



REPUBLIKA E SHQIPERISË
UNIVERSITETI POLITEKNIK I TIRANËS
FAKULTETI I INXHINIERISË MEKANIKE
DEPARTAMENTI I MEKANIKËS

Disertacion
për marrjen e gradës shkencore

DOKTOR

Ne fushen e inxhinierise mekanike

Ndikimi i parametrave gjeometrikë të sipërfaqes së kontaktit të çiftit rrotë – shinë dhe gjeometrisë së vijës hekurudhore në konsumin e tyre . rast në studim:

Vijahekurudhore Durrës –Elbasan –Lin.



Përgatitur nga:
Miratoi Udhëheqësi shkencor:
Msc.Ing .Koçi **DORACI**
Prof.Dr.Ing.Andonaq **LONDO**

Tiranë, 2017

Përmbajtja

Hyrje

A.Argumentimi i nevojës së këtij studimi

B.Natyra dhe lloji i konsumit i rrotës dhe shinës hekurudhore.

Kapitulli.1

Studimi bibliografik dhe parashtrëse e hipotezave.

1.1 Një vështrim i shkurtër i teorive dhe studimeve që janë kryer në lidhje me qëndrueshmërinë ndaj konsumit të çiftit rrotë – shinë,gjatë rrokullisjes së rrotave mbi shinë. analiza e tyre ,epërsitë dhe kufizimet e tyre.

1.1.1.Teoria dy-dimensionale e Karterit (1926);

1.1.2. Teoria Hertz-it

1.1.3. Creepages (zvarritja)

1.1.4. Teoria lineare

1.1.5. Teoria e plotë dhe Libri hekurudhave britanike (Book British Rail)

1.1.6. Teoritë Johnson, Vermeulen dhe Johnson, Shën Hedrick dhe Elkins

1.1.7.Teoria e thjeshtuar e kontaktit rrotë - shinë

1.1.8. Problemet rutinë që zgjidhen në kontaktin me rrokullisje.

1.1.8.1. Llogaritja e humbjeve në ferkim në rrotën udhëzuese të lokomotivës

1.1.8.2. Simulimi i lëvizjes së mjeteve hekurudhore.

1.1.8.3. Llogaritja e forcave në kontakt dhe llogaritjet në lodhje, të çiftit rrotë – shinë hekurudhore.

1.1.8.4.Llogaritjet e konsumit të çiftit rrotë – shine hekurudhore

1.1.9.Disa studime që janë kryer deri më sot për problemin e Kontaktit Rrotë – Shinë hekurudhore,në drejtim të konsumit të sipërfaqeve kontaktuese.

Kapitulli 2

Modeli matematik i dinamikës së bashkëveprimit të çiftit rrotë –shinë hekurudhore.

Hyrie

Kuptimi i ndërveprimit të çiftit rrotë – shine hekurudhore

2.1. Monitorimi i kontaktit rrotë – shinë hekurudhore

2.1.1 Algoritmi i llogaritjeve gjeometrike të kontaktit rrotë – shinë hekurudhore

2.1.2. Algoritmi për përcaktimin e distancës minimale midis profileve

2.1.3.Tabela e Llogaritjes së koordinatatave të pikave të kontaktit

2.2. Thjeshtimi i llogaritjes së gjeometrisë së kontaktit të çiftit rrotë – shine hekurudhore.

2.2.1. Koniciteti efektiv

2.2.2. Parametri i këndit të kontaktit të rrotës me kokën e shinës.

2.2.3. Thjeshtimi i gjeometrisë së kontaktit të çiftit rrotë shinë hekurudhore.

2.3. Llogaritja e forcave të kontaktit në çiftin rrotë – shinë hekurudhore

2.3.1. Metoda e llogaritjes gjeometrisë së kontaktit dhe forcave të kontaktit

2.3.2. Algoritmet për llogaritjen e forcave të spostimit.

2.3.2.1. Metoda Müller

2.3.2.2. FASTSIM

4.3.2.3. FASTSIM_A

2.3.2.4. Metoda Minowa

2.3.2.5. Modeli i kontaktit joeliptik i çiftit rrotë – shinë hekurudhore

2.3.2.6. Modelimi i kontaktit jo eliptik shumë pikësh i çiftit rrotë – shinë hekurudhore.

2.3.3. Koeficienti i fërkimit në kontaktin e çiftit rrotë – shinë hekurudhore

2.4.Modelet matematikore që përdoren për parashikimin e konsumit të rrotës hekurudhore

2.4.1. Seria e llogaritjeve multivariate (MVC) e strukturës identike,në rastin evolimit te profilit të rrotës.

2.4.2. Modele të intensitetit të konsumit

Kapitulli 3

Simulimi softwerik i modelit të zgjedhur

Hyrie

3.1 Krijimi i profilit te rrotes, evolucioni i projektit dhe analiza e rezultateve

3.1.1 Evolucioni i projektit

3.2.Krijimi i projektit të ri

3.3.Shtimi i një familje të re të projektit

3.4. Hierarkia e parametrave

3.5. Parametrat e vijes hekurudhore

3.6. Kushtet e përfundimit,të simulimit

3.7. Kopjimi i familjeve

3.8. Fshirja dhe vazhdimi i llogaritjeve

3.9.Rezultatet e përpunimit

3.10. Ngarkimi i rrotës

Kapitulli 4

4.1.Analiza e rezultateve të marra për objektin e marrë në studim : Vija hekurudhore Durres-Elbasan –Lin.

Hyrie

4.1.1.

4.1.2.

Kapitulli 5

Analize ekonomike e studimit lidhur me koston e investimeve , perfitimet ekonomike.

Kapitulli 6

Perfundime dhe rekomandime.

Literatura.

SHTRIMI I PROBLEMIT:

Republika e Shqipërisë është antare e SEETO/S dhe synimet e saj thelbësore janë në përputhje me direktivat përkatëse të BE,për sektorin hekurudhor,të cilat janë të përfshirë në mbrëndësi të ligjit hekurudhor të BE.

Rrjeti hekurudhor i Shqipërisë,është një rrjetë i paelektifikuar dhe me një infrastrukturë shumë të vjetërsuar dhe të dëmtuar,duke shtruar problemin e rinovimit të saj,ne një të ardhme shumë të afërme.

Për këtë qëllim rehabilitimi i linjës hekurudhore aktuale sipas standartëve të BE,është domosdoshmëri.

Vija hekurudhore Durrës – Elbasan – Lin – Kufi [Shqipëri, (Lin) – Maqedoni (Strugë)],është pjesë e vijës hekurudhore të Koridorit të Tetë, Tiranë – Durrës - Elbasan – Lin – Kufi.

Rinovimi i këtij Koridori,do të bejë të mundur,që të kemi një Sistem Transporti Hekurudhor,më të sigurve,si në transportin e udhetarëve dhe mallrave, si dhe do të krijojë kushte që Transporti Hekurudhor të jetë më atraktiv dhe të afrojë një konkurrencë më të rritur me transportin automobilistik, i cili sot është transporti i cili kryen volumin më të madh të transportit të udhetarëve dhe të mallrave.

BE i kushton një rëndësi të madhe,transporteve të rënda dhe me sasi të mëdhaja dhe i orienton ato në transportin hekurudhor.Duke qenë para një fakti të tillë,*vija hekurudhore Durrës – Elbasan – Lin*, e cila ka një gjatesi prej 139 km,do të rinovohet duke përmbushur standartet e BE,në fushën e transportit hekurudhor, kurse pjesa e vijës Hekurudhore Lin – Kufi, me një gjatësi prej 2.8 km,do të ndërtohet e re,gjithëashtu duke përmbushur standartet e BE, pasi nuk,ekziston.

Investimet në këtë vijë hekurudhore të transportit Intermodal,do të rrisin efektivitetin dhe sigurinë e transportit të udhetarëve dhe të mallrave,midis vendeve të Ballkanit Perendimor dhe në të njëjtën, kohe do të zhvillojë industrinë përpunuese të çelikut në Shqipëri,si dhe të ekonomisë e biznesit të industrisë nxjerrëse të minelaleve.

Kjo vijë hekurudhore (Durrës – Elbasan – Lin) ,është pjesë e studimit që merret me *vlersimin ekonomik dhe financiar, për të gjithë rrjetin hekurudhor* , studim i cili është i financuar nga BE.

Objektivi kryesor i zhvillimit të Hekurudhave Shqiptare,HSH, është fillimi i implementimit të projektit për realizimin e lidhjes me hekurudhë midis Shqipërisë,Maqedonisë dhe Bullgarisë,i cili kërkon që në Shqipëri të kryhet përmirësimi i transportit të mbrëndshëm me hekurudhë.Ky implementim i projektit do të realizohet nëpërmjet :

1. Vlerësimit të fizibilitetit teknik,ekonomik,financiar dhe mjedisor,të rinovimit të vijës hekurudhore Durrës – Elbasan – Lin.
2. Alternativës për financimin e studimit të fizibilitetit të rinovimit të kësaj vije hekurudhore, nëpërmjet investimit të partneritetit publik e privat, finacuar nga ana e BERZH-it.
3. Projektimit dhe specifikimeve teknike të rinovimit të vijës hekurudhore,në përgjithësi.

Vija hekurudhore Durrës – Elbasan – Lin,si pjesë e Rjetit Hekurudhor të Shqipërisë, përfshihet në *vijën hekurudhore, Tiranë - Durrës – Elbasan – Lin*, dhe si pjesë e Koridorit të Tetë,krijon mundësinë e tranzitimit të të gjitha mallrave të Koridorit të Adriatikut të Italisë, nga Porti i Durrësit drejtë Maqedonisë dhe Bullgarisë dhe më tej drejtë Lindjes.

Kjo vijë hekurudhore duhet të vlersohet në nivel ndërkombetar pasi si pjesë e Koridorit të Tetë, lidhë kryeqytetet e Shqipërisë,Maqedonisë dhe Bullgarisë (Tiranë, Shkup dhe Sofie) ndërmjet tyre,duke bërë të mundur edhe lidhjen e Portit të Durrësit me Portin e Varnës në brigjet e Detit të Zi.

Ndërtimi i Koridorit të Tetë ku janë përfshirë rinovimi i *vijës hekurudhore Tiranë - Durrës – Elbasan – Lin*, dhe ndërtimi i *vijës hekurudhore Lin – Kufi* (Maqedoninë) do të bëjë të mundur, rritjen e integritetit ekonomik të vendeve të Ballkanit Perëndimor drejtë Europës Lindore dhe asaj Perëndimore në nivel Kontinental në kuader të një zhvillimi të shpejtë të vendeve të Rajonit të Europës Juglindore drejtë ekonomisë së tregut.

Terminali i kontenierëve i ndërtuar në Portin e Durrësit,do të jetë një potencial shumë i fuqishëm transporti për Hekurudhën Shqiptare dhe një mundësi dalje në Detin Adriatik dhe Jon,të transporteve maqedonëse.

Në këndeveshtrimin kombëtar modernizimi i *vijës hekurudhore Tiranë - Durrës – Elbasan – Lin*, do të influencojë në eliminimin e një mase të transportit të udhëtarëve dhe mallrave me goma, gjë e cila do të sjellë një inpakt pozitiv në

pastërtinë e ambientit, nga gazrat e lendës djegëse dhe minimizimin e aksidentëve rrugore, dhe rritjen e sigurisë rrugore.

Lidhur sa thamë më sipër mund të themi, që ky studim është nëpërputhje me vizionin e Qeverisë Shqiptare për Sektorin e Transportit Hekurudhor, i cili është rivitalizimi, ristrukturimi dhe integrimi i Rrjetit Hekurudhor Shqiptar me Rrjetin Hekurudhor European dhe është konkretizuar në Vendimin nr.817 datë 23.11.2011, të Qeverisë Shqiptare “ Për miratimin në parim të Planit Kombëtar të Transportit (rishikimi i parë pesëvjeçar) në strategjinë për të ardhmen e Hekurudhave Shqiptare (opsioni 3), në të cilin është përcaktuar ndër të tjera, modernizimi i *vijës hekurudhore Tiranë - Durrës – Elbasan – Lin.*

Ky modernizim do të rrisë trafikun e udhëtarëve dhe të mallrave, do të ulë kohën e udhëtimit dhe kohën e qëndrimit të vagonave të huaj që vijnë nga Europa në teritorin Shqiptar.

Edhe studimi i jonë do të ndikojë në uljen e koston së produktit të transportit hekurudhor,që janë, udhëtarë kilometër dhe ton kilometër.

Hyrje:

A.Argumentimi i nevojës së këtij studimi , është parë nën këndvështrimin e strategjisë së zhvillimit të sektorit të hekurudhave në Shqipëri , me synim integrimin e Rrjetit Hekurudhor Shqiptar me atë European.Në kohën e sotme në kushtet e ekonomisë së tregut, ku nevoja për transportin e mallrave dhe të udhëtarëve është shtuarpër shkak të zhvillimit ekonomik dhe ndryshimeve demografike dhe në kushtet e një konkurrence të ashpër ndërmjet llojeve të ndryshme të transportit si dhe në kushtet e rritjes së çmimit të energjisë në kohën e sotme, del e domosdoshme që hekurudhat të kërkojnë bashkepunime me studiues të shumtë të kesaj fushe, duke shtruar detyra për përmirësimin e treguesve të performancës së hekurudhës. Pikërisht për sa i takon rritjes së performancës së transportit hekurudhor dy janë drejtimet kryesore:

- *Ulja e koston së transportit për udhëtar kilometër dhe ajo e ton kilometër.*
- *Krijimi i një sërë rregullash dhe normash teknike të tilla që të rrisin konfortin e sigurinë e levizjes mbi shina.*

B. Natyra dhe lloji i konsumit të rrotës dhe shinëshekurudhore.

Defektet e sipërfaqes rrokullisëse dhe bordurës së rrotës dhe shinave hekurudhore

Për të pasur një ide më të qartë për natyrën e parregullsive të rrotës dhe shinës hekurudhore, të cilat ndikojnë në dinamikën e lëvizjes së mjeteve hekurudhore mbi shina, duhet të dimë natyrën e defekteve që mund të ndodhin në çiftin rrotë - shinë. Defektet në sipërfaqen rrokullisëse të rrotës dhe shinave hekurudhore mund të ndahen si më poshtë :

1. Për shinën hekurudhore:

a) shkitje metali në sipërfaqen rrokullisëse

b) shkarje ose deformim me onde

c) rënie e lartesisë së kokës

Në rast të defekteve në sipërfaqen rrokullisëse të rrotave, forcat e bashkëveprimit në çiftin rrotë - shinë hekurudhore rriten (përforcohen), pasi ato janë shkak i rritjes së ngarkesave dinamike, frekuencës së aplikimit të ngarkesës në rrokullisje.

Duhet të kihet parasysh se shinat hiqen nga vija hekurudhore për dy arsye madhore që janë:

- për shkak të konsumit tej normave të lejuara si rezultat i shfrytëzimit për një kohë të gjatë,(sa është jetëgjatesia e parashikuar në projekt,ose para kohe).
- për shkak të defekteve, të ndryshme që lindin në to gjatë shfrytëzimit,duke kaluar mjetet hekurudhore mbi të.

Për të pasur njohuri sa më të sakta për ecurin e gjendjes teknike të shinave gjatë shfrytëzimit, llojet e defekteve të shinave, shkaqet e lindjes së tyre, metodat e zbulimit, udhëzimet operative paraqiten në dokumentin teknik të shfrytëzimit të vijës hekurudhore.Në dokumentacionin teknik të shinave,defektet janë të ndarasi më poshtë:

- në defekte akute (DA)
- të dëmtuara (D).

Gjatë klasifikimit të defektëve të shinave,duhet të marrim parasysh edhe kategorinë e vijës hekurudhore.

Le të shikojmë defektet që pësojnë shinat gjatë shfrytëzimit.

Shinat gjatë shfrytëzimit të tyre marrin konsum vertikal dhe anësor, siç tregohet në fig.1.

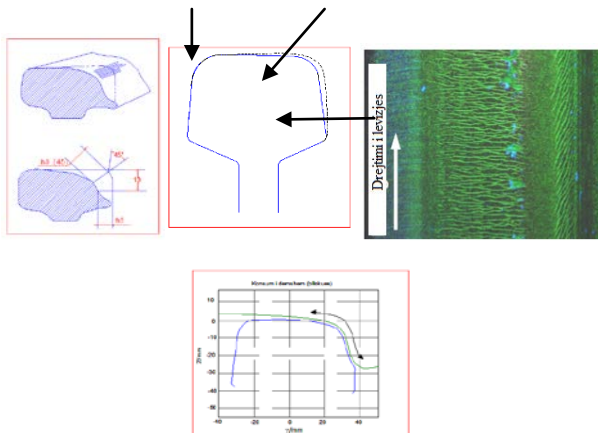


Figura.1 . Llojet e konsumit në shinën hekurudhore

2. Për rrotat hekurudhore:

Defektet të cilat çfaqen në rrotat e çiftit të rrotave hekurudhor janë si më poshtë vijon:

a) konsum në sipërfaqen rrokullisëse, b) jo-rrethësi e rrotave (gropime), c) marrje metali,si dhe zhvatje e sipërfaqes së sipërme të unazës rrokullisëse.

Forcat e bashkëveprimit në çiftin rrotë - shinë hekurudhore rriten (përforcohen) në rastin kur kemi defekte në sipërfaqen rrokullisëse të rrotave dhe ato janë shkaku i rritjes së ngarkesave dinamike, frekuencës së aplikimit të ngarkesës në rrokullisje, e cila gjithëashtu përfshin një konsum të përsheptuar të shinës hekurudhore, brishtësinë e saj dhe shkatërrimin plastik. Në figurën Nr.2, po japim një profil të rrotës hekurudhore në menyre skematike.



Marrje metali dhe gropëzime të rrotës nëregjimin e frenimit,kur sistemi i frenimit nuk funksionon në rregull



Fig.2. Defekte në sipërfaqet rrokullisëse të rrotave hekurudhore.

KAPITULLI.1

Simulimi i lëvizjes së mjeteve hekurudhore.

Për të bërë simulimin e lëvizjes së mjeteve hekurudhore, në radhë të parë duhet të bëhet një dallim midis dinamikës mjeteve të cilat kanë rrotë me bordurë me ato që nuk kanë rrotë me bordurë. Në fakt, zonat e kontaktit të çiftit rrotë – shinë hekurudhore janë jo-eliptike, siç tregohet në Fig.1.1, e cila është dhënë nga studiuesi Le The [17]. Megjithatë zonat e kontaktit përafrohen me elipsin, dhe janë zakonisht mjaft efektive.

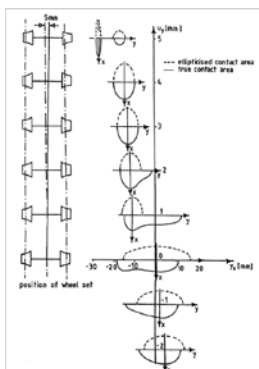
Si përfundim mund të konkludojmë, si më poshtë,vijon:

- në simulimin e lëvizjes së një mjeti kryen lëvizje të vogla, zonat e kontaktit i eliptizojmë dhe përdorim teorinë lineare;
- në simulim e lëvizjes së një mjeti që kryen lëvizje të madhe , domethënë, rrota e mjetit është pa bordurë , bëhet eliptizimi i zonave të kontaktit dhe përdorimin teorinë Shen-Hedrick-Elkins.

Lëvizjet e mjeteve të cilat i kanë rrotat të paisura me bordurë kërkojnë një tjetër metodë të analizës. Arsyet e kësaj, janë të trefishta.

Së pari, mjetet që i kanë rrotat me vlera të mëdhaja , konicitetit γ , kryejnë numër rrotullimesh më të mëdhaja për shkak të këtij koniciteti;. Ky fakt nuk na lejon, përdorimin e teorisë lineare të Shën-Hedrick-Elkins. Në këtë rast Tabela Book British Rail mund të përdoret si FASTSIM. Libri i tabelave është më i shpejtë si opsion, në këtë rast.

Së dyti, në këto mjete gjatë rrokullisjes mbi shina mund të ketë një kontakt të dyfishtë.



Fik.1.1. Pozicioni i pikave të kontaktit, si dhe elipset dhe zonat reale të kontaktit, në kokën e shinës hekurudhore në pozicione të ndryshme të çiftit të rrotave (rrota e djathtë): Pjesa e sipërme e gjurme, përfaqson kontaktin eliptik, ndërsa pjesa e poshtme, përfaqson kontaktin e vërtetë. Nga Le The [17].

Në këtë rast lind pyetja , si ndahet shpërndaria e tërheqjes në rastin e dy pikave të kontaktit. Kjo pyetje ka marrë përgjigje nga Piotrowski [18].

Së treti, shtrohet pyetja se si të llogarisim lakimet anësore të shinave hekurudhore ,lakim i cili ka një rol të rëndësishëm në bashkeveprimin e çiftit rrotë – shinë hekurudhore.

8.3. Llogaritja e forcave në kontakt dhe llogaritjet në lodhje, të çiftit rrotë – shinë hekurudhore.

Mekanika e kontaktit për këto probleme është mjaft e thjeshtë dhe kërkon që shpërndarja e presionit në zonën e kontaktit, duhet të jetë shumë e njohur dhe jo e cunguar. Karakteri përsëritës i ngarkesës dhe lëvizja e saj mbi sipërfaqen e rrotës dhe të shinës hekurudhore janë shumë të rëndësishme.

Disa autorë propozojmë që të përdorim një tërheqje Hertziane për presionin normal pz, ndërsa shpërndarja tangjenciale gjendet duke shumëzuar pz me koeficientin e fërkimit, f:

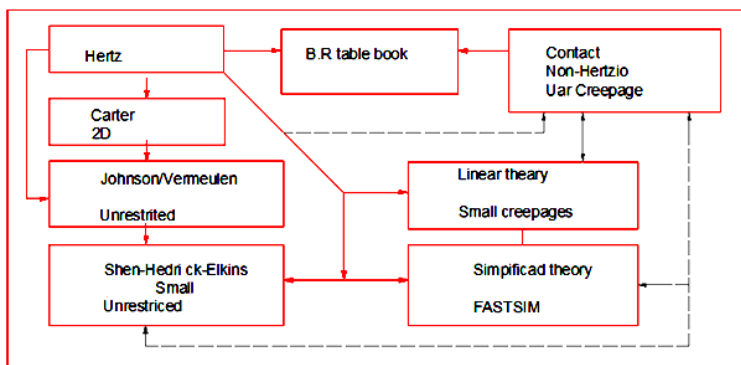


Fig.1.10. Teoritë dhe marrëdhëniet e tyre: $A \rightarrow B$, A ka një ndikim të drejtpërdrejtë në B ; $A \leftrightarrow B$, A dhe B vërtetojnë njëra tjetrën. Vetëm KONTAKTI, nuk është domosdoshmërisht Hertzian, Unr : e pakufizuar.

$$p_z(x, y) = p_z(0,0) \left\{ 1 - \left(\frac{x}{a} \right)^2 - \left(\frac{y}{b} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$$

$$F_z = \frac{2}{3} \pi a b p_z(0,0) (21)$$

$$|p_\tau(x, y)| = f p_z(x, y)$$

Forcat dhe llogaritjet në lodhje nuk mund të kryhen nga Mekanika e thyeries apo fizika.

9.4.Llogaritjet e konsumit të çiftit rrotë –shinë hekurudhore

Konsumi i rrotave dhe shinave hekurudhore mund të përfshihet në dy kategori:

- *valëzim (rrudhë) i rrotave dhe shinave , defektet e rrotave, dhe të ngjashme;*
- *evolimin e profilit të rrotës dhe shinës hekurudhore, kur shina hekurudhore është krejtësisht cilindrike dhe rrota është krejtësisht e rrumbullakët.*

Rrudha është një fenomen shumë i komplikuar. Ka më shumë se 100 vjet studim dhe akoma nuk kanë zbuluar të gjitha sekretet e saj. Shumë teori janë vënë në vështërsi ,duke kërkuar që një fenomeni të tillë ti jepet zgjidhje. Në faktë ndonjë teori rezulton shumë më e shpejtë në krahasim me një tjetër. Megjithëatëduhet të bëhet e qartë se shumë procese komplekse metalurgjike janë iniciuar nga ndikimet e kontakteve mekanike dhe mund të themi që ekziston një ndërveprim në mes tyre.

Në mekanikën e kontaktit në rrokullisje të paraqitura më lartë kemi folur gjithmonë vetëm për procese stacionare. Kjo është theksuar nga Knothe dhe Gross-Thebing [19],të cilët theksojnë se gjendja e qëndrueshme nuk mundë ta përshkruajë në mënyrë të mjaftueshme fenomenin e rrudhes në kontaktin mekanik. Ata deklaruan se fenomenet e rastit janë ndryshe nga ato periodike dhe duhet të përfshihen në studim dhe kanë bërë si fillim një punë të mire në këtë drejtim.

Evolucioni Profileve u studiua nga Kalker [14] dhe Kalker dhe Chudzikiewicz[20]. Vetëm konsumi gërryes është marrë në konsideratë , e cila ishte supozuar të jetë proporcionale me punën e fërkimit. Në studimin e tij pilot të vitit 1987 Kalker përdori programin KONTAKT për të llogaritur punën e fërkimit në çdo pikë të

profilin të rrotës dhe shinës hekurudhore[14]. Kalker dhe Chudzikiewicz tregoi se KONTAKT mund të japi rezultate shumë të mira nëse zëvendësohet nga FASTSIM, dhe nëse lejohen gabimet 15% -20% [16], Ky zëvendësim përfshin eliptimizimin e zonës së kontaktit.

Më tej, shpërndarja tërheqje-rrëshqitje, brenda zonës së kontaktit është e rëndësishme, p.sh. simulimi në lëvizje i një mjeti, mundë të bëhet kur rezultatja e ligjit force- zvarritje është e mjaftueshme.

Kjo tregon se vetëm teoria e plote e kontaktit munde të shfrytëzohet për këtë qëllim,sic janë KONTAKT, ose teoria e thjeshtuar FASTSIM.

Si përfundim mundë të themi që më sipër, radhitëm një numër të konsiderueshëm të teorive të kontaktit në rrokullisje si dhe teorinë Hertz, që përdoren për studimin e kontaktit rrotë – shinë hekurudhore. Teoritë mund të vihet në një skemë si në (Fig. 10).

Referuar problemeve të kontaktit,po japim një tabelë të përdorimit të teorive,kur ato japin rezultate të kënaqeshme, si më poshte:

Në veprimet e rrotës udhëzuese	Shen-Hedrick-Elkins (SHE)
Në dinamikën mjeteve me rrotë pa bordure	BR, teoria lineare, SHE,
FASTSIM	Në dinamikën e mjeteve me rrotë me bordure
BR, FASTSIM	Në rastin e kontaktit me dy pika
BR, FASTSIM	Në llogaritjen e forcave dhe
lodhjen,	Hertz plus rrëshqitje e plotë Në
konsumin (rrudhë)	Knothe-Gross-Thebing
Në konsum (profilet)	FASTSIM, CONTACT.

Kapitulli 2

Modeli matematik i dinamikës së bashkëveprimit të çiftit rrotë –shinë hekurudhore.

