

**Meža autoceļu izmantošanas lēmuma  
pieņemšanas rīka izveide  
(kompleksais meža autoceļu izmantošanas  
rādītājs)**

**Starpatskaite par paveikto**  
no 2009.gada aprīļa līdz 2011.gada novembrim

**Izstrādāts:** 2011.gada 15.decembrī

**Izstrādātājs:**

SIA "Ceļu eksperts", Aveņu iela 1, Daugavmala, Tīnūžu pagasts, Ikšķiles novads, LV-5052  
Tālrunis: 67255696; e-pasts: celueksperts@celueksperts.lv  
Pētījuma vadītāji: Jānis Kivilands, Aigars Strežs

**Pasūtītājs:**

VAS "Latvijas Valsts meži", LVM Meža infrastruktūra  
Kristapa iela 30, Rīga, LV-1046  
Tālrunis: 67602075, fakss: 67805430, e-pasts: lvm@lvm.lv  
Pasūtītāja pārstāvji: Jānis Buņķis, Juris Ružāns

## Saturs

Ievads .....	3
1. Vispārīgā daļa .....	3
1.1. Pētījuma mērķi un sagaidāmais rezultāts .....	3
1.2. Darba uzdevums .....	3
1.3. Kompleksā MAC izmantošanas rādītāja noteikšanas algoritms .....	6
2. Saistīto LR un ES normatīvu pārskats .....	8
2.1. Normatīvu uzskaitījums .....	8
2.2. Normatīvo aktu ierobežojumi .....	8
3. Latvijā un ārvalstīs veikto saistīto zinātnisko pētījumu un projektu apzināšana un analīze .....	9
3.1. LR veikto līdzīgo pētījumu apzināšana .....	9
3.2. Citu valstu pētījumu apzināšana .....	9
3.3. Izmantojamā citu pētījumu informācija .....	10
4. MAC ekspluatāciju ietekmējošie faktori .....	10
4.1. Deformāciju veidi .....	10
4.2. Vispārējs ietekmējošo faktoru modelis .....	11
4.3. Transporta slodzes .....	12
4.3.1. Ass slodzes, asu skaita un izvietojums ietekme uz MAC .....	14
4.3.2. Transportlīdzekļu riepu spiediena ietekme .....	21
4.3.3. Materiāla iekšējā berzes leņķa ietekme .....	22
4.3.4. Braukšanas ātruma ietekme uz ceļa konstrukciju .....	24
4.3.5. Satiksmes intensitātes ietekme .....	25
4.3.6. LVM lietoto kravu transportlīdzekļu raksturojums .....	25
4.4. Ceļa konstrukcijas nestspēja .....	25
4.4.1. Vispārīgi .....	25
4.4.2. Nesošo kārtu materiālu īpašības .....	26
4.4.3. Zemes klātne .....	26
4.4.4. Nesaistīto materiālu mitruma pakāpe .....	27
4.4.5. Vides faktori .....	28
5. KoMACir ietekmējošo faktoru mērīšanas metodes .....	28
5.1. Vispārīgi .....	28
5.2. Eksperimentālo mērījumu punkti .....	29
5.3. Ceļa konstrukcijas parametru mērīšana .....	29
5.4. MAC seguma materiāla īpašību mērīšana un klasifikācija .....	31
5.5. Hidroģeoloģisko apstākļu mērīšana .....	31
5.6. Meteoroloģisko faktoru ietekmes mērīšana .....	31
5.6.1. Gadalaiki .....	31
5.6.2. Lietus ietekme .....	32
5.6.3. Meteoroloģisko apstākļu datu iegūšana Latvijā .....	33
5.6.4. Meteoroloģiskās informācijas piegādātāju novērtējums .....	34
5.7. Transporta slodzes ietekmes mērīšana .....	36
6. Iegūtie rezultāti .....	36
7. Turpmākā pētījuma gaita .....	37
Bibliogrāfija .....	38
Pielikumi .....	38

## Ievads

2009.gada aprīlī tika uzsākts pētījums „**Meža autoceļu izmantošanas lēmuma pieņemšanas rīka izveide (kompleksais meža autoceļu izmantošanas rādītājs)**”. Pētījuma galvenais rezultāts paredzēts MAC tīkla ekspluatācijas vadības sistēma.

Šajā atskaitē ir apkopota pētījuma gaita un iegūtie rezultāti no pētījuma uzsākšanas līdz 2011.gada novembrim. Minētajā periodā ir izstrādāts MAC ekspluatācijas vadības teorētiskais modelis un uzsākta šī modeļa pārbaude praksē. Pētījuma turpinājumā, līdz 2014.gada aprīlim paredzēts pārbaudīt vadības sistēmas darbību praksē un precizēt to.

Atskaite satur vairākus pielikumus, kuros ir izvērstas kopējā pētījuma apakštēmas. Atsevišķi pielikumi turpmākajā darbā tiks papildināti un mainīti. Detalizēta informācija par pētījuma gaitu ir atrodama iepriekšējo periodu starpziņojumos.

### 1. Vispārīgā daļa

#### 1.1. Pētījuma mērķi un sagaidāmais rezultāts

Meža autoceļi (MAC) galvenokārt kalpo koksnes izvešanai no mežu masīviem. Lai šo funkciju pildītu MAC ir jānodrošina pietiekoši augsta konstrukcijas nestspēja kokmateriālu transportēšanas laikā.

MAC pārsvarā ir būvēti no nesaistītiem minerāliem materiāliem: grunts, smilts, grants, šķembām. Visu šo materiālu kopīga īpašība ir tāda, ka to nestspēja (pretestība slodzēm) ir atkarīga no šāda materiāla samitrinājuma pakāpes. Pieaugot mitruma pakāpei samazinās konstrukcijas nestspēja, savukārt samazinoties mitrumam (konstrukcijai izžūstot) nestspēja atjaunojas. MAC konstrukcijas pretestība slodzēm ir mainīgs, no mitruma atkarīgs lielums.

Nestspējas samazināšanās mitruma ietekmē var notikt tik ievērojami, ka ekspluatācijas gaitā var notikt MAC konstrukcijas sabrukšana. Zinot MAC nestspēju, var novērtēt tā piemērojamību ekspluatācijai, konkrētā brīdī, konkrētos apstākļos.

Pētījuma mērķis ir iegūt lēmuma pieņemšanas rīku, ar kura palīdzību var pieņemt lēmumu par MAC ekspluatēšanas iespējām lēmuma pieņemšanas brīdī vai tuvākajās dienās. Pētījuma gaitā paredzēts izstrādāt divu veidu lēmumu pieņemšanas metodikas:

- Tādu, ar kuras palīdzību var pieņemt lēmumu „neizejot no kabineta”. MAC ekspluatāciju organizējošais darbinieks, izmantojot datu apstrādes programmu, jebkurā brīdī var pārredzēt visa MAC tīkla izmantošanas iespējas. Tas dod iespēju racionāli izmantot ceļa tīklu, neradot konstrukciju bojājumus. Pētījuma ietvaros ir paredzēts noteikt visus MAC ekspluatāciju ietekmējošos faktorus un noteikt to ietekmes likumsakarības. Šiem datiem un likumsakarībām ir jābūt pielietojamiem datorprogrammas izveidei.
- Otra lēmumu pieņemšanas metodika ir paredzēta lietošanai speciālistiem, kuri apsekojot konkrētu ceļa posmu un nepieciešamības gadījumā veicot mērījumus, pieņem lēmumu par MAC ekspluatāciju.

#### 1.2. Darba uzdevums

Kopumā pētījumu paredzēts veikt divu gadu laikā. Pēc pētījuma paveikšanas ir paredzēts trīs gadu pētījuma rezultāta uzraudzības periods. Šajā laikā tiks veiktas pētījuma papildināšana un koriģēšana. Sākotnējā pētījuma gaita ir plānota sekojoša:

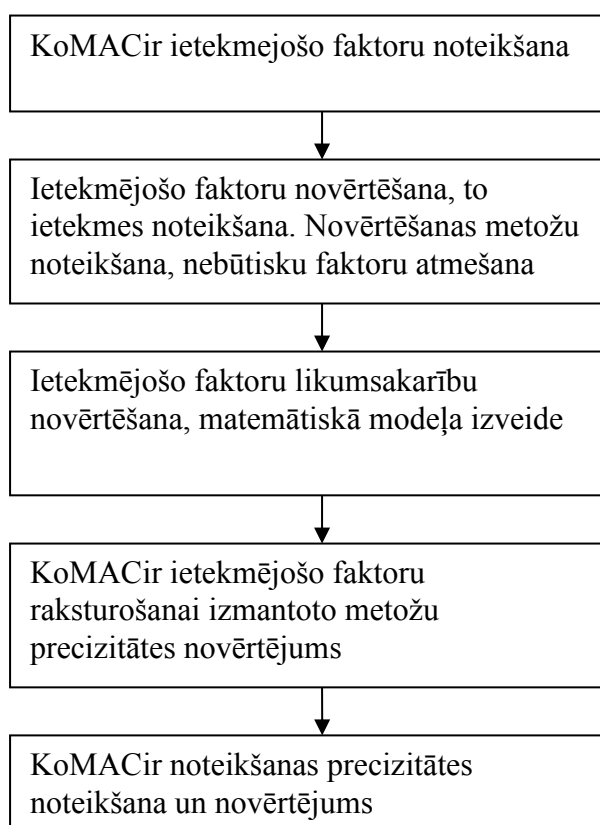
	<b>I etaps. Izpildes termiņš – 6 mēnešu laikā pēc līguma noslēgšanas datuma.</b>
1.1.	Ar zinātniskās izpētes darbu saistīto Latvijas un Eiropas Savienības esošo normatīvo aktu regulējuma un ietekmes analīze
1.2.	Latvijā un ārvalstīs veikto saistīto zinātnisko pētījumu un projektu apzināšana un analīze
1.3.	MAC konstrukcijas parametru (apgabala zemes grunts tips, seguma veids, granulometrija, filtrācija, nestspēja, u.c.) un meteoroloģisko parametru (temperatūra, lietus nokrišņu daudzums laika vienībā, u.c.) izpēte, un to savstarpējo mijiedarbību noteikšana
1.4.	Nepieciešamās meteoroloģiskās informācijas iegūšanas iespēju un avotu apkopojums. Informācijas iegūšanas veidu, formu, operativitātes, izmantošanas iespēju un citu būtisku rādītāju noteikšana un to analīze
1.5.	I etapa atskaišu un prezentācijas sagatavošana
	<b>II etaps. Izpildes termiņš – 12 mēnešu laikā pēc līguma noslēgšanas datuma.</b>
2.1.	MAC konstrukcijas parametru (apgabala zemes grunts tips, seguma veids, granulometrija, filtrācija, nestspēja, u.c.) un meteoroloģisko parametru (temperatūra, lietus nokrišņu daudzums laika vienībā, u.c.) izpēte, un to savstarpējo mijiedarbību noteikšana
2.2.	Nepieciešamās meteoroloģiskās informācijas iegūšanas iespēju un avotu apkopojums. Informācijas iegūšanas veidu, formu, operativitātes, izmantošanas iespēju un citu būtisku rādītāju noteikšana un to analīze
2.3.	Tabulas vai cita veida palīglīdzekļa projekta izstrāde, ar kuras palīdzību speciālists var pieņemt lēmumu par MAC ekspluatācijas īslaicīgu (operatīvu) ierobežošanu, atkarībā no MAC konstrukcijas un meteoroloģiskajiem parametriem, apsekojot MAC objektu dabā: MAC konstrukcijas parametru kopsavilkums un to mērāmo lielumu (seguma mitrums, seguma pārmitrināšanās dziļums, u.c.) definēšana, pēc kuru iegūšanas dabā (mērījumi, vizuālais novērtējums) var pieņemt lēmumu par MAC ekspluatācijas īslaicīgu (operatīvu) ierobežošanu; MAC konstrukcijas parametru mērāmo lielumu iegūšanas metožu un tam nepieciešamo mērinstrumentu kopsavilkums
2.4.	Ziņojuma sagatavošana par pētījumu „Meža autoceļu izmantošanas lēmuma pieņemšanas rīka izveide (Kompleksais meža autoceļu izmantošanas rādītājs)” un iesniegšana termiņā konferencei „Conference on Low-Volume Roads”, Lake Buena Vista, Florida, ASV. Termiņš 31.03.2010.
2.5.	II etapa atskaišu un prezentācijas sagatavošana
	<b>III etaps. Izpildes termiņš – 18 mēnešu laikā pēc līguma noslēgšanas datuma.</b>
3.1.	MAC konstrukcijas parametru (apgabala zemes grunts tips, seguma veids, granulometrija, filtrācija, nestspēja, u.c.) un meteoroloģisko parametru (temperatūra, lietus nokrišņu daudzums laika vienībā, u.c.) un to savstarpējo mijiedarbību precizēšana
3.2.	Nepieciešamās meteoroloģiskās informācijas iegūšanas iespēju un avotu apkopojums. Informācijas iegūšanas veidu, formu, operativitātes, izmantošanas iespēju un citu būtisku rādītāju precizēšana
3.3.	Matricas vai cita veida palīglīdzekļa projekta izstrāde, ar kuras palīdzību IT sistēma var pieņemt lēmumu par MAC ekspluatācijas īslaicīgu (operatīvu) ierobežošanu, atkarībā no MAC konstrukcijas un meteoroloģiskajiem parametriem, neapskatot MAC objektu dabā
3.4.	Tabulas vai cita veida palīglīdzekļa precizēšana, ar kuras palīdzību speciālists var pieņemt lēmumu par MAC ekspluatācijas īslaicīgu (operatīvu) ierobežošanu, atkarībā no MAC konstrukcijas un meteoroloģiskajiem parametriem, apsekojot MAC objektu dabā: MAC konstrukcijas parametru kopsavilkums un to mērāmo lielumu (seguma mitrums, seguma pārmitrināšanās dziļums, u.c.) definēšana, pēc kuru iegūšanas dabā (mērījumi, vizuālais novērtējums) var pieņemt lēmumu par MAC ekspluatācijas īslaicīgu (operatīvu) ierobežošanu; MAC konstrukcijas parametru mērāmo lielumu iegūšanas metožu un tam nepieciešamo mērinstrumentu kopsavilkums
3.5.	Izstrādāto matricu/tabulu vai cita veida palīglīdzekļu sniegto rezultātu atbilstības kontrole situācijai dabā: Tabulas vai cita veida palīglīdzekļa dotā rezultāta iegūšana izmantojot izpētīto MAC konstrukcijas un meteoroloģisko parametru mijiedarbību

