

Eksperimentālo MAC mērījumu un novērojumu vērtējums

Pielikums pētījumam „Meža autoceļu izmantošanas lēmuma pieņemšanas rīka izveide (kompleksais meža autoceļu izmantošanas rādītājs)”

Izstrādāts: 2010.gada 29.novembrī

Izstrādātājs:

SIA "Ceļu eksperts", Avenņu 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

Starpziņojums saturs

1.	KoMACir aprēķina secība	3
1.1.	Maksimālās nestspējas princips	3
1.2.	Minimālā nestspēja.....	3
1.3.	Ekspluatācijas robežvērtību (klašu) noteikšana	5
2.	Nestspēju ietekmējošie faktori.....	5
2.1.	MAC seguma īpašības	5
2.2.	MAC ekspluatācijas periodi.....	5
3.	Nestspējas noteikšana ceļiem ar segumu.....	6
3.1.	MAC seguma materiāla ietekme	6
3.1.1.	Seguma materiāla klasifikācija	6
3.1.2.	Rupjo daļiņu proporciju un slāņa biezuma ietekme	7
3.1.3.	Drupināto graudu satura ietekme	8
3.2.	Akmeņainas grants nestspējas noteikšana	8
3.2.1.	Maksimālā nestspēja.....	8
3.2.2.	Minimālā nestspēja	9
3.2.3.	Nestspējas samazināšanās nokrišņu ietekmē	10
3.2.4.	Nestspējas atjaunošanās.....	13
3.2.5.	Nestspēja pavasara periodā	13
3.2.6.	Seguma sablīvēšanās	14
3.2.7.	Nestspējas aprēķina algoritms.....	15
3.3.	Grants seguma nestspējas noteikšana.....	16
3.3.1.	Maksimālā nestspēja.....	16
3.3.2.	Minimālā nestspēja	17
3.3.3.	Nestspējas samazināšanās nokrišņu ietekmē	19
3.3.4.	Nestspējas atjaunošanās.....	22
3.3.5.	Nestspēja pavasara periodā	22
3.3.6.	Seguma sablīvēšanās	22
3.4.	Smilšainas grants nestspējas noteikšana.....	24
3.4.1.	Maksimālā nestspēja.....	24
3.4.2.	Minimālā nestspēja	25
3.4.3.	Nestspējas samazināšanās nokrišņu ietekmē	26
3.4.4.	Nestspējas atjaunošanās.....	28
3.4.5.	Nestspēja pavasara periodā	28
3.4.6.	Seguma sablīvēšanās	29
3.5.	Dolomīta šķembu seguma nestspējas noteikšana.....	30
4.	Nestspējas noteikšana ceļiem bez seguma	30
4.1.	Drenējošas smilts ceļi	30
4.1.1.	Nestspējas izmaiņas	30
4.1.2.	Nestspēju ietekmējošie faktori un aprēķins	30
4.2.	Smilts ceļi	32
4.2.1.	Nestspējas izmaiņas.....	32
4.2.2.	Nestspēju ietekmējošie faktori un aprēķins	33
5.	Ekspluatācijas klases	35
5.1.	Robežvērtību noteikšanas kritēriji.....	35
5.2.	KoMACir pielietojums un aprēķins	36

1. KoMACir aprēķina secība

1.1. Maksimālās nestspējas princips

Katram ceļam, ar vai bez seguma, noteiktos apstākļos piemīt nestspēja, kuru var uzskatīt par maksimālo iespējamo. Maksimālā nestspēja ir panākama labvēlīgos apstākļos. Šie ideālie apstākļi var atšķirties, atkarībā no kāda materiāla ir veidota konstrukcija, piemēram, samērā tīrai smiltij un grantij maksimālā nestspēja būs tad, ja mitrums būs optimāls, savukārt mālainiem materiāliem, maksimālā nestspēja būs tad, ja mitrums būs zemāks par optimālo.

KoMACir aprēķina sākumpunkts ir maksimālā nestspēja, kas tiek panākta labvēlīgākajos apstākļos.

Pētījuma ietvaros, dažādām ceļa konstrukcijām tika noteikta maksimālā nestspēja veicot nestspējas mērījumus eksperimentātajos punktos. Par maksimālo nestspēju tika uzskatīta lielākā konstatētā skaitliskā vērtība, piemēram, 1.eksperimentālā MAC 1.punktā 2010.gadā tika veikti astoņi mērījumi, maksimālā vērtība – 269 MPa tika konstatēti 2010.gada 3.oktobrī, skatīt 1.tabulu. Šis lielums tika pieņemts par maksimālo.

1. TABULA Maksimālās nestspējas noteikšanas piemērs

MAC Nr.	Vieta	Dat.	Evid.
1	1	2010.07.20	218
1	1	2010.08.23	240
1	1	2010.06.15	241
1	1	2010.11.10	245
1	1	2010.11.22	248
1	1	2010.08.18	251
1	1	2010.04.17	268
1	1	2010.10.03	269

Maksimālās nestspējas noteikšana ir pirmais solis KoMACir noteikšanā.

1.2. Minimālā nestspēja

Nestspēja samazinās iedarbojoties nelabvēlīgiem apstākļiem – palielinoties mitrumam un samazinoties sablīvējumam, savukārt, nestspēja atjaunojas palielinoties sablīvējumam un samazinoties mitrumam. Izpētot šo faktoru ietekmi, var aprēķināt nestspējas izmaiņas.

Katrā eksperimentālajā punktā zemākā konstatētā (izmērītā) nestspēja ir pieņemta par minimālo nestspēju. Katrai konstrukcijai šī minimālā nestspēja ir atšķirīga un atkarīga no vairākiem faktoriem, tāpat kā maksimālā nestspēja. Piemēram, 1.eksperimentālā MAC 1. punkta minimālā nestspēja – 218 MPa ir konstatēta 2010.gada 20.jūlijā.

Minimālā nestspēja ir atkarīga no daudz vairāk mainīgajiem faktoriem nekā maksimālā nestspēja. Vienmēr pastāv iespēja, ka apstākļi būs vēl sliktāki un nestspēja samazināsies vēl vairāk, taču noteiktais minimālās nestspējas lielums dod iespēju novērtēt, kādi faktori un ar cik lielu intensitāti samazina maksimālo nestspēju. Šāda pieeja dod iespēju interpolēt un ekstrapolēt iegūtos rezultātus.

Faktiski minimālā nestspēja ir tā, pie kuras pa ceļu vairs nav iespējama kravas automobiļu satiksme. Daudzos eksperimentālajos punktos šī robeža tika konstatēta, skatīt 1.un 2.attēlu



1. ATTĒLS Ceļa nestspēja (apm.40 MPa) tuvu caurbraukšanas robežai



2. ATTĒLS Ceļa nestspēja (<20 MPa) – caurbraukšanas robeža

Nestspējas samazināšanos un atjaunošanos ietekmē dažādi faktori ar dažādu intensitāti. Eksperimentālo mērījumu gaitā ir noteikta katra eksperimentālā punkta minimālā un maksimālā nestspēja, kā arī vairāki starprezultāti. Papildus ir novērota defektu rašanās uz ceļa un iegūti dati par nokrišņiem un temperatūru eksperimentālo MAC tuvumā. Analizējot nestspējas izmaiņas un faktorus, kas ir izraisījuši izmaiņas, var noteikt katra faktora ietekmi uz dažādām MAC konstrukcijām.

Minimālās nestspējas noteikšana katram eksperimentālajam punktam un ietekmējošo faktoru analīze ir otrais solis KoMACir noteikšanā.

1.3. Eksploatācijas robežvērtību (klašu) noteikšana

Nestspēja ir galvenais noteicošais raksturlielums eksploatācijas klases noteikšanā. Eksploatācijas klase ir nespējas diapazons, kurā smagais transports atstāj noteikta lieluma deformācijas ceļa segā.

Nelielu iespaidu uz eksploatācijas klasi atstāj arī seguma īpatnības. Dažkārt tika novērota situācija, kad pie vienāda nokrišņu daudzuma samitrinoties dažādu segumu virsējai kārtai, bedrīšu veidošanās satiksmes ietekmē ir atšķirīga, kaut arī nestspēja saglabājas aptuveni vienāda.

Eksperimentālo punktu nestspējas mērīšanas laikā tika novērotas arī defektu veidošanās un izmaiņas. Novērojumi gan nav pilnīgi precīzi, jo bieži defektu novērojumu ķēdi pārtrauca periodiskās uzturēšanas darbi, sevišķi planēšana vai profilēšana. Mērāmās virsmas blīvums un deflektometra iegrime mērīšanas brīdī arī liecina par defektu veidošanās iespējām.

Eksploatācijas klašu un to pazīmju noteikšana ir trešais solis KoMACir noteikšanā.

2. Nestspēju ietekmējošie faktori

2.1. MAC seguma īpašības

Galvenais parametrs, kas lēcienvēidīgi ietekmē MAC nestspējas lielumu, ir seguma esamība. Ceļiem ar segumu nestspēja ir ievērojami lielāka, nekā ceļiem bez seguma. Arī nestspējas jutība pret nokrišņu ietekmi ir krasī atšķirīga. Šāds secinājums ir pamatojams ar nestspējas mērījumu rezultātiem un novērojumiem dabā.

Ceļš bez seguma - brauktuve no esošas smalkgraudainas grunts – smilts, mālsmilts, dažādu grunšu tipu maisījuma. Ja esošo grūnti veido grūntis, kurām rupjo daļiņu (>5,6mm) piemaisījums ir >5% no kopējās masas, tad šāds ceļš uzskatāms par ceļu ar segumu.

Ceļš ar segumu – ceļš ar speciāli būvētu, slodzi nesošu virsējo kārtu, kura veidota no nosacīti rupjgraudaina nesaistīta materiāla. Par rupjgraudainu uzskatāms materiāls, kurš satur daļiņas >5,6mm vismaz 5% no kopējās masas un daļiņas >0,5mm ir vismaz 30 % no kopējās masas. Ja nesošās kārtas biezums <5cm, tad šāds ceļš uzskatāms par ceļu bez seguma.

Turpmākā ceļa parametru un nokrišņu ietekme uz ceļa eksploatācijas īpašībām tiek pētīta atsevišķi ceļiem ar segumu un ceļiem bez seguma.

2.2. MAC eksploatācijas periodi

Dažādos gada periodos, ceļa konstrukcijas eksploatācijas iespējas (KoMACir) ietekmē dažādi klimatiskie faktori. Arī ceļa nestspējas izmaiņas ir atšķirīgas dažādos gada periodos,

piemēram, ceļa ūdens atvades sistēmas kvalitāte atstāj daudz lielāku iespaidu uz KoMACir pavasarī nekā vasarā vai rudenī, savukārt, ziemas periodā, pēc konstrukcija sasalšanas, ceļa seguma materiāla īpašībām praktiski nav ietekme uz ceļa ekspluatācijas iespējām.

Nosacīti var izdalīt trīs MAC ekspluatācijas periodus, kuros dažādiem, ceļa ekspluatāciju ietekmējošiem faktoriem, ir mainīga nozīme:

- Pavasaris. Sākas pēc konstrukcijas virsmas (līdz 5cm dziļumam) atkusuma sākuma un nosacīti beidzas pēc liekā konstrukcijas mitruma izžūšanas.
- Vasara – rudens. Ilgst no konstrukcijas izžūšanas pavasara beigās un turpinās līdz konstrukcijas sasalumam vismaz 10cm dziļumā.
- Ziemā. Šajā laika periodā konstrukcija ir sasalušā stāvoklī. Tās nestspēja ir ļoti liela, salīdzinot ar ekspluatācijas slodzēm. Šajā periodā nav nekādu ierobežojumu ceļa konstrukcijas ekspluatācijai. Dažkārt ziemas laikā var iestāties īslaicīgi „pavasara” periodi.