Hyrie

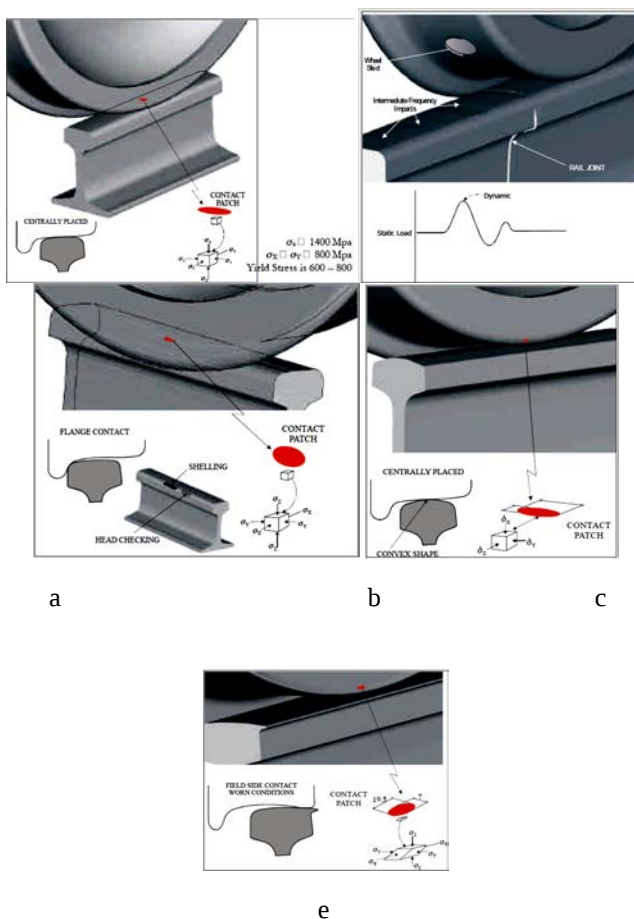
Kuptimi i ndërveprimit të çiftit rrotë – shine hekurudhore

Bashkëveprimi i çiftit rrotë – shinë hekurudhore, është një ndër problemet më të rëndësishme, i cili na jep një panoramë të plotë, për dinamikën e lëvizjes së mjeteve lëvizëse hekurudhore, veçanërisht në atë të transportit të mallrave. Duke pasur parasysh se bashkëveprimi i çiftit rrotë – shinë hekurudhore, është një bashkëveprim i karakterit fërkues, nga pikëpamja energjetike kërkohet që në këtë bashkëveprim duhet të kemi një fërkim sa më të ulët, me qëllim që të kemi një rezistencë lëvizje të vogël e cila me karakterin me fërkim të bashkëveprimit. Por në të njëjtën kohë niveli fërkimit duhet të jetë i mjaftueshëm me qëllim për të siguruar tërheqjen e kërkuar. Ngarkesa në aks mund të shkojë deri në 69 ton/aks.

Arsyet pse hekurudhat nuk zbatojnë këto ngarkesa aksiale, është se shumë hekurudha kanë pasur probleme me vlerat ekzistuese të ngarkesës aksiale, dhe i ka rrënjët në faktin se kushtet e kontaktit të përsosur, siç përshkruhet më sipër, nuk është e mundur të parashikohen gjithmonë me faktin se:

- gjendja e rrugës dhe e mjeteve të transportit hekurudhor mund të çojë në ngarkesa dinamike që janë shumë më superiore se ato statike dhe shpesh shkaktojnë goditjet në rrotë dhe në shinën hekurudhore;
- madhësia e zonës së kontaktit mund të reduktohet në mënyrë të konsiderueshme nga disa kushte të pakontrolluara të kontaktit rrotë – shinë hekurudhore;
- ekuilibri delikat i gjendjes së sforcuar vëllimore mund të thyhet (të prishet) për arsye se;
 - o forcat e fërkimit veprojnë nëpërmjet gjurmës kontaktit ose kontaktet, ndodhin në skajin e rrotave ose të shinës hekurudhore.
 - o kur kemi dy pika kontakti, në të cilën ekziston një rrëshqitje relative domethënëse në një ose të dy sipërfaqet e kontaktit e cila shoqërohet me një konsum të shpejtë.

Ndikimi i parametrave gjeometrikë të sipërfaqes së kontaktit të çiftit rrotë – shinë dhe gjeometrisë së vijës hekurudhore në konsumin e tyre . Rast në studim :Linja hekurudhore Durrës –Elbasan –Lin.



d

Figura 2.1. Kontakti në mes të rrotës dhe shinës hekurudhore :a,Aksi vijës hekurudhore përputhet me aksin e çiftit të rrotave.b. Prania e ngarkesës dinamike nga defektet e rrotave dhe shinave.c.kontakti me bordur d. kontakti intensiv "konveks".e. kemi prezencën e kontrollit jo të vazhdueshëm mbi profilet e çiftit rrotë – shinë hekurudhore,gjë e cila mund të çojë në reduktimin e përmasave dhe të ndryshojë formën e kontaktit,si dhe shkarja rrotës në lidhje me shinën hekurudhore në kthesa

Hekurudhat, të cilat mund të minimizojnë këto efekte, do të kenë mundësi për të rritur ngarkesën në aks ose të zvogëlojnë kostot e mirëmbajtjes dhe riparimit, duke marrë përparësi ndaj konkuresve të tjerë.

Për të pasur një panoramë më të qartë, të bashkëveprimit të çiftit rrotë – shinë hekurudhore, është e domosdoshme që të kemi një skemë të mundshme të zonës kontaktit të çiftit rrotë – shinë hekurudhore.

Skema e mundur e zonës së kontaktit të çiftit rrotë – shinë hekurudhore, duke i referuar punës dhe plotësuar në punën është paraqitur në Figurën 2.2 [32].

Pjesa ecëse e një rrotë është e ndarë në tri zona kryesore. Në zonën A realizohet kontakti në pjesën e mesit të unazës së rrotës dhe trasmetohet ngarkesa vertikale kryesore e rrotës në shinën hekurudhore. Në zonën B (në bordurë) mund të realizohet kontakt gjatë përplasjes (goditjes) të rrotës në shinën hekurudhore. Lidhja e fushave A - B - bëhet nga pjesa rakorduese dhe pjesët e bashkangjitur. Zona e jashtme C e rrotës realizon kontakt, vetëm në rastin e zhvendosjeve të mëdha të çiftit të rrotave, në drejtimin anësor.

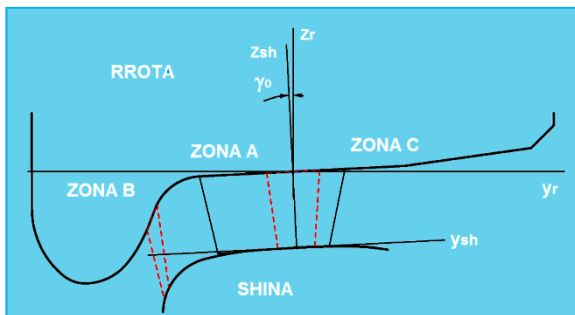


Fig.2.2. Gjeometria e kontaktit ndërmjet rrotës dhe shinës hekurudhore

Rrotat me konicitet standart kanë një zonë të ngushtë të kontaktit me shinën (Fig.2.2), janë treguar me vija të ndërprera). Kjo çon në formimin e vatrave të konsumit nga lodhja në rrethin rrokullisës së rrotës dhe rrafshim të lartësise së kokës së shinës hekurudhore dhe rritjen e konsumit të bordurës.

Treguesi kryesor i efikasitetit në shfrytëzim i profilin është rritja e kilometrave të përshkuara ndërmjet dy regjenerimeve të profilin të rrotës dhe ulja e zëvendësimit të shinave hekurudhore. Meqenëse për rivendosjen e pjesës rrethore , konsumi

teknologjik i rrotës, kushton më pak se rivendosja e bordurës së saj për shkak të konsumit, është e këshillueshme për të zvogëluar forcën dhe rrëshqitjen në zonat A _ B dhe B. Reduktimi i konsumit gjatë shfrytëzimit dhe atij teknologjik, nëpërmjet ruajtjes afatgjatë të profilin të rrotave natyrisht do të çonte në rritje të konsiderueshme të resursit të tyre.

Kur dizinojmë profilin e rrotës është e nevojshme për të arritur treguesit e mëposhtëm:

- rezistencë për shpejtësinë shfrytëzuese të pëcaktuar;
- zvogëlimin e gjendjes së sforcuar të rrotës në zonën A;
- shpërndarjen uniforme të konsumimit në sipërfaqen rrokullisese të rrotës në zonën A;
- uljen e konsumimit të bordurës (zona A-B dhe B).

Një rëndësi të madhe në zgjidhjen e detyrës ka edhe modeli matematik i dinamikës së bashkëveprimit të çiftit rrotë – shinë hekurudhore. Për të arritur një rezultat sa më pozitiv në simulim është e domosdoshme që të monitorohet hap pas hapi kontakti i çiftit rrotë – shinë hekurudhore.

2.1. Monitorimi i kontaktit rrotë – shinë hekurudhore

Monitorimi i kontaktit rrotë – shinë hekurudhore prapozon llogaritjen e kontaktit të rrotës me shinën në çdo hap të modelimit numerik dhe ka të bëjë me llogaritjet e mëposhtëme të cilat janë tre si më poshtë:

- 1) Llogaritjen e gjeometrisë së kontaktit, e cila ka të bëjë me përcaktimin e pozicionit të pikave të kontaktit për një pozicion të dhënë të çiftit të rrotave, mbi shina;
- 2) Llogaritjen e karakteristikave kinematike të pikave të kontaktit (vlerat e zvarritjes së shinës para dhe prapa, si dhe shpejtësinë e lëvizjes në këtë rast.);
- 3) Përcaktimin e forcave normale dhe tangjenciale të cilat veprojnë në bashkëveprimin e rrotës me shinën , për gjetjen e karakteristikave gjeometrike dhe kinetike.

Këto detyra nuk janë të pavarura, dhe një procedurë e vetme ripërsëritje.

Për të zgjidhur tre detyrat e mësipërme jamë mbështetur në rezultatet dhe algoritmet e paraqitura në tezën V.S Kossovimi, duke e bërë disa rregullime, modifikime dhe përgjithësimet. [Kossov V.S Reduktimi (ulja) e peshës në pjesën levizëse të lokomotivës dhe rrugës. Diss. në soisk. uch. Art. Ph.D., KOLOMNA, 2001].

2.1.1 Algoritmi i llogaritjeve gjeometrike të kontaktit rrotë – shinë hekurudhore

Llogaritja e gjeometrisë së bashkëveprimit të rrotës me shinën hekurudhore është e bazuar në llogaritjen e saktë të lakimeve (profileve) të rrotës dhe shinës hekurudhore. Metoda e thjeshtësuar, e cila është e bazuar në nocionin e konicitetit efektiv dhe madhësive efektive të parametrave të kendit të kontaktit.

Besueshmëria dhe shpejtësia e llogaritjes së pozicionit të pikës së kontaktit, do të realizohet nëpërmjet dy ideve bazë.

Së pari, nëse profili i shinës është konstant përgjatë gjithë vijës hekurudhore, llogaritja e koordinatave të pikave të kontaktit (si një pikë e vetme ashtu edhe për dy-pika) për një profil të dhënë, kryhet njëherë para startit të procesit të modelimit. Koordinatat e pikave të kontaktit janë në varësi nga zhvendosja diskrete e profilit të rrotës në raport me profilin e shinës të vendosura në vijueshmëri. Për këtë profilin e rrotës e konsiderojmë si një trup me dy shkallë lirie në raport me shinën: *rrotullim përrreth aksit gjatësor dhe zhvendosje terthore*.

Në procesin e modelimit të lëvizjes vlerat e koordinatave (për pozicionin relativ të profilit të rrotës në raport me shinën) llogariten me ndihmën e serive duke shfrytëzuar interpolimin. Kjo mund të reduktojë ndjeshëm numrin e operacioneve aritmetike dhe rrit shpejtësinë e procesit.

Së dyti, për profilet e dhënë përdorimi i metodave të sakta për përcaktimin e pikave të kontaktit (me llogaritjen e derivateve të funksioneve të profileve dhe iteracionit të tipit Newton) është problematik sepse ka kërkesa shumë të larta të gradëve të derivateve të parë dhe të dytë.

Prandaj, më poshtë do të shikojmë procedurën që bazohet në përcaktimin e distancës minimale ndërmjet pikave të dhëna në planin e kthesës. Ky përafrim ka provuar se është shumë efikas dhe i besueshëm.

2.1.2. Algoritmi për përcaktimin e distancës minimale midis profileve

Le të shqyrtojmë një pozicion arbitrar të profilin të rrotave në lidhje me sistemin e koordinatave të profilin hekurudhor Y_rZ_r (SKR) fig.2.3.Për këtë, prezantojmë një të ri koordinativ (SKR0) Y_0Z_0 , origjina e të cilit përkon me origjinën e SKR.Aksi - Z_0 , është perpendikular me planin e rrugës , sikur këndi i pjerrësimi α_{r0} është zero. Sistemi koordinativ i profilin të shinës (SKR) Y_rZ_r , është i pjerrësuar nën një kënd α_{r0} në lidhje me SKR0 (mbinaltesimi i shinës). Pozicioni i SKW (sistemi koordinativ i profilin të rrotave) Y_wZ_w në lidhje me SKR0 është përcaktuar nga koordinatat e origjinës, Δy , Δz , dhe këndi $\Delta\alpha$. Koordinatat në Figurën 2.8 janë pozitive. Të gjitha këndet konsiderohen të vogla.

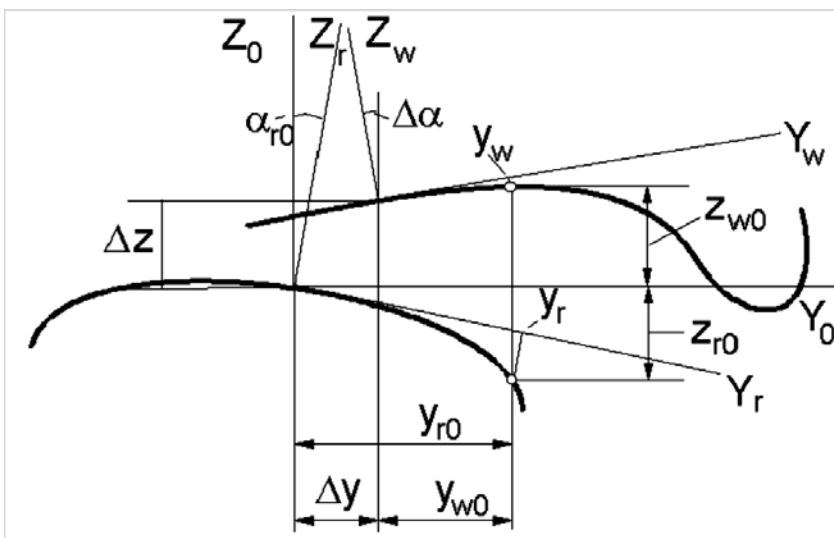


Fig. 2.3. Pozicioni relativ i profilëve të rrotës dhe shinës hekurudhore

Është e nevojshme për të gjetur një çift pikash në profilet, të cilat kanë të njëjtën koordinim Y në SKR0 dhe diferencën minimale në koordinatën Z në SKR0, $\min\delta_z = \min(z_{w0} - z_{r0})$

Natyrisht, zgjidhja nuk varet nga Δz .

Së pari, le të fillojmë me algoritmin për llogaritjen e vlerës

$$\delta_z = z_{w0} - z_{r0}$$

për dy pika që kanë të njëjtat Y-koordinata në SKR0.

Madhësia δ_z , është diferenca e kordinatave të pikave të profilit në drejtimin e aksit z, të cilat kanë koordinatë të njëjtë y, në raport me të njëjtën koordinatë y në SKR0. Për këtë të dhënë duhet të gjejmë koordinatën y_r , të pikës në profilin e shinës në SKR ($Y_r Z_r$). Llogarisim koordinatat y_w, z_w të pikës koresponduese në profilin e rrotës , dhe kështu minimizohet vlera δ_z .

Në fillim përcaktojmë koordinatat e një pikë të profilit në lidhje me SKR0.

$$y_{r0} = y_r + z_r(y_r)\alpha_{r0}$$

$$z_{r0} = z + y_r\alpha_{r0}$$

Ku:

- z_r - është koordinata e pikës në SKR.

Pastaj duhet të gjendet një pikë në profilin e rrotave me koordinatat y_w dhe z_w në SKW, e cila ka abscisat në vijim në SKR0: $y_{w0} = y_{r0} - \Delta y$, fig.2.3.

Meqenëse këndi $\Delta\alpha$ është i vogël, dhe është një madhësi jolineare do të kemi shprehjen jolineare të mëposhtme:

$$y_{w0} = y_w - z_w(y_w)\Delta\alpha$$

i cili mund të përshkruhet edhe si vijon, më poshtë:

$$y_w = y_{w0} + z_w(y_w)\Delta\alpha$$

Për të zgjidhur këtë ekuacion jolineare në raport me një koordinatë të panjohur y_w është e përshtatshme për tu përdorur përsëritja e drejtpërdrejtë.

$$y_w^0 = y_{w0}$$

$$y_w^{i+1} = y_{w0} + z_w(y_w^i)\Delta\alpha, \quad i = 0, 1, 2, \dots$$

Siç dihet, përsëritja e drejtpërdrejtë konvergon nëse vemë kushtin e mëposhtëm:

$$\left| \frac{dw_z}{dy_w} \Delta\alpha \right| < 1$$

Që të plotësohet kushti i mësipërme,duhet që $\Delta\alpha \ll 1$, gjë e cila,për profilin real të rrotës ky kusht është i kënaqur gjithmonë.

Së fundi, koordinata z_{w0} , llogaritet nga formula:

$$z_{w0} = \Delta z + y_w \Delta\alpha + z_w$$

dhe në këtë mënyrë vlera e funksionit δz (yr) është e minimizuar.

Në këtë mënyrë algoritmi na lejon të llogarisim një çift pikash dhe distancën midis tyre. Avantazhi kryesor i algoritmeve është thjeshtësia, besueshmëria dhe pavarësia e tyre për zbutjen e profileve.

Përcaktimi i diferencës minimale midis koordinatave δ_{zmin} bëhet me anën e algoritmit në vazhdim.

Marrim në konsideratë një seri vlerash të të koordinatave yr, me një hap të kontaktit $h = 1\text{mm}$ dhe zgjedhim pikat me vlerë minimale.Pas kësaj procesi përsëritet pranë pikës së gjetur me madhësi të vogël të hapit (0.1mm).

2.1.3.Tabela e Llogaritjes së koordinatave të pikave të kontaktit

Një hap shumë i rëndësishëm është edhe hartimi i tabelës për llogaritjen e koordinatave të pikave të kontaktit. Për të përshpejtuar procesin e llogaritjes, procedojmë me një llogaritje të shkurtër të koordinatave të kontaktit (vetëm me një pikë dhe me dy pika) për një çift profilesh të dhënë në varësi nga pozicioni i profilit të rrotës në raport me profilin e shinës. UM lejon dy tipe çiftesh të profileve: *profili i cili lejon vetëm një pikë kontakti dhe profili i cili lejon një regjim me dy pika kontakti*.(Fig 2.4).

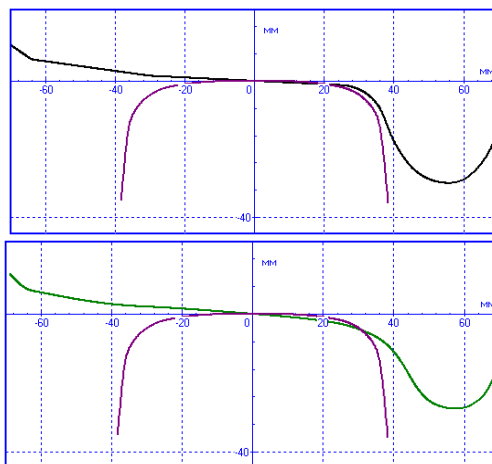


Fig. 2.4. Çiftet e profileve që lejojnë dy pika kontakti (majtas) dhe vetëm një pikë kontakti (djathtas)

Për profilin me një pikë kontakti pozicioni i pikës së kontaktit varet nga dy koordinata (Fig 2.8): zhvendosja tërthore Δy dhe këndi i rrotullimit $\Delta \alpha$ dhe koordinatat e pikave të kontaktit të profileve korrespondojnë me një diferencë minimale të koordinatave në drejtim vertikal.

Në këtë mënyrë tabela me koordinatat e llogaritura të pikave të kontaktit në SKR dhe SKW, është një grup i dallueshëm i variablave Δy_i , $\Delta \alpha_j$, ku: $i = 1 \dots N_y$, $j = 1 \dots N_\alpha$, me një zgjedhje të përshtatshme të gamës së variablave dhe hapit të diskretizimit.



Fig. 2.5. Llojet e kontaktit të çifteve të profilëve, të cilët lejojnë kontakt : me një pikë kontakti në sipërfaqen rrokullisese , me dy pika kontakti, në sipërfaqen rrokullisese dhe bordurë faqe anësore e shinës dhe me një pikë kontakti bordurë faqe anësore e shinës

Meqënëse në rastin e një pike kontaktit të vetme, llogaritja e koordinatave bazohet në një algoritëm të përshtatshëm më sipër, le të shikojmë në veçanti llogaritjet e

bikontaktit. Fiksojmë një kënd $\Delta\alpha$, dhe kërkojmë që të përcaktojmë zhvendosjen maksimale Δy të ndryshimit të këtij parametri nga fusha reale.(Fig.2.8, majtas). Është e qartë që pozicioni korrespondon me një pikë kontakti të vetme. Tani, kemi një kënd të pandryshueshëm $\Delta\alpha$, dhe dëshirojmë që të zvogelojmë Δy , gjë e cila do të thotë që profili i rrotës të zhvendoset majtas. Me të arritur një vlerë të caktuar kritike Δy^* ndodhë bashkëveprimi (kemi,kalimin) në dy pika kontakti, (Në qoftë se kjo lejohet nga profilet , Fig. 2.8, qendra). *Me zvogelimin e mëtejshëm të Δy , koordinatat e pikave të kontaktit që i korespondojnë SK nuk ndryshojnë dhe kemi zhvendosjen e shinës së bashku me rrotën në drejtimin tërthor.*

Regjimi bikontakt mund të eleminohet në dy menyra. Së pari, rrota mund të kalojë në regjim me një pikë kontakti (Fig.2.4, majtas). Së dyti, në qoftë se reaksioni normal i një pike në rrethin e rrokullisjes bëhet i barabartë me zero, rrota kalon në regjim shkitje , Fig.2.8, djathtas). Ky vëzhgim i thjeshtë, formon bazën e algoritmit për llogaritjen e gjeometrisë së dy-pikave të kontaktit. Le të kryejmë llogaritjen e saj.

Zgjedhim në sipërfaqe parametrat reale të ndryshimit Δy , $\Delta\alpha$, me disa diferencë :

$$\Delta\alpha \in [\Delta\alpha_{min}, \Delta\alpha_{max}] ; \Delta y \in [\Delta y_{min}, \Delta y_{max}]$$

dhe fusim një diskretizim uniform të variablave, duke ndarë intervalet N_α dhe N_y në intervale më të vegjël. Tani, për çdo vlerë të fiksuar $\Delta\alpha_j$, $j = 1, \dots, N_\alpha+1$, do të përcaktojmë koordinatat e pikave të kontaktit në përputhje me algoritmin e përshkruar më lartë, duke marrë parasysh vlerat e qëndrueshme $\Delta y_{j,i} = N_y + 1, \dots, 1$, që është, zvogelimi i zhvendosjes së çiftit të rrotave. Nëse profilet lejojnë dy pika kontakti, dhe për disa Δy_i , llogaritja e pozicionit të pikave të kontaktit do të ndryshojë në mënyrë të menjëhershme, por brënda fundit të intervalit të variacionit Δy , gjendet vlera Δy^* që i korrespondon regjimit me dy-pika kontakti. Në cilësinë e kriterit sasior, për kalimin në dy-pika kontakti duhet të kemi parasysh dy kushte:

$$y_{r,i} - y_{r,i-1} > \eta_y, \quad \frac{n_{r,y}}{n_{r,z}} > \eta_n$$

Ku:

- ✓ $y_{r,i}$, $y_{r,i-1}$ - janë vlerat e llogaritura të koordinatave të njëpasnjëshme të pikave të kontaktit në profilin e shinës.

- ✓ $n_{r,y}, n_{r,z}$ – janë projeksionet normale në lidhje me profilin e shinës, i pikave përfundimtare të llogaritura
- ✓ η_y, η_n - janë të dhëna empirike të numrit kritik , për shembull. $\eta_y = 20$ mm dhe $\eta_n = 0.5$ mm.

Përdoruesi mund të ndryshojë dy numra në modelim. Në këtë mënyrë , dy-pika kontakti konsiderohet të zbulohen nëse koordinata e pikës së kontaktit mbi shinë të ndryshojë vlerën në një vlerë mjaftueshmërisht të madhe, dhe e devijuar dukshëm nga vertikajla, e cila korrespondon me sipërfaqen anësore të shinës.

Pas zbulimit të intervalit të tranzicionit $[y_{r,i-1}, y_{r,i}]$, pas kontaktit të dy pikave, ndajmë në intervale shumë të vegjël ,[p.sh. me hap 0.1mm] dhe saktësojme piken kritike Δy_j^* .

Për modelimin e procesit të rrëshqitjes së rrotës në shinë ,me regjim fillestar me dy pika kontakti llogaritjet vazhdojnë për pozicionin e pikave të kontaktit, $\Delta y > \Delta y_j^*$.

Më pas kalojmë në një vlerë tjetër të këndit $\Delta\alpha$, dhe procedura llogaritëse përsëritet.

Rezultatet e llogaritura, formojnë tabelën e koordinatave të pikave të kontaktit për $\Delta\alpha_j \cdot \Delta y_j$, te ndryshem, si dhe vlerat kritike të ndryshimit Δy_j^* , për cdo $\Delta\alpha_j$.

