot b_2^2 = 8 \cdot (0.549306144)^2 = 2.413897919$$

$$S_3 = N_3 \cdot b_3^2 = 8 \cdot (0.202732554)^2 = 0.328803907$$

Disperzioni i parametrave të modelit do të jetë:

a) për Ra

$$s_0^2 = \frac{S_0}{f_0} = \frac{23.11056}{1} = 23.11056$$

$$s_1^2 = \frac{S_1}{f_1} = \frac{0.347758231}{1} = 0.347758231 \quad (4.65a)$$

$$s_2^2 = \frac{S_2}{f_2} = \frac{0.467922657}{1} = 0.467922657$$

$$s_3^2 = \frac{S_3}{f_3} = \frac{0.034373361}{1} = 0.034373361$$

b) për Rz

$$\begin{aligned}s_0^2 &= \frac{S_0}{f_0} = \frac{87.81068331}{1} = 87.81068331 \\s_1^2 &= \frac{S_1}{f_1} = \frac{0.307661466}{1} = 0.307661466 \\s_2^2 &= \frac{S_2}{f_2} = \frac{0.468765553}{1} = 0.468765553 \\s_3^2 &= \frac{S_3}{f_3} = \frac{0.044883076}{1} = 0.044883076\end{aligned}\tag{4.65b}$$

c) për Rq

$$\begin{aligned}s_0^2 &= \frac{S_0}{f_0} = \frac{25.95643877}{1} = 25.95643877 \\s_1^2 &= \frac{S_1}{f_1} = \frac{0.378688919}{1} = 0.378688919 \\s_2^2 &= \frac{S_2}{f_2} = \frac{0.465230519}{1} = 0.465230519 \\s_3^2 &= \frac{S_3}{f_3} = \frac{0.027497554}{1} = 0.027497554\end{aligned}\tag{4.65c}$$

d) Për Rt

$$\begin{aligned}s_0^2 &= \frac{S_0}{f_0} = \frac{140.9418537}{1} = 140.9418537 \\s_1^2 &= \frac{S_1}{f_1} = \frac{0.273227785}{1} = 0.273227785 \\s_2^2 &= \frac{S_2}{f_2} = \frac{0.561529851}{1} = 0.561529851 \\s_3^2 &= \frac{S_3}{f_3} = \frac{0.017178498}{1} = 0.017178498\end{aligned}\tag{4.65d}$$

e) Për TW

$$s_0^2 = \frac{S_0}{f_0} = \frac{36.10554}{1} = 36.10554$$

$$s_1^2 = \frac{S_1}{f_1} = \frac{0.309264}{1} = 0.309264 \quad (4.65e)$$

$$s_2^2 = \frac{S_2}{f_2} = \frac{0.72048}{1} = 0.72048$$

$$s_3^2 = \frac{S_3}{f_3} = \frac{0.00588}{1} = 0.00588$$

f) Për MRR

$$s_0^2 = \frac{S_0}{f_0} = \frac{979.5347394}{1} = 979.5347394$$

$$s_1^2 = \frac{S_1}{f_1} = \frac{0.521885636}{1} = 0.521885636 \quad (4.65f)$$

$$s_2^2 = \frac{S_2}{f_2} = \frac{2.413897919}{1} = 2.413897919$$

$$s_3^2 = \frac{S_3}{f_3} = \frac{0.328803907}{1} = 0.328803907$$

Ndërsa, dispersioni i rezultateve në pikën zero përcaktohet:

a) për Ra

$$S_E = \sum_{v=1}^{N_0} (Y_{e0v} - Y_{emp0v})^2 = (0.009338599 + 0.029580808 + 0.014282422 + 0.007698753) = 0.060900582$$

$$s_E^2 = \frac{S_E}{f_E} = \frac{0.060900582}{3} = 0.020300194 \quad (4.66a)$$

b) për Rz

$$S_E = \sum_{v=1}^{N_0} (Y_{e0v} - Y_{emp0v})^2 = (0.01030008 + 0.00011158 + 0.02194270 + 0.01583642) = 0.048190792$$

$$s_E^2 = \frac{S_E}{f_E} = \frac{0.048190792}{3} = 0.016063597 \quad (4.66b)$$

c) për Rq

$$S_E = \sum_{v=1}^{N_0} (Y_{e0v} - Y_{emp0v})^2 = (0.0126859115 + 0.0357118031 + 0.0113153391 + 0.0067205561) = 0.066433609$$

$$s_E^2 = \frac{S_E}{f_E} = \frac{0.066433609}{3} = 0.022144536 \quad (4.66c)$$

d) për Rt

$$S_E = \sum_{v=1}^{N_0} (Y_{e0v} - Y_{emp0v})^2 = (0.0041135826 + 0.0193380040 + 0.0381397425 + 0.0023753756) = 0.063966956$$

$$s_E^2 = \frac{S_E}{f_E} = \frac{0.063966956}{3} = 0.021322319 \quad (4.66d)$$

e) Për TW

$$S_E = \sum_{v=1}^{N_0} (Y_{e0v} - Y_{emp0v})^2 = 0.00033 + 0.000840 + 0.131190.0076 + 0.07084 = 0.0796161$$

$$s_E^2 = \frac{S_E}{f_E} = \frac{0.0796161}{3} = 0.02654 \quad (4.66e)$$

f) Për MRR

$$S_E = \sum_{v=1}^{N_0} (Y_{e0v} - Y_{emp0v})^2 = (0.000440876 + 0.000440876 + 0.000440876 + 0.000440876) = 0.001763504$$

$$s_E^2 = \frac{S_E}{f_E} = \frac{0.001763504}{3} = 0.000587834 \quad (4.66f)$$

ku janë:

Y_{emp0} - vlerat logaritmike empirike (llogaritura) për nivelin zero,

Y_{e0} - vlerat logaritmike eksperimentale (matura) për nivelin zero.

Duke formuar raportin e dispersioneve të parametrave të modelit ndaj dispersionit në pikën zero, do të kemi:

a) për Ra

$$F_{R0} = \frac{s_0^2}{s_E^2} = \frac{23.11056}{0.020300194} = 1138.4403518 \geq F_t = 10.13$$

$$F_{R1} = \frac{s_1^2}{s_E^2} = \frac{0.347758231}{0.020300194} = 17.130783626 \geq F_t = 10.13 \quad (4.68a)$$

$$F_{R2} = \frac{s_2^2}{s_E^2} = \frac{0.467922657}{0.020300194} = 23.050156909 \geq F_t = 10.13$$

$$F_{R3} = \frac{s_3^2}{s_E^2} = \frac{0.034373361}{0.020300194} = 1.69325283 \geq F_t = 10.13$$

b) për Rz

$$F_{R0} = \frac{s_0^2}{s_E^2} = \frac{87.81068331}{0.016063597} = 5466.4396342 \geq F_t = 10.13$$

$$F_{R1} = \frac{s_1^2}{s_E^2} = \frac{0.307661466}{0.016063597} = 19.15271318 \geq F_t = 10.13 \quad (4.68b)$$

$$F_{R2} = \frac{s_2^2}{s_E^2} = \frac{0.468765553}{0.016063597} = 29.18185442 \geq F_t = 10.13$$

$$F_{R3} = \frac{s_3^2}{s_E^2} = \frac{0.044883076}{0.016063597} = 2.79409 \geq F_t = 10.13$$

c) për Rq

$$F_{R0} = \frac{s_0^2}{s_E^2} = \frac{25.95643877}{0.022144536} = 1172.13739633 \geq F_t = 10.13$$

$$F_{R1} = \frac{s_1^2}{s_E^2} = \frac{0.378688919}{0.022144536} = 17.100783642 \geq F_t = 10.13 \quad (4.68c)$$

$$F_{R2} = \frac{s_2^2}{s_E^2} = \frac{0.465230519}{0.022144536} = 21.00881746 \geq F_t = 10.13$$

$$F_{R3} = \frac{s_3^2}{s_E^2} = \frac{0.027497554}{0.022144536} = 1.24173087 \geq F_t = 10.13$$

d) për Rt

$$F_{R0} = \frac{s_0^2}{s_E^2} = \frac{140.9418537}{0.021322319} = 6610.062146 \geq F_t = 10.13$$

$$F_{R1} = \frac{s_1^2}{s_E^2} = \frac{0.273227785}{0.021322319} = 12.81416833 \geq F_t = 10.13 \quad (4.68 d)$$

$$F_{R2} = \frac{s_2^2}{s_E^2} = \frac{0.561529851}{0.021322319} = 26.33537086 \geq F_t = 10.13$$

$$F_{R3} = \frac{s_3^2}{s_E^2} = \frac{0.017178498}{0.021322319} = 0.80565805 \geq F_t = 10.13$$

e) Për TW

$$F_{R0} = \frac{s_0^2}{s_E^2} = \frac{36.10554}{0.02654} = 1360.49 \geq F_t = 10.13$$

$$F_{R1} = \frac{s_1^2}{s_E^2} = \frac{0.309264}{0.02654} = 11.6533 \geq F_t = 10.13 \quad (4.68e)$$

$$F_{R2} = \frac{s_2^2}{s_E^2} = \frac{0.72048}{0.02654} = 27.1484 \geq F_t = 10.13$$

$$F_{R3} = \frac{s_3^2}{s_E^2} = \frac{0.00588}{0.02654} = 0.22149 \geq F_t = 10.13$$

f) Për MRR

$$F_{R0} = \frac{s_0^2}{s_E^2} = \frac{979.5347394}{0.000587834} = 166345.838110759 \geq F_t = 10.13$$

$$F_{R1} = \frac{s_1^2}{s_E^2} = \frac{0.521885636}{0.000587834} = 887.811246032 \geq F_t = 10.13 \quad (4.68f)$$

$$F_{R2} = \frac{s_2^2}{s_E^2} = \frac{2.413897919}{0.000587834} = 4106.4278673 \geq F_t = 10.13$$

$$F_{R3} = \frac{s_3^2}{s_E^2} = \frac{0.328803907}{0.000587834} = 559.348229262 \geq F_t = 10.13$$

Siç shihet nga ekuacionet (4.68 a, b, c, d, e dhe f) shumica e parametrave të modelit matematikor e plotësojnë kushtin ($F_{Ri} > F_t$), çka d.m.th., se parametrat e hulumtuar janë signifikant (rëndësishëm), përveç F_{R3} në formulën (4.68 a, b, c,d,e).

4.3.2. Vërtetimi i adekuatshmërisë së modelit matematikor

Vërtetimi i adekuatshmërisë së modelit përbëhet, në rastin e përgjithshëm, nga krahasimi i disperzioneve të rezultateve eksperimentale në raport me linjën e regresionit s_R^2 dhe disperzionit të rezultateve të eksperimenteve në pikat e hapsirës shumëfaktoriale s_E^2 nëpërmjet kriterit $-F$.

Mirëpo, duke qenë se pika qendrore i takon planit eksperimental (rezultatet e saj shfrytëzohen gjatë llogaritjes së b_0) si dhe meqenëse në këtë pikë eksperimentet përsëriten N_0 – herë, kjo do të thotë që në kriterin e Fischer – it duhet të zëvendësohet s_{LF}^2 me s_R^2 , e cila paraqet dispersionin e vlerave mesatare të rezultateve eksperimentale në raport me linjën e regresionit. Prandaj, kriteri i Fischer – it për vlerësimin e adekuatshmërisë së modelit matematikor do të jetë:

$$F_{RLF} = \frac{s_{LF}^2}{s_E^2} \leq F_t \quad (4.69)$$

ku sipas tabelës 4.7, shuma reziduale është:

a) për Ra

$$S_R = \sum_{u=1}^N (Y_{eu} - Y_{empu})^2 = \sum_{u=1}^{12} (Y_{eu} - Y_{empu})^2 = [(-0.11714) + (-0.46098) + (-0.17968) + (-0.01797) + (-0.09664) + (-0.17199) + (0.342375) + (0.061081) + (0.504084) + (0.404922) + (-0.11951) + (-0.08774)]^2 = 0.858743596$$

(4.70a)

b) për Rz

$$S_R = \sum_{u=1}^N (Y_{eu} - Y_{empu})^2 = \sum_{u=1}^{12} (Y_{eu} - Y_{empu})^2 = [(-0.0817340) + (-0.4572769) + (-0.1646068) + (-0.0320608) + (-0.1014893) + (-0.0105631) + (0.3124312) + (0.0197606) + (0.4449768) + (0.3953036) + (-0.1481307) + (-0.1258428)]^2 = 0.74436988$$

(4.70b)

c) për Rq

$$S_R = \sum_{u=1}^N (Y_{eu} - Y_{empu})^2 = \sum_{u=1}^{12} (Y_{eu} - Y_{empu})^2 = [(-0.1298462) + (-0.4784562) + (-0.1760846) + (-0.0062302) + (-0.1126317) + (-0.1889756) + (0.3587733) + (0.0564017) + (0.5286277) + (0.4050117) + (-0.1063735) + (-0.0819789)]^2 = 0.9186399627$$

(4.70c)

d) për Rt

$$S_R = \sum_{u=1}^N (Y_{eu} - Y_{empu})^2 = \sum_{u=1}^{12} (Y_{eu} - Y_{empu})^2 = [(-0.163575) + (-0.507904) + (-0.184294) + (-0.071706) + (-0.064137) + (-0.139061) + (0.4049643) + (0.0813542) + (0.5175549) + (0.4256840) + (-0.195293) + (-0.048737)]^2 = 1.0074820056$$

(4.70d)

e) Për TW

$$S_R = \sum_{u=1}^N (Y_{eu} - Y_{empu})^2 = \sum_{u=1}^{12} (Y_{eu} - Y_{empu})^2 = [(-0.68036) + (0.17187) + (0.09508) + (-0.13629) + (0.0183) + (0.02901) + (0.41324) + (0.49002) + (0.18186) + (-0.36221) + (-0.08718) - 0.26616]^2 = 1.17482$$

(4.70e)

f) Për MRR

$$S_R = \sum_{u=1}^N (Y_{eu} - Y_{empu})^2 = \sum_{u=1}^{12} (Y_{eu} - Y_{empu})^2 = [(-0.020996) + (-0.020996) + (-0.020996) + (-0.020997) + (-0.020997) + (-0.020997) + (-0.020997) + (-0.020997) + (-0.020995) + (-0.020996) + (-0.020997) + (-0.020997)]^2 = 0.005290384 \quad (4.70f)$$

Ndërsa shuma e katrorëve do të jetë:

a) për Ra

$$S_{LF} = S_R - S_E = 0.8587436 - 0.060900583 = 0.797843013 \quad (4.71a)$$

b) për Rz

$$S_{LF} = S_R - S_E = 0.74436988 - 0.048190792 = 0.696179088 \quad (4.71b)$$

c) për Rq

$$S_{LF} = S_R - S_E = 0.9186399627 - 0.066433609 = 0.8522063537 \quad (4.71c)$$

d) për Rt

$$S_{LF} = S_R - S_E = 1.0074820056 - 0.063966956 = 0.943515049 \quad (4.71d)$$

e) Për TW

$$S_{LF} = S_R - S_E = 1.17482 - 0.0796161 = 1.0952033 \quad (4.71e)$$

f) Për MRR

$$S_{LF} = S_R - S_E = 0.005290384 - 0.001763504 = 0.00352688 \quad (4.71f)$$

gjegjesisht, disperzioni:

a) për Ra

$$s_{LF}^2 = \frac{s_{LF}}{f_{LF}} = \frac{0.797843013}{5} = 0.1595686 \quad (4.72a)$$

b) për Rz

$$s_{LF}^2 = \frac{s_{LF}}{f_{LF}} = \frac{0.696179088}{5} = 0.1392358 \quad (4.72b)$$

c) për Rq

$$s_{LF}^2 = \frac{s_{LF}}{f_{LF}} = \frac{0.8522063537}{5} = 0.17044127 \quad (4.72c)$$

d) për Rt

$$s_{LF}^2 = \frac{s_{LF}}{f_{LF}} = \frac{0.943515049}{5} = 0.18870300 \quad (4.72d)$$

e) Për TW

$$s_{LF}^2 = \frac{s_{LF}}{f_{LF}} = \frac{1.0952033}{5} = 0.219041 \quad (4.72e)$$

f) Për MRR

$$s_{LF}^2 = \frac{s_{LF}}{f_{LF}} = \frac{0.00352688}{5} = 0.000705376 \quad (4.72f)$$

$$f_{LF} = f_R - f_E = N - k - 1 - (N_0 - 1) = 12 - 3 - 1 - 4 + 1 = 5 \quad (4.73)$$

Prandaj do të jetë:

a) për Ra

$$F_{RLF} = \frac{s_{LF}^2}{s_E^2} = \frac{0.1595686}{0.020300194} = 7.860447 \leq F_t = 9.01 \quad (4.74a)$$

b) për Rz

$$F_{RLF} = \frac{s_{LF}^2}{s_E^2} = \frac{0.1392358}{0.016063597} = 8.66778 \leq F_t \leq 9.01 \quad (4.74b)$$

c) për Rq

$$F_{RLF} = \frac{s_{LF}^2}{s_E^2} = \frac{0.17044127}{0.022144536} = 7.69676 \leq F_t \leq 9.01 \quad (4.74c)$$

d) për Rt

$$F_{RLF} = \frac{s_{LF}^2}{s_E^2} = \frac{0.18870300}{0.021322319} = 8.850023 \leq F_t \leq 9.01 \quad (4.74d)$$

e) Për TW

$$F_{RLF} = \frac{s_{LF}^2}{s_E^2} = \frac{1.0952033}{0.02654} = 8.253630589 \leq F_t \leq 9.01 \quad (4.74e)$$

f) Për MRR

$$F_{RLF} = \frac{s_{LF}^2}{s_E^2} = \frac{0.000705376}{0.000587834} = 1.1999578 \leq F_t \leq 9.01 \quad (4.74f)$$

ku është:

$F_t = 9.01$ – vlera tabelare e kriterit-F sipas [31], për nivelin e rëndësisë $\alpha=0.05$ dhe shkallët e lirisë ($f_{LF}=5$ dhe $f_E=3$).

Meqenëse të gjitha $F_{RLF} \leq F_t = 9.01$, mund të konstatohet se modeli matematikor empirik i zgjedhur është adekuat.

5.0. KUSHTET GJATË REALIZIMIT TË EKSPERIMENTIT

5.1. Materiali i ekzaminuar

Hulumtimet eksperimentale janë bërë në modelin e çelikut sipas standardit EN 1.0038 (EN 10250-2), Fig.5.1 me dimensione $B \times L \times H=100 \times 100 \times 10$ mm fig. 5.1. Karakteristikat kimike dhe mekanike të materialit të përpunuar janë dhënë në tabelën 5.1, në bazë të analizave të bëra në FABRIKËN E PAJIMEVE XEHETARE në Palaj me spektrometrin e tipit METOREX ARC-MET930. GMBH R3461, V6757/1/005, figura 5.2, dhe me aparatën për matjen e fortësisë të tipit KRAUTKRÄMER-MIC.10.DL, fig. 5.2. Rezultatet tregojnë që parametrat e fituar gjinden në kufijtë e lejuar sipas standardit (ISO-583) tabela 5.1.



Fig. 5.1 Materiali i copës së ekzaminuar



Fig. 5.2 Spektrometri.



Fig. 5.3 Aparati për matjen e fortësisë

Tabela 5.1. Karakteristikat kimike të çelikut EN 1.0038 (EN 10250-2)

| Përbërja kimike | | | | | |
|-----------------|-----------|-------|-----------|-------|-------|
| C[%] | Mn C[%] | S [%] | Cr[%] | Ni[%] | P[%] |
| 0.16-0.178 | 1.35-1.45 | 0.032 | 0.34-0.36 | 0.06 | 0.034 |

Vetitë mekanike të materialit EN 1.0038 (EN 10250-2) janë:

- Qëndrueshmëria në tërheqje: (380-510) [MPa],
- Fortësia: 240-250 [N/mm²].

5.2. Karakteristikat e makinës metalprerëse

Makina me të cilën u realizua eksperimenti hulumtues është makinë frezuese KNUTH X.mill 900 CNC në FSHTA Mitrovicë fig. 5.2.1.

Karakteristikat e makinës janë:

- Fuqia: P=10 [KW]
- dimensionet e tavolinës punuese: 950 x 550 mm
- zhvendosja gjatësore aksi-X:850 mm
- zhvendosja tërthore aksi-Y:550 mm
- zhvendosja vertikale:550 mm

- numri i rrotullimeve:8000 rr/min
- Hapi i shpejtë X.....24000 mm/min
- Hapi i shpejtë X.....24000 mm/min
- Hapi i shpejtë X.....24000 mm/min
- Hapi punues Y.....5-10000 mm/min
- Hapi punues Z.....5-12000 mm/min
- Hapi punues X.....5-10000 mm/min
- Hapi punues Y.....5-10000 mm/min
- Hapi punues Z.....5-12000 mm/min
- Numri i instrumenteve në depo.....24 copë
- Motori kryesor.....11/15 KW



Fig. 5.2.1 Makina CNC frezuese X.mill 900 KNUTH

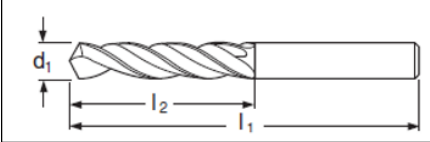

5.3. Instrumenti metalprerës

Për realizimin e eksperimentit janë përdorur puntot prej çeliku shpejtprerës HSS (High Speed Steel) DIN 338, A1211TiN, të veshura me shtresë TiN me shënimet e vendosura në tab. 5.3 1. Për të siguruar kushtet e njëjta fillestare për çdo eksperiment është përdorur puntotja e re (seti prej 3x4 punto të diametrave 8,10 dhe 12 mm) fig. 5.3.1.



Fig. 5.3.1 Seti i puntove të përdorura gjatë realizimit të eksperimentit

Tabla 5.3. 1. Të dhënat e instrumentit prerës

| |  |  | |
|---------|--|--|------------|
| DIN 338 | d_1 [mm] h8 | l_1 [mm] | l_2 [mm] |
| 1 | 8 | 117 | 75 |
| 2 | 10 | 133 | 87 |
| 3 | 12 | 151 | 101 |

5.4. Matja e ashpërsisë së sipërfaqes

Matja e parametrave të ashpërsisë së sipërfaqes është bërë me aparatit HADRON, SRT-6210.

Rezultatet e matura lexohen në mënyrë digjitale në LCD display-in. Leximi i parametrave të ashpërsisë bëhet njëkohësisht, ku në LCD paraqiten në mënyrë alternative parametrat R_a , R_z , R_q dhe R_t figura 5.3.1.

Zgjedhja e gjatësisë matëse është $l=0.8$ mm, me shpejtësi $V_t=0.135$ mm/s, e cila e përshkon maja shkruese.



Fig. 5.3.1. Aparati për matjen e ashpërsisë HADRON, SRT-6210

5.5 . Matja e konsumit të puntos

Matja e konsumit të puntos bëhet duke matur peshën e saj para dhe pas përfundimit të shpimit të llogaritur për njësi kohe.

Matja është bërë me peshore digjitale :**Ohaus Emerald JE**, modeli: **SPU123**, pesha matëse 120 g, saktësia e matjes 0,001 g.

5.6. Zgjedhja e regjimeve të prerjes

Para fillimit të realizimit të eksperimentit duhet të zgjidhen regjimet e prerjes dhe intervali i ndryshimit të tyre në modelin e zgjedhur matematikor. Zgjedhja e regjimeve bëhet në bazë të karakteristikave të materialit që përpunohet, materialit të instrumentit, makinës metalprerëse, qëllimit të eksperimentit dhe synimeve të tij.

Prandaj, në bazë të kësaj që u cek më lart dhe nevojave të prodhimit janë përvetësuar regjimet e prerjes të dhëna në tabelen 5.5.1 ku gjatë zgjedhjes së intervalit të ndryshimit të madhësive është tentuar që të plotësohet kushti i nevojshëm :

$$X_i^2 = X_{min} \cdot X_{max}$$

Tabela 5.5.1 Regjimet e përpunimit për ashpërsinë R , konsumin TW dhe MRR [32]

| Niveli i eksperimentit, pozita e madhësisë së pavarur | Shpejtësia | Hapi | Diametri i puntos | Kodi i madhësisë së normuar | | |
|---|------------|-----------|-------------------|-----------------------------|----------------|----------------|
| | V [m/min] | f [mm/rr] | d [mm] | X ₁ | X ₂ | X ₃ |
| Niveli minimal | 15 | 0.1 | 8 | -1 | -1 | -1 |
| Niveli mesatar | 20 | 0.175 | 10 | 0 | 0 | 0 |
| Niveli maksimal | 25 | 0.3 | 12 | +1 | +1 | +1 |

6.0. REZULTATET EKSPERIMENTALE

Vlerat e matura eksperimentale të ashpërsisë së sipërfaqes së përpunuar (R), konsumit të instrumentit (TW) dhe shpejtësisë së largimit të ashklës (MRR) për çelikun EN 1.0038 (EN 10250-2 me aplikimin e puntovë prej çeliku shpejtprerës të veshura me shtresë TiC janë dhënë në tabelën 6.1, 6.2 dhe 6.3.

Tabela 6.1 Vlerat e matura eksperimentale për ashpërsinë e sipërfaqes R

| PLANI EKSPERIMENTAL I RENDIT TË PARË ME TRE FAKTORË | | | | | | | |
|---|-----------------------|-----------|--------|---------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Nr. | NDRYSHORET E PAVARURA | | | VLERAT EKSPERIMENTALE TE MATURA | | | |
| | v_c (m/min) | f (mm/rr) | d (mm) | Ra [μ m] | Rz [μ m] | Rq [μ m] | Rt [μ m] |
| 1 | 25 | 0.1 | 12 | 2.425 | 9.584 | 2.562 | 17.464 |
| 2 | 15 | 0.3 | 12 | 4.232 | 15.814 | 4.525 | 30.426 |
| 3 | 25 | 0.3 | 8 | 3.241 | 12.324 | 3.524 | 26.486 |
| 4 | 15 | 0.1 | 8 | 3.564 | 12.835 | 3.984 | 25.253 |
| 5 | 20 | 0.175 | 10 | 3.582 | 13.342 | 3.823 | 28.482 |
| 6 | 20 | 0.175 | 10 | 3.322 | 14.612 | 3.542 | 26.426 |
| 7 | 15 | 0.1 | 12 | 5.826 | 21.041 | 6.453 | 44.625 |
| 8 | 25 | 0.1 | 8 | 2.542 | 9.132 | 2.745 | 20.336 |
| 9 | 25 | 0.3 | 12 | 7.321 | 26.336 | 8.017 | 58.624 |
| 10 | 15 | 0.3 | 8 | 8.824 | 31.934 | 9.736 | 70.542 |
| 11 | 20 | 0.175 | 10 | 3.501 | 12.734 | 3.847 | 24.981 |
| 12 | 20 | 0.175 | 10 | 3.614 | 13.021 | 3.942 | 28.924 |

Tabela 6.2 Vlerat e matura eksperimentale për konsumin e puntos TW

| PLANI EKSPERIMENTAL I RENDIT TË PARË ME TRE FAKTORË | | | | |
|---|-----------------------|-----------|--------|---------------------------------|
| Nr. | NDRYSHORET E PAVARURA | | | VLERAT EKSPERIMENTALE TE MATURA |
| | v_c (m/min) | f (mm/rr) | d (mm) | TW [g/min] |
| 1 | 25 | 0.1 | 12 | 0.0828 |
| 2 | 15 | 0.3 | 12 | 0.2388 |
| 3 | 25 | 0.3 | 8 | 0.3104 |
| 4 | 15 | 0.1 | 8 | 0.0912 |
| 5 | 20 | 0.175 | 10 | 0.1858 |
| 6 | 20 | 0.175 | 10 | 0.1878 |
| 7 | 15 | 0.1 | 12 | 0.1668 |
| 8 | 25 | 0.1 | 8 | 0.2528 |
| 9 | 25 | 0.3 | 12 | 0.3574 |
| 10 | 15 | 0.3 | 8 | 0.1326 |
| 11 | 20 | 0.175 | 10 | 0.1672 |
| 12 | 20 | 0.175 | 10 | 0.1398 |

Tabela 6.3 Vlerat e matura eksperimentale për shpejtësinë e largimit të materialit MRR

| PLANI EKSPERIMENTAL I RENDIT TË PARË ME TRE FAKTORË | | | | |
|---|-----------------------|-------------|----------|------------------------------------|
| Nr. | NDRYSHORET E PAVARURA | | | VLERAT EKSPERIMENTALE TE MATURA |
| | v_c (m/min) | f (mm/rr) | d (mm) | MRR [mm ³ /min] |
| 1 | 25 | 0.1 | 12 | 7500 |
| 2 | 15 | 0.3 | 12 | 13500 |
| 3 | 25 | 0.3 | 8 | 15000 |
| 4 | 15 | 0.1 | 8 | 3000 |
| 5 | 20 | 0.175 | 10 | 8750 |
| 6 | 20 | 0.175 | 10 | 8750 |
| 7 | 15 | 0.1 | 12 | 4500 |
| 8 | 25 | 0.1 | 8 | 5000 |
| 9 | 25 | 0.3 | 12 | 22500 |
| 10 | 15 | 0.3 | 8 | 9000 |
| 11 | 20 | 0.175 | 10 | 8750 |

Llogaritja e koeficientëve dhe e konstantes së modelit matematikor të ashpërsisë së sipërfaqes së përpunuar, konsumit të puntos dhe shpejtësisë së largimit të ashklës është bërë në kapitullin 4.0 dhe janë fituar modelet empirike matematikore të formës eksponenciale 6.1 deri 6.6:

$$R_a = C_{Ra} \cdot v^{p_v} \cdot f^{p_f} \cdot d^{p_d} = 46.56663145 \cdot v^{-0.816302332} \cdot f^{0.440279} \cdot d^{0.323327} \quad (6.1)$$

$$R_z = C_{Rz} \cdot v^{p_v} \cdot f^{p_f} \cdot d^{p_d} = 135.6248917 \cdot v^{-0.767801366} \cdot f^{0.440674981} \cdot d^{0.36946459} \quad (6.2)$$

$$R_q = C_{Rq} \cdot v^{p_v} \cdot f^{p_f} \cdot d^{p_d} = 60.63243106 \cdot v^{-0.851831356} \cdot f^{0.439010237} \cdot d^{0.289186856} \quad (6.3)$$

$$R_t = C_{Rt} \cdot v^{p_v} \cdot f^{p_f} \cdot d^{p_d} = 363.3431523 \cdot v^{-0.723560347} \cdot f^{0.482310785} \cdot d^{0.22857257} \quad (6.4)$$

$$TW = C_{TW} \cdot v^{p_v} \cdot f^{p_f} \cdot d^{p_d} = 0.034627 \cdot v^{0.769798} \cdot f^{0.546326435} \cdot d^{0.13371} \quad (6.5)$$

$$MRR = C_{MRR} \cdot v^{p_v} \cdot f^{p_f} \cdot d^{p_d} = 255.3046531 \cdot v^1 \cdot f^{0.999999} \cdot d^{0.999999} \quad (6.6)$$

Për funksionet e fituara eksponenciale 6.1 deri 6.6 është bërë vizatimi i diagrameve 2D të cilat janë paraqitur në figurat (1.1-1.48 deri 6.1-6.48) në shtojcën I dhe vizatimet e diagrameve 3D janë paraqitur në fig. (11.-1.9 deri 6.1-6.9) në shtojcën II.

7.0. ANALIZA DHE VLERËSIMI I REZULTATEVE TË FITUARA

Në bazë të shqyrtimeve teorike të shtjelluara, eksperimentit të planifikuar dhe të zbatuar, të karakteristikave të zgjedhura të parametrave hyrës të sistemit përpunues, metodës matëse, modeleve matematikore të aplikuara, metodologjisë së përpunimit të të dhënave, verifikimit të modeleve të aplikuara vihet deri te definimi i parametrave dalës të sistemit - ashpërsisë së sipërfaqes së përpunuar R_a , R_z , R_q , R_t , konsumit të instrumentit TW dhe shkallës (shpejtësisë) së largimit të ashklës MRR, si dhe shkallës së ndikimit të parametrave hyrës të pavarur si; shpejtësisë së prerjes (v_c), hapi (f) dhe diametrit të puntos (d).

Siç shihet nga analiza disperzive e zbatuar në kapitullin 4 (tab. 4.6a, b, c, d, e dhe f) si dhe ekuacionet e fituara (4.68 a, b, c, d, e dhe f) që të gjithë parametrat e modelit

matematikor e plotësojnë kushtin $F_{Ri} = \frac{S_i^2}{S^2_E} \geq F_i = 10.13$, çka d.m.th., se të gjithë parametrat hyrës të ndryshueshëm (v_c , f dhe d) janë signifikant (rëndësishëm).

Gjithashtu, nga analiza dispersive mund të konstatohet se modeli empirik i zgjedhur i formës eksponenciale është adekuat pasi plotësohet kushti $F_{R_{LF}} \leq F_i = 9.01$.

Nga analiza e modeleve matematikore të fituara në kapitullin 6.0 (ekuacionet 6.1 deri 6.6) dhe paraqitjes grafike 2D figurat 1.1 deri 6.18 në shtojcën I dhe paraqitjet grafike 3D figura 1.1 deri 6.9 shtojca II , shihet se ndikimin më të madh në funksionet e parashikuara e ka parametrik hyrës i pavarur:

R_a - shpejtësia e prerjes v_c (-0.816), mandej hapi prerës f (0.44) dhe diametri i puntos d (0.323)

R_z - shpejtësia e prerjes v_c (-0.768), mandej diametri i puntos d (0.44) dhe hapi prerës f (0.369).

R_q - shpejtësia e prerjes v_c (-0.852), mandej hapi prerës f (0.439) dhe diametri i puntos d (0.289)

R_t – shpejtësia e prerjes v_c (-0.724), mandej hapi prerës f (0.482) dhe diametri i puntos d (0.228).

TW- shpejtësia e prerjes v_c (-0.77), mandej hapi prerës f (0.546) dhe diametri i puntos d (0.134).

$$MRR = C_{MRR} \cdot v^{p_v} \cdot f^{p_f} \cdot d^{p_d} = 255.3046531 \cdot v^{-0.77} \cdot f^{0.546} \cdot d^{0.134}$$

MRR- Shpejtësia e prerjes v_c (1), mandej hapi prerës f (1) dhe diametri i puntos d (1), d.m.th. parametrat e pavarur kanë ndikim të barabartë.

Treguesit eksponencial me parashenjë pozitive tregojnë se me rritjen e parametrat gjegjës rritet ashpërsia e sipërfaqes së përpunuar ndërsa treguesit me parashenjë negative tregojnë se me rritjen e parametrat përkatës ashpërsia zvogëlohet.

8.0. PËRFUNDIM

Në bazë të hulumtimeve të nevojshme teorike dhe eksperimentale laboratorike, të kryera dhe rezultateve të fituara mund të nxirren këto konstatime:

- Përpunueshmërinë e materialit nuk e përcakton një kriter i vetëm universal, por disa kritere parciale të përpunueshmërisë.
- Përpunueshmëria është aq më e mirë, sa më shumë kritere ose funksione të përpunueshmërisë të kenë arritur ndikim më të madh pozitiv.
- Analiza statistikore e modeleve matematikore, vërteton zgjedhjen e drejtë të formës eksponenciale të funksioneve me të cilat përshkruhen dukuritë e hulumtuara fizike të procesit me heqje ashkle.
- Ndryshimi i parametrave të pavarur të regjimit të përpunimit kanë ndikim të ndryshëm në dukuritë fizike të procesit me heqje ashkle konkretisht në ashpërsinë e sipërfaqes së përpunuar (R), konsumin e instrumentit (TW) si dhe në shpejtësinë e largimit të ashklës (MRR) , ku në përgjithësi shpejtësia e prerjes ka ndikimin më të madh prej të gjithë faktorëve të pavarur të ndryshueshëm, mandej vie hapi prerës dhe diametri i instrumentit prerës (puntos).

Optimalizimi i procesit të përpunimit me prerje në kuptimin e plotë mund të arrihet vetëm në rast se është i njohur modeli matematikor i përpunueshmërisë nga parametrat hyrës të pavarur..

9.0. LITERATURA

- [1] Stephenson, David A. : Metal cutting theory and practice, Second edition, CRC Press, Boca Raton, 2006.
- [2] Cebalo, Roko: Obrada odvajanjem čestica (Podsjetnik za ispit), FSB, Zagreb, 1996.
- [3] Ekinović, S. : Obrada rezanjem, Dom štampe, Zenica, 2001.
- [4] Škorić, Stephan: Istraživanje pogodnosti obrade ortogonalnim okruglim glodanjem, Doktorska dizertacija, FSB, Zagreb, 2002.
- [5] N. Qehaja, Hulumti i besueshmërisë së pistonetës së amortizatorit, FIM, Prishtinë, 2006.
- [6] Šavar, Šime: Obrada odvajanjem čestica, I dio, Sveučilišna naklada Liber, Zagreb, 1977.
- [7] <http://www.fsb.hr/kas>, Pristupljeno 14.02.2011.
- [8] Stanić J., Kalajdžić M., Kovačević R. : Merna tehnika u tehnologiji obrade metala rezanjem, IRO Građevinska knjiga, Beograd 1983.
- [9] Škorić, Stephan: Modeliranje funkcija obradivosti (predavanja), Zagreb, 2007.
- [10] V. Marinov, Manufacturing Technology-Tool Wear and Tool Life, <http://www.coursehero.com/>
- [11] G. Schneider_Cutting-Tool-Applications
- [12] Machines_Fundamentals-[httpwww.staff.zu.edu.eg](http://www.staff.zu.edu.eg)
- [13] F.Klocke, Manufacturing Processes 1 Cutting, RWTH Aachen University. www.springer.com
- [14] Metal_cutting_Procesess
- [15] http://msinka.blogspot.com/2012_01_01_archive.html
- [16] <http://fs-server.uni-b.si/si/inst/iko/lsek/Gradivo/Kvaliteta%20povr%C5%A1in.pdf>
- [17] Basic Components & Elements of Surface Topography, http://www.dphu.org/uploads/attachements/books/books_2958_0.pdf.
- [18] http://ww.dpm.ftn.uns.ac.rs/dokumenti/Laboratorija_TO/Nanotehnologije/Nano%20%20Morfologija%20povrsine.pdf.
- [19] https://cabline1.files.wordpress.com/2014/10/priprema_7.pdf
- [20] https://www.fsb.unizg.hr/elemstroj/pdf/design/2007/hrapavost_tehnickih_povrsina.pdf
- [21] http://www.riteh.uniri.hr/zav_katd_sluz/zvd_kons_stroj/nas/LabVjezbe_A/Download/Lab_vj_hrapavost_slike.pdf

- [22] <http://masinskagrupa.com/wp-content/uploads/2016/08/9-Mjerenje-hrapavosti-povr%C5%A1ina.pdf>
- [23] http://user.engineering.uiowa.edu/~mie032/Lectures/17_Surface_Roughness_and_Machining_Symbols_full.pdf
- [24] T-W. Hwang, Analysis of Surface Quality in Machining of Metals and Advanced Ceramics, Phd, University of Maryland, Harvard University, and Industry, 1992.
- [25] B. Križan, S. Zelenika, Konstrukcijski elementi I", Tehnički fakultet Rijeka,2011.
- [26] https://us.misumi-ec.com/pdf/tech/mold/09_mo1517.pdf
- [27] Jelena S.; Osnovi merne tehnike, metode planiranja eksperimenta, Fakultet Tehnickih Nauka, N. Sad, 1982.
- [28] Stanic, J. Metod Inzenjerijskih merenja,Masinski Fakultet, Beograd, 1990
- [29] Kishen “On latin and Hyper- Greco-Latin Cubes and Hypercubes” (1949).
- [30] N. Qehaja, K. Jakupi, A. Bunjaku, M. Brući, H. Osmani, Effect of Machining Parameters and Machining Time on Surface Roughness in Dry Turning Process, 25th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation, DAAAM, 2014, Procedia Engineering 100 (2015) 135 – 140, www.sciencedirect.com
- [31] <https://web.math.pmf.unizg.hr/~amimica/files/f.pdf>
- [32] F. Zhujani, N. Qehaja, F. Abdullahu*, M. Brući, Mathematical modelling of surface roughness for evaluating the effects of cutting parameters in drilling process,27th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation, DAAAM, 2016, Procedia Engineering 100 (2015) 135 – 140, www.sciencedirect.com

S H T O J C A I

$$R_a = C_{Ra} \cdot v^{p_v} \cdot f^{p_f} \cdot d^{p_d} = 46.56663145 \cdot v^{-0.816302332} \cdot f^{0.440279} \cdot d^{0.323327}$$

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------|-------|-------|-------|
| | 15 | 20 | 25 |
| d=8 [mm] | 3.629 | 2.869 | 2.391 |
| d=10 [mm] | 3.900 | 3.084 | 2.570 |
| d=12 [mm] | 4.137 | 3.271 | 2.726 |

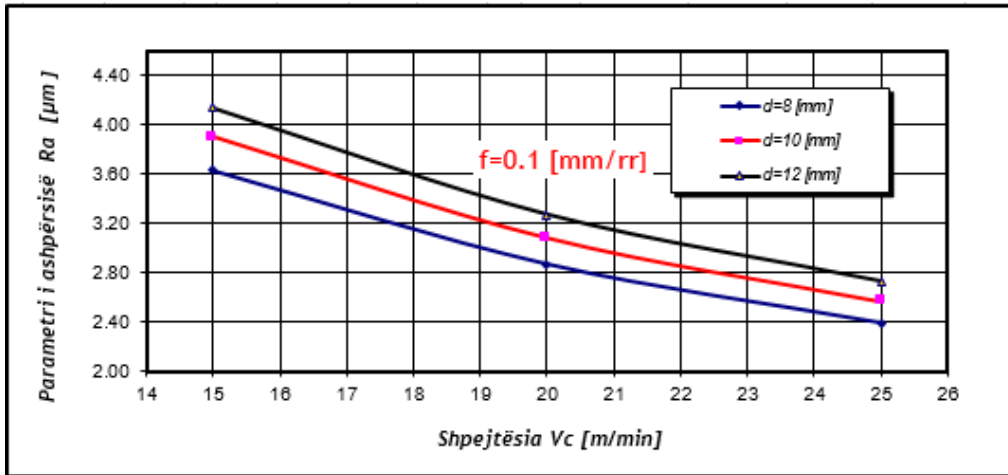


Fig. 1.1 Varësia e Ra prej shpejtësisë së prerjes dhe diametrit të puntos, për hapin f_{min}

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------|-------|-------|-------|
| | 15 | 20 | 25 |
| d=8 [mm] | 4.642 | 3.671 | 3.060 |
| d=10 [mm] | 4.990 | 3.945 | 3.288 |
| d=12 [mm] | 5.293 | 4.185 | 3.488 |

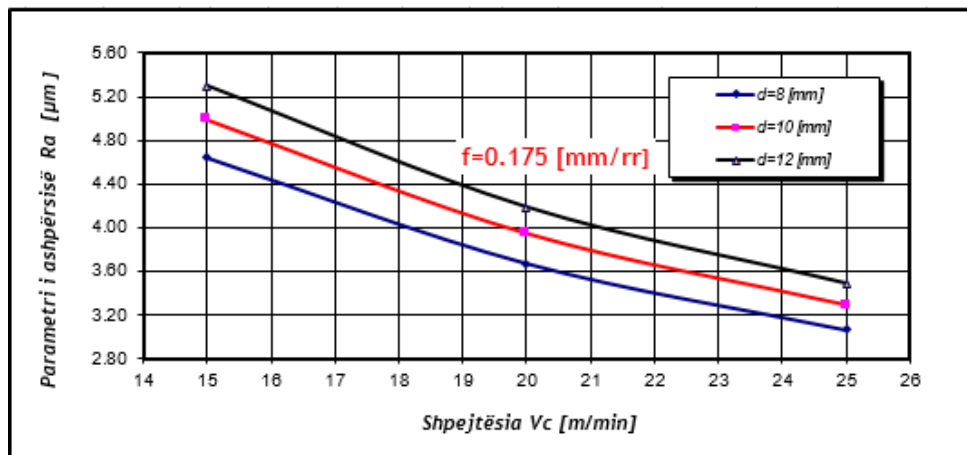


Fig. 1.2 Varësia e Ra prej shpejtësisë së prerjes dhe diametrit të puntos, për hapin f_{mes}

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------|-------|-------|-------|
| | 15 | 20 | 25 |
| d=8 [mm] | 5.886 | 4.654 | 3.879 |
| d=10 [mm] | 6.326 | 5.002 | 4.169 |
| d=12 [mm] | 6.710 | 5.306 | 4.422 |

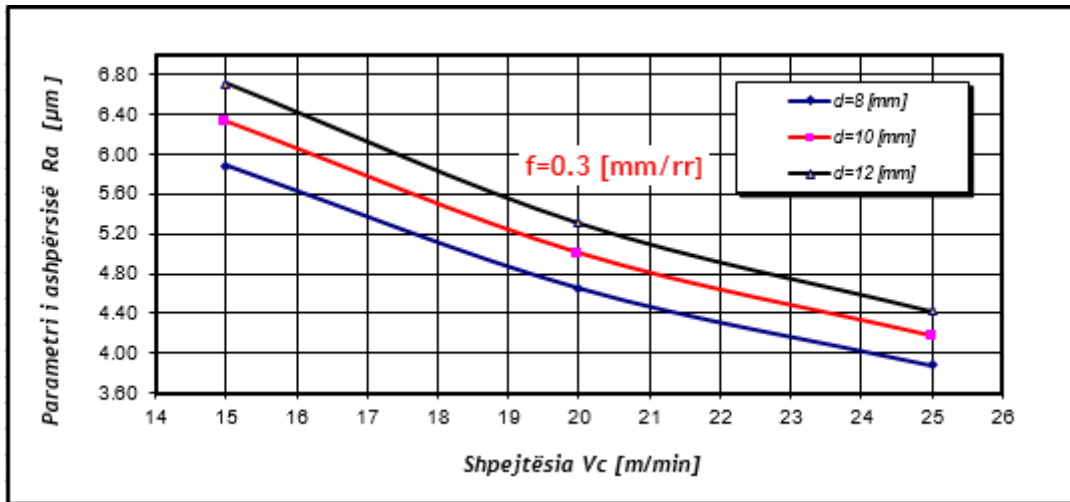


Fig. 1.3 Varësia e Ra prej shpejtësisë së prerjes dhe diametrit të puntos, për hapin f_{max}

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------------|-------|-------|-------|
| | 15 | 20 | 25 |
| f=0.1 [mm/rr] | 3.629 | 2.869 | 2.391 |
| f=0.175 [mm/rr] | 4.642 | 3.671 | 3.060 |
| f=0.3 [mm/rr] | 5.886 | 4.654 | 3.879 |

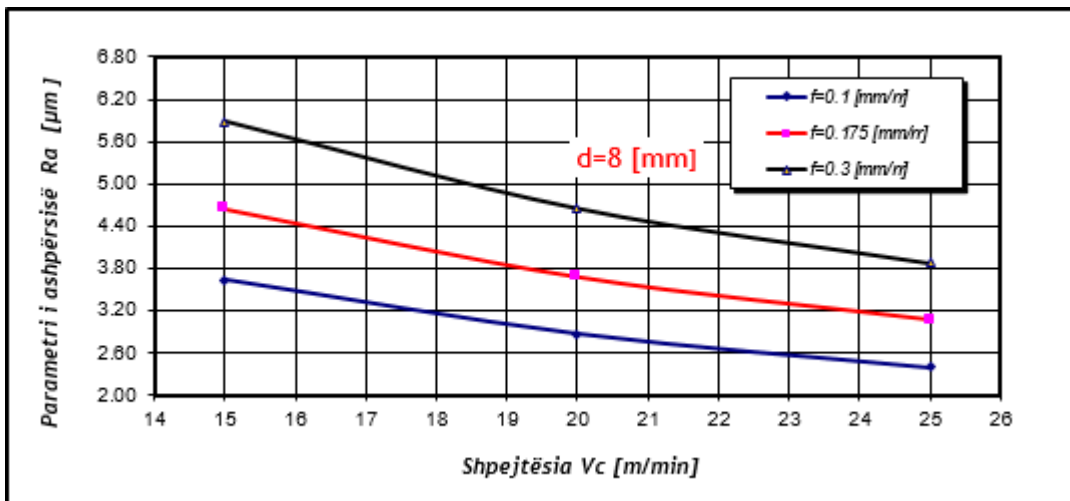


Fig.1.4 Varësia e Ra prej shpejtësisë së prerjes dhe hapit punues, për diametrin e puntos d_{min}