Katrā ekspluatācijas periodā KoMACir ietekmē atšķirīgi faktori ar atšķirīgu intensitāti. Turpmāk KoMACir noteikšanas likumi tiek pētīti katram ekspluatācijas periodam atsevišķi.

3. Nestspējas noteikšana ceļiem ar segumu

3.1. MAC seguma materiāla ietekme

3.1.1. Seguma materiāla klasifikācija

Galvenie parametri, kas ietekmē MAC ar segumu nestspēju ir materiāla granulometriskais sastāvs un seguma biezums. Praktisku apsvērumu dēļ granulometriskais sastāvs tiek raksturots ar diviem parametriem –rupjo daļiņu (>5,6mm) procentuālo daudzumu un māla/putekļu daļiņu daudzumu (<0,063mm). Svarīgs faktors labu deformatīvo īpašību nodrošināšanā ir granulometriskās līknes forma, kas raksturo dažāda izmēra daļiņu proporcijas maisījumā, taču šis faktors pagaidām netiek analizēts.

Atkarībā no rupjo daļiņu (>5,6mm) proporcijas, seguma materiālu iedala sekojoši:

2. TABULA MAC segumu klasifikācija

Nr.	Nosaukums	<5,6mm daļiņu saturs masas%	Citi raksturīgi parametri
1	Dolomīta šķembas	<60	-
2	Akmeņaina grants	<60	Dabā šāda grants sastopama reti
3	Grants	60-75	-
4	Smilšaina grants	75-95	Daļiņu saturam >0,5mm jābūt vismaz 30 % no kopējās masas

Atkarībā no māla/ putekļu daļiņu satura (<0,063mm) materiālus iedala sekojoši :

3. TABULA Materiālu iedalījums pēc tīrības

Nr.	<0,063mm daļiņu procentuālais saturs	Materiāla tīrība
1	<7%	Tīrs

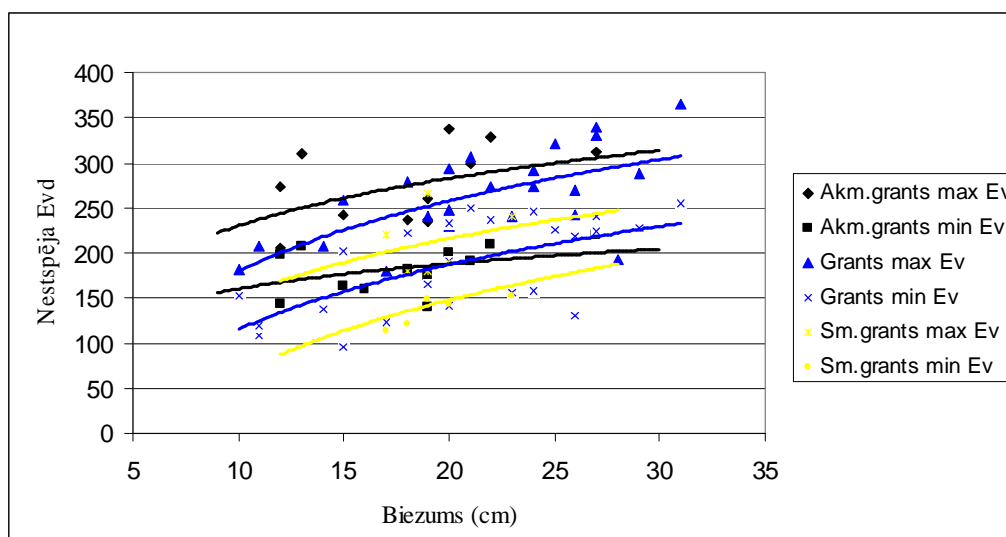
2	7-12%	Vidēji tīrs
3	>12%	Mālais

Materiāla tīrības klasifikācijas tiek izmantota arī smilts raksturošanai.

3.1.2. Rupjo daļiņu proporciju un slāņa biezuma ietekme

Katrā eksperimentālajā punktā nestspēja gada laikā mainās no minimālās līdz maksimālajai vērtībai. Šo izmaiņu amplitūdu un straujumu, lielākoties ietekmē seguma materiāla granulometriskais sastāvs, seguma biezums, sablīvējums un mitruma pakāpe.

Nestspējas atkarība no rupjo daļiņu proporcijas un seguma biezuma ir attēlota 3.attēlā. Attēls ir papildināts ar līkni, kas raksturo vidējo mērījuma kopas lielumu. Līkne tika izveidota izmantojot MS Excell automātisko funkciju noteikšanas komandu. Logaritmiskā un eksponentfunkcija dod praktiski vienādu rezultātu.



3. ATTĒLS. Grants seguma veida un biezuma ietekme uz nestspēju

Maksimālā un minimālā nestspēja ir eksperimentālo mērījumu gaitā konstatēta, attiecīgi, maksimālā un minimālā nestspēja 2010.gada vasaras un rudens periodā katram eksperimentālajam punktam. Eksperimentālie mērījumi tika veikti 10cm līdz 30cm biezām kārtām. Akmeņainas grants segumu biezums svārstījās no 12 līdz 27 cm taču nedaudz pagarinot (ekstrapolējot) iegūto līkni abos virzienos, var iegūt likumsakarību, kas darbojas biezuma diapazonā 10-30cm.

Kopumā var uzskatīt, ka pārsvarā MAC nestspēja vasaras – rudens laikā atrodas starp abām robežlīknēm. Novirzīšanos ārpus šīm līknēm nosaka papildus faktori, kas ir atšķirīgi no vidējā, piemēram, daļiņu saturs, kas <5,6mm ir tuvāk robežvērtībai 60%. Arī seguma sablīvējuma pakāpe nestspējas mērīšanas brīdī atstāj lielu ietekmi uz rezultātiem. Pēc seguma planēšanas vai profilēšanas seguma virsma tiek uzirdināta, kas ievērojami samazina nestspējas lielumu. Pieaugot sablīvējumam, atjaunojas arī nestspēja.

3.1.3. Drupināto graudu satura ietekme

Nestspēju palielinošs faktors ir materiālu apstrādes veids. Ja seguma materiāls satur šķautņainus (drupinātus) graudus, nestspēja parasti ir lielāka. Pagaidām tas nav noskaidrots plašos eksperimentālos mērījumos, taču 10. eksperimentālā MAC nestspējas mērījumos tika konstatēts, ka nestspēja ir aptuveni 10% lielāka nekā tāda paša biezuma dabīgas grants kārtai.

Ja seguma materiāls tiek klasificēts kā „drupināta grants”, tad nestspējas aprēķināšanai ir pielietojams palielinājuma koeficients $K_{dr} = 1,10$.

3.2. Akmeņainas grants nestspējas noteikšana

3.2.1. Maksimālā nestspēja

Akmeņainas grants segumam tika konstatētas lielākās minimālās un maksimālās nestspējas vērtības salīdzinot ar citiem grants veidiem (3.attēls).

Izmantojot MS Excell automātisko funkciju noteikšanu tika noteikts, ka maksimālo nestspēju (E_{max}) atkarībā no slāņa biezuma (x) var noteikt ar sekojošu funkciju:

$$E_{max} = 76.008 \ln(x) + 55.186$$

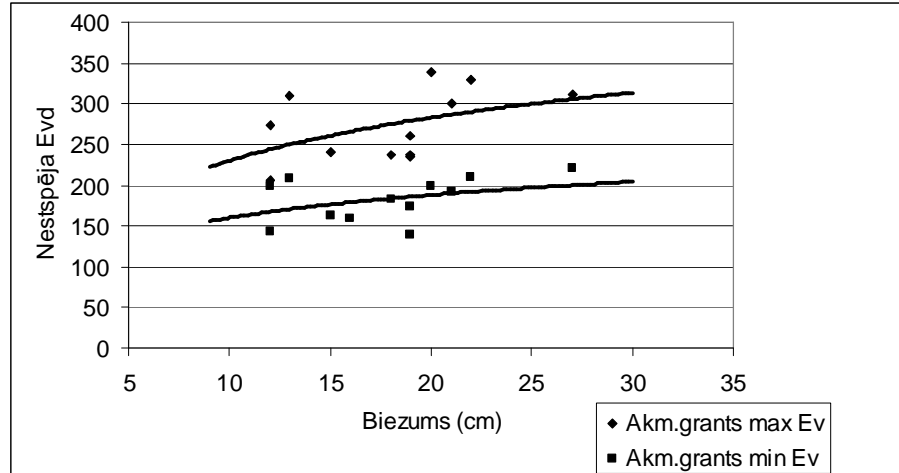
(3.2.1 formula)

Funkcija lietojama, ja slāņa biezums > 8 cm. Rezultāti apkopoti 4.tabulā.

4. TABULA Akmeņainas grants maksimālā nestspēja

Slāņa biezums	Nestspēja
8	213
10	230
12	244
14	256
16	266
18	275
20	283
22	290
24	297
26	303
28	308
30	314
32	319
34	323

Faktiskā nestspēja vienmēr atšķirsies no teorētiski aprēķinātās nestspējas, taču lielākoties atšķirības būs $< 15\%$. Turpmākos aprēķinos akmeņainas grants segumu maksimālās nestspējas noteikšanai paredzēts izmantot 3.2.1 formulu.



4. ATTĒLS. Akmeņainas grants seguma minimālā un maksimālā nestspēja

Pagaidām nav novērota māla/putekļu daļiņu ietekme uz akmeņainas grants seguma maksimālo nestspēju. Nav pārbaudīta arī dažādas pamatnes grunts ietekme uz maksimālo nestspēju, jo visos eksperimentālajos punktos, kur ir akmeņainas grants segums, pamatni veido līdzīgs materiāls smilts.

3.2.2. Minimālā nestspēja

Mērot nestspēju eksperimentālajos punktos, nestspējas lielums, kas liecinātu par iespējamo segas sabrukumu ekspluatācijas gaitā, netika konstatēts. Tas liecina, ka akmeņainas grants segumi pat 10cm biezumā jebkuros apstākļos nodrošina automobiļu caurbraukšanu. Mērījumos konstatētā minimālā nestspēja nav reāli iespējamā seguma minimālā nestspēja, jo ietekmējoši faktori var būt spēcīgāki kā novērojumu gadā. Izmērītā minimālā nestspēja attēlota 4.attēlā.

Svarīgāks rādītājs, kas liecina par nestspējas svārstībām ir minimālās un maksimālās nestspējas attiecība, kas raksturo maksimālās nestspējas samazināšanos.

(3.2.2 formula)

$$K_{E_{v \min}} = E_{\min} / E_{\max}$$

$K_{E_{v \min}}$ – mazākais nestspējas samazināšanās koeficients vasaras – rudens periodā.

E_{\min} – zemākā izmērītā nestspēja vasaras rudens periodā.

E_{\max} – maksimālā nestspēja.