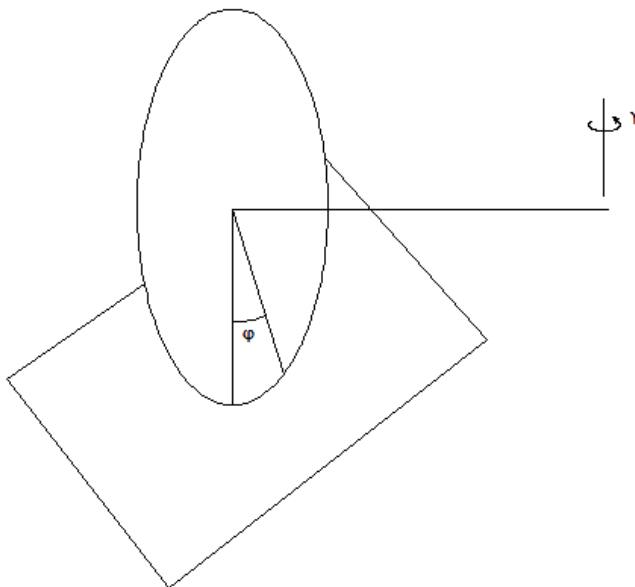


Fig.2.6.Modeli i thjeshtuar i kontaktit të bordurës për llogaritjen e “spostimit”

Llogaritja e gjeometrisë së dy pikave të kontaktit përfshin gjithëashtu përcaktimin e spostimit x_c të rrotës , që është, devijimi i pikës së kontaktit në bordurë në drejtimin gjatësor për vlera jo zero të *këndit të goditjes*.Për të nxjerrë vlerat e përafërta të spostimit, shfrytëzojmë gjeometrinë e thjeshtuar të kontaktit të bordurës me sipërfaqen anësore të shinës , e cila është dhënë në Fig.2.6. Në këtë model sipërfaqja anësore e shinës pranë kontaktit zëvendësohet me një plan me të njëjtën normale dhe bordura është zëvendësuar nga një rreth me një rreze të barabartë me rrezën e kontaktit të rrotave.

Le të jetë γ - këndi i spostimit të çiftit të rrotave, ϕ - këndi që përcakton pozicionin e pikës së kontaktit të bordurës duke marrë parasysh këndin e spostimit. .Vlera ϕ mund të gjendet nga kushti që tangjentja në rrethin e bordurës në kontakt është pingul me planin normal $n = (0, -n_{ry}, n_{rz})^T$.

Vektori njësi i tangjentes së çiftit të rrotave të dhënë në SK jepet nga shprehja:

$$\tau = (r_w \cos \phi, 0, r_w \sin \phi)^T$$

Ku;

- r_w – është rrezja e rrotës në pikën e kontaktit.

Fusim matricën e drejtpërdrejtë kosinus që i korrespondon këndit të sulmit,

$$A_{01} = \begin{pmatrix} \cos\gamma & -\sin\gamma & 0 \\ \sin\gamma & \cos\gamma & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Vendosim kushtin e perpendikularitetit si më poshtë:

$$n^T A_{01} \tau = 0$$

ose duke përdorur kënde të vegjël γ dhe φ ,mundë të shkruajmë;

$$-n_{ry}\gamma + n_{rz}\varphi = 0$$

Duke pasur parasysh formulimin mund që të gjejmë fomulën për llogaritjen e spostimit sipas relacionit $x_c = r_w \varphi$, që marrim formën përfundimtare,si më poshtë:

$$x_c = k\gamma, \quad k = \frac{n_w n_{ry}}{\eta_{rz}} (1)$$

2.2. Thjeshtimi i llogaritjes së gjeometrisë së kontaktit të çiftit rrotë – shinë hekurudhore.

Për të studiuar ndikimin e dinamikës së mjeteve lëvizëse në shkallën e konsumit të çiftit rrotë – shinë,(pa injoruar profilin e saktë të kthesës),do të bazohemi në nocionin e vlerës së *konicitetit efektiv dhe vlerës efektive të parametrit të këndit të kontaktit*. Le të përcaktojmë parametrat e lartpërmendur.

2.2.1. Koniciteti efektiv

Gjatë lëvizjes së çiftit të rrotave në drejtimin tërthor në madhësinë y , pozicioni i pikës së kontaktit të rrotës do të ndryshojë ,gjë e cila çon në një ndryshim të rrezeve të rrotës në pikat e kontaktit për profilet përkatëse të rrotës dhe të shinës. Le të shenojmë me : $\Delta r_L(y), \Delta r_r(y)$, rrezet e rrotës së majtë dhe të djathtë. Për të përcaktuar konceptin e *konicitetit efektiv*, është përdorur varesia grafike $\Delta r = \Delta r_l - \Delta r_r$, nga madhesia e spostimit tërthor,[duke iu referuar shkurtimeve në gjuhën angleze,do të përdorim inicialet RRD (rolling radius difference)],

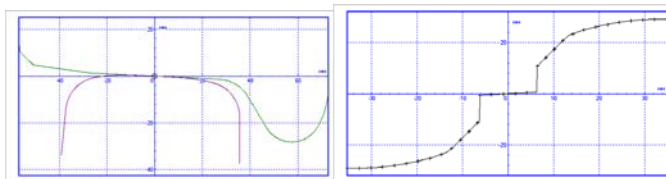


Fig.2.7. Çifti i profileve të shinës UIC65 dhe i rrotës së re të vagonit (në të majtë) dhe grafiku i RRD (në të djathtë).

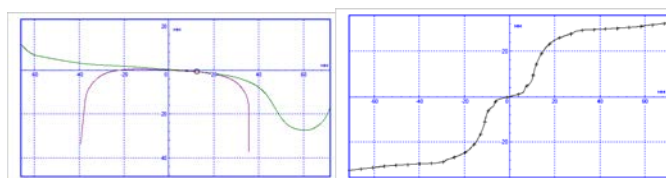


Fig. 2.8. Një çift i profileve të shinës UIC 65 dhe profili i rrotës DMetI (majtas), dhe grafiku RRD (djathtas)

Nga grafikë duket që kur profilet e shinës hekurudhore me kod UIC65 dhe të rrotës së vagonit, janë të pakonsumuar, kurba në fushën e grafikut të RRD, që i pergjigjet rastit me një pikë kontakti, ka pamjen e nje vije të drejtë, me një kënd tangentje i cili është i barabartë me konicitetin e dyfishtë të profilin të rrotës $i = 1/20$, Fig.2.11. Atehere mund te shkruajme:

$$r_l = r_0 + \lambda y; r_r = r_0 - \lambda y$$

Atëhere mund të nxjerrim që

$$\Delta r = 2\lambda y$$

Për profilin e lakuar të shinës ose me konsumin e çifteve të profileve varësia RRD është jolineare bile edhe për spostime të vogla të çiftit të rrotave, Fig. 2.12. Në këtë rast, fusim konceptin e konicitetit efektiv λ si një madhësi mesatare, dhe spostimi i çiftit të rrotave Δy për një interval të dhënë llogaritet sipas formulës:

$$\lambda \int_0^{\Delta y} f(y)(\Delta r(y) - 2\lambda y)^2 dy(1)$$

ku :

- f - propabiliteti i plotë i shpërndarjes për vlerën e zhvendosjes tërthore y .

Atëhere koniciteti efektiv llogaritet me metodën e kuadratëve më të vegjel, si rezultat i zgjedhjes direkte të mënyrës më të mirë për përafrimin e kurbës RRD në intervalin Δy . Si interval Δy zakonisht supozohet të merret zhvendosja e çiftit të rrotave ,deri para kontaktit të profilin të bordurës.

Ne versionet e sotëm të UM pranohet nje ligj normal shpërndarje të madhësisë zhvendosjes tërthore, y , si më poshtë:

$$f(y) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{y^2}{2\sigma^2}}$$

Vlera e devijimit standart mund të merret $\sigma = 2,5$ mm.

Llogarisim integralin në formulën (1), dhe marrim vlerën e konicitetit efektiv në formën e mëposhtme:

$$\lambda = \frac{\int_0^{\Delta y} y f(y) \Delta r(y) dy}{2 \int_0^{\Delta y} f(y) y^2 dy}$$

2.2.2. Parametri i këndit të kontaktit të rrotës me kokën e shinës.

Këndi i kontaktit β është këndi ndërmjet normales në profilin e pikës së kontaktit dhe përpendikulares në planin e rrugës dhe për lëvizjen në pjesë të drejta të rrugës përputhet me vertikalen, Fig.2.9.

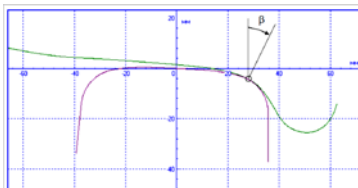


Fig.2.9. Këndi i kontaktit të rrotës me kokën e shinës.

Këndet e kontaktit të rrotës së majtë dhe të djathtë $\beta_l(y)$, $\beta_r(y)$, varen nga spostimi tërthor i çiftit të rrotave. Le të gjejmë këtë varësi. Për këtë supozojmë që profili i majtë dhe i djathtë janë të njëjtë, atëherë mundë që të shkruajmë relacionin $\beta_l(0) = \beta_r(0) = \beta_0$, i cili përfaqson vlerën e këndit të kontaktit për pozicion të pandryshueshëm të çiftit të rrotave.

Funksionii i cili varet nga madhësia e zhvendosjes tërthore të çiftit të rrotave: $E(y) = \frac{\beta_l - \beta_r}{2} * \frac{S}{2}$,

shfrytëzohet për përcaktimin e parametrin të këndit të kontaktit, ε .

Ku:

- S – është distanca ndërmjet rrathëve të rrokullisjes së rrotave të çiftit të rrotave.

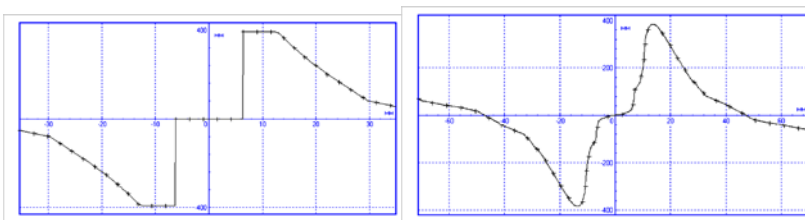


Fig.2.10.Varësia e $E(y)$ për çiftet e profileve të treguar në Fig.2.7, Fig.2.8

Parametrin e këndit të kontaktit ε , e shfrytëzojmë, për përafrimin linear të funksionit në intervalin e zhvendosjes tërthore të çiftit të rrotave.

$$E(y) = \frac{\beta_l - \beta_r}{2} * \frac{S}{2} \approx \varepsilon y$$

Parametri i këndit të kontaktit përcaktohet në mënyrë ngjashme me llogaritjet për varësinë e konicitetit efektiv.

$$\varepsilon = \frac{\int_0^{\Delta y} y f(y) E(y) dy}{\int_0^{\Delta y} f(y) y^2 dy}$$

2.2.3. Thjeshtimi i gjeometrisë së kontaktit të çiftit rrotë shinë hekurudhore.

Kur kërkojmë që të ndjekim një rrugë më të thjeshtë për gjeometrinë e një profili të dhënë me ndihmën e konicitetit ekuivalent dhe parametrave të këndit të kontaktit, shfrytëzojmë varësitë e përafërta për përcaktimin e rrezeve të rrotave në pikën e kontaktit dhe këndin e kontaktit si një funksion i zhvendosjes tërthore të rrotave në lidhje me shinën hekurudhore:

$$r_l = r_0 + \lambda y_l; \quad r_r = r_0 + \lambda y_r;$$

$$\beta_l = \beta_0 + \frac{2\epsilon y_l}{S/2}; \quad \beta_r = \beta_0 - \frac{2\epsilon y_r}{S/2}$$

Ku :

- y_l dhe y_r - zhvendosja e rrotës së majtë dhe të djathtë, në raport me shinën.

Spostimet e dhëna janë të ndryshme për shkak ,të forcës elastike tërthore që ushtrohet në shinë.

Nëqoftëse do të kemi spostime të rrotës në lidhje me shinën hekurudhore në një madhësi,më të madhe se një vlerë e paracaktuar y^* , kontakti i rrotës me shinën hekurudhore bëhet në dy pika kontakti. Pozicioni i pikave të kontaktit në sipërfaqen anësore të shinës hekurudhore, jepet me anën e koordinatave të pikave të kontaktit të shinës në SK, (y_r^*, z_r^*) dhe vlera e këndit të kontaktit β^* .

Madhësia e zhvendosjes së pikës së kontaktit në drejtimin gjatësor llogaritet me metoda të përafërta, të cilat do ti pershkruajmë më poshtë.

Shkarja gjatësore dhe tërthore në pikën e kontaktit në sipërfaqen e rrokullisjes llogaritet sipas formulave:

$$\xi_x = \frac{v_{x0} - \Delta r * \omega}{v}; \quad \xi_y = \frac{v_{y0}}{v}$$

Ku;

- v_{x0}, v_{y0} – është,projeksioni i shpejtësisë së pikës në profilin e rrotës , që i korespondon rrethit të rrokullisjes.
- v - shpejtësia drejtevizore e çiftit te rrotave.

2.3. Llogaritja e forcave të kontaktit në çiftin rrotë – shinë hekurudhore

2.3.1. Metoda e llogaritjes gjeometrisë së kontaktit dhe forcave të kontaktit

Metodika numerike e studimit të dinamikës së një mjeti hekurudhor (MH), duke marrë parasysh vetitë elastiko-shuarse të shinës dhe strukturës së rrugës hekurudhore ,nuk merr parasysh,vetit dinamike të shinës hekurudhore.

Tek modeli i shinës si një element force pa inerci janë marrë parasysh kushtet e mëposhteme:

- Studimet kanë treguar se deformim i shines nën veprimin çiftëve të rrotave të ndryshëm , nuk ndikojnë në njëri-tjetrin dhe mund të llogaritet në mënyrë të pavarur;
- Deformim i shinës hekurudhore së majtë dhe të djathtë, janë të pavarur nga njëra-tjetra;
- Deformimi i shinës hekurudhore është përcaktuar nga dy koordinata të pavarura, ndërsa ngjeshja e sajë Δy_r ,është e percaktuar paralel me aksinY në SK të rrugës dhe deformimi vertikal Δz_r ,paralel me aksin Z ,të SK te rrugës Δz_r (Fig.2.11.);
- Rrotullimi i kokës së shinës hekurudhore rreth aksit gjatësor nuk është marrë parasysh;
- Gjatë deformimit vertikal dhe ngjeshjes tërthore të shinës hekurudhore lindin forca elastiko- shuarse lineare , dhe komponentja e shuarjes merret parasysh për llogaritjen e forcës tërthore vetëm në regjimin bikontakt.

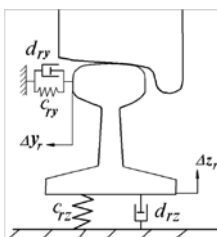


Fig.2.11. Shina hekurudhore si element force, elastik- shuars, jo inerciale

Le të shikojmë koeficientin e ngurtësisë së shinës në drejtimin tërthor dhe vertikal c_y dhe c_z ,si dhe koeficientët e defomimit korespondues d_y dhe d_z .

Forcat që veprojnë në shinën hekurudhore për shkak të deformimeve përcaktohen nga marrëdhëniet lineare, si më poshtë:

$$\begin{cases} R_y = -c_{ry}\Delta y_r - d_{ry}\Delta \dot{y}_r \\ R_z = -c_{rz}\Delta z_r - d_{rz}\Delta \dot{z}_r \end{cases} \quad (2)$$

Për shkak se shina nuk ka masë, këto forca duhet të balancohen nga forcat e kontaktit që veprojnë në shinë nga ana e rrotës. Forcat që veprojnë në pikat e kontaktit të rrotës me shinën, në rastin me një pikë dhe në rastin me dy pika kontakti ,janë paraqitur në Fig.2.12. Në figurë nuk janë treguar forcat që veprojnë në drejtimin gjatësor.

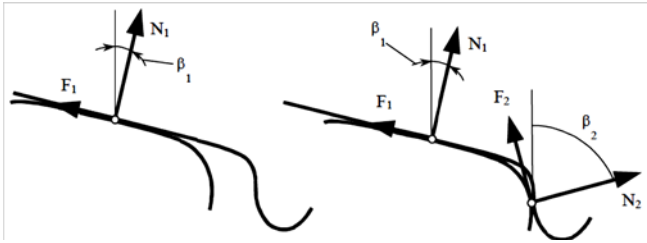


Fig.2.12. Forcat që veprojnë në rrotë në rastin me një pikë dhe me dy pika kontakti

Ekuacioni i ekuilibrit të forcave që veprojnë në shinën hekurudhore , në rastin e një-pike kontakti dhe të projektuara në akset e SK të rrugës ka formën e mëposhtme.

$$\begin{cases} R_y - F_1 \cos \beta_1 + N_1 \sin \beta_1 = 0 \\ R_z - N_1 \cos \beta_1 - F_1 \sin \beta_1 = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Ndërsa në rastin me dy-pika kontakti kemi ekuacionet të ngjashme, si më poshtë:

$$\begin{cases} R_y - F_1 \cos \beta_1 + N_1 \sin \beta_1 - F_2 \cos \beta_2 + N_2 \sin \beta_2 = 0 \\ R_z - N_1 \cos \beta_1 - F_1 \sin \beta_1 - N_2 \cos \beta_2 - F_2 \sin \beta_2 = 0 \end{cases} \quad (4)$$

Në ekuacionet e mësipërme, β_1 dhe β_2 , janë këndet ndërmjet normales që kalon në pikat e kontaktit dhe aksit vertikal të SKÇR.

Ekuacioni (3) në rastin e një pikë kontakti dhe (4) në rastin e dy pikave të kontaktit, përfaqsojnë në vetvete një sistem kompleks të ekuacioneve jolineare në lidhje me deformacionet e panjohura të shinës hekurudhore dhe forcave të reaksionit normal N_1 dhe N_2 , në pikën e kontaktit.

Le të shikojmë idenë e algoritmit dhe zgjidhjen e tyre, pa u ndalur në kompleksitetin e realizimit të programit:

✚ *Pozicioni i rrotës , si dhe spostimet e shinave për shkak të parregullsive, zgjerimit të kales dhe mbinaltësimit , njihen nga llogaritja e problemit të kontaktit; të vetmet të panjohura janë devijimet Δy , Δz dhe derivatet e tyre në lidhje me kohën. Duhet të kemi parasysh se devijimi vertikal Δz_r , nuk është një variabël i pavarur, sepse kur njihet devijimi anësor Δy_r , kjo vlerë mund të përcaktohet nga gjeometria e kontaktit. Koordinata z e pikës së kontaktit të rrotës me shinën hekurudhore, duhet të jetë e njëjtë, kështu që vlera δz e llogaritur në 2.1.2, përcakton deformim vertikal.*

✚ *Llogaritja e devijimeve të shinave dhe forcave të kontaktit është një proces përsëritës. Iteracionet përfshijnë dy cikle: të brendshme dhe të jashtme. Iteracionet e brendshme përdoren për zgjidhjen e ekuacioneve (3), (4) për vlerat e njohura të forcave tangjenciale (forcat anësore të zvarritjes). Iteracionet e jashtme llogarisin forcat zvarritëse. Vlerat e forcave zvarritëse në hapin e mëparshëm të integritimit përdoren si fillestare të përafërta. Kështu, llogaritja e kontakteve duket kështu: cikli i brendshëm i iteracione llogarit devijimin anësor të shinës dhe forcës normale / forcave të kontakt , forcat anësore të zvarritjes merren nga hapi i mëparshëm. Pas kësaj llogariten vlerat e reja të forcave zvarritëse. Kur vlerat e reja ndryshojnë nga ato të mëparshme më shumë se një tolerancë gabimi, fillojnë iteracionet e jashtme, dhe ekuacionet (3), (4) zgjidhen për vlerat e korrigjuara të forcave zvarritëse.*

Le të shikojmë disa raste të veçanta të realizimit të përsëritjes së mbrëndshme.

1. Ngjeshja tërthore e shines hekurudhore Δy_r , dekompozohet në dy përbërëse, si më poshtë:

$$\Delta y_r = \Delta y_{r1} + \Delta y_{r2}$$

Komponenti i parë realizon ngjeshjen e shinës hekurudhore nga forcat e kontaktit në pikën e parë, dhe e dyta ndryshe nga zero vetëm për bikontaktin dhe lind si rezultat i veprimit të forcave N_2 , F_2 , (fig.2.12).

2.3.2. Algoritmet për llogaritjen e forcave të spostimit.

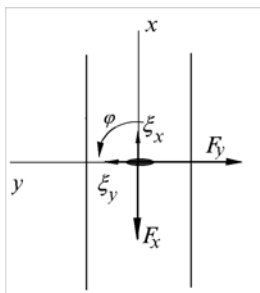


Fig.2.13. Zvarritja (Creepages), shpimi (spin) dhe forcat e zvarritjes

Modelet moderne të forcave tangenciale për kontaktin e çiftit rrotë -shinë bazohen në varësi jolineare të formës së përgjithshme, si më poshtë:

$$F_x = F_x(N, \xi_x, \xi_y, \Phi, \rho), \quad F_y = F_y(N, \xi_x, \xi_y, \Phi, \rho)$$

Ku:

- F_x, F_y – forca gjatësore dhe tërthore e forcës së spostimit, të cilat shtrihen në planin tangencial që kalon në pikën e kontaktit.
- N - reaksioni normal në pikën e kontaktit;
- ξ_x, ξ_y - janë zvarritjet gjatësore dhe anësore;
- ϕ – rrotullimi (i pjesshëm)
- ρ - një grup i parametrave gjeometrike që karakterizojnë profilin e rrotës dhe shinës hekurudhore që korespondojnë me pikën e kontaktit, p.sh., rrezja e lakimit të sipërfaqeve - për algorithm FASTSIM.

Spostimi dhe rrotullimi llogariten si më poshtë.

$$\xi_x = \frac{v_x}{v_0}; \quad \xi_y = \frac{v_y}{v_0}; \quad \Phi = \frac{\omega_n}{v_0}$$

Ku:

- v_x, v_y janë komponentët korrespondues të shpejtësisë së rrëshqitjes në pikën e kontaktit të rrotave në raport me shinën; (në këtë rast neglizhojmë shpejtësinë e shinës hekurudhore, që i korespondon shtypjes tërthore , shpejtësia mund të llogaritet në raport me sistemin inercial të koordinatave);
- v_0 - shpejtësia e lëvizjes drejtëvizore të çiftit të rrotave.
- ω_n -është projeksioni i shpejtësisë këndore të rrotave në drejtimin normal të shinës në pikën e kontaktit.

Më poshtë,pojapim algoritmet për llogaritjen e forcave të spostimit.

2.3.2.1. Metoda Müller

Metoda e Mueller është më e thjeshtë për llogaritjen e forcave të zvarritjes sipas shprehjeve analitike të mëposhtme [21].

$$\xi = \sqrt{\xi_x^2 + \xi_y^2}, P = 0.001N, k_c = P(235 - P(2.4 - 0.01P))$$

$$F_{xy} = -\frac{1000k_c}{(1 + (k_c\xi/f/P)^m)^{1/m}}$$

$$F_x = -\xi_x F_{xy}; F_y = -\xi_y F_{xy}$$

Vlera e rekomanduar e parametërit m : 3, 4

2.3.2.2. FASTSIM

FASTSIM është algoritmi i mirënjohur dhe më i përdorur për forcat zvarritëse nga Kalker [22]. Ai merr parasysh si rrotullimin dhe gjeometrinë e sipërfaqeve të kontaktit. Algoritmi përdoret për llogaritjen e forcave zvarritëse si për kontaktet me një dhe për atë me dy pika.

FASTSIM kërkon parametrat dhe variablat e mëposhtëm për llogaritjen e forcave të zvarritjes:

- Vetitë e materialit të rrotës dhe shinës hekurudhore , të cilat supozohet të jenë të njejta (moduli i elasticitetit dhe koeficienti i Puansonit) - të cilat përcaktohen nga ana jonë.

- Karakteristikat gjeometrike momentale të pikës së kontaktit: kurbatura kryesore e sipërfaqes në pikën e kontaktit - llogaritur nga programi gjatë simulimit të dinamikës.
- Vlera e reaksionit normal N në kontakt - llogaritur nga programi gjatë simulimit të dinamikës.

Këto parametra përdoren nga FASTSIM për të llogaritur gjysmë akset e gjurmës së kontaktit eliptik sipas teorisë së Hertzit. Vlerat momentale e spostimit gjatësor dhe tërthor ζ_x , ζ_y dhe rrotullimi φ - llogaritur nga programi gjatë simulimit të dinamikës.

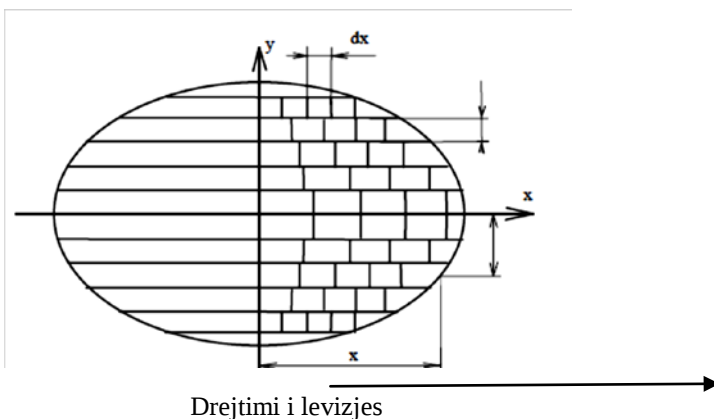


Fig.2.14. Një ndarje e gjurmës së kontaktit në breza dhe elementë.

Duke përdorur këto të dhëna metoda FASTSIM zgjidh një sistem të ekuacioneve diferenciale në lidhje me sforcimet tangenciale (zona në tërheqje në gjurmën kontaktit) ose ekuacioneve diferenciale-algjebrike (zona në rrëshqitje të gjurmës së kontaktit).

4.3.2.3. FASTSIM_A

FASTSIM_A (FASTSIM - Analitik) është një modifikim gjysmëanalitik i algoritmit klasik FASTSIM . Ekuacionet diferenciale dhe ekuacionet diferenciale-algjebrike, që kanë varësi nga sforcimet tangenciale në zonën e kontaktit, janë baza e algoritmit FASTSIM brenda një ndarje të vetme të brezit pafundësisht të ngushtë të kontaktit. Kështu ne jemi gjendje që të marrim një zgjidhje të saktë për zonat e

kapjes dhe të përafërt - për zonen e rrëshqitjes. Zgjidhja gjendet me anën e realizimit në UM, të procedurës FASTSIM_A. Kjo procedurë ka një numër të operacioneve, që janë në proporcion të drejtë me numrin e korsive m. Kur $n = 10$, ajo është përafërsisht dy herë më e shpejtë se FASTSIM, dhe shpejtësia rritet me rritjen e numrit të elementeve në banda. FASTSIM_A jep një vlerë shumë të përafërt të forcës së spostimit me FASTSIM, për vlera relativisht të ulëta të rrotullimit. ($\varphi < 0,5$).

2.3.2.4. Metoda Minowa

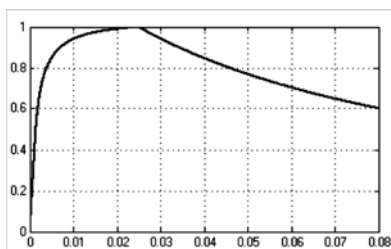


Fig.2.15. Kurba e kapjes me metodën Minowa

Kjo metodë është përdorur në llogaritjen e forcave zvarritëse që veprojnë në rrotën udhëzuese të një lokomotivë në bazë të marrëdhënies eksperimentale midis forcës së kapjes dhe asaj të rrëshqitjes, të çiftit të rrotave, referuar kushteve faktike të shfrytëzimit, figura 2.15[23]. Për këtë kurbë eksperimentale MINOVA bëri një përafrim analitik, i cili është dhënë në punën [24]. Duke marrë parasysh punimet [23, 24] dhe [25] kurba e kapjes së lokomotivës (Fig.2.15.) , është përafruar nga tri pjesë:

1. $0 \leq |\xi| \leq 0.0014$, seksioni linear i rrëshqitjes elastike ,e cila shprehet nga një varësi proporcionale me rrëshqitjen, $k = 359,61178 * |\xi|$;
2. $0.0014 < |\xi| \leq 0.025$, seksioni jolinear i rrëshqitjes elastike, $k = \frac{350|\xi| - 0.155}{0.195 + 336|\xi|}$;
3. $|\xi| > 0.025$ – rrëshqitje (xhirim ne vend), $k = \frac{1}{1 - \kappa * v_0(0.025 - |\xi|)}$

Ku;

- k - është raporti i forcës me vlerën maksimale të saj; (me vlerën e saj kufizuese për një gjëndje të dhënë të shinave).