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------------|-------|-------|-------|
| | 15 | 20 | 25 |
| f=0.1 [mm/rr] | 3.900 | 3.084 | 2.570 |
| f=0.175 [mm/rr] | 4.990 | 3.945 | 3.288 |
| f=0.3 [mm/rr] | 6.326 | 5.002 | 4.169 |

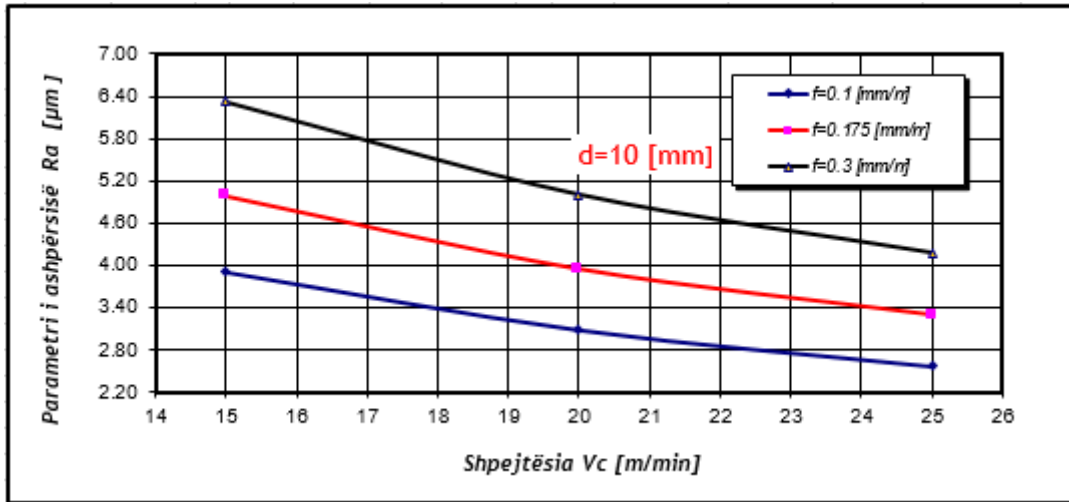


Fig. 1.5 Varësia e Ra prej shpejtësisë së prerjes dhe hapit punues, për diametrin e puntos d_{mes}

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------------|-------|-------|-------|
| | 15 | 20 | 25 |
| f=0.1 [mm/rr] | 4.137 | 3.271 | 2.726 |
| f=0.175 [mm/rr] | 5.293 | 4.185 | 3.488 |
| f=0.3 [mm/rr] | 6.710 | 5.306 | 4.422 |

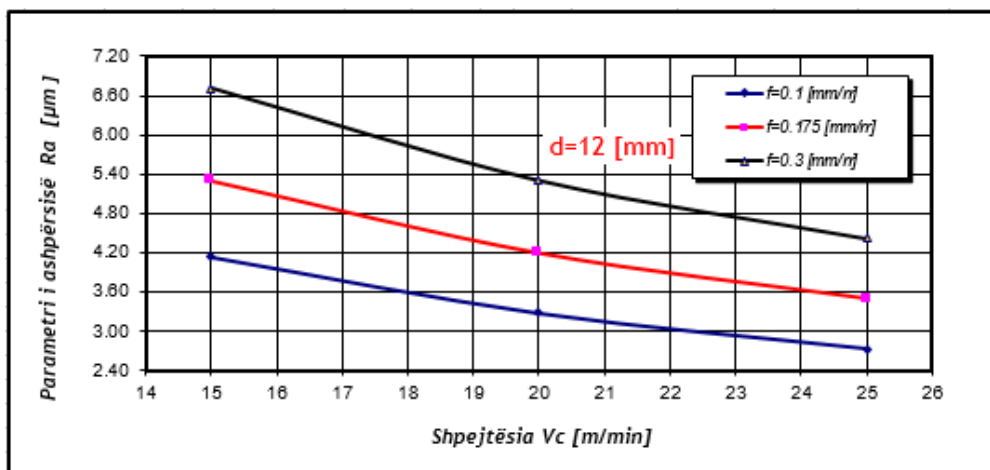


Fig. 1.6 Varësia e Ra prej shpejtësisë së prerjes dhe hapit punues, për diametrin e puntos d_{max}

| | fmin | fmes | fmax |
|--------------|-------|-------|-------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| V=15 [m/min] | 3.629 | 4.642 | 5.886 |
| V=20 [m/min] | 2.869 | 3.671 | 4.654 |
| V=25 [m/min] | 2.391 | 3.060 | 3.879 |

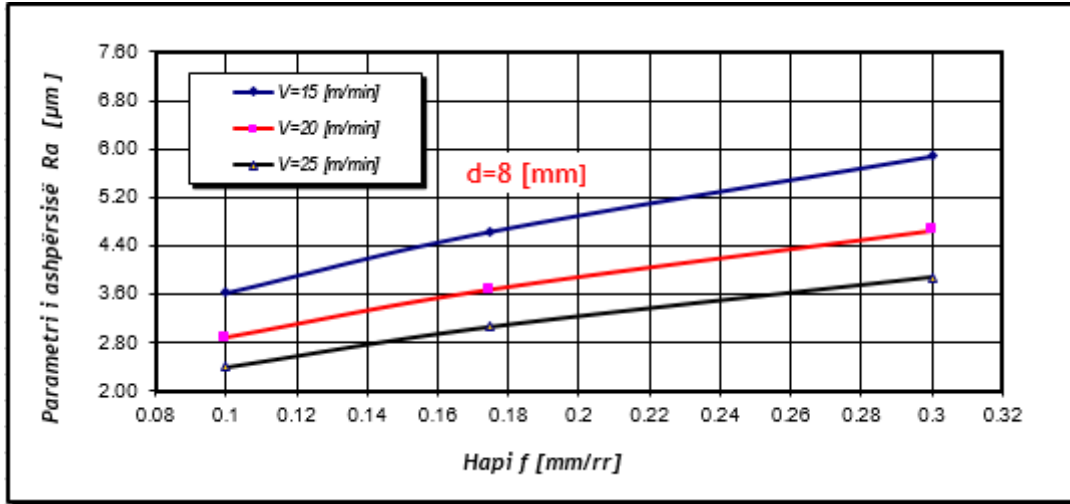


Fig. 1.7 Varësia e Ra prej hapit punues dhe shpejtësisë së prerjes, për diametrin e puntos d_{min}

| | fmin | fmes | fmax |
|--------------|-------|-------|-------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| V=15 [m/min] | 3.900 | 4.990 | 6.326 |
| V=20 [m/min] | 3.084 | 3.945 | 5.002 |
| V=25 [m/min] | 2.570 | 3.288 | 4.169 |

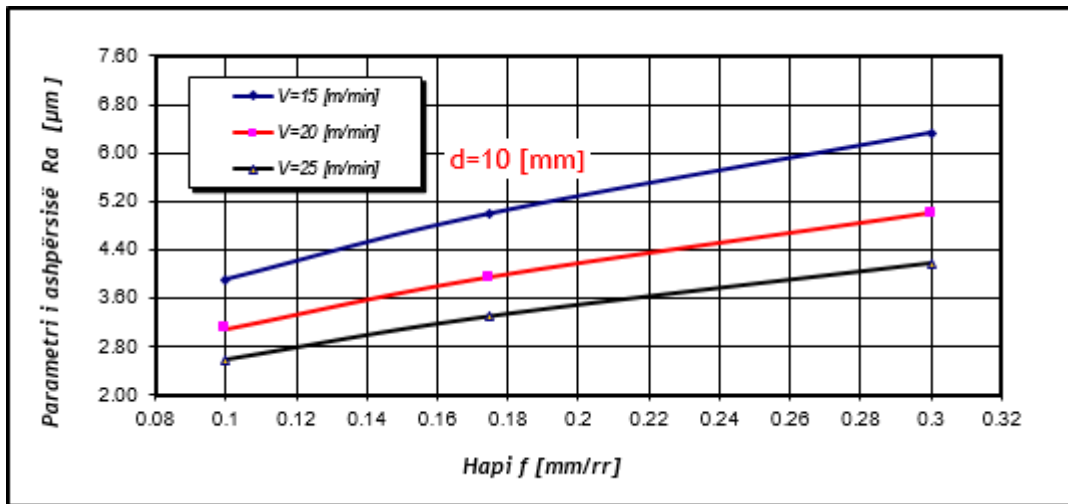


Fig. 1.8 Varësia e Ra prej hapit punues dhe shpejtësisë së prerjes, për diametrin e puntos d_{mes}

| | fmin | fmes | fmax |
|--------------|-------|-------|-------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| V=15 [m/min] | 4.137 | 5.293 | 6.710 |
| V=20 [m/min] | 3.271 | 4.185 | 5.306 |
| V=25 [m/min] | 2.726 | 3.488 | 4.422 |

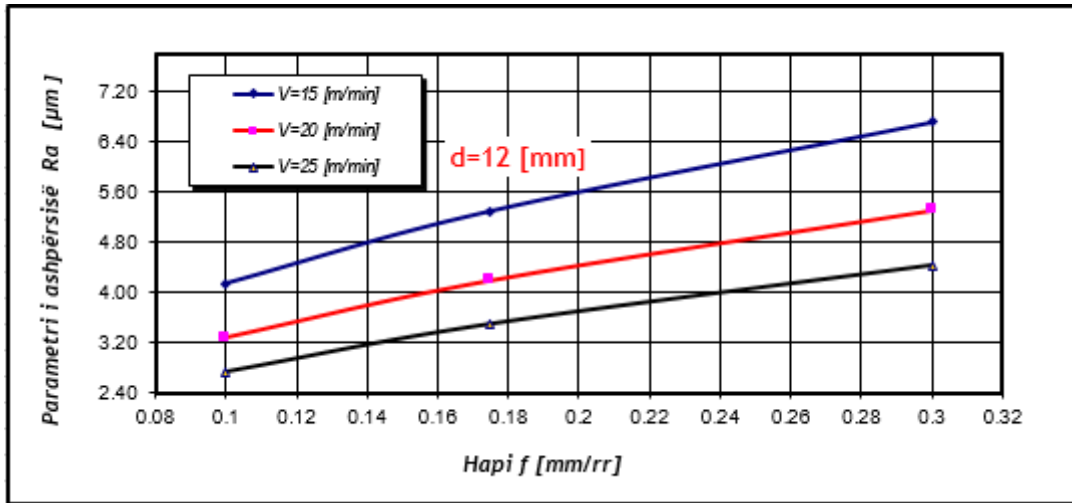


Fig. 1.9 Varësia e Ra prej hapit punues dhe shpejtësisë së prerjes, për diametrin e puntos d_{max}

| | fmin | fmes | fmax |
|-----------|-------|-------|-------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| d=8 [mm] | 3.629 | 4.642 | 5.886 |
| d=10 [mm] | 3.900 | 4.990 | 6.326 |
| d=12 [mm] | 4.137 | 5.293 | 6.710 |

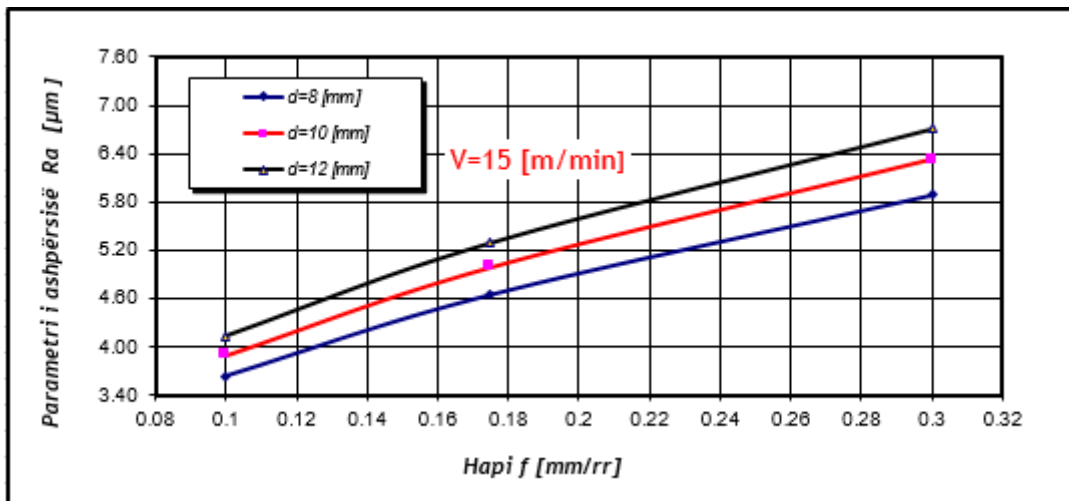


Fig. 1.10 Varësia e Ra prej hapit punues dhe diametrin për shpejtësinë e prerjes V_{min}

| | fmin | fmes | fmax |
|-----------|-------|-------|-------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| d=8 [mm] | 2.869 | 3.671 | 4.654 |
| d=10 [mm] | 3.084 | 3.945 | 5.002 |
| d=12 [mm] | 3.271 | 4.185 | 5.306 |

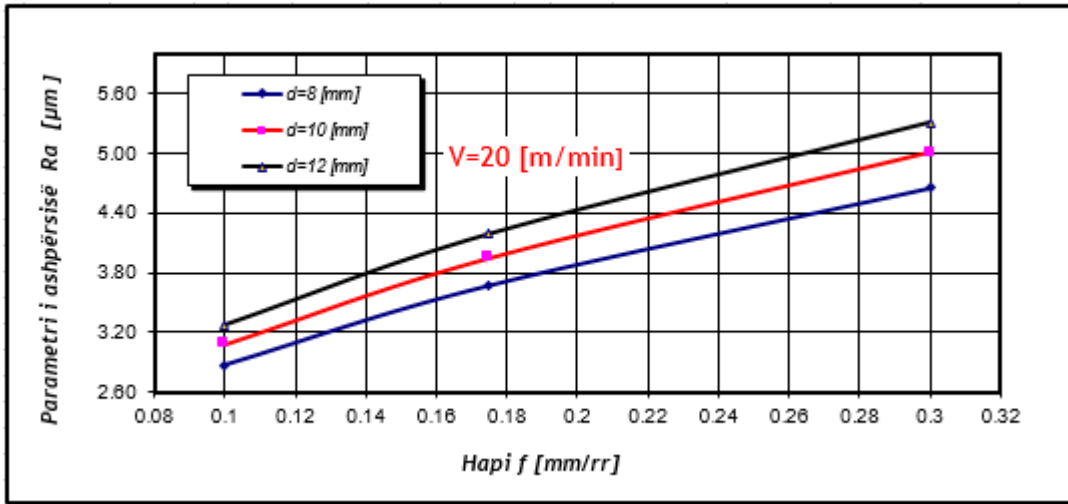


Fig. 1.11 Varësia e Ra prej hapit punues dhe diametrit për shpejtësinë e prerjes V_{cmes}

| | fmin | fmes | fmax |
|-----------|-------|-------|-------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| d=8 [mm] | 2.391 | 3.060 | 3.879 |
| d=10 [mm] | 2.570 | 3.288 | 4.169 |
| d=12 [mm] | 2.726 | 3.488 | 4.422 |

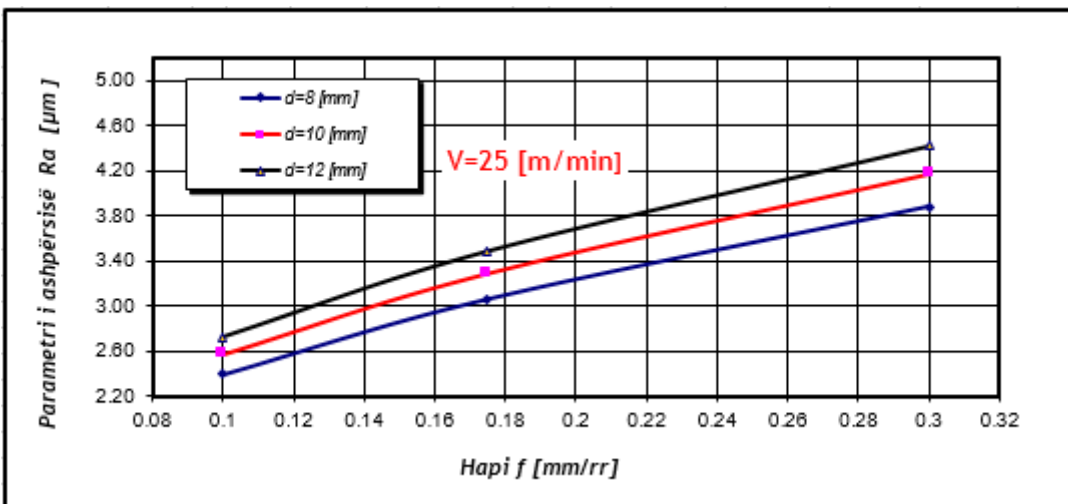


Fig. 1.12 Varësia e Ra prej hapit punues dhe diametrit për shpejtësinë e prerjes V_{cmax}

| | dmin | dmes | dmax |
|-----------------|-------|-------|-------|
| | 8 | 10 | 12 |
| f=0.1 [mm/rr] | 3.629 | 3.900 | 4.137 |
| f=0.175 [mm/rr] | 4.642 | 4.990 | 5.293 |
| f=0.3 [mm/rr] | 5.886 | 6.326 | 6.710 |

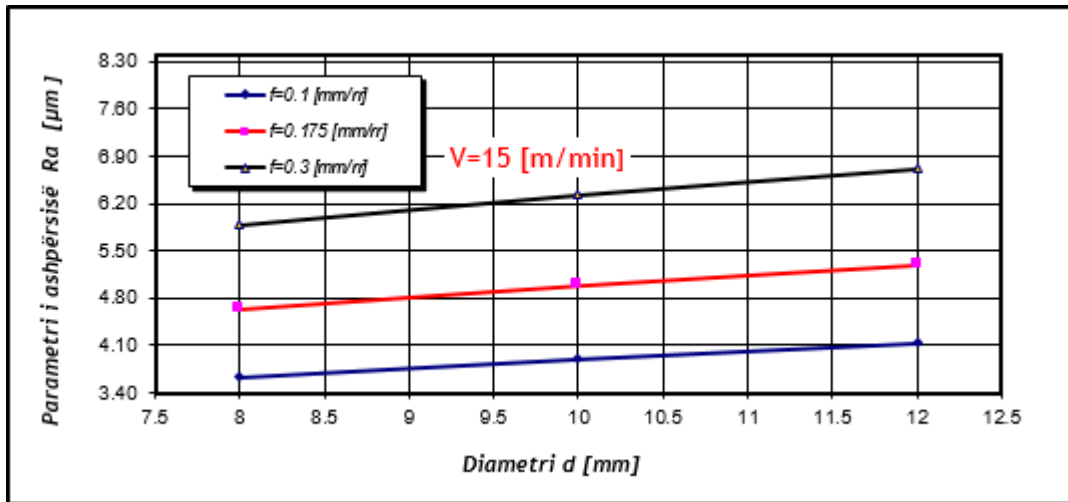


Fig. 1.13 Varësia e Ra prej diametrit dhe hapit punues për shpejtësinë e prerjes V_{cmin}

| | dmin | dmes | dmax |
|-----------------|-------|-------|-------|
| | 8 | 10 | 12 |
| f=0.1 [mm/rr] | 2.869 | 3.084 | 3.271 |
| f=0.175 [mm/rr] | 3.671 | 3.945 | 4.185 |
| f=0.3 [mm/rr] | 4.654 | 5.002 | 5.306 |

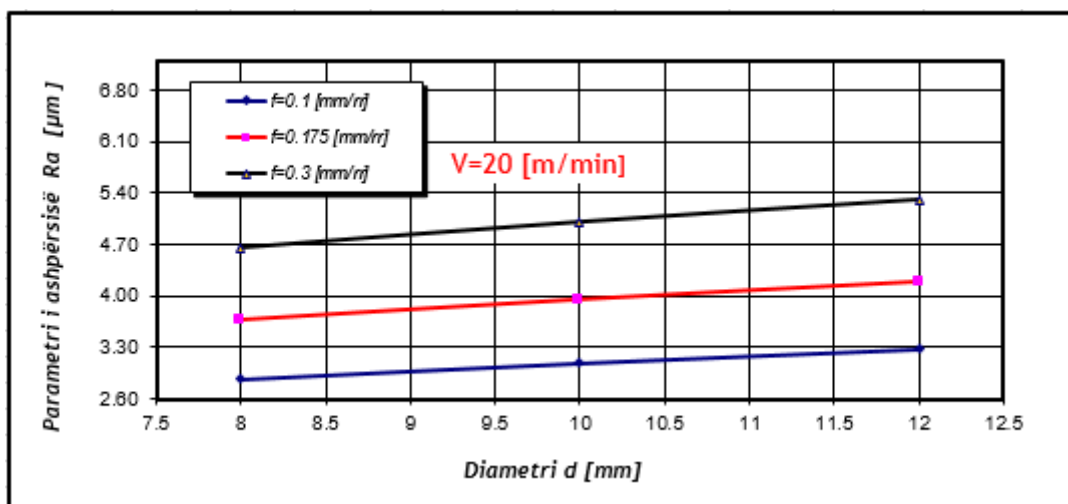


Fig. 1.14 Varësia e Ra prej diametrit dhe hapit punues për shpejtësinë e prerjes V_{cmes}

| | dmin | dmes | dmax |
|-----------------|-------|-------|-------|
| | 8 | 10 | 12 |
| f=0.1 [mm/rr] | 2.391 | 2.570 | 2.726 |
| f=0.175 [mm/rr] | 3.060 | 3.288 | 3.488 |
| f=0.3 [mm/rr] | 3.879 | 4.169 | 4.422 |

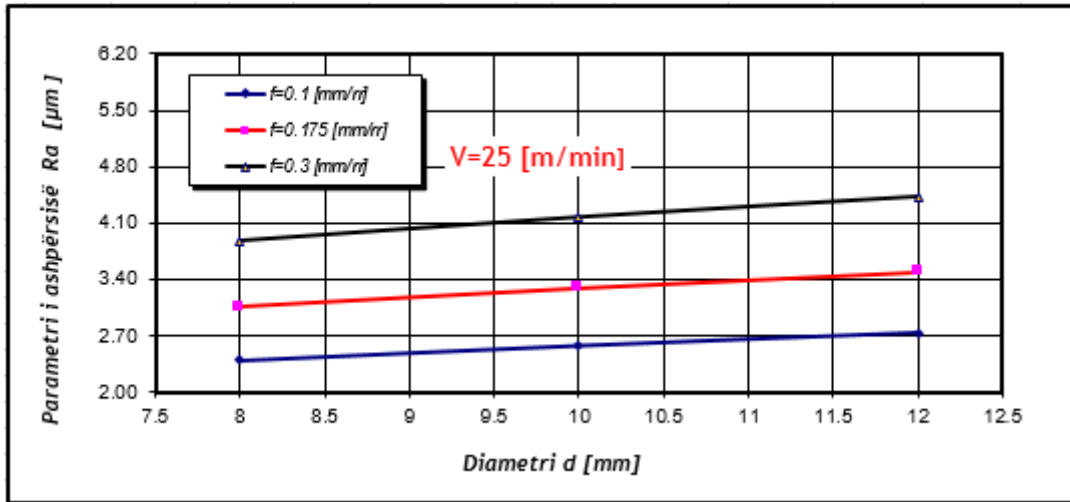


Fig. 1.15 Varësia e Ra prej diametrit dhe hapit punues për shpejtësinë e prerjes V_{cmax}

| | dmin | dmes | dmax |
|--------------|-------|-------|-------|
| | 8 | 10 | 12 |
| V=15 [m/min] | 3.629 | 3.900 | 4.137 |
| V=20 [m/min] | 2.869 | 3.084 | 3.271 |
| V=25 [m/min] | 2.391 | 2.570 | 2.726 |

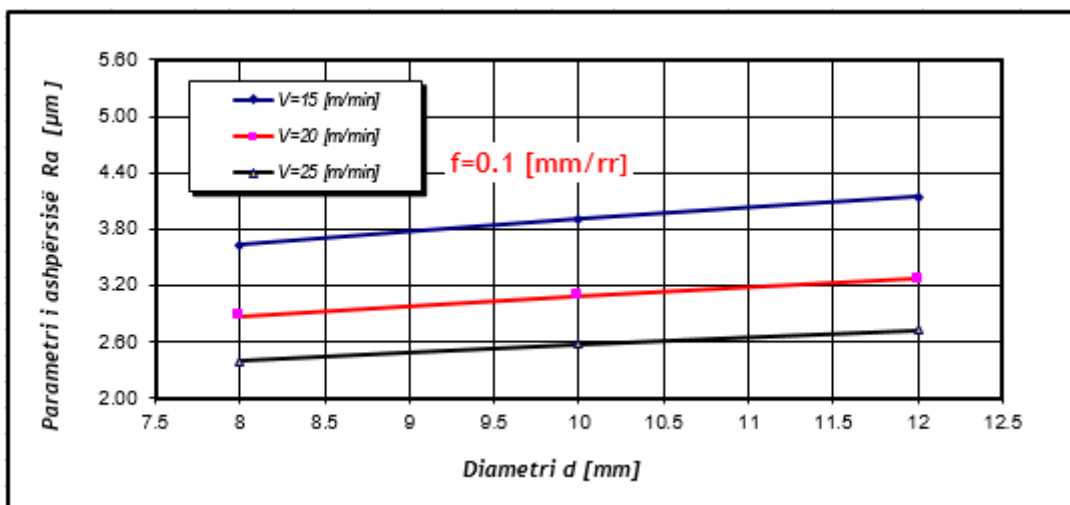


Fig. 1.16 Varësia e Ra prej diametrit dhe shpejtësisë së prerjes, për hapin punues f_{min}

| | dmin | dmes | dmax |
|--------------|-------|-------|-------|
| | 8 | 10 | 12 |
| V=15 [m/min] | 4.642 | 4.990 | 5.293 |
| V=20 [m/min] | 3.671 | 3.945 | 4.185 |
| V=25 [m/min] | 3.060 | 3.288 | 3.488 |

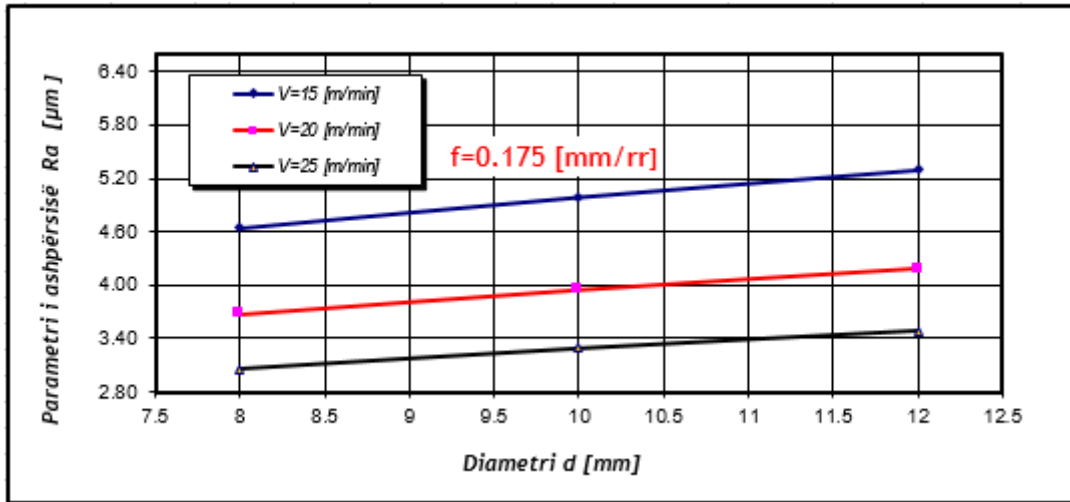


Fig. 1.17 Varësia e Ra prej diametrit dhe shpejtësisë së prerjes, për hapin punues f_{mes}

| | dmin | dmes | dmax |
|--------------|-------|-------|-------|
| | 8 | 10 | 12 |
| V=15 [m/min] | 5.886 | 6.326 | 6.710 |
| V=20 [m/min] | 4.654 | 5.002 | 5.306 |
| V=25 [m/min] | 3.879 | 4.169 | 4.422 |

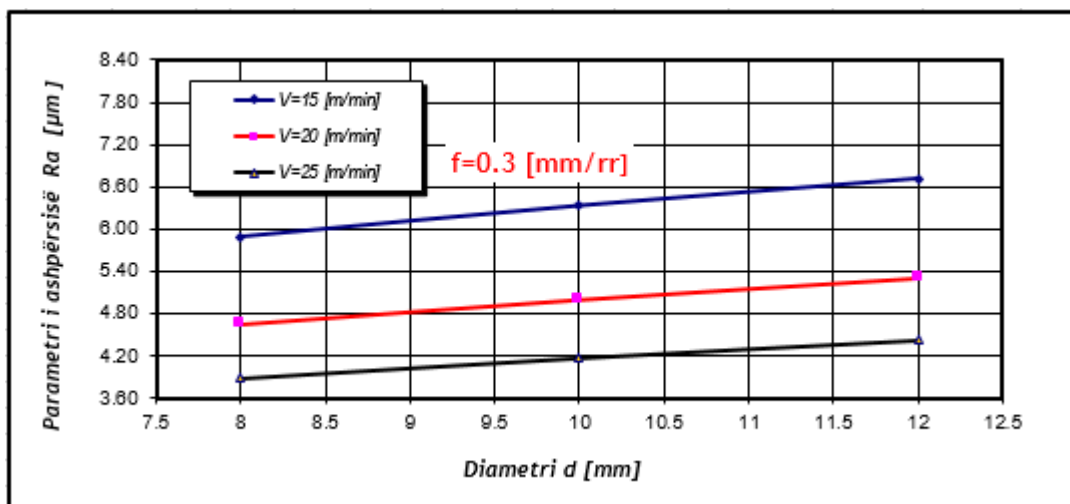


Fig. 1.18 Varësia e Ra prej diametrit dhe shpejtësisë së prerjes, për hapin punues f_{max}

$$R_z = C_{Rz} \cdot v^{p_v} \cdot f^{p_f} \cdot d^{p_d} = 135.6248917 \cdot v^{-0.767801366} \cdot f^{0.440674981} \cdot d^{0.36946459}$$

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------|--------|--------|--------|
| | 15 | 20 | 25 |
| d=8 [mm] | 13.253 | 10.627 | 8.953 |
| d=10 [mm] | 14.392 | 11.540 | 9.723 |
| d=12 [mm] | 15.395 | 12.344 | 10.400 |

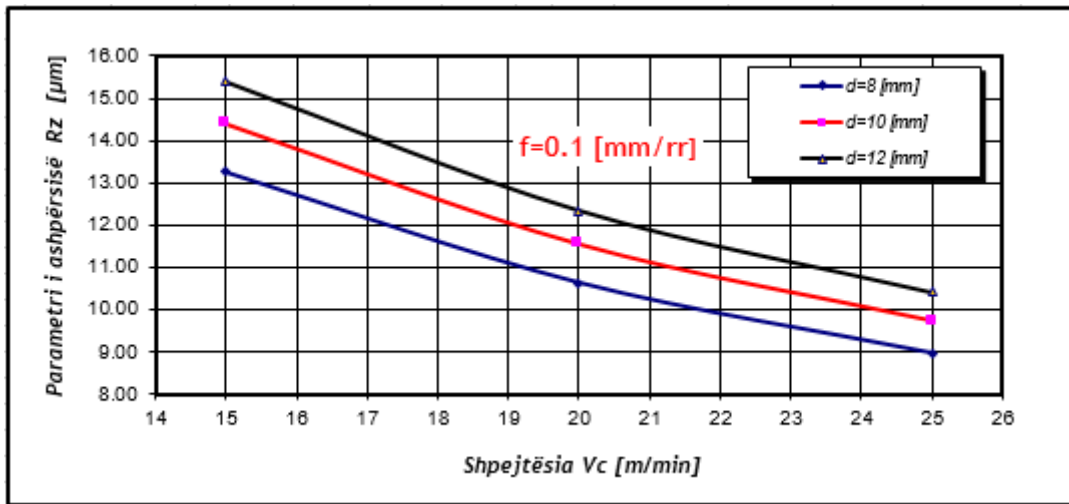


Fig. 2.1 Varësia e Rz prej shpejtësisë së prerjes dhe diametrit të puntos, për hapin f_{min}

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------|--------|--------|--------|
| | 15 | 20 | 25 |
| d=8 [mm] | 16.960 | 13.599 | 11.457 |
| d=10 [mm] | 18.417 | 14.767 | 12.442 |
| d=12 [mm] | 19.701 | 15.796 | 13.309 |

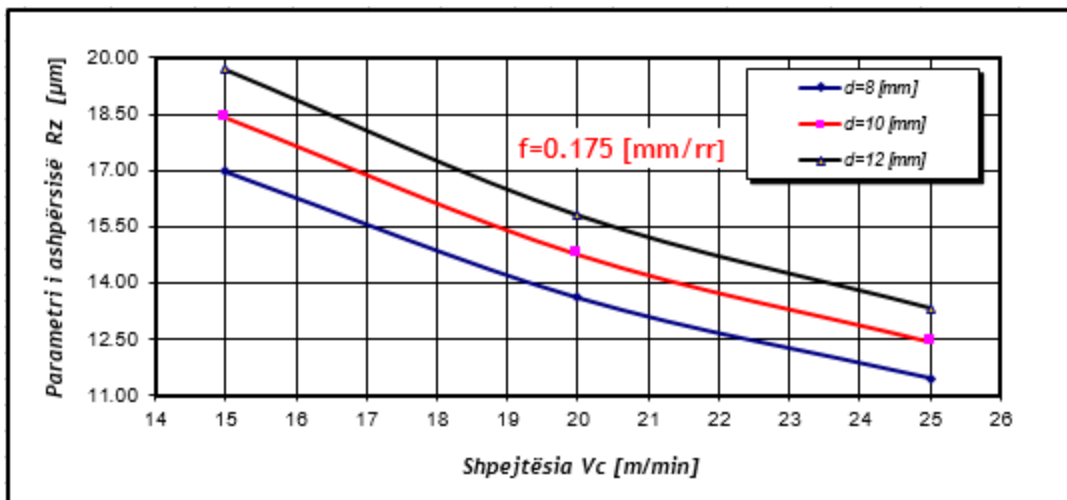


Fig. 2.2 Varësia e Rz prej shpejtësisë së prerjes dhe diametrit të puntos, për hapin f_{mes}

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------|--------|--------|--------|
| | 15 | 20 | 25 |
| d=8 [mm] | 21.507 | 17.244 | 14.529 |
| d=10 [mm] | 23.355 | 18.726 | 15.778 |
| d=12 [mm] | 24.982 | 20.031 | 16.877 |

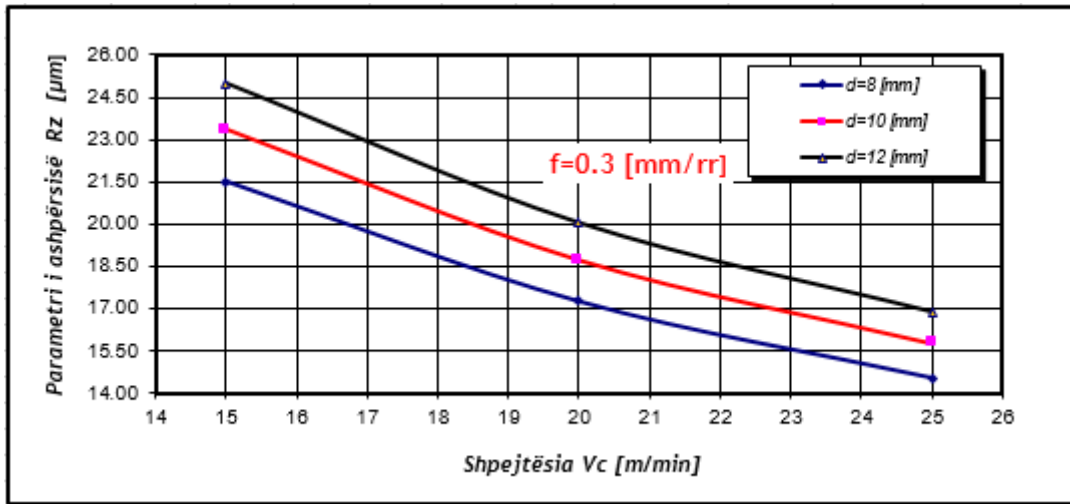


Fig. 2.3 Varësia e Rz prej shpejtësisë së prerjes dhe diametrit të puntos, për hapin f_{max}

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------------|--------|--------|--------|
| | 15 | 20 | 25 |
| f=0.1 [mm/rr] | 13.253 | 10.627 | 8.953 |
| f=0.175 [mm/rr] | 16.960 | 13.599 | 11.457 |
| f=0.3 [mm/rr] | 21.507 | 17.244 | 14.529 |

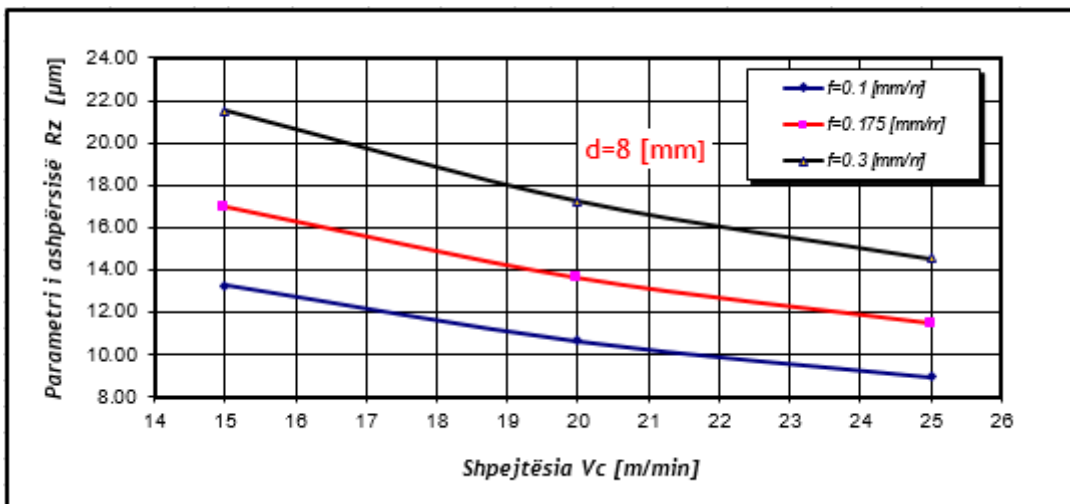


Fig. 2.4 Varësia e Rz prej shpejtësisë së prerjes dhe hapit punues, për diametrin e puntos d_{min}

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------------|--------|--------|--------|
| | 15 | 20 | 25 |
| f=0.1 [mm/rr] | 14.392 | 11.540 | 9.723 |
| f=0.175 [mm/rr] | 18.417 | 14.767 | 12.442 |
| f=0.3 [mm/rr] | 23.355 | 18.726 | 15.778 |

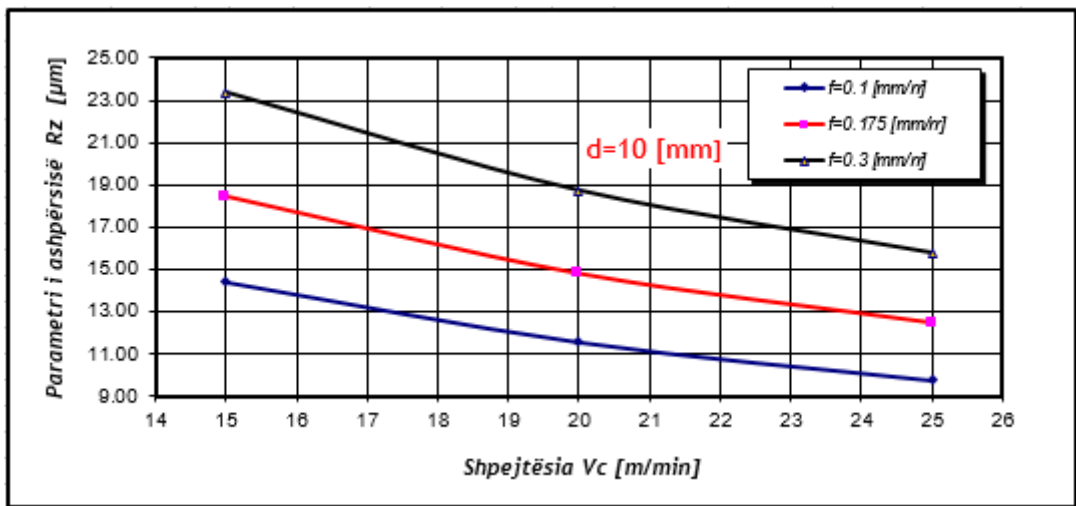


Fig. 2.5 Varësia e Rz prej shpejtësisë së prerjes dhe hapit punues, për diametrin e puntos d_{mes}

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------------|--------|--------|--------|
| | 15 | 20 | 25 |
| f=0.1 [mm/rr] | 15.395 | 12.344 | 10.400 |
| f=0.175 [mm/rr] | 19.701 | 15.796 | 13.309 |
| f=0.3 [mm/rr] | 24.982 | 20.031 | 16.877 |

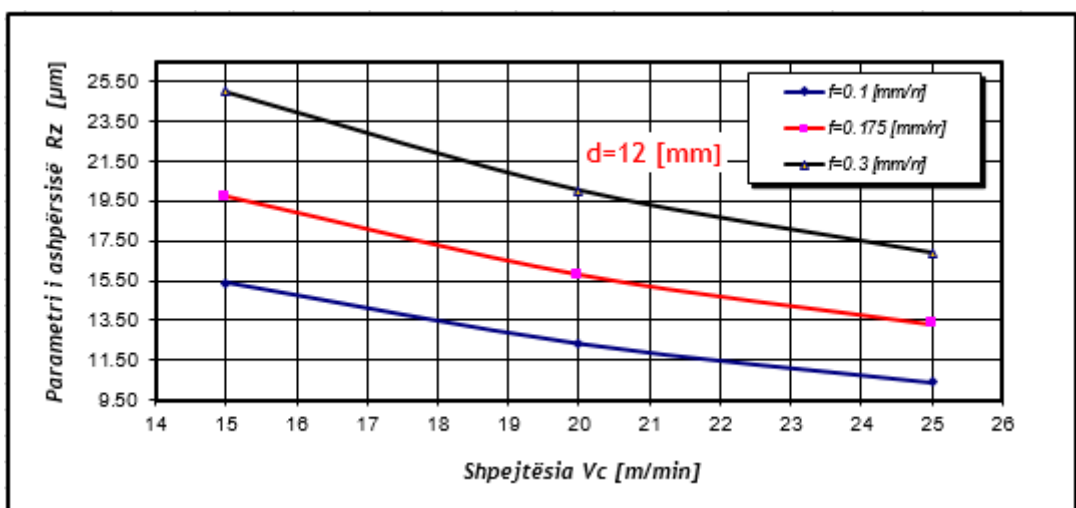


Fig. 2.6 Varësia e Rz prej shpejtësisë së prerjes dhe hapit punues, për diametrin e puntos d_{max}

| | fmin | fmes | fmax |
|--------------|--------|--------|--------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| V=15 [m/min] | 13.253 | 16.960 | 21.507 |
| V=20 [m/min] | 10.627 | 13.599 | 17.244 |
| V=25 [m/min] | 8.953 | 11.457 | 14.529 |

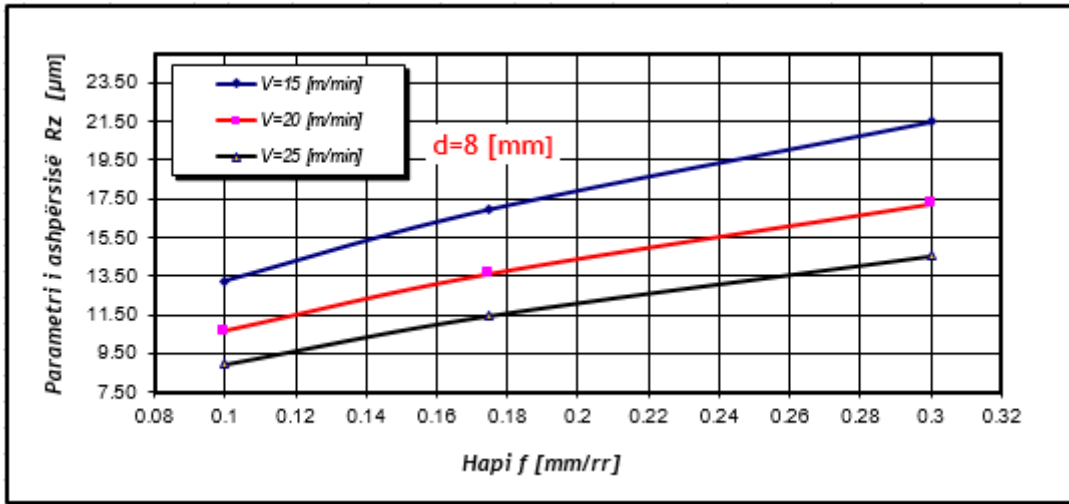


Fig. 2.7 Varësia e Rz prej hapit punues dhe shpejtësisë së prerjes, për diametrin e puntos d_{min}

| | fmin | fmes | fmax |
|--------------|--------|--------|--------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| V=15 [m/min] | 14.392 | 18.417 | 23.355 |
| V=20 [m/min] | 11.540 | 14.767 | 18.726 |
| V=25 [m/min] | 9.723 | 12.442 | 15.778 |

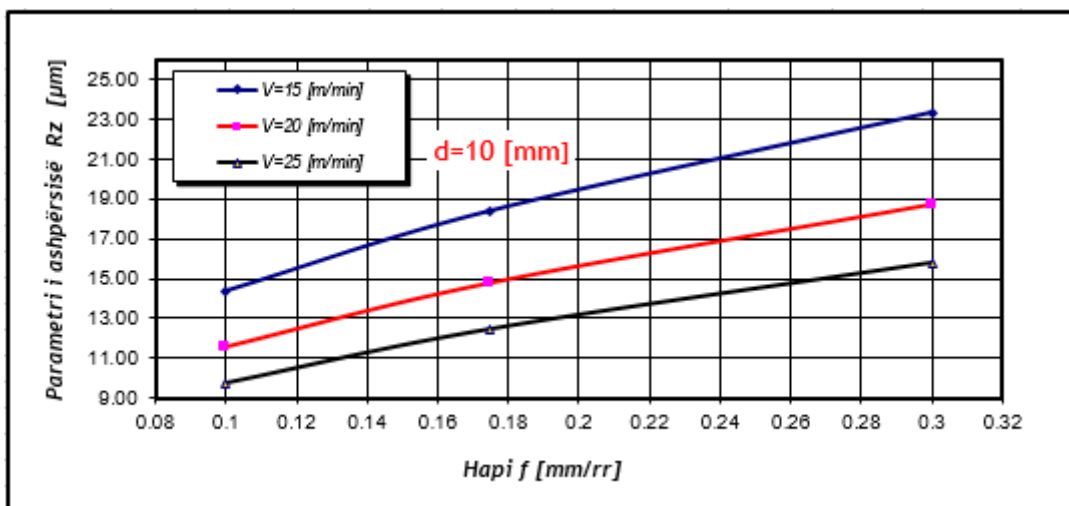


Fig. 2.8 Varësia e Rz prej hapit punues dhe shpejtësisë së prerjes, për diametrin e puntos d_{mes}

| | fmin | fmes | fmax |
|--------------|--------|--------|--------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| V=15 [m/min] | 15.395 | 19.701 | 24.982 |
| V=20 [m/min] | 12.344 | 15.796 | 20.031 |
| V=25 [m/min] | 10.400 | 13.309 | 16.877 |