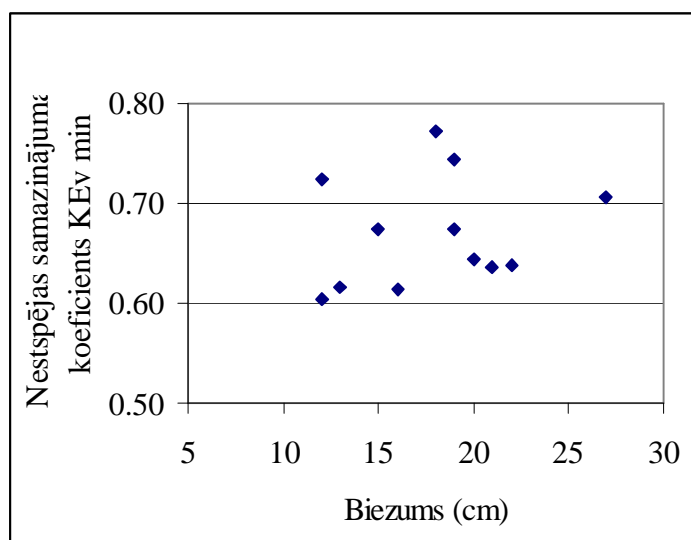
Akmeņainas grants seguma nestspējas samazināšanās koeficients dažādiem punktiem parādīts 5.tabulā.

5. TABULA Minimālais nestspējas samazināšanās koeficients vasaras rudens periodā

MAC			Min. nestspēja		Max.nestspēja		K_{E_v}
Nr.	Vieta	Tīrība	Datums	E_{\min}	Datums	E_{\max}	
22	1	tīra	2010.04.10	183	2010.11.08	237	0.77
28	1	tīra	2010.04.09	191	2010.11.08	300	0.64

22	2	tīra	2010.07.23	175	2010.11.08	235	0.74
28	2	tīra	2010.04.09	220	2010.08.20	311	0.71
8	1	vid.tīra	2010.04.19	163	2010.10.02	241	0.67
10	1	vid.tīra	2010.04.20	198	2010.10.02	274	0.72
8	2	vid.tīra	2010.11.10	199	2010.10.02	310	0.64
10	2	vid.tīra	2010.11.10	208	2010.10.02	338	0.62
24	3	vid.tīra	2010.04.10	139	2010.11.08	206	0.67
22	3	vid.tīra	2010.04.10	143	2010.11.08	236	0.60
10	3	vid.tīra	2010.07.14	210	2010.10.02	329	0.64
10	4	vid.tīra	2009.12.04	160	2010.10.02	260	0.61

Mazākā nestspējas samazinājuma koeficienta lieluma atkarība no kārta biezuma netika konstatēta. Rezultātu izkliede ir pārāk liela, skatīt 5.attēlu.



5. ATTĒLS Maksimālās nestspējas samazinājuma koeficienta atkarība no slāņa biezuma

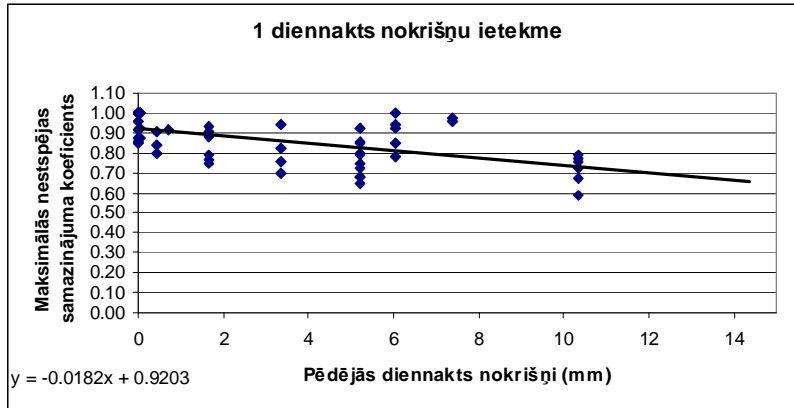
Maksimālās nestspējas samazinājuma koeficientu ietekmē seguma materiāla tīrība. Pagaidām nav izveidota plaša datu bāze, taču var pieņemt, ka tīras akmeņainas grants seguma nestspējas samazinājuma koeficients ir 0,64, vidēji tīras – 0,60. Tika pieņemtas mazākās vērtības, jo izvēle ir vērsta augstākas drošības virzienā. Šis pieņēmums ir jāpārbauda praksē.

Ūdens atvades kvalitāte, kuru raksturo mitrumtips, sistēmas veids un teknes raksturojums iespējams atstāj iespaidu uz nestspējas izmaiņām vasaras – rudens periodā, taču pagaidām šāda ietekme netika konstatēta.

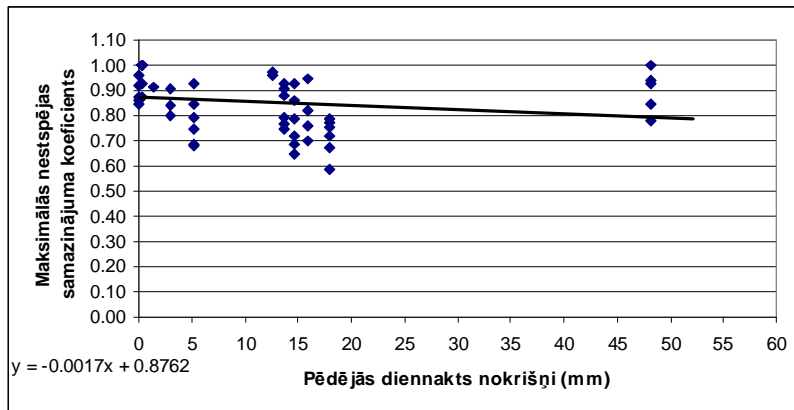
Zemes klātnes grunts vai drenējošā slāņa īpašību ietekme uz nestspēju netika konstatēta, jo visos eksperimentālajos punktos zem grants seguma ir smilts.

3.2.3. Nestspējas samazināšanās nokrišņu ietekmē

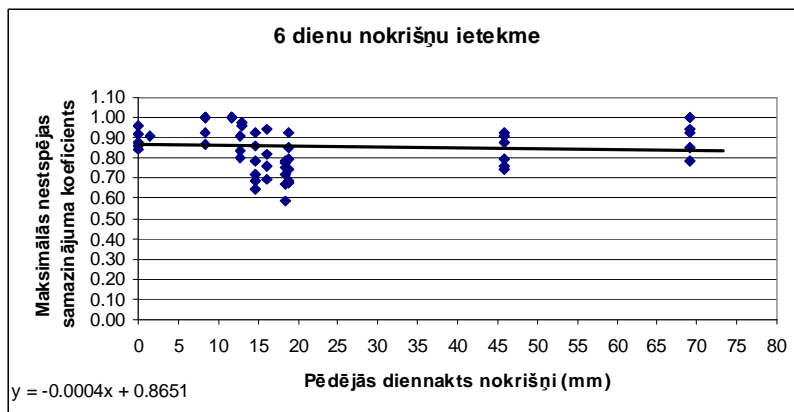
Ir noteikta 1; 3; 6 un 10 dienu nokrišņu summas ietekme uz ceļa nestspēju, skatīt 6; 7; 8 un 9 attēlu.



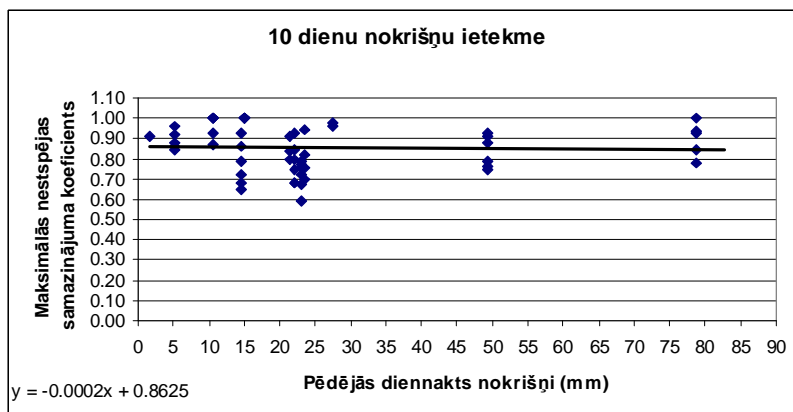
6. ATTĒLS 1.dienas nokrišņu ietekme uz nestspējas samazinājuma koeficientu



7. ATTĒLS 3.dienu nokrišņu ietekme uz nestspējas samazinājuma koeficientu



8. ATTĒLS 6.dienu nokrišņu ietekme uz nestspējas samazinājuma koeficientu



9. ATTĒLS 10.dienų nokrišņu ietekme uz nestspējas samazinājuma koeficientu

Var pieņemt, ka 6 un 10 dienu nokrišņu summa būtiski nesamazina nestspēju. Vislielākā ietekme uz nestspējas samazinājumu ir pēdējās diennakts nokrišņiem. Nestspējas samazinājumu aprēķina pēc lineāras sakarības (formula 3.2.3.a), atkarībā no pēdējās diennakts nokrišņu daudzuma mm (x):

(3.2.3.a formula)

$$K_{\text{nochr.1.d}} = -0.0182x + 0.94$$

Arī pēdējo 3.dienų nokrišņu daudzumam mm (x) ir ietekme uz nestspējas samazinājumu (3.2.3.b formula). 6 un 10 dienu nokrišņu ietekmi izsaka attiecīgi ar 3.2.3.c un 3.2.3.d formulām.

(3.2.3.b formula)

$$K_{\text{nochr.3.d}} = -0.0017x + 0.97$$

(3.2.3.c formula)

$$K_{\text{nochr.6.d}} = -0.0004x + 0.99$$

(3.2.3.d formula)

$$K_{\text{nochr.10.d}} = -0.0002x + 1$$

Visos gadījumos funkcijas ir pieņemtas lineāras un koriģētas konstantes, jo pie 0 nokrišņiem 10 dienu laikā, nestspēja visdrīzāk ir maksimāla. Šis likumsakarības darbojas laika periodā, kad segums ir atguvis sablīvējumu pēc sala pacēlumu atkušanas pavasarī. Praktiski tas ir laika periods no jūnija līdz ziemas sākumam. Aprēķina nestspēja tiek noteikta ar formulu 3.2.3.e:

(3.2.3.e formula)

$$E_v = E_{\text{max}} \times K_{\text{nochr.1.d}} \times K_{\text{nochr.3.d}} \times K_{\text{nochr.6.d}} \times K_{\text{nochr.10.d}}$$

Pagaidām tiek izmantota šāda nokrišņu ievērtēšanas sistēma. Sistēmas galvenā nepilnība, ka netiek novērtēts žūšanas ātrums.

Otra, precīzāka, nokrišņu ievērtēšanas sistēma būtu summējošā mitruma metode, kur tiktu teorētiski aprēķināts seguma mitrums, summējot katru dienu klāt nākušos nokrišņus un atņemot mitruma daudzumu kas iztvaiko vai aizsūcas projām no konstrukcijas. Šādā gadījumā varētu ievērtēt arī gaisa mitrumu, temperatūru, žūšanas apstākļu u.c. faktorus.

3.2.4. Nestspējas atjaunošanās

Pagaidām nestspējas atjaunošanās tiek ievērtēta aprēķinot nestspējas samazināšanās koeficientu, kurā tiek ievērtēts nokrišņu daudzums pēdējo 10 dienu laikā. Ir pieņemts, ka nokrišņi, kas bijuši pirms 10 dienām, akmeņainas grants seguma nestspēju neietekmē.