3.6.	Ziņojuma par pētījumu „Meža autoceļu izmantošanas lēmuma pieņemšanas rīka izveide (Kompleksais meža autoceļu izmantošanas rādītājs)” saskaņošana ar konferences „Conference on Low-Volume Roads” organizatoriem. Termins 30.07.2010.
3.7.	III etapa atskaišu un prezentācijas sagatavošana
	<b>IV etaps. Izpildes termiņš – 24 mēnešu laikā pēc līguma noslēgšanas datuma.</b>
4.1.	MAC konstrukcijas parametru (apgabala zemes grunts tips, seguma veids, granulometrija, filtrācija, nestspēja, u.c.) un meteoroloģisko parametru (temperatūra, lietus nokrišņu daudzums laika vienībā, u.c.) un to savstarpējo mijiedarbību galīgā definēšana
4.2.	Nepieciešamās meteoroloģiskās informācijas iegūšanas iespēju un avotu apkopojums. Informācijas iegūšanas veidu, formu, operatīvātes, izmantošanas iespēju un citu būtisku rādītāju galīgā definēšana
4.3.	Izstrādāto matricu/tabulu vai cita veida palīglīdzekļu sniegto rezultātu atbilstības kontrole situācijai dabā: Matricas vai cita veida palīglīdzekļa dotā rezultāta iegūšana izmantojot izpētīto MAC konstrukcijas un meteoroloģisko parametru mijiedarbību; Tabulas vai cita veida palīglīdzekļa dotā rezultāta iegūšana izmantojot izpētīto MAC konstrukcijas un meteoroloģisko parametru mijiedarbību
4.4.	Matricas vai cita veida palīglīdzekļa galīgā izstrāde, ar kuras palīdzību IT sistēma var pieņemt lēmumu par MAC ekspluatācijas īslaicīgu (operatīvu) ierobežošanu, atkarībā no MAC konstrukcijas un meteoroloģiskajiem parametriem, neapskatot MAC objektu dabā: Sagatavota un praktiskai lietošanai noformēta matrica vai cita veida palīglīdzeklis ar kura palīdzību IT sistēma var pieņemt lēmumus par MAC ekspluatācijas īslaicīgu (operatīvu) ierobežošanu, neapskatot MAC objektu dabā
4.5.	Tabulas vai cita veida palīglīdzekļa galīgā izstrāde, ar kuras palīdzību speciālists var pieņemt lēmumu par MAC ekspluatācijas īslaicīgu (operatīvu) ierobežošanu, atkarībā no MAC konstrukcijas un meteoroloģiskajiem parametriem, apsekojot MAC objektu dabā: Sagatavota un praktiskai lietošanai noformēta tabula vai cita veida palīglīdzeklis ar kura palīdzību speciālists var pieņemt lēmumus par MAC ekspluatācijas īslaicīgu (operatīvu) ierobežošanu, apsekojot MAC objektu dabā; MAC konstrukcijas parametru kopsavilkums un to mērāmo lielumu (seguma mitrums, seguma pārmitrināšanās dziļums, u.c.) definēšana, pēc kuru iegūšanas dabā (mērījumi, vizuālais novērtējums) var pieņemt lēmumu par MAC ekspluatācijas īslaicīgu (operatīvu) ierobežošanu; MAC konstrukcijas parametru mērāmo lielumu iegūšanas metožu un tam nepieciešamo mērinstrumentu kopsavilkums
4.6.	Metodisko norādījumu (instrukcijas) sagatavošana, par to kā veikt MAC konstrukcijas parametru mērījumus un izmantot izstrādāto tabulu vai cita veida palīglīdzekli
4.7.	Metodisko norādījumu (instrukcijas) sagatavošana, par to kā izmantot izstrādāto matricu vai cita veida palīglīdzekli
4.8.	IV etapa atskaišu un prezentācijas sagatavošana
	<b>V etaps. Izpildes termiņš – 3 gadu laikā pēc līguma noslēgšanas datuma.</b>
5.1.	Kursu, semināru un apmācību vadīšana, par izstrādātās matricas/tabulas vai cita veida palīglīdzekļa darbības principiem un praktisko pielietojumu
5.2.	Praktiska apmācība MAC objektos par nepieciešamo mērījumu veikšanu, saistošajiem aprēķiniem un iegūto rezultātu nozīmi lēmuma pieņemšanā par MAC ekspluatācijas īslaicīgu (operatīvu) ierobežošanu
5.3.	Izstrādāto matricu/tabulu vai cita veida palīglīdzekļu sniegto rezultātu atbilstības kontrole situācijai dabā un darbības kvalitātes nodrošināšana 3 gadu periodā, pēc zinātniskās izpētes darba nodošanas pasūtītājam. Nepieciešamības gadījumā vai pēc pasūtītāja pieprasījuma veikt pārstrādi vai labojumus
5.4.	Nepieciešamības gadījumā vai pēc pasūtītāja pieprasījuma zinātniski pamatot izstrādāto matricu/tabulu vai cita veida palīglīdzekļu sniegto datu ticamību un darbību trešajai personai 3 gadu periodā pēc zinātniskās izpētes darba nodošanas pasūtītājam
5.5.	Ziņojuma par pētījumu „Meža autoceļu izmantošanas lēmuma pieņemšanas rīka izveide (Kompleksais meža autoceļu izmantošanas rādītājs)” prezentēšana konferencē „Conference on Low-Volume Roads”, Lake Buena Vista, Florida, ASV. Termins 24.-27.07.2011.
5.6.	V etapa atskaišu un prezentācijas sagatavošana

	<b>VI etaps. Izpildes termiņš - 4 gadu laikā pēc līguma noslēgšanas datuma.</b>
6.1.	Izstrādāto matricu/tabulu vai cita veida palīgīdzekļu sniegto rezultātu atbilstības kontrole situācijai dabā un darbības kvalitātes nodrošināšana 3 gadu periodā, pēc zinātniskās izpētes darba nodošanas pasūtītājam. Nepieciešamības gadījumā vai pēc pasūtītāja pieprasījuma veikt pārstrādi vai labojumus
6.2.	Nepieciešamības gadījumā vai pēc pasūtītāja pieprasījuma zinātniski pamatot izstrādāto matricu/tabulu vai cita veida palīgīdzekļu sniegto datu ticamību un darbību trešajai personai 3 gadu periodā pēc zinātniskās izpētes darba nodošanas pasūtītājam
6.3.	VI etapa atskaišu un prezentācijas sagatavošana
	<b>VII etaps. Izpildes termiņš - 5 gadu laikā pēc līguma noslēgšanas datuma.</b>
7.1.	Izstrādāto matricu/tabulu vai cita veida palīgīdzekļu sniegto rezultātu atbilstības kontrole situācijai dabā un darbības kvalitātes nodrošināšana 3 gadu periodā, pēc zinātniskās izpētes darba nodošanas pasūtītājam. Nepieciešamības gadījumā vai pēc pasūtītāja pieprasījuma veikt pārstrādi vai labojumus
7.2.	Nepieciešamības gadījumā vai pēc pasūtītāja pieprasījuma zinātniski pamatot izstrādāto matricu/tabulu vai cita veida palīgīdzekļu sniegto datu ticamību un darbību trešajai personai 3 gadu periodā pēc zinātniskās izpētes darba nodošanas pasūtītājam
7.3.	VII etapa atskaišu un prezentācijas sagatavošana

### 1.3. Kompleksā MAC izmantošanas rādītāja noteikšanas algoritms

Kompleksais MAC izmantošanas rādītājs (KoMACir) ir atkarīgs no daudzu faktoru kopējās ietekmes. KoMACir raksturlieluma noteikšanas algoritms ir šāds:



- **Jāapzina visi KoMACir ietekmējoši faktori:** gan slodzes faktori gan slodzes pretestības faktori. Slodzes pretestības faktori ir atkarīgi no konstrukciju veidojošo materiālu īpašībām (piemēram, deformācijas moduļa), kas savukārt ir atkarīgs materiāla samitrinājuma pakāpes. Samitrinājumu izraisa nokrišņu ūdens un gruntsūdens utt
- **Jānosaka metodes ietekmējošo faktoru nozīmīguma novērtēšanai:** Katrs faktors ir jānovērtē saskaņā ar noteiktiem principiem. Šie principi var būt balstīti uz aprēķiniem, pētījumiem, pieredzi u.c. Piemēram, viens no grunts nestspēju ietekmējošiem faktoriem ir granulometriskais sastāvs, to var raksturot ar māla un putekļu daļiņu saturu. Šīs lieluma noteikšanai ir izdomātas metodes. Papildus nosacījums – metodēm ir jābūt piemērotām MAC tīkla ceļu ietekmējošo faktoru novērtēšanai. Jāņem vērā lielais autoceļu daudzums un datu iegūšanas operatīvāti. Nav iespējams katru dienu noteikt visiem autoceļiem nestspēju vai mitruma pakāpi...
- **Jānosaka šo faktoru ietekmes nozīmīgums, nozīmīgums jāizsaka nosacītās skaitliskās vērtībās:** Jānosaka arī šo vērtību minimālās un maksimālās robežas un to ietekmes nosacījumi.
- **Jāizstrādā KoMACir noteikšanas matemātiskais modelis:** Jāizveido matemātiska formula (funkcija), kurā būtu iekļauti visi nozīmīgie faktori un to ietekme tiktu attēlota ar matemātiskām darbībām – saskaitīšanu, atņemšanu, reizināšanu u.c. KoMACir aprēķināšanai ir jābūt iespējams šāds varētu izskatīties matemātiskais modelis.

*KoMACir = f (ceļa konstrukcijas raksturlielumi, hidroģeoloģiskie apstākļi, meteoroloģiskie faktori)*

- **Jānovērtē KoMACir ietekmējošo faktoru noteikšanas metožu precizitāte:** Katra faktora ietekme tiek noteikta skaitliski. Katrai noteikšanas metodei ir ticamība vai nenoteiktība. Lielas nenoteiktības ir vizuālām metodēm. Piemēram, nosakot dienas no atkusuma sākuma, precīzi to noteikt nevar. Vienā un tajā pašā reģionā saules pusē ceļam atkusums sākās pirms 7 dienām, ēnas pusē pirms 1 dienas. Līdz ar to vidējais rezultāts ir 4+/-3.
- **Jānovērtē KoMACir noteikšanas precizitāte:** Iespējams precizitātes uzlabošanai var mainīt ietekmējošo faktoru raksturošanas metodes. Ja ticamība iegūtajam KoMACir ir zema, piemēram, KoMACir = 120+/-60, tad šādam rezultātam var nebūt praktiskas jēgas. Šādos gadījumos var novērtēt, varbūt metode ir pielietojama daļēji, piemēram, tikai ceļiem, par kuriem ir zināmi konstrukcijas biežumi. Konstrukcijas biežuma nezināšana ir papildus nenoteiktības faktors, kuru izslēdzot ir iespējams palielināt kopējā KoMACir rādītāja precizitāti. Precizitāti var palielināt arī izmantojot precīzākas ietekmējošo parametru noteikšanas metodes. Piemēram, nokrišņu daudzuma noteikšanai izmantojot reālus mērījumus netālu no MAC, nevis vispārējas prognozes, vai arī pamatnes grunts tipu nosaka nevis pēc apkārtējās vides raksturojuma, bet veicot šurfēšanu uz katra MAC.
- **Jānosaka MAC ekspluatācijas klases, kuras tiek raksturotas ar KoMACir skaitlisku vērtību:** Ja metodikas ticamība tiek panākta pietiekoša, tad šis ir nākamais solis. Savienojot visu faktoru lielumus, iegūstam KoMACir skaitlisku vērtību, piemēram, 147. Iepriekš var noteikt ekspluatācijas klases, piemēram,  
 KoMACir >200 – lietot var bez ierobežojumiem  
 KoMACir 100-200– lietošana nav vēlama  
 KoMACir 50-100 – var lietot <3 kravu izvešanai dienā  
 KoMACir <50 – lietošana aizliegta

## 2. Saistīto LR un ES normatīvu pārskats

### 2.1. Normatīvu uzskaitījums

Saistošie normatīvie dokumenti un to saistošais saturs ir pievienoti pētījuma pielikumā „Ar zinātniskās izpētes darbu saistīto Latvijas un Eiropas Savienības esošo normatīvo aktu regulējuma un ietekmes analīze”.

Normatīvo aktu regulējuma un ietekmes analīze veikta, identificējot ar izpētes darbu saistošos normatīvos dokumentus, un atlasot tajos izvirzītās prasības attiecībā uz kustības ierobežojumu noteikšanu uz ceļiem, ceļu slēgšanu u.c., gan apskatot, citu ceļu pārvaldītāju vai personu tiesības noteikt kādus ierobežojumus uz ceļiem, kuru lietotājs ir LVM, gan arī apskatot LVM kā ceļu pārvaldītāja tiesības noteikt kādus ierobežojumus savā ceļu tīklā.

### 2.2. Normatīvo aktu ierobežojumi

- Satiksme pa autoceļiem.

Ceļa lietotājiem ir tiesības transportlīdzekļu satiksmei lietot visus autoceļus, uz kuriem neattiecas īpašs aizliegums.

Konkrēto ceļu pārvaldītājs var uz laiku ierobežot vai aizliegt satiksmi, ja radušies nelabvēlīgi klimatiskie vai citi apstākļi, kas apdraud satiksmes drošību. Tas nozīmē, ka šādas tiesības var izmantot gan LVM, nepieciešamības gadījumos nosakot kustības ierobežojumus vai aizliegumu savos autoceļos (tas ir jāaskaņo arī ar attiecīgo vietējo pašvaldību), gan arī ir jāreģistrē ar to, ka kustības ierobežošana vai aizliegšana var tikt noteikta valsts vai pašvaldību autoceļos, kurus kokmateriālu transportēšanai izmanto LVM. Līdz ar to ir nepieciešama sadarbība informācijas apmaiņai gan ar Satiksmes ministriju, gan pašvaldībām, lai būtu iespējama operatīva informācijas iegūšana par to noteiktajiem satiksmes ierobežojumiem.

- Pārvadājumu saskaņošana.

Normatīvajos dokumentos ir noteikti transportlīdzekļu pieļaujamie gabarīti, masa un ass slodzes. Ja transportlīdzeklis pārsniedz noteiktās robežvērtības, tad braukšanai pa autoceļiem ir jāsaņem atļauja no LVC, kā arī jāsaņem CSDD sertifikāts.

Maršrutu saskaņošanu šādiem smagsvara pārvadājumiem ir jāveic LVC, izņemot maršrutu saskaņošanu pa pašvaldību autoceļiem. Šos pārvadājuma maršrutus ir jāaskaņo ar attiecīgajām pašvaldībām.

- Maksa par autoceļiem.

Ir noteikta maksa (nodeva) par atsevišķu valsts galveno autoceļu posmu lietošanu transportlīdzekļiem, kuru masa ir lielāka par 12000 kg un kuri paredzēti tikai kravu pārvadājumiem, bet nodeva nav jāmaksā par transportlīdzekļiem, kurus izmanto kokmateriālu pārvadājumos.

Maksu var ņemt par tādu autoceļu lietošanu, kas izbūvēti par privātiem līdzekļiem. Ja LVM piederošie meža autoceļi vai daļa no tiem ir kvalificējami kā par privātiem līdzekļiem izbūvēti, tad LVM būtu lietderīgi izvērtēt iespēju ņemt maksu par savu autoceļu izmantošanu no citiem kravu pārvadātājiem, kas nodrošinātu papildus finansējumu šo autoceļu uzturēšanai un rekonstrukcijai, kā arī paplašinātu iespējas ierobežot vai aizliegt kravas transportlīdzekļu kustību nelabvēlīgā klimatiskajā periodā (šķīdonis, ilgstošas lietavas u.tml.).

- Aizsargjoslas.

Organizējot saimniecisko darbību (kokmateriālu pārvadāšanu) jāievērtē, ka Aizsargjoslu likumā ir minētas vairākas aizsargjoslas, kurās noteikti aprobežojumi, piemēram, kokmateriālu



glabātavu izvietojumam, darbu veikšanai, saimnieciskajai u.c. darbībai, transportlīdzekļu augstumam u.tml.

Līdz ar to pirms kokmateriālu krautņu izvietojuma un pārvadājumu maršrutu vispārējās plānošanas ir lietderīgi apzināt un identificēt saistošos objektus un to aizsargjoslas, kuru zonā vai tuvumā varētu notikt tuvākā (gada-?) laikā plānotās darbības.

- Izņēmuma stāvoklis.

Izņēmuma stāvokli izsludina Ministru kabinets. To tas ir īpašs gadījums, kas saistīts ar iespējamu karadarbību, nemieriem vai apdraudējumu valsts iekārtai. Tā kā tas ir ļoti specifiski un nav paredzams, kā un kādā veidā šāda stāvokļa izsludināšana varētu tikt realizēta, tad rīcības algoritmu izstrāde šādām situācijām darba izpildes sfērā netiek iekļauta.

### **3. Latvijā un ārvalstīs veikto saistīto zinātnisko pētījumu un projektu apzināšana un analīze**

#### **3.1. LR veikto līdzīgo pētījumu apzināšana**

Latvijā esošās organizācijas, kas potenciāli varētu veikt šādu pētījumu ir saistītas ar autoceļu būvniecību un uzturēšanu, un tās ir RTU Būvniecības fakultāte, VAS „Latvijas Valsts ceļi” un VAS „Latvijas Autoceļu uzturētājs”. Aptaujājot šo organizāciju pārstāvjus, tika konstatēts, ka līdzīgi pētījumi Latvijā nav veikti.

Ceļu būvniecības, uzturēšanas un materiālu pētniecība Latvijā ir ļoti vāji attīstīta, jauninājumi tiek aizgūti no citām valstīm.

#### **3.2. Citu valstu pētījumu apzināšana**

Pasaulē ceļu pētniecību veic gan privātās, gan valsts organizācijas. Privāto organizāciju pētījumi ir orientēti uz jaunu materiālu un tehnoloģiju izstrādi, kuru ieviešana tirgū dotu peļņu uzņēmumiem. Privātuzņēmumu pētījumi pārsvarā nav saistīti ar infrastruktūras vadības sistēmu pētīšanu. Tādēļ šī sfēras pētījumi nav pielietojami šajā pētnieciskajā darbā.