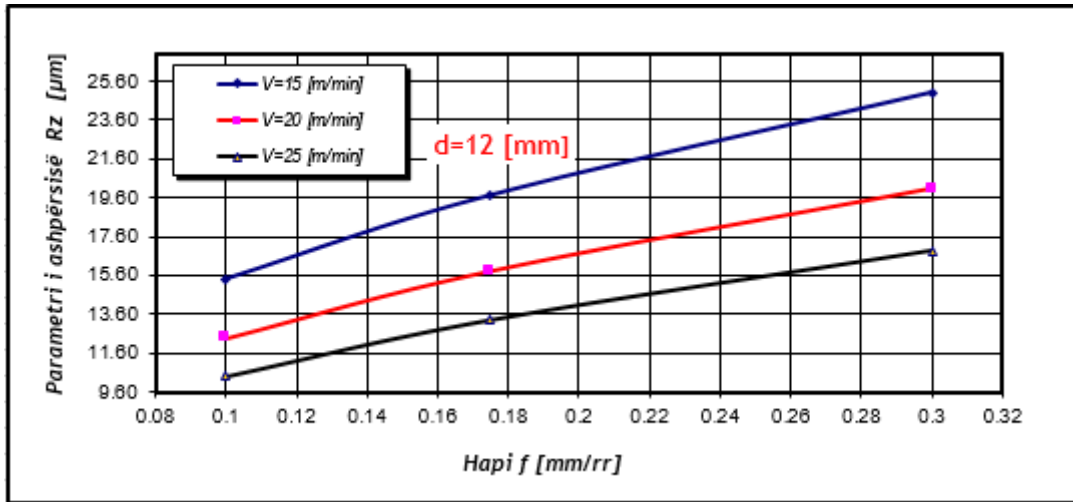


Fig. 2.9 Varësia e Rz prej hapit punues dhe shpejtësisë së prerjes, për diametrin e puntos d_{max}

| | fmin | fmes | fmax |
|-----------|--------|--------|--------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| d=8 [mm] | 13.253 | 16.960 | 21.507 |
| d=10 [mm] | 14.392 | 18.417 | 23.355 |
| d=12 [mm] | 15.395 | 19.701 | 24.982 |

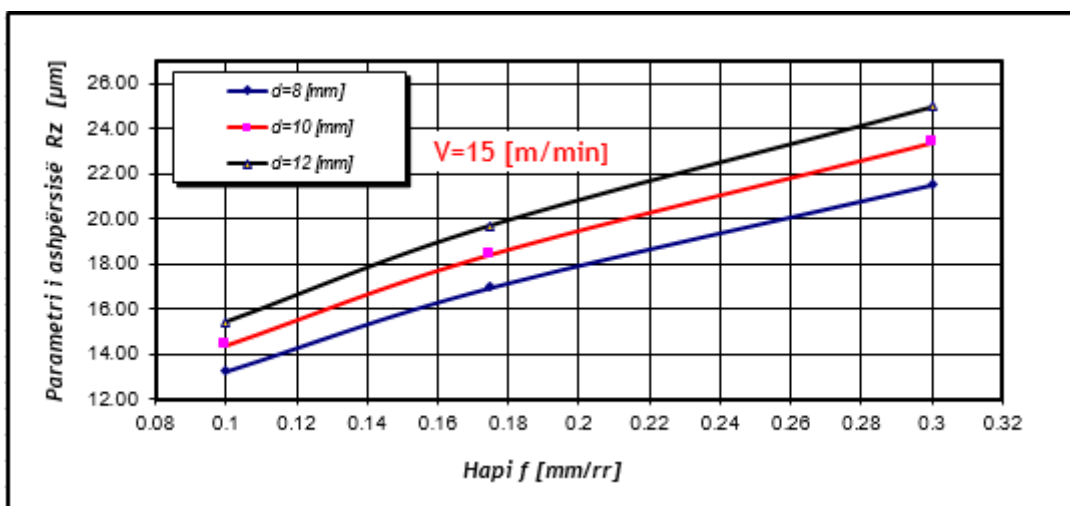


Fig. 2.10 Varësia e Rz prej hapit punues dhe diametrin për shpejtësinë e prerjes V_{cmin}

| | fmin | fmes | fmax |
|-----------|--------|--------|--------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| d=8 [mm] | 10.627 | 13.599 | 17.244 |
| d=10 [mm] | 11.540 | 14.767 | 18.726 |
| d=12 [mm] | 12.344 | 15.796 | 20.031 |

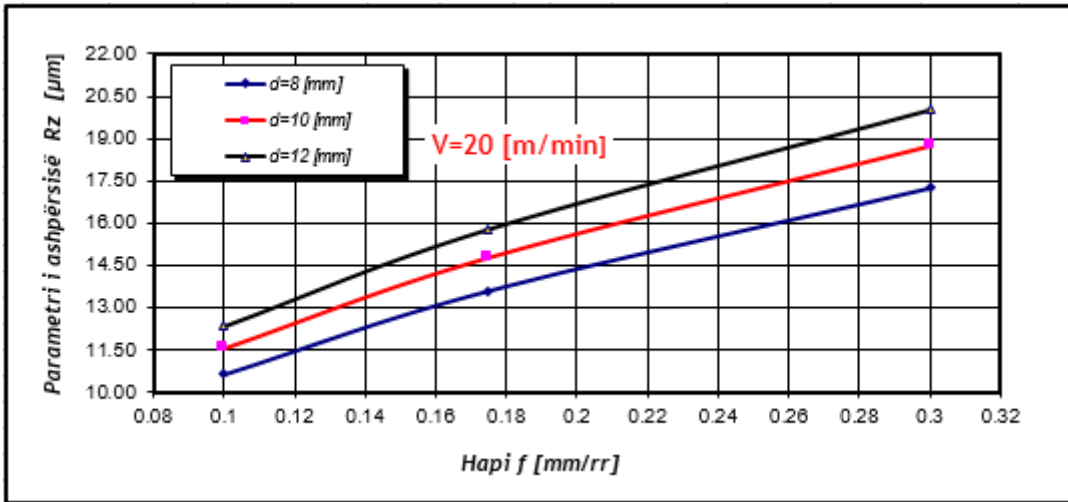


Fig. 2.11 Varësia e Rz prej hapit punues dhe diametrit për shpejtësinë e prerjes V_{cmes}

| | fmin | fmes | fmax |
|-----------|--------|--------|--------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| d=8 [mm] | 8.953 | 11.457 | 14.529 |
| d=10 [mm] | 9.723 | 12.442 | 15.778 |
| d=12 [mm] | 10.400 | 13.309 | 16.877 |

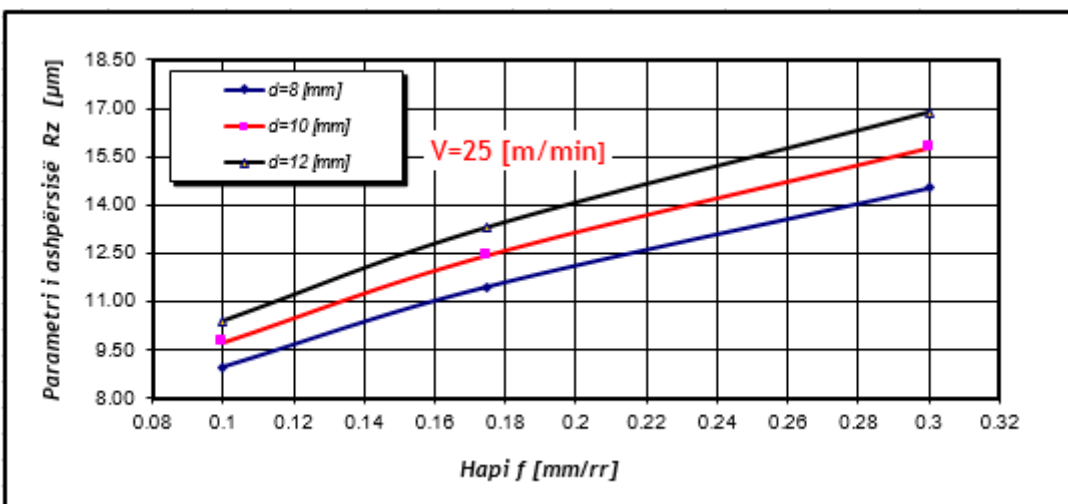


Fig. 2.12 Varësia e Rz prej hapit punues dhe diametrit për shpejtësinë e prerjes V_{cmax}

| | dmin | dmes | dmax |
|-----------------|--------|--------|--------|
| | 8 | 10 | 12 |
| f=0.1 [mm/rr] | 13.253 | 14.392 | 15.395 |
| f=0.175 [mm/rr] | 16.960 | 18.417 | 19.701 |
| f=0.3 [mm/rr] | 21.507 | 23.355 | 24.982 |

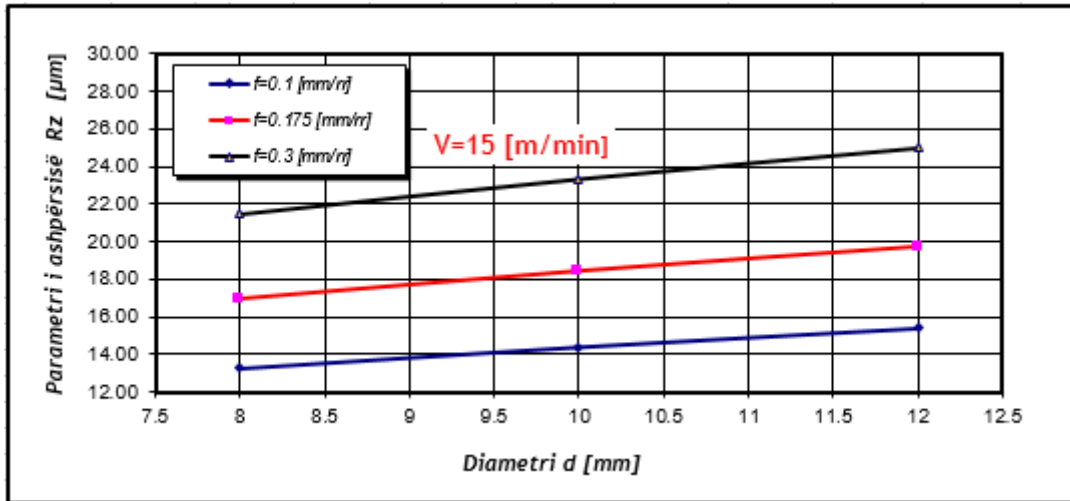


Fig. 2.13 Varësia e Rz prej diametrit dhe hapit punues për shpejtësinë e prerjes V_{cmin}

| | dmin | dmes | dmax |
|-----------------|--------|--------|--------|
| | 8 | 10 | 12 |
| f=0.1 [mm/rr] | 10.627 | 11.540 | 12.344 |
| f=0.175 [mm/rr] | 13.599 | 14.767 | 15.796 |
| f=0.3 [mm/rr] | 17.244 | 18.726 | 20.031 |

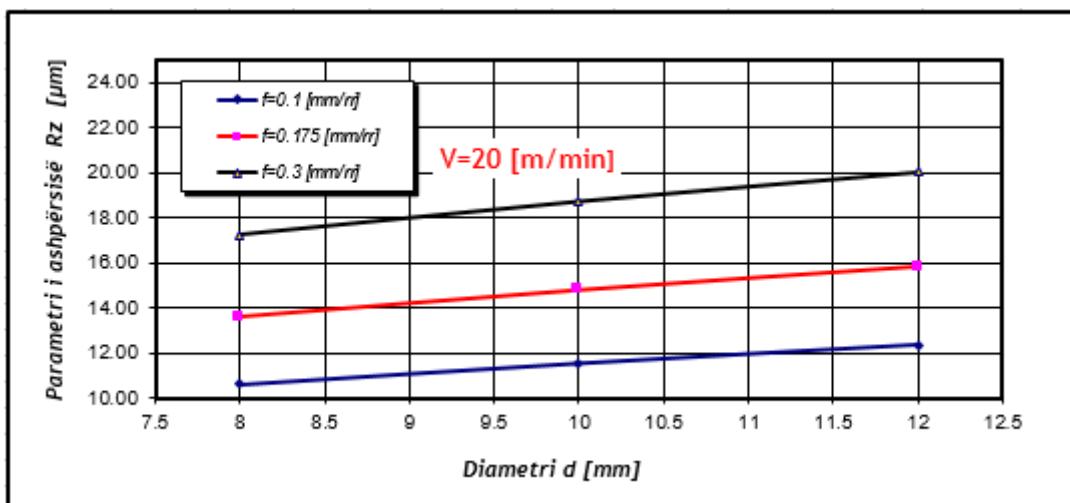


Fig. 2.14 Varësia e Rz prej diametrit dhe hapit punues për shpejtësinë e prerjes V_{cmes}

| | dmin | dmes | dmax |
|-----------------|--------|--------|--------|
| | 8 | 10 | 12 |
| f=0.1 [mm/rr] | 8.953 | 9.723 | 10.400 |
| f=0.175 [mm/rr] | 11.457 | 12.442 | 13.309 |
| f=0.3 [mm/rr] | 14.529 | 15.778 | 16.877 |

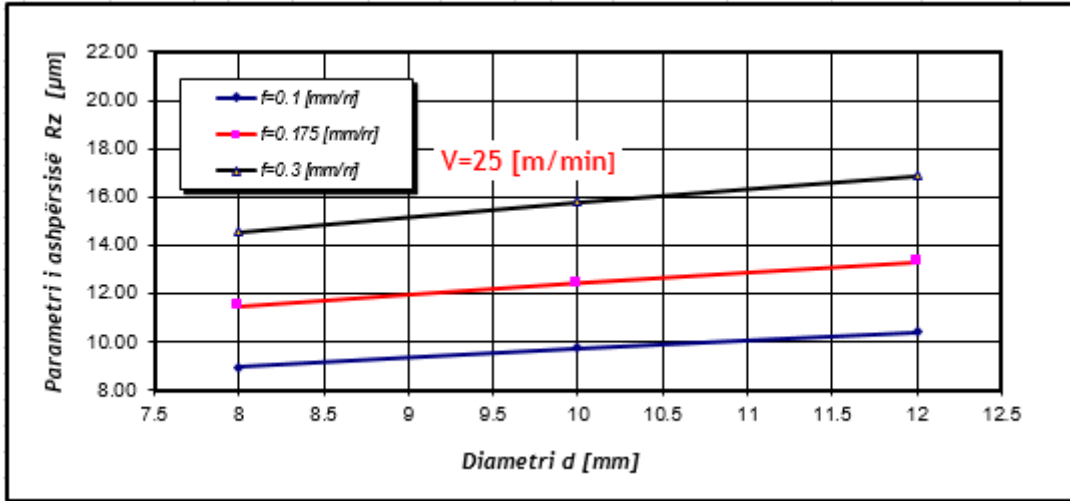


Fig. 2.15 Varësia e Rz prej diametrit dhe hapit punues për shpejtësinë e prerjes V_{max}

| | dmin | dmes | dmax |
|--------------|--------|--------|--------|
| | 8 | 10 | 12 |
| V=15 [m/min] | 13.253 | 14.392 | 15.395 |
| V=20 [m/min] | 10.627 | 11.540 | 12.344 |
| V=25 [m/min] | 8.953 | 9.723 | 10.400 |

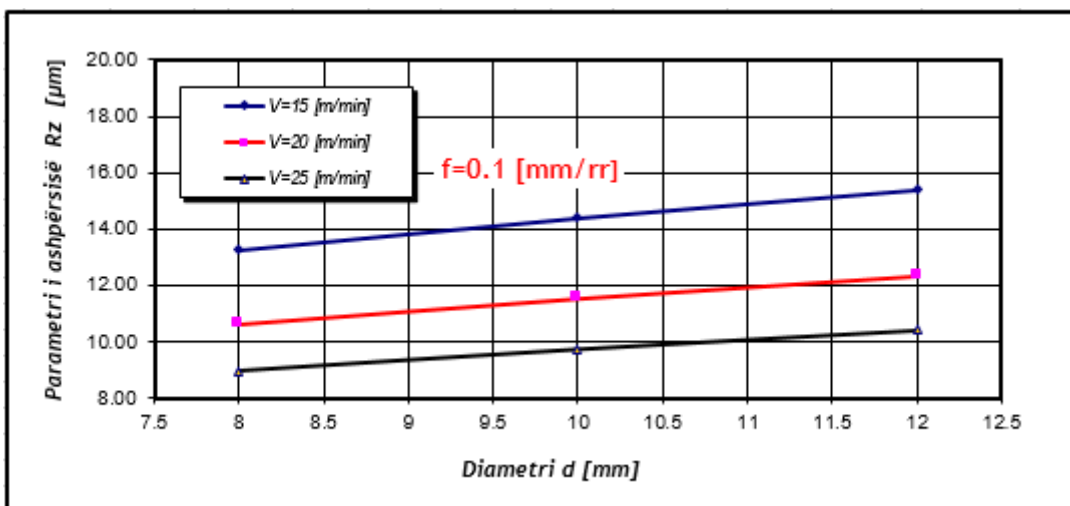


Fig. 2.16 Varësia e Rz prej diametrit dhe shpejtësisë së prerjes, për hapin punues f_{min}

| | dmin | dmes | dmax |
|--------------|--------|--------|--------|
| | 8 | 10 | 12 |
| V=15 [m/min] | 16.960 | 18.417 | 19.701 |
| V=20 [m/min] | 13.599 | 14.767 | 15.796 |
| V=25 [m/min] | 11.457 | 12.442 | 13.309 |

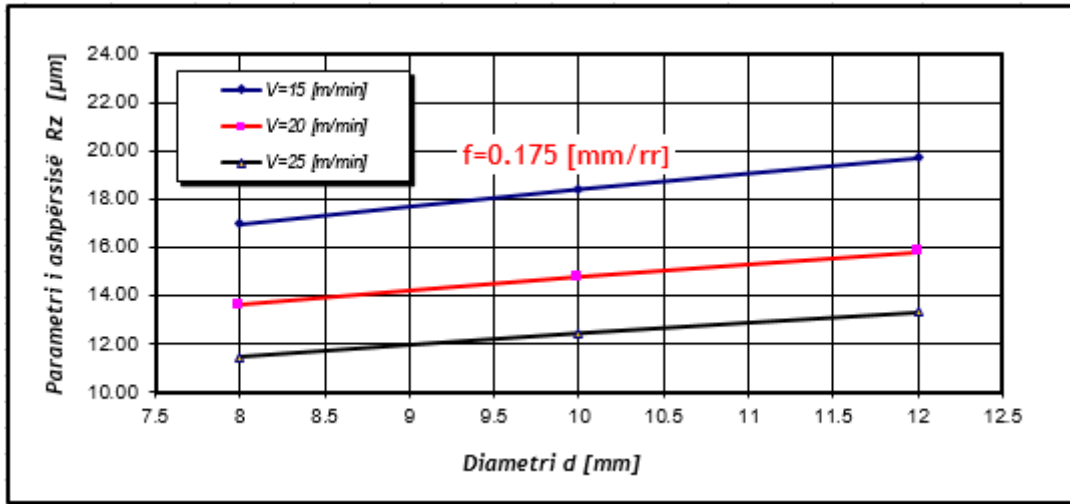


Fig. 2.17 Varësia e Rz prej diametrit dhe shpejtësisë së prerjes, për hapin punues f_{mes}

| | dmin | dmes | dmax |
|--------------|--------|--------|--------|
| | 8 | 10 | 12 |
| V=15 [m/min] | 21.507 | 23.355 | 24.982 |
| V=20 [m/min] | 17.244 | 18.726 | 20.031 |
| V=25 [m/min] | 14.529 | 15.778 | 16.877 |

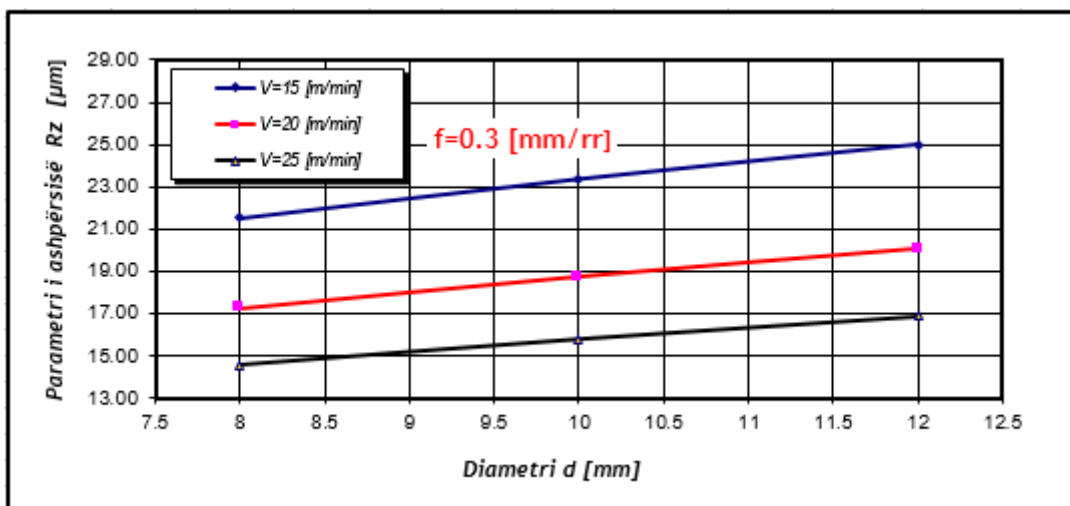


Fig. 2.18 Varësia e Rz prej diametrit dhe shpejtësisë së prerjes, për hapin punues f_{max}

$$R_q = C_{Rq} \cdot v^{p_v} \cdot f^{p_f} \cdot d^{p_d} = 60.63243106 \cdot v^{-0.851831356} \cdot f^{0.439010237} \cdot d^{0.289186856}$$

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------|-------|-------|-------|
| | 15 | 20 | 25 |
| d=8 [mm] | 4.009 | 3.138 | 2.594 |
| d=10 [mm] | 4.276 | 3.347 | 2.767 |
| d=12 [mm] | 4.508 | 3.528 | 2.917 |

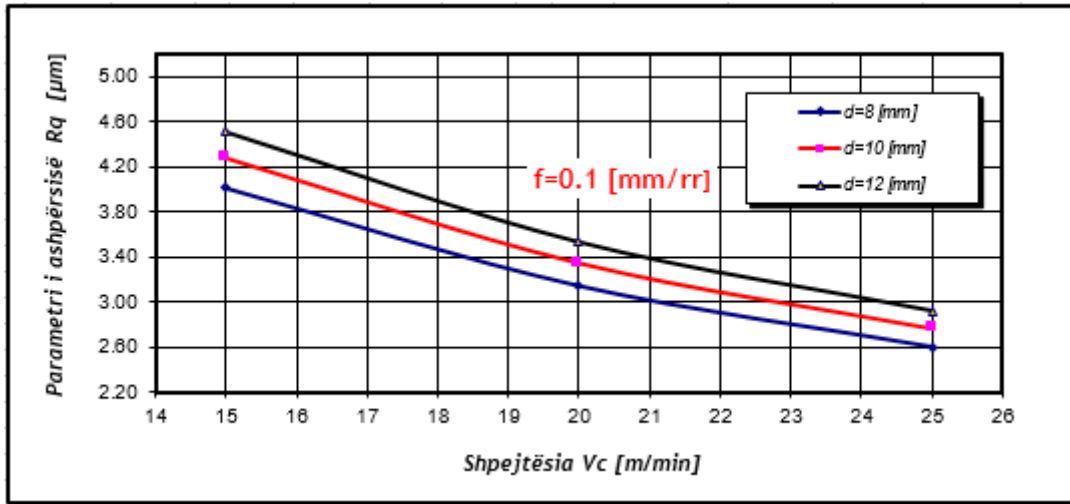


Fig. 3.1 Varësia e R_q prej shpejtësisë së prerjes dhe diametrit të puntos, për hapin f_{min}

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------|-------|-------|-------|
| | 15 | 20 | 25 |
| d=8 [mm] | 5.125 | 4.011 | 3.317 |
| d=10 [mm] | 5.467 | 4.279 | 3.538 |
| d=12 [mm] | 5.763 | 4.510 | 3.730 |

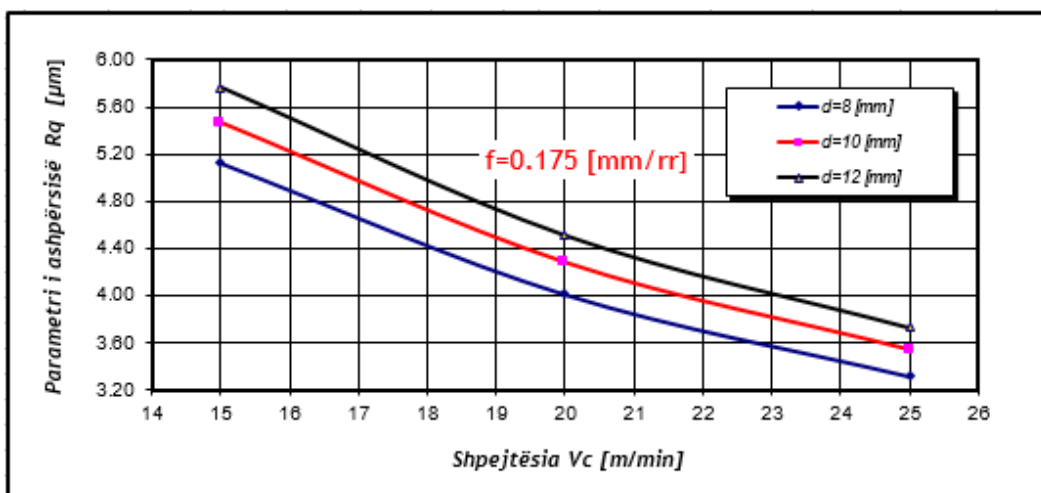


Fig. 3.2 Varësia e R_q prej shpejtësisë së prerjes dhe diametrit të puntos, për hapin f_{mes}

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------|-------|-------|-------|
| | 15 | 20 | 25 |
| d=8 [mm] | 6.494 | 5.082 | 4.203 |
| d=10 [mm] | 6.926 | 5.421 | 4.483 |
| d=12 [mm] | 7.301 | 5.715 | 4.725 |

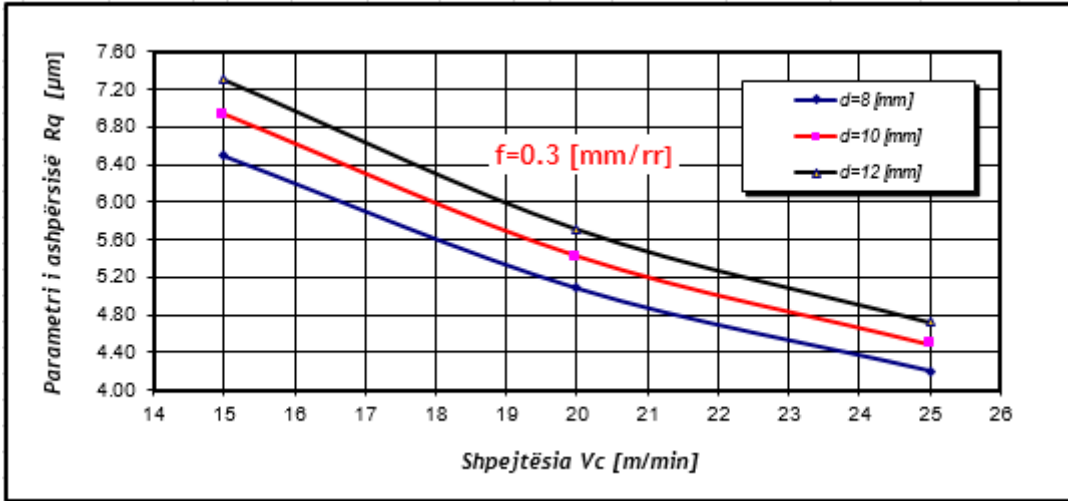


Fig. 3.3 Varësia e R_q prej shpejtësisë së prerjes dhe diametrit të puntos, për hapin f_{max}

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------------|-------|-------|-------|
| | 15 | 20 | 25 |
| f=0.1 [mm/rr] | 4.009 | 3.138 | 2.594 |
| f=0.175 [mm/rr] | 5.125 | 4.011 | 3.317 |
| f=0.3 [mm/rr] | 6.494 | 5.082 | 4.203 |

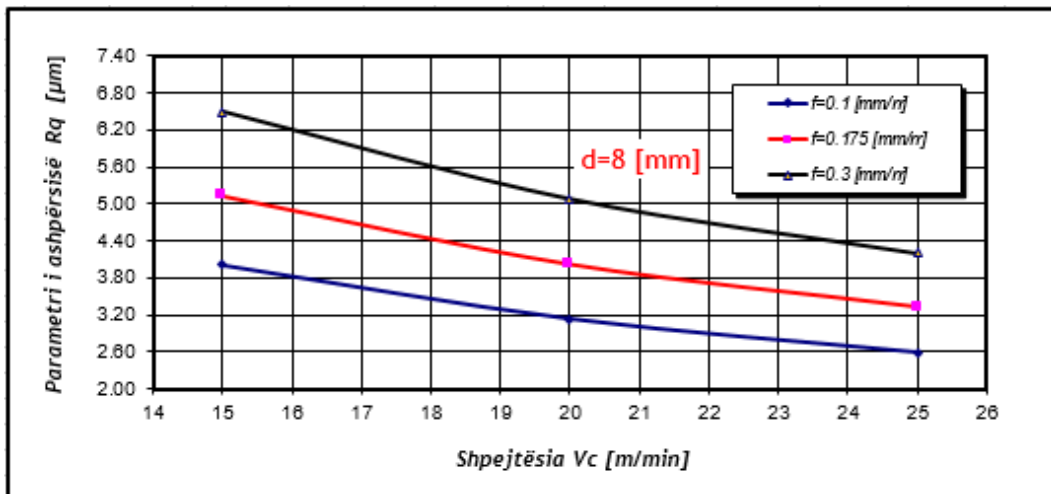


Fig. 3.4 Varësia e R_q prej shpejtësisë së prerjes dhe hapit punues, për diametrin e puntos d_{min}

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------------|-------|-------|-------|
| | 15 | 20 | 25 |
| f=0.1 [mm/rr] | 4.276 | 3.347 | 2.767 |
| f=0.175 [mm/rr] | 5.467 | 4.279 | 3.538 |
| f=0.3 [mm/rr] | 6.926 | 5.421 | 4.483 |

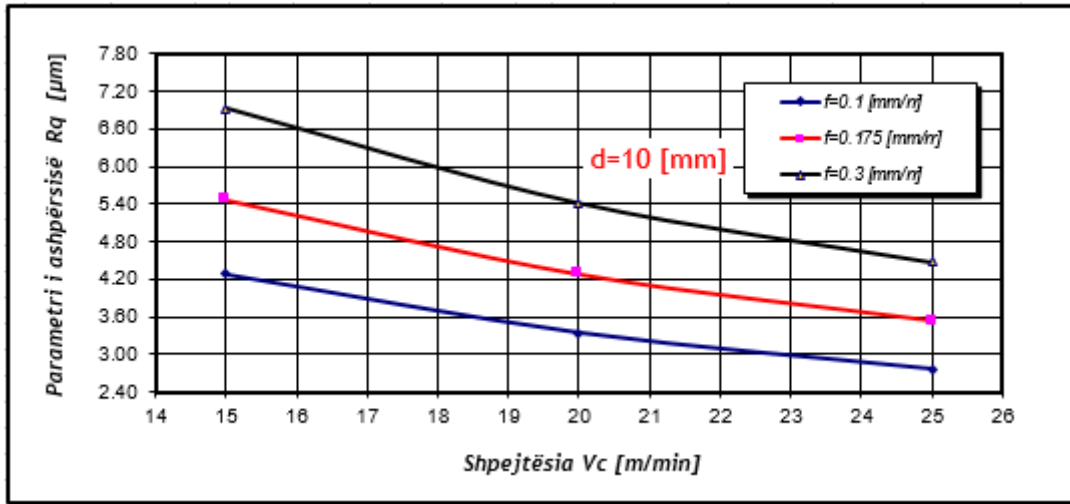


Fig. 3.5 Varësia e Rq prej shpejtësisë së prerjes dhe hapit punues, për diametrin e puntos d_{mes}

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------------|-------|-------|-------|
| | 15 | 20 | 25 |
| f=0.1 [mm/rr] | 4.508 | 3.528 | 2.917 |
| f=0.175 [mm/rr] | 5.763 | 4.510 | 3.730 |
| f=0.3 [mm/rr] | 7.301 | 5.715 | 4.725 |

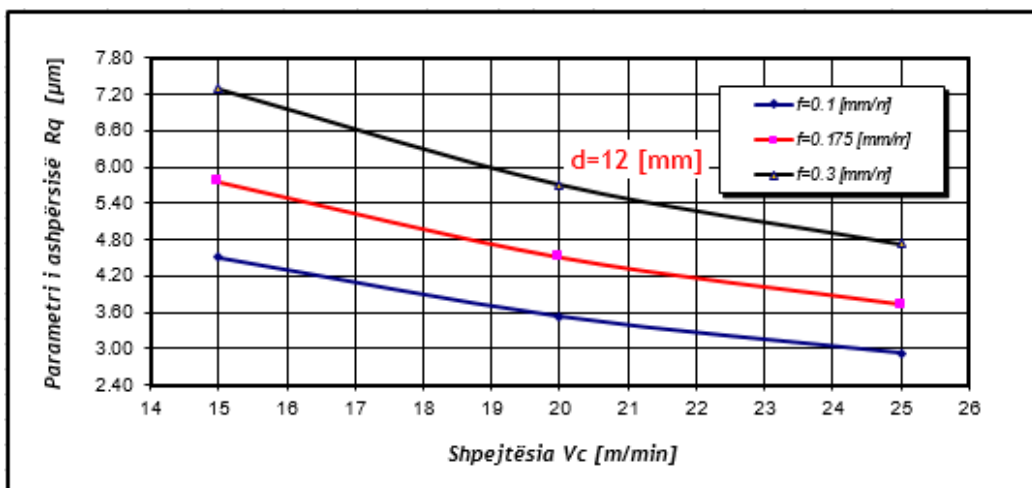


Fig. 3.6 Varësia e Rq prej shpejtësisë së prerjes dhe hapit punues, për diametrin e puntos d_{max}

| | fmin | fmes | fmax |
|--------------|-------|-------|-------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| V=15 [m/min] | 4.009 | 5.125 | 6.494 |
| V=20 [m/min] | 3.138 | 4.011 | 5.082 |
| V=25 [m/min] | 2.594 | 3.317 | 4.203 |

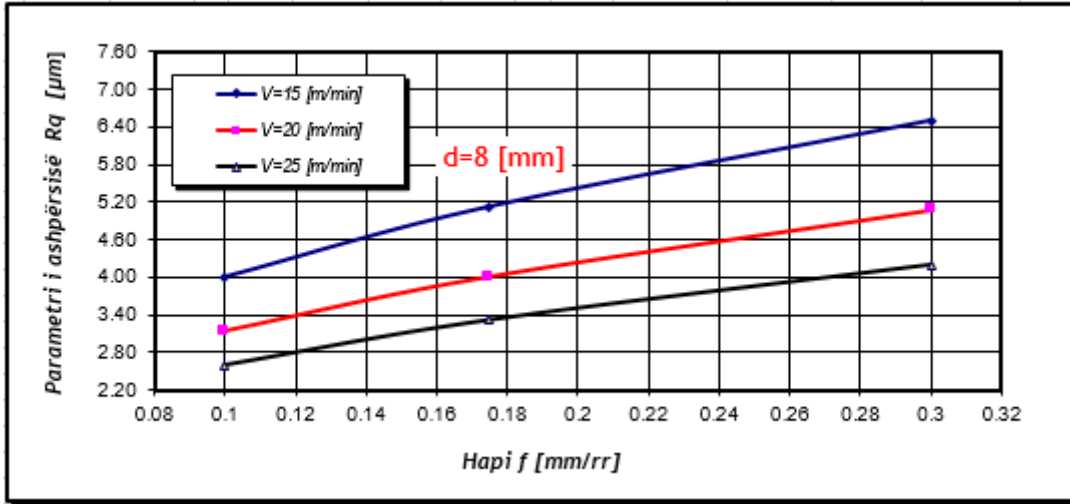


Fig. 3.7 Varësia e R_q prej hapit punues dhe shpejtësisë së prerjes, për diametrin e puntos d_{min}

| | fmin | fmes | fmax |
|--------------|-------|-------|-------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| V=15 [m/min] | 4.276 | 5.467 | 6.926 |
| V=20 [m/min] | 3.347 | 4.279 | 5.421 |
| V=25 [m/min] | 2.767 | 3.538 | 4.483 |

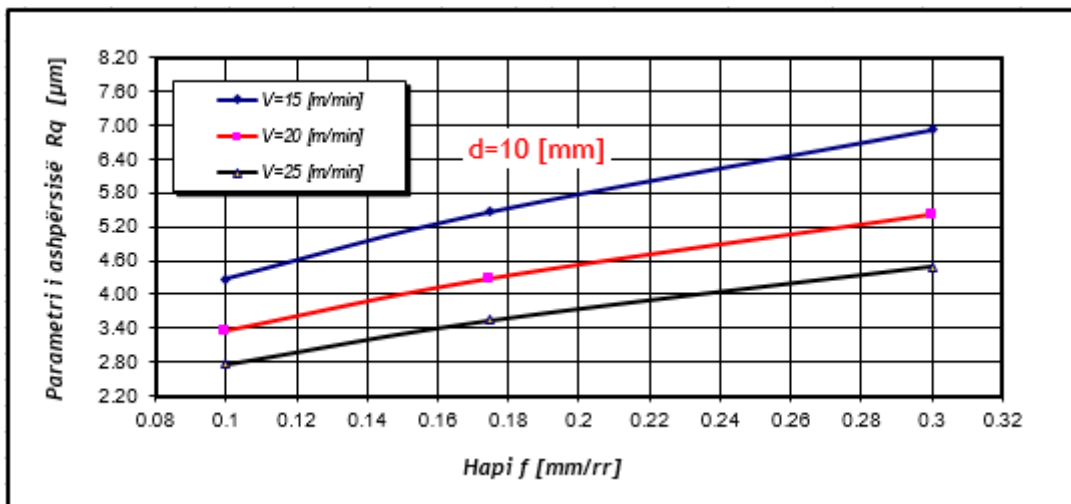


Fig. 3.8 Varësia e R_q prej hapit punues dhe shpejtësisë së prerjes, për diametrin e puntos d_{mes}

| | fmin | fmes | fmax |
|--------------|-------|-------|-------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| V=15 [m/min] | 4.508 | 5.763 | 7.301 |
| V=20 [m/min] | 3.528 | 4.510 | 5.715 |
| V=25 [m/min] | 2.917 | 3.730 | 4.725 |

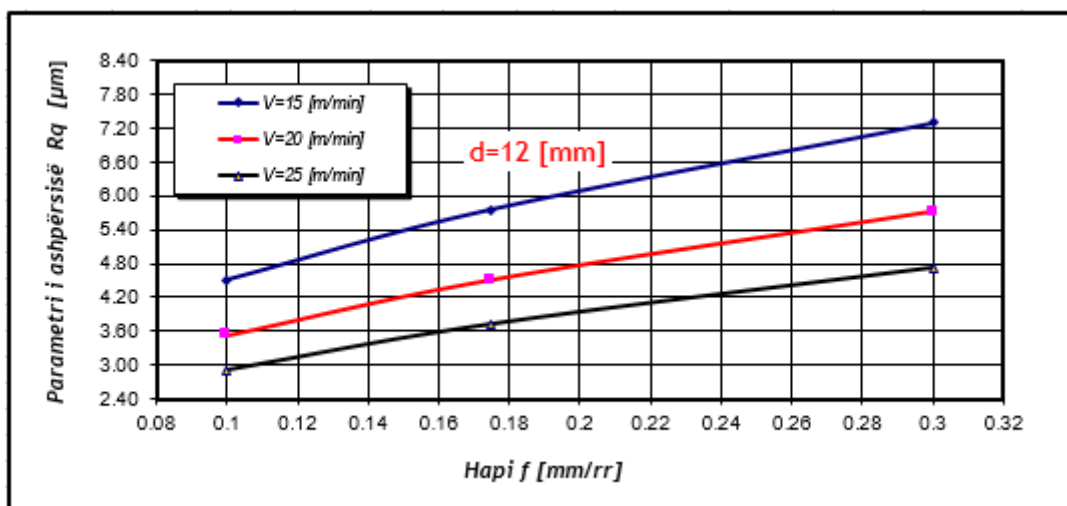


Fig. 3.9 Varësia e Rq prej hapit punues dhe shpejtësisë së prerjes, për diametrin e puntos d_{max}

| | fmin | fmes | fmax |
|-----------|-------|-------|-------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| d=8 [mm] | 4.009 | 5.125 | 6.494 |
| d=10 [mm] | 4.276 | 5.467 | 6.926 |
| d=12 [mm] | 4.508 | 5.763 | 7.301 |

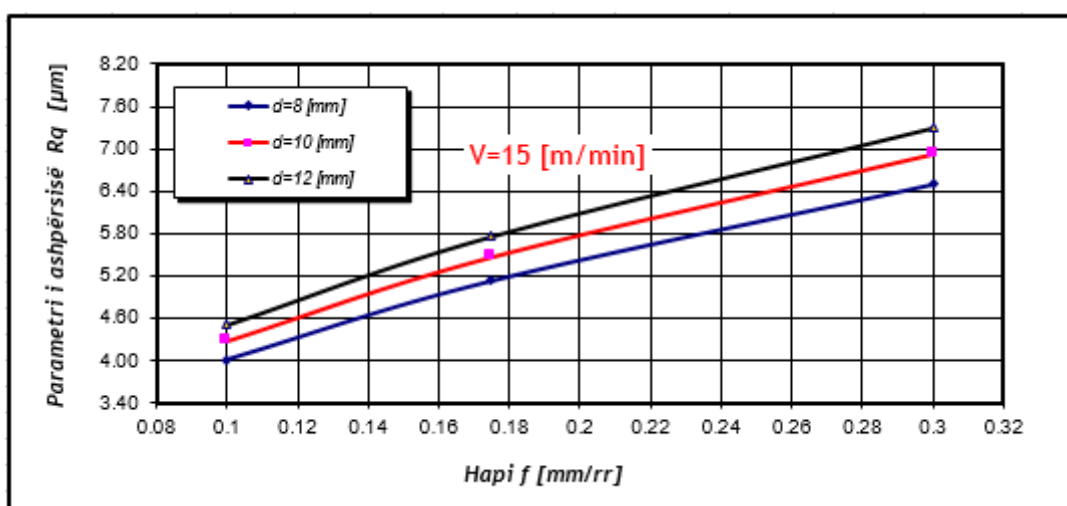


Fig. 3.10 Varësia e Rq prej hapit punues dhe diametrit për shpejtësinë e prerjes V_{cmin}

| | fmin | fmes | fmax |
|-----------|-------|-------|-------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| d=8 [mm] | 3.138 | 4.011 | 5.082 |
| d=10 [mm] | 3.347 | 4.279 | 5.421 |
| d=12 [mm] | 3.528 | 4.510 | 5.715 |

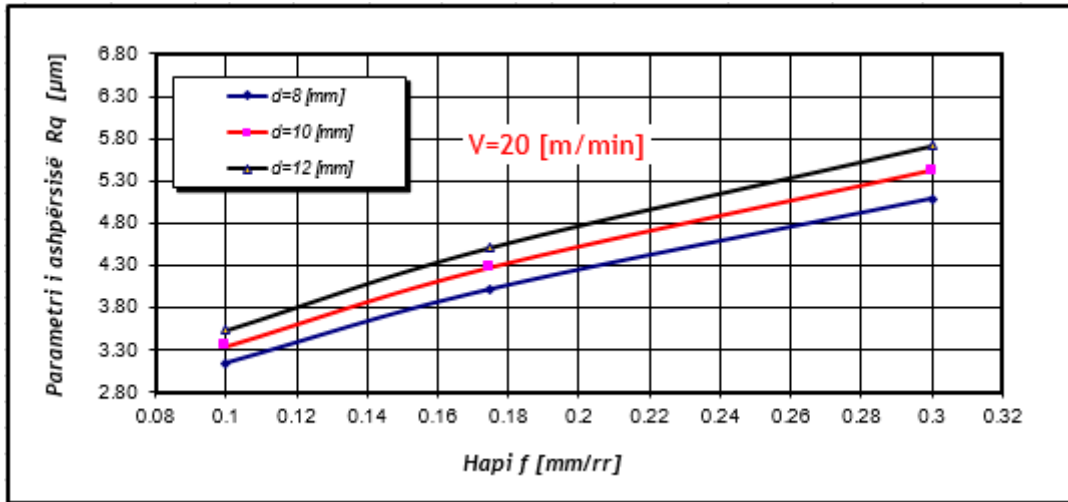


Fig. 3.11 Varësia e Rq prej hapit punues dhe diametrit për shpejtësinë e prerjes $V_{c_{mes}}$

| | fmin | fmes | fmax |
|-----------|-------|-------|-------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| d=8 [mm] | 2.594 | 3.317 | 4.203 |
| d=10 [mm] | 2.767 | 3.538 | 4.483 |
| d=12 [mm] | 2.917 | 3.730 | 4.725 |

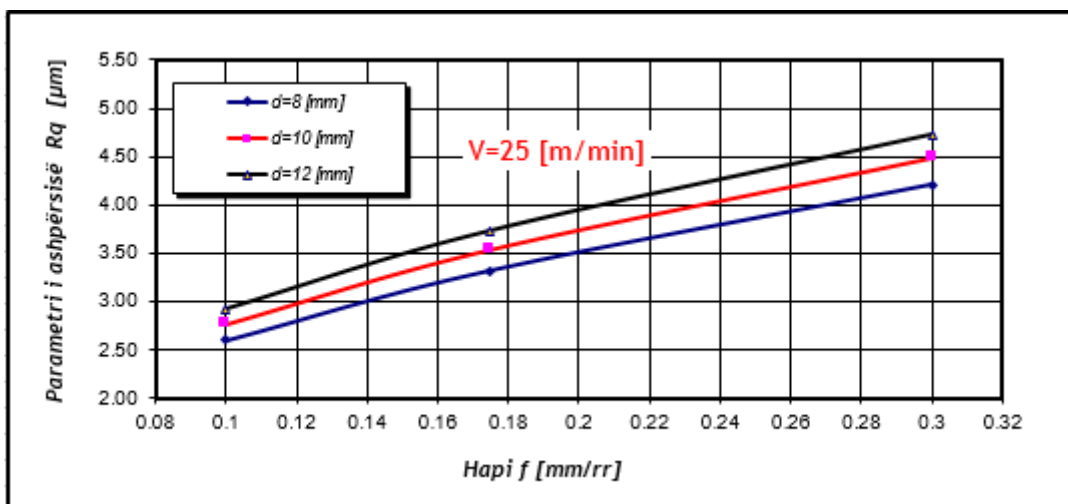


Fig. 3.12 Varësia e Rq prej hapit punues dhe diametrit për shpejtësinë e prerjes $V_{c_{max}}$

| | dmin | dmes | dmax |
|-----------------|-------|-------|-------|
| | 8 | 10 | 12 |
| f=0.1 [mm/rr] | 4.009 | 4.276 | 4.508 |
| f=0.175 [mm/rr] | 5.125 | 5.467 | 5.763 |
| f=0.3 [mm/rr] | 6.494 | 6.926 | 7.301 |

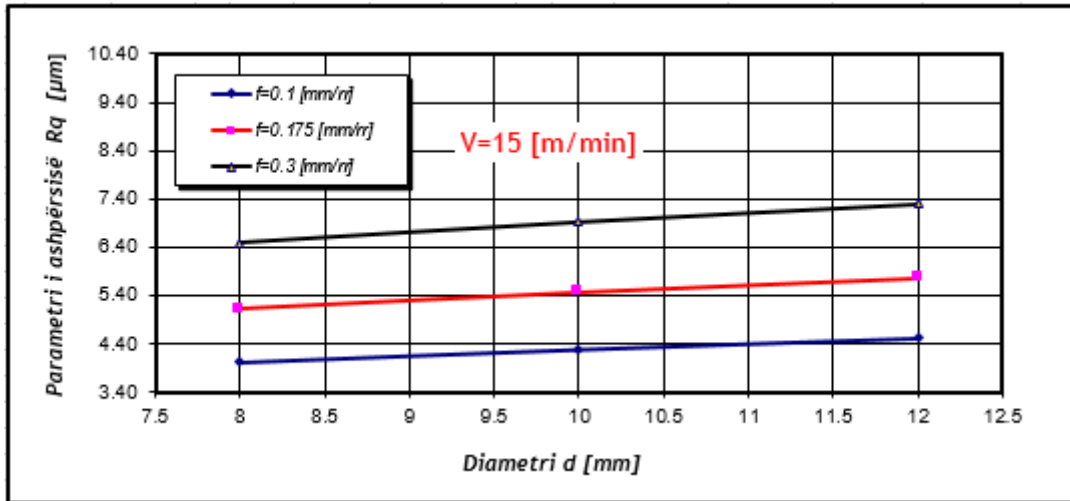


Fig. 3.13 Varësia e R_q prej diametrit dhe hapit punues për shpejtësinë e prerjes V_{cmin}

| | dmin | dmes | dmax |
|-----------------|-------|-------|-------|
| | 8 | 10 | 12 |
| f=0.1 [mm/rr] | 3.138 | 3.347 | 3.528 |
| f=0.175 [mm/rr] | 4.011 | 4.279 | 4.510 |
| f=0.3 [mm/rr] | 5.082 | 5.421 | 5.715 |