- v_0 - shpejtësia e lëvizjes gjatësore e çiftit të rrotave, m / s;
- $\aleph$ - është ngurtësia e seksionit të tretë të kurbës, s / m.

Ngurtësia $\aleph$ varet nga shpejtësia e lëvizjes gjatësore të çiftit të rrotave v_0 ,siç tregohet në tabelën 2.2.

Tabela 2.2

v_0 , km/h	0-5	5-20	20-40	40-120
$\aleph$	0.9	0.6	0.5	0.35

Forca e spostimit llogaritet me formulën:

$$F_{xy} = f * N * k(|\xi|)$$

$$F_x = -F_{xy} \frac{\xi_x}{\xi}; F_y = -F_{xy} \frac{\xi_y}{\xi}; \xi = \sqrt{\xi_x^2 + \xi_y^2}$$

Përafrimet e dhëna na lejonë llogaritjen e forcës së spostimit për lokomotivën në regjim tërheqje (frenimi) dhe simulojmë proceset elektromekanike për humbje të kapjes.Një përparësi e këtij algoritmi është thjeshtësia e tij dhe shpejtësia e lartë e llogaritjes.

Vërejtje. Në rast të kontaktit me dy pika, forcat e fërkimit të bordurave llogariten për rrëshqitje të pastër.

2.3.2.5. Modeli i kontaktit joeliptik i çiftit rrotë – shinë hekurudhore

Për të arritur në modelin e kontaktit joeliptik të çiftit rrotë – shinë hekurudhorele të shikojmë rastin e rrokullisjes së qëndrueshme të trupave,që kanë elasticitet konstant si dhe materiali i tyre është i njejtë. Në këtë rast, përcaktimi i karakteristikave të kontaktit mund të ndahet në dy probleme me zgjidhje të pavarur:

- në drejtimin normal – që ka të bëjë me përcaktimin e zonës së kontaktit dhe llogaritjen e shpërndarjes së sforcimeve normale
- në drejtimin tangencial - që ka të bëjë me përcaktimin e sforcimeve tangenciale.

2.3.2.6. Modelimi i kontaktit jo eliptik shumë pikësh i çiftit rrotë – shinë hekurudhore.

Në këtë rast për thjeshtimin e teorisë së kontaktit normal, është e domosdoshme të marrim parasysh supozimet e mëposhtme [28]:

1. *Për trupat në kontakt është i vlefshëm përafrimi i sipërfaqeve.*
2. *Presionet normale përgjatë boshtit x në drejtimin e rrokullisjes së rrotave janë shpërndarë sipas një ligji eliptik.*
3. *Sipërfaqja e zbatimit merret në cilësinë e sipërfaqes së kontaktit $S(C)$ [Zona e implementimit është miratuar si zona e kontaktit S].*

Në këtë rast, rrotat përfaqësojnë trupin rrotullues , ndërsa shina hekurudhore - një sipërfaqe cilindrike. Le të kemi pikën O si pikë fillestare të kontaktit të trupave dhe gjatë studimit nuk do ti referohemi ngarkesës normale (Fig.2.16). Marrim këtë pikë si origjinën e sistemit koordinativ këndrejtë Oxyz. Aksi - z - është zgjedhur në mënyrë të tillë që ai të përkohet me normalen e përgjithshme të sipërfaqeve të trupit në pikën O dhe e drejtuar nga lart. Me këtë zgjedhje të planit xy ,ai është një plan tangjent. Aksi x- është i drejtuar në drejtimin e rrokullisjes së rrotës. Seksioni i sipërfaqeve të kontaktit të trupave në planin $x = 0$, jep profilin e rrotës $z_w(y)$ dhe shinës $z_r(y)$. Distanca ndërmjet trupave përcakton funksionin e hapsirës:

$$z_c(x, y) = hy(y) - \frac{x^2}{2R} \quad (13) \quad \text{ku};$$

- $h(y) = z_w(y) - z_r(y)$
- R - Rrezja kryesore e lakimit të profilit të rrotës në pikën e kontaktit.

Spotimi i sipërfaqes së rrotës përgjatë normales është δ . Sipërfaqet ndërpriten sipas një vije,projeksioni i të cilave në planin Oxy,*quhet sipërfaqja e zbatimit*. Në fakt, materialet e rrotës dhe të shines hekurudhore , kundërshtojnë ndërfitjen,e cila çon në lindjen e presioneve në kontakt të cilët sjellin zhvendosjen e pikave të cilat gjenden në sipërfaqen e kontaktit , vlera e të cilave përcaktohet nga funksionet e ndërfitjes. Si rezultat i këtij bashkëveprimi lind zona e kontaktit C.

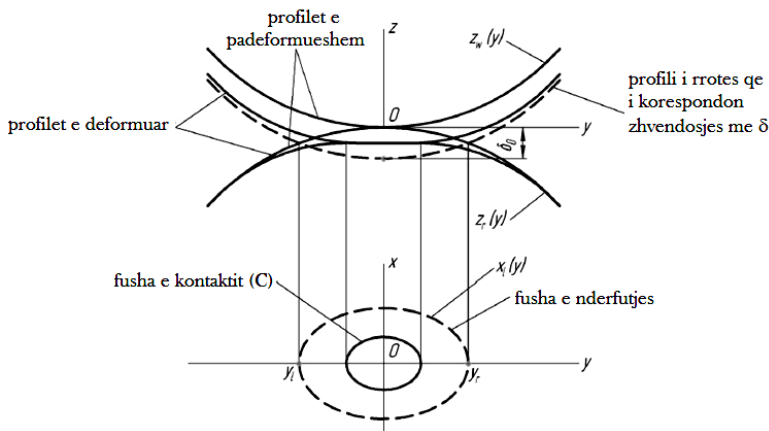


Fig.2.16.Sipërfaqja e bashkëveprimit dhe kontakti

Kur kemi të dhënë ndërftuesin e trupave ,forca normale e kontaktit e çiftit rrotë – shinë hekurudhore llogaritet si më poshtë: [30]

$$N = N_e + N_{dis}(26) \text{ ku:}$$

- N_e - forca elastike (24),
- N_{dis} - forcë shuarse.

$$N_{dis} = \alpha \dot{\delta}(27) \text{ ku:}$$

- α - koeficienti i amortizimit.
- $\dot{\delta}$ - shpejtësia e implementimit.

$$\alpha = 2\zeta\sqrt{C_H m}(28) \text{ ku:}$$

- ζ - përqindja e amortizimit në raport me atë kritike;
- C_H - ngurtësia e kontaktit të çiftit "rrotë – shinë hekurudhore";
- m -pesha e rrotës.

Për të përcaktuar shpërndarjen e sforcimeve tangenciale në sipërfaqen e kontaktit shfrytëzohet algoritmi FASTSIM, zhvilluar nga George, i bazuar në thjeshtimin e teorisë së rrokullisjes në kontak, të hartuar nga Kalker.

2.3.3. Koeficienti i fërkimit në kontaktin e çiftit rrotë – shinë hekurudhore

Në llogaritjet e kontaktit rrotë – shinë hekurudhore një parametër shumë i rëndësishëm është edhe koeficienti i fërkimit në kontaktin e çiftit rrotë - shinë hekurudhore. Për çdo shinë fusim dy koeficientë bazë fërkimi: i pari përfaqson fërkimin në sipërfaqen rrokullisëse të shinës hekurudhore, f_r dhe i dyti përfaqson fërkimin në sipërfaqen anësore të shinës hekurudhore , f_s . Këto koeficientë janë dhënë zakonisht me një vlerë numerike, apo varësi nga koordinatat në drejtimin gjatësor të vijës hekurudhore $f_r = f(x)$ dhe $f_s = f(x)$,

Nëse për një pozicion të caktuar të rrotave koeficientët marrin vlera të ndryshme, dmth, koeficienti i fërkimit konsiderohet f_r ndryshem nga f_s , atëhere për koeficientet e fërkimit merret në konsideratë ndryshimi i tyre në drejtimin gjatësor dhe atë tërthor të shinës hekurudhore.

Si rezultat, mbi sipërfaqen e shinës hekurudhore veçojmë tre raste:

- ❖ sipërfaqja e rrokullisjes me koeficient fërkimi konstant në drejtimin gjatësor f_r :
- ❖ sipërfaqja e brëndshme anësore e kokës sëshinës hekurudhore me koeficient fërkimi konstant në drejtimin tërthor f_s :
- ❖ një pjesë kalimtare ku koeficienti i fërkimit ndryshon sipas një ligji linear të vazhdueshëm, në varësi të këndit β , dhe kalon nga vlera e f_r në f_s .

Për ndarjen e profilit në zona të fërkimit duhet të jenë dhënë këndet β_r dhe β_s .

Ne mund të përdorim, varësinë e koeficientit të fërkimit nga shpejtësia në rreshqitje në përputhje me modelin [31], :

$$f = f_0 [(1 - A)e^{-Bv} + A] : \text{ku:}$$

- f_0 – koeficienti i fërkimit për shpejtësi rreshqitje te barabarte me zero,
- $A = f_\infty / f_0$, ky është raporti i koeficientëve të fërkimit për shpejtësi rreshqitje infinit me atë në zero.
- B – koeficient eksponencial i zvogelimit të koeficientit të fërkimit.

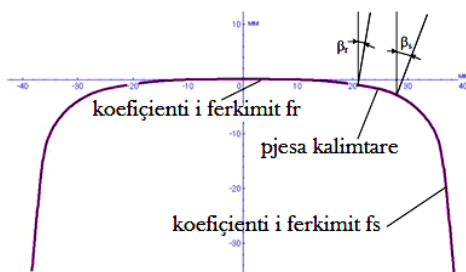


Fig.2.17. Ndryshimi i koeficientit të fërkimit në profilin e shines

2.3. Modelet matematikore që përdoren për parashikimin e konsumit të rrotës hekurudhore

2.3.1. Seria e llogaritjeve multivariate (MVC) e strukturës identike, në rastin evolimit të profilin të rrotës.

Duke pasur parasysh se ne do të bëjmë simulimin e konsumit në paketën e programit "Mekanizm Universal", ne do të përzgjedhim modelin matematik i cili është disponibel në këtë program. Parashikimi i konsumit të profilin të rrotave dhe shinave në paketën e programit "Mekanizmi Universal" është i organizuar në bazë të mjetit të skanimit (Eksperimentet e UM) të plotësuar nga koncepti i evolucionit. Evolucionin është një seri llogarish multivariant (MVC) të strukturës identike (përsëritje) të cilat ndryshojnë në kushte të jashtme. Në rastin e parashikimit të profilin të rrotave, kushtet e jashtme janë kurbat e profilin të rrotave të cilat ndryshohen në fund të çdo MVC (ndarje) në përputhje me modelin tribologjik të konsumit tribologjike, të cilin do ta fiksojmë, në mbyllje të këtij kapitulli. Nocioni i kushteve të jashtme është, më i gjërë, kushte të cilat do ti listojmë me poshtë.

Për të pasur një ide më të qartë, të evolimit të modelit matematik, të profilin të një rrote hekurudhore, le ti referohemi një grupi të familjeve në MVC.

Le të jetë $F = \{F_i\}$, $i = 1 \dots N_F$, një grup i familjeve në MVC. Çdo familje është një simulim i dinamikës hekurudhore në kushte të caktuara të jashtme (profilet e kontaktit) dhe kësaj familje i korespondon një grup i vlerave të shpejtësive, $F_i = \{V_{ij}\}$, $j = 1 \dots N_{\theta i}$. Në grupin e vlerave të shpejtësive, vlera e shpejtësisë

V_{ij} ,përfaqson një simulim të vetëm me shpejtësinë e dhënë. Në kontekstin e një MVC të vetme, kushtet e jashtme janë:

- *parregullsia e rrugës ,*
- *lloji i rrugës (tangjentet , kthesat, ndërrueset),*
- *profilet e shinës hekurudhore,*
- *kthesat ose parametrat e ndërrueseve.*

Për sa më sipër, le ti referohemi një MVC që përmbanë tri familje $F = \{F_1, F_2, F_3\}$.ku F_1 është lëvizja në seksionin e drejtë të linjës, F_2, F_3 ,përfaqsojnë lëvizjen në kthesa, me rreze $R = 300,600m$,kështu që $N_F = 3$.Grupet e shpejtësive për çdo familje janë si në vijim:

$$F_1 = \{15,20,25\}, \quad F_2 = \{13\}, \quad F_3 = \{15.18,21\}$$

shpejtësi në m / s.

Koeficientët pa përmasa të peshave futen në cdo familje. Këto koeficientë përcaktojnë treguesit e kushteve të jashtme në rrugën e duhur për të cilat llogaritet konsumi i rrotave, jane:

$$\alpha_i, i = 1 \dots N_F$$

Koeficienti α_i i korrespondon familjes F_i dhe llogaritet sipas formulës,

$$\alpha_i = \frac{s_i}{s}, \sum_{i=1}^{N_F} \alpha_i = 1$$

ku :

-  s - është gjatësia e përgjithshme e rrugës;
-  s_i është gjatësia e përgjithshme seksioneve që korrespondon me kushtet e jashtme të familjes F_i , psh gjatësia e përgjithshme e kthesës me rreze $R = 600 m$, duke përfshirë edhe gjatësinë e kurbës së tranzicionit.

Për të lehtësuar llogaritjet shikojmë rastin duke supozuar që gjatësia e përgjithëshme e kurbës së majtë dhe të djathtë të kthesës janë të barabarta,që do të thotë që rrota e majtë dhe e djathtë e çiftit të rrotave kane konsum të njejtë. Në këtë rast vetëm

kthesa e majtë mund të merret parasysh. Përndryshe, familjet për kthesa të majtë dhe të djathtë duhet të përfshihen në MVC.

Koeficientët e peshës duhet të jenë vendosur për diapazonin e shpejtësive brënda një familje

$$\beta_{ij}; \sum_{i=1}^{N_{vi}} \beta_{ij} = 1$$

të cilat përcaktojnë një diagram të shpërndarjes së shpejtësive për familjen.

Simetria para / prapa merr parasysh një lëvizje të mundshme para dhe prapa, pa rrotullim 180°, nga ana e mjetit. Në këtë rast, konsumi i rrotave është i barabartë referuar simetrise së qendrës së mjetit .

Le të jenë $e_{ijk,l}$, $e_{ijk,r}$ diagramat e konsumit të gjithë pjesës rrethore (protektorit) për rrotën e majtë dhe të djathtë të çiftit të rrotave me indeks k , të matura në mm dhe llogaritet në bazë të një modeli tribologjikal për familjen e F_i , me shpejtësi të V_{ij} . Një B-spline është përdorur për zbutjen e diagrameve. Zgjedhim madhësinë e hapit për diagramet e pastabilizuara, të barabartë me 1mm.

Diagramet rezultante $e_{k,l}$, $e_{k,r}$ korrespondojnë me konsumin e reduktuar me kushtin për cdo meter të rruges (intensiteti i konsumit) janë llogaritur në bazë të një algoritmi, në vijim:

❖ në rastin e simetrise së majtë / së djathtë , mesatarja është:

$$e_{ijk,r} = \frac{e_{ijk,r} + e_{ijk,l}}{2}$$

$$e_{ijk,r} = e_{ijk,l}$$

❖ Në rastin e simetrisë para / prapa, bëhet mesatarizimi i diagramave, për rrota simetrike në raport me qendrën e mjetit:

$$e_{ijk,w} = \frac{e_{ijk,w} + e_{ij(N-k+1),w}}{2}, \quad w = l, r$$

ku :

- N - është numri i çifteve të rrotave në mjet

Diagrama mesatare e intensitetit të konsumit llogaritet nga formula:

$$e_{k,w} = \sum_{i=1}^{N_F} \alpha_i \sum_{j=1}^{N_{vi}} \beta_{ij} \frac{e_{ijk,w}}{S_i}, \quad w = l, r$$

Më pas largimi i materialit nga profile i rrotës kryhet sipas algoritmit vijues.

- ❖ *Vlera maksimale e intensitetit të konsumit për të gjitha rrotat llogaritet si më poshtë:*

$$e_m = \max_k \{ \max\{e_{k,l}\}, \max\{e_{k,r}\} \}$$

- ❖ *Rruga S që korrespondon me thellësinë maksimale të konsumit δ , që i referohet thellësisë së materialit që largohet në një përsëritje, është e llogaritur si më poshte:*

$$S = \frac{\delta}{e_m}$$

Vlera e parazgjedhur e δ është; $\delta=0.1mm$

- ❖ *Heqja e materialit për secilën prej rrotave është llogaritur si, më poshtë:*

$$e_{k,w} * S, \quad w = l, r$$

Madhësia e hapit të funksionit të heqjes së materialit paracaktohet , vlera e parazgjedhur mundë të merret 2 mm

- ❖ *krijohen profile të reja me rakordimet e dyta.*

Pas kësaj fillon evolimi i përsëritjes se procesit të ri.

Vini re se algoritmi përdor zbutjen e dyfishtë të profileve: zbutjen e diagramës së konsumit dhe zbutjen,e profilin pas largimit të materialit. Zbutja e diagrameve të konsumit është fakultative.

2.3.2. Modele të intensitetit të konsumit

Më sipër ne shpjegoam algoritmin e parashikimit të konsumit të rrotës hekurudhore,gjatë rrokullisjes së saj mbi shina.Siç u theksua edhe më lart,në themel të algoritmit për parashikimin e konsumit,është llogaritja e intensitetit të konsumit.Duke iu referuar literaturës si dhe programit UM, modelet për të llogaritur intensitetin e konsumit të rrotës , janë si më poshtë.

1. Modeli Archard

Ky model është i bazuar në hipotezën e varësisë lineare në mes të vëllimit të konsumit I dhe punës së forcave zvarritëse A :

$$I = k_v * A$$

ku :

- I - është vëllimi i konsumit ,në, m^3 ;
- k_v - është koeficienti vëllimor i konsumit , m^3 / J ;
- A - është puna e forcave të fërkimit,në, J .

2. Modeli Specht

Edhe ky model gjithashtu bazohet në varësinë lineare që ekziston ,ndërmjetvëllimit të konsumit dhe punës,së forcave të fërkimit por në këtë rast, është supozuar se ekzistojnë dy zona veprimi, brënda gjurmës së kontaktit, të cilat janë: zona e moderuar dhe ajo me konsum intensive,të cilat shoqërohen me vlera të ndryshme të koeficientëve të konsumit:

$$\begin{cases} I = k_v * A ; & w < w_{cr} \\ I = k_v * \alpha * A ; & w \geq w_{cr} \end{cases}$$

ku:

- I - është vëllimi i konsumit ,në m^3 ;
- k_v - është koeficienti vëllimor i konsumit , m^3 / J ;

- A - është puna e forcave të fërkimit,në, J .
- W - është fuqia që humbet në fërkim, vat/m^2
- w_{cr} , - është fuqia kritike, vat/m^2 ,
- α , - është koeficienti i kërcimit (ndryshimit të shpejtësisë).

3. Modeli VNIIZHT është:

$$I = k * \xi^2 * p,$$

ku :

- p - është presioni në gjurmën e kontaktit,
- ξ - është zvarritja e plotë.

4. Modeli plasticitet merr parasysh plasticitet,e trupave në kontakt:

$$I = k * \xi^2 * p^* \min \left(\tan \left(\frac{p}{p^*} \right), 1.5 \right)$$

ku:

- p^* - është presioni kritik.

Ky model ka tendencë të modelit VNIIZHT-1 për p vogël.

Kapitulli 3.

Simulimi softwerik i modelit të zgjedhur

3.1.Metodat e simulimit në UM

Dy janë metodat e simulit në UM:

1.Qasje hap pas hap (e menjëhershme)

Hapi i parë është simulimi i dinamikës së mjeteve hekurudhore dhe akumulimi i konsumit për të gjitha rastet nga grupi i eksperimenteve. Hapi i dytë është përditësimi i profileve sipas konsumit e grumbulluar. Këto përsëritje të konsumit janë përsëritur derisa të merret konsumi i dëshiruar.

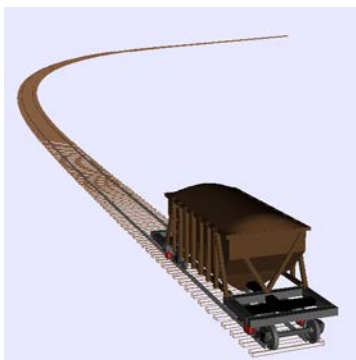


Fig.3.1. Qasje hap pas hap (e menjëhershme).Mjeti ka përshkuar 800km

Në këtë mënyrë simulimin kryhet si më poshtë:

Hapi i parë është simulimi i dinamikës së mjeteve hekurudhore dhe akumulimi i konsumit për të gjitha rastet nga grupi i eksperimenteve. Hapi i dytë është përditësimi i profileve sipas konsumit e grumbulluar. Këto përsëritje të konsumit janë përsëritur derisa të merret konsumi i dëshiruar.

2.Qasje paralele

Simulimi i dinamikës së mjeteve dhe evoluimi i profileve vazhdojnë në të njëjtën kohë. Azhurnimi i profilin kryhet gjatë simulimit në disa intervale kohe të shkurtra dhe pas simulimit vazhdon me profile të reja

Ndikimi i parametrave gjeometrikë të sipërfaqes së kontaktit të çiftit rrotë – shinë dhe gjeometrisë së vijës hekurudhore në konsumin e tyre . Rast në studim :Linja hekurudhore Durrës –Elbasan –Lin.

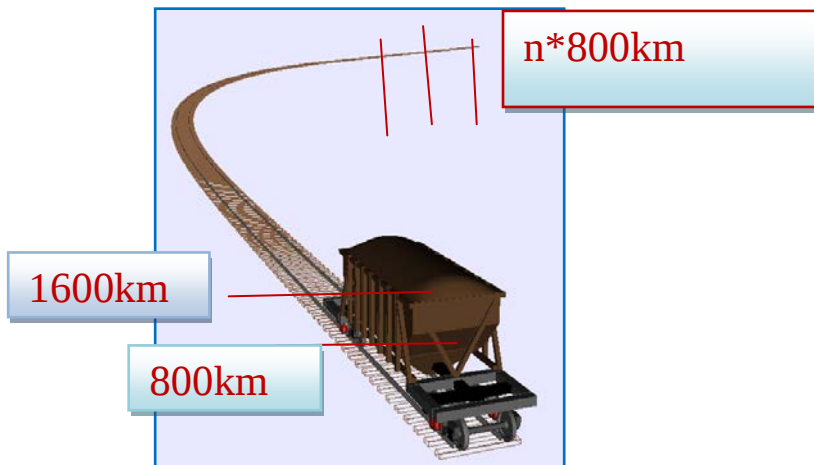


Figura.3.2.Qasje paralele

Bllok skema e algoritmit

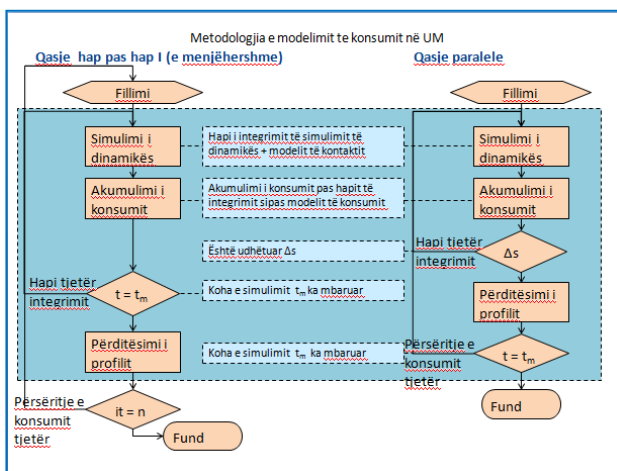


Figura.3.3.Bllok skema e algoritmit në UM.

Në studimin tonë ne do të përdorim qasjen paralele.Gjithëashtu edhe rruga prej 800 km, është zgjedhur për një interacion.

Kapitulli 4

Analiza e rezultateve të marra për objektin e marrë në studim : Vija hekurudhore Durrës-Elbasan –Lin.

Hyrie

Në rastin tonë konkret ne kemi marrë në studim *vijën hekurudhore Durrës-Elbasan – Lin*. Për të dhënë arsyen e marrjes në studim të kësaj vije hekurudhore le të bëjmë një përshkrim të shkurtër të kësaj vije.

Kjo vijë hekurudhore nga Durrësi në Elbasan kalon në një terren pothuajse fushor, me pjerresi maksimale 9 ‰. Ndërsa pjesa tjetër Elbasan Pogradec kalon në një terren mjaft malor. Pikërisht për arsye të topografisë së terrenit ai dominohet nga kthesa me rreze minimale R 300,400 dhe 500 m. Pjerrësia maksimale e saj shkon deri në 21 ‰ (për mijë).

Duke studiuar gjeometrinë në planin horizontal të kësaj vije hekurudhore arrijmë në konkluzionin se pjesa më e vështirë e kësaj është nga kilometri 78.850 deri në kilometrin 135.918, segment kemi gjithsej 104 kthesa prej të cilave kemi 58 kthesa me rreze R 300 m, 15 kthesa me rreze R 400 m, dhe 24 kthesa me rreze R 500 m. Ndërsa pjesa tjetër e kthesave është me rreze R 600,700,100 dhe 1500 m. Duke marrë parasysh se gjatësia e trenit shkon deri në 300m, mund të themi se treni mund të ndodhet në një kthesë të dyfishtë e cila e vështëron akoma më tej dinamikën e lëvizjes së trenit.

Në figurën 4.1. është dhënë një hartë hekurudhore e rrjetit hekurudhor HSH.

Ndikimi i parametrave gjeometrikë të sipërfaqes së kontaktit të çiftit rrotë – shinë dhe gjeometrisë së vijës hekurudhore në konsumin e tyre . Rast në studim :Linja hekurudhore Durrës –Elbasan –Lin.



Figura 4.1.Harta hekurudhore e rrjetit hekurudhor shqiptar HSH

4.1.Simulimi i konsumit të çiftit rrotë – shinë

Hyrie

Në rastin konkret ne do të simulojmë konsumin e sipërfaqeve kontaktuese të çiftit rrotë – shinë hekurudhore,në një kthesë në formë S (kthesë e dyfishtë) ,siç tregohet në figurën 4.2.Kjo kthesë i përket Vijës Hekurudhore Durrës – Elbasan – Pogradec.