Valstisko organizāciju veikto pētījumu sfēra nereti ietver sevī ceļu ekspluatācijas pētījumus. Kopš 2000.-šo gadu sākuma Eiropā ir veikti lieli starptautiski pētījumi. Starptautiskus ceļu būves un ekspluatācijas sfēras pētījumus Eiropā koordinē FEHRL. Daudzus pētījumus finansē Eiropas Savienība. COST programma ir radīta tehnisko pētījumu veikšanai, tajā skaitā arī infrastruktūras pētīšanai.

Ir pārskatītas dažādu Eiropas valstu ceļu pētniecības institūciju interneta lapas. Līdzīgus pētījumus nav izdevies atrast. Ir saistīti pētījumi par mitruma, sala un slodzes ietekmi uz autoceļu konstrukcijas materiāliem, kuros gūtās atziņas daļēji ir pielietojamas šim konkrētajam pētījumam. Arī FEHRL ietvaros nav veikti šādi pētījumi.

Pateicoties sadarbībai ar kolēģiem no VAS Latvijas valsts ceļi Ceļu laboratorijas, tika iegūtas ziņas par Eiropas Savienības finansētu lielu pētniecības projektu ROADEX. Apakšprojekta „Zemas intensitātes ceļu pavasara šķīdoņa pārvaldība”. Šajā pētījumā tiek analizēta pavasara atkusuma izraisītās nestspējas problēmas uz grants vai bezseguma ceļiem, sniegtas norādes par to identificēšanas un novēršanas metodēm. Daudz noderīgas informācijas no šī pētījuma ir iekļautas arī LVM pētījumā.

### 3.3. Izmantojamā citu pētījumu informācija

Pētījumā „Meža autoceļu izmantošanas lēmuma pieņemšanas rīka izveide” ir izmantota informācija no ES līdzfinansēta pētījuma ROADEX II. Galvenās sfēras ir:

- Pavasara atkusuma procesi;
- Nesaistīto ceļa konstrukciju nestspējas izmaiņu mērīšanas metodes;
- Grants ceļu ekspluatācijas organizēšanas metodes pavasara atkusuma laikā. Iegūtā informācija ir iekļauta šīs atskaites sadaļās.

## 4. MAC ekspluatāciju ietekmējošie faktori

### 4.1. Deformāciju veidi

Transporta slodžu izraisītās MAC deformācijas var iedalīt divās lielās grupās: seguma deformācija un visas segas (visas ceļa konstrukcijas) deformācija. Seguma deformācijas veidojas tikai ceļa segas virsējā slānī un ir novēršamas bez jaunu materiālu pievešanas, izlīdzinot deformēto segumu ar autogreideri. Šādas deformācijas samazina ceļa lietošanas ērtumu, bet būtiski neietekmē ekspluatācijas iespējas ilgtermiņā. Segas deformācijas liecina par visas ceļa konstrukcijas sagraušanu. Ceļa konstrukcijas atjaunošanai ir nepieciešams būtisks resursu patēriņš, kas saistīts ar materiālu pievešanu un vērā ņemamiem būvdarbiem. Segas deformāciju likvidēšana ir ievērojami dārgāka kā seguma deformāciju likvidēšana, tādēļ šī pētījuma ietvaros tām ir pievērsta daudz lielāka nozīme.

Seguma deformācijas izpaužas bedrīšu un nelīdzenu veidā. Šādas deformācijas parasti rodas pēc intensīva lietus vai pavasara atkusuma sākumposmā. To veidošanās intensitāte ir atkarīga no ceļa seguma materiāla īpašībām, mitruma pakāpes un transportlīdzekļu intensitātes. 1.attēlā redzama tipiska grants seguma deformācija, kuras cēlonis ir pārmitrināta seguma ekspluatācija.



1.ATTĒLS Tipiska grants seguma deformācija

Dažkārt seguma deformācijas veidojas arī uz pārmērīgi izžuvušiem segumiem. Seguma materiālam izžūstot zūd saiste un transporta ietekmē veidojas viļņveida deformācijas - „trepe” (2.attēls). Šāda veida deformāciju cēlonis ir seguma materiāla īpašības un mitruma trūkums. Šīs deformācijas ir uzskatāmas par nebūtiskām un pētījuma ietvaros netiek ņemtas vērā.



**2.ATTĒLS Izžuvuša seguma deformācija – „trepe”**

MAC ekspluatācijā būtiski ir nodrošināt, lai kravas transportlīdzekļi neveidotu ceļa segas (visas konstrukcijas) deformācijas un būtiskas seguma deformācijas.

Bezseguma ceļiem, kas ir veidoti uz esošās grunts, visas deformācijas ir uzskatāmas par seguma deformācijām. Dažkārt deformācijas ir tik lielas, ka transportlīdzekļu kustība vairs nav iespējama, taču šādos gadījumos ceļa līdzenuma atjaunošana neizmaksā dārgi, tādēļ šo deformāciju veidošanās nav uzskatāma par būtisku faktoru ekspluatācijā. Bezsegumu ceļu ekspluatācijā ir būtiski, lai pa tiem kokmateriālu transports varētu izbaukt. Šajā gadījumā KoMACir bezseguma ceļiem tiek noteikts ne tik daudz, lai novērstu deformāciju, bet, galvenokārt, lai nodrošinātu drošu kokmateriāla transporta pārvietošanos. Bezseguma ceļiem ir pieļaujama deformāciju veidošanās un šādu ceļu galvenais ekspluatāciju nosakošais parametrs ir nestspēja. Nestspējas prognozēšana arī ir galvenais pētījuma uzdevums bezseguma MAC.

#### **4.2. Vispārējs ietekmējošo faktoru modelis**

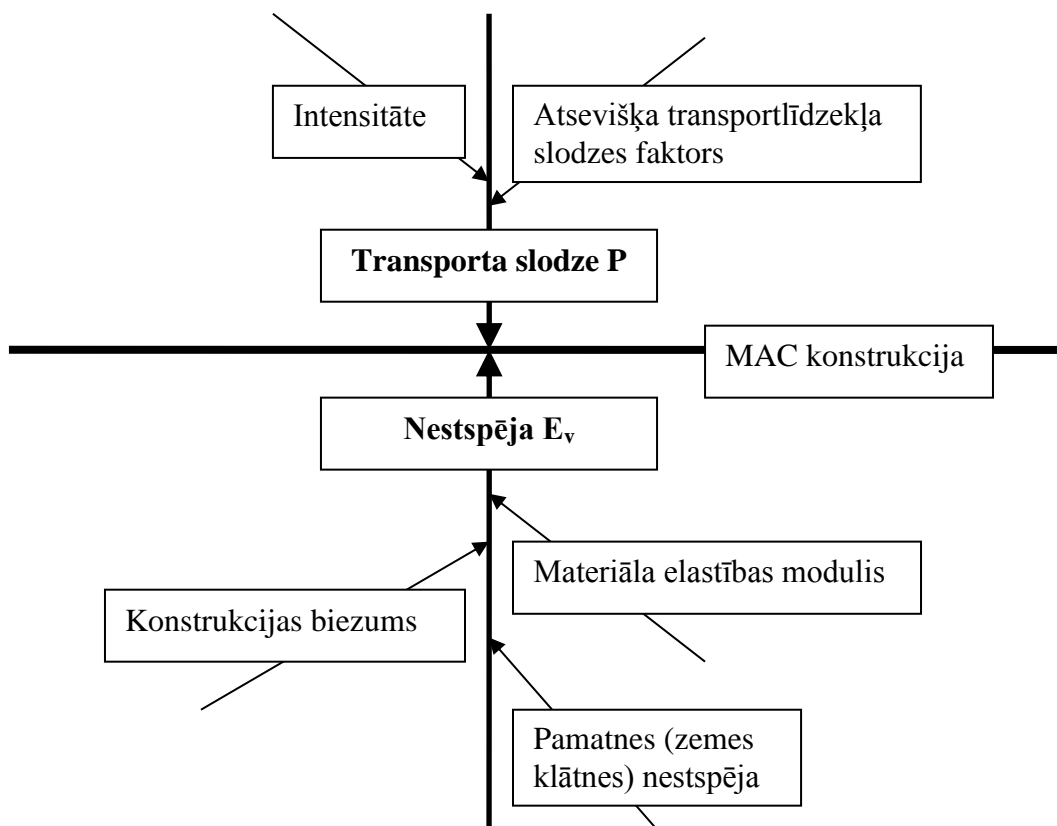
Ceļa konstrukcija tiek slogota ar slodzi, kuru rada autotransporta plūsma pārvietojoties pa ceļa konstrukciju. Kopējais ceļa noslogojums ir atkarīgs no atsevišķa transportlīdzekļa slodzes ietekmes un no intensitātes.

Atsevišķa transportlīdzekļa slodzes ietekmes raksturošanai tiek lietots termins – slodzes faktors – kurš savukārt ir atkarīgs no transportlīdzekļa faktiskās masas, riteņu asu skaita, slodzes sadalījuma uz asīm, spiediena riepās, kustības ātruma u.c.faktoriem. Šo faktoru ietekme tiks analizēta tālākajās nodaļās.

Ceļa konstrukcijai piemīt pretestība slodzēm – nestspēja. Jo lielāka nestspēja jo lielāku transporta slodzi var izturēt konstrukcija.

Nestspēja ir atkarīga no ļoti daudziem faktoriem. Daži galvenie ir – konstrukciju veidojošo materiālu īpašības, nesošo kārtu biezums, zemes klātnes (pamatnes nestspēja). Katrs no šiem faktoriem savukārt ir atkarīgi no citiem faktoriem.

Galvenā MAC nestspējas īpatnība ir tā, ka nestspēja ir mainīga gada laikā un ir ļoti atkarīga no materiālu piesātinājuma ar ūdeni. Piesātinājuma veidošanos izraisa gan materiāla īpašības, gan ūdens pieplūdes daudzums un intensitāte. Visu šo faktoru analīze dod iespēju prognozēt MAC nestspēju un līdz ar to ekspluatācijas iespējas.



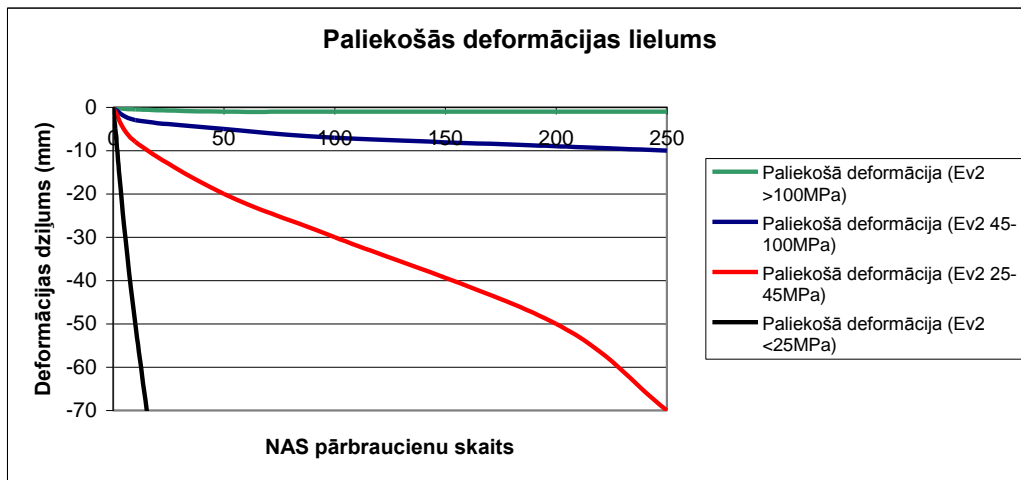
### 3.ATTĒLS Galvenie MAC ekspluatāciju ietekmējošie faktori

#### 4.3. Transporta slodzes

Transporta slodzi veido atsevišķa transportlīdzekļa slodzes faktors un intensitāte, kuru parasti raksturo kā automobiļu skaits diennaktī (A/dienn.). Katrs transportlīdzekļa pārbrauciens konstrukcijā rada konstrukcijas ielieci un paliekošu deformāciju. Augstas nestspējas konstrukcijām šādas ielieces un deformācijas irniecīgas, praktiski tuvinās nullei. Pretējs efekts ir novērojams uz zemas nestspējas konstrukcijām, kad transportlīdzekļa slodze ir ļoti tuva vai pārsniedz konstrukcijas nestspēju, veidojas liela ieliece un liela paliekošā deformācija. Ļoti lielas ielieces vai paliekošās deformācijas gadījumā var notikt konstrukcijas sabrukums. Sabrūkot konstrukcijai, tās nestspēja ievērojami samazinās un tā vairs nav ekspluatējama.

3.attēlā parādīts piemērs, kā dažādas nestspējas konstrukcijās veidojās paliekošā deformācija transporta slodzes ietekmē atkarībā no normēto ass slodžu (NAS) pārbraucienu skaita.

NAS pārbraucienus skaits	0	1	10	50	100	200	250
Paliekošā deformācija (Ev2 >100MPa)	0	-0.1	-0.5	-1	-1	-1	-1
Paliekošā deformācija (Ev2 45-100MPa)	0	-0.5	-3	-5	-7	-9	-10
Paliekošā deformācija (Ev2 25-45MPa)	0	-1	-8	-20	-30	-50	-70
Paliekošā deformācija (Ev2 <25MPa)	0	-5	-50	-200			



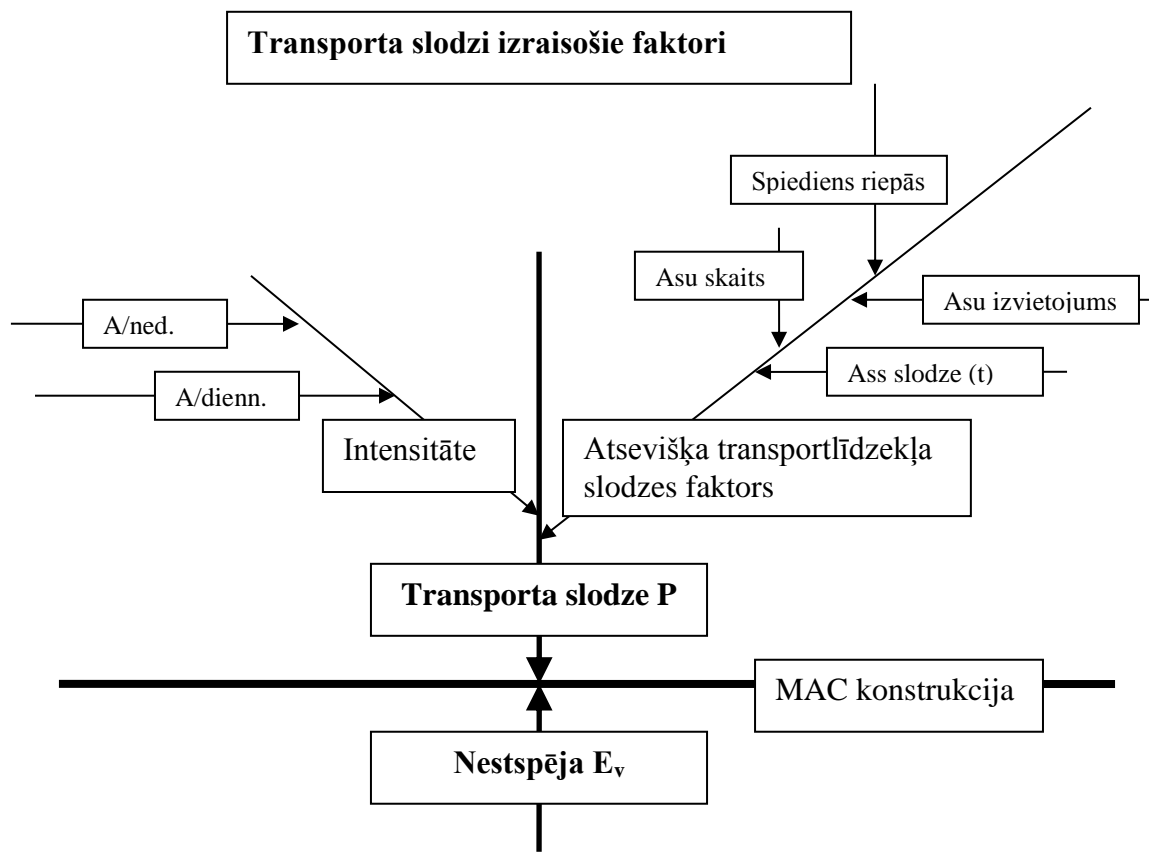
#### 4.ATTĒLS Paliekošo deformāciju veidošanās atkarībā no intensitātes un ceļa nestspējas

Norādītajos grafikos skaitliskās vērtības ir informatīvas, tās nav noteiktas MAC nestspējas mērīšanas rezultātā.