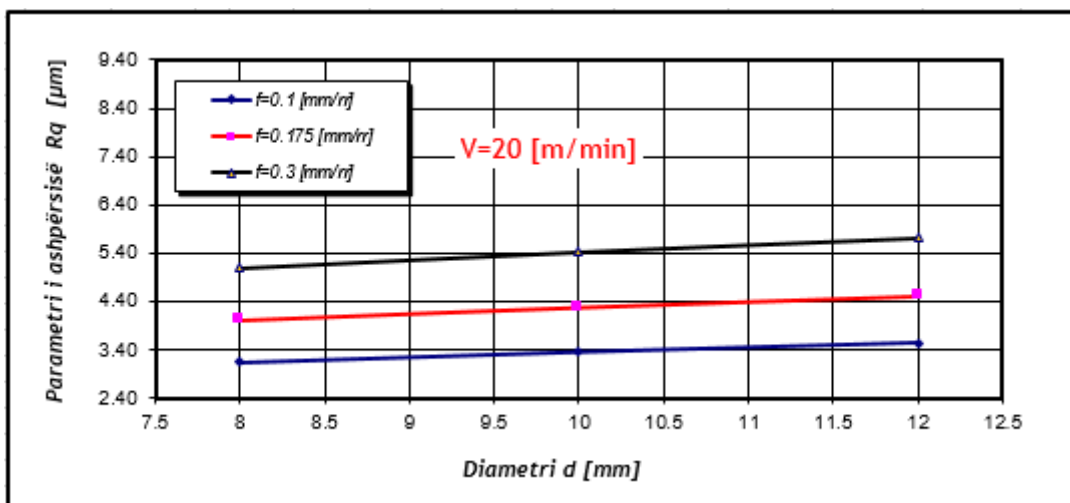


Fig. 3.14 Varësia e R_q prej diametrit dhe hapit punues për shpejtësinë e prerjes V_{cmes}

| | dmin | dmes | dmax |
|-----------------|-------|-------|-------|
| | 8 | 10 | 12 |
| f=0.1 [mm/rr] | 2.594 | 2.767 | 2.917 |
| f=0.175 [mm/rr] | 3.317 | 3.538 | 3.730 |
| f=0.3 [mm/rr] | 4.203 | 4.483 | 4.725 |

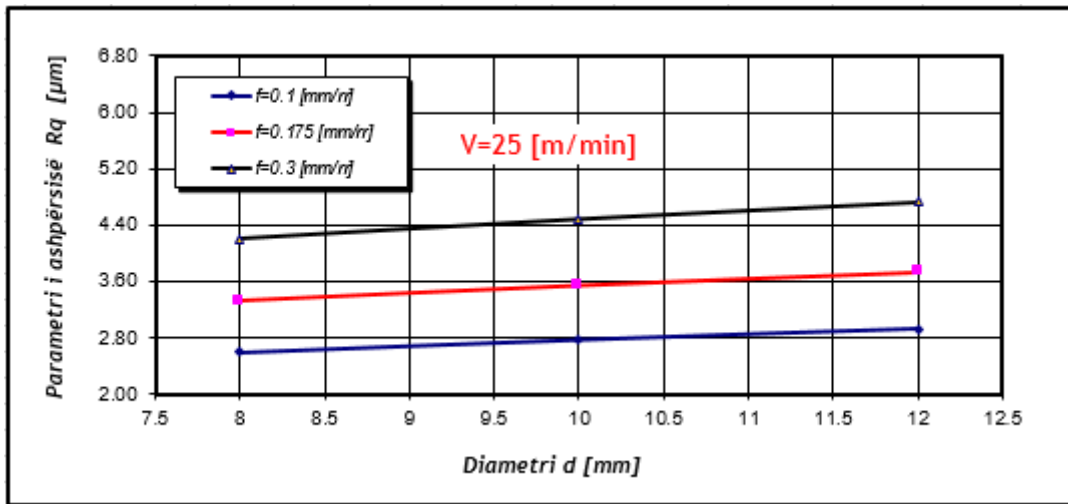


Fig. 3.15 Varësia e Rq prej diametrit dhe hapit punues për shpejtësinë e prerjes V_{max}

| | dmin | dmes | dmax |
|--------------|-------|-------|-------|
| | 8 | 10 | 12 |
| V=15 [m/min] | 4.009 | 4.276 | 4.508 |
| V=20 [m/min] | 3.138 | 3.347 | 3.528 |
| V=25 [m/min] | 2.594 | 2.767 | 2.917 |

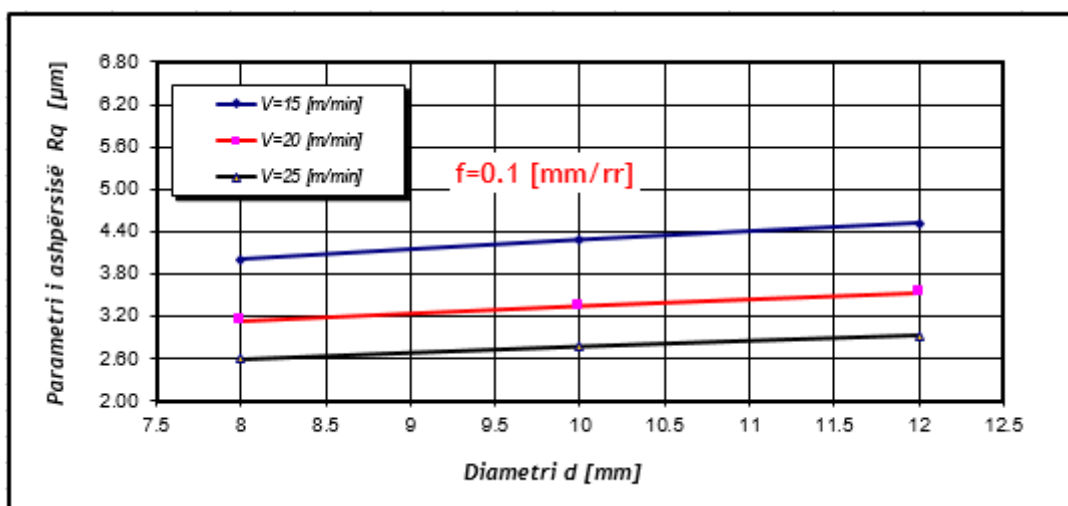


Fig. 3.16 Varësia e Rq prej diametrit dhe shpejtësisë së prerjes, për hapin punues f_{min}

| | dmin | dmes | dmax |
|--------------|-------|-------|-------|
| | 8 | 10 | 12 |
| V=15 [m/min] | 5.125 | 5.467 | 5.763 |
| V=20 [m/min] | 4.011 | 4.279 | 4.510 |
| V=25 [m/min] | 3.317 | 3.538 | 3.730 |

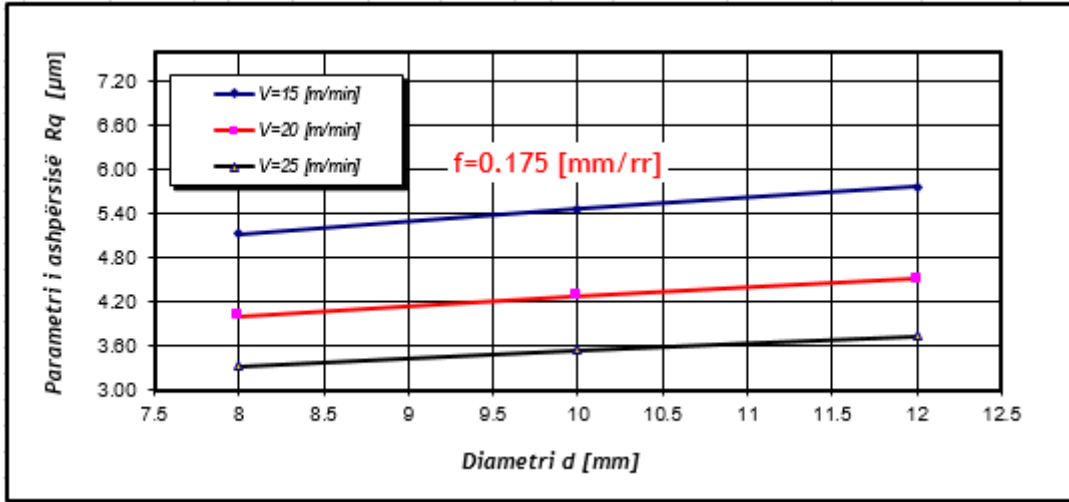


Fig. 3.17 Varësia e R_q prej diametrit dhe shpejtësisë së prerjes, për hapin punues f_{mes}

| | dmin | dmes | dmax |
|--------------|-------|-------|-------|
| | 8 | 10 | 12 |
| V=15 [m/min] | 6.494 | 6.926 | 7.301 |
| V=20 [m/min] | 5.082 | 5.421 | 5.715 |
| V=25 [m/min] | 4.203 | 4.483 | 4.725 |

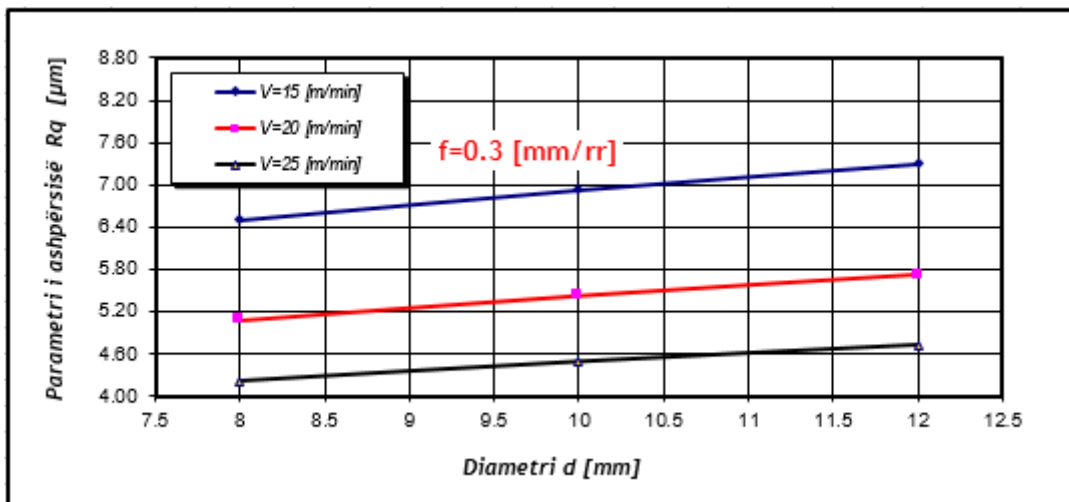


Fig. 3.18 Varësia e R_q prej diametrit dhe shpejtësisë së prerjes, për hapin punues f_{max}

$$R_t = C_{Rt} \cdot v^{p_v} \cdot f^{p_f} \cdot d^{p_d} = 363.3431523 \cdot v^{-0.723560347} \cdot f^{0.482310785} \cdot d^{0.22857257}$$

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------|--------|--------|--------|
| | 15 | 20 | 25 |
| d=8 [mm] | 27.130 | 22.032 | 18.747 |
| d=10 [mm] | 28.550 | 23.185 | 19.728 |
| d=12 [mm] | 29.765 | 24.172 | 20.568 |

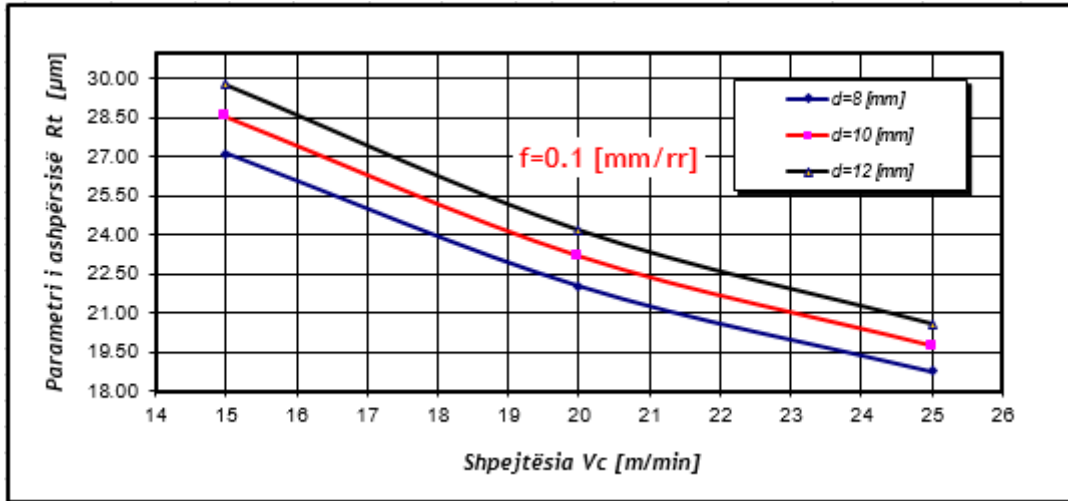


Fig. 4.1 Varësia e R_t prej shpejtësisë së prerjes dhe diametrit të puntos, për hapin f_{min}

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------|--------|--------|--------|
| | 15 | 20 | 25 |
| d=8 [mm] | 35.537 | 28.859 | 24.556 |
| d=10 [mm] | 37.396 | 30.369 | 25.841 |
| d=12 [mm] | 38.987 | 31.661 | 26.940 |

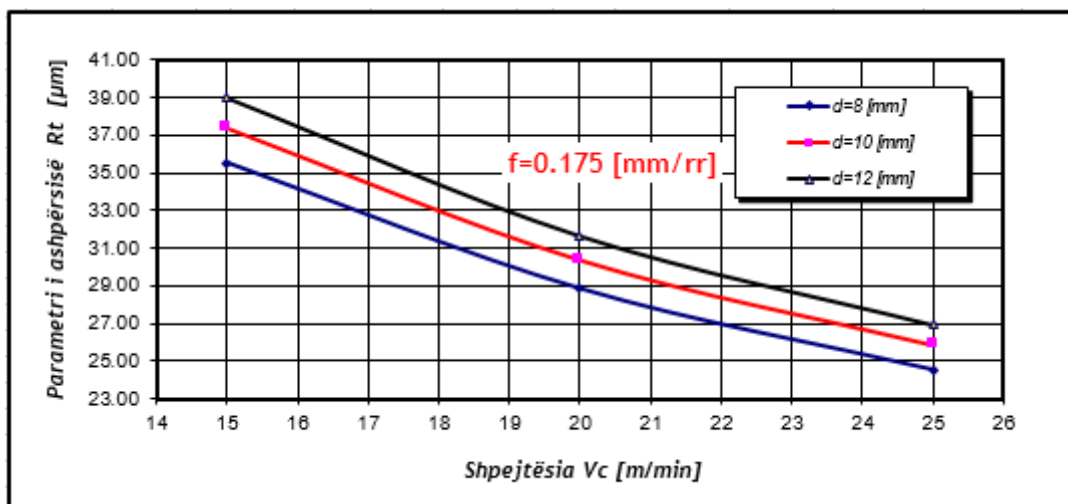


Fig. 4.2 Varësia e R_t prej shpejtësisë së prerjes dhe diametrit të puntos, për hapin f_{mes}

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------|--------|--------|--------|
| | 15 | 20 | 25 |
| d=8 [mm] | 46.087 | 37.426 | 31.846 |
| d=10 [mm] | 48.498 | 39.385 | 33.512 |
| d=12 [mm] | 50.562 | 41.061 | 34.938 |

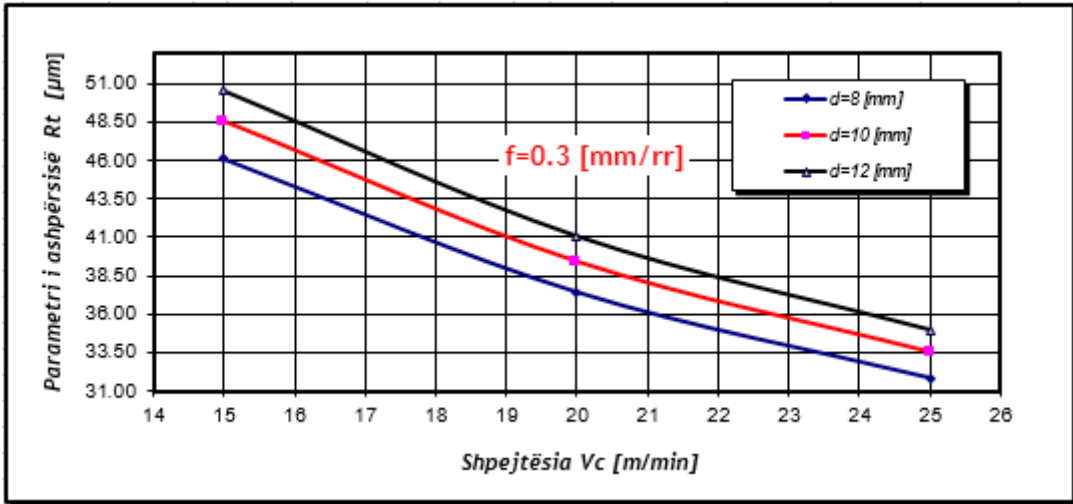


Fig. 4.3 Varësia e Rt prej shpejtësisë së prerjes dhe diametrit të puntos, për hapin f_{max}

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------------|--------|--------|--------|
| | 15 | 20 | 25 |
| f=0.1 [mm/rr] | 27.130 | 22.032 | 18.747 |
| f=0.175 [mm/rr] | 35.537 | 28.859 | 24.556 |
| f=0.3 [mm/rr] | 46.087 | 37.426 | 31.846 |

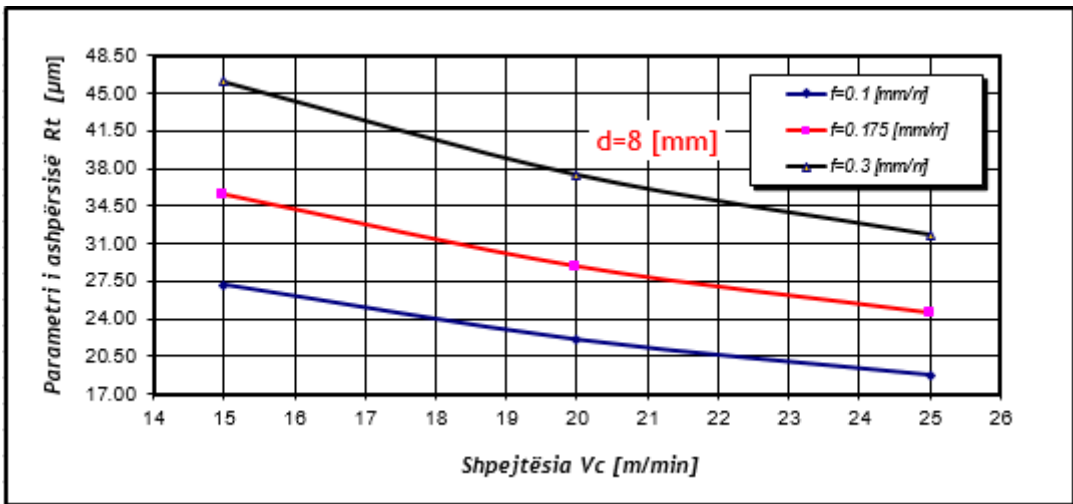


Fig. 4.4 Varësia e Rt prej shpejtësisë së prerjes dhe hapit punues, për diametrin e puntos d_{min}

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------------|--------|--------|--------|
| | 15 | 20 | 25 |
| f=0.1 [mm/rr] | 28.550 | 23.185 | 19.728 |
| f=0.175 [mm/rr] | 37.396 | 30.369 | 25.841 |
| f=0.3 [mm/rr] | 48.498 | 39.385 | 33.512 |

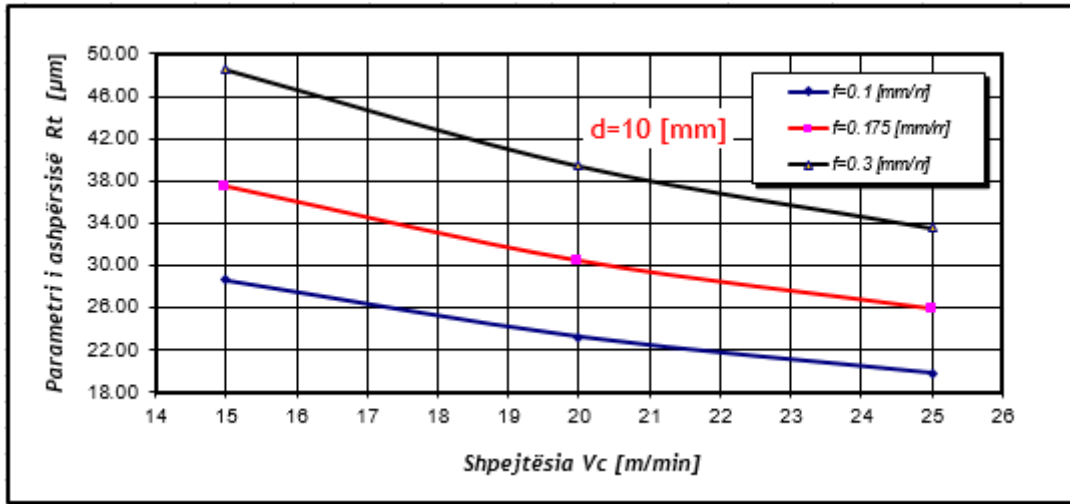


Fig. 4.5 Varësia e R_t prej shpejtësisë së prerjes dhe hapit punues, për diametrin e puntos d_{mes}

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------------|--------|--------|--------|
| | 15 | 20 | 25 |
| f=0.1 [mm/rr] | 29.765 | 24.172 | 20.568 |
| f=0.175 [mm/rr] | 38.987 | 31.661 | 26.940 |
| f=0.3 [mm/rr] | 50.562 | 41.061 | 34.938 |

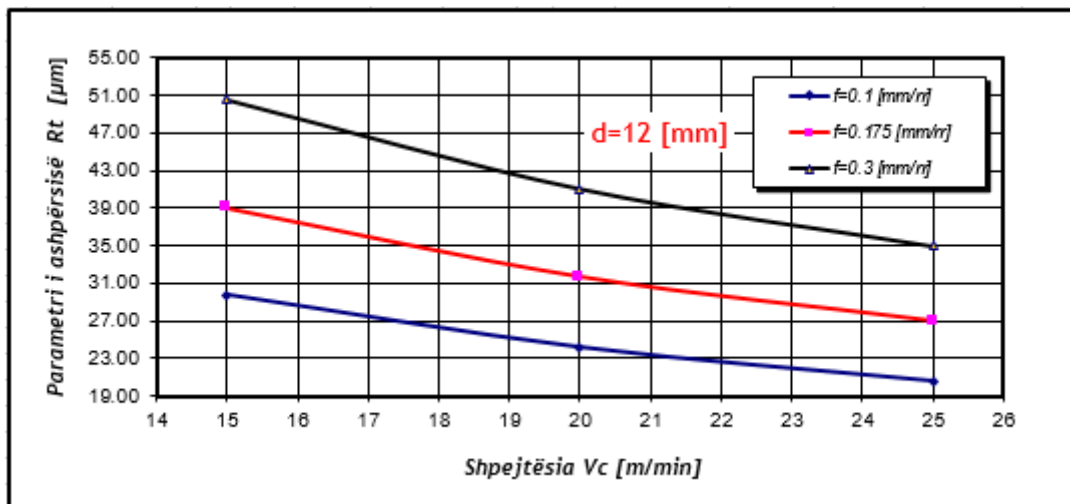


Fig. 4.6 Varësia e R_t prej shpejtësisë së prerjes dhe hapit punues, për diametrin e puntos d_{max}

| | fmin | fmes | fmax |
|--------------|--------|--------|--------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| V=15 [m/min] | 27.130 | 35.537 | 46.087 |
| V=20 [m/min] | 22.032 | 28.859 | 37.426 |
| V=25 [m/min] | 18.747 | 24.556 | 31.846 |

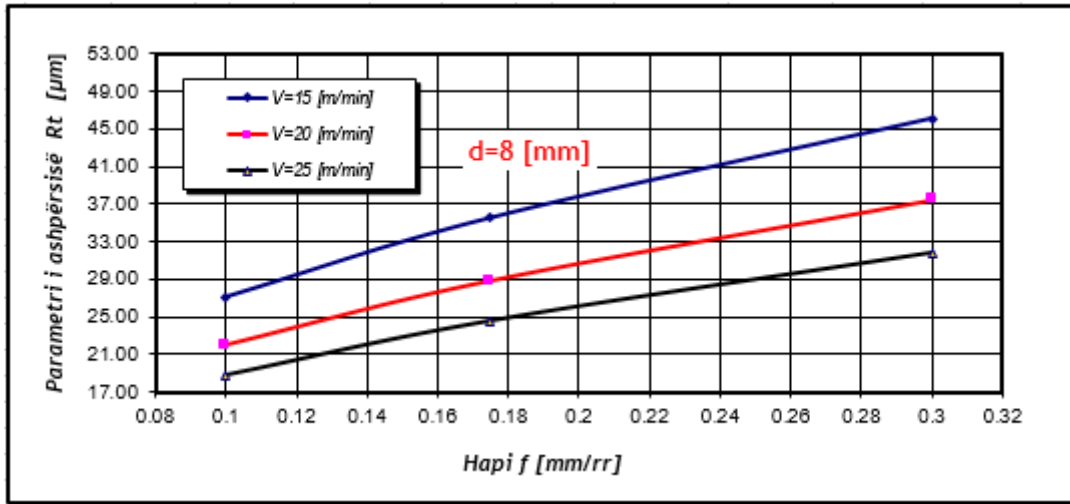


Fig. 4.7 Varësia e Rt prej hapit punues dhe shpejtësisë së prerjes, për diametrin e puntos d_{min}

| | fmin | fmes | fmax |
|--------------|--------|--------|--------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| V=15 [m/min] | 28.550 | 37.396 | 48.498 |
| V=20 [m/min] | 23.185 | 30.369 | 39.385 |
| V=25 [m/min] | 19.728 | 25.841 | 33.512 |

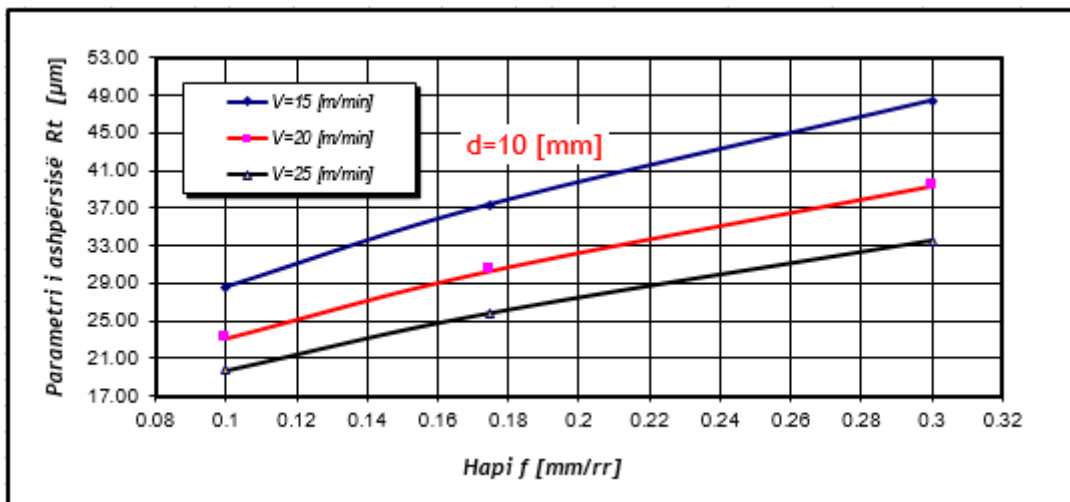


Fig. 4.8 Varësia e Rt prej hapit punues dhe shpejtësisë së prerjes, për diametrin e puntos d_{mes}

| | fmin | fmes | fmax |
|--------------|--------|--------|--------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| V=15 [m/min] | 29.765 | 38.987 | 50.562 |
| V=20 [m/min] | 24.172 | 31.661 | 41.061 |
| V=25 [m/min] | 20.568 | 26.940 | 34.938 |

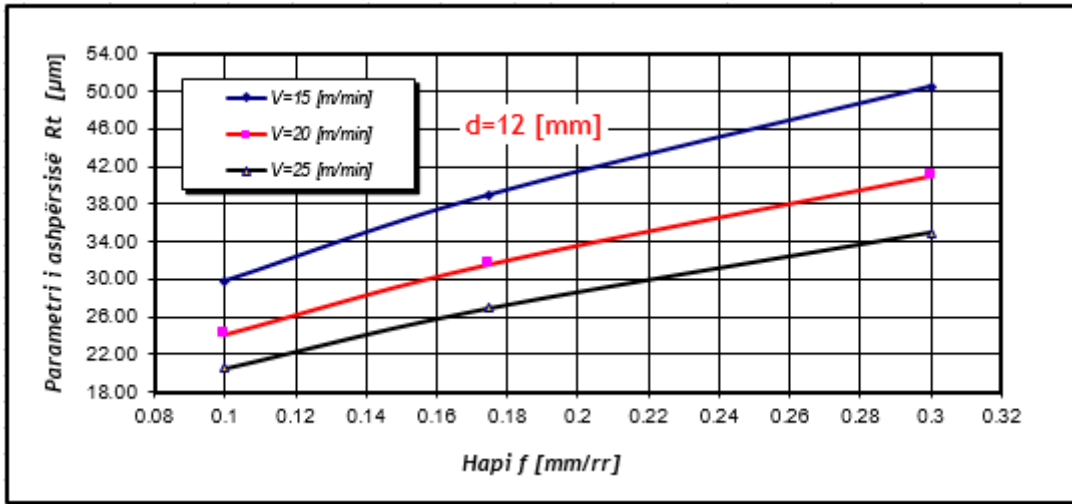


Fig. 4.9 Varësia e Rt prej hapit punues dhe shpejtësisë së prerjes, për diametrin e puntos d_{max}

| | fmin | fmes | fmax |
|-----------|--------|--------|--------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| d=8 [mm] | 27.130 | 35.537 | 46.087 |
| d=10 [mm] | 28.550 | 37.396 | 48.498 |
| d=12 [mm] | 29.765 | 38.987 | 50.562 |

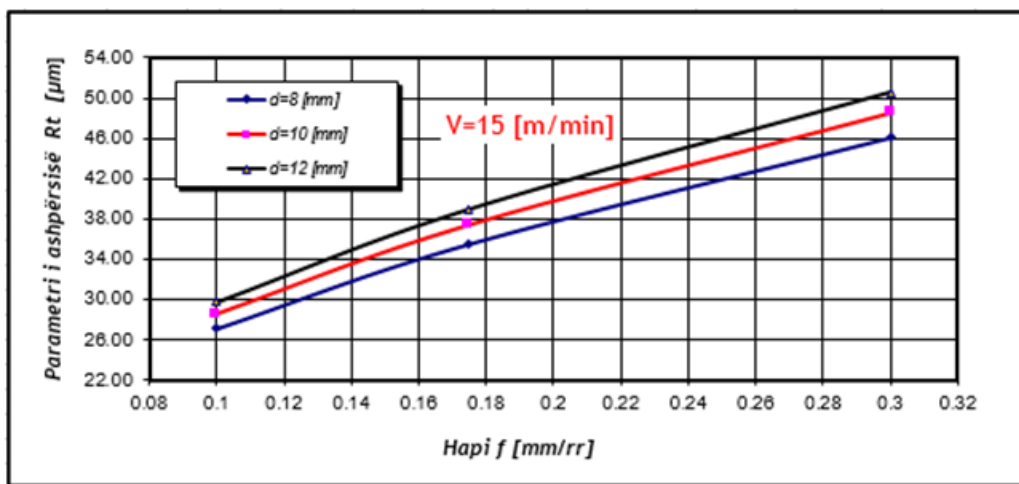


Fig. 4.10 Varësia e Rt prej hapit punues dhe diametrin për shpejtësinë e prerjes V_{cmin}

| | fmin | fmes | fmax |
|-----------|--------|--------|--------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| d=8 [mm] | 22.032 | 28.859 | 37.426 |
| d=10 [mm] | 23.185 | 30.369 | 39.385 |
| d=12 [mm] | 24.172 | 31.661 | 41.061 |

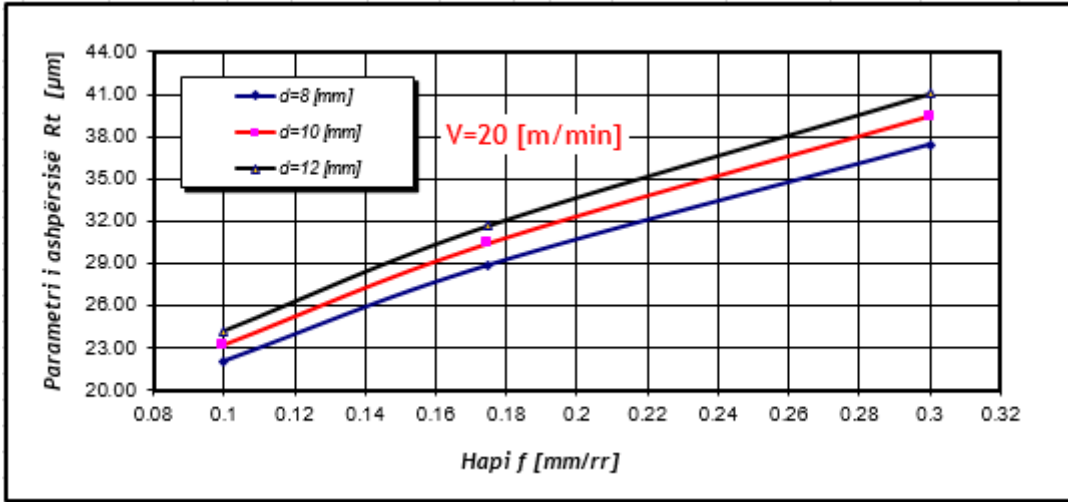


Fig. 4.11 Varësia e R_t prej hapit punues dhe diametrit për shpejtësinë e prerjes V_{cmes}

| | fmin | fmes | fmax |
|-----------|--------|--------|--------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| d=8 [mm] | 18.747 | 24.556 | 31.846 |
| d=10 [mm] | 19.728 | 25.841 | 33.512 |
| d=12 [mm] | 20.568 | 26.940 | 34.938 |

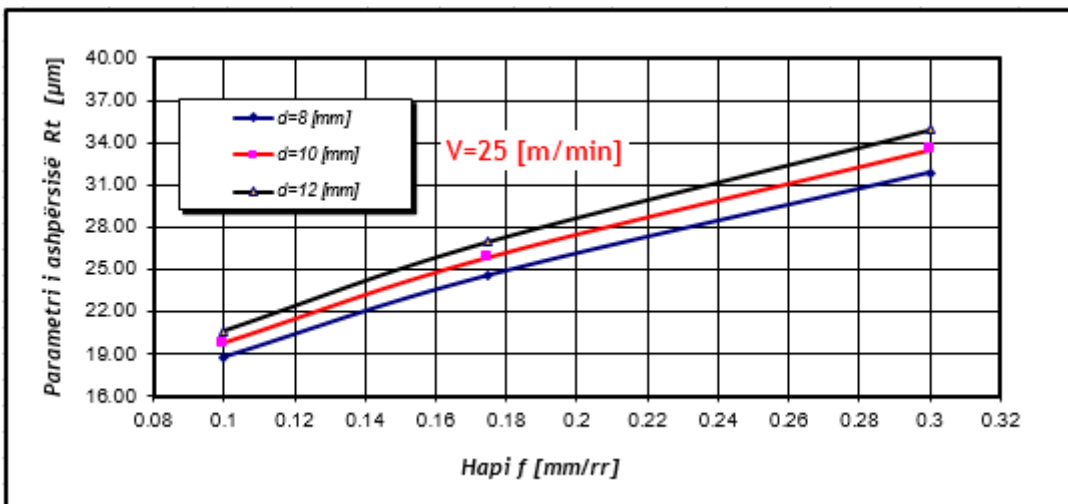


Fig. 4.12 Varësia e R_t prej hapit punues dhe diametrit për shpejtësinë e prerjes V_{cmax}

| | dmin | dmes | dmax |
|-----------------|--------|--------|--------|
| | 8 | 10 | 12 |
| f=0.1 [mm/rr] | 27.130 | 28.550 | 29.765 |
| f=0.175 [mm/rr] | 35.537 | 37.396 | 38.987 |
| f=0.3 [mm/rr] | 46.087 | 48.498 | 50.562 |

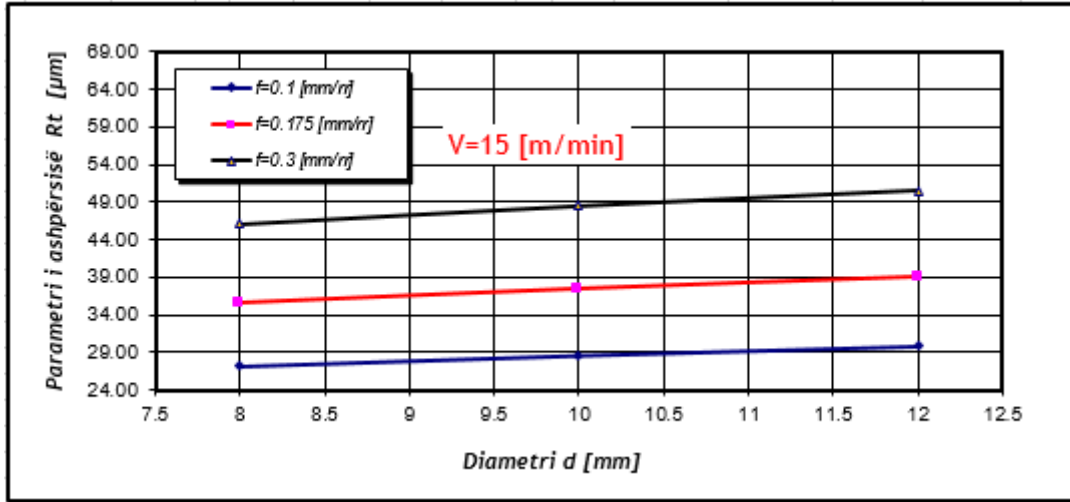


Fig .4.13 Varësia e R_t prej diametrit dhe hapit punues për shpejtësinë e prerjes V_{cmin}

| | dmin | dmes | dmax |
|-----------------|--------|--------|--------|
| | 8 | 10 | 12 |
| f=0.1 [mm/rr] | 22.032 | 23.185 | 24.172 |
| f=0.175 [mm/rr] | 28.859 | 30.369 | 31.661 |
| f=0.3 [mm/rr] | 37.426 | 39.385 | 41.061 |

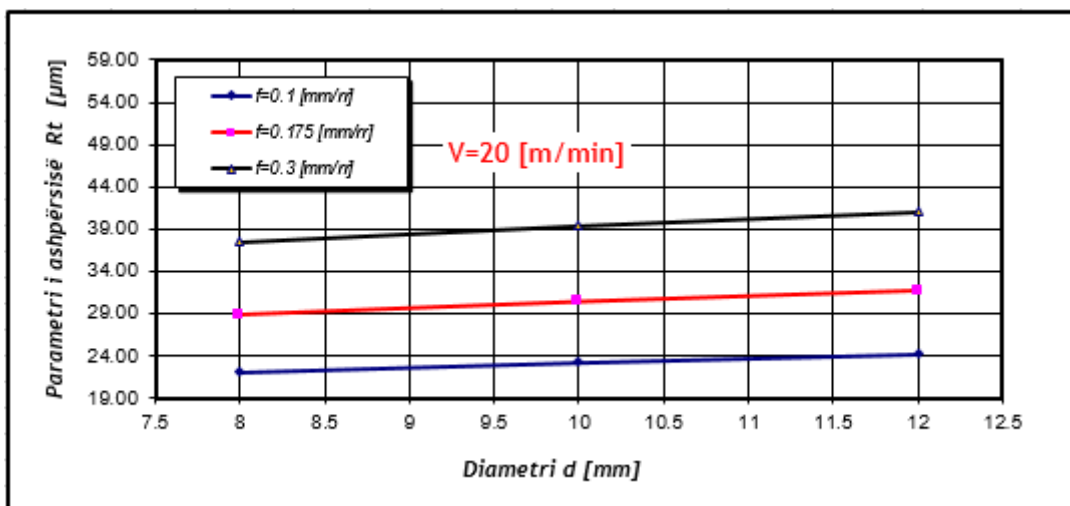


Fig. 4.14 Varësia e R_t prej diametrit dhe hapit punues për shpejtësinë e prerjes V_{cmes}

| | dmin | dmes | dmax |
|-----------------|--------|--------|--------|
| | 8 | 10 | 12 |
| f=0.1 [mm/rr] | 18.747 | 19.728 | 20.568 |
| f=0.175 [mm/rr] | 24.556 | 25.841 | 26.940 |
| f=0.3 [mm/rr] | 31.846 | 33.512 | 34.938 |

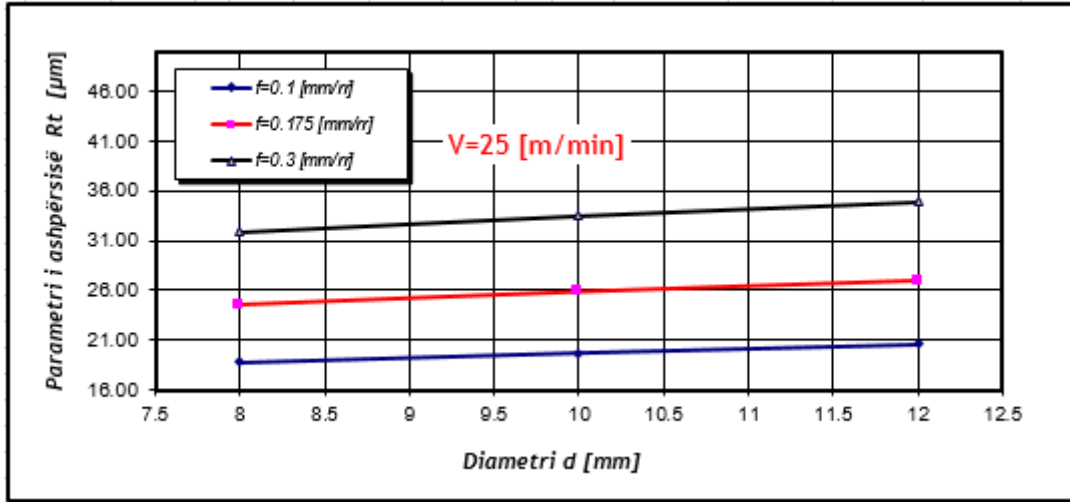


Fig. 4.15 Varësia e R_t prej diametrit dhe hapit punues për shpejtësinë e prerjes V_{cmax}

| | dmin | dmes | dmax |
|--------------|--------|--------|--------|
| | 8 | 10 | 12 |
| V=15 [m/min] | 27.130 | 28.550 | 29.765 |
| V=20 [m/min] | 22.032 | 23.185 | 24.172 |
| V=25 [m/min] | 18.747 | 19.728 | 20.568 |

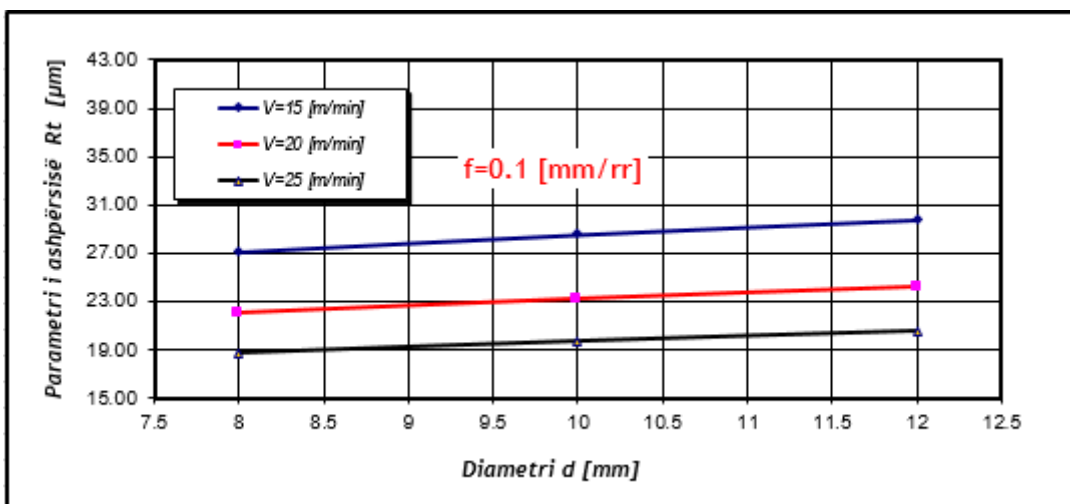


Fig. 4.16 Varësia e R_t prej diametrit dhe shpejtësisë së prerjes, për hapin punues f_{min}

| | dmin | dmes | dmax |
|--------------|--------|--------|--------|
| | 8 | 10 | 12 |
| V=15 [m/min] | 35.537 | 37.396 | 38.987 |
| V=20 [m/min] | 28.859 | 30.369 | 31.661 |
| V=25 [m/min] | 24.556 | 25.841 | 26.940 |

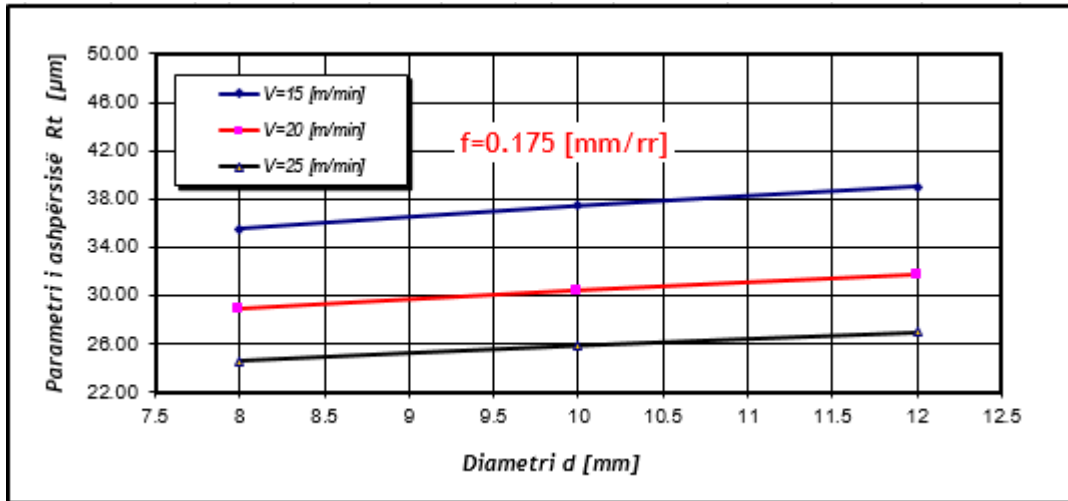


Fig. 4.17 Varësia e Rt prej diametrit dhe shpejtësisë së prerjes, për hapin punues f_{mes}

| | dmin | dmes | dmax |
|--------------|--------|--------|--------|
| | 8 | 10 | 12 |
| V=15 [m/min] | 46.087 | 48.498 | 50.562 |
| V=20 [m/min] | 37.426 | 39.385 | 41.061 |
| V=25 [m/min] | 31.846 | 33.512 | 34.938 |