3.2.5. Nestspēja pavasara periodā

Vairākos eksperimentālajos punktos tika konstatēts, ka pēc ceļa konstrukcijas atkušanas un nožūšanas konstatētā nestspēja ir līdzīga kā rudenī pirms sasalšanas. Šāda likumsakarība tika novērota eksperimentālajos punktos 2.1; 2.2; 9.1; 9.3; 9.4; 10.4. Mērījumu datu trūkuma dēļ nevar spriest par šādas likumsakarības piemērošanu visiem grants segumiem. Lai prognozētu ceļa nestspēju pavasara atkusuma laikā, ir izmantoti teorētiski apsvērumi, kuri balstīti uz skaitliski neizmērāmiem novērojumiem. Ievācot plašākus mērījumu datus pavasara atkusuma periodā, nestspējas izmaiņas likumsakarības varēs pamatot ar mērījumiem.

Par pavasara sākumu jāuzskata brīdis, kad ir atkususi vairāk kā virsējie seguma 5cm. Parasti šis slānis ir piesātināts ar mitrumu, tam nav arī pietiekams sablīvējums. Ceļiem ar segumu šajā brīdī nestspēja ir viszemākā.

Pavasara beigas un vasaras sākums nav precīzi nosakāms. Praktiski vasaras sākums ir 2-6 nedēļas pēc atkusuma sākuma, vai 1-4 nedēļas pēc MAC pilnīgas atkušanas, kad ziemas laikā uzkrātais liekais mitrums ir izvadīts no seguma materiāla un sēkas seguma sablīvēšanās autotransporta slodzes ietekmē.

Nestspēju pēc atkušanas ietekmē faktiskais nestspējas lielums rudenī pirms sasalšanas, kā arī nokrišņu daudzums tieši pirms sasalšanas. Papildus mitruma uzkrāšanos ziemas laikā ceļa konstrukcijā ietekmē ūdens atvades raksturotāji un pamatnes grunts īpašības.

Orientējošs nestspējas aprēķins pavasara sākumā pēc konstrukcijas atkušanas E_{pav} :

(formula 3.2.5.a)

$$E_{pav} = E_{rud} \times K_{\text{ūd.atv.}} \times K_{\text{pam}} \times (1 - (E_{\text{max}} - E_{rud}) / 2 E_{\text{max}})$$

E_{rud} – aprēķinātā nestspēja rudenī tieši pirms sasalšanas.

$K_{\text{ūd.atv.}}$ – ūdens atvades koeficients

K_{pam} – pamatnes ietekmes koeficients

E_{max} – maksimālā konstrukcijas nestspēja

$1 - (E_{\text{max}} - E_{rud}) / 2 E_{\text{max}}$ – lielums, kas ievērtē maksimālās nestspējas samazinājumu rudenī.

Pieņemts, ka pavasarī nestspējas samazinājums ir 1/2 no rudens nestspējas samazinājuma. Liels nestspējas samazinājums rudenī liecina par seguma pārmitrināšanos. Ja sasalstot segums ir pārmitrināts, tad šis pārmitrinājums ievērojami arī samazinās nestspēju pavasarī. Pieņemts, ka šīs ietekmes funkcija ir lineāra, un ka to samazinošais faktors ir 2. Šie abi pieņēmumi ir jāpārbauda praksē.

Ūdens atvades koeficientu veido trīs parametri, kuru ietekmē tiek ievērtēta ar attiecīgiem koeficientiem – apvidus mitrumtips ($K_{\text{mitr.t.}}$), atvades sistēmas veids ($K_{\text{ūd.atv.v}}$) un teknes raksturojums (K_{tekne}) (3.2.5.b formula un 6.tabula):

(formula 3.2.5.b)

$$K_{\text{ūd.atv.}} = K_{\text{mitr.t.}} \times K_{\text{ūd.atv.v}} \times K_{\text{tekne}}$$

6. TABULA Ūdens atvades koeficienta noteikšanai nepieciešamie parametri

Mitrumtips	$K_{mitr.t}$	Ūdens atvades sistēmas veids	$K_{ūd.atv.v}$	Teknes raksturojums	K_{tekne}
Sauss	1.00	1	1.00	1	0.90
Mitrs	0.97	2	0.97	2	0.93
Slapjš	0.92	3	0.92	3	0.96
				4	0.98
				5	1.00

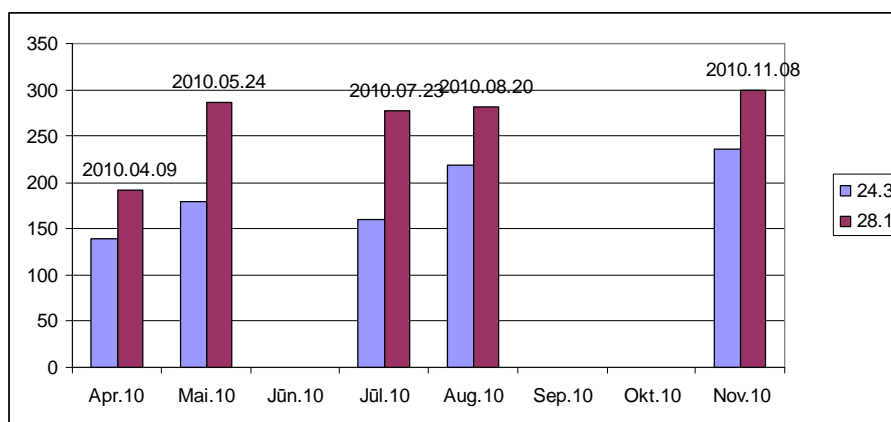
Pamatnes grunts ievērtēšanai jāizmanto pamatnes ietekmes koeficients K_{pam} . Tā skaitliskās vērtības ir dotas 7.tabulā.

7. TABULA Pamatnes ietekmes koeficienta vērtības

Zemes klātnes grunts	Pamatnes ietekmes koeficients K_{pam}		
	ar drenējošo slāni >20 cm	Ar drenējošo slāni 10-20cm	Bez drenējošā slāņa
Drenējoša smilts	1.00	1.00	1.00
Tīra smilts	1.00	0.98	0.95
Vid.tīra smilts	0.98	0.95	0.90
Mālaina smilts (mālsmilts, smilšmāls)	0.90	0.85	0.75

3.2.6. Seguma sablīvēšanās

Veicot atkārtotus mērījumus eksperimentālajos MAC punktos, tika konstatēts, ka 6 no 12 eksperimentālajiem punktiem ar akmeņainas grants segumu, nestspēja 2-3 nedēļas pēc segas atkusuma pavasarī ir 20-40% mazāka kā maksimālā nestspēja. Maijā nestspēja pieaug un turpmāk mainās atkarībā no nokrišņiem. 10.attēlā redzams piemērs punktu 24.3 un 28.1 nestspējas izmaiņām.



10. ATTĒLS Nestspējas izmaiņas gada laikā

Zema nestspēja pavasarī 2-6 nedēļas pēc atkusuma ir saistīta ar sala izraisītiem ceļa segas pacēlumiem. Pēc atkusuma un liekā mitruma izžūšanas segums nav pilnībā sablīvēts, tas tika novērots arī mērījumu veikšanas laikā. Pēc liekā mitruma izžūšanas, zema nestspēja nav objektīvs rādītājs, ja segums nav sablīvēts. Nesablīvēta seguma nestspēja pieaug pēc katra kravas automobiļa pārbrauciena pieaugot sablīvējumam. Salīdzinoši ar citiem seguma veidiem, akmeņainas grants segumiem nestspējas samazināšanās dēļ sablīvējuma zuduma, tika konstatēta reti.

Lai ievērtētu sablīvējuma zuduma ietekmi, tiek izmantots sablīvējuma ietekmes koeficients K_{sabl} , kura ietekme pazūd 6 nedēļas pēc konstrukcijas pilnīga atkusuma. Pieņemtais sablīvējuma ietekmes koeficients iekļauts 8.tabulā.

8. TABULA Sablīvējuma ietekmes koeficients

Nedēļa pēc segas atkusuma	K_{sabl}
3.	0.70
4.	0.80
5.	0.90
6.	0.95
7.	1.00

Koeficienti ir jāprecizē pēc novērojumu datiem turpmākos gados. Sablīvēšanās periods var būt dažāds. Jānosaka kritēriji, kā padarīt „elastīgu” periodu pēc atkusuma.

Parasti no 3. – 6. nedēļai notiek seguma sablīvēšanās un liekā mitruma aizplūšana no ceļa konstrukcijas. Pieņemts, ka sākot ar 7.nedēļu bez nokrišņu periodā var iegūt maksimālo nestspēju. Laika periodā no 3.-6.nedēļai, nestspēju aprēķina tāpat kā vasaras rudens periodā, papildinot ar sablīvējuma koeficientu no 8.tabulas.

(3.2.6 formula)

$$E_v = E_{max} \times K_{nokr.1.d} \times K_{nokr.3.d} \times K_{nokr.6.d} \times K_{nokr.10.d} \times K_{sabl}$$

3.2.7. Nestspējas aprēķina algoritms

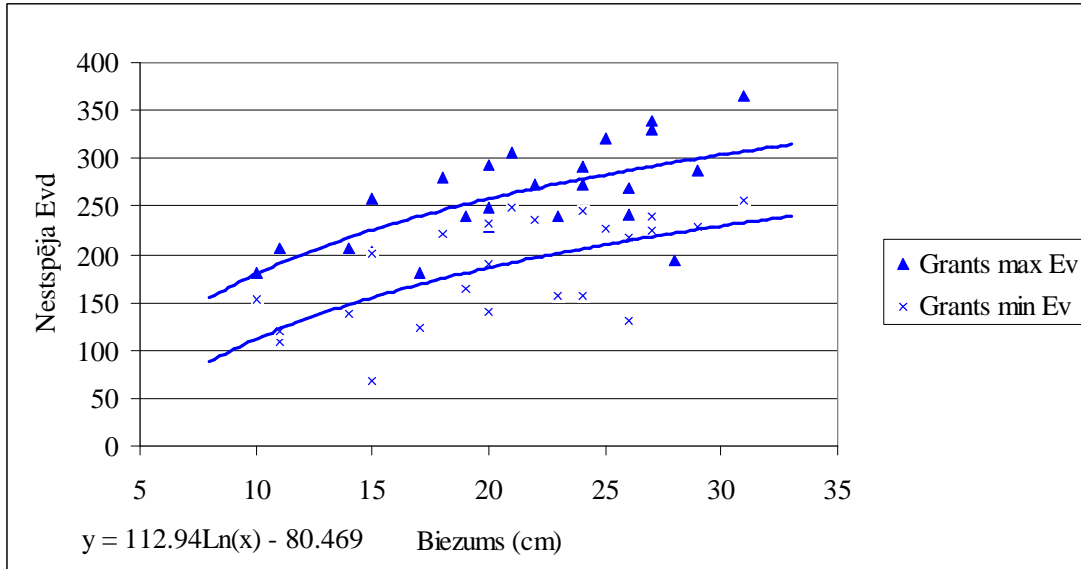
Nestspējas aprēķins dažādos gada periodos tiek veikts nedaudz atšķirīgi. Galvenais parametrs, kas ietekmē nestspēju dažādos gadalaikos ir maksimālā nestspēja E_{max} .