Zemas nestspējas autoceļiem mazs pārbraukušo NAS daudzums rada ļoti lielas paliekošās deformācijas. Augstas nestspējas autoceļiem liels pārbraukušo NAS daudzums deformācija praktiski neveido.

Normētās ass slodzes (NAS) daudzums dažādiem kravas automobiļiem var būt atšķirīgs. Tas ir atkarīgs no riteņu asu skaita, izvietojuma, faktiskās masas un tās izvietojuma pa asīm, spiediena riepās. Viena piekrauta kokvedēja NAS daudzums parasti ir 2-3. Ja slodze uz kādas no asīm ievērojami pārsniedz 10t, tad NAS lielums var būt 3-5 un pat vairāk. Tukšam transportlīdzeklim NAS lielums var būt arī 0,5. Pieminētās skaitliskās vērtībām ir tikai informatīvs raksturs.

Transporta ietekme ir atkarīga no vairāku faktoru kopuma (5.attēls).



### 5. ATTĒLS Transporta slodzi veidojošie faktori

Visu faktoru kopums rada transporta slodzes faktoru. Jo lielāks ir transporta slodzes faktors, jo augstāka nestspēja ir nepieciešama efektīvai MAC ekspluatācijai.

#### 4.3.1. Ass slodzes, asu skaita un izvietojums ietekme uz MAC

Ass slodzes ietekmes noteikšanai ir izmantota Krievijā izstrādāta metodika ODN 218.046-01 (2001.gads). Atskaites ass slodze (normētā ass slodze) ir pieņemta 10t, jo šāda ass slodze līdz šim ir izmantota ceļu konstrukciju projektēšanā un ir arī atļauta saskaņā ar CSN. Šī metodika apskata arī asu skaita un izvietojuma ietekmi uz ceļa konstrukciju.

Ass slodze, asu skaits un izvietojums kopā tiek raksturots ar atsevišķa transportlīdzekļa slodzes redukcijas koeficientu. Zemāk ir noteikti atsevišķa transportlīdzekļa slodzes redukcijas koeficienti dažādiem slogojuma modeļiem.

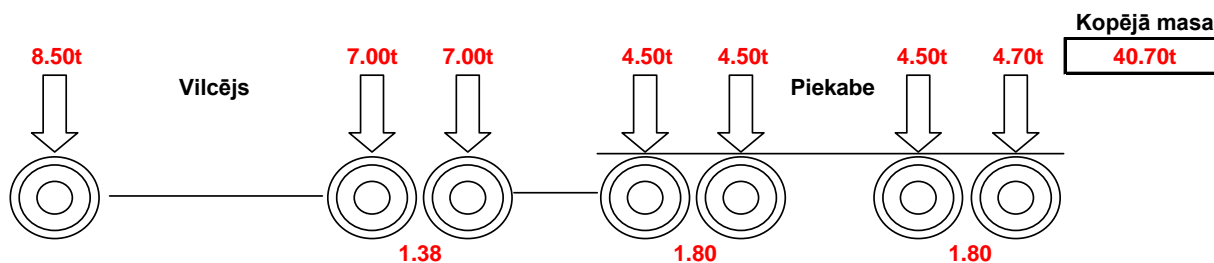
Piemēri atsevišķa transportlīdzekļa slodzes redukcijas koeficienta noteikšanai attēloti 6.-9.attēlos.

Faktiskā masa 40t

### AUTOMOBĪĻA ASS SLODŽU REDUKCIJAS KOEFICIENTU APRĒKINA PIEMĒRS (7 ASIS)

Nominālā ass slodze,  $P_n$  (t) **10.00t**

Ass slodze,  $P_a$  (t)



Attālums starp ārējām asīm, d (m)

Tuvu stāvošas automašīnu asis ir tās asis, kuru attālums ir mazāks par 2,5m (jāievērtē  $K_{iet}$  koeficients)

Slodžu redukcijas koeficients  $S_n$ ,  
ievērojot tuvu stāvošo asu  
pastiprināto ietekmi uz ceļa segu

$$S_n = \left(\frac{P_a}{P_n}\right)^4 = 0.522$$

$$S_{n,iet} = \left(\frac{P_a}{P_n}\right)^4 K_{iet} = 0.299 \quad 0.299$$

0.054 0.054

0.054 0.064

$S_m$

**1.35**

Ratiņu parametri

Ratiņi	a	b	c
2-asu	1.7	0.43	0.5
3-asu	2	0.46	1

$S_m$  - Summārais ass slodžu redukciju koeficients

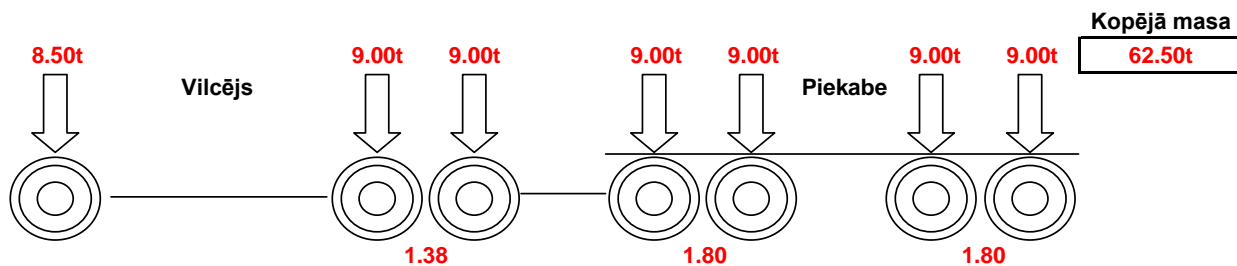
**6.ATTĒLS** Atsevišķa transportlīdzekļa slodzes redukcijas koeficients ir 1,35, ja transportlīdzeklis ir piekrauts atbilstoši CSN un netiek izmantotas speciālas atļaujas.

Faktiskā masa ir 62,5 t

### AUTOMOBĪĻA ASS SLODŽU REDUKCIJAS KOEFICIENTU APRĒĶINA PIEMĒRS (7 ASIS)

Nominālā ass slodze,  $P_n$  (t) **10.00t**

Ass slodze,  $P_a$  (t)



Attālums starp ārējām asīm,  $d$  (m)

Tuvu stāvošas automašīnu asis ir tās asis, kuru attālums ir mazāks par 2,5m (jāievērtē  $K_{iet}$  koeficients)

Slodžu redukcijas koeficients  $S_n$ ,  
ievērojot tuvu stāvošo asu  
pastiprināto ietekmi uz ceļa segu

$$S_n = \left(\frac{P_a}{P_n}\right)^4 = 0.522$$

$$S_{n,iet} = \left(\frac{P_a}{P_n}\right)^4 K_{iet} = 0.818 \quad 0.818$$

0.865   0.865

0.865   0.865

$$S_m = 5.62$$

Ratiņu parametri

Ratiņi	a	b	c
2-asu	1.7	0.43	0.5

$S_m$  - Summārais ass slodžu redukciju koeficients

**7.ATTĒLS** Ass slodzes atbilst CSN, nav atbilstoša pilna masa. Slodzes redukcija koeficients šādā gadījumā ir 5,6.

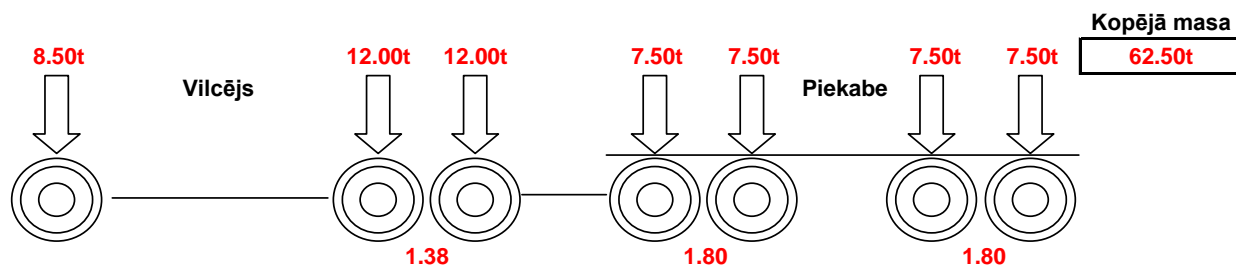


Faktiskā masa tāda pati, tikai kravas novietojums ir atšķirīgs

## AUTOMOBĪĻA ASS SLODŽU REDUKCIJAS KOEFICIENTU APRĒĶINA PIEMĒRS (7 ASIS)

Nominālā ass slodze,  $P_n$  (t) **10.00t**

Ass slodze,  $P_a$  (t)



Attālums starp ārējām asīm,  $d$  (m)

Tuvu stāvošas automašīnu asis ir tās asis, kuru attālums ir mazāks par 2,5m (jāievērtē  $K_{iet}$  koeficients)

Slodžu redukcijas koeficients  $S_n$ ,  
ievērojot tuvu stāvošo asu  
pastiprināto ietekmi uz ceļa segu

$$S_n = \left(\frac{P_a}{P_n}\right)^4 = 0.522$$

$$S_{n,iet} = \left(\frac{P_a}{P_n}\right)^4 K_{iet} = 2.586 \quad 2.586$$

0.417 0.417

0.417 0.417

$S_m$

**7.36**

Ratiņu parametri

Ratiņi	a	b	c
2-asu	1.7	0.43	0.5
3-asu	2	0.46	1

$S_m$  - Summārais ass slodžu redukciju koeficients

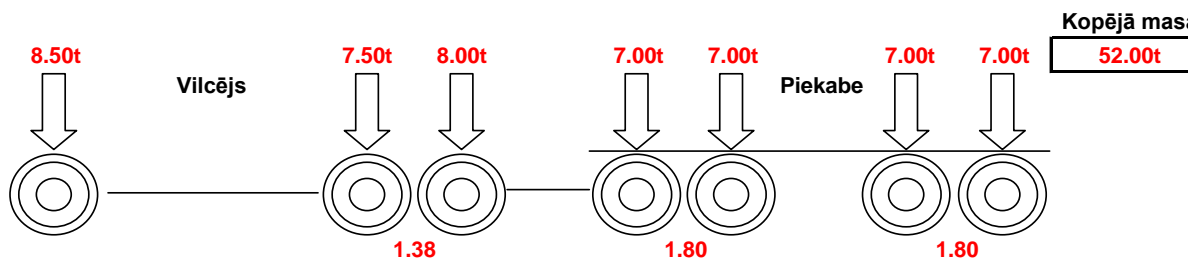
**8.ATTĒLS** CSN neatbilst pilna masa un arī ass masa. Kaut arī pilna masa ir tāda pati kā iepriekšējā piemērā slodzes redukcijas koeficients pieaug no 5,6 uz 7,4. kravas izvietojums nevienmērīgs.

Faktiskā masa 52t. Saskaņā ar LVM sniegto informāciju, lielākā daļa LVM kokmateriālu transportam izmantoto transportlīdzekļu pilna masa ir 52t. Šādu pilno masu pieļauj CSN, ja tiek saņemtas speciālas atļaujas.

### AUTOMOBĪĻA ASS SLODŽU REDUKCIJAS KOEFICIENTU APRĒĶINA PIEMĒRS (7 ASIS)

Nominālā ass slodze,  $P_n$  (t) **10.00t**

Ass slodze,  $P_a$  (t)



Attālums starp ārējām asīm,  $d$  (m)

Tuvu stāvošas automašīnu asis ir tās asis, kuru attālums ir mazāks par 2,5m (jāievērtē  $K_{iet}$  koeficients)

Slodžu redukcijas koeficients  $S_n$ ,  
ievērojot tuvu stāvošo asu  
pastiprināto ietekmi uz ceļa segu

$$S_n = \left(\frac{P_a}{P_n}\right)^4 = 0.522$$

$$S_{n,iet} = \left(\frac{P_a}{P_n}\right)^4 K_{iet} = 0.395 \quad 0.511$$

0.316   0.316   0.316   0.316

$S_m$

**2.69**

Ratiņu parametri

Ratiņi	a	b	c
2-asu	1.7	0.43	0.5
3-asu	2	0.46	1

$S_m$  - Summārais ass slodžu redukciju koeficients

**9.ATTĒLS** Transportlīdzekļa redukcijas koeficients ir 2,7. Šādi piekrauts transportlīdzeklis atbilst CSN (ja ir saņemta speciāla atļauja) (un visbiežāk tiek izmantots kokmateriālu transportam. Pētījuma ietvaros pārsvarā tiks noteikta šāda transportlīdzekļa ietekme uz MAC konstrukciju.

Kopējā kravas transportlīdzekļu ietekme tiek raksturota kā normēto ass slodžu (NAS) pārbraucienu skaits. Automobiļu uzskaitē tiek veikta pa tipiem. Katram tipam tiek noteikts redukcijas koeficients un beigās noteikts summēto NAS pārbraucienu skaits.

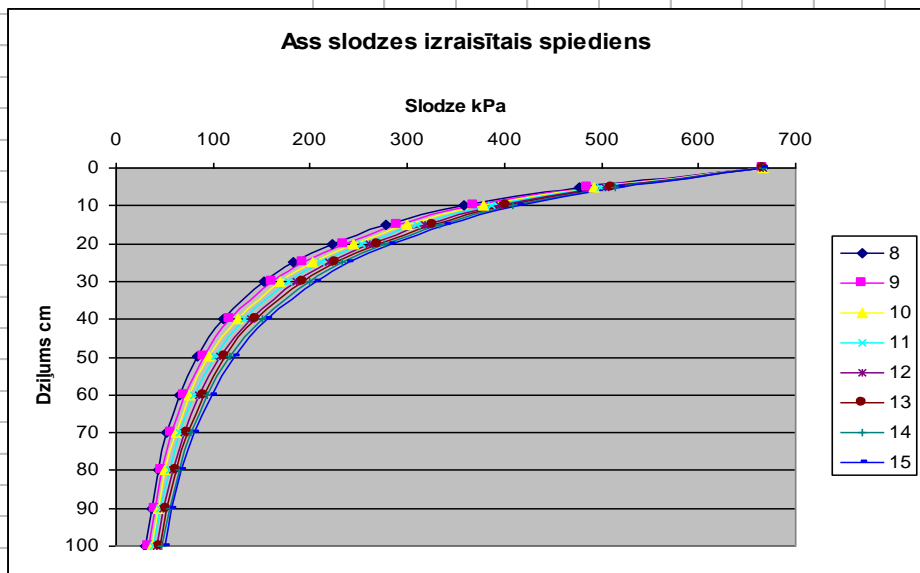
**1.TABULA Kopējās transportlīdzekļu ietekmes (NAS) noteikšanas piemērs**

Transportlīdzekļu tipi									
Asu skaits	Transportlīdzekļa svara sadalījums pa asīm (t)							Transportlīdzekļu skaits	EDTA
	1	2	3	4	5	6	7		
2-asis	6.6	11						0	0.00
3-asis	7.15	11	10.8					0	0.00
4-asis	8	11	10	9				5	17.65
5-asis	7.15	11	10.5	10	9			0	0.00
6-asis	9.85	12.25	11.55	8.4	10.25	6.1		3	20.14
7-asis	7.7	9.55	9.1	6.9	7.2	6.25	7.15	50	138.92
Transportlīdzekļu kopējais skaits								<b>58</b>	<b>176.71</b>

1.tabulā ir redzams, ka 58 pārbraukušajiem kravas transportlīdzekļiem kopējais NAS skaits ir 177. Ja ass slodze ievērojami pārsniedz 10t, tad slodzes redukcijas koeficients pieaug ļoti strauji. Šādi apsvērumi ir balstīti uz teorētiskām aprēķina metodēm. Dabā transportlīdzekļu ietekme var būt atšķirīga, taču teorētiskie modeļi vismaz parāda slodžu ietekmes likumsakarības.