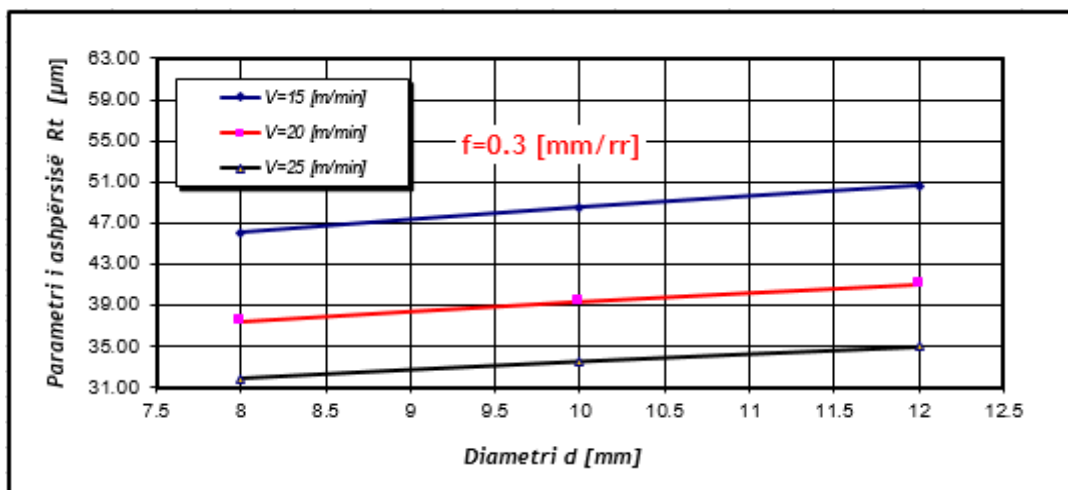


Fig. 4.18 Varësia e Rt prej diametrit dhe shpejtësisë së prerjes, për hapin punues f_{max}

$$TW = C_{TW} \cdot v^{p_v} \cdot f^{p_f} \cdot d^{p_d} = 0.034627 \cdot v^{0.769798} \cdot f^{0.546326435} \cdot d^{0.13371}$$

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------|-------|-------|-------|
| | 15 | 20 | 25 |
| d=8 [mm] | 0.105 | 0.130 | 0.155 |
| d=10 [mm] | 0.108 | 0.134 | 0.160 |
| d=12 [mm] | 0.110 | 0.138 | 0.163 |

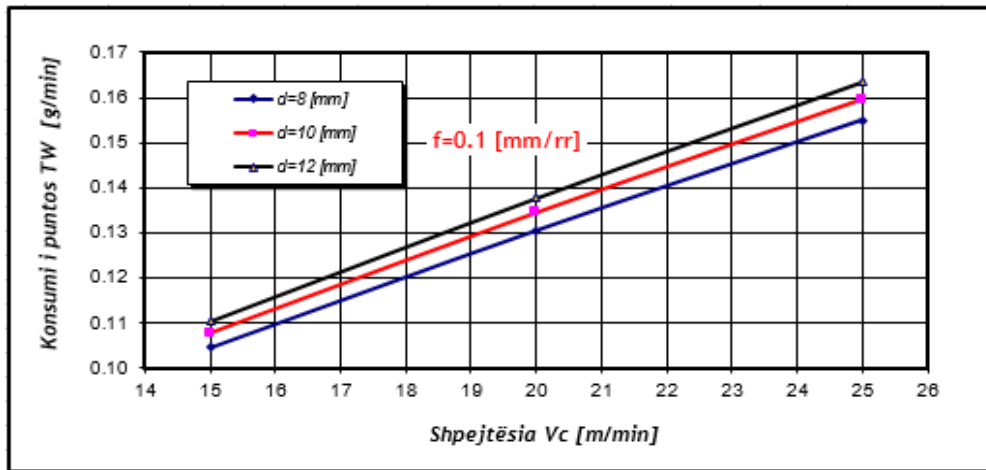


Fig. 5.1 Varësia e TW prej shpejtësisë së prerjes dhe diametrit të puntos, për hapin f_{min}

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------|-------|-------|-------|
| | 15 | 20 | 25 |
| d=8 [mm] | 0.142 | 0.177 | 0.210 |
| d=10 [mm] | 0.146 | 0.182 | 0.217 |
| d=12 [mm] | 0.150 | 0.187 | 0.222 |

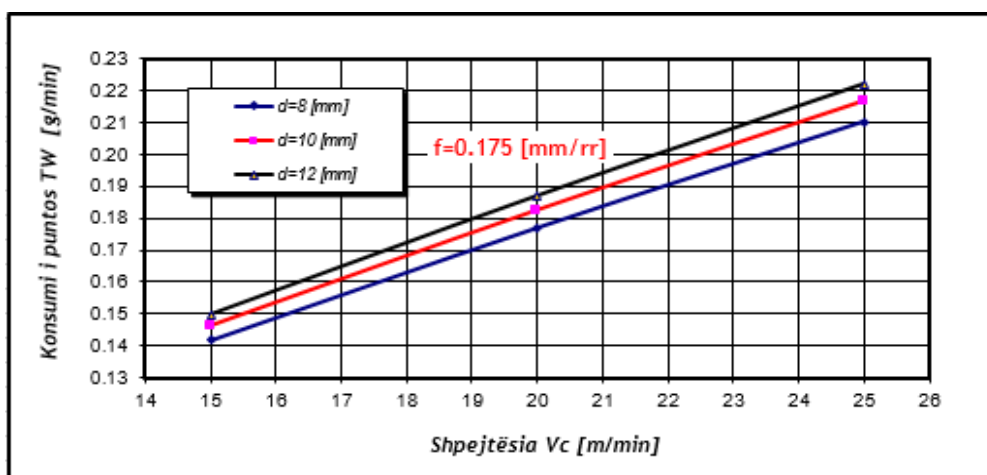


Fig. 5.2 Varësia e TW prej shpejtësisë së prerjes dhe diametrit të puntos, për hapin f_{mes}

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------|-------|-------|-------|
| | 15 | 20 | 25 |
| d=8 [mm] | 0.190 | 0.238 | 0.282 |
| d=10 [mm] | 0.196 | 0.245 | 0.291 |
| d=12 [mm] | 0.201 | 0.251 | 0.298 |

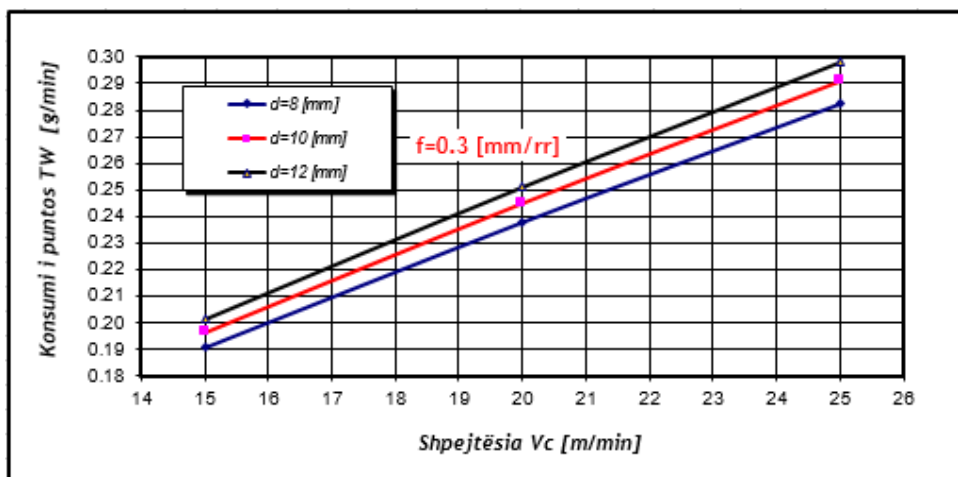


Fig. 5.3 Varësia e TW prej shpejtësisë së prerjes dhe diametrit të puntos, për hapin f_{max}

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------------|-------|-------|-------|
| | 15 | 20 | 25 |
| f=0.1 [mm/rr] | 0.105 | 0.130 | 0.155 |
| f=0.175 [mm/rr] | 0.142 | 0.177 | 0.210 |
| f=0.3 [mm/rr] | 0.190 | 0.238 | 0.282 |

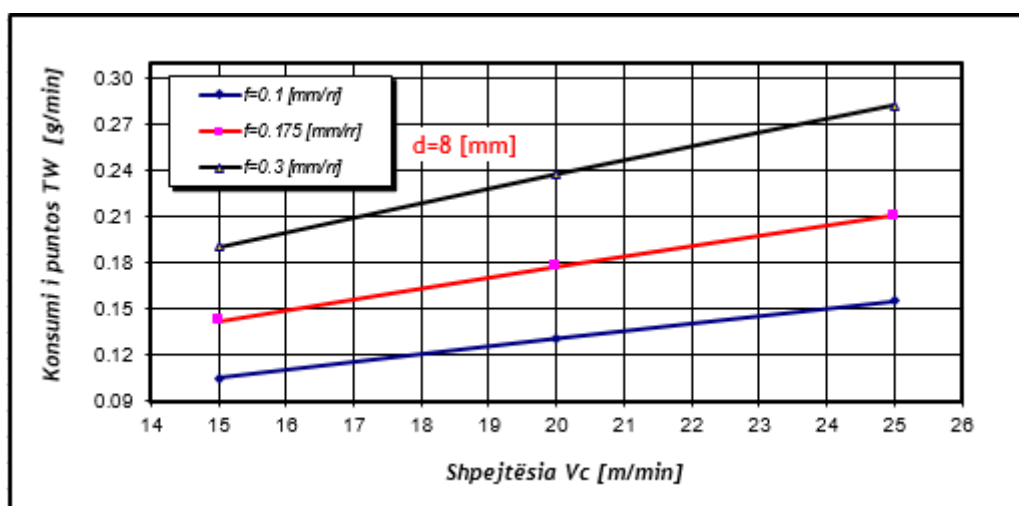


Fig. 5.4 Varësia e TW prej shpejtësisë së prerjes dhe hapit punues, për diametrin e puntos d_{min}

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------------|-------|-------|-------|
| | 15 | 20 | 25 |
| f=0.1 [mm/rr] | 0.108 | 0.134 | 0.160 |
| f=0.175 [mm/rr] | 0.146 | 0.182 | 0.217 |
| f=0.3 [mm/rr] | 0.196 | 0.245 | 0.291 |

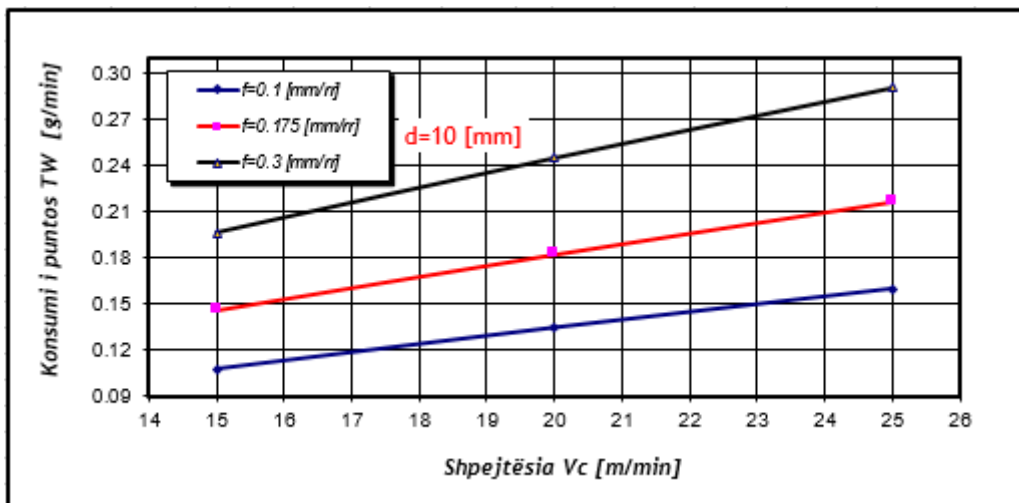


Fig. 5.5 Varësia e TW prej shpejtësisë së prerjes dhe hapit punues, për diametrin e puntos d_{mes}

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------------|-------|-------|-------|
| | 15 | 20 | 25 |
| f=0.1 [mm/rr] | 0.110 | 0.138 | 0.163 |
| f=0.175 [mm/rr] | 0.150 | 0.187 | 0.222 |
| f=0.3 [mm/rr] | 0.201 | 0.251 | 0.298 |

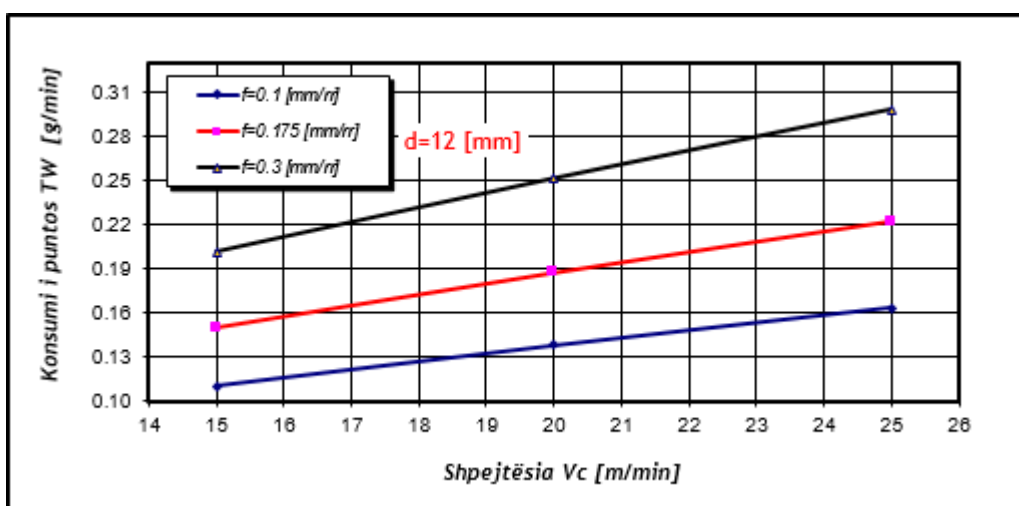


Fig. 5.6 Varësia e TW prej shpejtësisë së prerjes dhe hapit punues, për diametrin e puntos d_{max}

| | fmin | fmes | fmax |
|--------------|-------|-------|-------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| V=15 [m/min] | 0.105 | 0.142 | 0.190 |
| V=20 [m/min] | 0.130 | 0.177 | 0.238 |
| V=25 [m/min] | 0.155 | 0.210 | 0.282 |

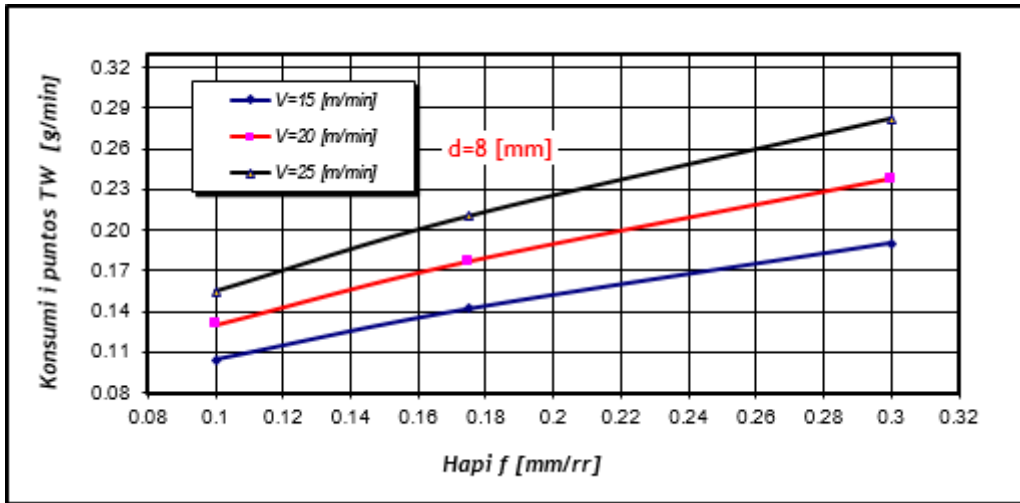


Fig. 5.7 Varësia e TW prej hapit punues dhe shpejtësisë së prerjes, për diametrin e puntos d_{min}

| | fmin | fmes | fmax |
|--------------|-------|-------|-------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| V=15 [m/min] | 0.108 | 0.146 | 0.196 |
| V=20 [m/min] | 0.134 | 0.182 | 0.245 |
| V=25 [m/min] | 0.160 | 0.217 | 0.291 |

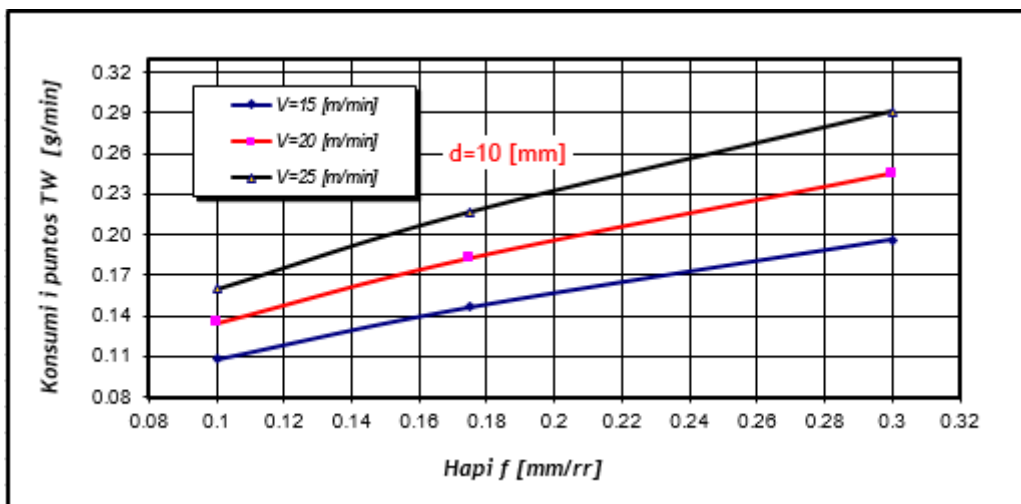


Fig. 5.8 Varësia e TW prej hapit punues dhe shpejtësisë së prerjes, për diametrin e puntos d_{mes}

| | fmin | fmes | fmax |
|--------------|-------|-------|-------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| V=15 [m/min] | 0.110 | 0.150 | 0.201 |
| V=20 [m/min] | 0.138 | 0.187 | 0.251 |
| V=25 [m/min] | 0.163 | 0.222 | 0.298 |

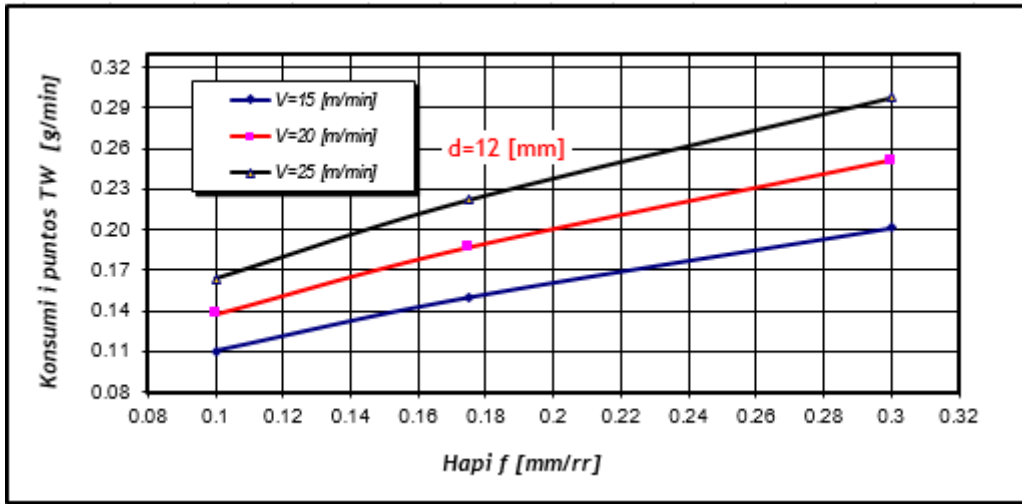


Fig. 5.9 Varësia e TW prej hapit punues dhe shpejtësisë së prerjes, për diametrin e puntos d_{max}

| | fmin | fmes | fmax |
|-----------|-------|-------|-------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| d=8 [mm] | 0.105 | 0.142 | 0.190 |
| d=10 [mm] | 0.108 | 0.146 | 0.196 |
| d=12 [mm] | 0.110 | 0.150 | 0.201 |

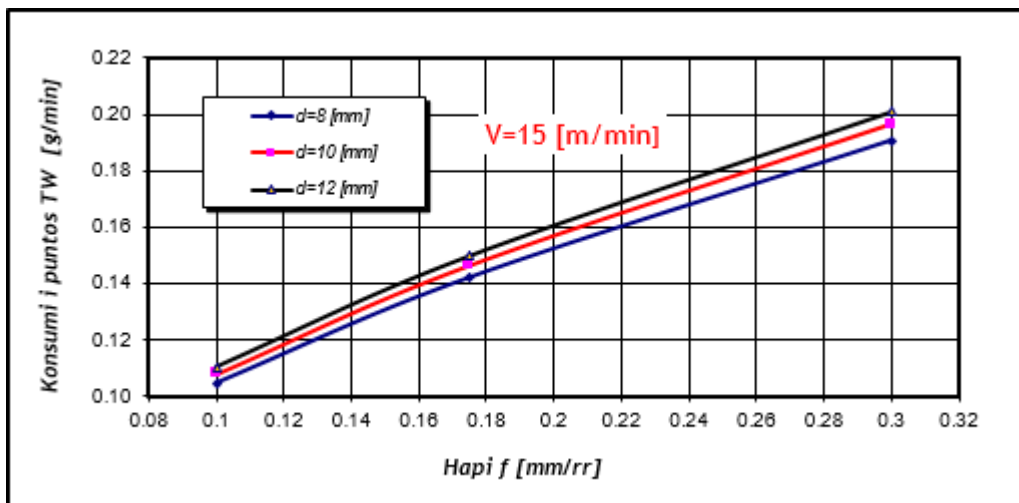


Fig. 5.10 Varësia e TW prej hapit punues dhe diametrin për shpejtësinë e prerjes V_{min}

| | fmin | fmes | fmax |
|-----------|-------|-------|-------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| d=8 [mm] | 0.130 | 0.177 | 0.238 |
| d=10 [mm] | 0.134 | 0.182 | 0.245 |
| d=12 [mm] | 0.138 | 0.187 | 0.251 |

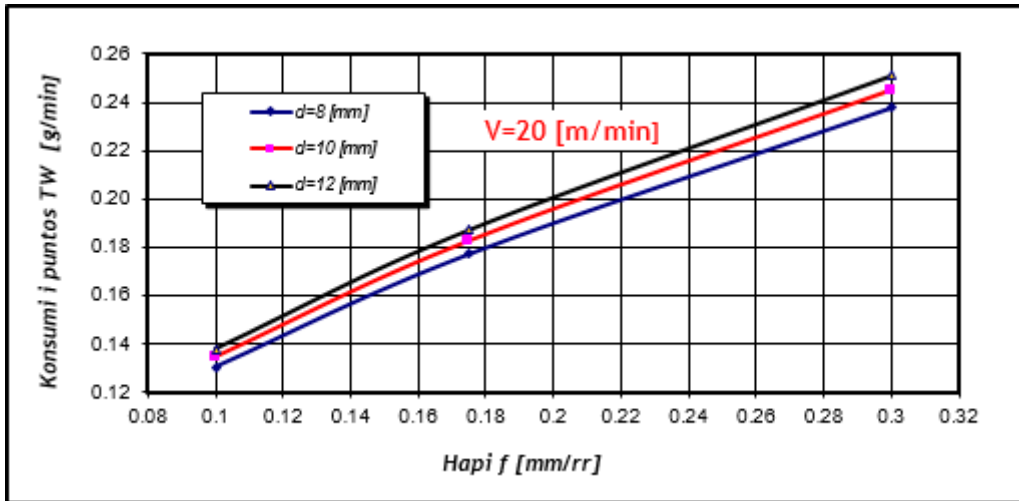


Fig. 5.11 Varësia e TW prej hapit punues dhe diametrit për shpejtësinë e prerjes V_{cmes}

| | fmin | fmes | fmax |
|-----------|-------|-------|-------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| d=8 [mm] | 0.155 | 0.210 | 0.282 |
| d=10 [mm] | 0.160 | 0.217 | 0.291 |
| d=12 [mm] | 0.163 | 0.222 | 0.298 |

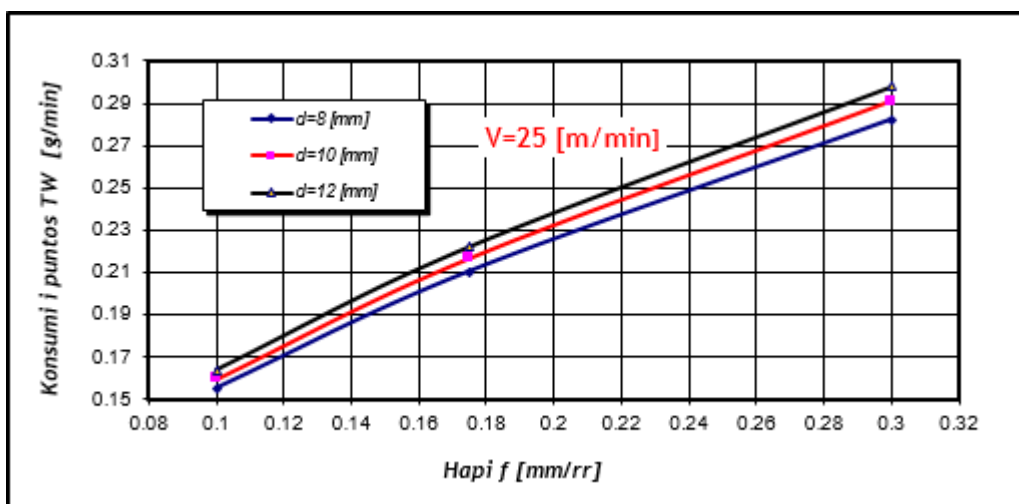


Fig. 5.12 Varësia e TW prej hapit punues dhe diametrit për shpejtësinë e prerjes V_{cmax}

| | dmin | dmes | dmax |
|-----------------|-------|-------|-------|
| | 8 | 10 | 12 |
| f=0.1 [mm/rr] | 0.105 | 0.108 | 0.110 |
| f=0.175 [mm/rr] | 0.142 | 0.146 | 0.150 |
| f=0.3 [mm/rr] | 0.190 | 0.196 | 0.201 |

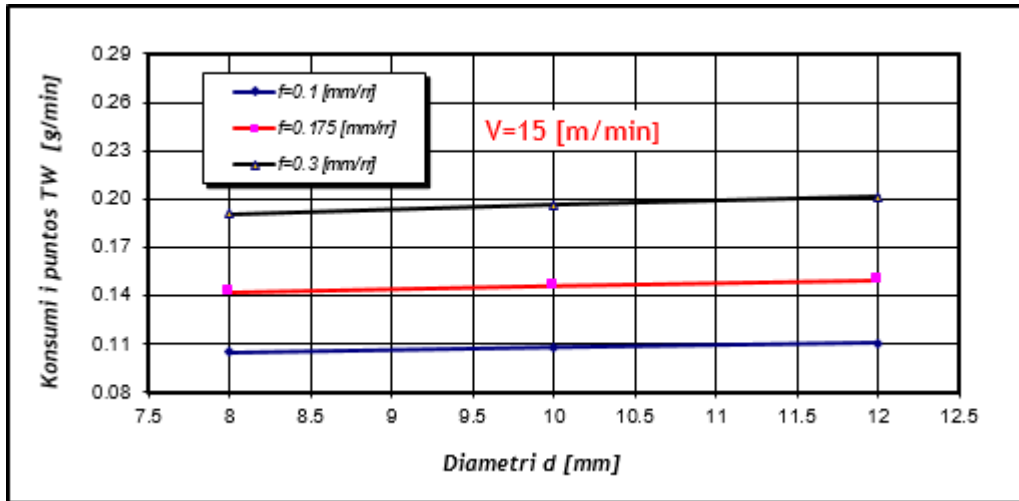


Fig. 5.13 Varësia e TW prej diametrit dhe hapit punues për shpejtësinë e prerjes V_{cmin}

| | dmin | dmes | dmax |
|-----------------|-------|-------|-------|
| | 8 | 10 | 12 |
| f=0.1 [mm/rr] | 0.130 | 0.134 | 0.138 |
| f=0.175 [mm/rr] | 0.177 | 0.182 | 0.187 |
| f=0.3 [mm/rr] | 0.238 | 0.245 | 0.251 |

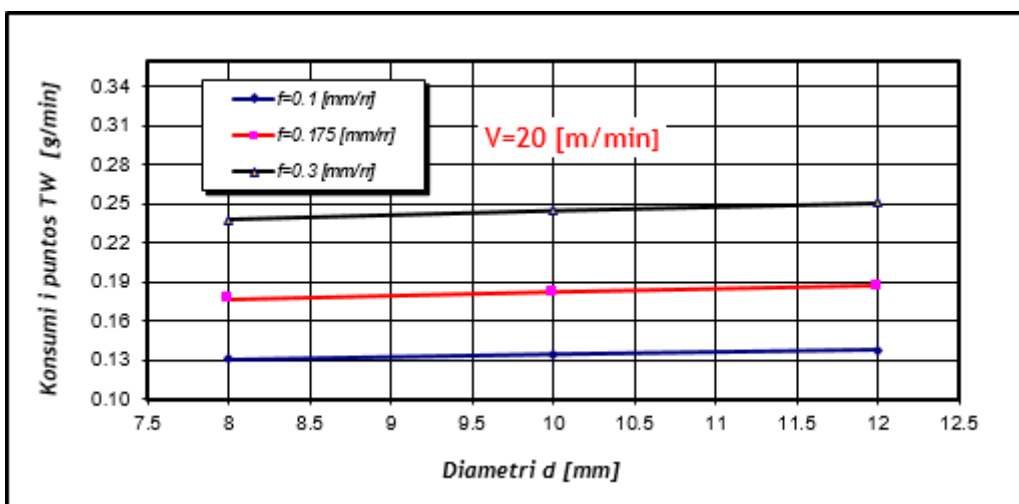


Fig. 5.14 Varësia e TW prej diametrit dhe hapit punues për shpejtësinë e prerjes V_{cmes}

| | dmin | dmes | dmax |
|-----------------|-------|-------|-------|
| | 8 | 10 | 12 |
| f=0.1 [mm/rr] | 0.155 | 0.160 | 0.163 |
| f=0.175 [mm/rr] | 0.210 | 0.217 | 0.222 |
| f=0.3 [mm/rr] | 0.282 | 0.291 | 0.298 |

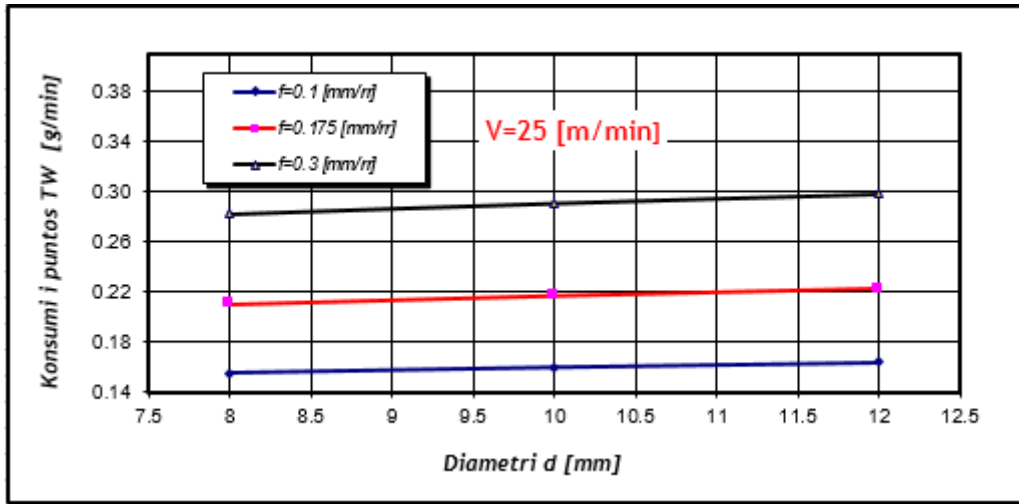


Fig. 5.15 Varësia e TW prej diametrit dhe hapit punues për shpejtësinë e prerjes V_{cmax}

| | dmin | dmes | dmax |
|--------------|-------|-------|-------|
| | 8 | 10 | 12 |
| V=15 [m/min] | 0.105 | 0.108 | 0.110 |
| V=20 [m/min] | 0.130 | 0.134 | 0.138 |
| V=25 [m/min] | 0.155 | 0.160 | 0.163 |

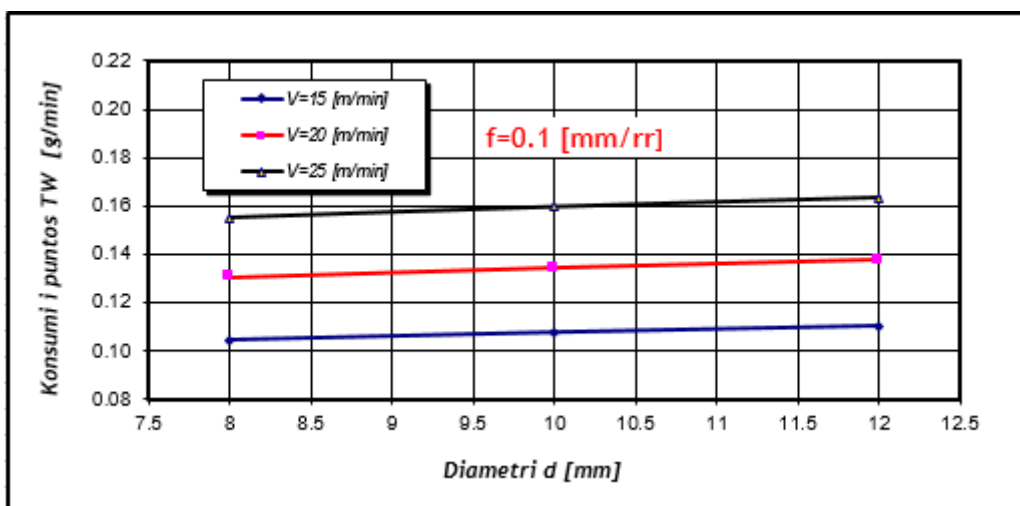


Fig. 5.16 Varësia e TW prej diametrit dhe shpejtësisë së prerjes, për hapin punues f_{min}

| | dmin | dmes | dmax |
|--------------|-------|-------|-------|
| | 8 | 10 | 12 |
| V=15 [m/min] | 0.142 | 0.146 | 0.150 |
| V=20 [m/min] | 0.177 | 0.182 | 0.187 |
| V=25 [m/min] | 0.210 | 0.217 | 0.222 |

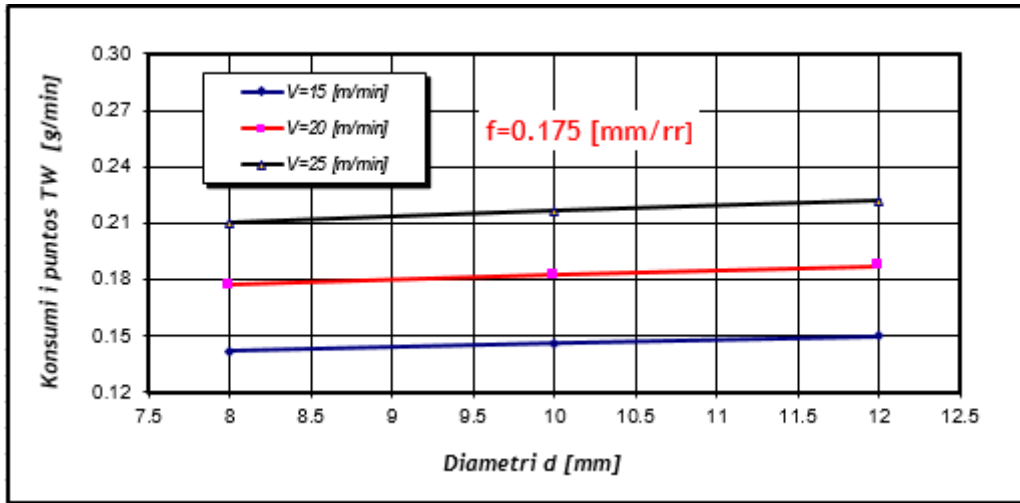


Fig. 5.17 Varësia e TW prej diametrit dhe shpejtësisë së prerjes, për hapin punues f_{mes}

| | dmin | dmes | dmax |
|--------------|-------|-------|-------|
| | 8 | 10 | 12 |
| V=15 [m/min] | 0.190 | 0.196 | 0.201 |
| V=20 [m/min] | 0.238 | 0.245 | 0.251 |
| V=25 [m/min] | 0.282 | 0.291 | 0.298 |

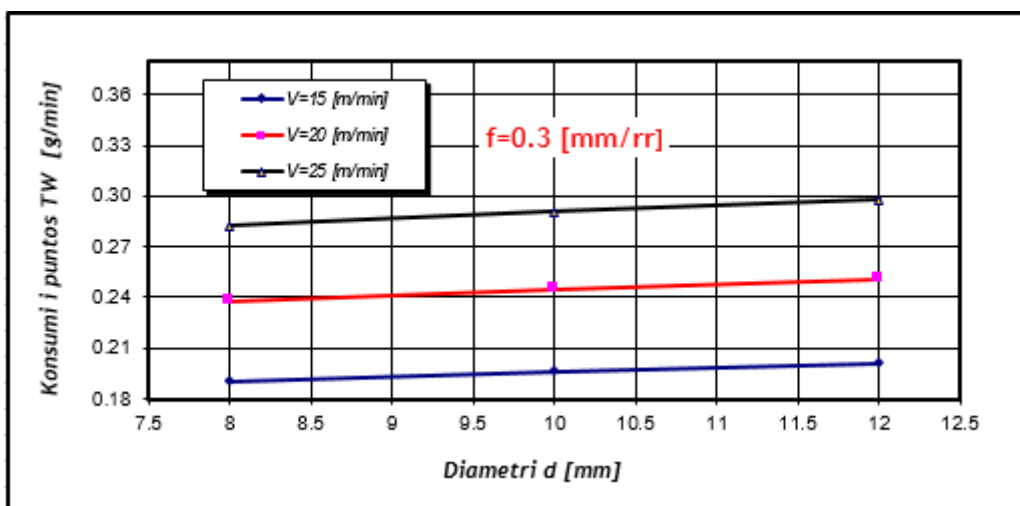


Fig. 5.18 Varësia e TW prej diametrit dhe shpejtësisë së prerjes, për hapin punues f_{max}

$$MRR = C_{MRR} \cdot v^{P_v} \cdot f^{P_f} \cdot d^{P_d} = 255.3046531 \cdot v^1 \cdot f^{0.999999} \cdot d^{0.999999}$$

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------|----------|----------|----------|
| | 15 | 20 | 25 |
| d=8 [mm] | 3063.724 | 4084.966 | 5106.207 |
| d=10 [mm] | 3829.570 | 5106.093 | 6382.616 |
| d=12 [mm] | 4595.400 | 6127.200 | 7659.000 |

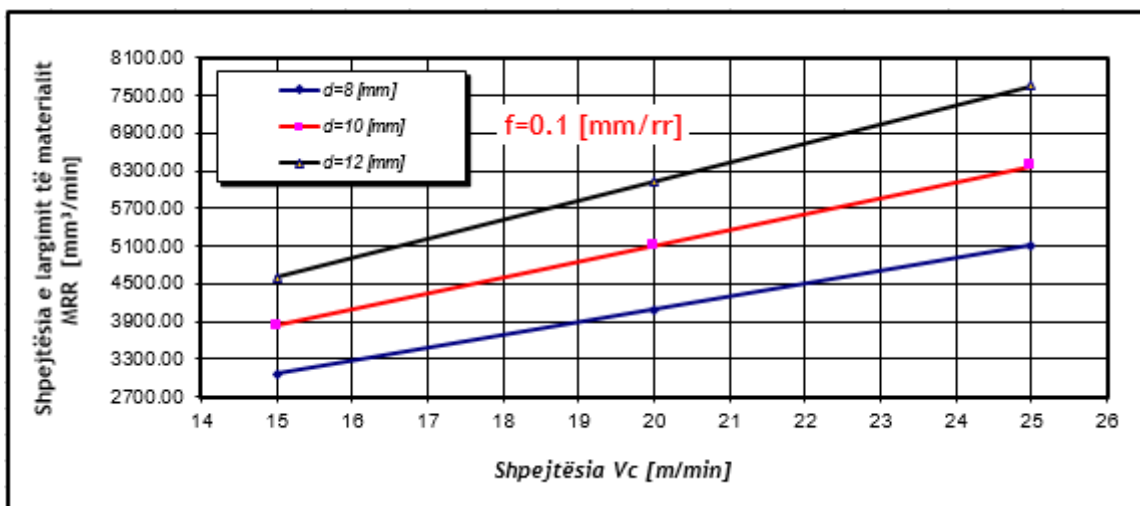


Fig. 6.1 Varësia e MRR prej shpejtësisë së prerjes dhe diametrit të puntos, për hapin f_{min}

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------|----------|-----------|-----------|
| | 15 | 20 | 25 |
| d=8 [mm] | 5361.217 | 7148.290 | 8935.362 |
| d=10 [mm] | 6701.372 | 8935.163 | 11168.954 |
| d=12 [mm] | 8041.500 | 10722.000 | 13402.500 |

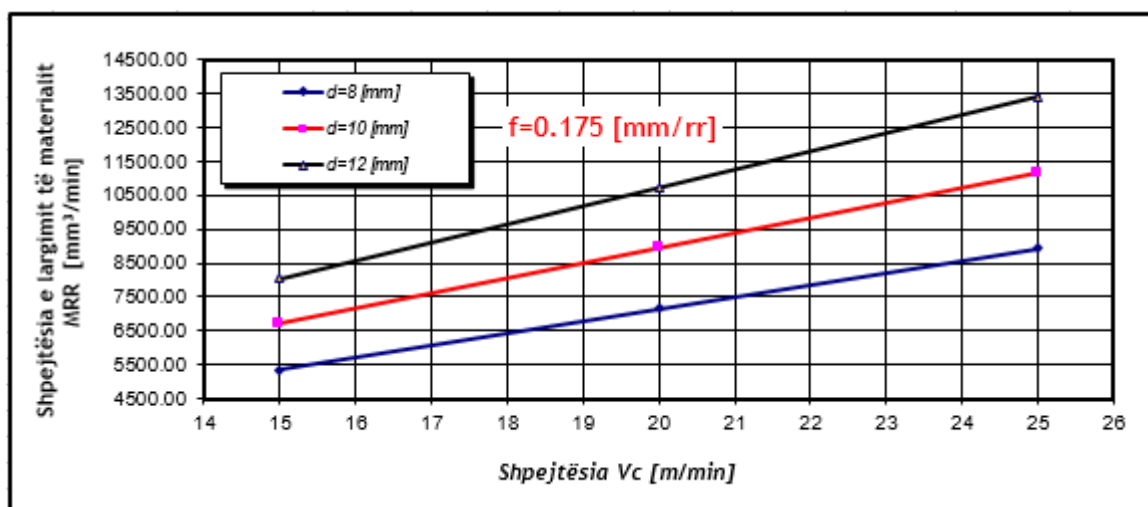


Fig. 6.2 Varësia e MRR prej shpejtësisë së prerjes dhe diametrit të puntos, për hapin f_{mes}

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 15 | 20 | 25 |
| d=8 [mm] | 9190.163 | 12253.551 | 15316.938 |
| d=10 [mm] | 11487.447 | 15316.596 | 19145.745 |
| d=12 [mm] | 13784.685 | 18379.581 | 22974.476 |

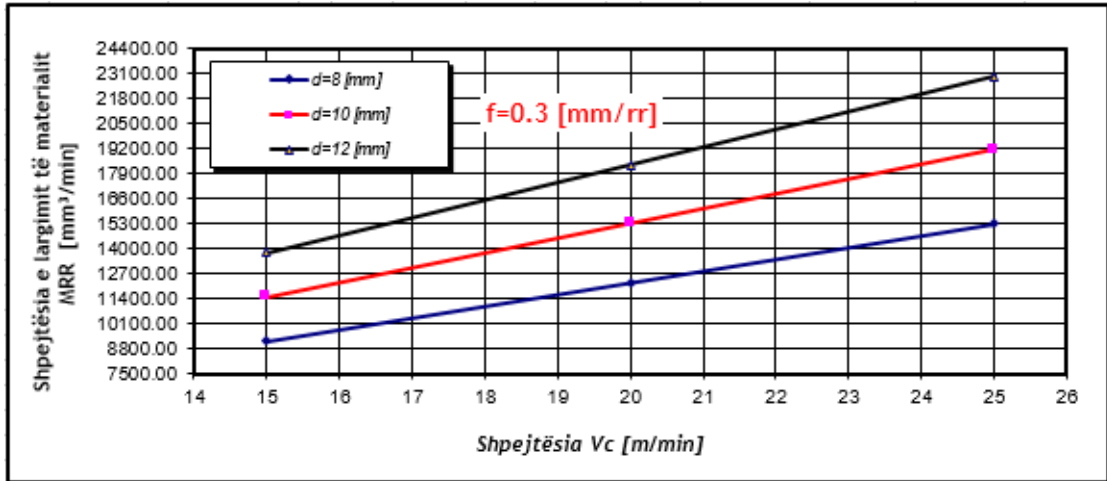


Fig. 6.3 Varësia e MRR prej shpejtësisë së prerjes dhe diametrit të puntos, për hapin f_{max}

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------------|----------|-----------|-----------|
| | 15 | 20 | 25 |
| f=0.1 [mm/rr] | 3063.724 | 4084.966 | 5106.207 |
| f=0.175 [mm/rr] | 5361.217 | 7148.290 | 8935.362 |
| f=0.3 [mm/rr] | 9190.163 | 12253.551 | 15316.938 |

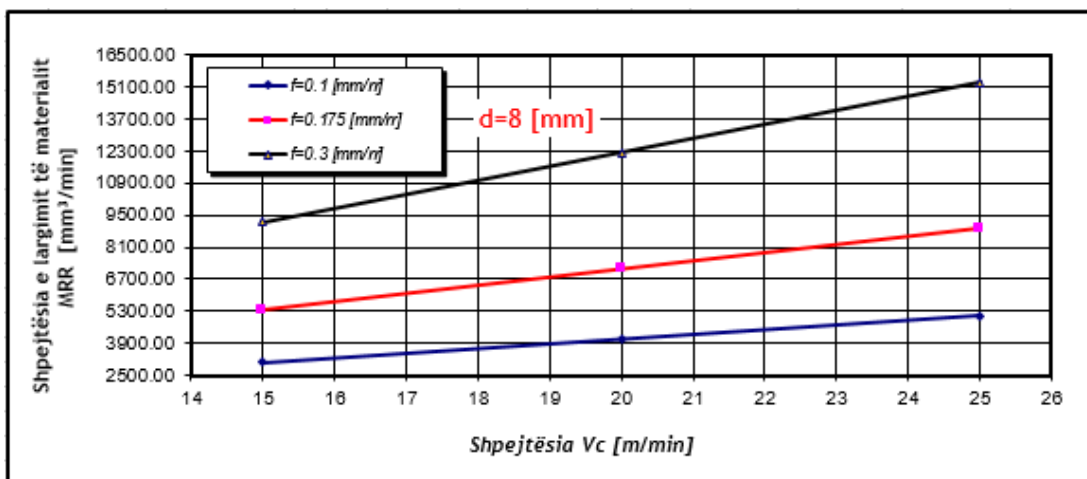


Fig. 6.4 Varësia e MRR prej shpejtësisë së prerjes dhe hapit punues, për diametrin e puntos d_{min}

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|
| | 15 | 20 | 25 |
| f=0.1 [mm/rr] | 3829.570 | 5106.093 | 6382.616 |
| f=0.175 [mm/rr] | 6701.372 | 8935.163 | 11168.954 |
| f=0.3 [mm/rr] | 11487.447 | 15316.596 | 19145.745 |