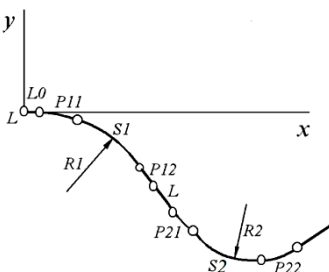


Figura 4.2.Kthesë në formë S, pjesa e simulimit të konsumit të çiftit rrotë – shinë (në hartën hekurudhore në figurën 4.1. është e rrethuar dhe shënuar me gërmën I).

Referuar gjeometrisë në plan të vijës hekurudhore, dhe projektit për kthesën e mësipërme kemi parametrat gjeometrik të mëposhtëm:

L0 – 25,P11 – 93,S1-532,R1-300,P12-93,L – 25,P21-93,S2 –532,R2 –300,P22 – 25 (të gjitha dimensionet janë në metra.

Në rastin konkret vija hekurudhore ka në mbishtresën e sajë shina të tipit R50,me traversa të përziera (druri dhe beton-arme) ku dominojnë shinat e drurit të cilat janë shumë të konsumuara. Kaleja hekurudhore sigurohet nga traversat e beton – armes, të tipit dycopëshe.

Referuar eksperiencës botërore të prodhimit të mjeteve lëvizëse dy profilet më të përdorshëm në hekurudha sot,janë S1002 dhe Dmeti.Pikërisht në simulimin tonë ne do të nxjerrim se cili nga këto dy profile është më rezistent ndaj konsumit fizik.

Për të pasur një ide më të qartë për këto dy profile,më poshtë po japim profilin e sipërfaqeve kontaktuese të rrotave S1002, Dmeti dhe shinës hekurudhore R50.Profilet janë dhënë në formën e koordinatave në sistemet koordinative që janë lidhur me profilet.

A.Profili i kokës së shinës R50.

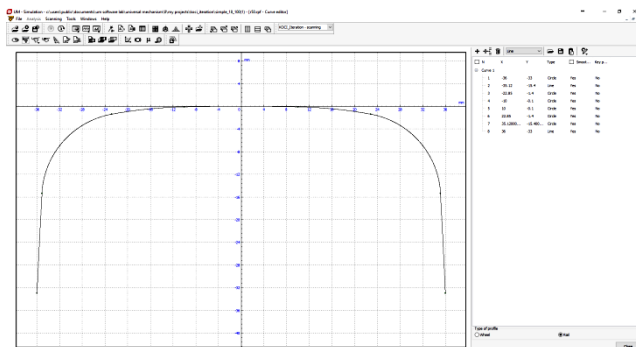


Figura 4.3. Profili r50new.rpf i kokës së shinës (i ri)

B.Profilet e rrotave të çiftit të rrotave si me poshtë:

1.profil i rrotës i tipit Dmeti30:

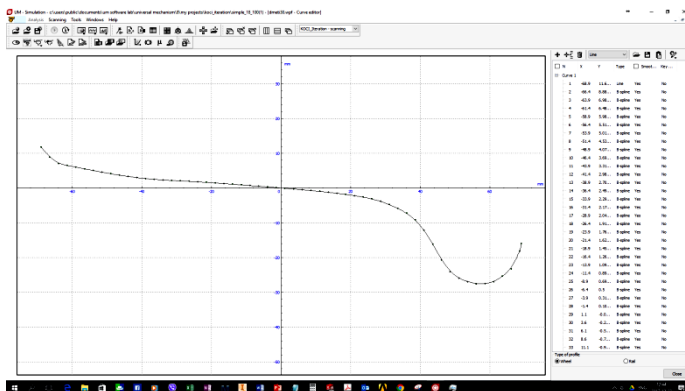


Figura.4.4.Profil dmeti30.wpf i unazës rrokullisëse të rrotës,së çiftit të rrotave

1. profili i rrotës i tipit S1002:

Ndikimi i parametrave gjeometrikë të sipërfaqes së kontaktit të çiftit rrotë – shinë dhe gjeometrisë së vijës hekurudhore në konsumin e tyre . Rast në studim :Linja hekurudhore Durrës –Elbasan –Lin.

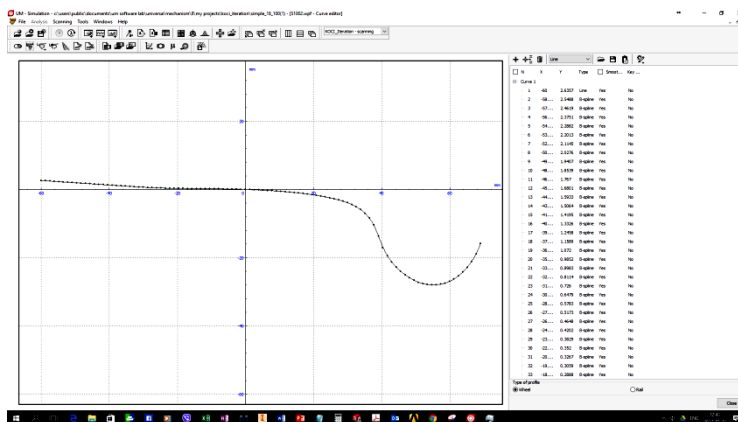


Figura.4.5.Profili s1002.wpf i unazës rrokullisëse të rrotës,së çiftit të rotave

Mbasi ne zgjedhëm profilet për shinën dhe rrotat kryejmë simulimet përkatëse duke vendosur parametrat e mëposhtëm:

- 1.shpejtësia e levizjes $v_0 = 20\text{m/sec}$
- 2.parametrat e kthesës dyfishe janë dhënë më lartë.
- 3.zgjedhim parregullsitë e vijës hekurudhore, sipas spektrit të treguar në figurën 4.6.

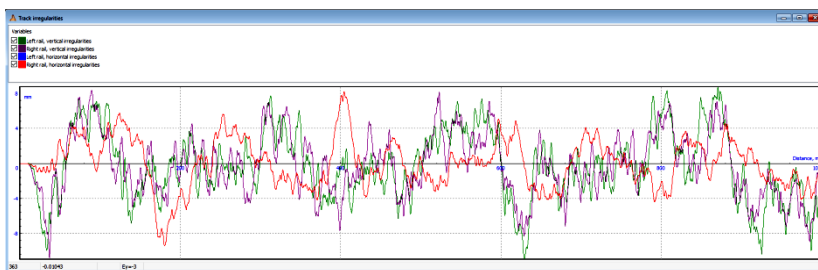


Figura.4.6.Parregullsitë e vijës hekurudhore në planin horizontal

Ky spektër është spektri i parregullsive të vijës hekurudhore,i cili gjendet ne progamin UM loco dhe është spektri tipik i parregullsive të një vije hekurudhore.

Mjeti i cili do të simulohet është treguar në figurën 4.7



Figura.4.7.Vagon me sponde të larta me karret të tipi 18-100

Konstruksioni i karretës 18-100, është dhënë në figurën 4.8.

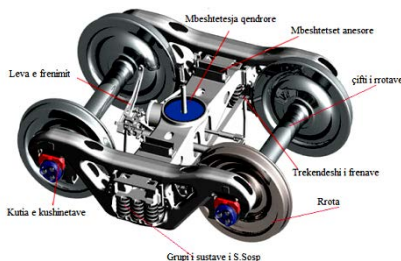


Figura.4.8.Pamje e konstruksionit të një karrete të tipit 18-100

Me këtë karretë janë të paisur një numër i konsiderueshem të vagonave të mallrave me katër akse.Ngarkesa në aks shkon deri në 230 kN (23.5 ton) dhe shpejtësi konstruktive deri në 120 km / h.

Në tabelën 4.1.janë dhënë karakteristikat e kësaj karrete.

Për të nxjerrë një rezultat sa më të saktë ne do të kryejmë simulimin për një numër prej 100 simulimesh,ku në një simulimdo të përshkohen afërsisht 800km.

4.1.1 Simulimi i konsumit të çiftit rrotë – shinë (dmeti30.wpf -r50new.rpf)

Fillojmë simulimin e konsumit për çiftin rrotë – shinë,për rastin kur rrota ka profilin dmeti30.wpf -dhe shina atë të r50new.rpf (dmeti30.wpf -r50new.rpf).

Në figurën 4.9. është dhënë çifti i profileve

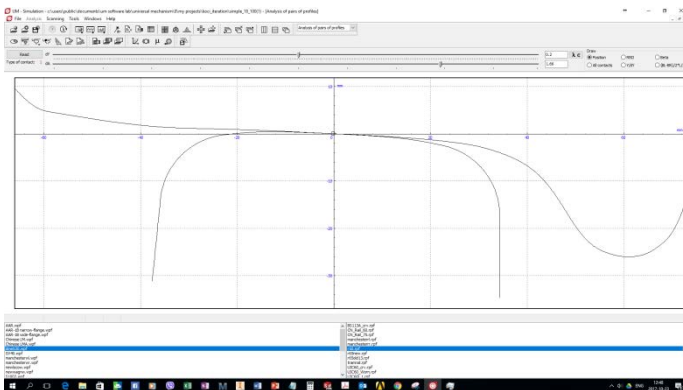


Figura.4.9. Çifti i profileve dmeti30.wpf -r50new.rpf

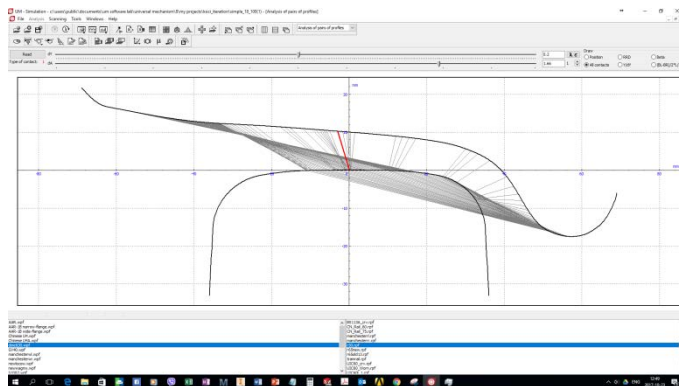


Figura.4.10. Të gjithë kontaktet rrotë – shinë për çiftin e profilevedmeti30.wpf -r50new.rpf

Mbasi ne vendosëm të gjitha parametrat hyrëse të domosdoshme japim komandën “run”.Simulimi për këtë çift profilesh zgjati rreth 8 orë,(kjo edhe për mungesë të kapacitetit të kompjuterit).Në përfundim të procesit të simulimit u ruajtën rezultatet në failin përkatës. Proçesi i simulimit në paketën software UM jepet në figurën 4.11.

Ndikimi i parametrave gjeometrikë të sipërfaqes së kontaktit të çiftit rrotë – shinë dhe gjeometrisë së vijës hekurudhore në konsumin e tyre . Rast në studim :Linja hekurudhore Durrës –Elbasan –Lin.

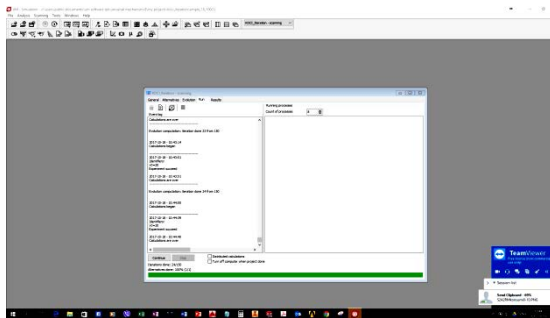


Figura.4.11.Dritare e simulimit të konsumit të çiftit rrotë – shinë.

4.1.2.Nxjerrja e rezultateve të simulimit dhe analiza e tyre

Si rezultate të simulimit do të nxjerrim epjurat e mëposhtme:

- Epjurat e konsumit të profileve
- Epjurat e konsumit akumulues
- Epjurat e konsumit specifik

Për të nxjerrë rezultatet dhe bërë analizën e do të ndjekim radhën e mëposhtme:

4.1.2.1Nxjerrja dhe analiza e rezultateve të simulimit të çiftit dmeti30.wpf - r50new.rpf.

Për vetë simetrinë e problemit kthesës rezultojnë që të gjitha rrotat kanë konsum të njëjtë.(mbrënda një çifti)

Nxjerrja dhe analiza e rezultateve të marra për rrotën e djathtë të çiftit të rrotave të parë.

Ndikimi i parametrave gjeometrikë të sipërfaqes së kontaktit të çiftit rrotë – shinë dhe gjeometrisë së vijës hekurudhore në konsumin e tyre . Rast në studim :Linja hekurudhore Durrës –Elbasan –Lin.

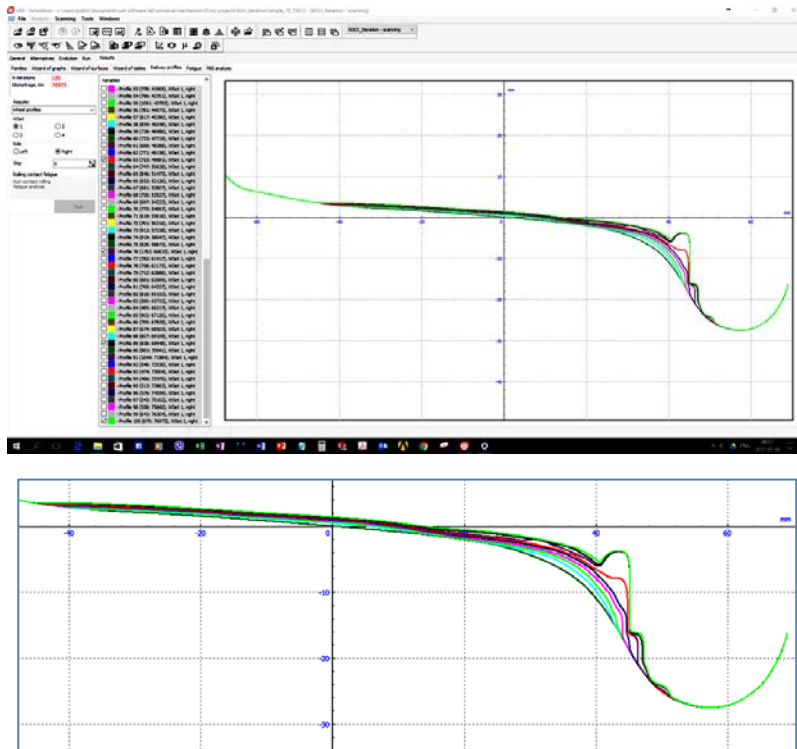


Figura.4.12.Profilit e konsumuar të rrotës së djathtë të çiftit të rrotave të parë, mbasi ka përkshuar 76973 km, gjatë simulimit të çiftitdmeti30.wpf -r50new.rpf.Profilit korespondojnë me profilet që rezultojnë mbas përkshuaries 10000,20000,30000,40000,50000,60000,70000 dhe 76973 kilometra.

Ndikimi i parametrave gjeometrikë të sipërfaqes së kontaktit të çiftit rrotë – shinë dhe gjeometrisë së vijës hekurudhore në konsumin e tyre . Rast në studim :Linja hekurudhore Durrës –Elbasan –Lin.

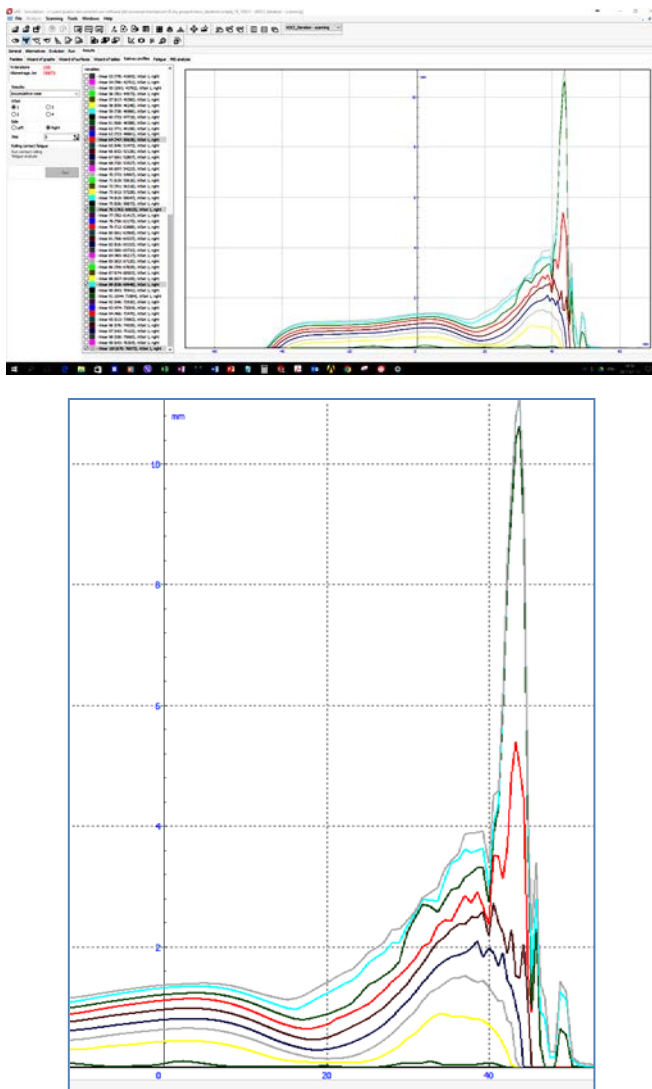


Figura.4.13.Epjura e konsumit akumulativ të rrotës së djathtë të aksit tëparë,mbasi ka pershkuar 76973 km, gjatë simulimit të çiftit dmeti30.wpf -r50new.rpf.Ngjyrat përkatëse korespondojnë me konsumin akumulativ, sipas kilometrave të pershkuara.(10000,20000,30000,40000,50000,60000,70000 dhe 76973 kilometra.)

Ndikimi i parametrave gjeometrikë të sipërfaqes së kontaktit të çiftit rrotë – shinë dhe gjeometrisë së vijës hekurudhore në konsumin e tyre . Rast në studim :Linja hekurudhore Durrës –Elbasan –Lin.

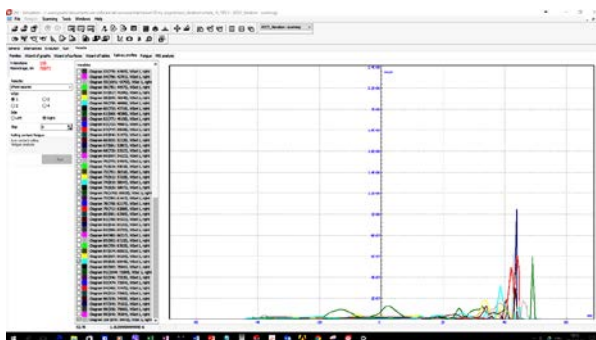


Figura.4.14.Epjura e konsumit specifik të rrotës së djathtë të aksit të parë mbasi ka përkthyer 76973 km,gjatë simulimit të çiftitdmeti30.wpf -r50new.rpf.Ngjyrat përkatëse korespondojnë me konsumin akumulativ, sipas kilometrave të përkthyer.(10000,20000,30000,40000,50000,60000,70000 dhe 76973 kilometra.)

Për të analizuar më qartë se si ka ndodhur konsumi në sipërfaqen rrokullisëse të rrotës do të referohemi figurës 2.7,ku janë dhënë zonat punuese të saj.Referuar këtyre

zonave të punës dhe epjurës së konsumit specifik mundë të themi që zona me konsum specifik më të madh, është zona **B**,e cila përfaqson edhe kontaktin e bordurës në faqen e mbrëndshme të kokës së shinës së jashtme,më pas shikojmë se zona e cila ka një konsum specifik mesatar, është zona kalimtare nga **A** në **B**,ndërsa zona **A** është zona e cila ka një konsum specifik më të vogël.Në zonën **C** konsumi rezulton i papërfillshëm.

Referuar këtyre zonave do të kemi këto vlera të konsumit specifik si më poshtë:

- për zonën **A** – vlera e konsumit specifik është $1.2 \cdot 10^{-7}$ mm/m
- për zonën kalimtare (pjesa rakorduese që lidh sipërfaqen rrokullisëse me bordurën- vlera minimale e konsumit specifik është $1.9 \cdot 10^{-7}$ mm/m dhe vlera maksimale e konsumit specifik është $3.2 \cdot 10^{-7}$ mm/m.Konsumi specifik mesatar $2.05 \cdot 10^{-7}$ mm/m.
- për zonën **B** ,e cila është pjesa punuese e bordurës gjatë kalimit të mjetit në kthesë - vlera minimale e konsumit specifik është $6.4 \cdot 10^{-7}$ mm/m,që i korespondon pjesës së mbrëndshme të kokës së bordurës dhe vlera maksimale e konsumit specifik është $1.04 \cdot 10^{-6}$ mm/m,që korespondon me rrënjën e bordurës,ose pjesa fërkuese e bordurës në shinë.Konsumi specifik mesatar $8.4 \cdot 10^{-7}$ mm/m.

Refuar e pjurës së konsumit të përgjithshëm kemi që konsumi i plotë i rrotës është si më poshtë:

- për zonën **A** – vlera maksimale e konsumit është 1.2 mm
- për zonën kalimtare (pjesa rakorduese që lidh sipërfaqen rrokullisëse me bordurën- vlera minimale e konsumit është 1.6mm dhe vlera maksimale e konsumit është 3.9 mm.Konsumi mesatar 2,75mm
- për zonën **B** ,e cila është pjesa punuese e bordurës gjatë kalimit të mjetit në kthesë - vlera mesatre e konsumit është 4.5.mm,që korespondon me rrënjën e bordurës,ose pjesa fërkuese e bordurës në shinë.

Nxjerrja dhe analiza e rezultateve të marra për shinat.

Ndikimi i parametrave gjeometrikë të sipërfaqes së kontaktit të çiftit rrotë – shinë dhe gjeometrisë së vijës hekurudhore në konsumin e tyre . Rast në studim :Linja hekurudhore Durrës –Elbasan –Lin.

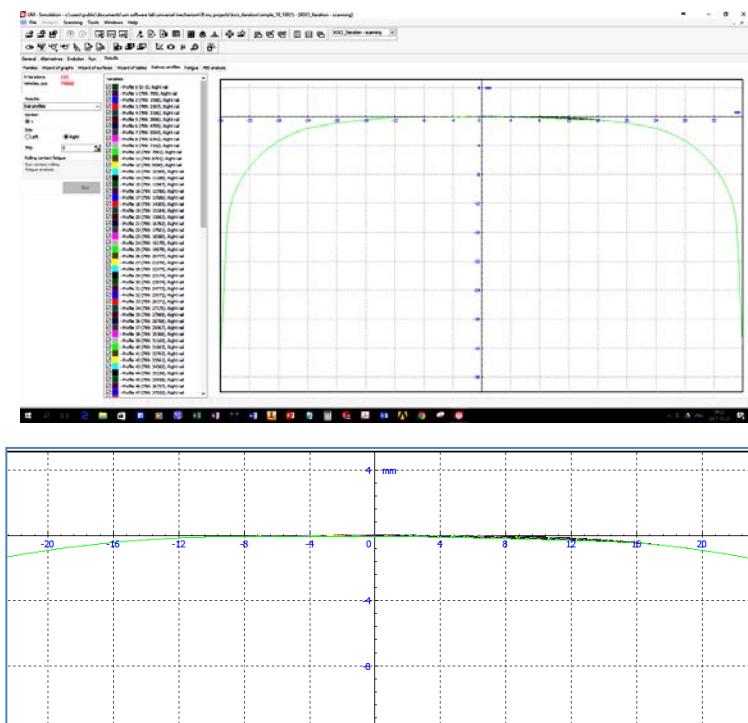


Figura.4.24.Profilit e konsumuar të shinës hekurudhore ,gjatë simulimit të çiftit dmeti30.wpf -r50new.rpf.,ana e djathtë,mbasi mbi të kanë kaluar 79888 mjete

Ndikimi i parametrave gjeometrikë të sipërfaqes së kontaktit të çiftit rrotë – shinë dhe gjeometrisë së vijës hekurudhore në konsumin e tyre . Rast në studim :Linja hekurudhore Durrës –Elbasan –Lin.

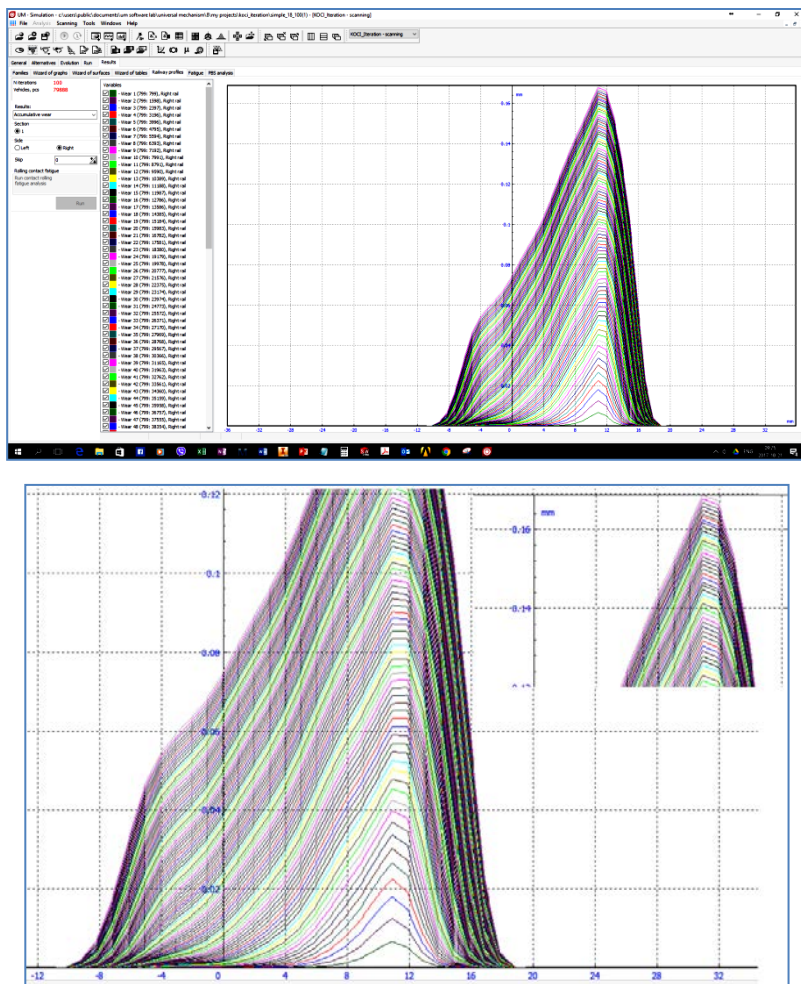


Figura.4.25.Konsumi i akumuluar i shinës gjatë simulimit të çiftit dmeti30.wpf - r50new.rpf, ana djathtë,mbasi mbi të kanë kaluar 79888 mjete

Ndikimi i parametrave gjeometrikë të sipërfaqes së kontaktit të çiftit rrotë – shinë dhe gjeometrisë së vijës hekurudhore në konsumin e tyre . Rast në studim :Linja hekurudhore Durrës –Elbasan –Lin.