Ass slodzes ietekme dažādos konstrukcijas dziļumos ir mainīga. 10.attēlā seko teorētisks aprēķins, kā ass slodze ietekmē dažādus ceļa konstrukcijas slāņus atkarībā no ass slodzes, nemainot riepu spiedienu, dinamisko ietekmi un slodzes izplatīšanās leņķi.

Ass slodzes ietekme dažādos konstrukcijas dziļumos									
Ass slodze	8	9	10	11	12	13	14	15	t
Spiediens riepās	8	8	8	8	8	8	8	8	Bar
Slodzes izplatīšanās leņķis	45	45	45	45	45	45	45	45	
Dinamiskās slodzes koef.	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
Riepas saskares virsmas diametrs	27	29	31	32	34	35	36	37	cm
Slodze (kPa) uz ceļa konstrukcijas materiāliem dažādos dziļumos (cm)									
0	667	667	667	667	667	667	667	667	
5	477	485	493	499	505	510	515	519	
10	358	369	379	387	395	403	409	415	
15	278	290	300	310	318	326	333	340	
20	223	234	244	253	261	269	277	283	
25	182	192	202	211	219	226	233	240	
30	152	161	170	178	186	193	199	206	
40	110	118	125	132	139	145	150	156	
50	83	90	96	102	107	113	118	122	
60	65	71	76	81	86	90	94	99	
70	53	57	62	66	70	74	77	81	
80	43	47	51	55	58	61	65	68	
90	36	40	43	46	49	52	55	58	
100	31	34	37	39	42	45	47	50	



Mainoties ass slodzei, uz ceļa virsmas slodze nemainās dēļ riepas kontaktvirsmas palielināšanās  
 Palielinoties ass slodzei, deformāciju risks palielinās pieaugot dziļumam.  
 Ja ass slodzes ir lielas, deformācijas lielākoties sāks veidoties ceļa konstrukcijas apakšējos slāņos.

### 10.ATTĒLS Ass slodzes ietekme dažādos dziļumos

Tātad lielas ass slodzes ir bīstamas ceļa konstrukcijas dziļākiem slāņiem, tādiem, kas atrodas >20cm dziļumā. Tā kā slodze, palielinoties dziļuma, tiek kļiedēta, tad var pieņemt, ka pret ass slodzi jūtīgākā konstrukcijas daļa ir no 20 līdz 80cm dziļumam. Lielākā dziļumā slodze jau ir relatīvi neliela, un būtisku ietekmi neatstāj.

### 4.3.2. Transportlīdzekļu riepu spiediena ietekme

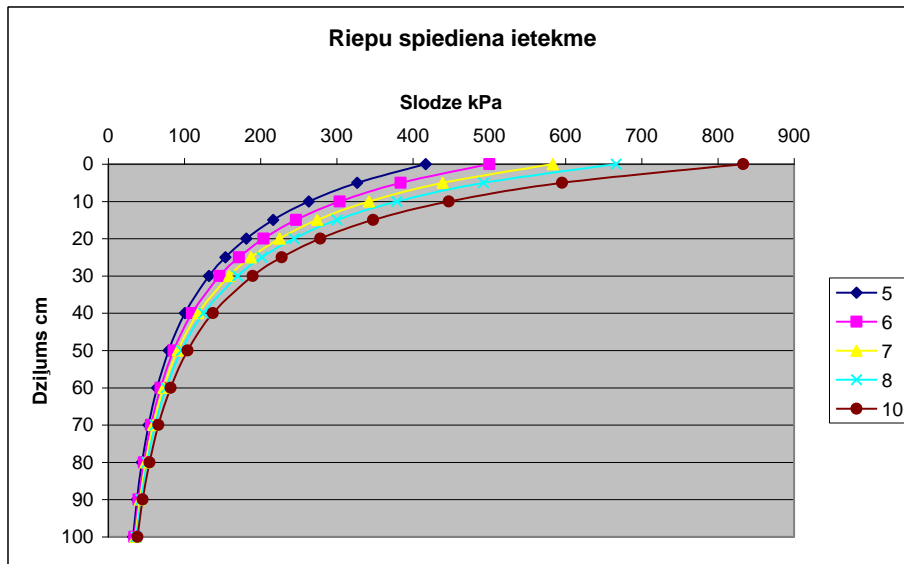
Riepu spiediena ietekmes teorētiskai analīzei ir izmantota Krievijā izstrādāta metodika ODN 218.046-01 (2001.gads). Aprēķina dati ir apkopoti tabulā un attēloti 11.attēlā:

#### Riepu spiediena ietekme dažādos konstrukcijas dziļumos

Ass slodze	10	10	10	10	10	10			t
Spiediens riepās	5	6	7	8	9	10			Bar
Slodzes izplatīšanās leņķis	45	45	45	45	45	45			
Dinamiskās slodzes koef.	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2			
Riepas saskares virsmas diametrs	39	35	33	31	29	27			cm

#### Slodze (kPa) uz ceļa konstrukcijas materiāliem dažādos dziļumos (cm)

0	417	500	583	667	750	833		
5	327	384	439	493	545	596		
10	263	304	342	379	414	447		
15	216	246	274	300	325	348		
20	181	204	225	244	262	278		
25	154	171	187	202	215	228		
30	132	146	159	170	180	190		
40	101	110	118	125	132	137		
50	79	86	91	96	100	104		
60	64	69	73	76	79	82		
70	53	56	59	62	64	66		
80	44	47	49	51	53	54		
90	38	40	41	43	44	45		
100	32	34	35	37	38	38		



Riepu spiedienam vislielākā ietekme ir uz konstrukcijas virsmu.  
Riepu spiediens visvairāk ietekmē konstrukcijas segumu.

### 11.ATTĒLS Riepu spiediena ietekme uz ceļa konstrukciju

No grafika redzams, ka riepu spiedienam ir ļoti liela ietekme uz MAC segumu. Ietekme samazinās konstrukcijas dziļumā. 30-40cm dziļumā riepu spiediena izmaiņas būtiski nemaina ietekmi uz ceļa konstrukciju.

Riepu spiediena samazināšana palielina riepas kontakvirsmas laukumu, līdz ar to tā pati slodze tiek pielikta uz lielāku laukumu. Šis faktors ievērojami palielina automobiļu iespēju pārvietoties pa vājas nestspējas autoceļiem, it sevišķi uz bezseguma ceļiem. Riepu spiediena ietekme ir arī pētīta praktiski ROADEX II ietvaros. Novērojumi apstiprina, ka samazināts spiediens kravas automobiļu riepās izraisa mazākas segas deformācijas.

### **4.3.3. Materiāla iekšējā berzes leņķa ietekme**

Materiāla iekšējais berzes leņķis ir uzskatāms par slodzes izplatīšanās leņķi ceļa konstrukcijā. Jo lielāks iekšējās berzes leņķis, jo uz lielāku laukumu izkliedējas slodze. Rupjiem, akmeņainiem materiāliem (akmeņaina grants vai šķembas) šis leņķis ir samērā liels 40-45<sup>0</sup>. Mālainām gruntīm iekšējās berzes leņķis var būt arī <20<sup>0</sup>. Materiāla iekšējās berzes leņķim ir vistiešākā saistība ar nestspēju.

ROADEX II veiktajā pētījumā, izdarot secinājumus no praktiskiem novērojumiem, rekomendē ceļa virsējās kārtas būvēt no tīriem, „laba sastāva” materiāliem t.i.tādiem, kuru granulometriskais sastāvs veido noturīgu minerālo karkasu.

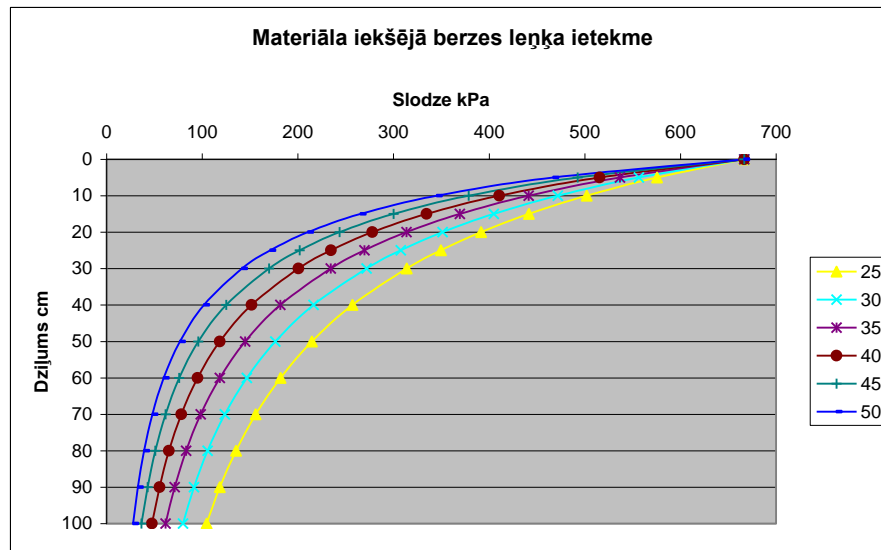
12.attēlā redzamajā grafikā ir attēlots slodzes lielums ceļa konstrukcijā dažādos dziļumos atkarībā no iekšējā berzes leņķa.

## Materiālu iekšējā berzes leņķa ietekme dažādos konstrukcijas dziļumos

Ass slodze			10	10	10	10	10	10	t
Spiediens riepās			8	8	8	8	8	8	Bar
Slodzes izplatīšanās leņķis			25	30	35	40	45	50	
Dinamiskās slodzes koef.			1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
Riepas saskares virsmas diametrs			31	31	31	31	31	31	cm

Slodze (kPa) uz ceļa konstrukcijas materiāliem dažādos dziļumos (cm)

0			667	667	667	667	667	667
5			576	557	537	516	493	467
10			502	472	441	411	379	345
15			442	405	369	335	300	266
20			392	351	314	278	244	211
25			350	308	270	235	202	171
30			314	272	234	201	170	142
40			257	216	182	152	125	102
50			215	176	145	119	96	77
60			182	147	118	95	76	60
70			156	124	98	78	62	48
80			135	106	83	65	51	39
90			119	92	71	55	43	33
100			105	80	62	48	37	28



Iekšējais berzes leņķis neietekmē spiedienu uz konstrukcijas virsmas

Iekšējā berzes leņķa ietekme ievērojami pieaug dziļumā.

Iekšējā berzes leņķa ietekme ir ļoti liela jau 10cm dziļumā

## 12.ATTĒLS Materiāla iekšējā berzes leņķa ietekme uz ceļa nestspēju

Jo biezāks materiāla slānis, jo nozīmīgāks ir tā iekšējais berzes leņķis. Ir svarīgi, lai ceļa konstrukcijas virskārtā būtu materiāli ar lielu iekšējās berzes leņķi.

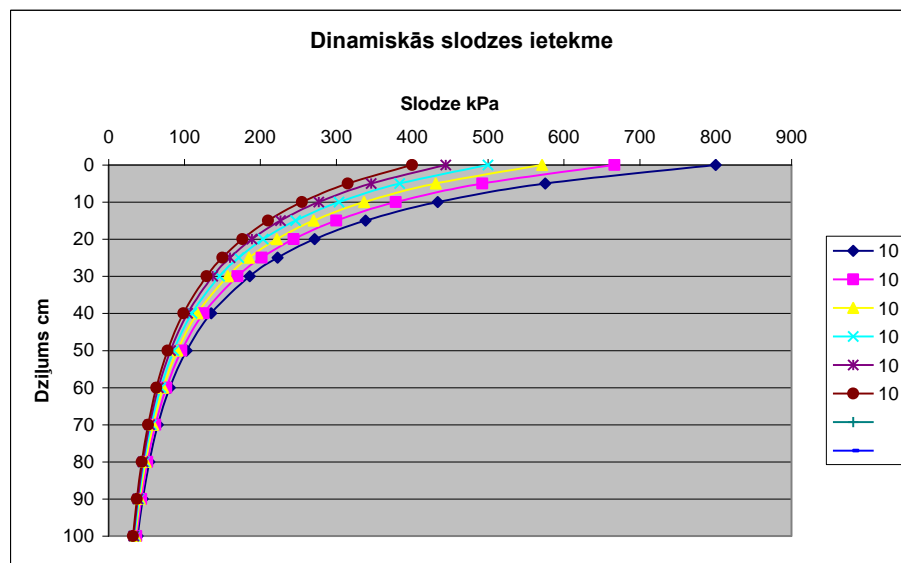
Iekšējās berzes leņķis lielā mērā ir atkarīgs no materiāla granulometrijas, vienmērīgas granulometrijas materiāliem šis leņķis vienmēr ir lielāks.

#### 4.3.4. Braukšanas ātruma ietekme uz ceļa konstrukciju

Kravas transportlīdzeklim pārvietojoties, ceļa virsmas nelīdzenums izraisa transportlīdzekļa svārstības un līdz ar to izsauc slodzes iedarbības dinamisku raksturu. Šī iedarbība tiek izteikta ar slodzes dinamiskuma koeficientu. Jo nelīdzenāks ceļš, jo lielākas svārstības, jo lielāka slodzes ietekme. Tādu pašu efektu izsauc arī ātrums – jo lielāks kustības ātrums, jo lielākas svārstības, jo lielāka slodzes ietekme. Praktiskos apstākļos transportlīdzekļu slodzei vienmēr ir dinamisks raksturs. Teorētiski dinamiskuma koeficienta ietekme ir attēlota 13.attēlā:

##### Dinamiskās slodzes ietekme

Ass slodze	10	10	10	10	10	10			t
Spiediens riepās	8	8	8	8	8	8			Bar
Slodzes izplatīšanās leņķis	45	45	45	45	45	45			
Dinamiskās slodzes koef.	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2			
Riepas saskares virsmas diametrs	28	31	33	35	37	39			cm
Slodze (kPa) uz ceļa konstrukcijas materiāliem dažādos dziļumos (cm)									
0	800	667	571	500	444	400			
5	575	493	431	384	346	315			
10	434	379	337	304	277	255			
15	339	300	270	246	227	210			
20	272	244	222	204	189	176			
25	223	202	185	171	160	150			
30	186	170	157	146	137	129			
40	135	125	117	110	104	99			
50	103	96	90	86	82	78			
60	81	76	72	69	66	63			
70	65	62	59	56	54	52			
80	54	51	49	47	45	44			
90	45	43	41	40	38	37			
100	38	37	35	34	33	32			



Slodzes dinamiskās īpašības visvairāk ietekmē seguma virsmu.  
Slodzes dinamiskuma ietekme samazinās dziļumā.  
Jau 30cm dziļumā slodzes dinamiskuma ietekme ir neliela.

#### 13.ATTĒLS Dinamiskās slodzes ietekme uz ceļa konstrukciju



Slodzes dinamiskai iedarbībai vislielākā ietekme ir uz seguma virsmu. Ja seguma materiālam ir maza bīdes pretestība (mālainas gruntis vai sausa smiltis) dinamiskai slodzei ir liela nozīme. Tas nozīmē, ka šādi ceļi ir jāuztur līdzīgi un transportlīdzekļu pārvietošanās ātrums nedrīkst būt liels.

#### **4.3.5. Satiksmes intensitātes ietekme**

Vispārīgi var uzskatīt, ka katrs transportlīdzekļa pābrauciens atstāj paliekošu deformāciju ceļa konstrukcijā. Visas deformācijas summējas t.i.kopējā deformācija ir visu pābraucienu izraisīto deformāciju summa. Katra ceļa konstrukcija ir piemērota noteikta daudzuma normēto ass slodžu (NAS) pārlaišanai. Teorētiski pābraucot 1000 NAS vienā dienā vai 1000 NAS viena gada laikā, paliekošās deformācijas lielums ir vienāds.

Praktiski novērojumi liecina, ka, lai pēc automobiļa pābrauciena atjaunotos elastīgā deformācija, ir nepieciešams laiks, Tā neatjaunojas momentāni pēc slodzes noņemšanas. Šis elastīgās deformācijas laiks dažādiem materiāliem var būt dažāds. Jebkurā gadījumā ir vēlams laika intervāls starp kravas transportlīdzekļu pābraucieniem. Praktiski šim laikam vajadzētu būt >1 min.