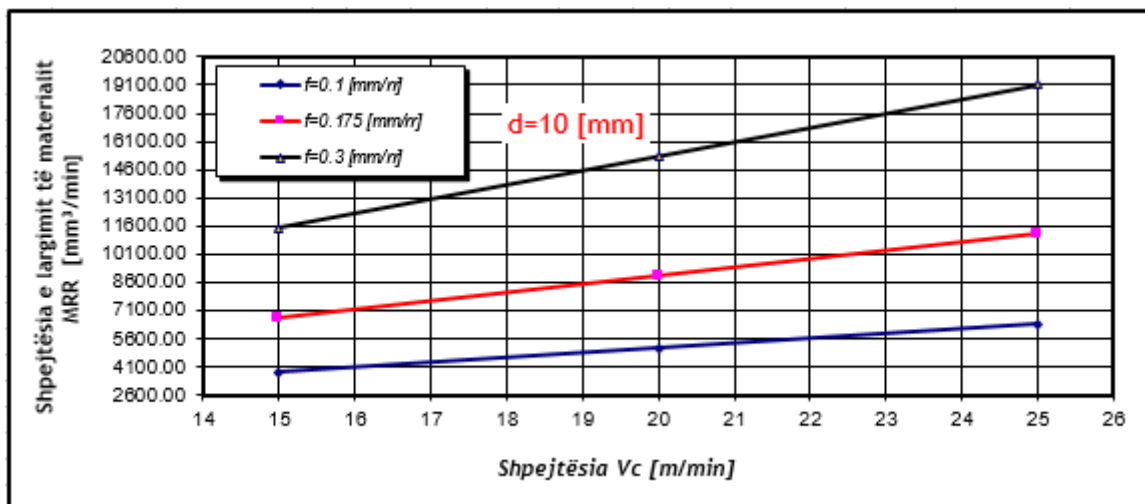


Fig. 6.5 Varësia e MRR prej shpejtësisë së prerjes dhe hapit punues, për diametrin e puntos d_{mes}

| | Vmin | Vmes | Vmax |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|
| | 15 | 20 | 25 |
| f=0.1 [mm/rr] | 4595.400 | 6127.200 | 7659.000 |
| f=0.175 [mm/rr] | 8041.500 | 10722.000 | 13402.500 |
| f=0.3 [mm/rr] | 13784.685 | 18379.581 | 22974.476 |

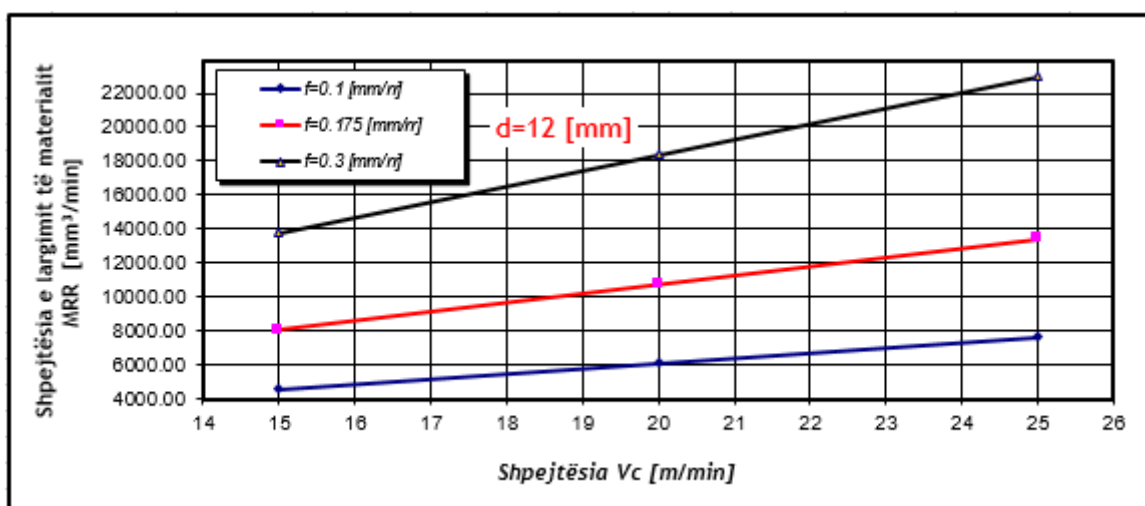


Fig. 6.6 Varësia e MRR prej shpejtësisë së prerjes dhe hapit punues, për diametrin e puntos d_{max}

| | fmin | fmes | fmax |
|--------------|----------|----------|-----------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| V=15 [m/min] | 3063.724 | 5361.217 | 9190.163 |
| V=20 [m/min] | 4084.966 | 7148.290 | 12253.551 |
| V=25 [m/min] | 5106.207 | 8935.362 | 15316.938 |

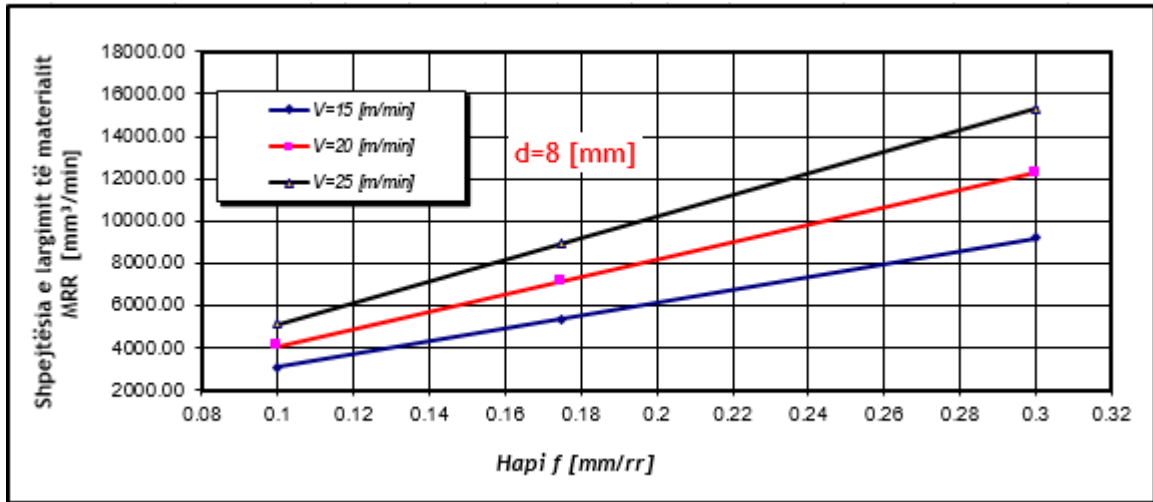


Fig. 6.7 Varësia e MRR prej hapit punues dhe shpejtësisë së prerjes, për diametrin e puntos d_{min}

| | fmin | fmes | fmax |
|--------------|----------|-----------|-----------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| V=15 [m/min] | 3829.570 | 6701.372 | 11487.447 |
| V=20 [m/min] | 5106.093 | 8935.163 | 15316.596 |
| V=25 [m/min] | 6382.616 | 11168.954 | 19145.745 |

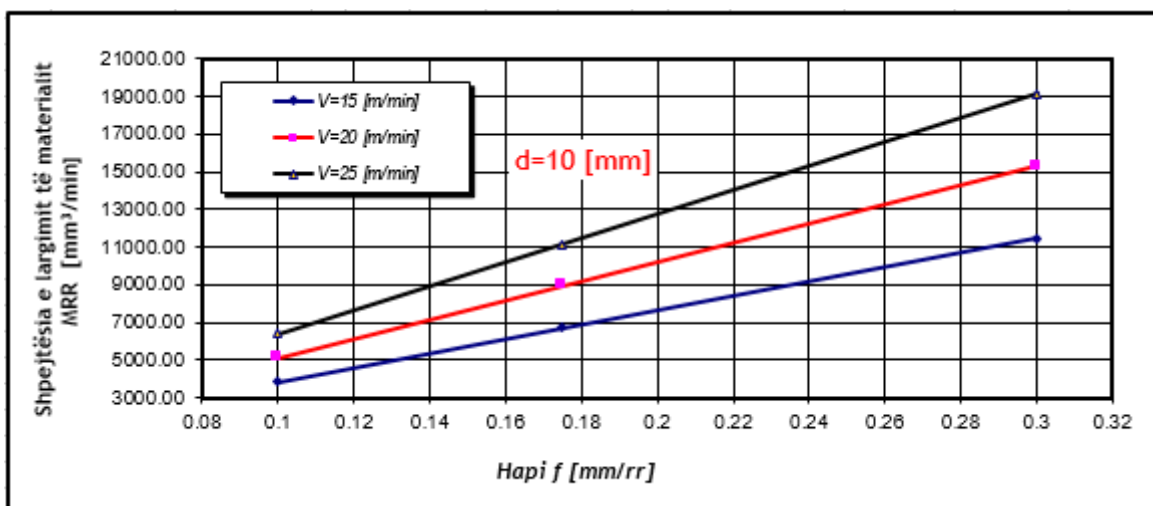


Fig. 6.8 Varësia e MRR prej hapit punues dhe shpejtësisë së prerjes, për diametrin e puntos d_{mes}

| | fmin | fmes | fmax |
|--------------|----------|-----------|-----------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| V=15 [m/min] | 4595.400 | 8041.500 | 13784.685 |
| V=20 [m/min] | 6127.200 | 10722.000 | 18379.581 |
| V=25 [m/min] | 7659.000 | 13402.500 | 22974.476 |

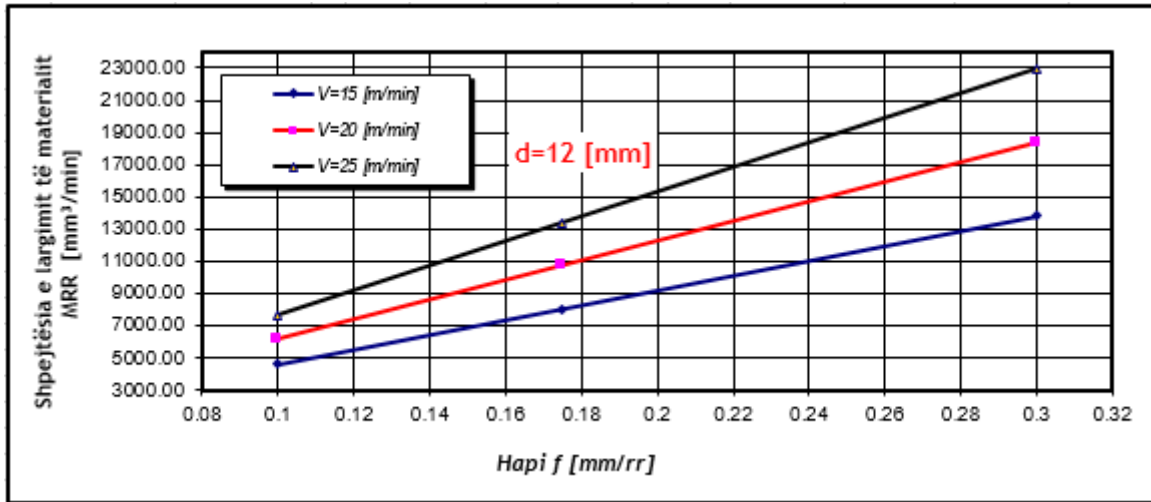


Fig. 6.9 Varësia e MRR prej hapit punues dhe shpejtësisë së prerjes, për diametrin e puntos d_{max}

| | fmin | fmes | fmax |
|-----------|----------|----------|-----------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| d=8 [mm] | 3063.724 | 5361.217 | 9190.163 |
| d=10 [mm] | 3829.570 | 6701.372 | 11487.447 |
| d=12 [mm] | 4595.400 | 8041.500 | 13784.685 |

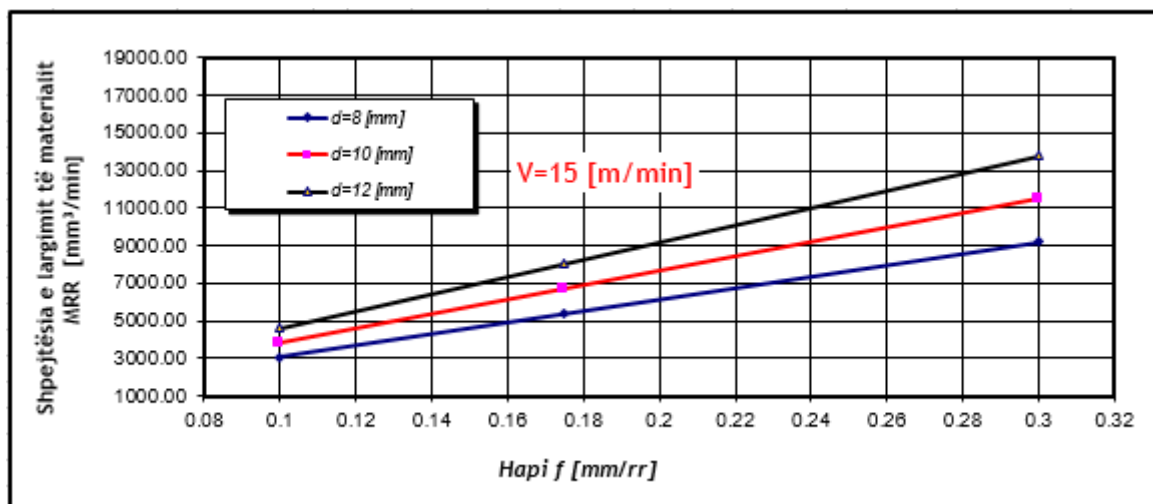


Fig. 6.10 Varësia e MRR prej hapit punues dhe diametrit për shpejtësinë e prerjes V_{cmin}

| | fmin | fmes | fmax |
|-----------|----------|-----------|-----------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| d=8 [mm] | 4084.966 | 7148.290 | 12253.551 |
| d=10 [mm] | 5106.093 | 8935.163 | 15316.596 |
| d=12 [mm] | 6127.200 | 10722.000 | 18379.581 |

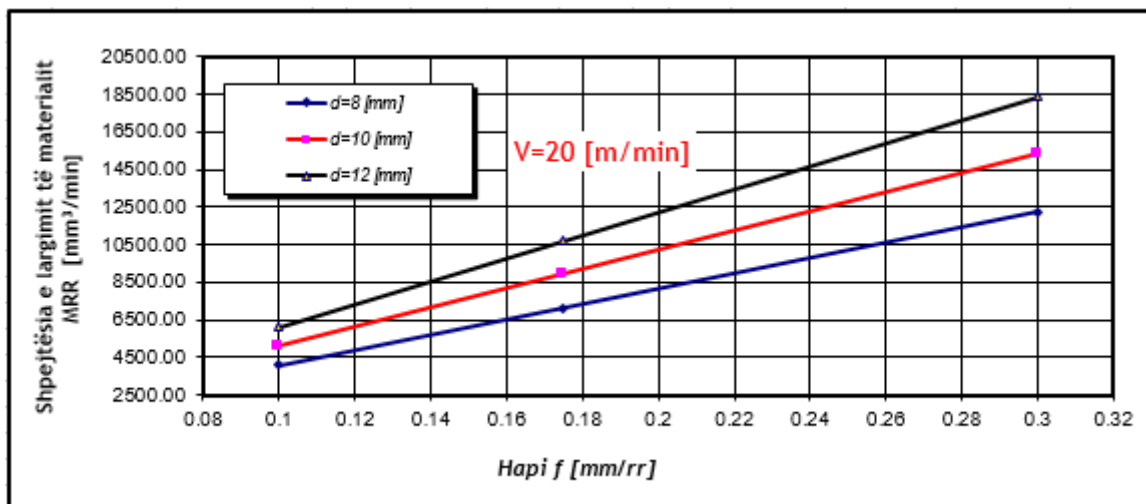


Fig. 6.11 Varësia e MRR prej hapit punues dhe diametrit për shpejtësinë e prerjes $V_{c_{mes}}$

| | fmin | fmes | fmax |
|-----------|----------|-----------|-----------|
| | 0.1 | 0.175 | 0.3 |
| d=8 [mm] | 5106.207 | 8935.362 | 15316.938 |
| d=10 [mm] | 6382.616 | 11168.954 | 19145.745 |
| d=12 [mm] | 7659.000 | 13402.500 | 22974.476 |

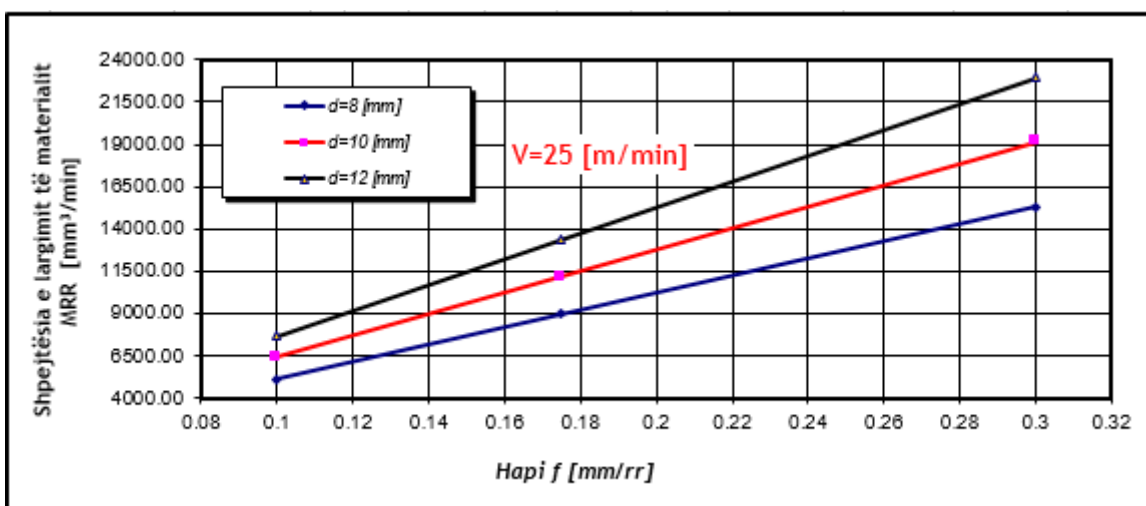


Fig. 6.12 Varësia e MRR prej hapit punues dhe diametrit për shpejtësinë e prerjes $V_{c_{max}}$

| | dmin | dmes | dmax |
|-----------------|----------|-----------|-----------|
| | 8 | 10 | 12 |
| f=0.1 [mm/rr] | 3063.724 | 3829.570 | 4595.400 |
| f=0.175 [mm/rr] | 5361.217 | 6701.372 | 8041.500 |
| f=0.3 [mm/rr] | 9190.163 | 11487.447 | 13784.685 |

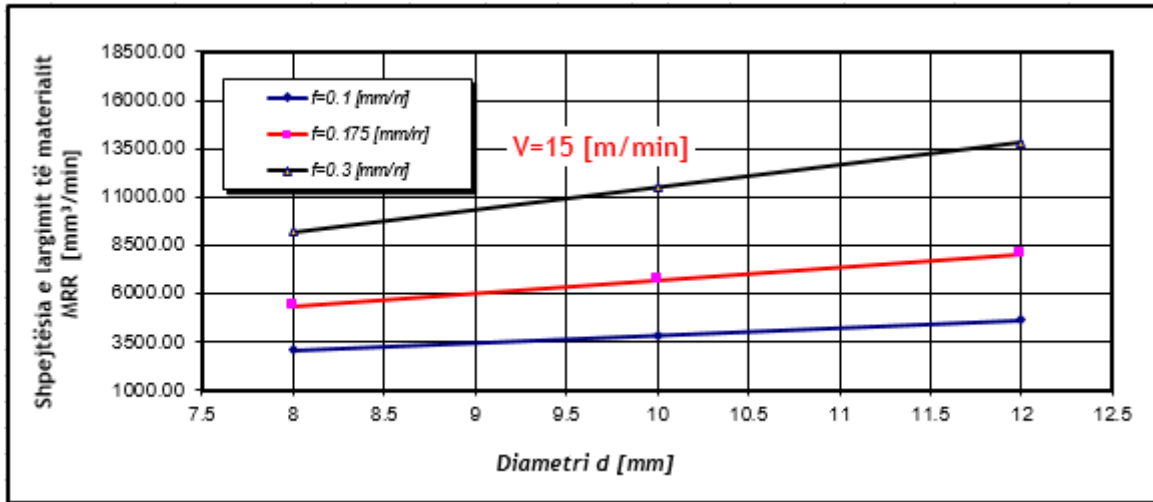


Fig. 6.13 Varësia e MRR prej diametrit dhe hapit punues për shpejtësinë e prerjes V_{cmin}

| | dmin | dmes | dmax |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|
| | 8 | 10 | 12 |
| f=0.1 [mm/rr] | 4084.966 | 5106.093 | 6127.200 |
| f=0.175 [mm/rr] | 7148.290 | 8935.163 | 10722.000 |
| f=0.3 [mm/rr] | 12253.551 | 15316.596 | 18379.581 |

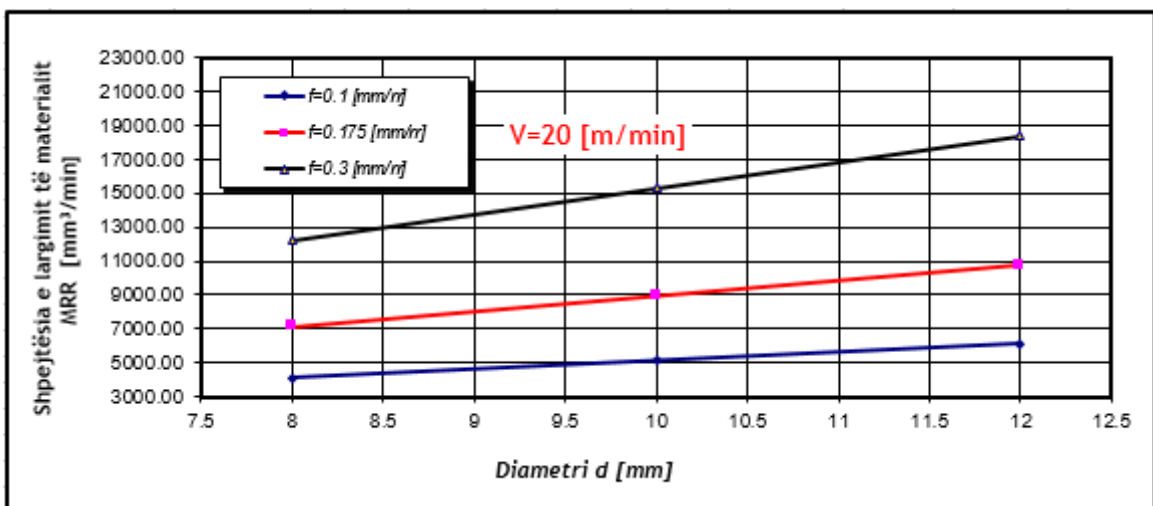


Fig. 6.14 Varësia e MRR prej diametrit dhe hapit punues për shpejtësinë e prerjes V_{cmes}

| | dmin | dmes | dmax |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|
| | 8 | 10 | 12 |
| f=0.1 [mm/rr] | 5106.207 | 6382.616 | 7659.000 |
| f=0.175 [mm/rr] | 8935.362 | 11168.954 | 13402.500 |
| f=0.3 [mm/rr] | 15316.938 | 19145.745 | 22974.476 |

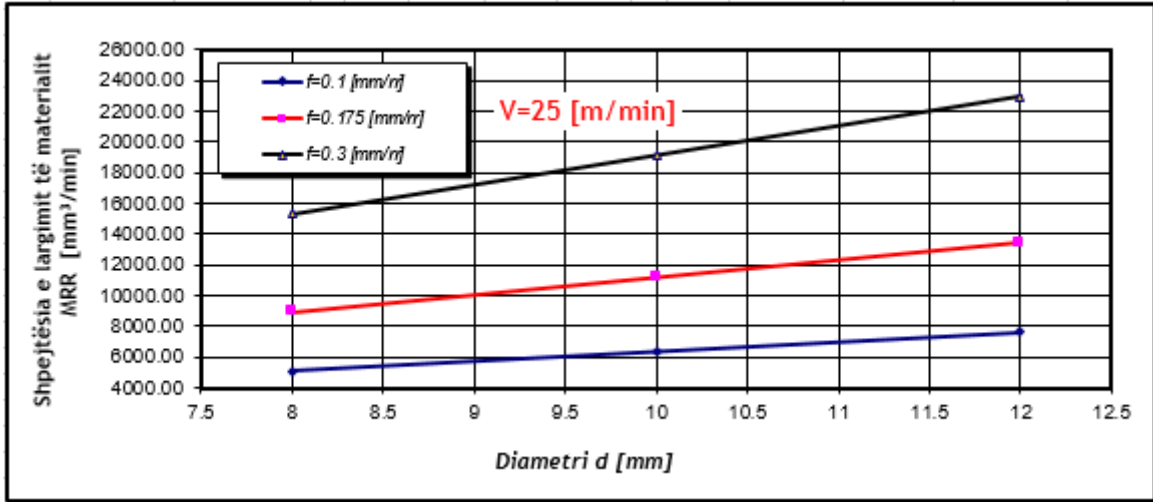


Fig. 6.15 Varësia e MRR prej diametrit dhe hapit punues për shpejtësinë e prerjes V_{cmax}

| | dmin | dmes | dmax |
|--------------|----------|----------|----------|
| | 8 | 10 | 12 |
| V=15 [m/min] | 3063.724 | 3829.570 | 4595.400 |
| V=20 [m/min] | 4084.966 | 5106.093 | 6127.200 |
| V=25 [m/min] | 5106.207 | 6382.616 | 7659.000 |

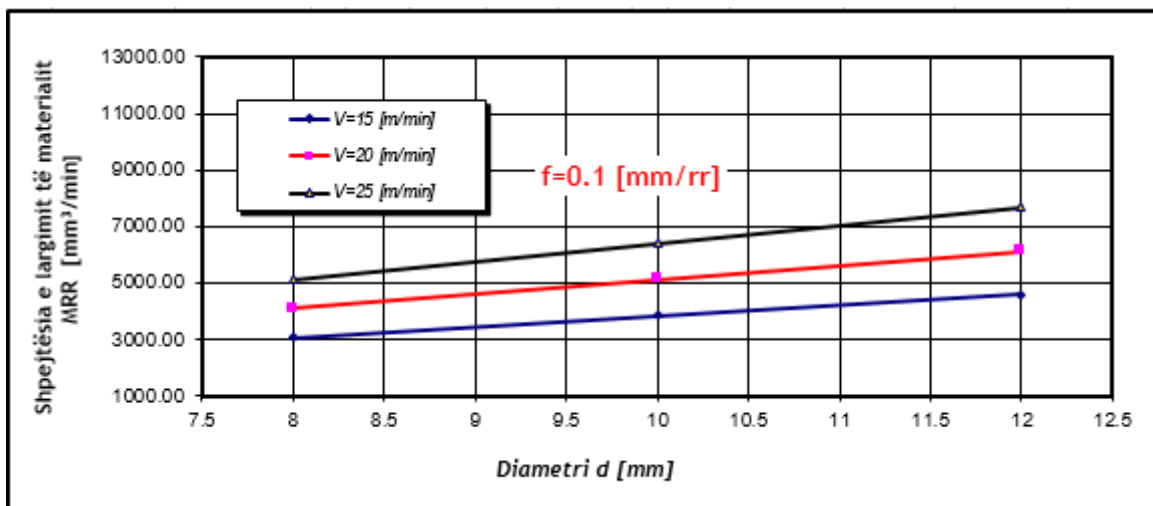


Fig. 6.16 Varësia e MRR prej diametrit dhe shpejtësisë së prerjes, për hapin punues f_{min}

| | dmin | dmes | dmax |
|--------------|----------|-----------|-----------|
| | 8 | 10 | 12 |
| V=15 [m/min] | 5361.217 | 6701.372 | 8041.500 |
| V=20 [m/min] | 7148.290 | 8935.163 | 10722.000 |
| V=25 [m/min] | 8935.362 | 11168.954 | 13402.500 |

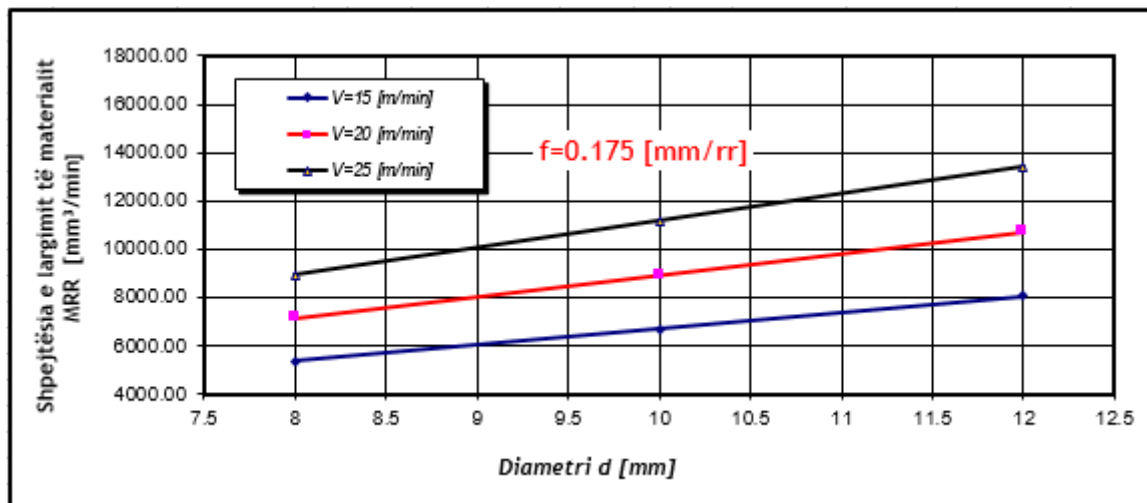


Fig. 6.17 Varësia e MRR prej diametrit dhe shpejtësisë së prerjes, për hapin punues f_{mes}

| | dmin | dmes | dmax |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
| | 8 | 10 | 12 |
| V=15 [m/min] | 9190.163 | 11487.447 | 13784.685 |
| V=20 [m/min] | 12253.551 | 15316.596 | 18379.581 |
| V=25 [m/min] | 15316.938 | 19145.745 | 22974.476 |

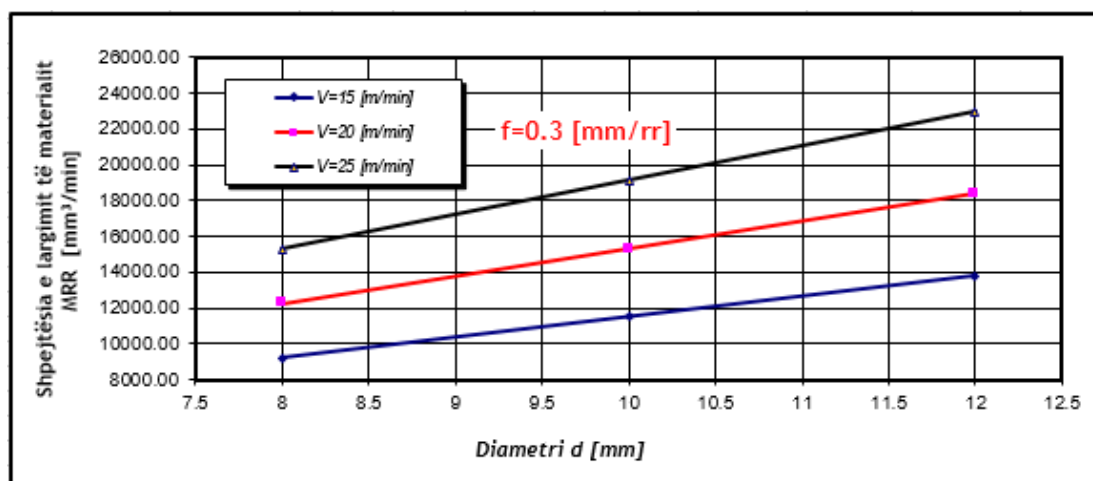
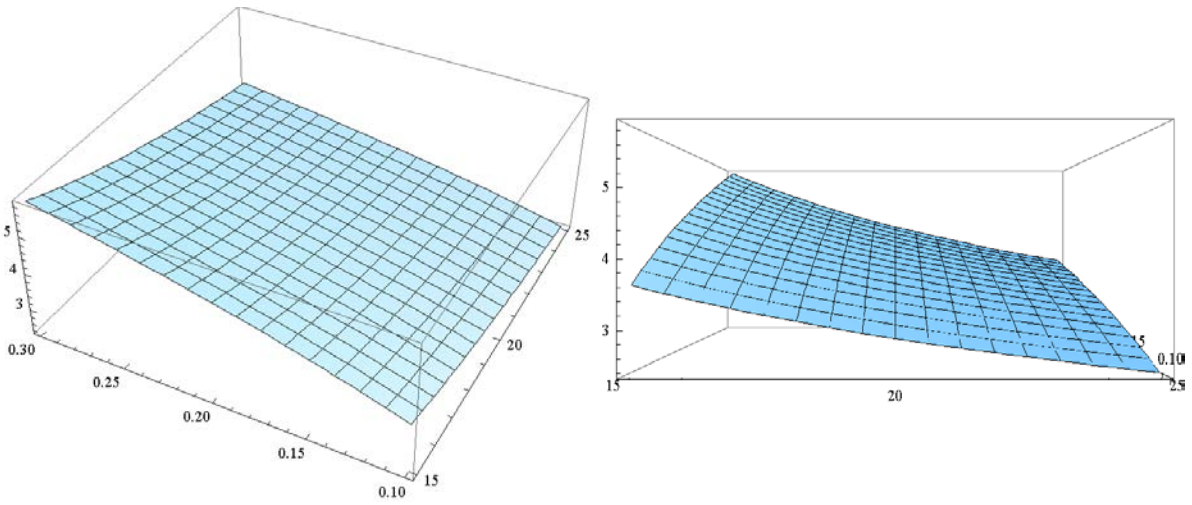


Fig. 6.18 Varësia e MRR prej diametrit dhe shpejtësisë së prerjes, për hapin punues f_{max}

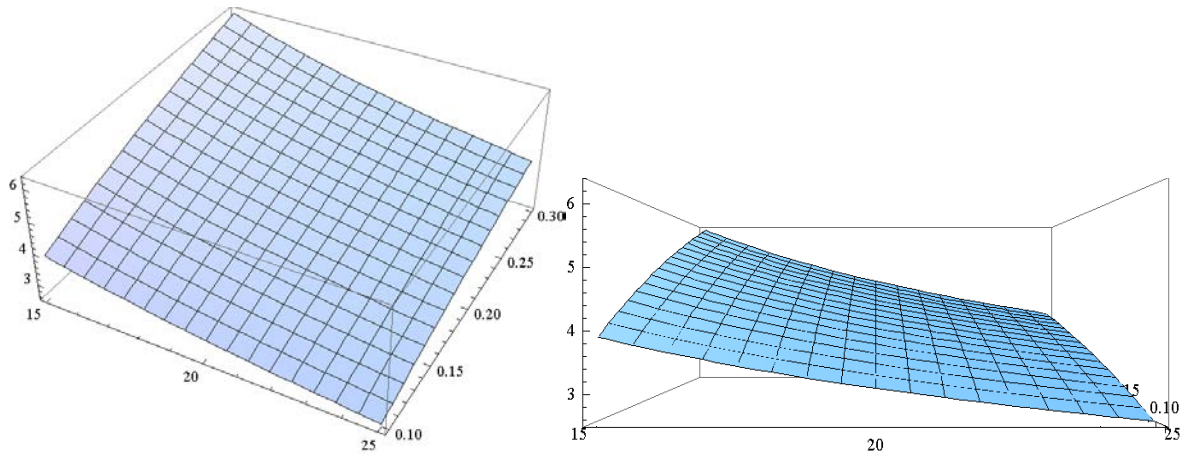
S H T O J C A I I

$$R_a = C_{Ra} \cdot v^{p_v} \cdot f^{p_f} \cdot d^{p_d} = 46.56663145 \cdot v^{-0.816302332} \cdot f^{0.440279} \cdot d^{0.323327}$$



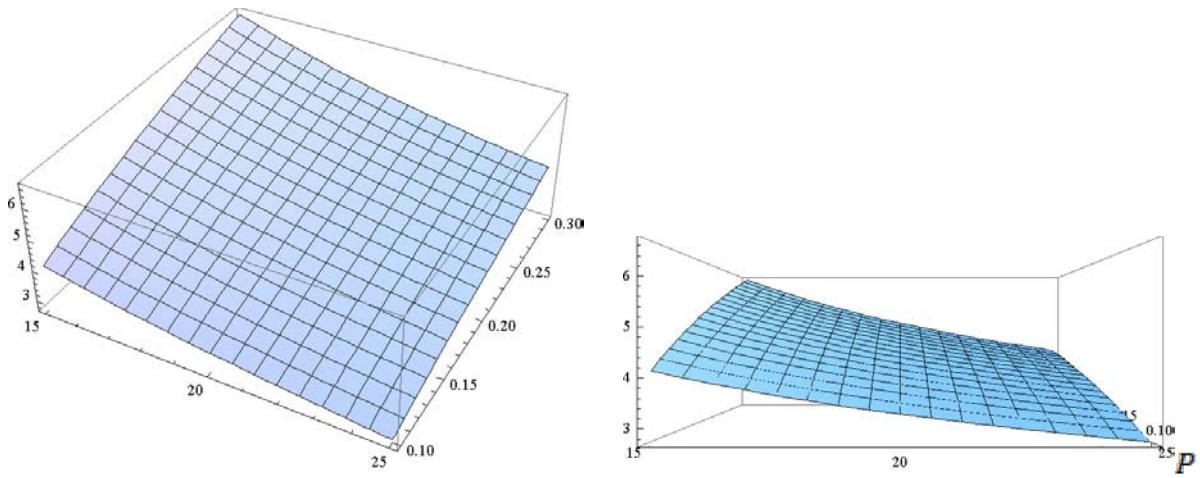
`Plot3D[46.56663145*(8^0.323327)*(v^-0.816302332)*(f^0.440279),{v,15,25},{f,0.1,0.3}]`

Fig. 1.1 Varësia e parametrin të ashpërsisë Ra prej hapit dhe shpejtësisë për d_{min}



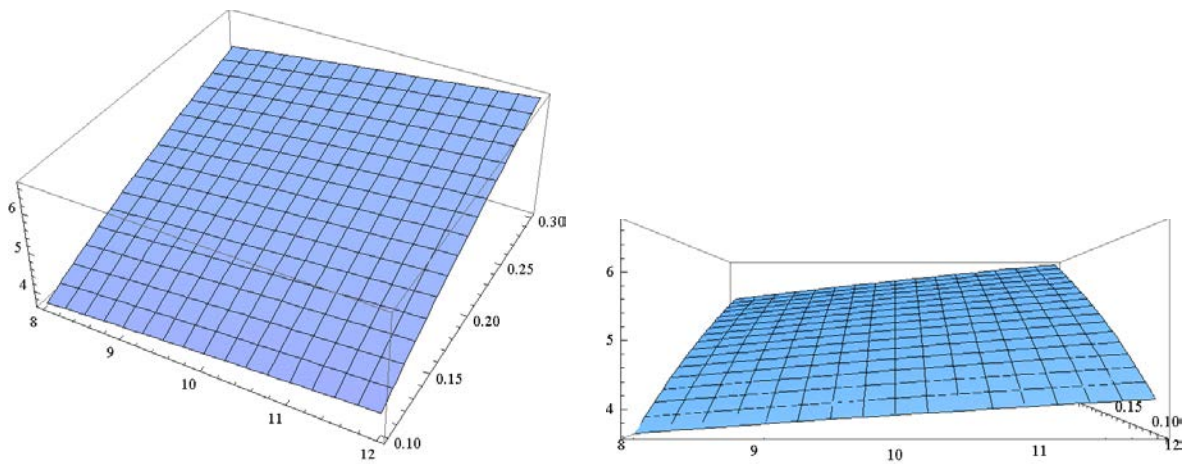
`Plot3D[46.56663145*(10^0.323327)*(v^-0.816302332)*(f^0.440279),{v,15,25},{f,0.1,0.3}]`

Fig. 1.2 Varësia e parametrin të ashpërsisë Ra prej hapit dhe shpejtësisë për d_{mes}



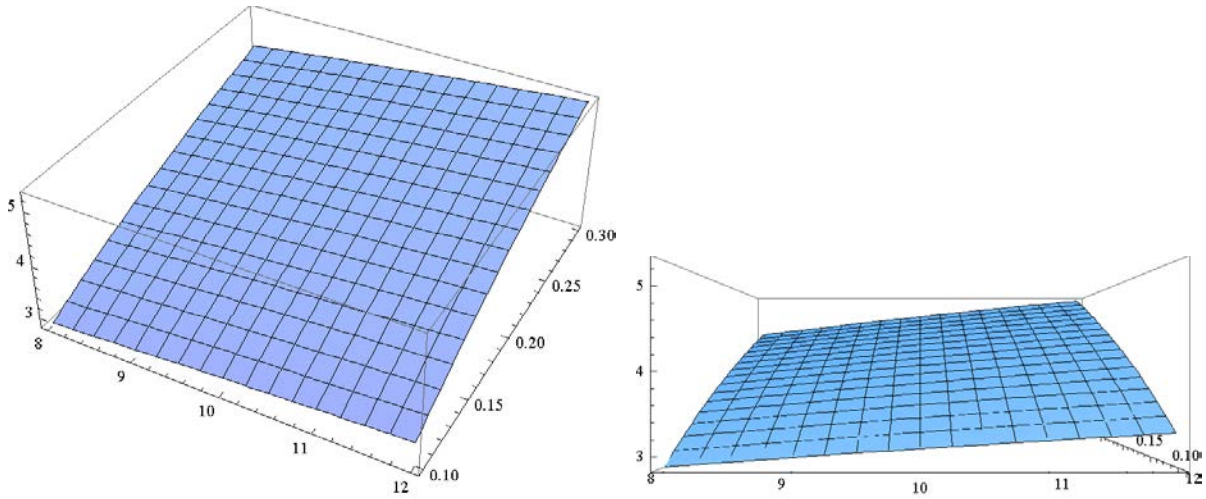
$Plot3D[46.56663145*(12^{0.323327})*(v^{-0.816302332})*(f^{0.440279}),\{v,15,25\},\{f,0.1,0.3\}]$

Fig. 1.3 Varësia e parametrin të ashpërsisë Ra prej hapit dhe shpejtësisë për d_{max}



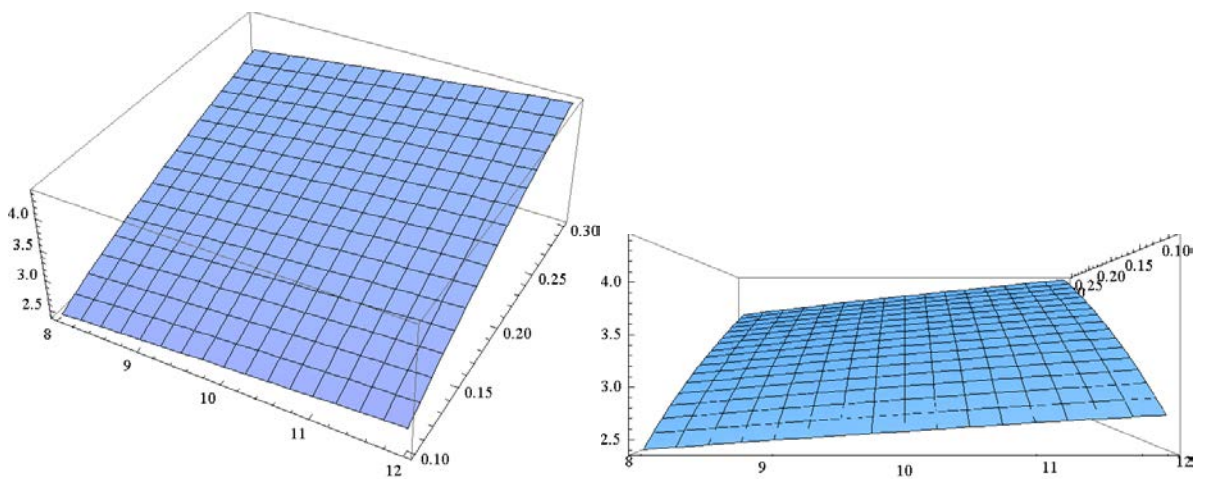
$Plot3D[46.56663145*(d^{0.323327})*(15^{-0.816302332})*(f^{0.440279}),\{d,8,12\},\{f,0.1,0.3\}]$

Fig. 1.4 Varësia e parametrin të ashpërsisë Ra prej hapit dhe diametrit për V_{cmin}



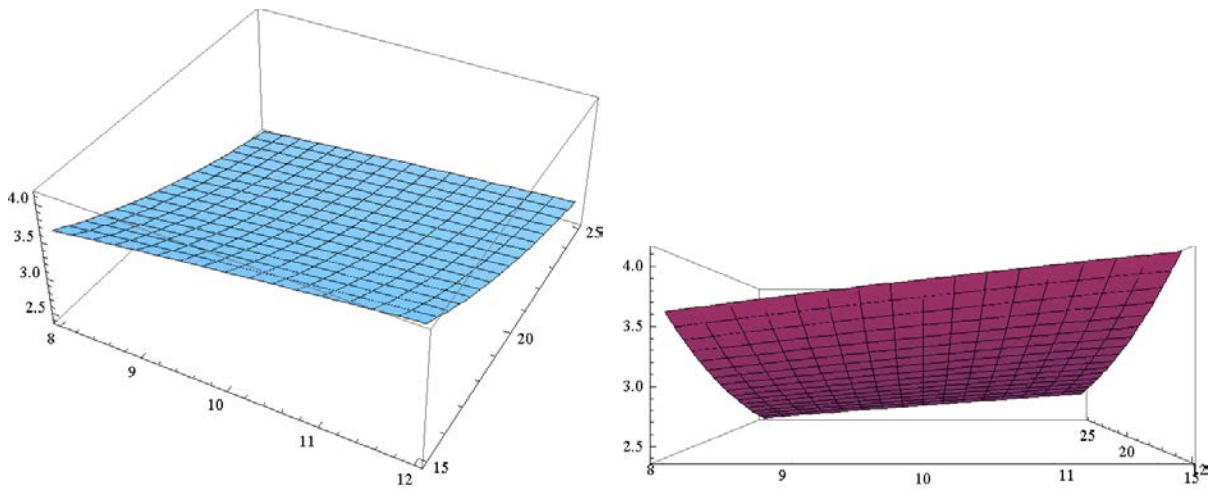
$Plot3D[46.56663145*(d^{0.323327})*(20^{-0.816302332})*(f^{0.440279}),\{d,8,12\},\{f,0.1,0.3\}]$

Fig. 1.5 Varësia e parametrin të ashpërsisë Ra prej hapit dhe diametrit për V_{cmax}



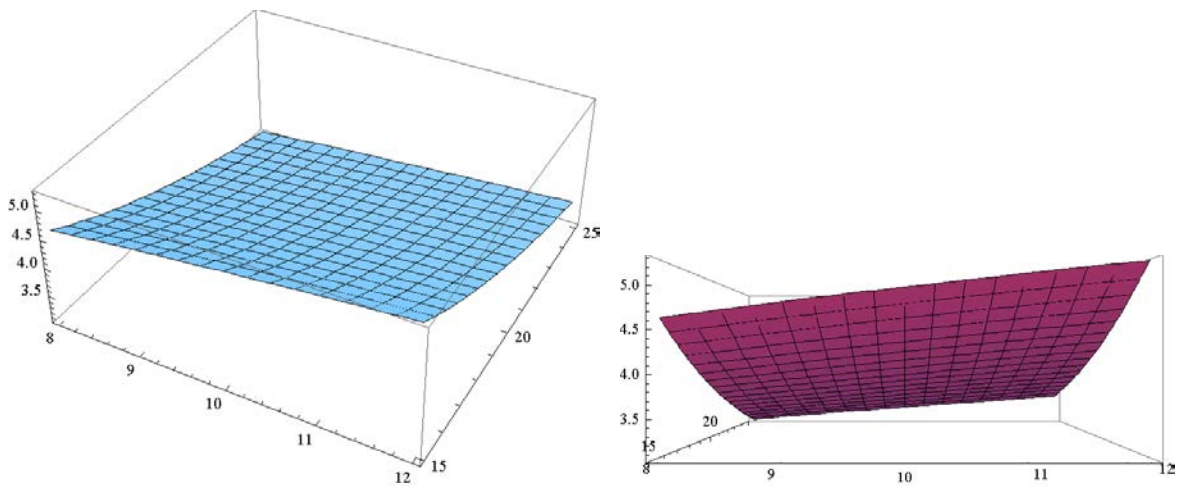
$Plot3D[46.56663145*(d^{0.323327})*(25^{-0.816302332})*(f^{0.440279}),\{d,8,12\},\{f,0.1,0.3\}]$

Fig. 1.6 Varësia e parametrin të ashpërsisë Ra prej hapit dhe diametrit për V_{cmax}