- Vispirms jānosaka E_{max} saskaņā ar 3.2.1 formulu, nepieciešamības gadījumā koriģējot ar drupināto graudu koeficientu K_{dr} .
- Vasaras - rudens periodā, apmēram 6 nedēļas pēc konstrukcijas atkušanas līdz konstrukcijas sasalšanai, nestspēja tiek aprēķināta ar 3.2.3.e formulu.
- Sasaluma laikā ceļi izmantojami bez ierobežojumiem.
- Atkušanas laikā (sākot ar virsējo 5cm atkušanu līdz pilnīgai konstrukcijas atkušanai, 1-2 nedēļas) nestspēja nav prognozējama.
- Uzreiz konstrukcijas atkušanas nestspēju nosaka ar formulu 3.2.5.
- Apmēram divu nedēļu laikā nestspēja, kas iegūta ar iepriekšminēto formulu, palielinās līdz nestspējai, kas noteikta ar 3.2.6 formulu
- Apmēram no 3. līdz 6. nedēļai nestspēju nosaka pēc 3.2.6 formulas.
- Jāatgriežas uz sākumu.

3.3. Grants seguma nestspējas noteikšana

3.3.1. Maksimālā nestspēja

Līdzīgi, kā rupjas grants segumam, grants segumam tika noteikta maksimālā nestspēja atkarībā no slāņa biezuma – 11.attēls.



11. ATTĒLS Grants seguma nestspējas atkarība no slāņa biezuma.

Izmantojot MS Excell automātisko funkciju noteikšanu tika noteikts, ka maksimālo nestspēju (y) atkarībā no slāņa biezuma (x) var noteikt ar sekojošu funkciju:

(3.3.1 formula)

$$y = 112.94\ln(x) - 80.469$$

Funkcija lietojama, ja slāņa biezums >8cm. Rezultāti apkopoti 9.tabulā.

9. TABULA Akmeņainas grants maksimālā nestspēja

Slāņa biezums	Nestspēja E_{max}
8	154
10	180
12	200
14	218
16	233
18	246
20	258
22	269
24	278

26	288
28	296
30	304
32	311
34	318

3.3.2. Minimālā nestspēja

Mērot nestspēju eksperimentālajos punktos, nestspējas lielums, kas liecinātu par iespējamo segas sabrukumu ekspluatācijas gaitā, netika konstatēts, taču vairākos gadījumos nestspēja tika konstatēta samērā zema. Ilgstošākas ekspluatācijas gaitā šādi ceļi tiktu sagrauti.

Vidēji akmeņaini grants segumi sliktos klimatiskos apstākļos var tikt sagrauti arī vasaras – rudens periodā. Mērījumos konstatētā minimālā nestspēja nav reāli iespējamā seguma minimālā nestspēja, jo ietekmējoši faktori var būt spēcīgāki kā novērojumu gadā. Izmērītā minimālā nestspēja attēlota 11.attēlā.

Koeficients, kas liecina par nestspējas svārstībām vasaras - rudens periodā ir minimālās un maksimālās nestspējas attiecība, kas raksturo maksimālās nestspējas samazināšanos. Tiek izmantota 3.3.2 formula

$$K_{Ev \min} = E_{\min}/E_{\max}$$

$K_{Ev \min}$ – mazākais nestspējas samazināšanās koeficients vasaras – rudens periodā.

E_{\min} – zemākā izmērītā nestspēja vasaras rudens periodā.

E_{\max} – maksimālā nestspēja.

Grants seguma nestspējas samazināšanās koeficients dažādiem punktiem parādīts 10.tabulā.

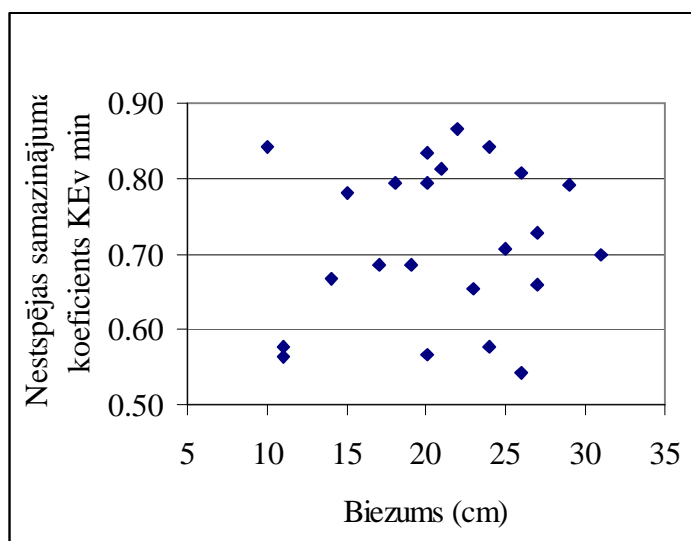
10. TABULA Minimālais nestspējas samazināšanās koeficients vasaras rudens periodā

MAC			Min. nestspēja		Max.nestspēja		K_{Ev}
Nr.	Vieta	Tīrība	Datums	E_{\min}	Datums	E_{\max}	
1	1	mālaina	2010.07.20	218	2010.10.03	269	0.81
1	2	mālaina	2010.11.10	191	2010.06.15	229	0.83
1	3	mālaina	2010.08.23	246	2010.10.03	292	0.84
2	1	vid.tīra	2009.12.06	109	2010.07.21	193	0.56
2	2	vid.tīra	2009.12.06	131	2010.07.21	242	0.54
2	3	vid.tīra	2010.11.22	153	2010.11.10	181	0.84
2	4	vid.tīra	2010.06.15	119	2010.10.03	207	0.58
3	1	vid.tīra	2010.11.10	158	2010.08.18	273	0.58
3	2	vid.tīra	2010.11.10	156	2010.10.03	240	0.65
4	1	vid.tīra	2010.11.10	249	2010.10.03	306	0.81
4	2	vid.tīra	2010.11.10	233	2010.07.21	293	0.79
12	3	tīra	2010.11.10	123	2010.10.02	180	0.68
21	1	vid.tīra	2010.04.10	240	2010.11.08	330	0.73
21	2	vid.tīra	2010.04.10	237	2010.11.08	273	0.87

21	3	vid.tīra	2010.05.25	228	2010.11.08	288	0.79
23	1	vid.tīra	2010.04.10	224	2010.05.25	340	0.66
23	2	vid.tīra	2010.04.10	256	2010.11.08	366	0.70
26	1	vid.tīra	2010.04.09	222	2010.05.24	280	0.79
26	2	vid.tīra	2010.07.23	202	2010.05.24	259	0.78
26	3	vid.tīra	2010.04.09	141	2010.08.20	249	0.57
27	2	vid.tīra	2010.04.09	226	2010.11.08	321	0.71
29	1	vid.tīra	2010.04.10	165	2010.11.08	241	0.68
29	3	vid.tīra	2010.04.10	138	2010.07.23	207	0.67
29	4	vid.tīra	2009.12.02	95	2010.07.23	202	0.47

Nestspējas samazinājuma koeficients $K_{Ev \min}$ svārstās robežās no 0,47 līdz 0,87. Tas nozīmē, ka vidēji akmeņainas grants nestspējas izmaiņas gada laikā ietekmē arī citi faktori.

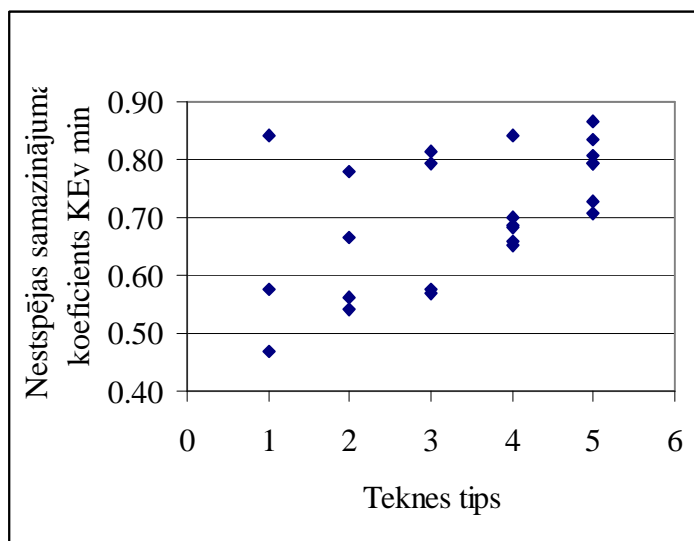
Mazākā nestspējas samazinājuma koeficienta lieluma atkarība no kārta biezuma netika konstatēta. Rezultātu izkliede ir pārāk liela, skatīt 12.attēlu.



12. ATTĒLS Maksimālās nestspējas samazinājuma koeficienta atkarība no slāņa biezuma

Materiāla tīrības ietekmi uz nestspējas izmaiņas koeficientu nevarēja konstatēt, jo eksperimentālie punkti ar mālainu un tīru granti bija tikai daži.

Ūdens atvades kvalitāte, kuru raksturo mitrumtips, sistēmas veids un teknes raksturojums, iespējams atstāj iespaidu uz nestspējas izmaiņām vasaras – rudens periodā. Teknes tips ietekmē nestspējas samazināšanās koeficientu, tas redzams 13.attēlā.



13. ATTĒLS Grāvju teknes tipa ietekme uz nestspējas svārstībām

Maksimālās nestspējas samazinājuma koeficients tiek pieņemts atkarībā no teknes tipa, pieņemot zemāko konstatēto vērtību katram tipam, skatīt 11.tabulu.

11. TABULA. Maksimālās nestspējas samazinājuma koeficienta atkarība no teknes tipa.

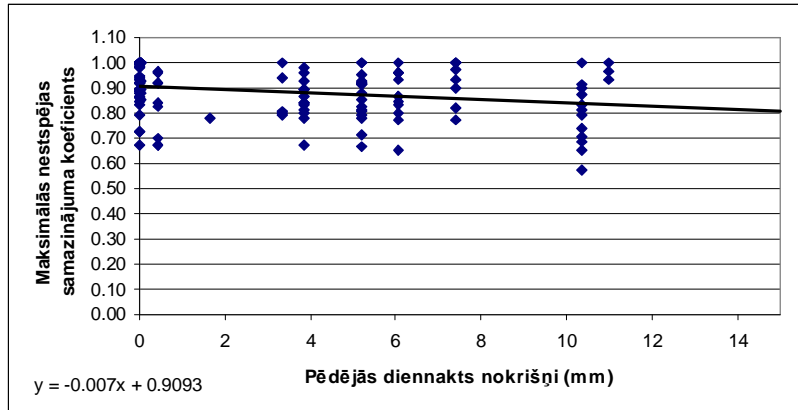
Teknes tips	$K_{Ev \min}$
1	0.47
2	0.53
3	0.59
4	0.65
5	0.71

Mitrumtipa un ūdens atvades sistēmas veida ietekme uz nestspēju vai tās izmaiņām netika konstatētas.

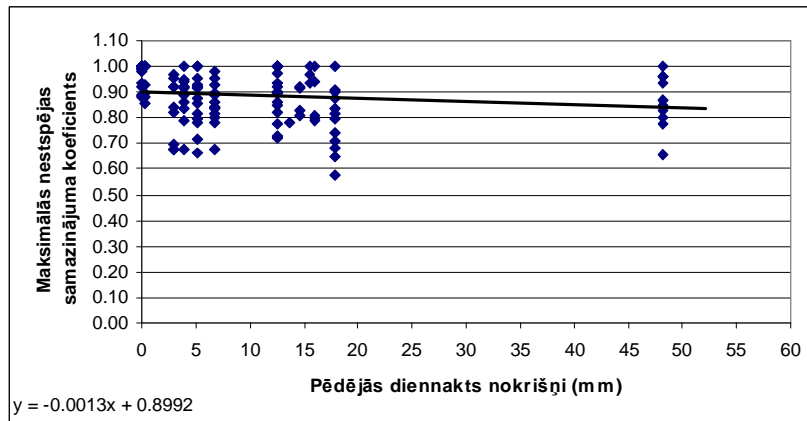
Zemes klātnes grunts vai drenējošā slāņa īpašību ietekme uz nestspēju un uz nestspējas izmaiņām netika konstatēta.