ROADEX II pētījumā minēts eksperiments, kad uzreiz piekrauts kravas transportlīdzeklis pābrauc 10 reizes pār vienu ceļa posmu, kura segums ir nesen atkūsis un ir pārmitrināts. Straujš sabrukums iestājas pie pēdējiem pābraucieniem. Ūdens tiek uzsūknēts no dziļākiem konstrukcija slāņiem virspusē, segums zaudē nestspēju. Veicot grunts spriegumu mērījumus, tika konstatēts, ka deformācijas atjaunošanās laiks ir 18 s pēc transportlīdzekļa pārbraukšanas. Ja netiek ļauta deformācijas atjaunošanās, notiek ūdens uzsūkšanās un ievērojams nestspējas zudums. Rekomendācija: transportlīdzekļiem jābrauc ar laika intervālu.

#### **4.3.6. LVM lietoto kravas transportlīdzekļu raksturojums**

LVM kokmateriālu transportēšanu veic līgumorganizācijas, kuru transportlīdzekļi tipi ir dažādi. LVM nav statistikas par izmantojamo transporta tehniskajiem parametriem. Kamēr nav precīzāku datu par kravas transportlīdzekļu tipiem, nosacīti, var iedalīt divus tipus – kravas transportlīdzeklis ar kravu un bez tās.

Paralēli šim pētījumam tiek veikts pētījums, kurā tiek pētīta riepu spiediena samazināšanas ietekme uz ceļa konstrukciju. Atskaites sagatavošanas brīdī – 2011.gada novembrī, vēl nav iegūti dati, kas būtu izmantojami nosakot MAC komplekso izmantošanas rādītāju.

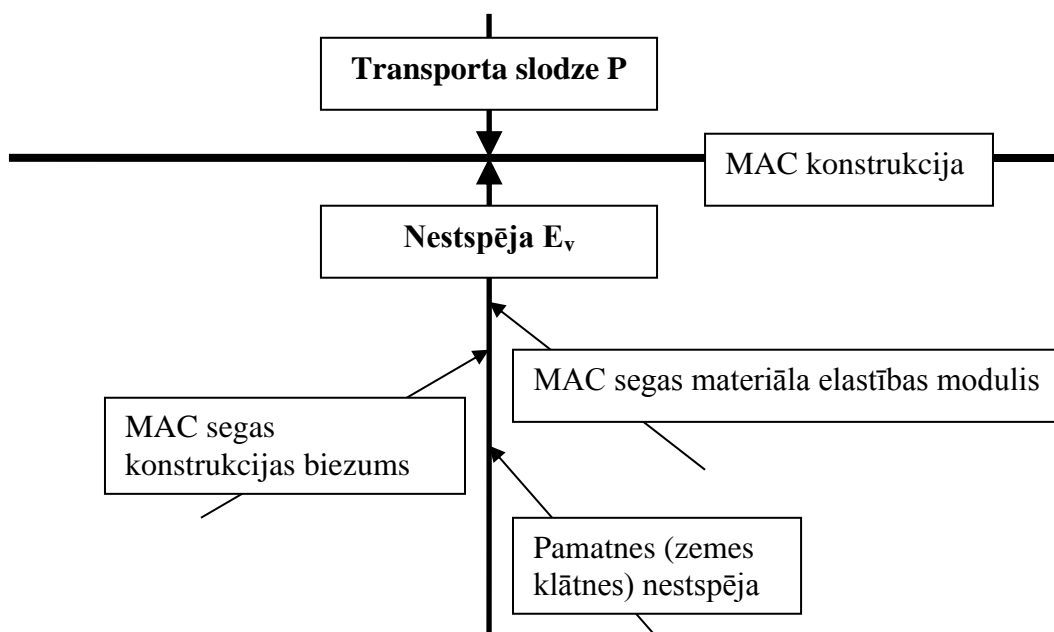
### **4.4. Ceļa konstrukcijas nestspēja**

#### **4.4.1. Vispārīgi**

Ceļa konstrukcijas nestspēja ir lielums, kas raksturo spēju izturēt slodzes. Šī pētījuma ietvaros nestspēja tiek apzīmēta ar lielumu  $E_v$ . Šāds apzīmējums tiek ļoti plaši lietots Eiropā, šī lieluma noteikšanai būvlaukumā ir izveidotas gan standartmetodes gan operatīvās testēšanas metodes.

Konstrukcijas nestspēju ietekmē pielietojamo materiālu elastības modulis, nesošo konstruktīvo kārtu biezums un pamatnes (zemes klātnes) nestspēja, skatīt 14.attēlu. Katru no šiem faktoriem savukārt ietekmē virkne citu faktoru, piemēram, elastības modulis ir atkarīgs no materiāla sablīvējuma pakāpes, granulometriskā sastāva, mitruma pakāpes u.c.

Nosakot visus nestspēju ietekmējošos faktoros un analizējot to ietekmi, var noteikt ceļa konstrukcijas nestspēju arī neveicot tiešus mērījumus uz vietas. Šādai netiešai nestspējas noteikšanas metodei ir ierobežota precizitāte, taču daudzos gadījumos šī precizitāte var būt pietiekoša.



#### 14. ATTEĒLS Galvenie MAC nestspēju ietekmējošie faktori

Katru no galvenajiem faktoriem savukārt ietekmē virkne citu faktoru.

#### 4.4.2. Nesošo kārtu materiālu īpašības

Galvenais parametrs, kas raksturo ceļa pamata un seguma materiālu ir elastības modulis. Elastības moduli pastarpināti var raksturot ar tādiem parametriem kā filtrācija, granulometriskais sastāvs, smalko daļiņu saturs u.c.

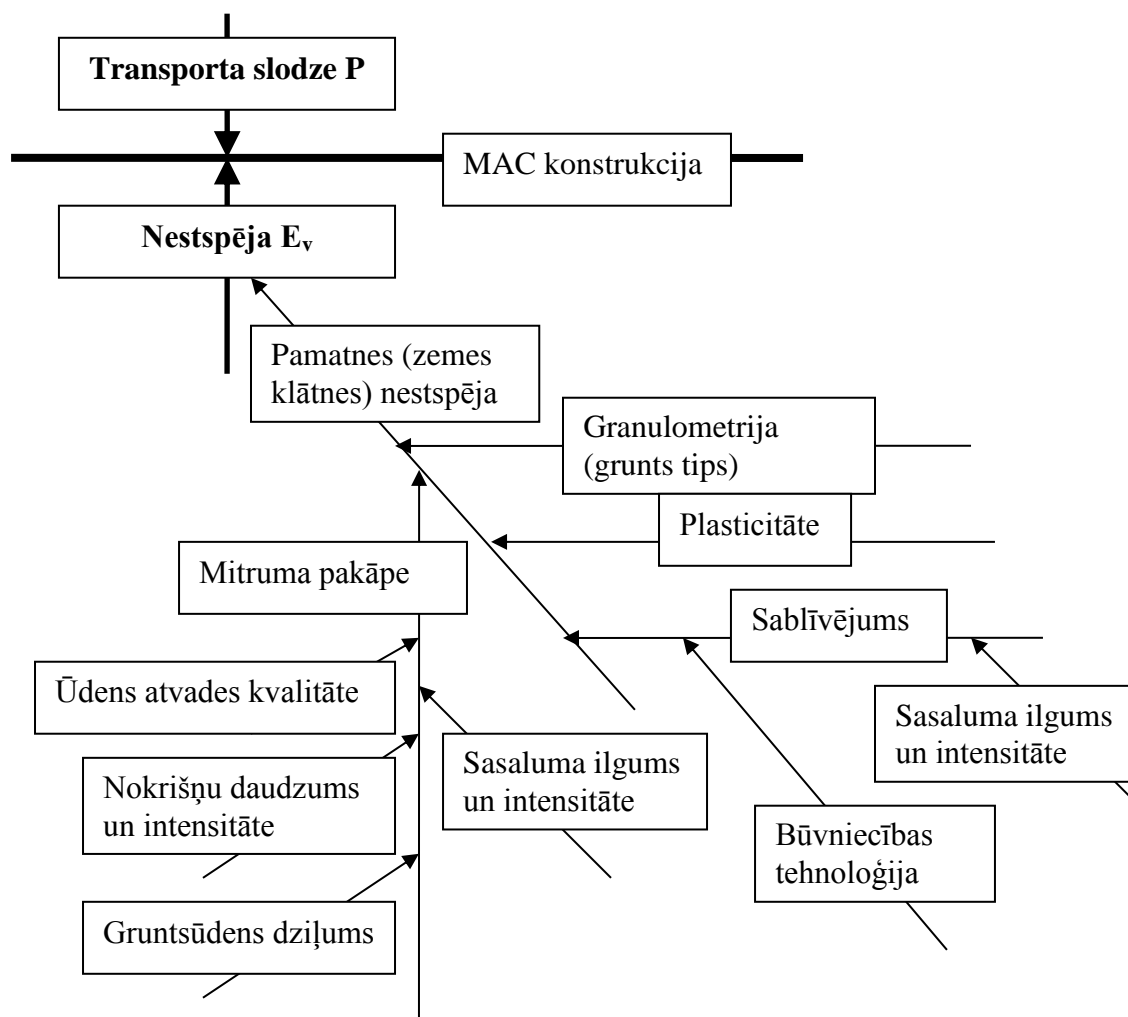
Optimālas granulometrijas minerālmateriālu maisījumiem elastības modulis ir augstāks, nekā vienādgraudu materiāliem. Augsta filtrācija un zems smalko daļiņu saturs samazina elastības moduļa samazināšanos mitruma ietekmē.

Pētījuma ietvaros tika noteikta materiāla īpašību ietekme uz ceļa nestspēju. Detāla informācija atrodama pētījuma pielikumā „Eksperimentālo MAC mērījumu un novērojumu vērtējums”.

#### 4.4.3. Zemes klātne

Viens no svarīgākajiem elementiem MAC nestspējas nodrošināšanai ir zemes klātne. Zemes ceļiem viens un tas pats materiāls kalpo gan kā zemes klātne, pamats un segums. Zemes klātne lielākoties ir veidots no esošajām gruntīm. Grunšu veidi ir samērā daudz, ar ļoti atšķirīgām ekspluatācijas īpašībām. Tāpat kā nesaistītiem pamatu un seguma materiāliem, zemes klātnes galvenais raksturotājs ir nestspēja. Nestspēja ir mainīgs lielums un tas ir atkarīgs no materiāla mitruma pakāpes. Jo mitrāks materiāls, jo nestspēja ir mazāka. Nestspējas lielums ir atkarīgs no grunts fizikāli mehāniskām īpašībām, sablīvējuma, mitruma pakāpes. Grunts deformatīvo īpašību raksturošanai tiek

lietoti tādi raksturlielumi kā CBR rādītājs, plasticitātes parametri, iekšējās berzes leņķis, granulometrija u.c. Dažādi ietekmējošie faktori ir attēloti 15.attēlā.



### 15.ATTĒLS Zemes klātnes nestspēju ietekmējošie faktori

Praktiskos apstākļos visu faktoru noteikšana ir ļoti darbietilpīga vai pat neiespējama, tādēļ zemes klātnes raksturošanai tika raksturoti ārējie mitruma pakāpi ietekmējošie faktori un paša zemes klātnes materiāla tips. Detalizētu tipu raksturojumu skatīt pielikumā „Eksperimentālo MAC mērījumu un novērojumu vērtējums”.

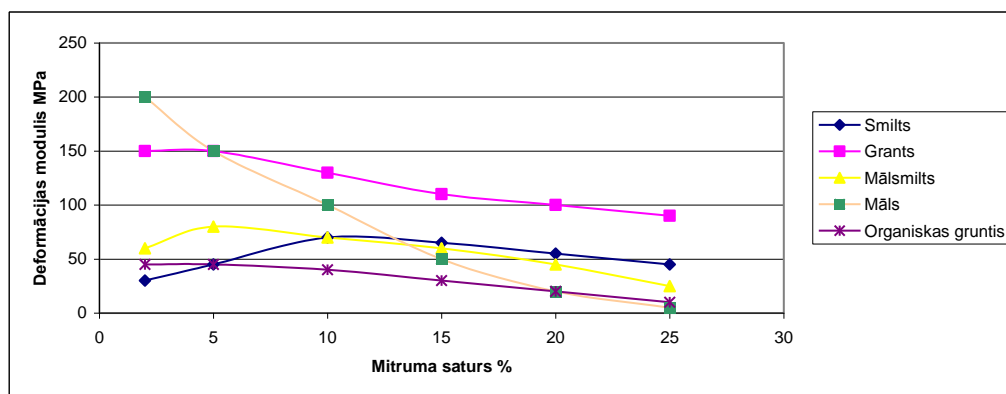
#### 4.4.4. Nesaistīto materiālu mitruma pakāpe

Daudzi pētījumi ir pierādījuši, ka mitruma pakāpei ir liela ietekme uz nesaistīto materiālu deformatīvajām īpašībām. Vislielākā pretestība slodzēm materiālam ir tad, kad tā mitrums ir tuvu optimālajam. Palielinoties mitruma saturam, deformācijas moduļa vērtība samazinās. Dažādiem materiāliem šis samazinājums ir atšķirīgs, smilšainiem un akmeņainiem, labi drenējošiem materiāliem šis samazinājums ir relatīvi neliels, taču mālainiem, putekļainiem, ar organisku samaisītiem materiāliem šis samazinājums ir ļoti būtisks.

16.attēlā parādīts piemērs, kas attēlo deformatīvo īpašību pasliktināšanos atkarībā no mitruma satura materiālā. Skaitliskās vērtības ir informatīvas, tās nav iegūtas pētījuma rezultātā, bet aptuveni pieņemtas, lai izveidotu grafisku attēlu.

Nesaistīto materiālu deformācijas moduļa izmaiņas atkarībā no mitruma

Mitruma %	2	5	10	15	20	25
Deformācijas modulis MPa						
Smilts	30	45	70	65	55	45
Grants	150	150	130	110	100	90
Mālsmilts	60	80	70	60	45	25
Māls	200	150	100	50	20	5
Organiskas gruntis	45	45	40	30	20	10



## 16.ATTĒLS Mitruma ietekme uz dažādu materiālu deformatīvām īpašībām

Mitruma uzkrāšanos nesaistītajās materiālu kārtās ietekmē vairāki faktori: paša materiāla īpašības, materiāla atrašanās vieta dabā (gruntsūdens dziļums, ūdens atvades sistēma), klimatiskie faktori (nokrišņu daudzums un intensitāte, ziemas sasaluma ilgums un intensitāte u.c.)

### 4.4.5. Vides faktori

Ar vides faktoriem šī pētījuma ietvaros tiek saprasts apstākļu raksturojums, kādā atrodas MAC. Vides faktori ir ūdensatvades sistēmas kvalitāte, nokrišņu daudzums un intensitāte, gaisa temperatūra, saules radiācijas intensitāte, ziemas sasaluma perioda ilgums un intensitāte, atkusuma straujums pavasarī u.c. Visi vides faktori ietekmē ceļa konstruktīvo slāņu nestspēju. Praktiski ir svarīgi tie vides faktori, kas ietekmē mitruma pakāpi un tās noturīgumu ceļa konstrukcijā. Šos faktoros var iedalīt klimatiskajos un hidrogeoloģiskajos.

## 5. KoMACir ietekmējošo faktoru mērīšanas metodes

### 5.1. Vispārīgi

Vispirms tika noteikti kādi parametri ir jāmēra un tad attiecīgi ar kādām metodēm mērījumi jāveic. Galvenais MAC ekspluatāciju ietekmējošais faktors ir ceļa nestspēja. Nestspēja savukārt ir

atkarīga no konstrukciju veidojošo materiālu īpašībām un konstruktīvo slāņu biezumiem. Pētījuma gaitā ir noteikts šo parametru ietekme uz nestspēju.

Ceļa konstrukcijas nestspēja ir mainīga, atkarībā no materiālu mitruma pakāpes. Materiālu samitrināšanos vai žūšanu ietekmē meteoroloģiskie faktori – temperatūra, nokrišņi, vēja ātrums, saules intensitāte, gaisa mitrums u.c. Lai paredzētu MAC nestspējas izmaiņas, ir noteikta šo faktoru ietekmes likumsakarības.

Samazinoties mitrumam ceļa konstrukcijā, MAC nestspēja atjaunojas. Mitruma aizplūšanu ietekmē ūdens novades sistēma – ceļa virsmas šķērsslīpums, grāvju dziļums un to ūdens atvades efektivitāte.