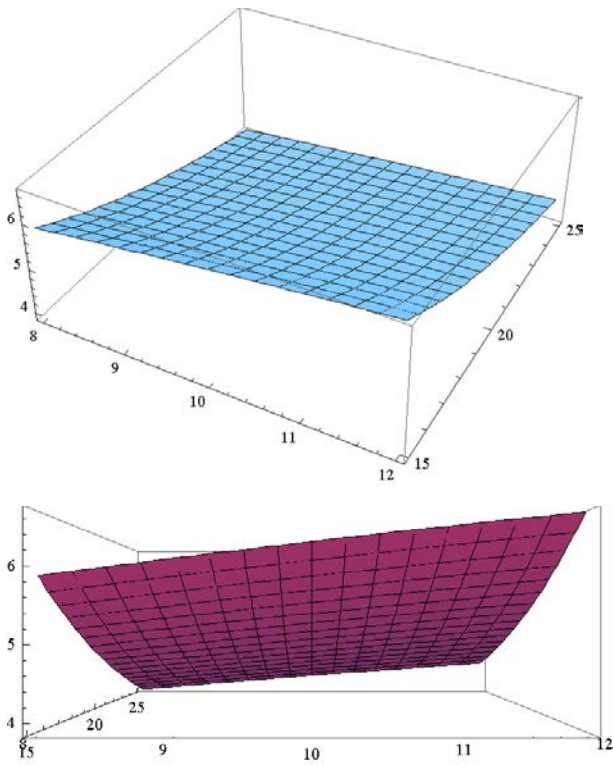
$Plot3D[46.56663145*(d^{0.323327})*(v^{-0.816302332})*(0.1^{0.440279}),\{d,8,12\},\{v,15,25\}]$

Fig. 1.7 Varësia e parametrut të ashpërsisë Ra prej diametrit dhe shpejtësisë për f_{min}



$Plot3D[46.56663145*(d^{0.323327})*(v^{-0.816302332})*(0.175^{0.440279}),\{d,8,12\},\{v,15,25\}]$

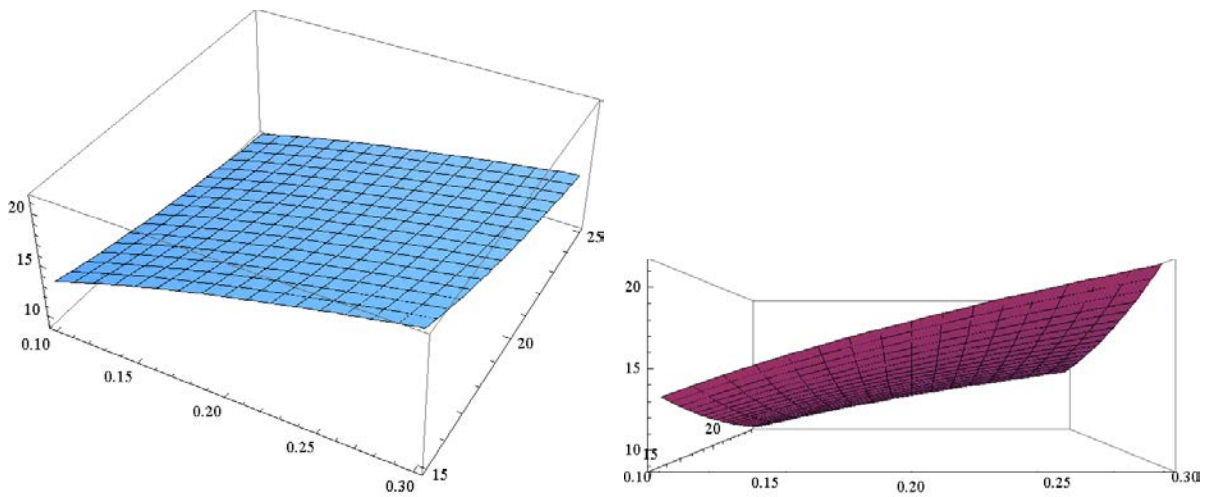
Fig. 1.8 Varësia e parametrut të ashpërsisë Ra prej diametrit dhe shpejtësisë për f_{mes}



$Plot3D[46.56663145*(d^{0.323327})*(v^{-0.816302332})*(0.3^{0.440279}),\{d,8,12\},\{v,15,25\}]$

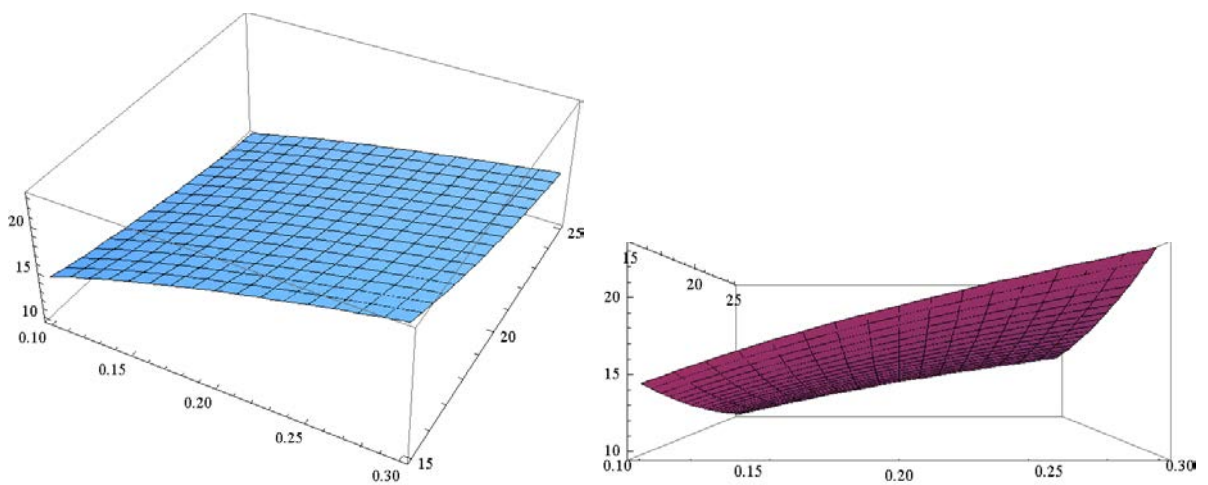
Fig. 1.9 Varësia e parametrit të ashpërsisë Ra prej diametrit dhe shpejtësisë për f_{max}

$$R_z = C_{Rz} \cdot v^{P_v} \cdot f^{P_f} \cdot d^{P_d} = 135.6248917 \cdot v^{-0.767801366} \cdot f^{0.440674981} \cdot d^{0.36946459}$$



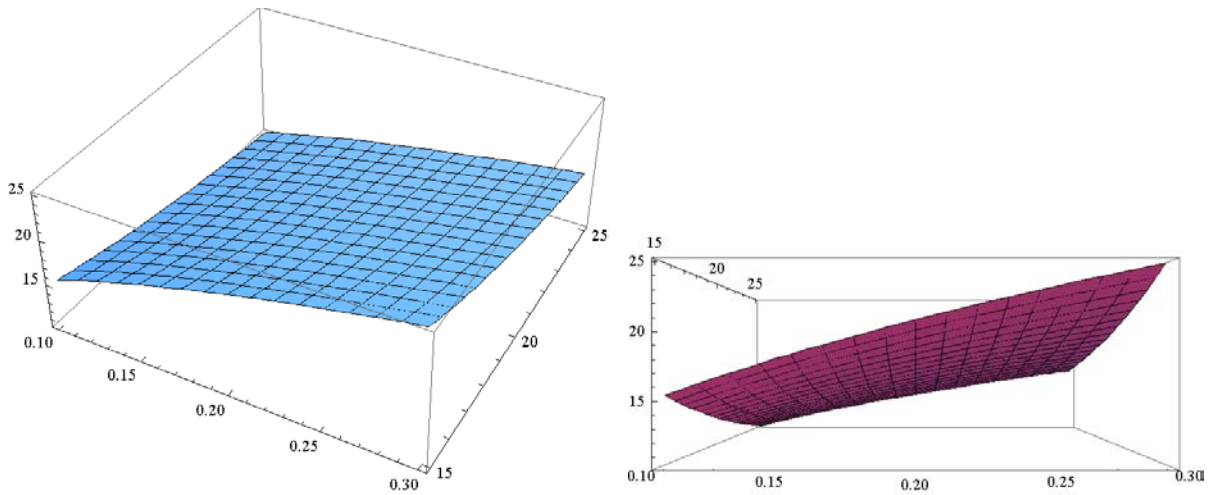
`Plot3D[135.6248917*(8^0.36946459)*(v^-0.767801366)*(f^0.440674981),{f,0.1,0.3},{v,15,25}]`

Fig. 2.1 Varësia e parametrut të ashpërsisë R_z prej hapit dhe shpejtësisë për d_{min}



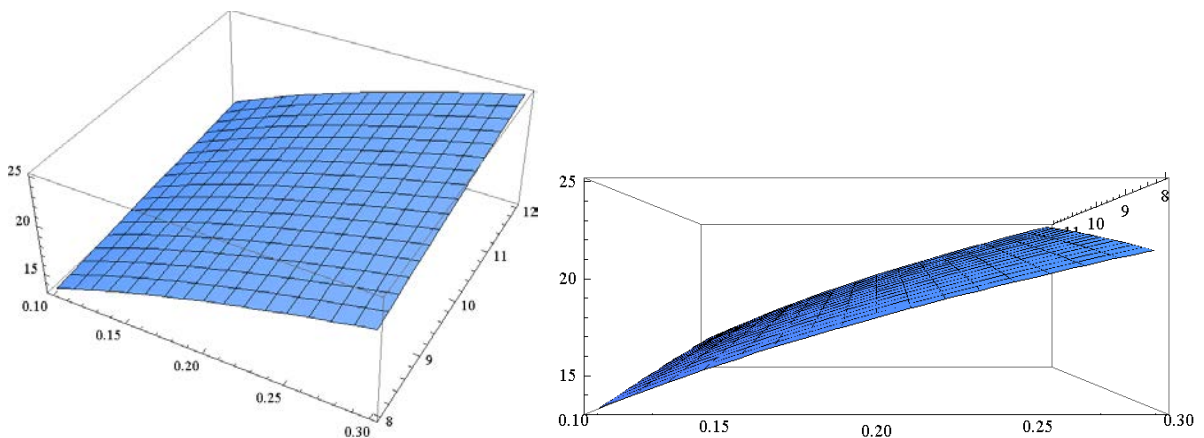
$Plot3D[135.6248917*(10^{0.36946459})*(v^{-0.767801366})*(f^{0.440674981}),\{f,0.1,0.3\},\{v,15,25\}]$

Fig. 2.2 Varësia e parametrut të ashpërsisë R_z prej hapit dhe shpejtësisë për d_{mes}



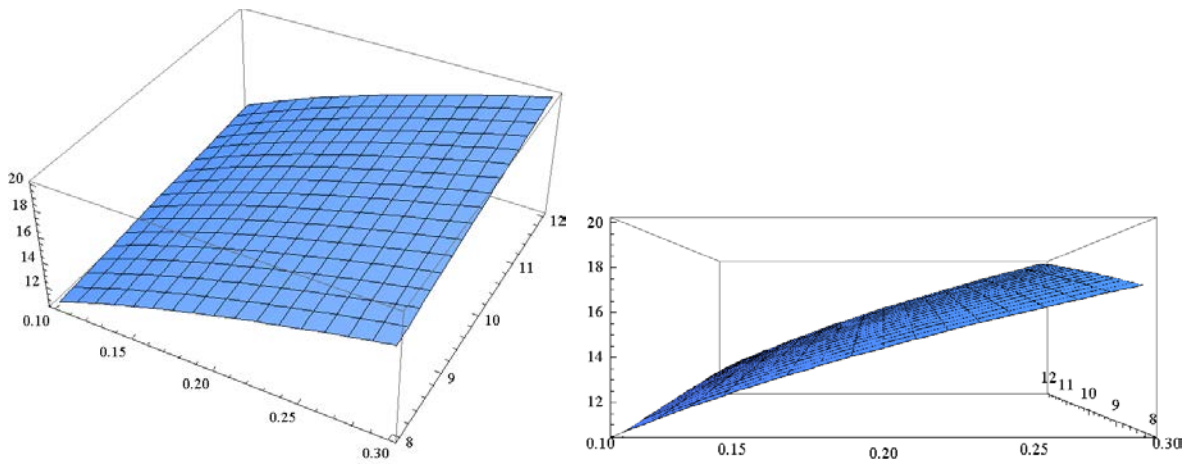
$Plot3D[135.6248917*(12^{0.36946459})*(v^{-0.767801366})*(f^{0.440674981}),\{f,0.1,0.3\},\{v,15,25\}]$

Fig. 2.3 Varësia e parametrut të ashpërsisë R_z prej hapit dhe shpejtësisë për d_{max}



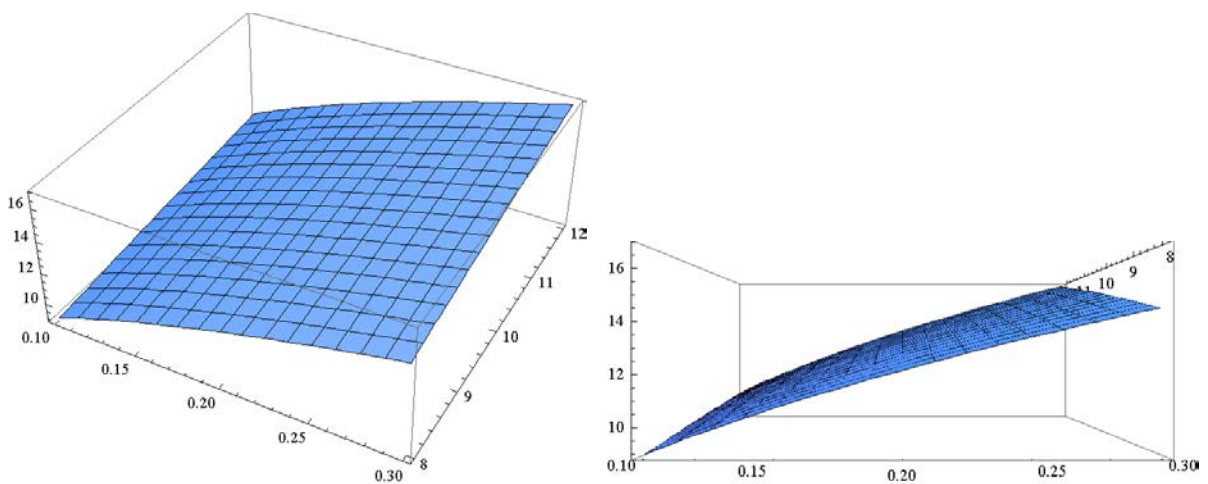
$Plot3D[135.6248917*(d^{0.36946459})*(15^{-0.767801366})*(f^{0.440674981}),\{f,0.1,0.3\},\{d,8,12\}]$

Fig. 2.4 Varësia e parametrut të ashpërsisë Rz prej hapit dhe diametrit të puntos për V_{cmin}



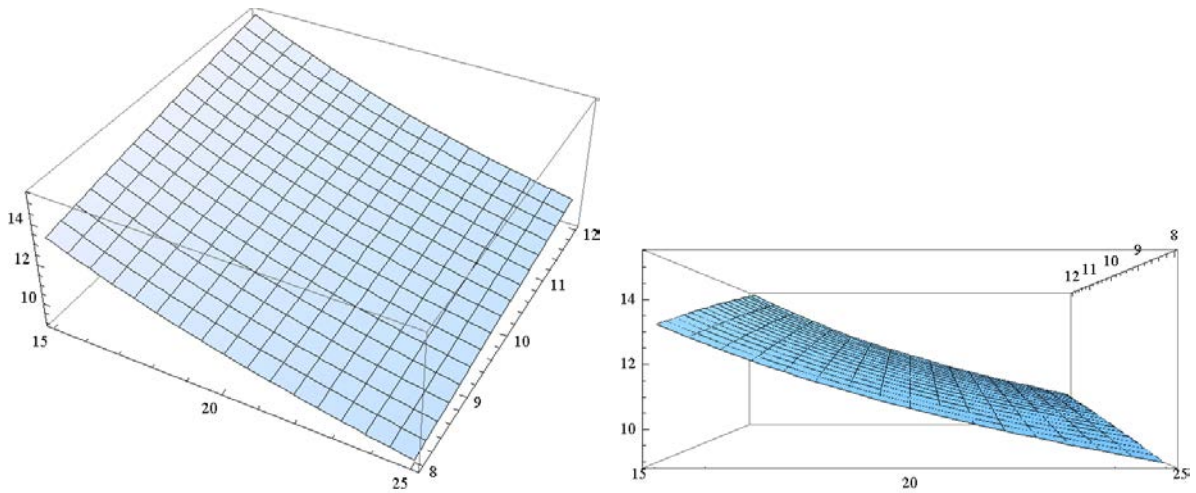
```
Plot3D[135.6248917*(d^0.36946459)*(20^-0.767801366)*(f^0.440674981),{f,0.1,0.3},{d,8,12}]
```

Fig. 2.5 Varësia e parametrut të ashpërsisë Rz prej hapit dhe diametrit të puntos për V_{cmes}



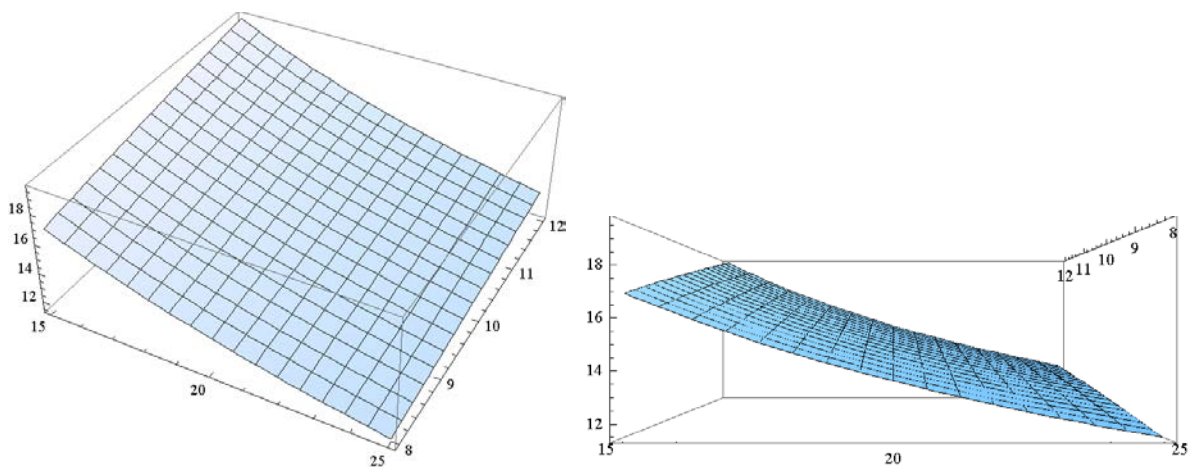
```
Plot3D[135.6248917*(d^0.36946459)*(25^-0.767801366)*(f^0.440674981),{f,0.1,0.3},{d,8,12}]
```

Fig. 2.6 Varësia e parametrin të ashpërsisë Rz prej hapit dhe diametrit të puntos për V_{max}



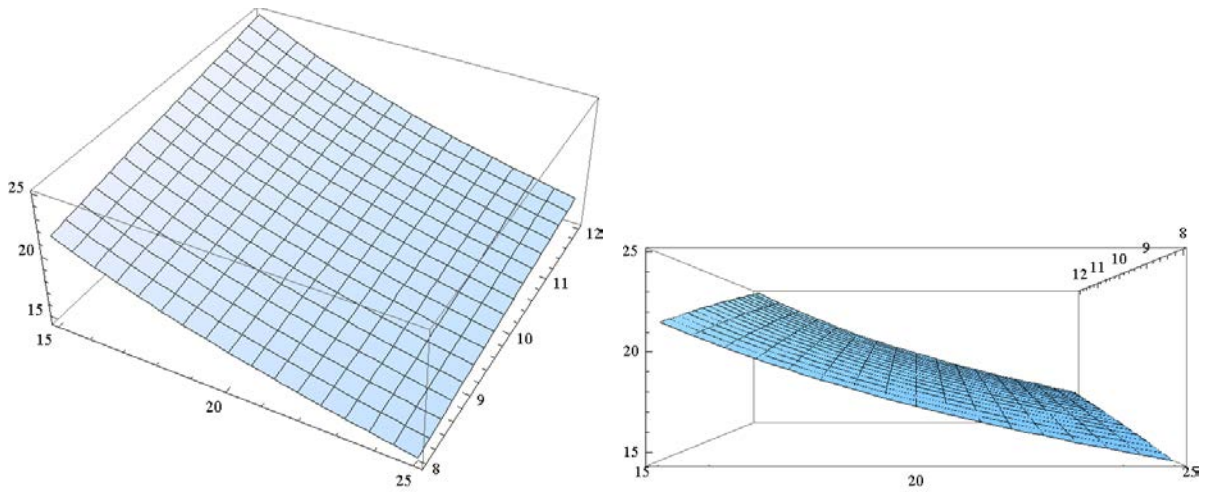
$Plot3D[135.6248917*(d^{0.36946459})*(v^{-0.767801366})*(0.1^{0.440674981}),\{v,15,25\},\{d,8,12\}]$

Fig. 2.7 Varësia e parametrin të ashpërsisë Rz prej diametrit të puntos dhe shpejtësisë për f_{min}



$Plot3D[135.6248917*(d^{0.36946459})*(v^{-0.767801366})*(0.175^{0.440674981}),\{v,15,25\},\{d,8,12\}]$

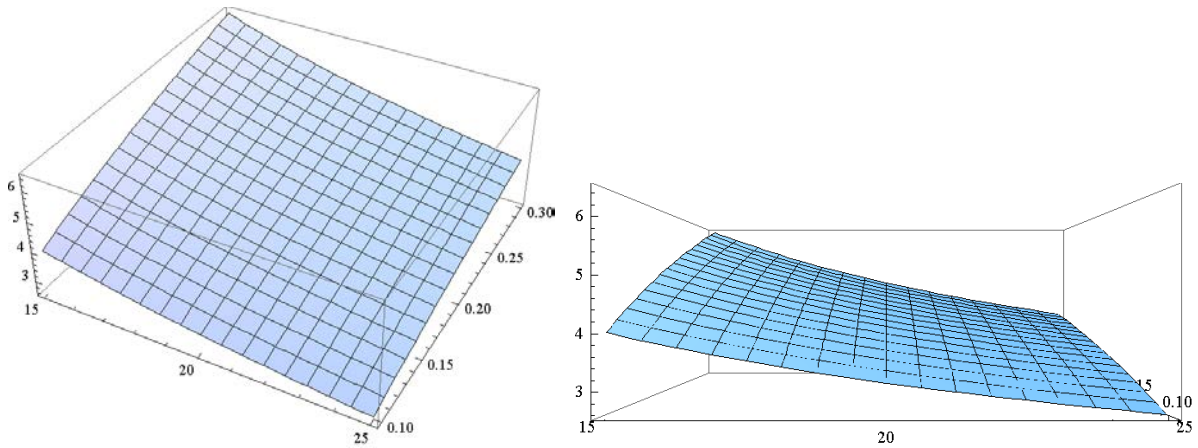
Fig. 2.8 Varësia e parametrut të ashpërsisë Rz prej diametrit të puntos dhe shpejtësisë për f_{mes}



`Plot3D[135.6248917*(d^0.36946459)*(v^-0.767801366)*(0.3^0.440674981),{v,15,25},{d,8,12}]`

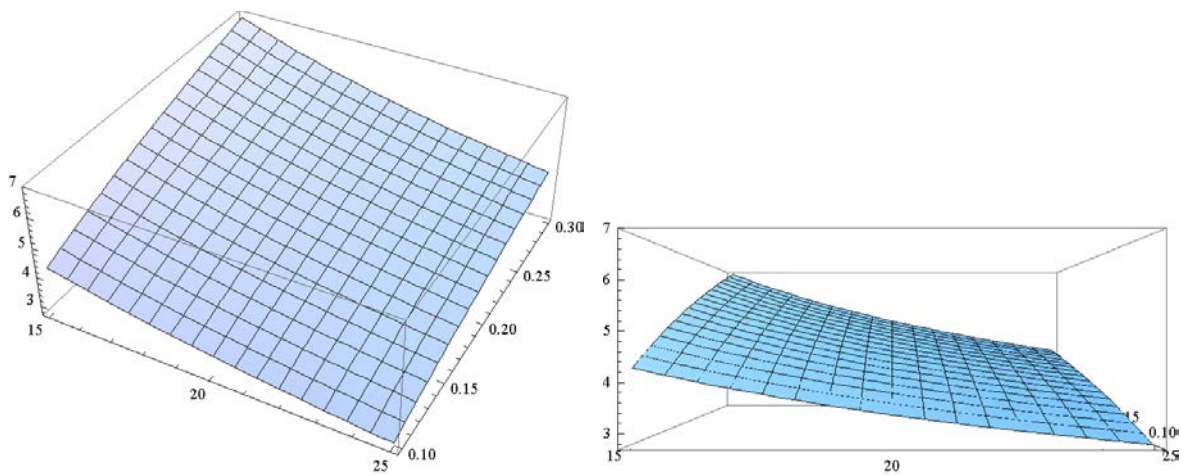
Fig. 2.9 Varësia e parametrut të ashpërsisë Rz prej diametrit të puntos dhe shpejtësisë për f_{max}

$$R_q = C_{Rq} \cdot v^{p_v} \cdot f^{p_f} \cdot d^{p_d} = 60.63243106 \cdot v^{-0.851831356} \cdot f^{0.439010237} \cdot d^{0.289186856}$$



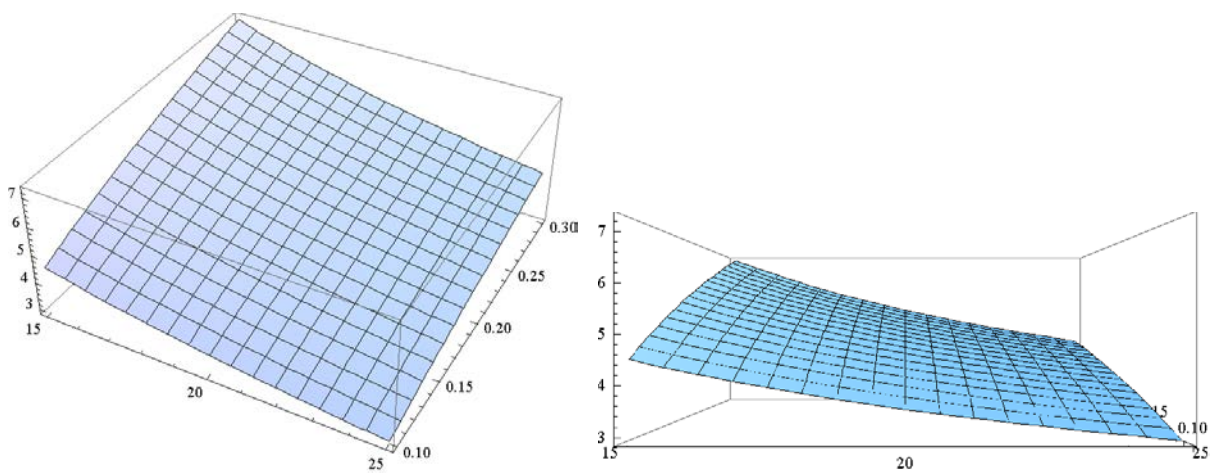
Plot3D[60.63243106*(8^0.289186856)*(v^-0.851831356)*(f^0.439010237),{v,15,25},{f,0.1,0.3}]

Fig. 3.1 Varësia e parametrin të ashpërsisë Rq prej hapit dhe shpejtësisë për d_{min}



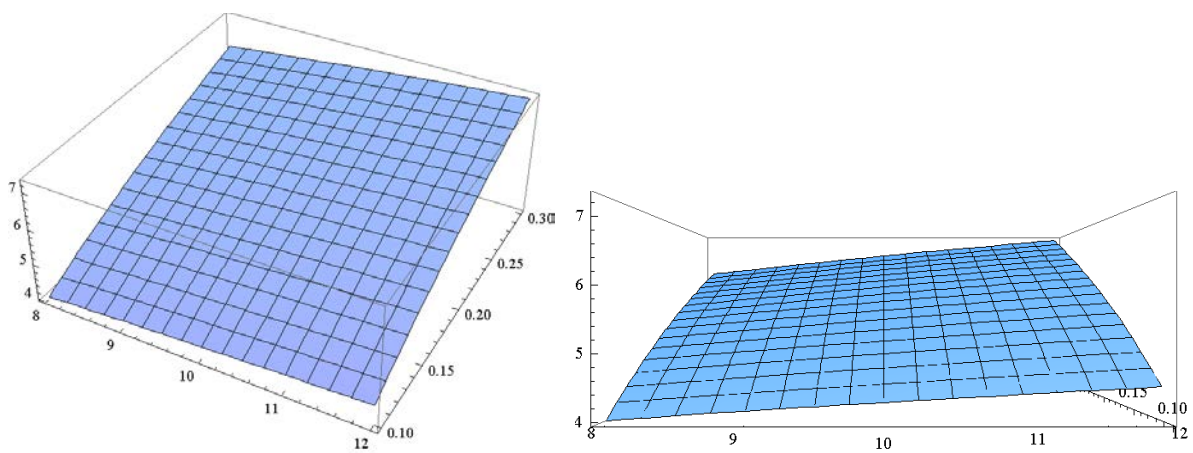
Plot3D[60.63243106*(10^0.289186856)*(v^-0.851831356)*(f^0.439010237),{v,15,25},{f,0.1,0.3}]

Fig. 3.2 Varësia e parametrin të ashpërsisë Rq prej hapit dhe shpejtësisë për d_{mes}



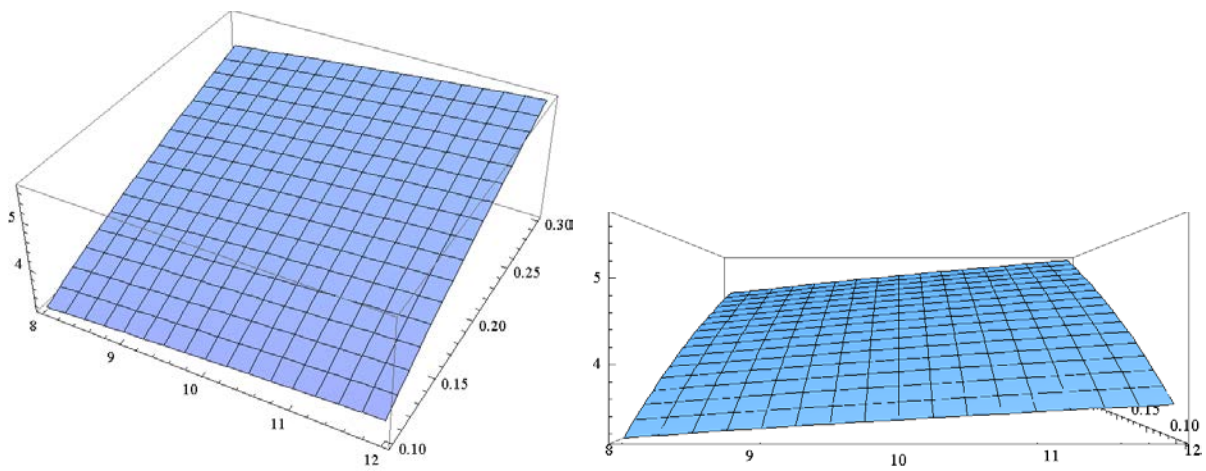
Plot3D[60.63243106*(12^0.289186856)*(v^-0.851831356)*(f^0.439010237),{v,15,25},{f,0.1,0.3}]

Fig. 3.3 Varësia e parametrut të ashpërsisë Rq prej hapit dhe shpejtësisë për d_{max}



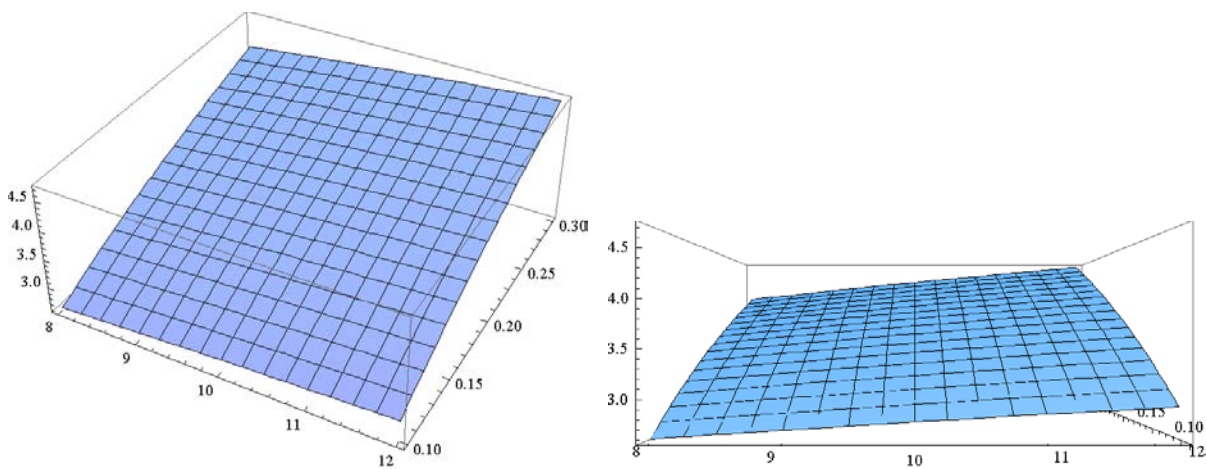
Plot3D[60.63243106*(d^0.289186856)*(15^-0.851831356)*(f^0.439010237),{d,8,12},{f,0.1,0.3}]

Fig.3.4 Varësia e parametrut të ashpërsisë Rq prej hapit dhe diametrit të puntos për V_{min}



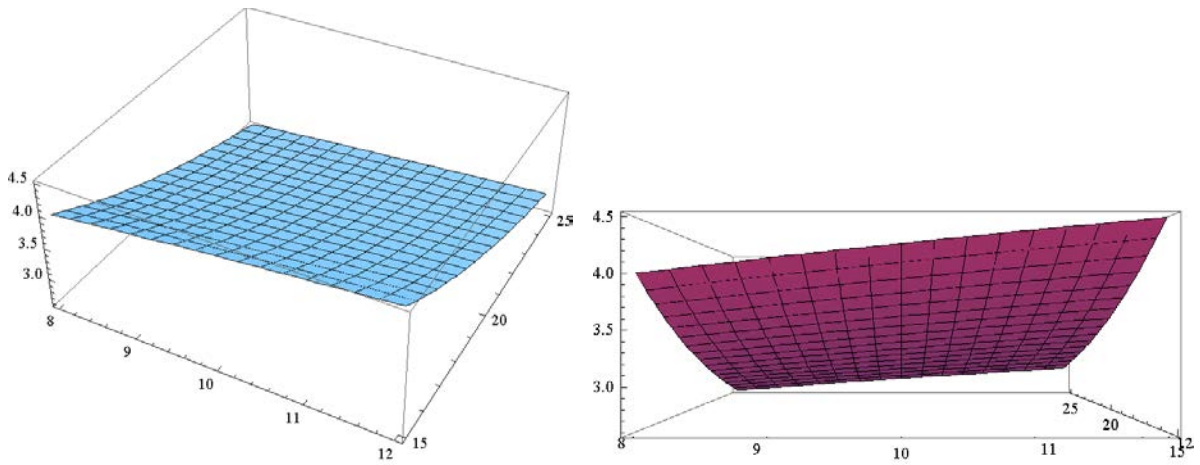
Plot3D[60.63243106*(d^0.289186856)*(20^-0.851831356)*(f^0.439010237),{d,8,12},{f,0.1,0.3}]

Fig. 3.5 Varësia e parametrut të ashpërsisë Rq prej hapit dhe diametrit të puntos për $V_{c_{ms}}$



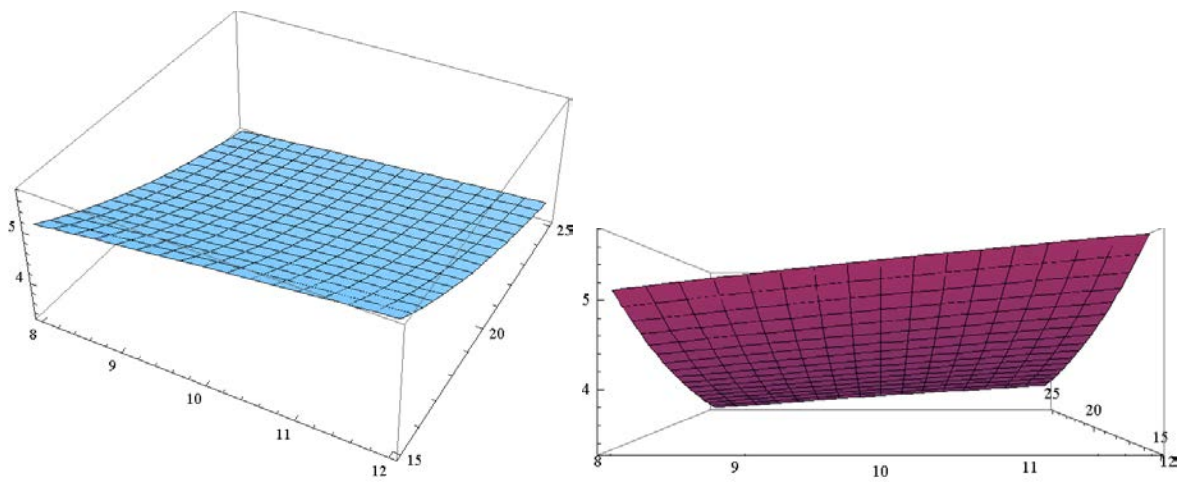
Plot3D[60.63243106*(d^0.289186856)*(25^-0.851831356)*(f^0.439010237),{d,8,12},{f,0.1,0.3}]

Fig. 3.6 Varësia e parametrut të ashpërsisë Rq prej hapit dhe diametrit të puntos për $V_{c_{max}}$



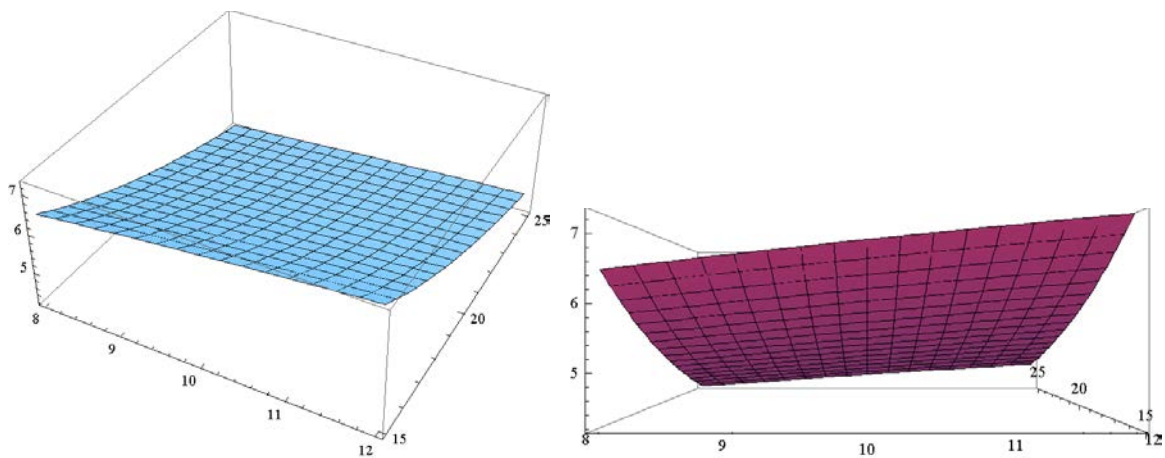
Plot3D[60.63243106*(d^0.289186856)*(v^-0.851831356)*(0.1^0.439010237),{d,8,12},{v,15,25}]

Fig. 3.7 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rq prej diametrit të puntos dhe shpejtësisë për f_{min}



Plot3D[60.63243106*(d^0.289186856)*(v^-0.851831356)*(0.175^0.439010237),{d,8,12},{v,15,25}]

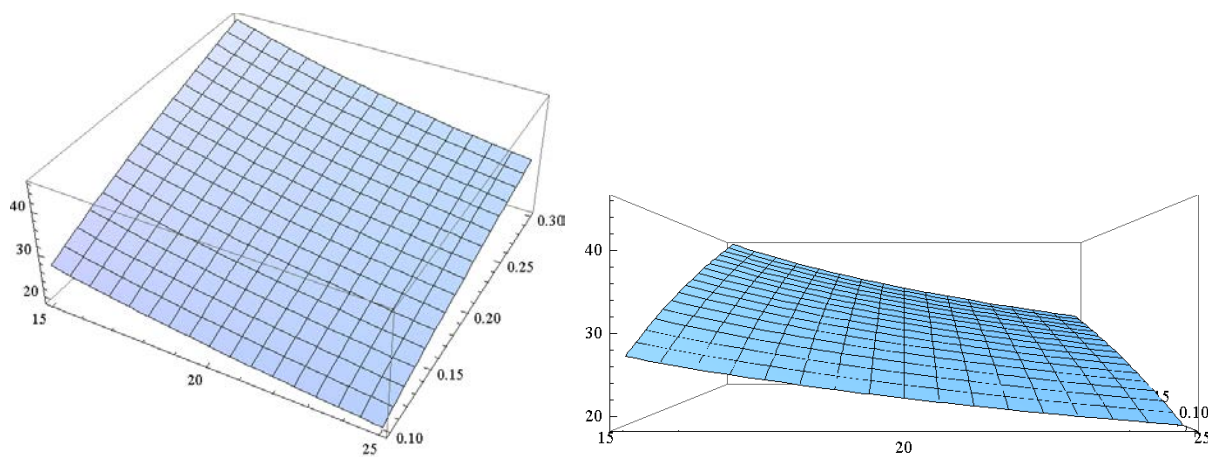
Fig.3.8 Varësia e parametrit të ashpërsisë Rq prej diametrit të puntos dhe shpejtësisë për f_{mes}



Plot3D[60.63243106*(d^0.289186856)*(v^-0.851831356)*(0.3^0.439010237),{d,8,12},{v,15,25}]

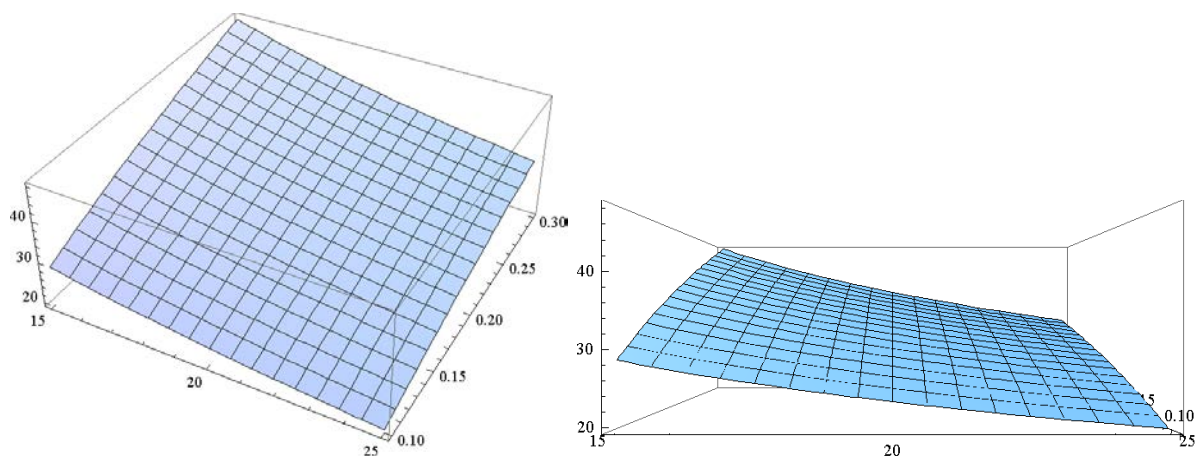
Fig.3.9 Varësia e parametrut të ashpërsisë Rq prej diametrit të puntos dhe shpejtësisë për f_{max}

$$R_t = C_{Rt} \cdot v^{p_v} \cdot f^{p_f} \cdot d^{p_d} = 363.3431523 \cdot v^{-0.723560347} \cdot f^{0.482310785} \cdot d^{0.22857257}$$



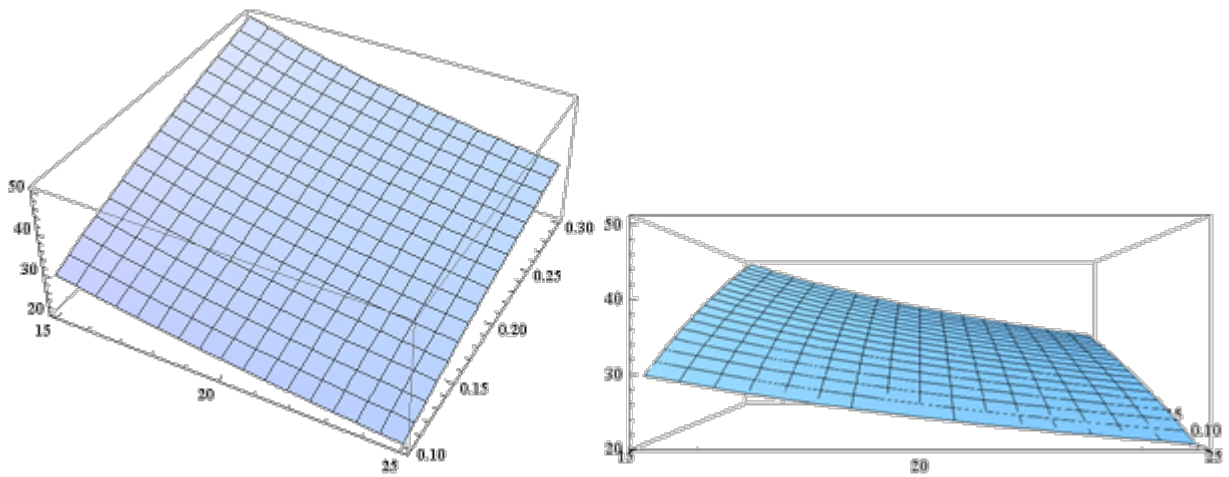
`Plot3D[363.3431523*(8^0.22857587)*(v^-0.723560347)*(f^0.482310785),{v,15,25},{f,0.1,0.3}]`

Fig. 4.1 Varësia e parametrin të ashpërsisë R_t prej hapit dhe shpejtësisë për d_{min}



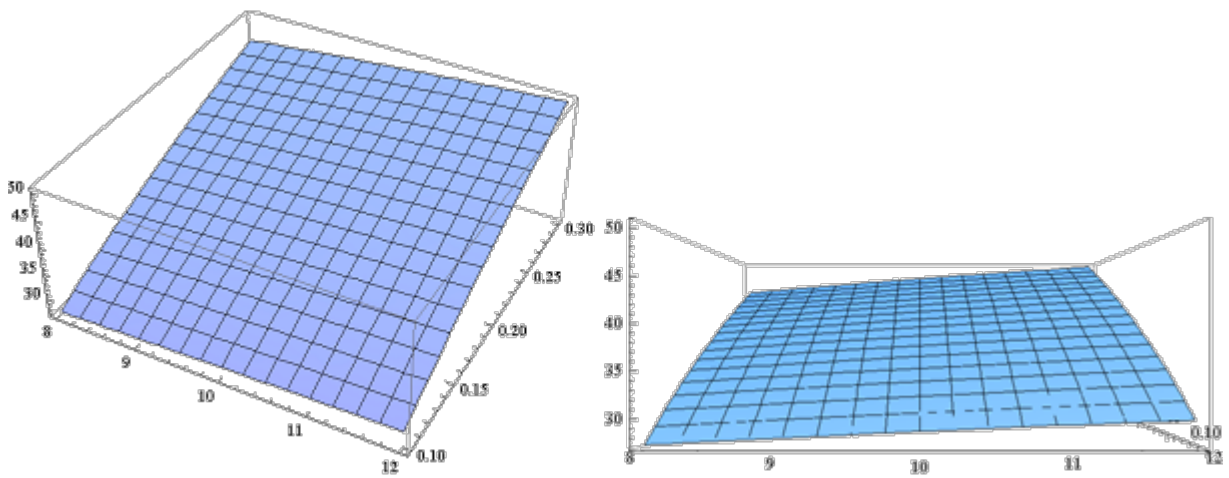
`Plot3D[363.3431523*(10^0.22857587)*(v^-0.723560347)*(f^0.482310785),{v,15,25},{f,0.1,0.3}]`