3.3.3. Nestspējas samazināšanās nokrišņu ietekmē

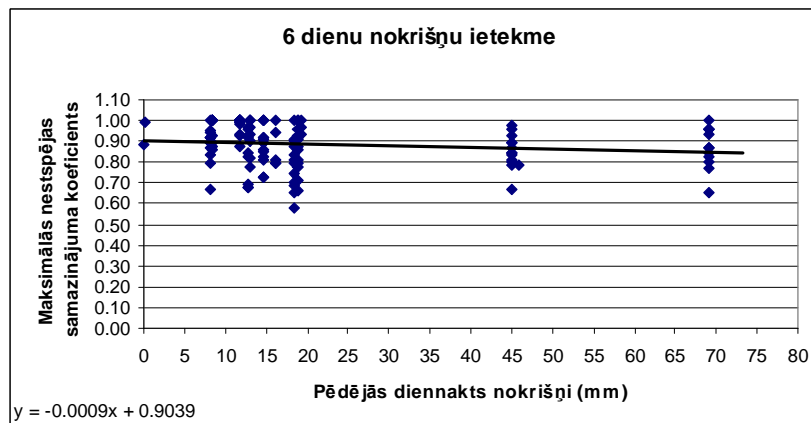
Ir noteikta 1; 3; 6 un 10 dienu nokrišņu summas ietekme uz ceļa nestspēju, skatīt 14; 15; 16 un 17 attēlu.



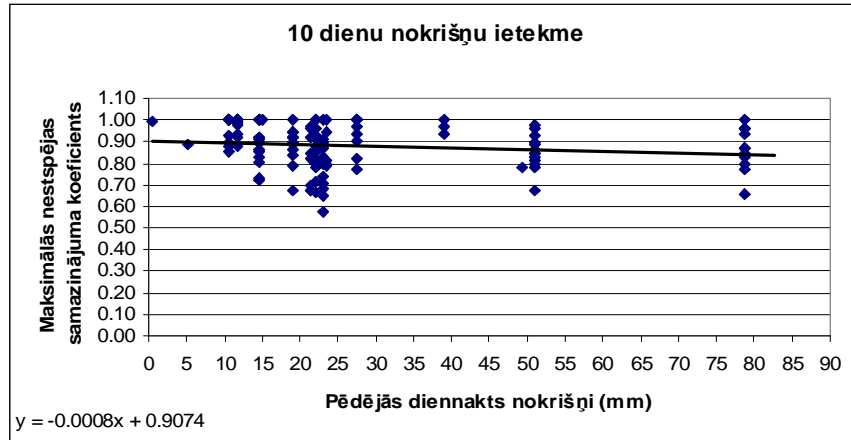
14. ATTĒLS 1.dienas nokrišņu ietekme uz nestspējas samazinājuma koeficientu



15. ATTĒLS 3.dienu nokrišņu ietekme uz nestspējas samazinājuma koeficientu



16. ATTĒLS 6.dienu nokrišņu ietekme uz nestspējas samazinājuma koeficientu



17. ATTĒLS 10.dienu nokrišņu ietekme uz nestspējas samazinājuma koeficientu

Vislielākā ietekme uz nestspējas samazinājumu ir pēdējās diennakts nokrišņiem. Nestspējas samazinājumu aprēķina pēc lineāras sakarības (formula 3.3.3.a), atkarībā no pēdējās diennakts nokrišņu daudzuma mm (x):

(3.3.3.a formula)

$$K_{\text{nokr.1.d}} = -0.007x + 0.93$$

Pēdējo 3.dienu nokrišņu daudzumam mm (x) ietekmi uz nestspējas samazinājumu nosaka (3.3.3.b formula). 6 un 10 dienu nokrišņu ietekmi izsaka attiecīgi ar 3.3.3.c un 3.3.3.d formulām.

(3.3.3.b formula)

$$K_{\text{nokr.3.d}} = -0.0013x + 0.96$$

(3.3.3.c formula)

$$K_{\text{nokr.6.d}} = -0.0009x + 0.98$$

(3.3.3.d formula)

$$K_{\text{nokr.10.d}} = -0.0008x + 0.99$$

Visos gadījumos funkcijas ir pieņemtas lineāras un koriģētas konstantes, jo pie 0 nokrišņiem 10 dienu laikā, nestspēja visdrīzāk ir tuvu maksimālajai. Šīs likumsakarības darbojas laika periodā, kad segums ir atguvis sablīvējumu pēc sala pacēlumu atkušanas pavasarī. Praktiski tas ir laika periods no jūnija līdz ziemas sākumam. Aprēķina nestspēja tiek noteikta ar formulu 3.3.3.e:

(3.3.3.e formula)

$$E_v = E_{\text{max}} \times K_{\text{nokr.1.d}} \times K_{\text{nokr.3.d}} \times K_{\text{nokr.6.d}} \times K_{\text{nokr.10.d}}$$

Pagaidām tiek izmantota šāda nokrišņu ievērtēšanas sistēma. Sistēmas galvenā nepilnība, ka netiek novērtēts žūšanas ātrums.

Otra, precīzāka, nokrišņu ievērtēšanas sistēma būtu summējošā mitruma metode, kur tiktu teorētiski aprēķināts seguma mitrums, summējot katru dienu klāt nākušos nokrišņus un atņemot mitruma daudzumu kas iztvaiko vai aizsūcas projām no konstrukcijas. Šādā gadījumā varētu ievērtēt arī gaisa mitrumu, temperatūru, žūšanas apstākļu u.c. faktorus.

3.3.4. Nestspējas atjaunošanās

Pagaidām nestspējas atjaunošanās tiek ievērtēta aprēķinot nestspējas samazināšanās koeficientu, kurā tiek ievērtēts nokrišņu daudzums pēdējo 10 dienu laikā. Ir pieņemts, ka nokrišņi, kas bijuši pirms 10 dienām, akmeņainas grants seguma nestspēju neietekmē.

3.3.5. Nestspēja pavasara periodā

Kamēr nav iegūti precīzāki mērījumu dati, tiek izmantota pieeja, kas minēta 3.2.5 nodaļā. Ņemot vērā konstatētos minimālās nestspējas lielumus, var paredzēt, ka apmēram 30% no MAC ar grants segumu pavasara atkusuma laikā nebūs ekspluatējami.

Nestspējas aprēķinam pavasara sākumā pēc konstrukcijas atkušanas E_{pav} var izmantot: formulu 3.2.5

$$E_{pav} = E_{rud} \times K_{\text{ūd.atv.}} \times K_{\text{pam}} \times (1 - (E_{\text{max}} - E_{\text{rud}}) / 2 E_{\text{max}})$$

E_{rud} – aprēķinātā nestspēja rudenī tieši pirms sasalšanas.

$K_{\text{ūd.atv.}}$ – ūdens atvades koeficients

K_{pam} – pamatnes ietekmes koeficients

E_{max} – maksimālā konstrukcijas nestspēja

$1 - (E_{\text{max}} - E_{\text{rud}}) / 2 E_{\text{max}}$ – lielums, kas ievērtē maksimālās nestspējas samazinājumu rudenī.

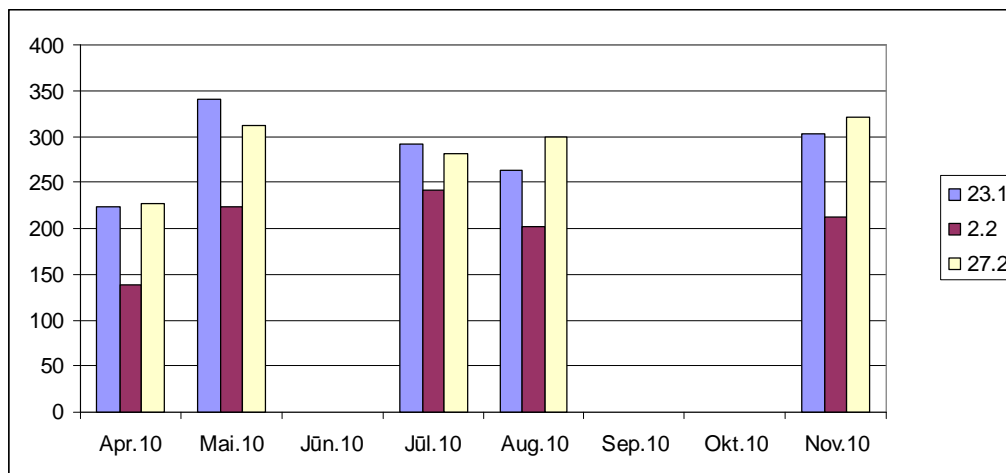
Pieņemts, ka pavasarī nestspējas samazinājums ir $\frac{1}{2}$ no rudens nestspējas samazinājuma.

Liels nestspējas samazinājums rudenī liecina par seguma pārmitrināšanos. Ja sasalstot segums ir pārmitrināts, tad šis pārmitrinājums ievērojami arī samazinās nestspēju pavasarī. Pieņemts, ka šīs ietekmes funkcija ir lineāra, un ka to samazinošais faktors ir 2. Šie abi pieņēmumi ir jāpārbauda praksē.

Ūdens atvades sistēmas un pamatnes grunts ietekmes ievērtēšana ir identiska kā akmeņainas grants segumam, skatīt 3.2.5 nodaļu.

3.3.6. Seguma sablīvēšanās

Veicot atkārtotus mērījumus eksperimentālajos MAC punktos, tika konstatēts, ka 13 no 28 eksperimentālajiem punktiem ar grants (vidēji akmeņainas) segumu, 2-3 nedēļas pēc segas atkusuma pavasarī, nestspēja ir 15-40% mazāka kā nestspēja pēc 4-5 nedēļām. Mērīšanas laikā nokrišņu ietekme ir minimāla. Maijā nestspēja pieaug un turpmāk mainās atkarībā no nokrišņiem. 18.attēlā redzams piemērs punktu 23.1, 2.2 un 27.2 nestspējas izmaiņām.



18. ATTĒLS Nestspējas izmaiņas gada laikā

Zema nestspēja pavasarī 2-6 nedēļas pēc atkusuma ir saistīta ar sala izraisītiem ceļa segas pacēlumiem. Pēc atkusuma un liekā mitruma izžūšanas segums nav pilnībā sablīvēts, tas tika novērots arī mērījumu veikšanas laikā. Pēc liekā mitruma izžūšanas, zema nestspēja nav objektīvs rādītājs, ja segums nav sablīvēts. Nesablīvēta seguma nestspēja pieaug pēc katra kravas automobiļa pārbrauciena pieaugot sablīvējumam. Nesablīvētā stāvoklī, seguma nestspēja nokrišņu ietekmē samazinās samērā strauji. Pēc sablīvējuma panākšanas, nokrišņu ietekme nav tik būtiska.

Lai ievērtētu sablīvējuma zuduma ietekmi, tiek izmantots sablīvējuma ietekmes koeficients K_{sabl} , kura ietekme parasti var neņemt vērā 6 nedēļas pēc konstrukcijas pilnīga atkusuma. Pieņemtais sablīvējuma ietekmes koeficients iekļauts 12.tabulā.