Pētījuma ietvaros MAC nestspēju ietekmējošie faktori ir iedalīti trijās grupās – ceļa konstrukcijas parametri, ūdens novades sistēmas raksturotāji un meteoroloģiskie faktori.

## **5.2. Eksperimentālo mērījumu punkti**

4.nodaļā daļēji tika identificēti galvenie faktori, kas nosaka meža ceļa ekspluatācijas iespējas. Pētījuma ietvaros tika noteikta nestspēju ietekmējošo faktoru ietekme reālos apstākļos uz esošiem meža autoceļiem. Pavisam tika atlasīti divdesmit 3-4 km gari eksperimentālie meža ceļi, uz katra eksperimentālā ceļa tika ierīkoti 2-5 eksperimentālie punkti. Pavisam tika izveidoti 66 eksperimentālie punkti Gulbenes un Talsu rajonos, kuri aptver gandrīz visu ekspluatāciju ietekmējošo faktoru spektru. Ceļa konstrukcijas eksperimentālajos punktos ir ar atšķirīgu biezumu, atšķirīgu seguma materiālu, tie novietoti dažādos hidroģeoloģiskos apstākļos.

Šajos punktos tika mērīti nestspēju ietekmējošo faktoru lielumi un tika noteikta arī nestspēja ar viegla svara deflektometru. Nestspējas noteikšanai tika izmantots portatīvs vieglais krītošā svārsta deflektometrs Inspector 2. Šī iekārta ir viegli lietojama, tās mērīšanas diapazons ir no 25-300 MPa. Mērījumi tika veikti laika periodā no 2009.gada oktobra līdz 2011.gada jūnijam.

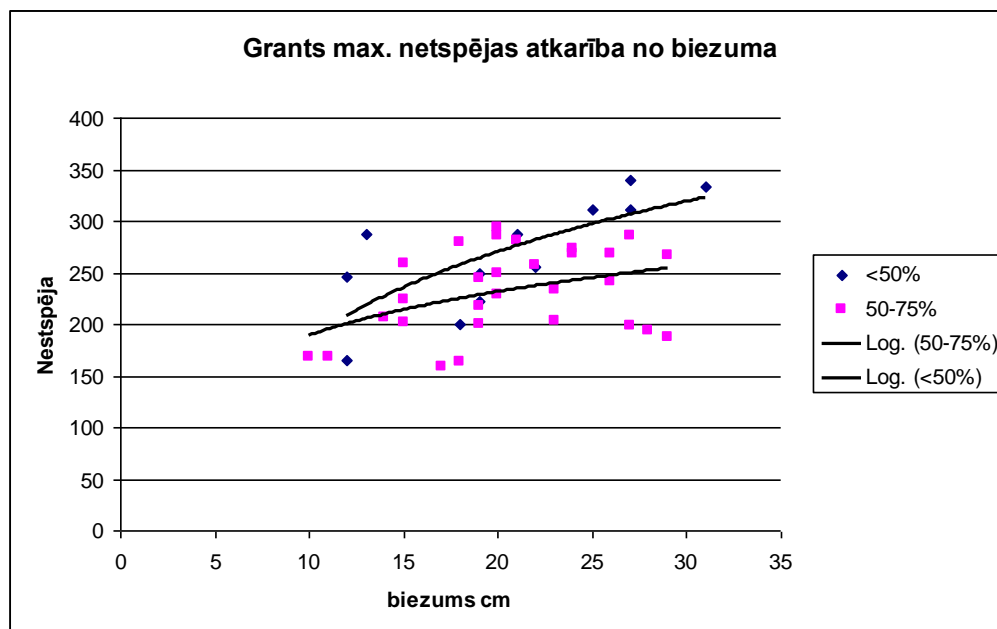
## **5.3. Ceļa konstrukcijas parametru mērīšana**

Visos eksperimentālos punktos ar viegla svara deflektometru tika noteikta nestspēja, atrakta konstrukcija, izmērīti slāņu biezumi. Noteikts virsējās kārtas materiāla granulometriskais sastāvs un esošais mitrums mērīšanas brīdī. Konstrukcijas biezuma mērīšanai ir izmantota metodiskie norādījumi „MAC konstruktīvo slāņu biezuma noteikšana”. Slāņu biezumi un materiālu granulometriskais sastāvs tika noteikti pētījuma sākumā – 2009.gada oktobrī un atkārtoti 2010.gada oktobrī. Nestspējas mērījumi tika veikti dažādos laikos, katrā punktā 5-12 reizes. Mērījumu dati ir apkopoti mērījumu protokolos.



**17.ATTĒLS**  $E_v$  noteikšana un konstrukcijas atrakšana eksperimentālajos punktos

Visi iegūtie dati ir apkopoti tabulās. Iegūstot pietiekoši lielu mērījumu skaitu, var analizēt atsevišķu faktoru ietekmi uz nestspēju. Piemēram, var noteikt, kā grants seguma biezums ietekmē konstrukcijas nestspēju (18.attēls).



**18.ATTĒLS** Grants slāņa biezuma ietekme uz nestspēju (piemērs)

## 5.4. MAC seguma materiāla īpašību mērīšana un klasifikācija

Visos eksperimentālajos punktos ar grants segumu tika ņemti seguma materiāla paraugi. Ja segums uz viena MAC vairākiem eksperimentālajiem punktiem bija līdzīgs, tad tika ņemts viens apvienotais paraugs no vairākiem punktiem, kas atrodas uz viena MAC. Bezseguma ceļiem, konstrukciju veidojošais materiāls tika raksturots vizuāli. Visiem paraugiem tika noteikts granulometriskais sastāvs un māla/putekļu daļiņu saturs. Testēšanas rezultāti ir apkopoti failā „Eksperimentālo MAC materiālu testēšanas rezultāti”.

Materiāli tika klasificēti pēc granulometriskā sastāva un māla/putekļu daļiņu satura. Klasifikācija ir noteikta pielikumā „Eksperimentālo MAC mērījumu un novērojumu vērtējums”. Šajā pielikumā ir novērtēta arī šo parametru ietekme uz MAC nestspēju.

## 5.5. Hidroģeoloģisko apstākļu mērīšana

Šajā pētījumā ar šo jēdzienu ir domāti mitruma apstākļi, kuros pastāvīgi atrodas meža ceļš – ūdens atvades sistēmas veids un kvalitāte, gruntsūdens līmeņa augstums, apvidus mitrumtips, reljefs, apkārtnes grunts tips.

Hidroģeoloģiskie apstākļi ir mitruma ietekmes pastiprinātājs vai samazinātājs. Hidroģeoloģija ietekmē arī klimatisko apstākļu ietekmes ilgumu. Pateicoties labai ūdens atvadei (grāvju sistēmai, reljefam) lietus ūdens tiek aizvadīts prom no ceļa konstrukcijas, līdz ar to ceļa nestspēja atjaunojas ātrāk, nekā ceļiem ar sliktu ūdens atvades sistēmu. Gruntsūdens līmenis un apkārtnes grunts tips ļoti ietekmē mitruma uzkrāšanos ceļa konstrukcijā ziemas sasalšanas laikā. Reģionos, kur ceļa pamatni veido smalkgraudainas gruntis un gruntsūdens līmenis ir augsts, pavasaros ir novērojams liels ceļa nestspējas zudums.

Hidroģeoloģisko apstākļu ietekmes raksturošanai ir izmantoti divi rādītāji – apvidus mitrumtips un ūdens atvades sistēmas kvalitāte. Apvidus mitrumtips tiek dalīts trīs klasēs;

- sauss apvidus,
- mitrs apvidus, kur pavasaros un pēc ilgstoša lietus ir novērojams paliekošs virszemes ūdens,
- pārmitrināts apvidus, kur ir novērojams pastāvīgs virszemes ūdens. Tās parasti ir purvainas vietas.

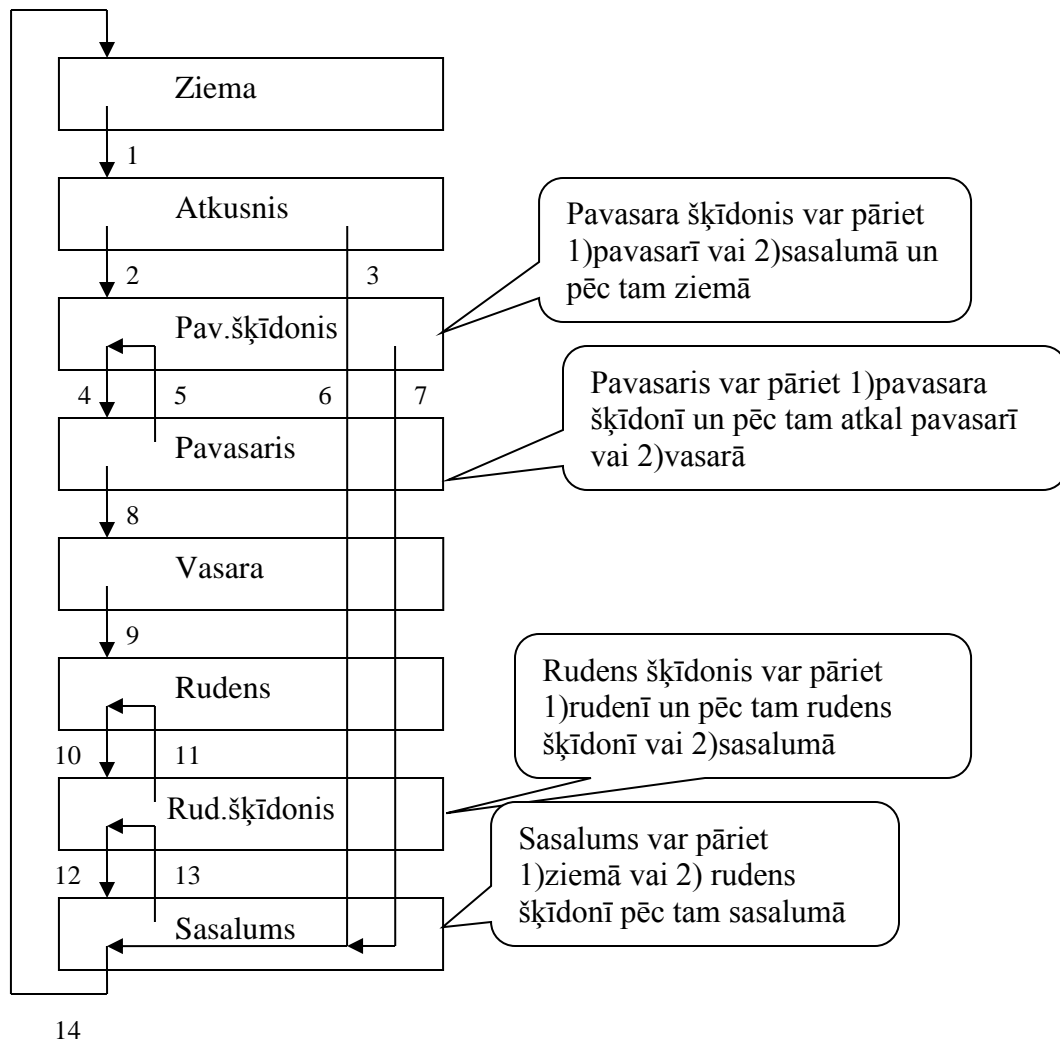
Ūdens atvades sistēmas kvalitāte tiek novērtēta piecu baļļu sistēmā, atkarībā no ceļa grāvju dziļuma.

Katram meža ceļam šie faktori tiek noteikti un reģistrēti datu bāzē. Iegūstot nestspējas mērījumu rezultātus pēc dažādas intensitātes lietus, var noteikt cik liela nozīme ir ūdens atvades sistēmai un apvidus mitrumtipam. Hidroģeoloģiskie apstākļi tiek klasificēti saskaņā ar metodiskajiem norādījumiem MAC ūdens atvades sistēmas novērtēšana.

## 5.6. Meteoroloģisko faktoru ietekmes mērīšana

### 5.6.1. Gadalaiki

MAC nestspēja dažādos gadalaikos ietekmē atšķirīgi faktori, piemēram, vasarā galvenais ietekmējošais faktors ir lietus intensitāte un ilgums. Rudenī ceļa žūšanu būtiski ietekmē gaisa temperatūra. Savukārt pavasarī nestspēju ietekmē ceļa sasalšanas un atkuššanas apstākļi. Pavisam ir nodalīti astoņi gadalaiki. Vispārīgi gadalaiku maiņas nosacījumi ir attēloti 19.attēlā.



## 19. ATTĒLS Gadalaiku maiņu nosacījumi

Precīzāk gadalaiku maiņas nosacījumi ir aprakstīti pielikumā „KoMACir algoritmi” un .xls failā „Nestspējas algoritmi”.

### 5.6.2. Lietus ietekme

Klimatisko faktoru ietekmi uz meža ceļa nestspēju var iedalīt divās grupās – pavasara atkusuma ietekme un lietus nokrišņu ietekme. Pavasara atkusuma ietekme aprakstīta pielikumā „Nestspējas izmaiņas pavasara periodā”. Pētījuma ietvaros uzmanība ir pievērsta lietus nokrišņu ietekmei uz meža ceļu ekspluatācijas iespējām. Sen ir zināma patiesība, ka nesaistītajām ceļa konstrukcijām samitrinoties, samazinās konstrukcijas nestspēja. Lielākoties konstrukciju samitrināšanos izraisa nokrišņi lietus veidā. Nokrišņu daudzums un intensitāte gada garumā ir ļoti mainīgi, līdz ar to meža ceļu seguma samitrināšanās un tai sekojošais nestspējas zudums arī ir mainīgi.

Nokrišņu daudzums un intensitāte tiek raksturoti ar diennakts laikā nolijušā lietus daudzumu milimetros (mm/dienn.). Svarīgs faktors ir arī nolijušā lietus daudzums pēdējā laika periodā, piemēram, vidējais lietus daudzums pēdējo 3 dienu laikā (mm/3 dienn), pēdējo 6 dienu laikā (mm/6 dienn.) un pēdējo 10 dienu laikā (mm/10 dienn.).

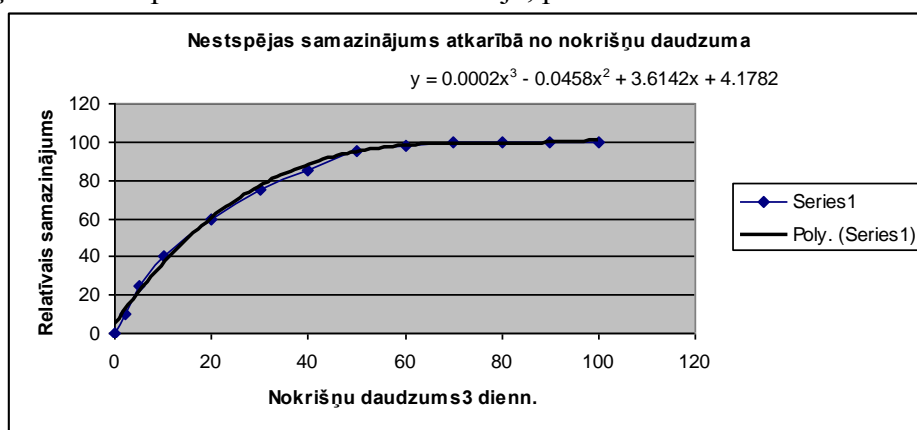


Lietus laikā ceļa konstrukcija samitrinās. Turpinoties lietum, mitrums sūcas arvien dziļāk. Seguma samaisīšanās ar ūdeni sekmē arī transportlīdzekļu kustība. Jo ilgāk lietus līst, jo konstrukcija vairāk piesātinās ar mitrumu, arvien vairāk samazinās nestspēja. Lietum izbeidzoties, konstrukcija sāk žūt un nestspēja atjaunojas. Tas nozīmē, ka ceļa konstrukcijas nestspēju ietekmē ne tikai lietus daudzums, kas nolijis pēdējās diennakts laikā, bet arī daudzums, kas nolijis vairāku pēdējo diennakšu laikā.

Lietus daudzuma mērīšanai tiek izmantoti faktisko nokrišņu dati no valsts meteostacijām. Šajās stacijās katru dienu tiek noteikts faktiski nolijušā lietus daudzums milimetros stacijas atrašanās vietā. Eksperimentālie mērījumu punkti ir novietoti līdz 20km attālumā no šīm stacijām. Tas, protams, negarantē vienādu lietus daudzumu meteostacijā un eksperimentālo mērījumu punktā, taču sākotnēji tiek pieņemts, ka atšķirības nebūs lielas. Jo tuvāk eksperimentālo mērījumu punkts atrodas meteostacijai, jo ticamāki rezultāti. Darba gaitā paredzēts šīs atšķirības novērtēt.