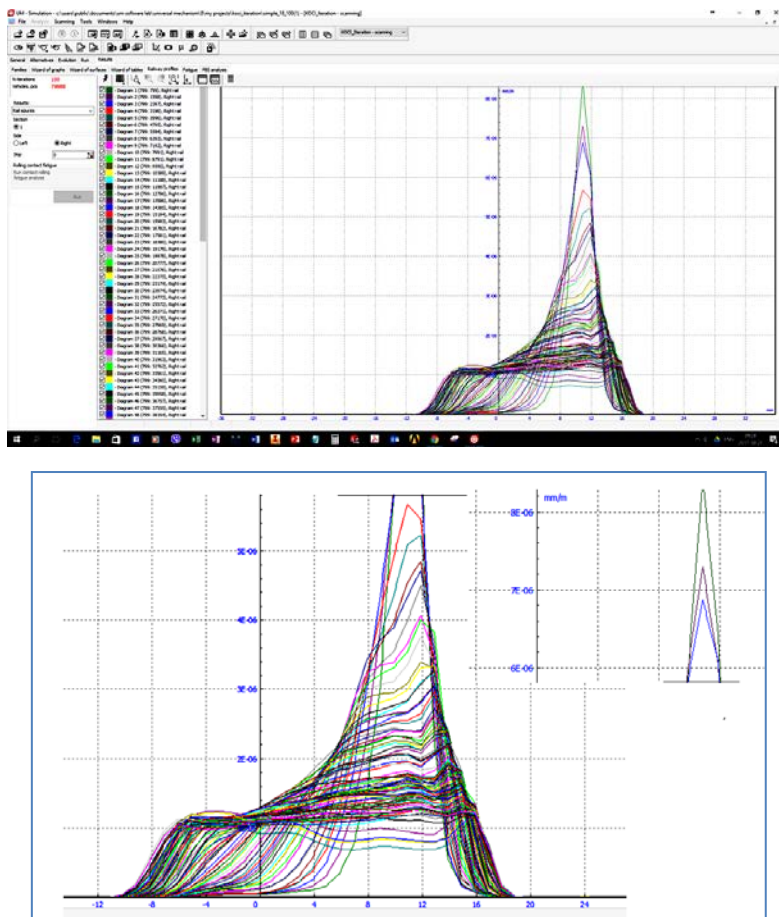


Figura.4.26.Konsumi specifik i shinës së djathtë gjatë simulimit të çiftit dmeti30.wpf - r50new.rpf,mbasi mbi të kanë kaluar 79888 mjete.

Nga studimi i rezultateve të konsumit të kësaj shine rezulton që ajo ka konsum vetëm në pjesën e sipërme të kokës dhe ajo arrin vlerën maksimale në një distancë 10 mm dhe ka vlerën e $8.2 \cdot 10^{-6}$ mm/m.Ndërsa konsumi maksimal në këtë zonë është 0.168mm.Nga epjurat duket që konsumi i saj është uniform.

Ndikimi i parametrave gjeometrikë të sipërfaqes së kontaktit të çiftit rrotë – shinë dhe gjeometrisë së vijës hekurudhore në konsumin e tyre . Rast në studim :Linja hekurudhore Durrës –Elbasan –Lin.

Shina e majtë

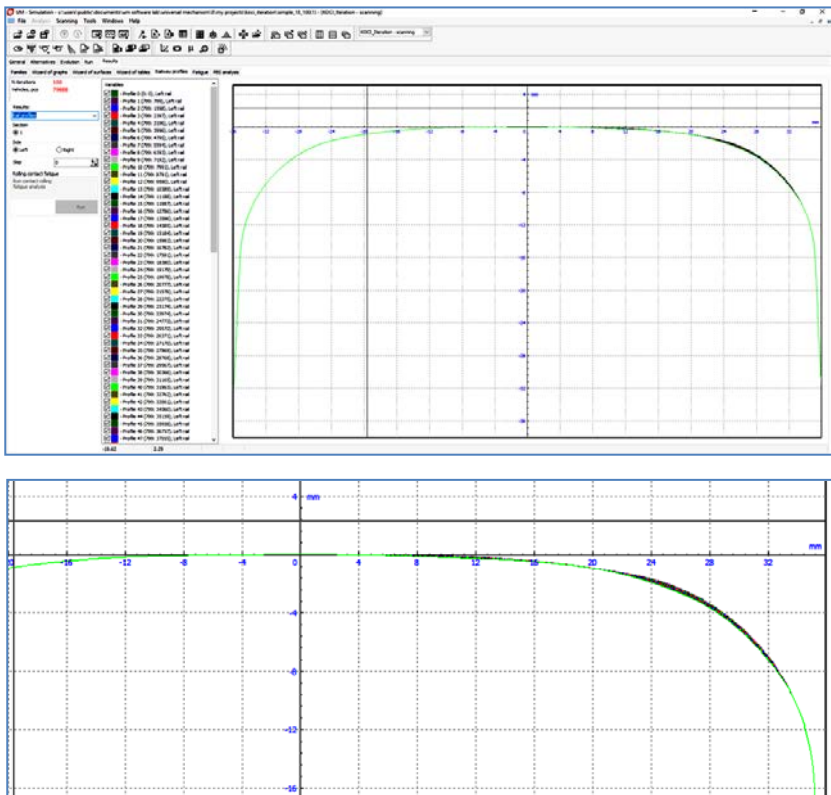


Figura.4.27.Profilit e konsumuar të shinës hekurudhore ,gjatë simulimit të çiftit dmeti30.wpf -r50new.rpf,ana e majtë,mbasi mbi të kanë kaluar 79888 mjete

Ndikimi i parametrave gjeometrikë të sipërfaqes së kontaktit të çiftit rrotë – shinë dhe gjeometrisë së vijës hekurudhore në konsumin e tyre . Rast në studim :Linja hekurudhore Durrës –Elbasan –Lin.

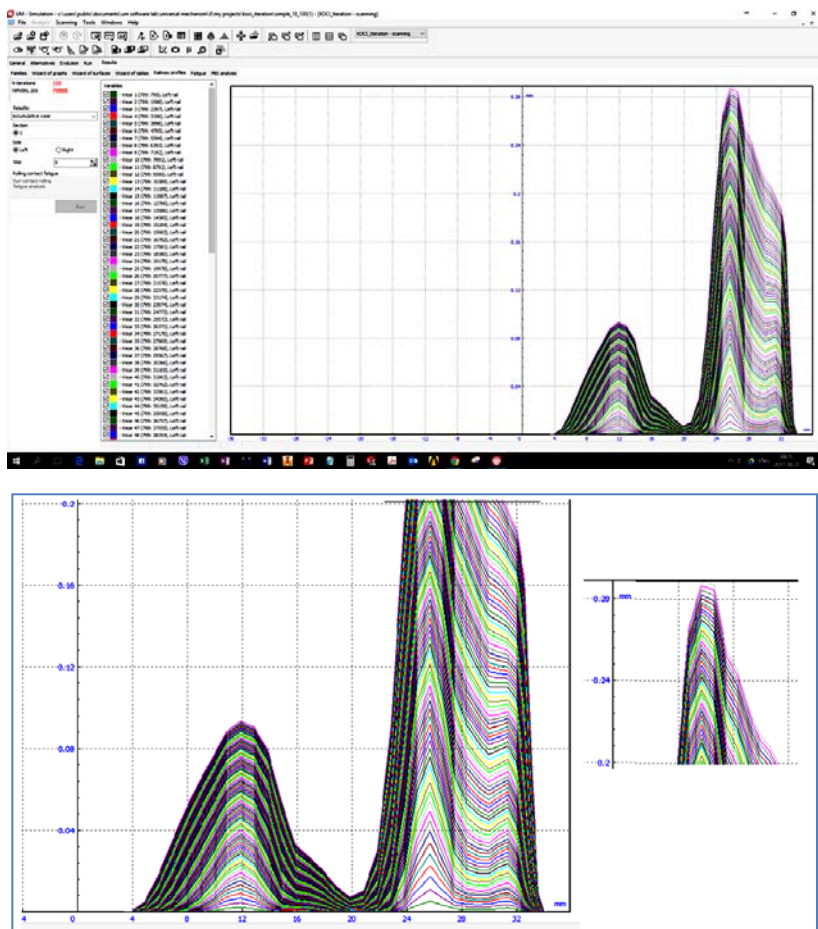


Figura.4.28.Konsumi i akumuluar i shinës gjatë simulimit të çiftit dmeti30.wpf - r50new.rpf, ana majtë,mbasi mbi të kanë kaluar 79888 mjete

Ndikimi i parametrave gjeometrikë të sipërfaqes së kontaktit të çiftit rrotë – shinë dhe gjeometrisë së vijës hekurudhore në konsumin e tyre . Rast në studim :Linja hekurudhore Durrës –Elbasan –Lin.

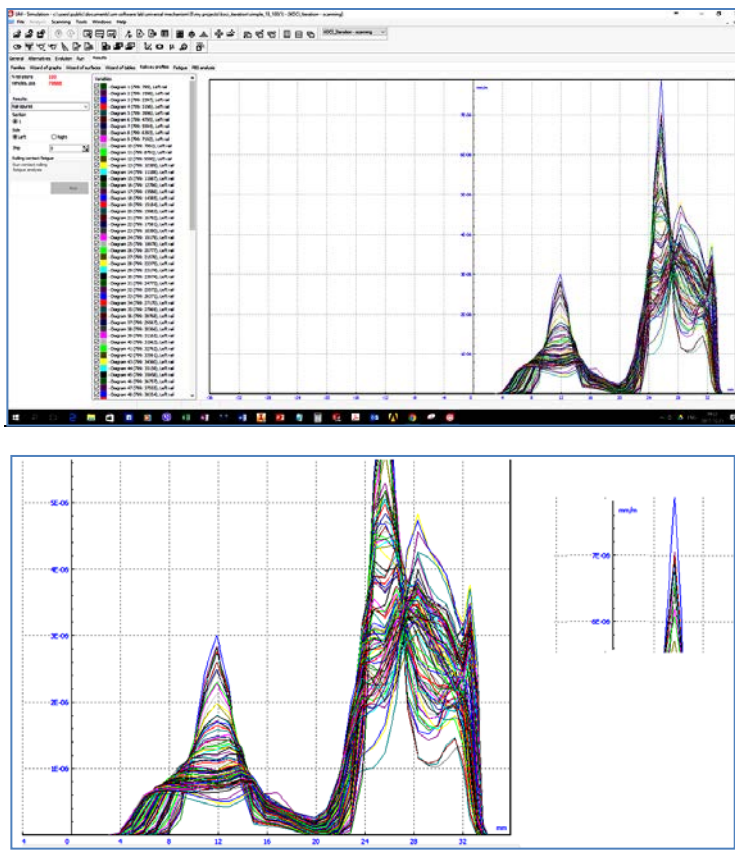


Figura.4.29.Epjura e konsumit specifik gjatë simulimit të çiftit dmeti30.wpf - r50new.rpf, ana e majtë,mbasi mbi të kanë kaluar 79888 mjete

Nga epjurat e konsumit të kesaj shine rezulton që ajo ka konsum si në pjesën e sipërfaqes ku rrokulliset rrota ashtu edhe në sipërfaqen anësore të kokës së shinës në anën e djathtë.Por duhet të theksojmë se konsumi është vetëm në anën me koordinata pozitive.Në epjurë ne dallojmë dy zona me intensitet konsumi.Zona e parë e cila gjendet 12 mm nga aksi i shinës ka një intensitet konsumi të barabartë me $3 \cdot 10^{-6}$ mm/m, ndërsa zona me intensitet të lartë ndodhet në një largësi prej 26 mm nga aksi i saj dhe intensiteti i konsumit arrin $7.8 \cdot 10^{-6}$.

Nëse do të analizojmë epjurën e konsumit akumulativ të shinës,vërejmë që konsumi që pëson shina pikërisht për këto dy zona kap vlerën 0.096 mm dhe 0.32mm.

4.1.2 Simulimi i konsumit të çiftit rrotë – shinë (s1002.wpf-r50new.rpf)

Për simulimin e këtij skenari mjafton që ne të ndryshojmë profilin e rrotës nga dmeti30.wpf në s1002.wpf.Kushtet e tjera do ti ruajmë të barabarta me simulimin e parë.Kjo për faktin se mbas kryerjes së këtij simulimi do te jemi në gjendje që ne të bëjmë krahasimet e konsumit të profileve për të nxjerrë,se cili profil është më rezistent ndaj konsumit.

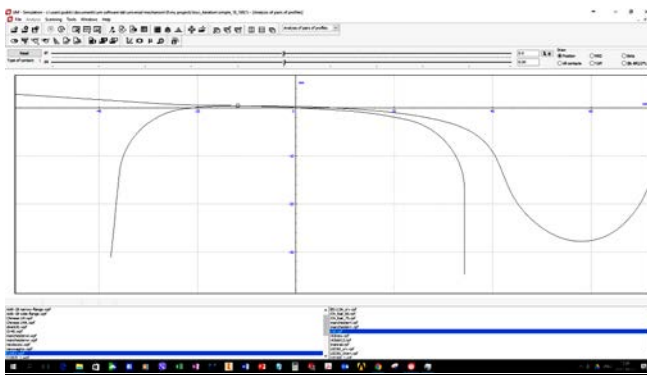


Figura.4.30.Çifti i profileve (s1002.wpf.-r50new.rpf)

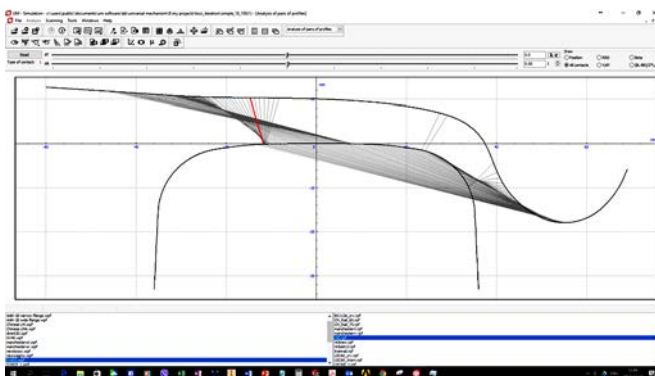


Figura4.31. Të gjithë kontaktet rrotë – shinë për çiftin e profileve(s1002.wpf.-r50new.rpf)

4.1.2.1.Nxjerrja e rezultateve të simulimit të çiftit (s1002.wpf.-r50new.rpf)

Nga simulimi i lëvizjes së mjetit hekurudhor në vijën hekurudhore kemi këto rezultate.Rezultatet janë marrë mbasi mbi vijën hekurudhore kanë kaluar 79897 mjete.

Rrota e djathtë të çiftit të rrotave të parë

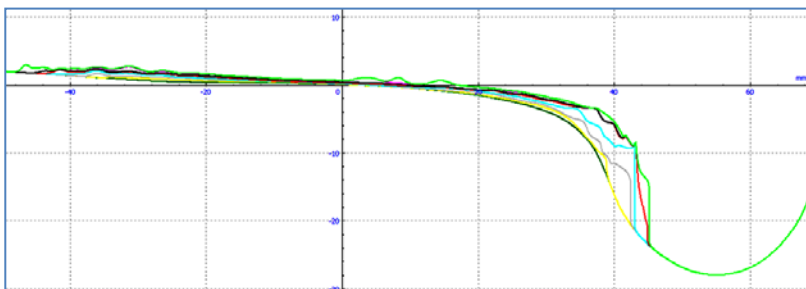
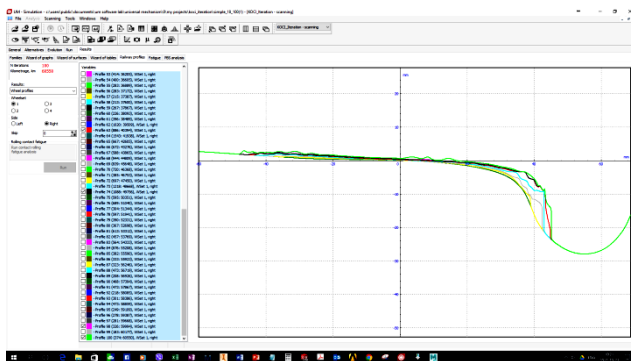


Figura 4.32. Profilët e konsumuar të rrotës së djathtë të çiftit të rrotave të parë, mbasi ka përkshuar 76973 km, gjatë simulimit të çiftit s1002.wpf.-r50new.rpf.Profilët në fjalë korespondojnë me profilët që korespondojnë mbas përkshuaries 10000,20000,30000,40000,50000,60000,70000 dhe 76973 kilometra.

Ndikimi i parametrave gjeometrikë të sipërfaqes së kontaktit të çiftit rrotë – shinë dhe gjeometrisë së vijës hekurudhore në konsumin e tyre . Rast në studim :Linja hekurudhore Durrës –Elbasan –Lin.

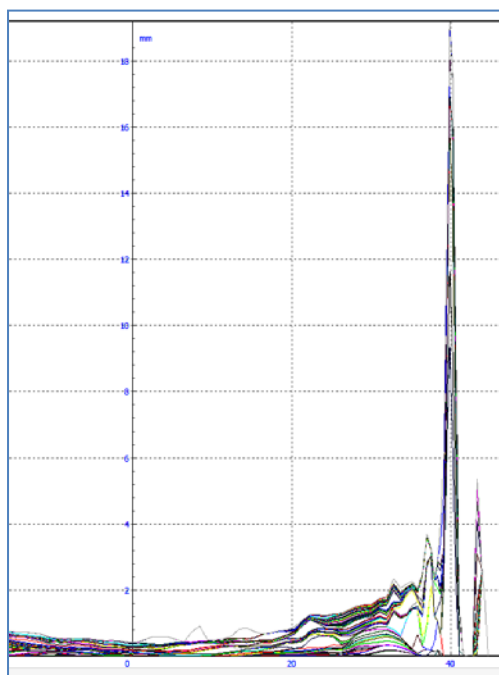
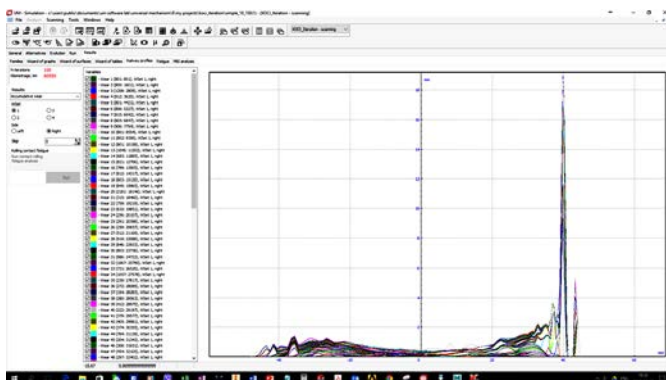


Figura.4.33. Epjura e konsumit akumulativ të rrotës së djathtë të aksit të parë,mbasi ka pershkuar 76973 km,gjatë simulimit të çiftit s1002-r50.Ngjyrat përkatëse korespondojnë me konsumin akumulativ, sipas kilometrave te pershkuara.
(10000,20000,30000,40000,50000,60000,70000 dhe 76973 kilometra.)

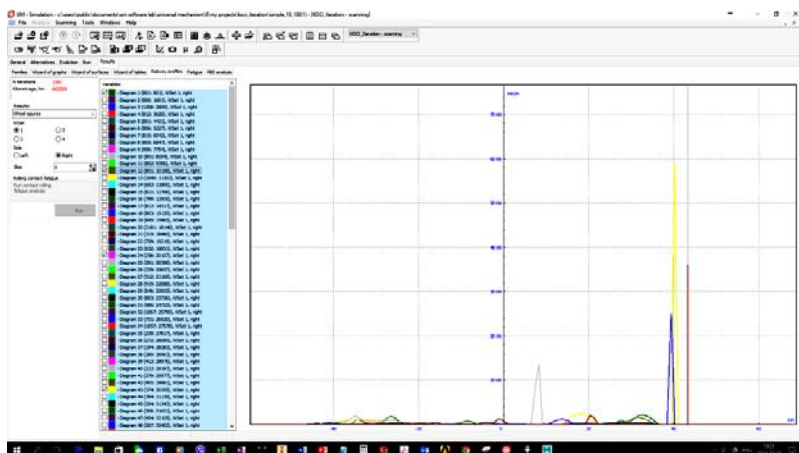


Figura.4.34. Epjura e konsumit specifik të rrotës së djathtë të aksit të parë mbasi ka përkthuar 76973 km, gjatë simulimit të çiftit s1002.wpf.-r50new.rpf.Ngryrat përkatëse korespondojnë me konsumin akumulativ, sipas kilometrave të përkthura.(10000,20000,30000,40000,50000,60000,70000 dhe 76973 kilometra.)

Referuar zonave të punës do të kemi këto vlera të konsumit specifik të profilit të rrotës si më poshtë:

- për zonën **A** – vlera e konsumit specifik është $0.2 \cdot 10^{-6}$ mm/m
- për zonën kalimtare (pjesa rakorduese që lidh sipërfaqen rrokullisëse me bordurën- vlera minimale e konsumit specifik është $0.3 \cdot 10^{-6}$ mm/m dhe vlera maksimale e konsumit specifik është $2.6 \cdot 10^{-6}$ mm/m.Konsumi specifik mesatar $1.45 \cdot 10^{-6}$ mm/m.
- për zonën **B**, e cila është pjesa punuese e bordurës gjatë kalimit të mjetit në kthesë - vlera minimale e konsumit specifik është $3.6 \cdot 10^{-6}$ mm/m,që i korespondon pjesës së mbrëndshme të kokës së bordurës dhe vlera maksimale e konsumit specifik është $5.9 \cdot 10^{-6}$ mm/m,që korespondon me rrënjën e bordurës,ose pjesa fërkuese e bordurës në shinë.Konsumi specifik mesatar $4.75 \cdot 10^{-6}$ mm/m.

Refuar e pjurës së konsumit të përgjithshëm kemi që konsumi i plotë i profilit të rrotës është si më poshtë:

- për zonën **A** – vlera maksimale e konsumit është 0.4 mm
- për zonën kalimtare (pjesa rakorduese që lidh sipërfaqen rrokullisëse me bordurën- vlera minimale e konsumit është 1.2mm dhe vlera maksimale e konsumit është 3.8mm.Konsumi mesatar 2.5mm.
- për zonën **B** ,e cila është pjesa punuese e bordurës gjatë kalimit të mjetit në kthesë - vlera mesatare e konsumit është 4.1mm,që korespondon me rrënjën e bordurës,ose pjesa fërkuese e bordurës në shinë.
- Në këtë profil nga simulimet shikojmë se edhe zona C, e punës ka konsum i cili është edhe më i madh se në zonën A dhe ky konsum rezulton që është i barabartë me 1.2mm

Analiza e konsumit të çiftit s1002.wpf.-r50new.rpf,.

Nga simulimi i lëvizjes së mjetit hekurudhor në vijën hekurudhore kemi këto rezultate.Rezultatet janë marrë mbasi mbi vijën hekurudhore kanë kaluar 79897 mjete.

Shina e djathtë.

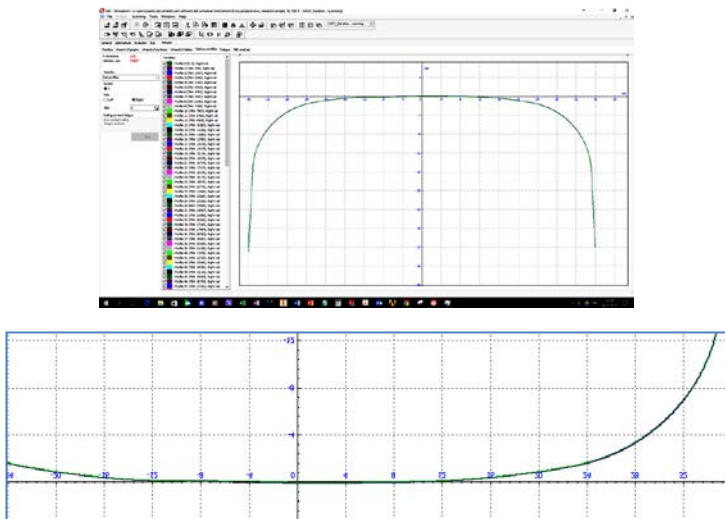


Figura.4.44.Profili i konsumuar i shinës së majtë, i cili rezulton nga simulimi i çiftit s1002.wpf.-r50new.rpf,mbasi mbi të kanë kaluar 79888 mjete

Ndikimi i parametrave gjeometrikë të sipërfaqes së kontaktit të çiftit rrotë – shinë dhe gjeometrisë së vijës hekurudhore në konsumin e tyre . Rast në studim :Linja hekurudhore Durrës –Elbasan –Lin.

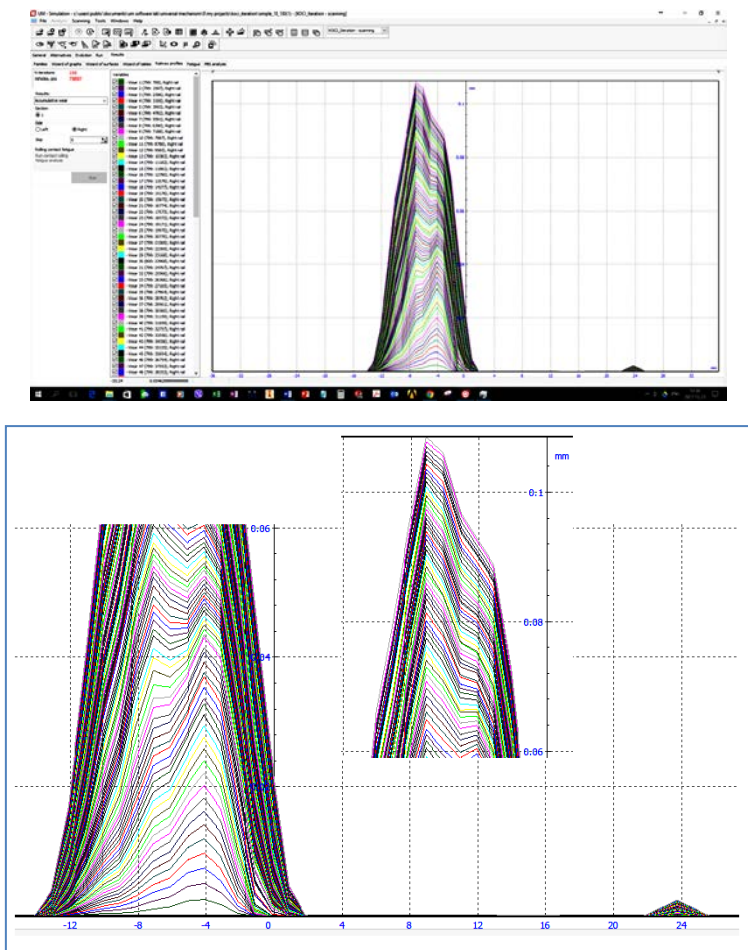


Figura.4.45.Epjura e konsumit akumulativ e shinës së majtë,i cili rezulton nga simulimi i çiftit s1002.wpf.-r50new.rpf,mbasi mbi të kanë kaluar 79888 mjete

Ndikimi i parametrave gjeometrikë të sipërfaqes së kontaktit të çiftit rrotë – shinë dhe gjeometrisë së vijës hekurudhore në konsumin e tyre . Rast në studim :Linja hekurudhore Durrës –Elbasan –Lin.