12. TABULA Sablīvējuma ietekmes koeficients

Nedēļa pēc segas atkusuma	K_{sabl}
3.	0.60
4.	0.70
5.	0.80
6.	0.90
7.	1.00

Zemākā koeficienta vērtība tiek pieņemta nedaudz lielāka par zemāko maksimālās nestspējas samazināšanās koeficientu $K_{Ev \min}$. Koeficienti ir jāprecizē pēc novērojumu datiem turpmākos gados. Sablīvēšanās periods var būt dažāds. Jānosaka kritēriji, kā padarīt „elastīgu” periodu pēc atkusuma.

Parasti no 3. – 6. nedēļai notiek seguma sablīvēšanās un liekā mitruma aizplūšana no ceļa konstrukcijas. Pieņemts, ka sākot ar 7.nedēļu bez nokrišņu periodā var iegūt maksimālo nestspēju. Laika periodā no 3.-6.nedēļai, nestspēju aprēķina tāpat kā vasaras rudens periodā, papildinot ar sablīvējuma koeficientu no 12.tabulas. Jālieto 3.2.6 formula

3.3.7. Nestspējas aprēķina algoritms

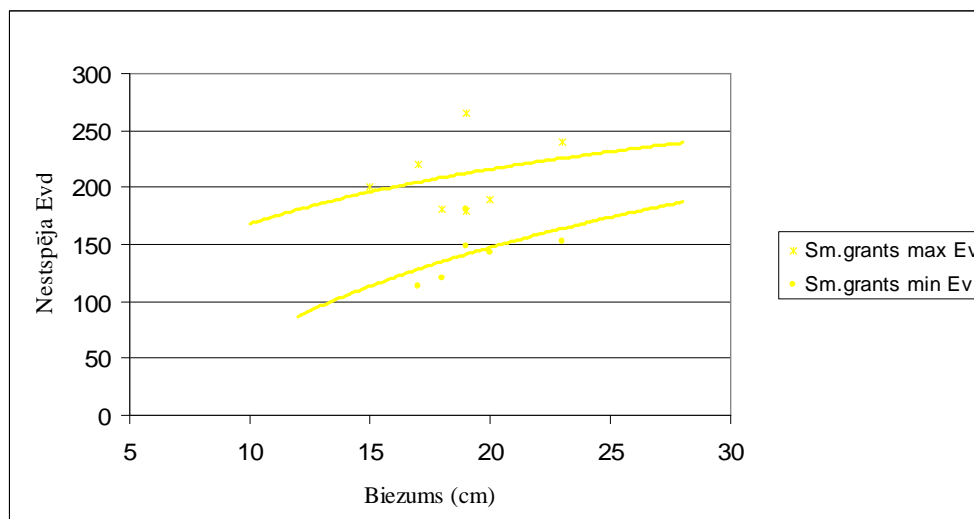
Nestspējas aprēķins dažādos gada periodos tiek veikts nedaudz atšķirīgi. Kopumā algoritms ir tāds pats kā aprēķinot nestspēju akmeņainas grants segumam. Galvenais parametrs, kas ietekmē nestspēju dažādos gadalaikos ir maksimālā nestspēja E_{max} .

- Vispirms jānosaka E_{max} saskaņā ar 3.3.1 formulu, nepieciešamības gadījumā koriģējot ar drupināto graudu koeficientu K_{dr} .
- Vasaras - rudens periodā, apmēram 6 nedēļas pēc konstrukcijas atkušanas līdz konstrukcijas sasalšanai, nestspēja tiek aprēķināta ar 3.3.3.e formulu.
- Sasaluma laikā ceļi izmantojami bez ierobežojumiem.
- Atkušanas laikā (sākot ar virsējo 5cm atkušanu līdz pilnīgai konstrukcijas atkušānai, 1-2 nedēļas) nestspēja nav prognozējama.
- Uzreiz konstrukcijas atkušanas nestspēju nosaka ar formulu 3.2.5.
- Apmēram divu nedēļu laikā nestspēja, kas iegūta ar iepriekšminēto formulu, palielinās līdz nestspējai, kas noteikta ar 3.2.6 formulu
- Apmēram no 3. līdz 6. nedēļai nestspēju nosaka pēc 3.2.6 formulas.
- Jāatgriežas uz sākumu.

3.4. Smilšainas grants nestspējas noteikšana

3.4.1. Maksimālā nestspēja

Līdzīgi, kā rupjas grants segumam, smilšainas grants segumam tika noteikta maksimālā nestspēja atkarībā no slāņa biezuma – 19.attēls.



19. ATTEĻS Smilšainas grants seguma nestspējas atkarība no slāņa biezuma.

Izmantojot MS Excell automātisko funkciju noteikšanu tika noteikts, ka maksimālo nestspēju (y) atkarībā no slāņa biezuma (x) var noteikt ar sekojošu funkciju:

(3.4.1 formula)

$$y = 69.137\text{Ln}(x) + 8.8972$$

Mērījumi tika veikti 15-23 cm bieziem smilšainas grants segumiem. Funkcija lietojama, ja slāņa biezums >10cm. Rezultāti apkopoti 13.tabulā.

13. TABULA Smilšainas grants maksimālā nestspēja

Slāņa biezums	Nestspēja E_{max}
10	168
12	181
14	191
16	201
18	209
20	216
22	223
24	229
26	234
28	239

Ja smilšainas grants segums ir plānāks ar 10cm, tas ir pielīdzināms ceļam bez seguma.

3.4.2. Minimālā nestspēja

Mērot nestspēju eksperimentālajos punktos, netika konstatēts tāds nestspējas lielums, kas liecinātu par iespējamo segas sabrukumu ekspluatācijas gaitā, taču vairākos gadījumos nestspēja tika konstatēta samērā zema. Ilgstošākas ekspluatācijas gaitā šādi ceļi tiktu sagrauti.

Smilšainas grants segumi sliktos klimatiskos apstākļos var tikt sagrauti arī vasaras – rudens periodā. Mērījumos konstatētā minimālā nestspēja nav reāli iespējamā seguma minimālā nestspēja, jo ietekmējoši faktori var būt spēcīgāki kā novērojumu gadā. Izmērītā minimālā nestspēja attēlota 19.attēlā.

Koeficients, kas liecina par nestspējas svārstībām vasaras – rudens periodā ir minimālās un maksimālās nestspējas attiecība, kas raksturo maksimālās nestspējas samazināšanos. Tiek izmantota 3.3.2 formula

$$K_{Ev \min} = E_{\min}/E_{\max}$$

$K_{Ev \min}$ – mazākais nestspējas samazināšanās koeficients vasaras – rudens periodā.

E_{\min} – zemākā izmērītā nestspēja vasaras rudens periodā.

E_{\max} – maksimālā nestspēja.

Smilšainas grants seguma nestspējas samazināšanās koeficients dažādiem punktiem parādīts 14.tabulā.

14. TABULA Minimālais nestspējas samazināšanās koeficients vasaras rudens periodā

MAC			Min. nestspēja		Max.nestspēja		K_{Ev}
Nr.	Vieta	Tīrība	Datums	E_{\min}	Datums	E_{\max}	

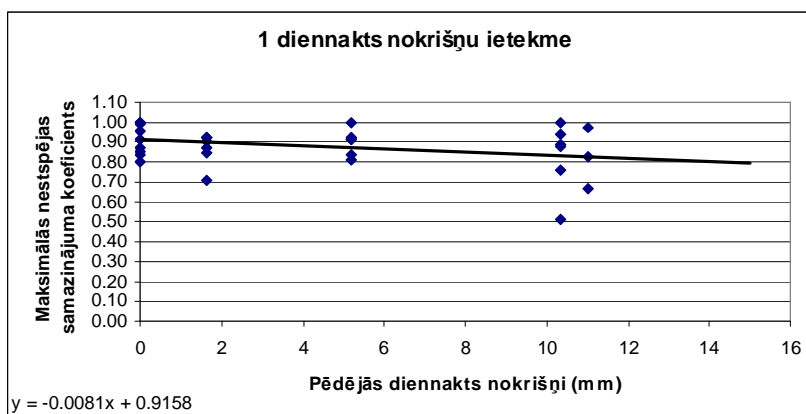
3	2	vid.tīra	2009.12.06	148	2010.04.17	179	0.83
9	1	vid.tīra	2009.12.04	152	2010.10.02	240	0.63
9	2	vid.tīra	2009.12.04	181	2010.10.02	266	0.68
9	3	vid.tīra	2010.04.20	120	2010.11.10	180	0.67
12	1	vid.tīra	2010.11.10	113	2010.07.14	221	0.51
12	2	vid.tīra	2010.11.10	143	2010.10.02	190	0.75

Nestspējas samazinājuma koeficients $K_{Ev \min}$ svārstās robežās no 0,51 līdz 0,83. Pieņemtais Maksimālās nestspējas samazinājuma koeficients ir 0,51.

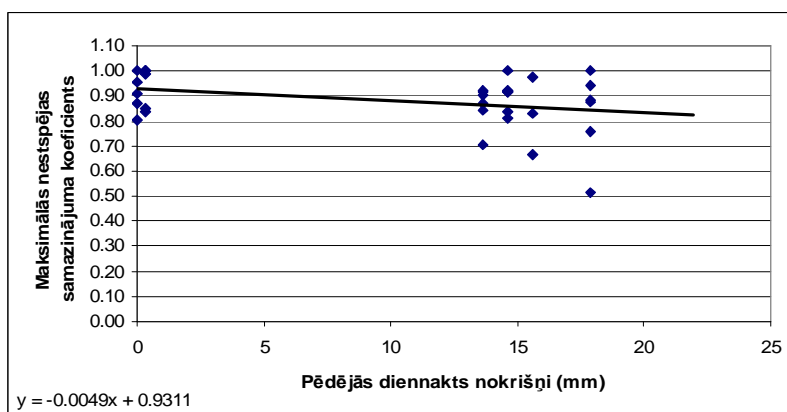
Citi faktoru ietekme uz nestspējas izmaiņām nav noteikta, jo eksperimentālo punktu skaits ir pārāk mazs.

3.4.3. Nestspējas samazināšanās nokrišņu ietekmē

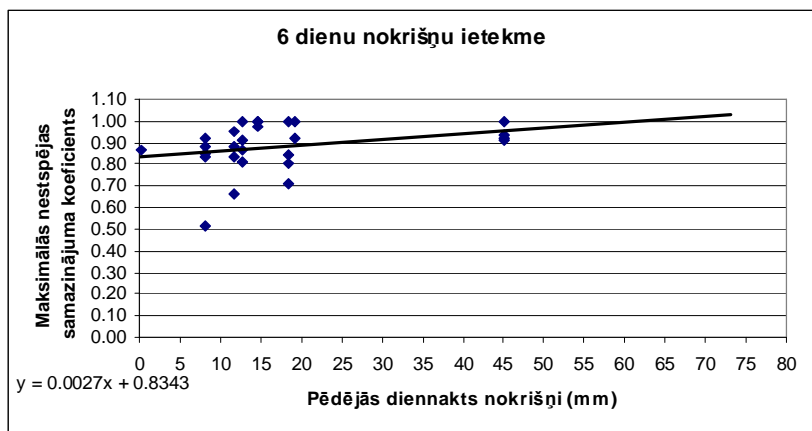
Ir noteikta 1; 3; 6 un 10 dienu nokrišņu summas ietekme uz ceļa nestspēju, skatīt 20; 21; 23 un 24 attēlu.