Eksperimentālajos punktos tika noteikta nestspēja sausā laikā un pēc dažādas intensitātes lietus. Šādi ir iespējams novērtēt nokrišņu ietekmi uz nestspēju dažādām konstrukcijām dažādos apstākļos.

Nokrišņu ietekmi apraksta matemātiska funkcija, piemērs redzams 20.attēlā.



**20.ATTĒLS Gadalaiku maiņu**

Attēlā redzama funkcija, kas raksturo nestspējas kritumu MAC atkarībā no nokrišņu daudzuma vasaras un rudens periodā. Precīzāk un vairāk par lietus ietekmi uz nestspēju ir pielikumā „KoMACir algoritmi” un .xls failā „Nestspējas algoritmi”.

### 5.6.3. Meteoroloģisko apstākļu datu iegūšana Latvijā

Meteoroloģiskie dati nepieciešami, lai noteiktu (aprēķinātu) MAC nestspēju, neveicot tiešus nestspējas mērījumus. Pagaidām par būtiskākajiem datiem ir pieņemti nokrišņu daudzums un gaisa temperatūra.

Latvijā meteoroloģisko datu reģistrēšanu un prognozi visai Latvijas teritorijai veic divi uzņēmumi – Latvijas Vides, Ģeoloģijas un Meteoroloģijas aģentūra (19 novērojumu stacijas) SIA Integrētās audzēšanas skola (5 novērojumu stacijas). Meteoroloģisko prognozi ir iespējams iegūt arī no citiem avotiem, piemēram, [www.gismeteo.ru](http://www.gismeteo.ru) vai [www.windguru.cz](http://www.windguru.cz) u.c., taču šie pakalpojumu sniedzēji neveic faktiskās meteoroloģiskās informācijas fiksēšanu, kā arī prognoze ir vispārīgāka, domāta plašākai teritorijai.

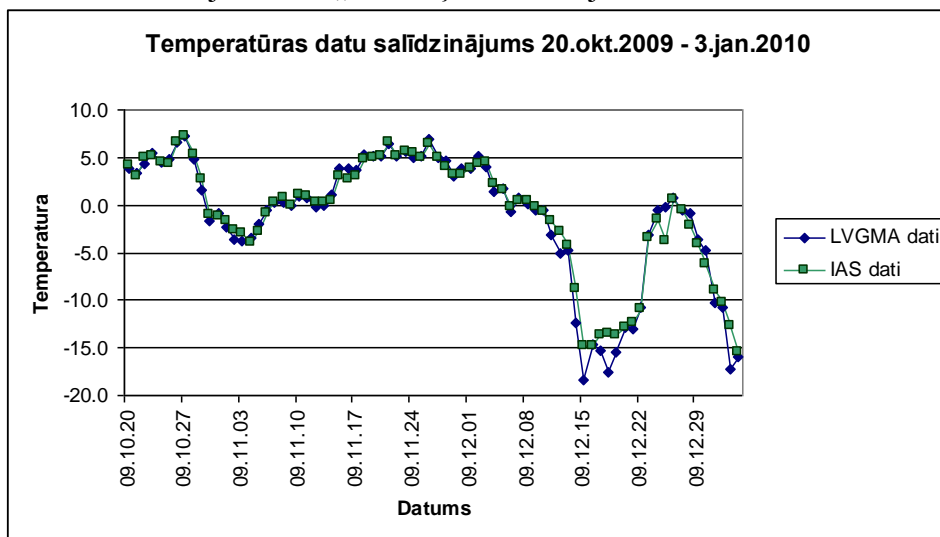
Ir iespējams arī uzstādīt privātas meteostacijas, kas aprīkotas ar datu raidītāju. Ir svarīgi, lai meteorodati tiktu saņemti operatīvi.

#### 5.6.4. Meteoroloģiskās informācijas piegādātāju novērtējums

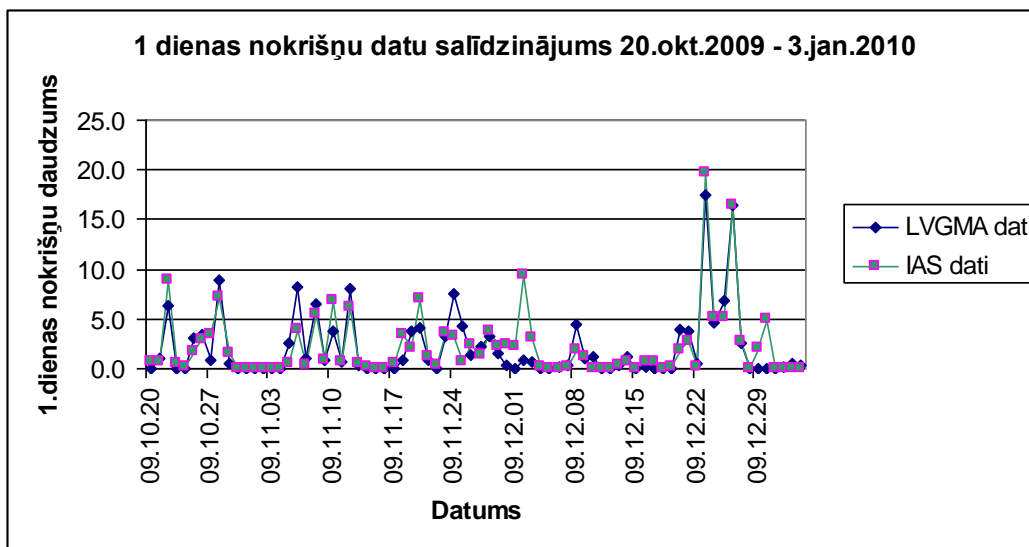
Pētījuma ietvaros tika veikta dažādu meteoroloģiskās informācijas piegādātāju informācijas novērtējums. Tika izvēlēti divi, jau augstāk pieminētie uzņēmumi, kuru rīcībā ir meteostacijas. Šīs abas organizācijas piegādāja gaisa temperatūras un nokrišņu daudzuma rādījumus diviem punktiem, no kuriem viens atrodas Stendē, otrs – Gulbenē. No LVĢMA tika saņemta faktiskā informācija, no SIA IAS prognožu dati par šiem punktiem. Laika periodā no 2009.10.20 – 2010.01.03 tika apkopoti un salīdzināti sekojoši dati:

- Diennakts vidējā temperatūra
- Diennakts vidējais nokrišņu daudzums
- Kopējais nokrišņu daudzums pēdējās trīs diennaktīs.

Rezultāti ir apkopoti grafikos. 21., 22. un 22.attēlā redzami piemēri, plašāku informāciju skatīt .xls failā „Meteorodatu salīdzinājums” un „Nokrišņu salīdzinājums”.

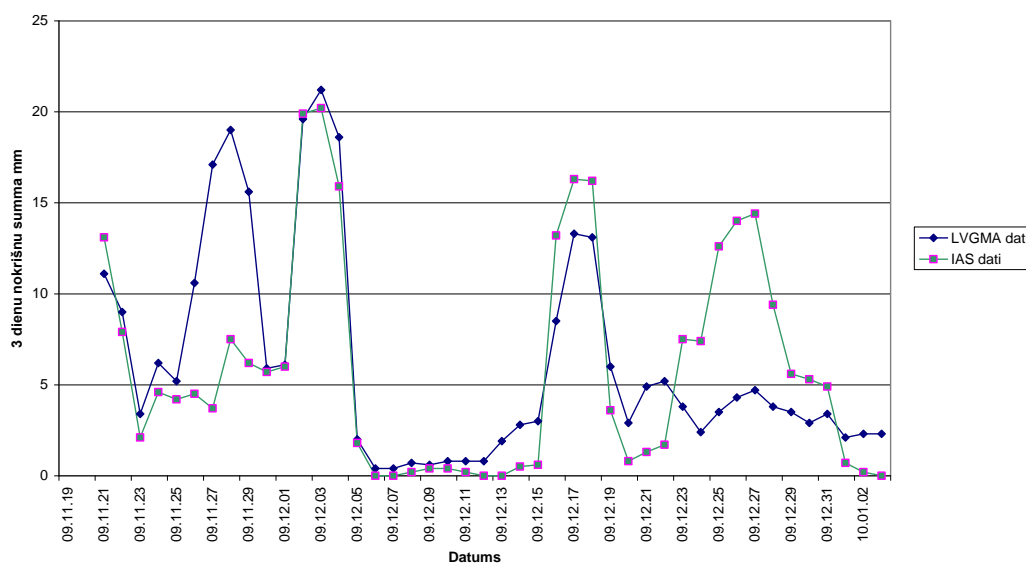


21.ATTĒLS LVGMA un IAS temperatūras salīdzinājums Gulbenē



## 22.ATTĒLS Nokrišņu salīdzinājums Gulbenē

3 dienu nokrišņu summas salīdzinājums 19.nov.2009 - 3.jan.2010



## 23.ATTĒLS 3 dienu nokrišņu summas salīdzinājums Stendē

Ir salīdzināti arī nokrišņu dati starp vairākām meteostacijām. Tika konstatēts, ka arī 70 km lielā attālumā nokrišņu atšķirības ir būtiskas. Šādi gadījumi nav bieži, <10%. Meteodatu informācija tiek uzkrāta, un to atšķirības tiks precizētas.

Vieni un tie paši vides faktori atstāj atšķirīgu iespaidu uz dažādu seguma tipu ceļiem. 20mm/diennaktī liels nokrišņu daudzums, meža ceļiem ar grants segumu neizraisa lielu nestspējas zudumu. Tāds pats nokrišņu daudzums var padarīt neizbraucamu meža ceļu ar dabīgas grunts (smilts, mālsmilts) segumu. Tas nozīmē, ka vides faktoru ietekme ir jāapskata kopā ar citiem meža ceļu raksturojošiem parametriem.

## 5.7. Transporta slodzes ietekmes mērišana

Transportlīdzekļu ietekmes sekas ir paliekošas deformācija ceļa konstrukcijā. Ceļa nestspēja ir galvenais faktors, kas nosaka deformāciju veidošanos. Lai novērtētu transportlīdzekļu izraisītās deformācijas, dažāda seguma meža ceļus ir jānovēro kokmateriālu izvešanas laikā. Papildus mērot nestspēju, ir iespējams noteikt robežu, pie kuras sāk veidoties paliekošas deformācijas un robežu pie kuras iestājas konstrukcijas sabrukums.

Ņemot vērā vispārīgus novērojums, kas veikti eksperimentālo MAC apsekošanas laikā, ir noteiktas nestspējas robežvērtības un transporta izraisītās deformācijas. Rezultāti apkopoti 2.tabulā.

**2.TABULA Transporta slodzes ietekme**

<b>Ekspluatācijas klase</b>	<b>KoMACir</b>	<b>Ekspluatācijas nosacījumi</b>	<b>Iespējamie defekti</b>
A	>300	Ceļš lietojams bez ierobežojumiem, šādi ceļi jācenšas maksimāli izmantot	Praktiski nav
B	220-300	Ceļš lietojams bez ierobežojumiem	Neliels seguma nodilums, rodas sīki virsmas defekti
C	160-220	Pārsvarā ceļš lietojams bez ierobežojumiem, ja segums ir pārmitrināts vai slapjš, satiksmi vēlams ierobežot.	Segumā veidojas defekti, kas jānovērš ar periodiskās uzturēšanas darbiem
D	110-160	Pārlaižamais transportlīdzekļu skaits ir ierobežots. Ekspluatācijas laikā periodiski jāveic seguma uzturēšana	Katrs automobiļa pārbrauciens rada nelielu paliekošu deformāciju.
E	70-110	Ekspluatācija ir ierobežota. Seguma pielīdzināšana nepieciešama ik pēc apm.10 pārbraucieniem	Katrs pārbrauciens rada ievērojamu paliekošu deformāciju
F	25-70	Ekspluatācija nav pieļaujama. Var pārbraukt dažādas kravas automobiļi	Ceļš tiek sagrauts pilnībā
G	<25	Visdrīzāk kravas automobilis pa šādu ceļu neizbrauks...	Ceļš tiek sagrauts pilnībā

Pētījuma turpinājumā, robežvērtības var tikt mainītas.

## 6. Iegūtie rezultāti

Visi mērītie MAC ceļu ekspluatāciju ietekmējošie būtiskie faktori ir apkopoti datu bāzē, kas dod iespēju tālākai datu analīzei. Datu bāze sastāv no nemainīgās un mainīgās daļas. Nemainīgajā daļā ir iekļauta informācija par eksperimentālā mērījuma punkta konstrukciju (slāņu biezumi, materiālu raksturojums u.c.). Mainīgajā daļā ir faktisko meteoapstākļu ietekmes faktoru lielumi.

Analizējot iegūtos datus, tika izstrādāta kompleksā MAC izmantošanas rādītāja aprēķina pirmā versija (pielikums „KoMACir algoritmi”).

Līdzšinējā pētījuma gaitā ir izstrādātas vairākas metodes MAC nestspēju ietekmējošo faktoru mērīšanai (skatīt pielikumus).

## **7. Turpmākā pētījuma gaita**

Saskaņā ar darba uzdevumu un pētījuma mērķiem, ir jāpārbauda un jāprecizē izstrādātie KoMACir algoritmi praksē. Saskaņā ar izstrādātajām metodikām, divos LVM iecirkņos ir novērtēti MAC. Vērtēšanu veica LVM speciālisti 2010.gada augustā – septembrī. Iegūtie dati ir apkopoti elektroniskā datu bāzē. Šajā datu bāzē katru dienu tiek apkopoti faktiskie nokrišņu un temperatūras dati un izrēķināts KoMACir katram novērtētajam MAC. Nākamajā pētījuma etapā tiks veikta šo vērtību pārbaude ar tiešiem nestspējas mērījumiem. Nepieciešamības gadījumā būs jākorģē KoMACir aprēķina algoritmi.

KoMACir algoritmu precizēšanu un MAC novērtēšanā iesaistīto darbinieku apmācību paredzēts pabeigt līdz 2014.gada pavasarim.

## Bibliogrāfija

1. ROADEX II pētījums par ceļu tīkla izmantošanu Eiropas ziemeļu teritorijās (2004)
2. VAS LVM izdotie dokumenti: MAC būvniecības specifikācijas, ceļu klasifikācija, kārtība MAC pārraudzībai u.c.

## Pielikumi

1. Nestspējas izmaiņas pavasara periodā (2011.06.10)
2. KoMACir algoritmi 1.versija (2011.05.01)
3. Metodiskie norādījumi „Operatīvā MAC ekspluatācijas iespēju novērtēšana” (2011.gada 30.maijs)
4. Eksperimentālo MAC mērījumu un novērojumu vērtējums (2010.11.29)
5. Meža autoceļu operatīvā ekspluatācijas vadības sistēma (ziņojums TRB konferencē 2010.gada 16.jūlijs)
6. Metodiskie norādījumi „Meža ceļa novērtēšana KoMACir pārbaudei” (2010.gada 30.jūnijs)
7. Metodiskie norādījumi „Vizuālā MAC būvmateriālu novērtēšana” (2010.gada 30.jūnijs)
8. Metodiskie norādījumi „MAC ūdens atvades sistēmas novērtēšana” (2010.gada 29.jūnijs)
9. Metodiskie norādījumi „MAC konstruktīvo slāņu biezuma noteikšana” (2010.gada 15.jūnijs)
10. Ar zinātniskās izpētes darbu saistīto Latvijas un Eiropas Savienības esošo normatīvo aktu regulējuma un ietekmes analīze. (2009.08.20)
11. Eksperimentālo MAC materiālu testēšanas rezultāti (elektroniski .xls fails)
12. Minimālās un maksimālās nestspējas noteikšana (elektroniski .xls fails)
13. Nestspējas algoritmi (elektroniski .xls fails)
14. Nokrišņu ietekmes algoritms (elektroniski .xls fails)
15. Meteodatu salīdzinājums (elektroniski .xls fails)
16. Nokrišņu salīdzinājums (elektroniski .xls fails)

**Sagatavoja: Jānis Kivilands**

**29104707**

**[janis@celueksperts.lv](mailto:janis@celueksperts.lv)**