Fig. 4.2 Varësia e parametrin të ashpërsisë R_t prej hapit dhe shpejtësisë për d_{mes}



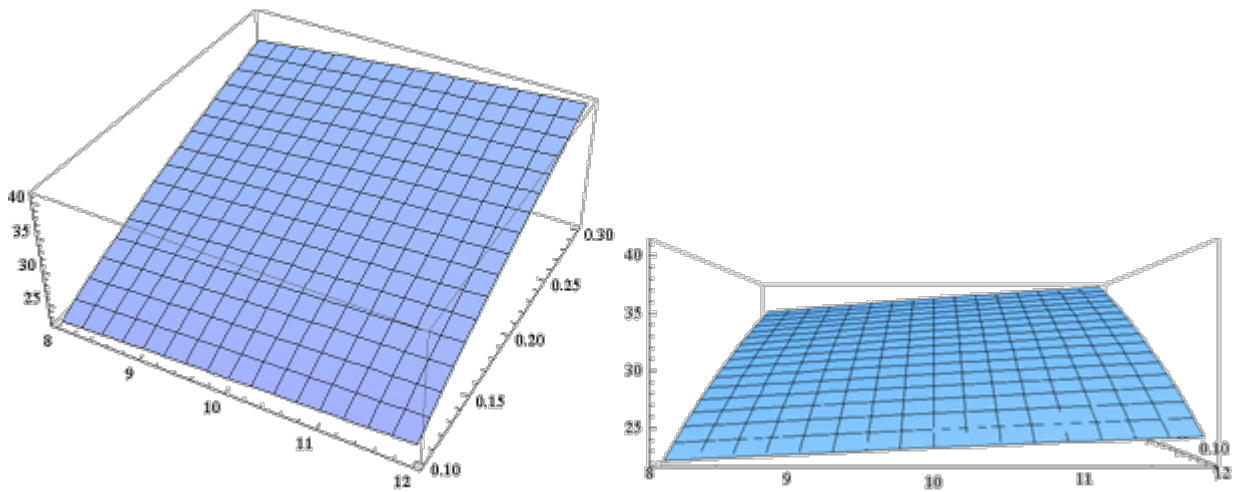
$Plot3D[363.3431523*(12^{0.22857587})*(v^{-0.723560347})*(f^{0.482310785}),\{v,15,25\},\{f,0.1,0.3\}]$

Fig. 4.3 Varësia e parametrin të ashpërsisë R_t prej hapit dhe shpejtësisë për d_{max}



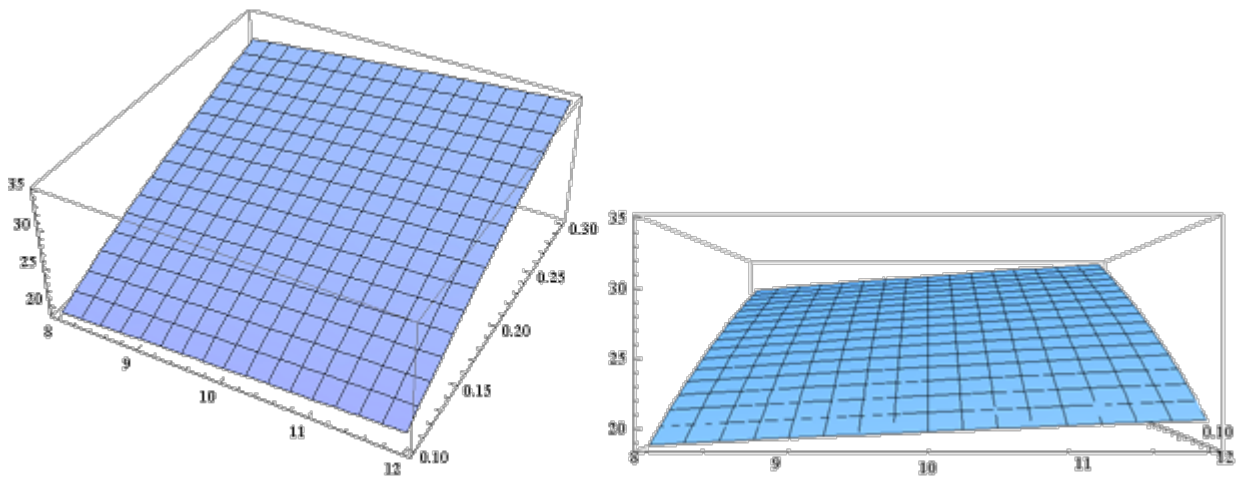
$Plot3D[363.3431523*(d^{0.22857587})*(15^{-0.723560347})*(f^{0.482310785}),\{d,8,12\},\{f,0.1,0.3\}]$

Fig. 4.4 Varësia e parametrin të ashpërsisë R_t prej hapit dhe diametrit të puntos për V_{min}



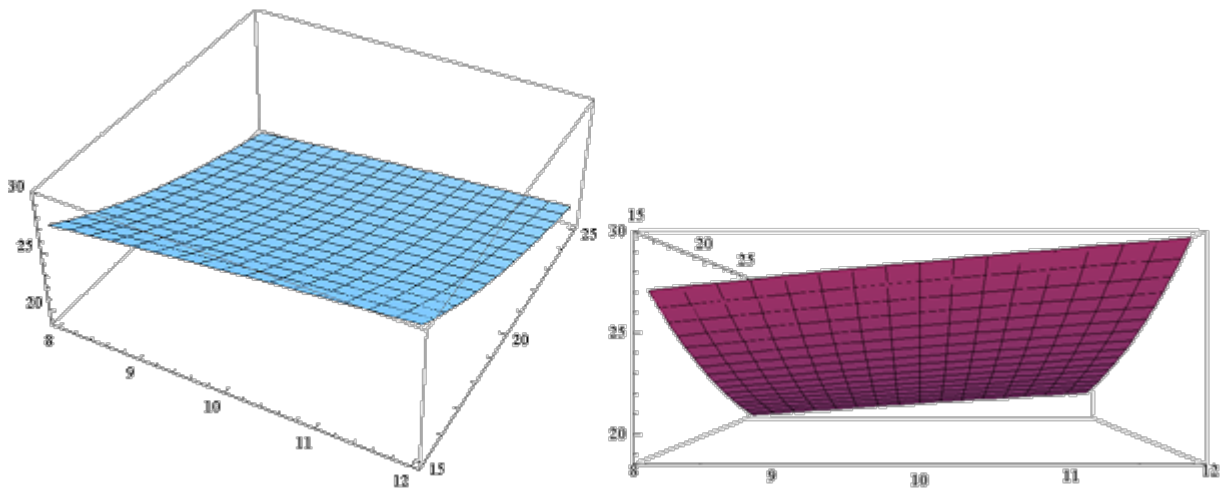
$Plot3D[363.3431523*(d^{0.22857587})*(20^{-0.723560347})*(f^{0.482310785}),\{d,8,12\},\{f,0.1,0.3\}]$

Fig. 4.5 Varësia e parametrut të ashpërsisë R_t prej hapit dhe diametrit të puntos për V_{cmes}



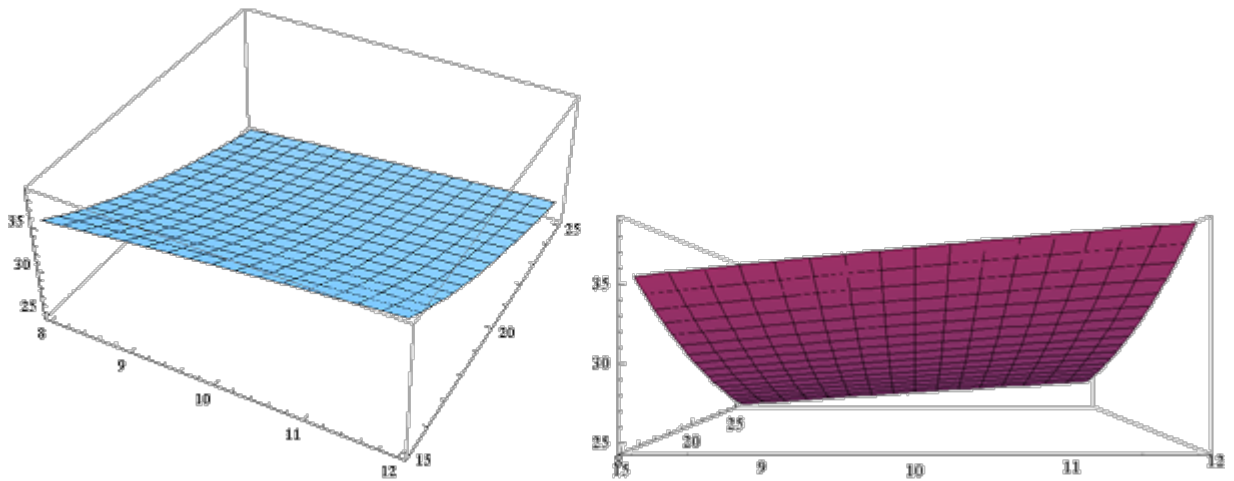
$Plot3D[363.3431523*(d^{0.22857587})*(25^{-0.723560347})*(f^{0.482310785}),\{d,8,12\},\{f,0.1,0.3\}]$

Fig. 4.6 Varësia e parametrut të ashpërsisë R_t prej hapit dhe diametrit të puntos për V_{cmax}



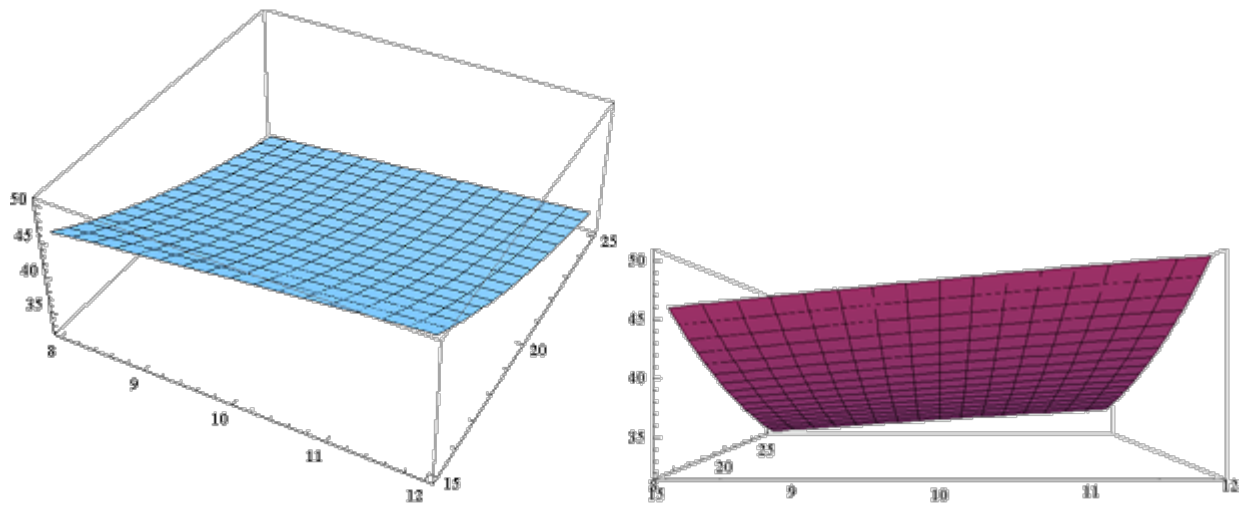
$Plot3D[363.3431523*(d^{0.22857587})*(v^{-0.723560347})*(0.1^{0.482310785}),\{d,8,12\},\{v,15,25\}]$

Fig. 4.7 Varësia e parametrin të ashpërsisë R_t prej diametrit të puntos dhe shpejtësisë për f_{min}



$Plot3D[363.3431523*(d^{0.22857587})*(v^{-0.723560347})*(0.175^{0.482310785}),\{d,8,12\},\{v,15,25\}]$

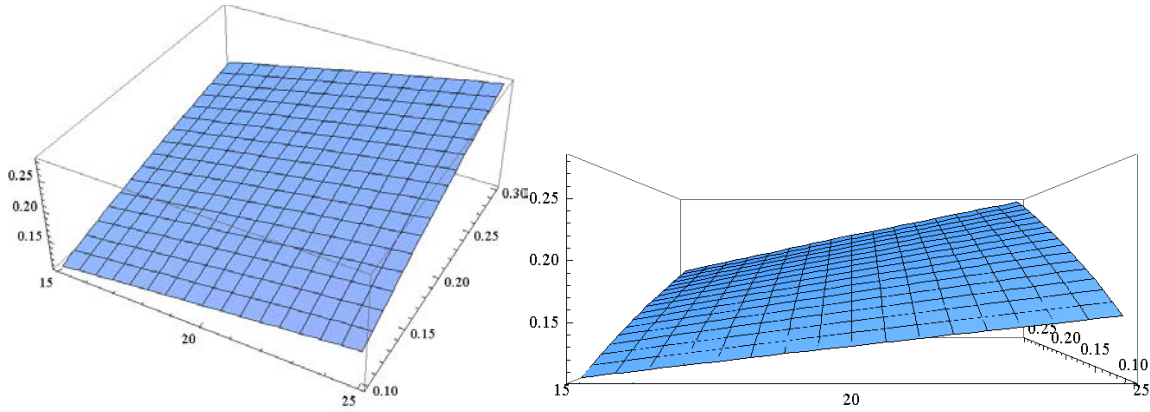
Fig. 4.8 Varësia e parametrin të ashpërsisë R_t prej diametrit të puntos dhe shpejtësisë për f_{mes}



$Plot3D[363.3431523*(d^{0.22857587})*(v^{-0.723560347})*(0.3^{0.482310785}),\{d,8,12\},\{v,15,25\}]$

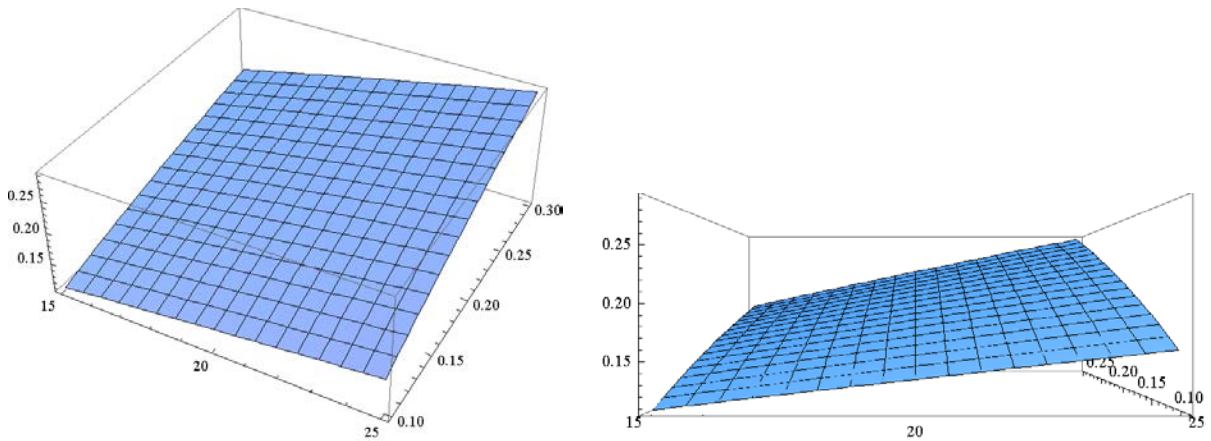
Fig. 4.9 Varësia e parametrut të ashpërsisë R_t prej diametrit të puntos dhe shpejtësisë për f_{max}

$$TW = C_{TW} \cdot v^{P_v} \cdot f^{P_f} \cdot d^{P_d} = 0.034627 \cdot v^{0.769798} \cdot f^{0.546326435} \cdot d^{0.13371}$$



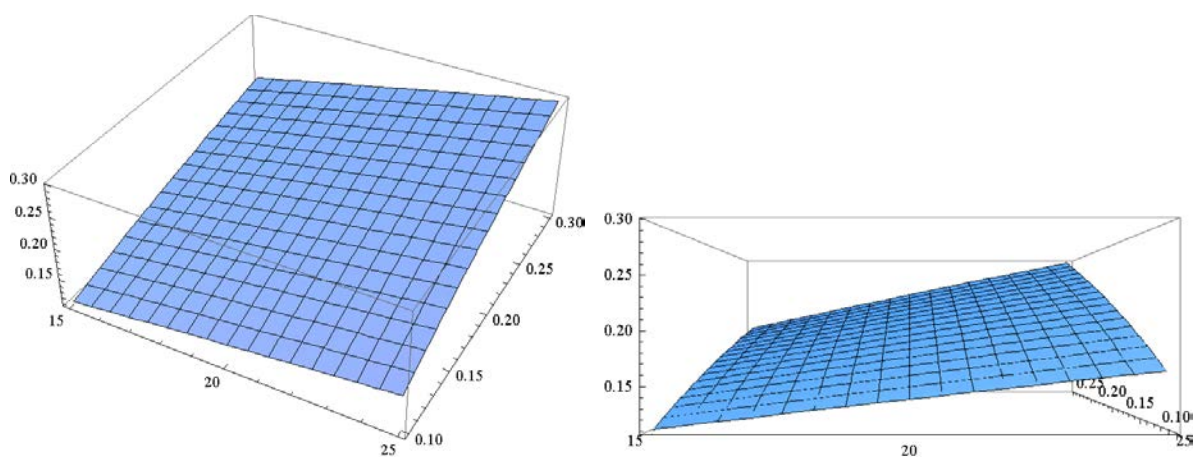
Plot3D[0.034627*(8^0.13371)*(v^0.769798)(f^0.546326435),{v,15,25},{f,0.1,0.3}]

Fig. 5.1 Varësia e konsumit të puntos TW prej hapit dhe shpejtësisë për d_{min}



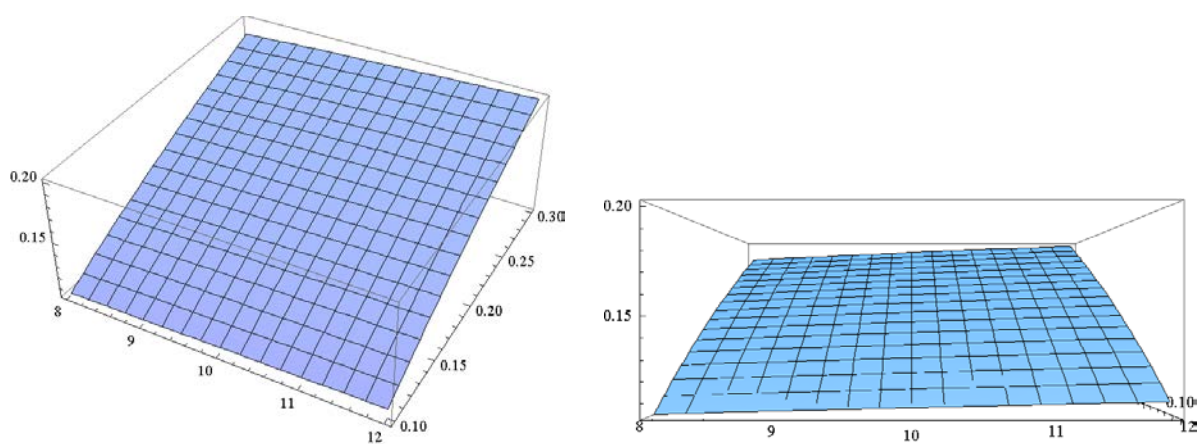
Plot3D[0.034627*(10^0.13371)*(v^0.769798)(f^0.546326435),{v,15,25},{f,0.1,0.3}]

Fig. 5.2 Varësia e konsumit të puntos TW prej hapit dhe shpejtësisë për d_{mes}



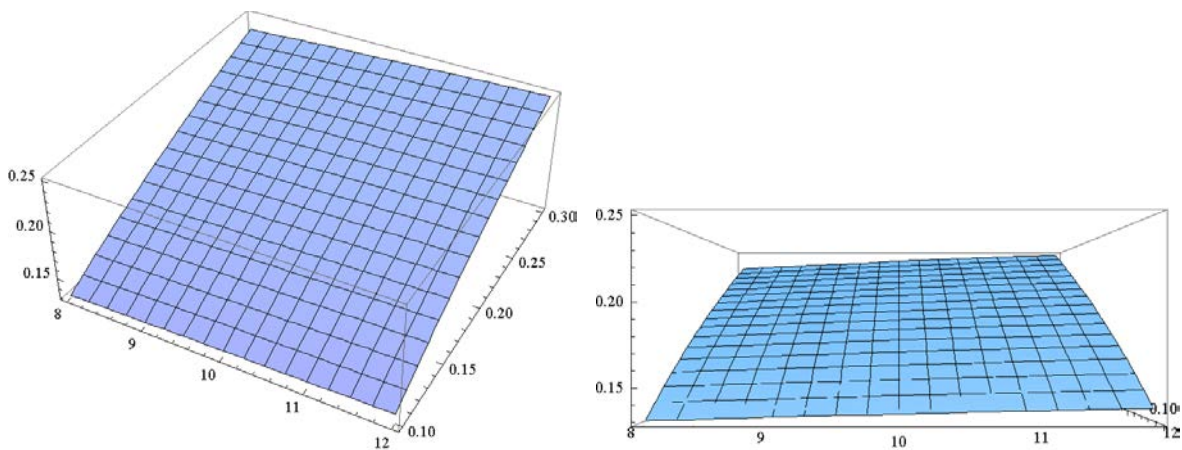
Plot3D[0.034627*(12^0.13371)*(v^0.769798)(f^0.546326435),{v,15,25},{f,0.1,0.3}]

Fig. 5.3 Varësia e konsumit të puntos TW prej hapit dhe shpejtësisë për d_{max}



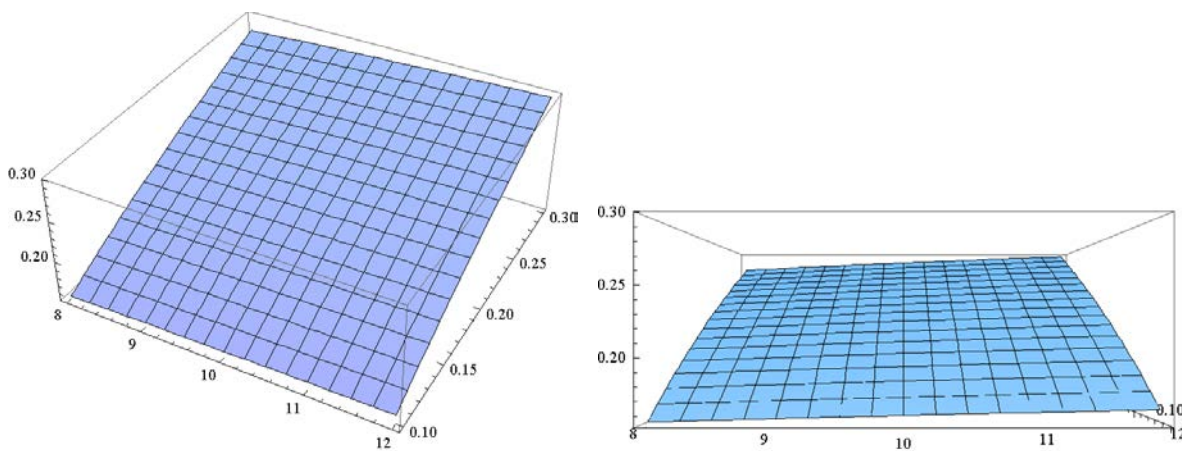
Plot3D[0.034627*(d^0.13371)*(15^0.769798)(f^0.546326435),{d,8,12},{f,0.1,0.3}]

Fig. 5.4 Varësia e konsumit të puntos TW prej hapit dhe diametrit të puntos për V_{min}



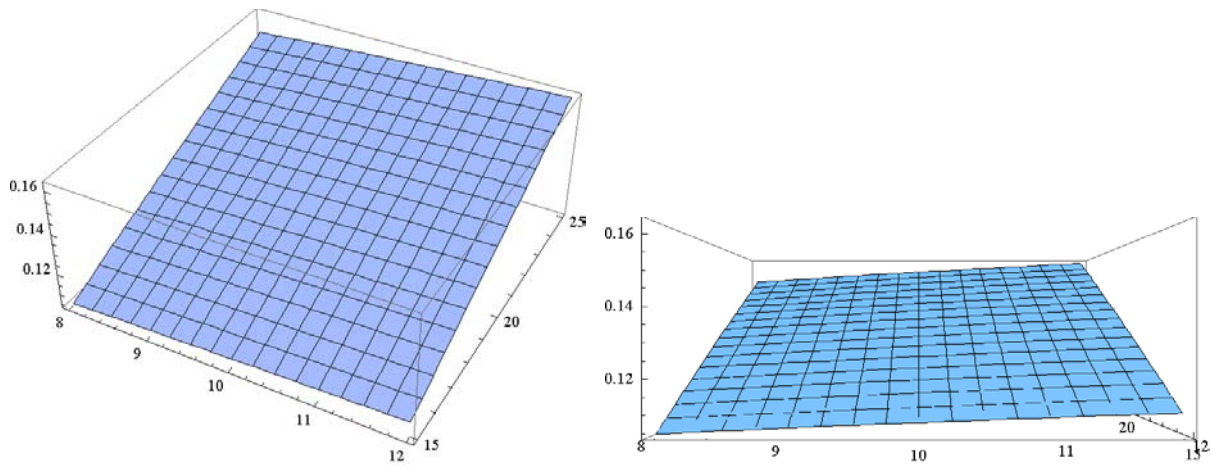
Plot3D[0.034627*(d^0.13371)*(20^0.769798)(f^0.546326435),{d,8,12},{f,0.1,0.3}]

Fig. 5.5 Varësia e konsumit të puntos TW prej hapit dhe diametrit të puntos për V_{cmes}



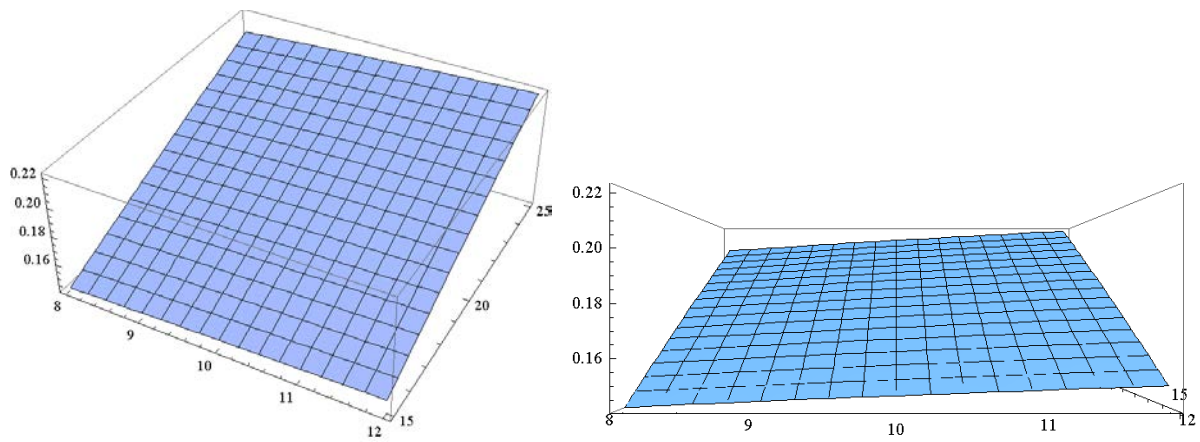
Plot3D[0.034627*(d^0.13371)*(25^0.769798)(f^0.546326435),{d,8,12},{f,0.1,0.3}]

Fig. 5.6 Varësia e konsumit të puntos TW prej hapit dhe diametrit të puntos për V_{cmax}



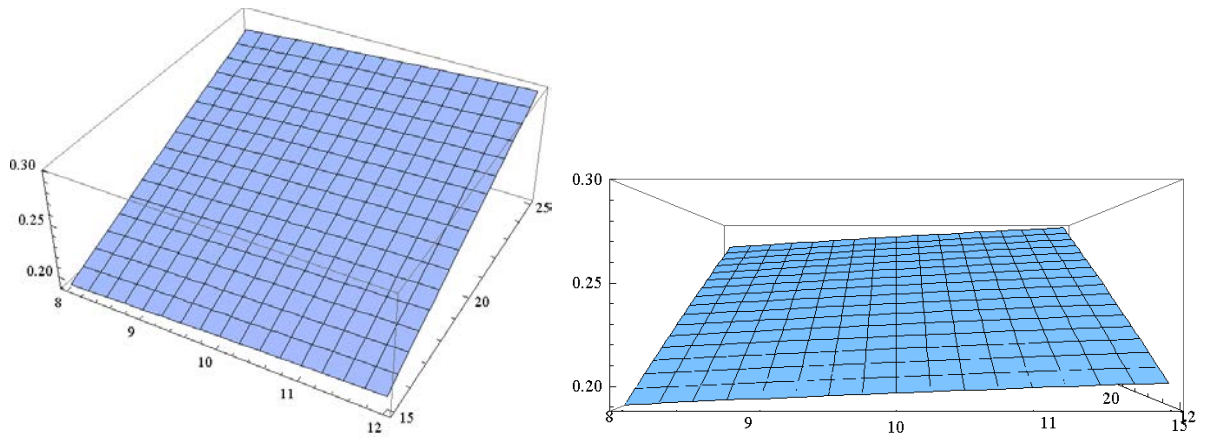
Plot3D[0.034627*(d^0.13371)*(v^0.769798)(0.1^0.546326435),{d,8,12},{v,15,25}]

Fig. 5.7 Varësia e konsumit të puntos TW prej diametrit të puntos dhe shpejtësisë për f_{min}



Plot3D[0.034627*(d^0.13371)*(v^0.769798)(0.175^0.546326435),{d,8,12},{v,15,25}]

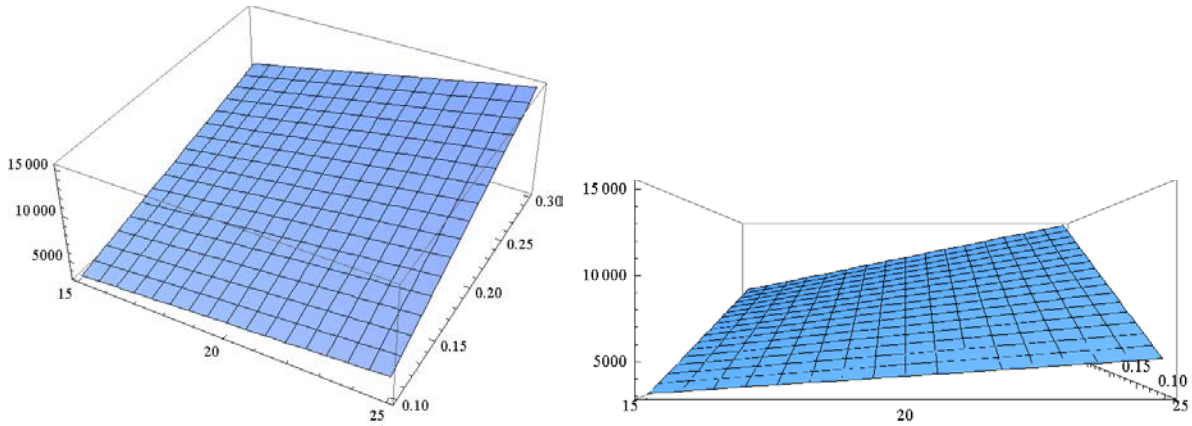
Fig. 5.8 Varësia e konsumit të puntos TW prej diametrit të puntos dhe shpejtësisë për f_{mes}



Plot3D[0.034627*(d^0.13371)*(v^0.769798)(0.3^0.546326435),{d,8,12},{v,15,25}]

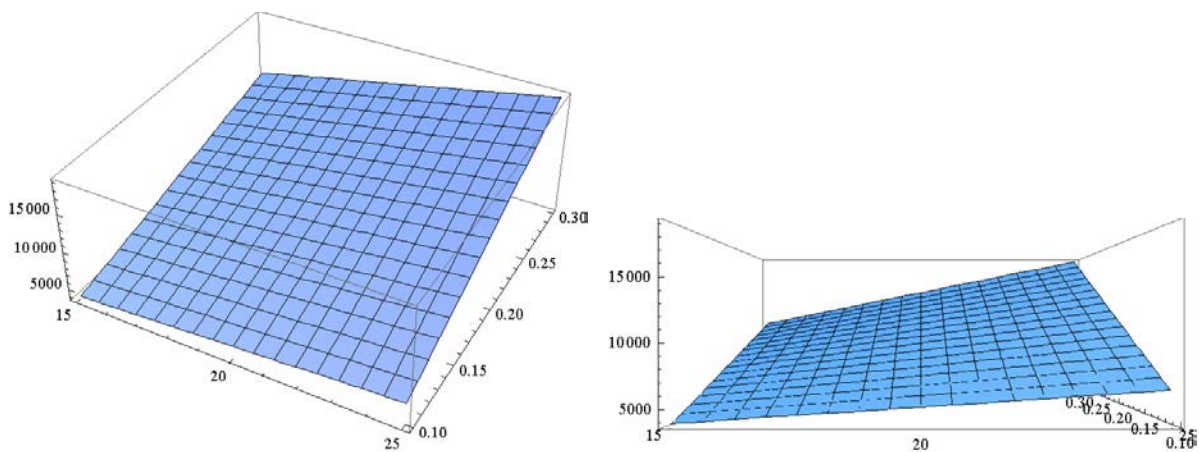
Fig. 5.9 Varësia e konsumit të puntos TW prej diametrit të puntos dhe shpejtësisë për f_{max}

$$MRR = C_{MRR} \cdot v^{p_v} \cdot f^{p_f} \cdot d^{p_d} = 255.3046531 \cdot v^1 \cdot f^{0.999999} \cdot d^{0.999999}$$



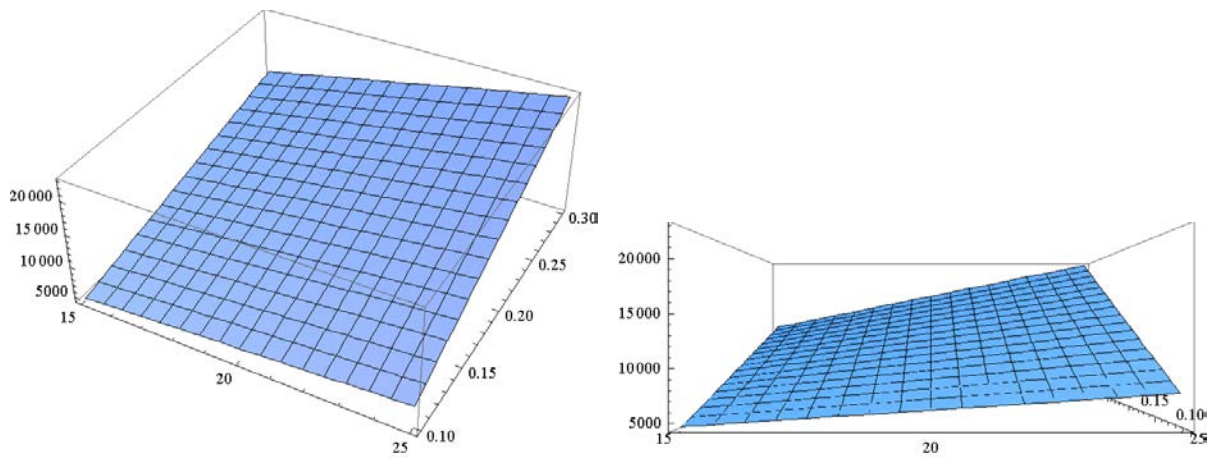
Plot3D[255.3046531*(8^0.99999)*(v^1)*(f^0.99999),{v,15,25},{f,0.1,0.3}]

Fig. 6.1 Varësia e shpejtësisë së prerjes MRR prej hapit dhe shpejtësisë për d_{min}



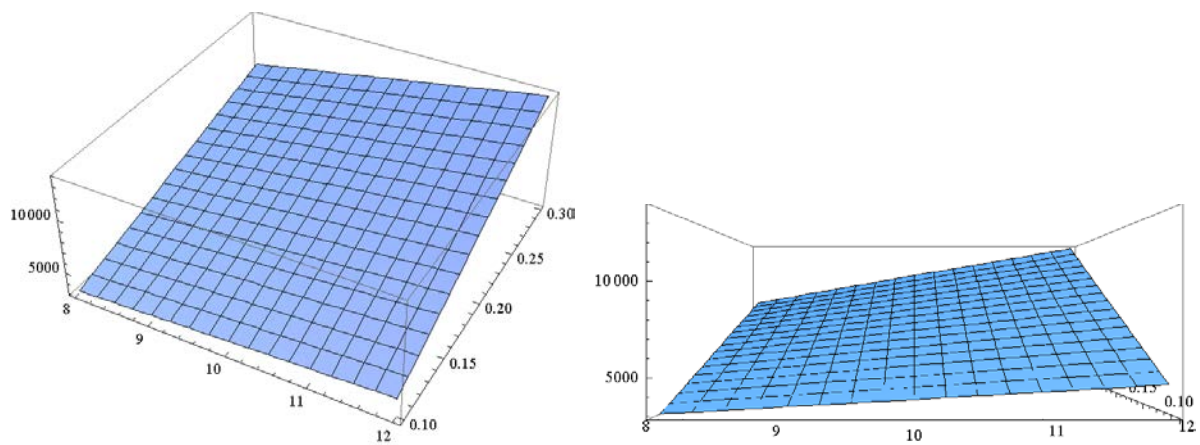
Plot3D[255.3046531*(10^0.99999)*(v^1)*(f^0.99999),{v,15,25},{f,0.1,0.3}]

Fig. 6.6 Varësia e shpejtësisë së prerjes MRR prej hapit dhe shpejtësisë për d_{mes}



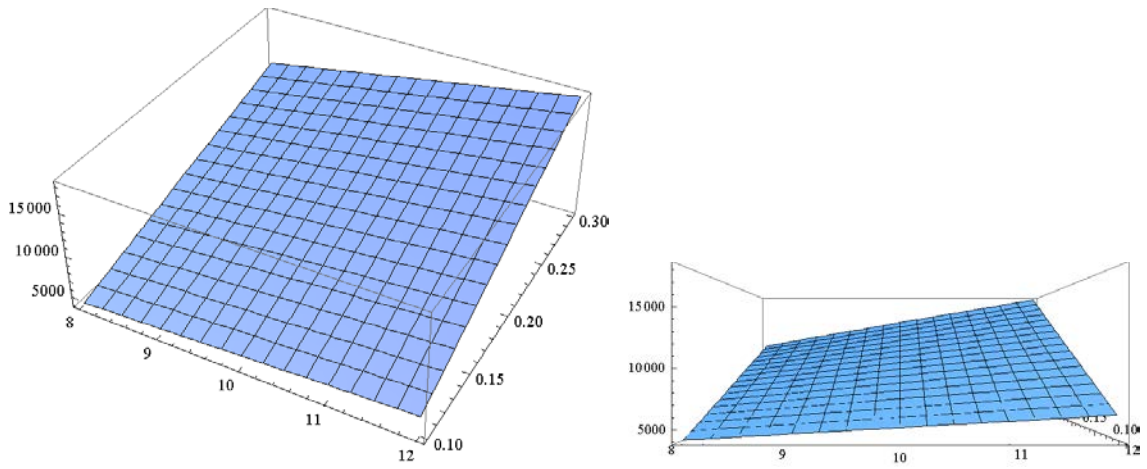
Plot3D[255.3046531*(12^0.99999)*(v^1)*(f^0.99999),{v,15,25},{f,0.1,0.3}]

Fig. 6.3 Varësia e shpejtësisë së prerjes MRR prej hapit dhe shpejtësisë për d_{max}



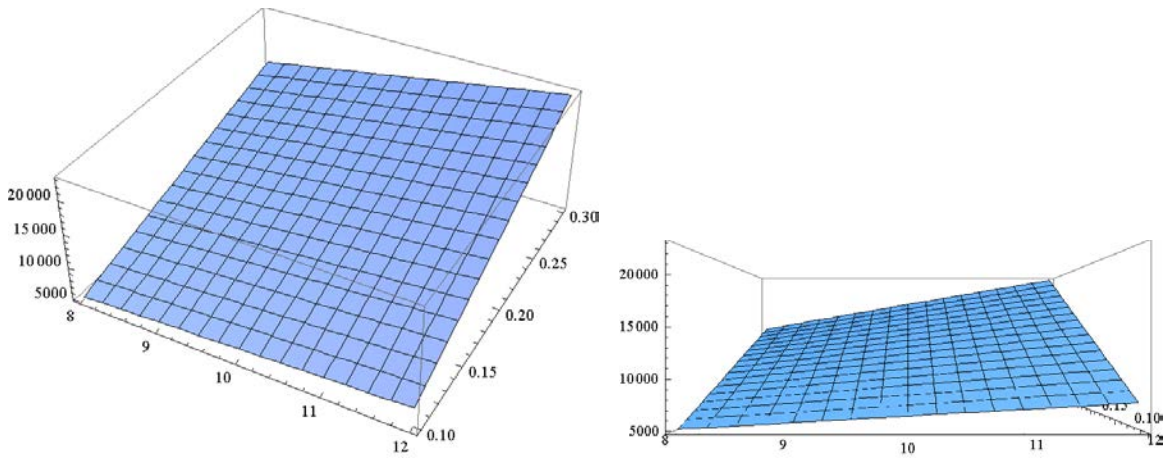
Plot3D[255.3046531*(d^0.99999)*(15^1)*(f^0.99999),{d,8,12},{f,0.1,0.3}]

Fig. 6.4 Varësia e shpejtësisë së prerjes MRR prej hapit dhe diametrit të puntos për V_{min}



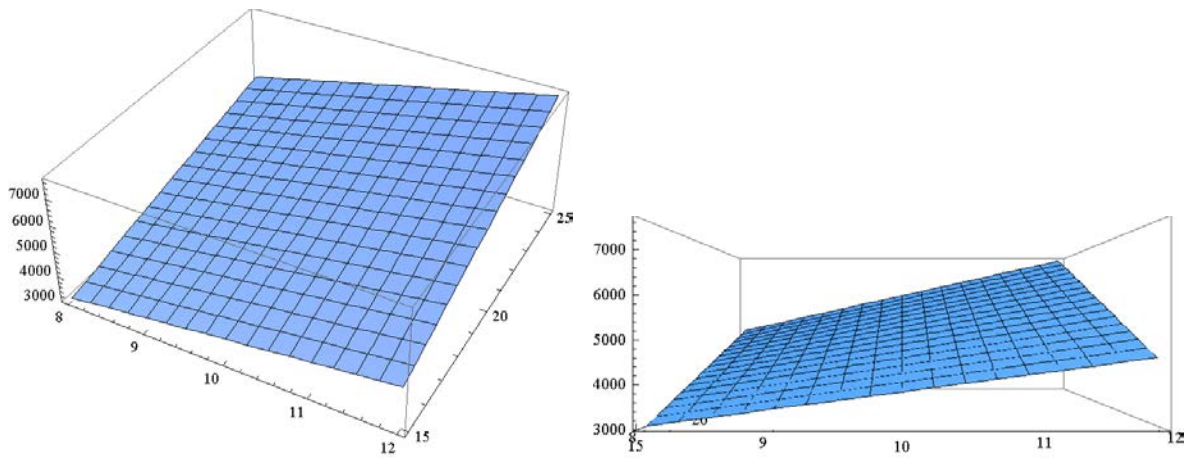
Plot3D[255.3046531*(d^0.99999)*(20^1)*(f^0.99999),{d,8,12},{f,0.1,0.3}]

Fig. 6.5 Varësia e shpejtësisë së prerjes MRR prej hapit dhe diametrit të puntos për $V_{c_{mes}}$



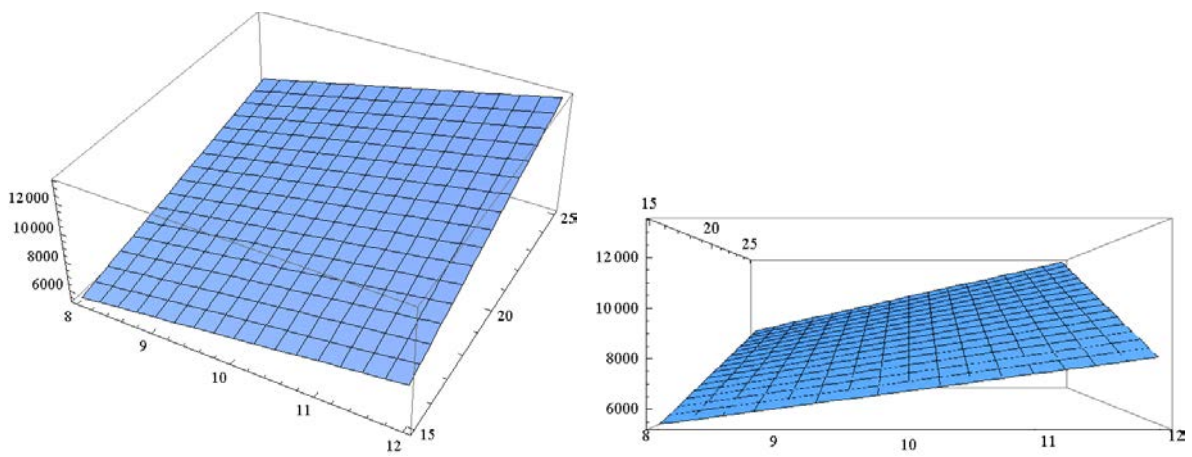
Plot3D[255.3046531*(d^0.99999)*(25^1)*(f^0.99999),{d,8,12},{f,0.1,0.3}]

Fig. 6.6 Varësia e shpejtësisë së prerjes MRR prej hapit dhe diametrit të puntos për $V_{c_{max}}$



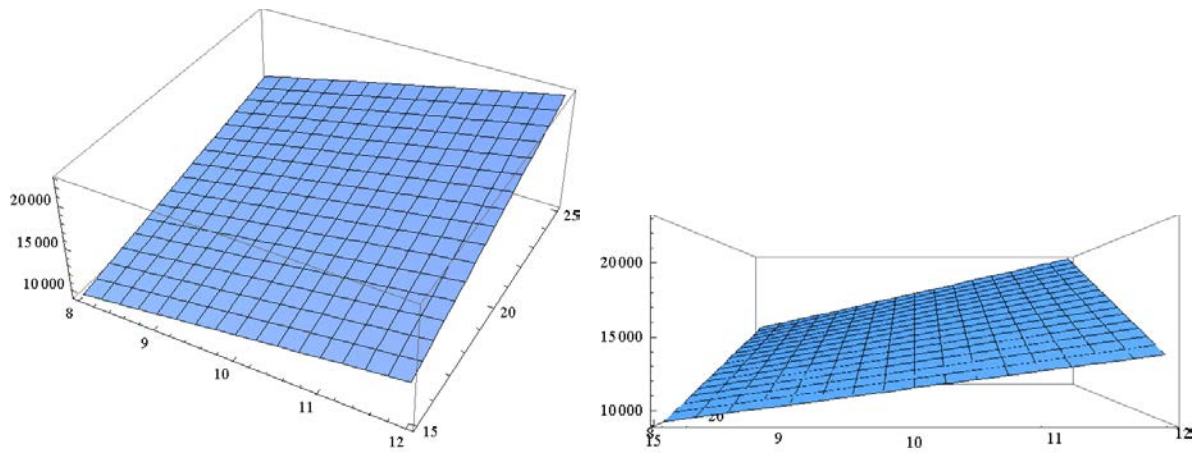
$$\text{Plot3D}[255.3046531*(d^{0.99999})*(v^1)*(0.1^{0.99999}),\{d,8,12\},\{v,15,25\}]$$

Fig. 6.7 Varësia e shpejtësisë së prerjes MRR prej diametrit të puntos dhe shpejtësisë për f_{min}



$$\text{Plot3D}[255.3046531*(d^{0.99999})*(v^1)*(0.175^{0.99999}),\{d,8,12\},\{v,15,25\}]$$

Fig. 6.8 Varësia e shpejtësisë së prerjes MRR prej diametrit të puntos dhe shpejtësisë për f_{mes}



`Plot3D[255.3046531*(d^0.99999)*(v^1)*(0.3^0.99999),{d,8,12},{v,15,25}]`

Fig. 6.9 Varësia e shpejtësisë së prerjes MRR prej diametrit të puntos dhe shpejtësisë për f_{max}