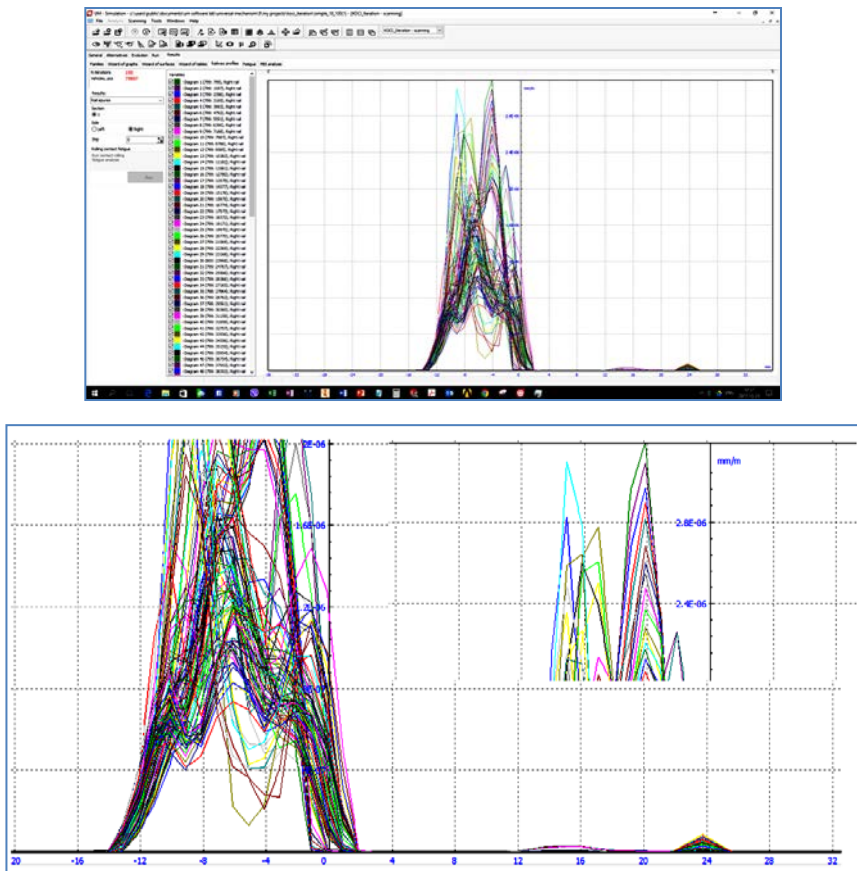


Figura4.46.Epjura e konsumit specifik e shinës së majtë,i cili rezulton nga simulimi i çiftit s1002.wpf.-r50new.rpf,mbasi mbi të kanë kaluar 79888 mjete

Nga studimi i rezultateve të konsumit specifik të kësaj shine rezulton që ajo ka konsum vetëm në pjesën e sipërme të kokës dhe ajo arrin vlerën maksimale në diapazonin (-14 ,2) në abshisë skajeve të cilës i përgjigjet një intensitet konsumi prej $3.12 \cdot 10^{-6}$ mm/m, dhe $3.2 \cdot 10^{-6}$ mm/m. Nga epjurat duket që konsumi i saj është uniform.Ndërsa referuar epjurës së konsumit akumulativ mund të shënojmë se konsumi maksimal i përgjigjet zonës rreth abshisë -7, dhe kap vlerën e 0.108mm.

Ndikimi i parametrave gjeometrikë të sipërfaqes së kontaktit të çiftit rrotë – shinë dhe gjeometrisë së vijës hekurudhore në konsumin e tyre . Rast në studim :Linja hekurudhore Durrës –Elbasan –Lin.

Shina e majtë

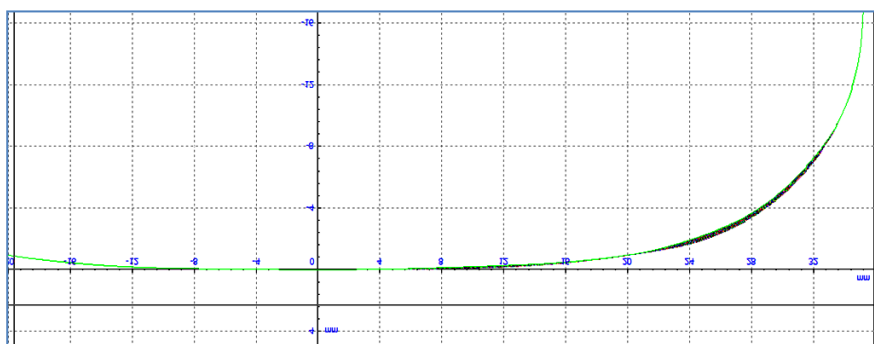
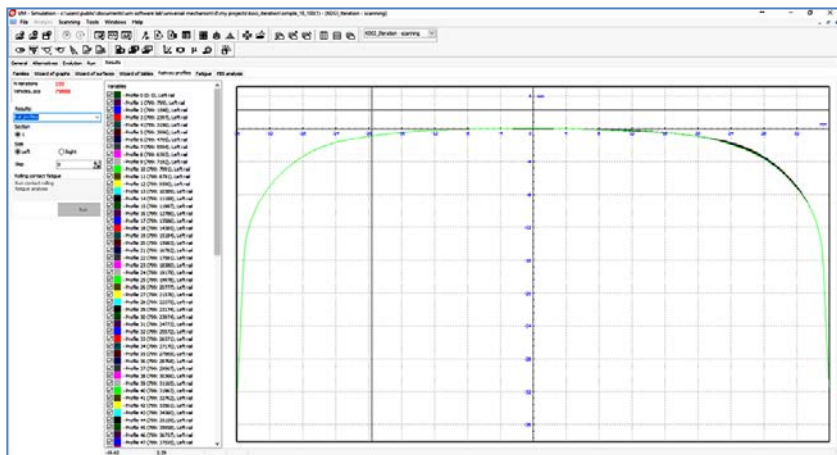


Figura.4.47.Profili i konsumuar i shinës së majtë, i cili rezulton nga simulimi i çiftit s1002.wpf.-r50new.rpf,mbasi mbi të kanë kaluar 79888 mjete

Ndikimi i parametrave gjeometrikë të sipërfaqes së kontaktit të çiftit rrotë – shinë dhe gjeometrisë së vijës hekurudhore në konsumin e tyre . Rast në studim :Linja hekurudhore Durrës –Elbasan –Lin.

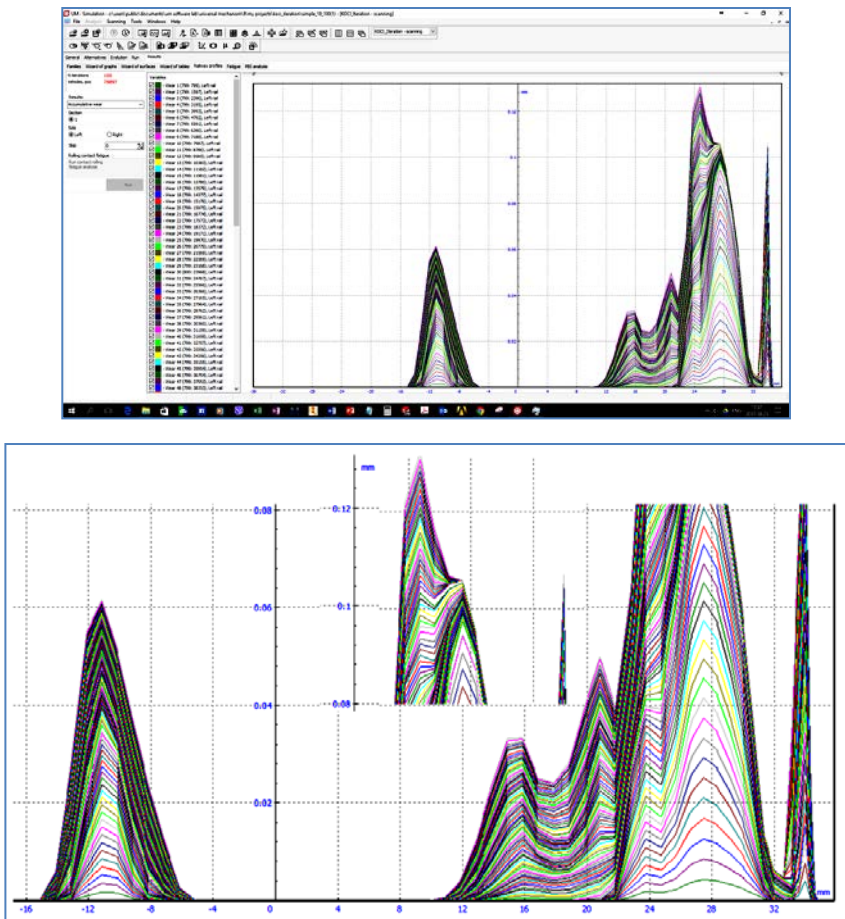


Figura.4.48.Epjura e konsumit akumulativ e shinës së majtë,i cili rezulton nga simulimi i çiftit s1002.wpf.-r50new.rpf,mbasi mbi të kanë kaluar 79888 mjete

Ndikimi i parametrave gjeometrikë të sipërfaqes së kontaktit të çiftit rrotë – shinë dhe gjeometrisë së vijës hekurudhore në konsumin e tyre . Rast në studim :Linja hekurudhore Durrës –Elbasan –Lin.

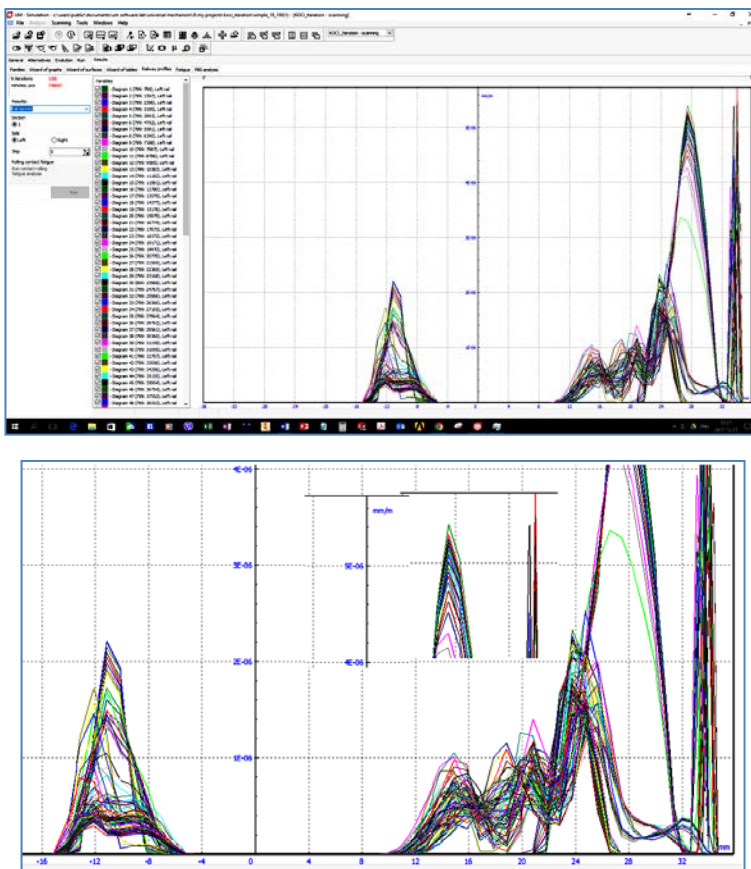


Figura4.49.Epjura e konsumit specifik e shinës së majtë,i cili rezulton nga simulimi i çiftit s1002.wpf.-r50new.rpf,mbasi mbi të kanë kaluar 79888 mjete

Duke analizuar profilin e shinës që rezulton mbas simulimit shikojmë se kjo shinë ka dy zona konsumi me intensitete të ndryshme konsumi. Zona e cila ndodhet në diapazonin me abshisë në intervalin (-15 -5), karakterizohet nga një konsum specifik prej $2.2 \cdot 10^{-6}$ mm/m , ndërsa zona e dytë e cila ndodhet në intervalin e abshisave (10,32.8) ka një konsumim i cili karakterizohet nga tre vlera dhe konkretisht, një vlerë mesatare $1 \cdot 10^{-6}$ mm/m,që i përgjigjet intervalit (10,23),një vlerë $5.4 \cdot 10^{-6}$ mm/m , që i përgjigjet intervalit (23,32) dhenjë vlerë $5.8 \cdot 10^{-6}$ mm/m , që i përgjigjet intervalit (32,32.8).

Këtij konsumi specifik i përgjigjet edhe një konsum akumulativ i cili për tre zonat të cilat ne përshkruam më sipër kemi këto vlera konsumi maksimal, prej 0.06mm zona me abshisa në intervalin $(-15, -5)$, 0.048 mm zona me abshisë në intervalin $(10, 23)$, 0.128mm , zona me abshisa në intervalin $(23, 32)$ dhe 0.108 mm, zona me abshisa në intervalin $(32, 32.8)$.

Mosuniformiteti i konsumit të sipërfaqes rrokullisëse sjell atë që rrota (shina) të valëzohen. Ky fenomen rezulton të jetë më i vogël tek profili s1002.wpf.

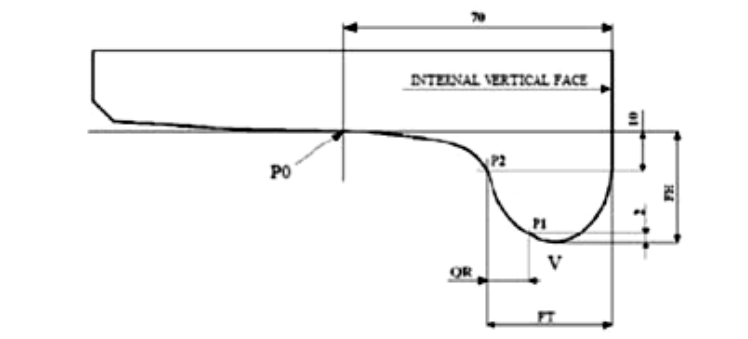
Ndryshimi i intensitetit të konsumit ndodh për faktin se gjatë procesit të punës, sipërfaqja rrokullisëse e rrotës dhe shinës, forcohet si rezultat i proceseve termike që ndodhin në sipërfaqet e tyre.

4.1.3. Përzgjedhja e tipit të profilit më rezistent për kushtet e vijës hekurudhore shqiptare.

Hyrie

Për të përzgjedhur tipin e profilit më rezistent në këtë rast, do ti referohemi dokumentave të Organizatës Botërore të Hekurudhave (UIC- The Worldwide Railway Organisation), për dimensionet kufitare të profilin të rrotave hekurudhore, për të cilën garantohet lëvizja e trenit pa rrezik dhe sigurimin e kushteve sa më komode për udhëtarët.

Referuar ketyre rekomandimeve [34], për profilet e rrotave hekurudhore marrim profilin e vizatuar në figurën 4.50.



fH	min	$d \leq 630$	$630 < d \leq 760$	$760 < d$
	max	31.5	29.5 36	27.5
fT	min	$d \leq 760$	$760 < d \leq 840$	$840 < d$
	max	27.5	25 33	22
qR	min	6.5		

Figura.4.50.Rekomandime të UIC-it për dimensionet maksimale

Mjetet hekurudhore që disponon hekurudha shqiptare kanë një diametër rrote 900mm për vagonat e udhëtareve dhe të mallrave dhe 1050 mm,për lokomotivat.Gjatë analizës së dimensioneve të profileve të konsumuar do të marrim si dimensionale minimale dimensionet e mëposhtme:

$fH_{\min} = 27.5\text{mm}$ – përfaqson dimensionin e matur nga horizontalja që kalon nëpër pikën P_0 ,e cila përfitohet nga pikëpreria e horizontales me vertikalen ,që kalon nga pika me distancë 70 mm nga faqja e brendshme vertikale e bordurës.

$fT_{\min} = 22 \text{ mm}$ – përfaqson dimensionin e matur nga pika P2 deri në faqen e brendshme vertikale e bordurës.Pika P2 përfitohet nga pikëpreria e faqes së mbrëndshme të bordurës me horizontalen që është 10mm,më poshtë se pika P_0 .

$qR_{\min} = 6.5 \text{ mm}$ – përfaqson dimensionin e matur në drejtimin horizontal të pikave P1 dhe P2.Pika P1 përfitohet nga preria e faqes së mbrëndshme të bordurës me horizontalen e cila kalon 2mm,mbi lartësinë e bordurës.

Referuar këtyre dimensioneve le të kryejmë matjet e profileve të përfituar nga simulimi.Meqenëse problemi është simetrik do të mjaftohemi në matjet e dy profile, një për profilindmeti30.wpf dhe një për profilin s1002.wpf.

Nga simulimet rezulton se konsumet më të mëdhaja ndodhin në çiftin e tretë të rrotave referuar gjithmonë drejtimit të lëvizjes.

Ndikimi i parametrave gjeometrikë të sipërfaqes së kontaktit të çiftit rrotë – shinë dhe gjeometrisë së vijës hekurudhore në konsumin e tyre . Rast në studim :Linja hekurudhore Durrës –Elbasan –Lin.

Në paragrafin 4.1.2 ne analizuam konsumet e rrotave dhe të shinave.Për shinat konsumet pothuajse janë të barabarta.Prandaj më poshtë po studiojmë kilometrat e përshkuara nga rrota deri në dimensionet minimale të lejuara.

4.1.3.1.Llogaritja e kilometrave që do të përshkojë mjeti deri në kufinjt limite.

Për të llogaritur kilometrat e përshkuara skicojmë në bordurën e rrotës dimensionet për llogaritjen e parametrut qR,qëështë parametri i cili nxjerr mjetin nga puna.Si fillim fillojmë me profilin dmeti30.wpfFigura 4.51

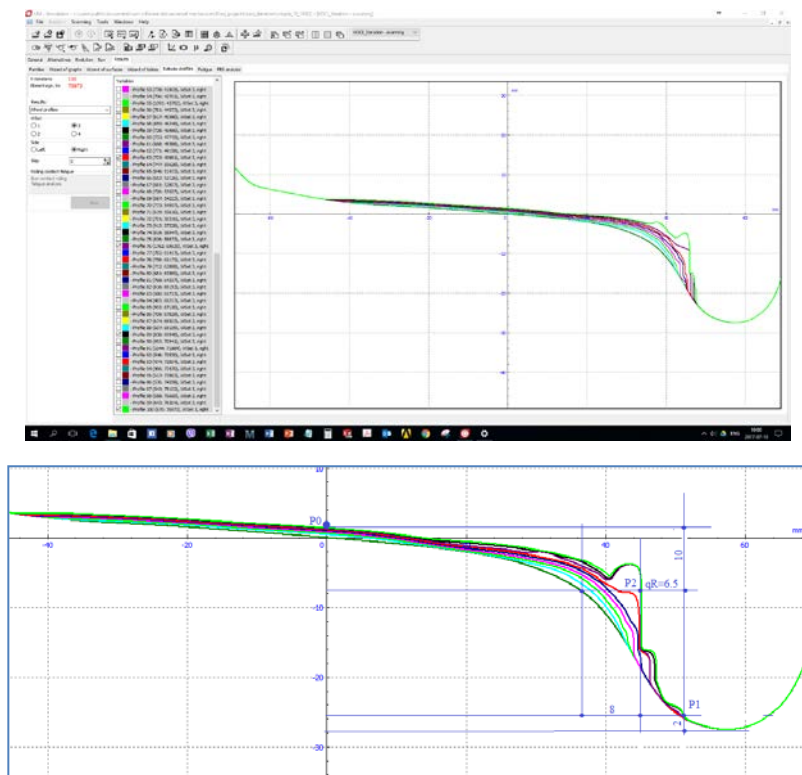


Figura.4.51Profili i ri dhe përfundimtari i cili rezulton nga simulimi i çiftit dmeti30.wpf-r50new.rpf, (rrota e djathtë dhe majtë)

Nga figura 4.51. nxjerrim qëvlera minimale e parametrut $qR = 6.5 \text{ mm}$,sigurohet në kufirin kur mjeti mjeti ka përshkuar 70000 km.

Referuar pikës P2 në profilin e ri dhe të konsumuar arrijmë në konkluzionin se konsumi në këtë drejtim është 8mm.

Atëhere konsumi specifik mesatar gjatë lëvizjes në kthesa mund të llogaritet si më poshtë:

$$e_{k,w,300} = \frac{e}{L} = \frac{8}{70000000} = 1.142 * 10^{-7}$$

$$e_{k,w,300} = 1.04 * 10^{-7} \text{ mm/m}$$

Nga simulimi në UM kur mjeti lëviz në rrugë të drejtë kemi që konsumi specifik rezulton të jetë i barabartë me $e_{k,w,tan}=1.2*10^{-11} \text{ mm/m}$.

Duke pasur parasysh se ne kemi marrë në studim Vijën hekurudhore Durrës – Elbasan – Pogradec,duhet që të nxjerrim një konsum specifik mesatar kur rrota kalon në të gjithë linjën, e cila përbëhet nga pjesë të lakuara dhe të drejta.Duke llogaritur gjatësinë e kthesave të cilën për thjeshtim të problemit do të supozojmë që kjo rrugëështë e përbërë ngaharqe me rreze 300metra (duke marrë një regjim më të rëndë pune) dhe , vijë të drejtë (tangent).

Domethënë gjatësia totale e rrugës është;

$$L_{tot} = 135 \text{ km} = 135000 \text{ m}$$

Gjerësia e rrugës me kthesa është:

$$L_2 = 104 \times 536 \text{ m} = 55744 \text{ m}$$

Gjatësia e rrugës së drejtëështë:

$$L_1 = 135000 - 55744 = 79256 \text{ m}$$

Konsumi për rrugën e kombinuar duhet të plotësojë kushtin:

$$L_1 * e_{k,w,tan} + L_2 * e_{k,w,300} \leq 8 \text{ mm}$$

Konsumi në këtë rrugë të kombinuar është:

$$L_1 e_{k,w,tan} + L_2 e_{k,w,300} = 79256 * 1.2 * 10^{-11} + 55744 * 1.14 * 10^{-7} \\ = 9.5 * 10^{-7} + 6.3 * 10^{-3} = 0. = 6.35 * 10^{-3} mm$$

Konsumi për rrugë të kombinuar është:

$$e_{k,w,mes} = \frac{L_1 * e_{k,w,tan} + L_2 * e_{k,w,300}}{L_1 + L_2} = \frac{6.35 * 10^{-3}}{135000} = 4.7 * 10^{-8}$$

Rruga që mund të përshkojë mjati është:

$$Kilometra_{tot,dmeti} = \frac{8}{e_{k,w,mes}} = \frac{8}{4.7 * 10^{-8}} = 170212.7 km$$

Llogaritja që mund të përshkojë rrota me profil s1002.wpf .

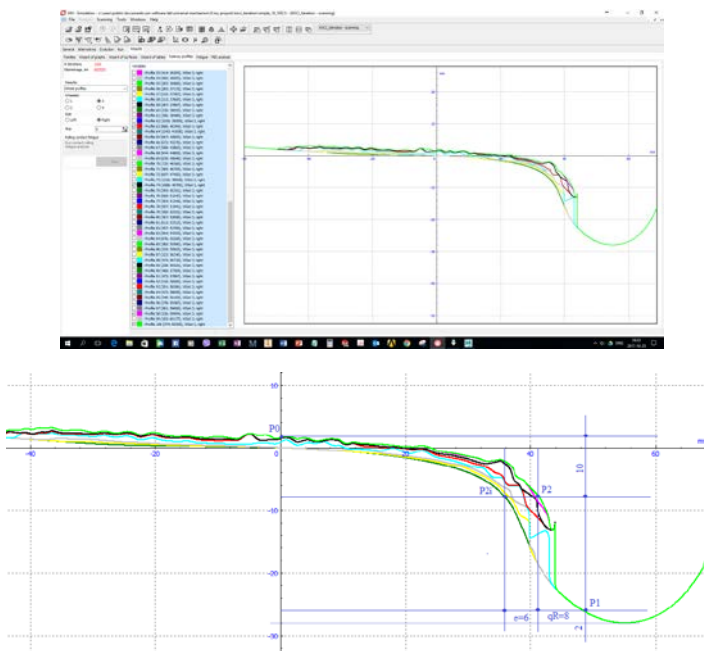


Figura.4.52 Profili i ri dhe përfundimtari i cili rezulton nga simulimi i çiftit s1002.wpf-r50new.rpf, (rrota e djathtë dhe majtë)

Nga figura 4.52. nxjerrim që vlera minimale e parametrut $qR = 6.5 \text{ mm}$,sigurohet në kufirin kur mjeti mjeti ka përshkuar 60550 km.

Referuar pikës P2 në profilin e ri dhe të konsumuar arrijmë në konkluzionin se konsumi në këtë drejtje është 6mm.

Atëhere konsumi specifik mesatar gjatë lëvizjes në kthesa mund të llogaritet si më poshtë:

$$e_{k,w,300} = \frac{e}{L} = \frac{6}{60550000} = 9.9 * 10^{-8} \text{ mm/m}$$

$$e_{k,w,300} = 9.9 * 10^{-8} \text{ mm/m}$$

Nga simulimi në UM kur mjeti lëviz në rrugë të drejtë kemi që konsumi specik rezulton të jetë i barabartë me $e_{k,w,tan} = 1.2 * 10^{-11} \text{ mm/m}$.

Duke pasur parasysh se ne kemi marrë në studim Vijën hekurudhore Durrës – Elabasan – Pogradec,duhet që të nxjerrim një konsum specifik mesatar kur rrota kalon në të gjithë linjën, e cila përbëhet nga pjesë të lakuara dhe të drejta.Duke llogaritur gjatësinë e kthesave të cilën për thjeshtim të problemit do të supozojmë që kjo rrugëështë e përbërë nga harqe me rreze 300metra (duke marrë një regjim më të rëndë pune) dhe , vijë të drejtë (tangjent).

Domethënë gjatësia totale e rrugës është;

$$L_{tot} = 135 \text{ km} = 135000 \text{ m}$$

Gjerësia e rrugës me kthesa është:

$$L_2 = 104 \times 536 \text{ m} = 55744 \text{ m}$$

Gjatësia e rrugës së drejtëështë:

$$L_1 = 135000 - 55744 = 79256 \text{ m}$$

Konsumi për rrugën e kombinuar duhet të plotësojë kushtin:

$$L_1 * e_{k,w,tan} + L_2 * e_{k,w,300} \leq 7.5 \text{ mm}$$

Konsumi në këtë rrugë të kombinuar është:

$$L_1 e_{k,w,tan} + L_2 e_{k,w,300} = 79256 * 1.2 * 10^{-11} + 55744 * 9.9 * 10^{-8} \\ = 9.5 * 10^{-7} + 5.51 * 10^{-3} = 0. = 5.511 * 10^{-3} mm$$

Konsumi për rrugë të kombinuar është:

$$e_{k,w,mes} = \frac{L_1 * e_{k,w,tan} + L_2 * e_{k,w,300}}{L_1 + L_2} = \frac{5.511 * 10^{-3}}{135000} = 4.08 * 10^{-8}$$

Rruga që mund të përshkojë mjeti është:

$$Kilometra_{tot,s1002} = \frac{8}{e_{k,w,mes}} = \frac{8}{4.08 * 10^{-8}} = 196078.43 km$$

Si përfundim kemi këto kilometra të përshkuara nga dy rrotat;

Kilometra të përshkuara nga Dmeti = 170212.7 km

Kilometra të përshkuara nga S1002= 196078,43 km

Atëhere diferenca e kilometrave të përshkuara është si më poshtë:

$$\Delta km = KmS1002 - KmDmeti = 196078,43 - 170212.7 = 25865.73 km.$$

Siç e shikojmë edhe nga rezultatet e simulimit të dy profilet garantojnë punë pa rrezik të mjetit hekurudhor për diapazonin e riparimeve të njëpashnjëshme, pa pasur nevojë për tu futur në riparim për riprofilim të sipërfaqeve rrokullisëse. Normativat që rekomandojnë uzinat prodhuese për wagonat e mallrave është 160000 kilometra.

Por meqenëse profili S1002 garanton punë më tepër por më kryesoria është se konsumi i shinës është më i vogël, fiksojmë që ky është profili që duhet ti propozohet hekurudhave shqiptare.

4.1.4. Skica e rrotës me profil të sipërfaqes rrokullisëse S1002.[33]

Ndikimi i parametrave gjeometrikë të sipërfaqes së kontaktit të çiftit rrotë – shinë dhe gjeometrisë së vijës hekurudhore në konsumin e tyre . Rast në studim :Linja hekurudhore Durrës –Elbasan –Lin.

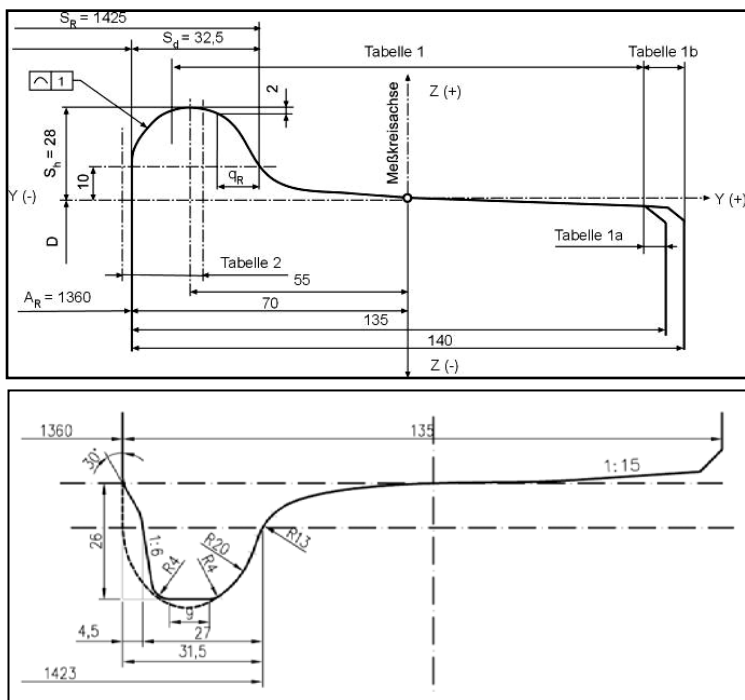


Figura.4.53.Skica e rrotës me profil S1002

Shënim:Tabelat e dimensioneve që nuk janë shënuar janë në librat e UIC-it.

Kapitulli 5

Analize ekonomike e studimit , perfitimet ekonomike.

Për të bërë analizën ekonomike është e domosdoshme që ne të dimë se sa përqind zë zëri “shërbime dhe mirëmbajtje e mjeteve tërheqëse dhe të tërhequra hekurudhore” në koston variable të produktit në transportin hekurudhor.

Për të thjeshtuar problemin po i referohemi vetëm shpenzimeve të mjeteve lëvizëse,ndërsa të vijës hekurudhore po i marrim konstante,sipas normativave.

Për të parë se çfarë përqindje zë zëri “shpenzime shërbimi dhe mirëmbajtje e mjeteve lëvizëse hekurudhore, në zërin “shpenzime të përgjithëshme të prodhimit” do ti referohemi pasqyrës së shpenzimeve variable të një treni malli me destinacion DURRËS – POGRADEK – DURRËS.

Pasqyra e shpenzimeve variable të një treni malli.

Karakteristikat e trenit kryesore të trenit	Njësia e matje	Vlera
Cikli i trenit DURRËS – POGRADEK – DURRËS	km	278
Realizimi i ciklit	orë	24
Volumi i punës së kryer (139 km x 650 ton,kthimi bosh)	Tkm	90350
Numri i vagonave në tren	copë	13
Pesha bruto (13vagona x78 ton/vag +120 ton/lok) e trenit	ton	1134
Pesha neto (13 vagona x 50 ton/vag) e trenit	ton	650
Pesha e trenit pa ngarkese (13 vagona x 28ton/vag +120ton/lok)	ton	484
Kosto variabël e trenit (A+B+C+D)	Në lekë	360697.84
A. Materiale kryesore për realizimin e lëvizjes		

1.Shpenzime karburanti litra 1189 x 134.35 lek/litër	në lekë	159742.15
2.Shpenzime për vaj SAE40 për lokomotivën 10 x 224 lekë/litër	në lekë	2240
3.Shpenzime për vaj SAE90 për lokomotivën 10 x 150 lekë/litër	në lekë	1500
Shuma e shpenzimeve e zërit A	në lekë	163482.15
B.Punë direkte		
1.Pagë makinisti , në lekë	në lekë	3722.73
2.Pagë ndihmës makinist,në lekë	në lekë	3272.73
3.Kryetar treni, në lekë	në lekë	3072.73
4.Dieta,në lekë	në lekë	1800
Shuma e shpenzimeve e zërit B	në lekë	11868.19
C.Shpenzime të përgjithëshme të prodhimit		
1.Materiale për mirëmbajtje dhe riparim lokomotive	në lekë	2450
2.Punë për mirëmbaje dhe riparim lokomotive	në lekë	1705
3. Materiale për mirëmbajtje dhe riparim të mjeteve të terhequra	në lekë	3955
	në lekë	7962.5
4. Punë për mirëmbaje dhe riparim të mjeteve të terhequra	në lekë	2025
5.Të tjera	në lekë	134750
6.Pagesë për përdorimin e vijës hekurudhore		
Shuma e shpenzimeve e zërit C	në lekë	152847.5
D.Shpenzime per ngarkimin dhe shkarkimin e vagonave	në lekë	32500

Atëhere nga 363457.84 lekë, që është kosto variabël e një treni,shpenzimet e përgjithëshme të prodhimit jane 152847.5 lekë.Pra kemi që42.053 %, e sajë është shpenzime për shërbimet dhe mirëmbajtjen e mjeteve lëvizëse hekurudhore dhe amortizim i vijës hekurudhore.

Le të llogarisim tani koston për produktin e realizuar në këtë rast,të shprehur në ton x km,do të kemi një kosto variabël të barabartë me:ë

- volumi i punës në ton x km është i barabartë me 90350 (139 km x 650 ton)
- kosto variabël e trenit në lekë është e barabartë me 363457.84

Atëhere kosto variabël e produktit në ,ton x km,është e barabartë me:

$$\text{kosto variabël e produktit në, ton x km} = \frac{\text{kosto variabël e trenit}}{\text{volumi i punës në ton x km}} = \frac{360697.84}{90350} = 3.99 \frac{\text{lekë}}{\text{tonxkm}}$$

Ndërsa kosto variabël e produktit në ton,është e barabartë me:

$$\text{kosto variabël e produktit në, ton} = \frac{\text{kosto variabël e trenit}}{\text{pesha neto e trenit}} = \frac{360697.84}{650} = 554.92 \frac{\text{lekë}}{\text{ton}}$$

Shpenzimet e mësipërme janë llogaritur sikur mjetëve tu kryhet shërbimi dhe mirembajtja sipas rekomandimeve të prodhuesit të tyre.

Mirepo eksperiencia e shfrytëzimit të mjeteve lëvizese tregon se një lokomotivë e tipi T669.1 ÇME3,futet të paktën tre herë në vit,për lokomotivat që punojnë në linjën Durrës – Pogradec – Durrës dhe dy herë në vit, për lokomotivat që punojnë në linjat e tjera.Duke qenë para një fakti të tillë,puna është organizuar me kombinimin e drejtimit të lëvizjeve të mjeteve hekurudhore,duke bërë të mundur që i gjithë inventari i lokomotivave të futet mesatarisht 2.25 herë në vit,nga një herë në vit që rekomandohet nga uzina prodhuese.Ndërsa vagonat e mallit që lëvizin në këtë vijë hekurudhore nga statistikat që disponon HSH futen rreth 2 herë në vit,kur uzina prodhuese rekomandon edhe për to,një herë në vit.

Le të shikojmë se çfar ndryshimi do të pësojë kosto,në rastin e marrjes parasysh ndërhyrjeve shtesë që kryhen për të mbajtur në gjendje teknike të lejuar mjetet lëvizëse hekurudhore.Për vijën hekurudhore,për thjeshtësi problemi, do ta mbajmë konstante,si më sipër.

Për të llogaritur koston e një ndërhyrje për riprofilimin e sipërfaqes rrokullisëse të rrotave të çiftit të rrotave le të shikojmë edhe njëherë tabelën e koston variabël (zërin shpenzime të përgjithëshme të prodhimit).Por në rastin në fjalë do të eliminojmë zërin,pagesë për përdorimin e vijës hekurudhore.

C.Shpenzime të përgjithëshme të prodhimit		
1.Materiale për mirëmbajtje dhe riparim lokomotive	në lekë	2450
2.Punë për mirëmbaje dhe riparim lokomotive	në lekë	1705
3. Materiale për mirëmbajtje dhe riparim të mjeteve të terhequra	në lekë	3955
4. Punë për mirëmbaje dhe riparim të mjeteve të terhequra	në lekë	7962.5
5.Të tjera	në lekë	2025
Shuma e shpenzimeve e zërit C	në lekë	18097.5

Siç e shikojmë edhe nga tabela kemi që shpenzimet e përgjithëshme që kryhen në rastin e kryerjes së shërbim mirëmbajtjes sipas rekomandimeve të uzinave prodhuese,të cilat shërbejnë për të mbajtur në gjendje teknike të lejuar mjetet lëvizëse hekurudhore,janë 18097.5 lekë.

Le të llogarisim koston variabël, vetëm për këtë zë shpenzimesh,po për të njejtin volum pune,me ndërhyrje shtesë vetëm për efekt të riprofilimit të rrotave.

Shpenzimet shtesë në këtë rast do të jenë si më poshtë:

A. për lokomotivën

Referuar shpenzimeve që kryen ndërmarrja e riparimit të mjeteve hekurudhore,për riprofilimin e çifteve të rrotave të mjeteve hekurudhore është barabartë me:

- Riprofilimi i çifteve të rrotave të një lokomotive është 711602lekë.
- Riprofilimi i çifteve të rrotave të një vagoni malli është 80000lekë

Në këtë vlerë përfshihen shpenzimet për material dhe koha e punës e domosdoshme,për të kryer riprofilimin e rrotës së çiftit të rrotave.

Nëqoftëse lokomotiva do të kryente këtë intenerar gjatë gjithë vitit,atëhere referuar statistikave të Njësisë së shërbimit dhe riparimit të mjeteve lëvizëse hekurudhore (Nj.Sh.R.M.LH),kjo lokomotive gjatë vitit do të futet në proces riparimi katër here,

nga një here që rekomandon Uzina prodhuese e mjetit (ÇKD PRAHA).Domethënë lokomotiva do ti nënshtrohet edhe tre herë më shumë se rekomandimi,kjo vetëm për efekt të riaftësimittë parametrave gjeometrik te sipërfaqes rrokullisëse të rrotës së çiftit të rrotave.

Atëhere referuar çmimit statistikor kemi shpenzimet të barabarta me:

$$\text{Shpenzimet për riaftësim të çifteve të rrotave} = \text{çmimin statistikor} \times 2.5 = 711602 \times 3 = 2134806 \text{ lekë}$$

B.për vagonat hekurudhorë

Nëqoftëse vagonat do të kryenin këtë intenerar gjatë gjithë vitit,atëhere referuar statitikave të Njesisë së shërbimit dhe riparimit të mjeteve lëvizëse hekurudhore (Nj.Sh.R.M.LH),këto vagona gjatë vitit do të futen në proces riparimi tre here, nga një here që rekomandon Uzina polake prodhuese e mjetit.Domethënë vagonat do ti nënshtrohen edhe dy herë më shumë se rekomandimi,kjo vetëm për efekt të riaftësimit të parametrave gjeometrik të sipërfaqes rrokullisëse të rrotës së çiftit të rrotave.

Atëhere shpenzimet vjetore për këtë,zë janë:

$$\text{Shpenzimet për riaftësim të çifteve të rrotave} = \text{çmimin statistikor} \times 2 \times 13 = 80000 \times 2 \times 13 = 2080000 \text{ lekë}$$

Atëhere shpenzimet shtesë që kryen hekurudha gjatë një viti janë të barabarta me:

$$\text{Shpenzimet totale vjetore} = \text{Shpenzime zëri A} + \text{shpenzime zëri B} = 2134806 + 2080000 = 4214806 \text{ lekë}$$

Duke pasur parasysh se cikli i trenit është 24 orë,atëhere shpenzimet ditore që i faturohen këtij treni janë:

$$\begin{aligned} \text{Shpenzimet ditore për efekt riprofilimi} &= \frac{\text{Shpenzimet totale vjetore}}{\text{ditët kalendarike të vitit}} \\ &= \frac{4214806}{365} = 11547.41 \text{ lekë} \end{aligned}$$

Mbas këtyre llogaritjeve atëhere tabela e mësipërme ka pamjen e mëposhtme.

C.Shpenzime të përgjithëshme të prodhimit		
1.Materiale për mirëmbajtje dhe riparim lokomotive	në lekë	2450
2.Punë për mirëmbaje dhe riparim lokomotive	në lekë	1705
3. Materiale për mirëmbajtje dhe riparim të mjeteve të terhequra	në lekë	3955
4. Punë për mirëmbaje dhe riparim të mjeteve të terhequra	në lekë	7962.5
5.Të tjera	në lekë	2025
6.Shpenzime riprofilimi	në lekë	11547.41
Shuma e shpenzimeve e zërit C	në lekë	29644.91

Si përfundim kosto variabël e trenit është si më poshtë:37

Kosto variabël e trenit (A+B+C+D) pa shp riprofilimi	në lekë	360697.84
Kosto variabël e trenit (A+B+C+D) me shp riprofilimi	në lekë	372244.82

Le të llogarisim tani koston për produktin e realizuar në këtë rast,të shprehur në ton x km, dhe ton do të kemi një kosto variabël të barabartë me:

- volumi i punës në ton x km ështëi barabartë me 90350 (139 km x 650 ton)
- kosto variabël e trenit në lekë është e barabartë me 360457.84

Atëhere kosto variabël e produktit në ,ton x km,është e barabartë me:

$$\text{kosto variabël e produktit në, ton x km} = \frac{\text{kosto variabël e trenit}}{\text{volumi i punës në ton x km}} = \frac{372244.82}{90350}$$

$$= 4.12 \frac{\text{lekë}}{\text{tonxkm}}$$

Ndërsa kosto variabël e produktit në ton,është e barabartë me:

$$\begin{aligned}\text{kosto variabël e produktit në, ton} &= \frac{\text{kosto variabël e trenit}}{\text{pesha neto e trenit}} = \frac{372244.82}{650} \\ &= 572.68 \frac{\text{lekë}}{\text{ton}}\end{aligned}$$

Duke zgjedhur si profil tërrotës profilin S1002,e cila rezulton më rezistente ndaj konsumit nga simulimet kemi pasqyrën e mëposhtme.

Duke marrë parasysh që mjeti gjatë vitit do të realizojë një koeficient shfrytëzimi $k_{shf} = 80 \%$,le të llogarisim kilometrat e përshkuara gjatë vitit.

Kilometrat ditore janë : 280 km/ditë

Atëhere kilometrat vjetore janë:

kilometrat ditore x ditët kalendarike vjetore x ksh = $280 \times 365 \times 0,8 = 81760 \text{ km /vit}$

Atëhere duke iu referuar konsumit të bordurës së rrotës kemi që çiftet e rrotave me këtë profil garantojnë punë të sigurtë për dy vite punë dhe në riparimin vjetor të ndërmjetëm mjetit mund ti kryhet vetëm një shërbim profilaktik dhe në pasardhësin të kryejë riparim .

Kjo për faktin se në riparimin vjetor të vagonave zë riparimi i sistemit të ecjes.

Kosto e riparimit në këtë rast mund të ulet akoma por duhet që të ndryshojë mënyra e futjes së mjeteve në riparim nga ajo me kohë,në atë me kilometra të përshkuara siç rekomandojnë edhe uzinat prodhuese të mjeteve lëvizëse hekurudhore.

Shtojmë këtu se shpenzime shtesë për të realizuar profilimin e rrotës me profilin S1002,nuk kërkohet pasi do të ndryshohet vetëm,shablloni kopjues i profilit i cili ka një vlerë të papërfillshme në krahasim me fitimin

Kapitulli 6.

Perfundime dhe rekomandime.

Lidhur me rezultatet e marra gjatë simulimit të konsumit të sipërfaqes rrokullisëse të çiftit rrotë – shinë arrijmë në përfundimet e mëposhtme:

1.Pjesa rrokullisëse e rrotës ka një konsum shumë të vogël në krahasim me bordurën.

2.Përcaktuese në heqjen e çiftit të rrotave nga shfrytëzimi (rrjedhimisht mjeti hekurudhor) është konsumi i bordurës së rrotave.

3.Konsumet janë marrë për kushtet më të vështira të punës së kontaktit të çiftit rrotë – shinë. Është supozuar që të gjitha kthesat janë me rreze minimale $R = 300m$, në një kohë kur aty ka rreze me $R = 400, 500, 600, 700, \dots, 1500m$. Gjithëashtu simulimi është kryer pa përdorur vajosjen e bordurës ose faqes së mbrëndshme të shinës. Si rrjedhim nëse do të përdoret lubrifikimi kushtet e punës së çiftit rrotë – shinë, do të jenë më të mira me prezencën e vajosjes dhe konsumet do të rezultojnë akoma më të vogla.

4.Llogaritjet garantojnë një shpejtësi lëvizje deri në 72 km/h , në një kohë që kjo vijë hekurudhore është e projektuar për 60 km/h .

5.Nga simulimet rezulton se konsumi i profilit rrokullisës së rrotës dhe profilit të sipërm (mbajtës i ngarkesës normale) të kokës së shinave, ndodh jo uniform. Kjo është arsyeja e lindjes së konsumit “me onde” të tyre.

6.Intensiteti i konsumit në diapazonin $(60000 - 76936) \text{ km}$, është më i mdh, për faktin se gjatë punës së rrotës si rezultat i ndryshimit të profileve kontaktuese ndryshon bilanci i forcave që veprojnë në kontaktin rrotë shinë, duke pasur një rritje të forcës horizontale N_2 , figura 2.16.

7.Profilet e rrotave të tipit Dmeti30 dhe S1002 garantojnë një jetegjatësi më të madhe të çiftit të rrotave në krahasim me atë standart. (referuar statistikave të HSH).

8.Nëse do të bëhej simulimi me prezencë vajosja konsumet do të ishin rreth 20% më të vogla. Kjo cilësohet në të gjithë literaturën e përdorur.

9.Kilometrat e përshkuar nga dy profilet mund të vërtëton edhe nga punimi [35].

Referuar përfundimeve të mësipërme rekomandoj masat e mëposhtme:

- 1.Ti propozohet HSH që në dokumentacionin teknik të riparimit të mjeteve hekurudhore të bëhet ndryshimi i profilit të rrotave hekurudhore S1002 ,i cili siguron një punë pa rrezik për një kohë më të gjatë.
- 2.Të kryhet vajosja e kthesave me impiante në linjë, dhe mjeteve tërheqëse.
- 3.Të kryhet një shërbim dhe mirë mbajtje më e kualifikuar,e vijës hekurudhore dhe mjeteve hekurudhore sipas dokumentacionit teknik përkatës.
- 4.Në të ardhmen duhet të studiohet edhe optimizimi i konsumit teknologjik.

Literatura.

1.The Dynamic Stress State of the Wheel-Rail ContactXIN ZHAO *, ZILI LI *, COENRAAD ESVELD *, ROLF DOLLEVOET #

*Section of Road and Railway Engineering, Faculty of Civil Engineering and GeosciencesDelft University of TechnologyStevinweg 1, 2628 CN DelftThe netherlands

2. Guidelines to best practices for heavy haulrailway operations: wheel and rail interface issuesFirst Edition, First Printing, May 2001©International Heavy Haul Association2808 Forest Hills CourtVirginia Beach, Virginia 23454 USA

3. Engineering Standard Rolling Stock ESR 0330Wheel defect manual Version 1.2 Issued May 2013

4. Image analysis of defects of railway wheels: a challenge for mathematicians. Elena KaboCHARMEC / Caranelena.kabo@me.chalmers.se

5. F. W. Carter, On the action of a locomotive driving wheel, *Proc. R. Soc. London. A*, 112(1926) 151-157.

6.A. E. H. Love, *A Treatise on the Mathematical Theory of Elasticity*, Cambridge UniversityPress, Cambridge, 1926.

7. K. L. Johnson, *Contact Mechanics*, Cambridge University Press, Cambridge, 1985.

8. J. J. Kalker, On the rolling contact of two elastic bodies in the presence of dry friction,*Thesis*, Delft, 1967.

9 Z. Y. Shen, J. K. Hedrick and J. A. Elkins, A comparison of alternative creep-force modelsfor rail vehicle dynamic analysis, in J. K. Hedrick (ed.) *The Dynamics of Vehicles, Proc.8th IAVSD Symp., Cambridge, MA*, Swets and Zeitlinger, Lisse, 1984, pp. 591-605.

10.J. J. Kalker, Simplified theory of rolling contact, *Delft Progress Report 1*, 1973, p. 1-10.

11.J. J. Kalker,A fast algorithm for the simplified theory of rolling contact,*Vehicle Syst. Dyn.*11-(1982)1-13.

12. *British Rait Table Book*, unpublished, ca. 1980.

13.J. J. Kalker, Two algorithms for the contact problem in elastostatics, in *Proc. Int. Symp.on Contact Mechanics and Wear of Rail-Wlieel Systems I Vancouver BC, Jidy 1982*,University of Waterloo Press, Waterloo, Ontario, 1983, pp. 101-120.

14 J. J. Kalker, Wheel-rail wear calculations with the program CONTACT, in G. M. L. Gladwell,

H. Ghonen and J. Kalonsek (eds.), *Proc. Int. Symp. on Contact Mechanics and Wearof Rail-Wiieel Systems II, Kingston, RI, Jidy 1986*, University of Waterloo Press, Waterloo,Ontario, 1987, pp. 3-26.

- 15 K. L. Johnson, The effect of a tangential contact force upon the rolling motion of an elasticsphere on a plane, *J. Appl. Mech.*, 25 (1958) 339-346.
16. P. J. Vermeulen and K. L. Johnson, Contact of non-spherical bodies transmitting tangential forces, *J. Appl. Mech.*, 31 (1964) 338-340.
17. Le Hung, Normal- und Tangential Spanningsberechnung beim Rollen den Kontakt für Rotationskörper mit Nichtelliptischen Kontakt Flächen, *Fortschritts Ber. VDI*, 12 (1987) 87.
18. J. Piotrowski, A theory of wheelset forces for two point contact between wheel and rail, *Vehicle Syst. Dyn.*, 11 (1982) p. 69-87.
19. K. Knothe and A. Gross-Thebing, Deviation of frequency dependent creep coefficients based on an elastic half-space model, *Vehicle Syst. Dyn.*, 15 (1986) 133-153
20. J. J. Kalker and A. Chudzikiewicz, Wheel-rail wear calculation with the FASTSIM routine // The Archives of Transport, Vol. 1, No 1-2, Warsaw, 1989.
21. Mathematical modeling of oscillations of rail vehicles / Ushkalov V.F. and etc.; Ed. V.F. Ushkalov; Academy of Sciences of Ukraine. Institute of Technical Sciences. mechanics. - Kiev: Sciences. dumka, 1989.-240s.
22. J.J. Kalker and J. Piotrowski, Some New Results in Rolling Contact, *Vehicle System Dynamics*, 18 (1989).
23. Amelin SV, Danovskiy LM Way and track economy. - M.: "Transport", 1972.- 216c.
24. Menshutin N.N. Investigation of the slippage of an electric locomotive wheel pair during the implementation of traction force under operating conditions // Proc. VNIIZhT, 1960, vol. 188. -. - with 113 - 132.
25. Minov DK Increase of traction properties of electric locomotives and locomotives with electric transmission. - M: Transport, 1965. - 268 p.
26. Electric rolling stock with asynchronous traction motors / NA. Rotanov, A.S. Kurbasov, Yu.G. Bykov, V.V. Litovchenko; Ed. ON. Rotanova - M.: Transport, 1991. - 336 p.
27. Johnson, K. The mechanics of contact interaction: Per. with English. - Moscow: Mir, 1989. - 510 p
28. Kik W., Piotrowski J. A Fast Approximate Method to Calculate Normal Load at Contact between Wheel and Rail and Creep Forces During Rolling. Proceedings of

2nd mini. conf. Contact Mechanics and Wear of Rail / Wheel Systems, 1996, P. 52-61

29.Sakalo VI, Olshevsky AA, Shevchenko KV, Burtsev AA The solution of normal and tangential contact problems for the railway wheel and rail using simplified and finite element models // Problems of Transport Engineering: Sat. sci. tr. Bryansk, 2000. - with. 40-58.

30. Shabana A.A., Zaazaa K.E., Sugiyama H. Railroad Vehicle Dynamics: A Computational Approach. CRC Press, Boca Raton, 2008. – 360 p.

31. Polach. O. Creep forces in simulation of traction vehicles running on adhesion limit // Wear 258 (2005) pp. 992-1000.

32. Generalization of the best experience of heavy traffic: questions Interaction of a wheel and a rail: Translation from English. / U. Harris, S.M. Zakharov and others. Moscow: Intext, 2002.- 408 p.

33.Applied transport economics : policy, management & decision makingby Stuart ColePublisher: London [u.a.] : Kogan Page, 2009

34.Udhëzime dhe rekomandime të UIC-it,për çiftet e rrotave hekurudhore.

35. A numerical procedure for the wheel profile optimisation on railway vehicles Mirko Ignesti, Alice Innocenti, Lorenzo Marini, Enrico Meli and Andrea Rind

Full-text available · Article · Aug 2013 · ARCHIVE Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part J Journal of Engineering Tribology 1994-1996 (vols 208-210)