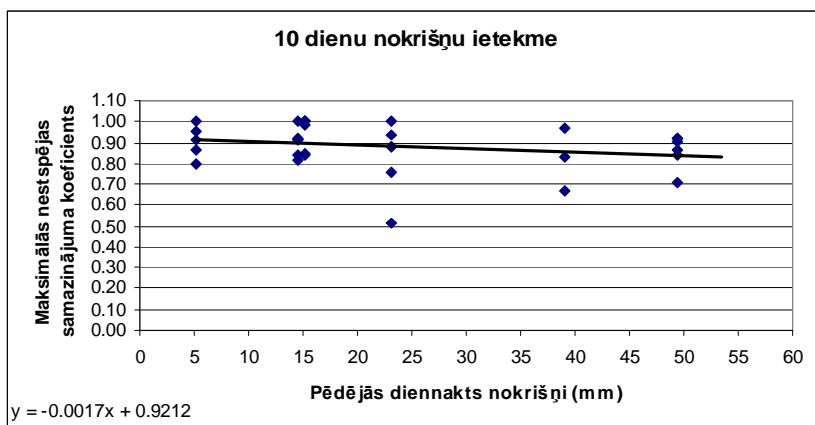
20. ATTĒLS 1.dienas nokrišņu ietekme uz nestspējas samazinājuma koeficientu



21. ATTĒLS 3.dienu nokrišņu ietekme uz nestspējas samazinājuma koeficientu



22. ATTĒLS 6.dienu nokrišņu ietekme uz nestspējas samazinājuma koeficientu



23. ATTĒLS 10.dienu nokrišņu ietekme uz nestspējas samazinājuma koeficientu

Vislielākā ietekme uz nestspējas samazinājumu ir pēdējās un pēdējo 3 diennakšu nokrišņiem. Nestspējas samazinājumu aprēķina pēc lineāras sakarības attiecīgi (formula 3.4.3.a) un formulas 3.4.3.b, atkarībā no pēdējās diennakts nokrišņu daudzuma mm (x):

$$K_{\text{no.kr.1.d}} = -0.0081x + 0.91$$

(3.4.3.a formula)

(3.4.3.b formula)

$$K_{\text{no.kr.3.d}} = -0.0049x + 0.93$$

Sešu dienu nokrišņu ietekmes grafiks ir nelogisks, iespējams, datu trūkuma dēļ. Daži netipiski gadījumi izraisa likumsakarības kropļošanu. Ietekme tiek vērtēta kā vidējā starp 3 un 10 dienu ietekmi.

(3.4.3.c formula)

$$K_{\text{no.kr.6.d}} = -0.0033x + 0.95$$

10 dienu nokrišņu ietekme tiek noteikta sekojoši:

(3.4.3.d formula)

$$K_{\text{no.kr.10.d}} = -0.0017x + 0.97$$

Visos gadījumos funkcijas ir pieņemtas lineāras un koriģētas konstantes, jo pie 0 nokrišņiem 10 dienu laikā, nestspēja visdrīzāk ir tuvu maksimālajai. Šis likumsakarības darbojas laika periodā, kad segums ir atguvis sablīvējumu pēc sala pacēlumu atkušanas pavasarī. Praktiski tas ir laika periods no jūnija līdz ziemas sākumam. Aprēķina nestspēja tiek noteikta ar formulu 3.4.3.e:

(3.4.3.e formula)

$$E_v = E_{\max} \times K_{\text{nokr.1.d}} \times K_{\text{nokr.3.d}} \times K_{\text{nokr.6.d}} \times K_{\text{nokr.10.d}}$$

Pagaidām tiek izmantota šāda nokrišņu ievērtēšanas sistēma. Sistēmas galvenā nepilnība, ka netiek novērtēts žūšanas ātrums.

Otra, precīzāka, nokrišņu ievērtēšanas sistēma būtu summējošā mitruma metode, kur tiktu teorētiski aprēķināts seguma mitrums, summējot katru dienu klāt nākušos nokrišņus un atņemot mitruma daudzumu kas iztvaiko vai aizsūcas projām no konstrukcijas. Šādā gadījumā varētu ievērtēt arī gaisa mitrumu, temperatūru, žūšanas apstākļu u.c. faktorus.

3.4.4. Nestspējas atjaunošanās

Pagaidām nestspējas atjaunošanās tiek ievērtēta aprēķinot nestspējas samazināšanās koeficientu, kurā tiek ievērtēts nokrišņu daudzums pēdējo 10 dienu laikā. Ir pieņemts, ka nokrišņi, kas bijuši pirms 10 dienām, akmeņainas grants seguma nestspēju neietekmē.

Paredzams, ka nestspējas atjaunošanos smilšainas grants segumiem lielā mērā ietekmēs seguma materiāla tīrība.

3.4.5. Nestspēja pavasara periodā

Kamēr nav iegūti precīzāki mērījumu dati, tiek izmantota pieeja, kas minēta 3.3.5 nodaļā. Ņemot vērā konstatētos minimālās nestspējas lielumus, var paredzēt, ka, apmēram, 60% no MAC ar smilšainas grants segumu pavasara atkusuma laikā nebūs ekspluatējami.

Nestspējas aprēķinam pavasara sākumā pēc konstrukcijas atkušanas E_{pav} var izmantot: formulu 3.2.5.a

$$E_{\text{pav}} = E_{\text{rud}} \times K_{\text{ūd.atv.}} \times K_{\text{pam}} \times (1 - (E_{\text{max}} - E_{\text{rud}}) / 2 E_{\text{max}})$$

E_{rud} – aprēķinātā nestspēja rudenī tieši pirms sasalšanas.

$K_{\text{ūd.atv.}}$ – ūdens atvades koeficients

K_{pam} – pamatnes ietekmes koeficients

E_{max} – maksimālā konstrukcijas nestspēja

$1 - (E_{\text{max}} - E_{\text{rud}}) / 2 E_{\text{max}}$ – lielums, kas ievērtē maksimālās nestspējas samazinājumu rudenī.

Pieņemts, ka pavasarī nestspējas samazinājums ir 1/2 no rudens nestspējas samazinājuma. Liels nestspējas samazinājums rudenī liecina par seguma pārmitrināšanos. Ja sasalstot segums ir pārmitrināts, tad šis pārmitrinājums ievērojami arī samazinās nestspēju pavasarī. Pieņemts, ka šīs ietekmes funkcija ir lineāra, un ka to samazinošais faktors ir 2. Šie abi pieņēmumi ir jāpārbauda praksē.

Ūdens atvades sistēmas un pamatnes grunts ietekmes ievērtēšana ir identiska kā akmeņainas grants segumam, skatīt 3.2.5 nodaļu.

3.4.6. Seguma sablīvēšanās

Līdzīgi, kā citu grants veidu segumiem, arī smilšainas grants seguma ceļiem 2-3 nedēļas pēc atkusuma, sausā laikā tika konstatēta līdz 40% zemāka nestspēja nekā mēnesi vēlāk. Tas izskaidrojams ar seguma sablīvējuma zudumu sala pacēluma dēļ. Satiksmes slodzes rezultātā sablīvējot materiālu, pieaug arī nestspēja.

Zema nestspēja pavasarī 2-6 nedēļas pēc atkusuma ir saistīta ar sala izraisītiem ceļa segas pacēlumiem. Pēc atkusuma un liekā mitruma izžūšanas segums nav pilnībā sablīvēts, tas tika novērots arī mērījumu veikšanas laikā. Pēc liekā mitruma izžūšanas, zema nestspēja nav objektīvs rādītājs, ja segums nav sablīvēts. Nesablīvēta seguma nestspēja pieaug pēc katra kravas automobiļa pārbrauciena pieaugot sablīvējumam. Nesablīvētā stāvoklī, seguma nestspēja nokrišņu ietekmē samazinās samērā strauji. Pēc sablīvējuma panākšanas, nokrišņu ietekme nav tik būtiska.

Lai ievērtētu sablīvējuma zuduma ietekmi, tiek izmantots sablīvējuma ietekmes koeficients K_{sabl} , kura ietekme parasti var neņemt vērā 6 nedēļas pēc konstrukcijas pilnīga atkusuma. Pieņemtais sablīvējuma ietekmes koeficients iekļauts 15.tabulā.

15. TABULA Sablīvējuma ietekmes koeficients

Nedēļa pēc segas atkusuma	K_{sabl}
3.	0.60
4.	0.70
5.	0.80
6.	0.90
7.	1.00

Zemākā koeficienta vērtība tiek pieņemta tāda pati kā mazākais maksimālās nestspējas samazināšanās koeficients $K_{Ev \min}$. Koeficienti ir jāprecizē pēc novērojumu datiem turpmākos gados. Sablīvēšanās periods var būt dažāds. Jānosaka kritēriji, kā padarīt „elastīgu” periodu pēc atkusuma.

Parasti no 3. – 6. nedēļai notiek seguma sablīvēšanās un liekā mitruma aizplūšana no ceļa konstrukcijas. Pieņemts, ka sākot ar 7.nedēļu bez nokrišņu periodā var iegūt maksimālo nestspēju. Laika periodā no 3.-6.nedēļai, nestspēju aprēķina tāpat kā vasaras rudens periodā, papildinot ar sablīvējuma koeficientu no 15.tabulas. Jālieto 3.2.6 formula

3.4.7. Nestspējas aprēķina algoritms

Nestspējas aprēķins dažādos gada periodos tiek veikts nedaudz atšķirīgi. Kopumā algoritms ir tāds pats kā aprēķinot nestspēju akmeņainas grants segumam. Galvenais parametrs, kas ietekmē nestspēju dažādos gadalaikos ir maksimālā nestspēja E_{max} .

- Vispirms jānosaka E_{max} saskaņā ar 3.4.1 formulu, nepieciešamības gadījumā koriģējot ar drupināto graudu koeficientu K_{dr} .
- Vasaras - rudens periodā, apmēram 6 nedēļas pēc konstrukcijas atkušanas līdz konstrukcijas sasalšanai, nestspēja tiek aprēķināta ar 3.4.3.e formulu.
- Sasaluma laikā ceļi izmantojami bez ierobežojumiem.
- Atkušanas laikā (sākot ar virsējo 5cm atkušanu līdz pilnīgai konstrukcijas atkuššanai, 1-2 nedēļas) nestspēja nav prognozējama.
- Uzreiz konstrukcijas atkušanas nestspēju nosaka ar formulu 3.2.5.

- Apmēram divu nedēļu laikā nestspēja, kas iegūta ar iepriekšminēto formulu, palielinās līdz nestspējai, kas noteikta ar 3.2.6 formulu
- Apmēram no 3. līdz 6. nedēļai nestspēju nosaka pēc 3.2.6 formulas.
- Jāatgriežas uz sākumu.

3.5. Dolomīta šķembu seguma nestspējas noteikšana

Dolomīta šķembu seguma ceļi netika iekļauti pētniecības sfērā, jo pētniecības uzsākšanas brīdī dolomīta šķembu ceļu kopgarums no visa MAC tīkla bija tikai 2,7%. Lai gūtu vispārēju priekšstatu par dolomīta šķembu seguma ceļu nestspēju, tika veikti vairāki nestspējas mērījumi uz Micīšu ceļa (ID Nr. 3-1-0010).

Konstatētie nestspējas lielumi bija no 330 - 440 MPa. Pēdējo 6 dienu laikā nebija nokrišņi. Iegūtie rezultāti liecina, ka ceļiem ar dolomīta šķembu segumu ir augsta nestspēja, kāda nav iespējama ar grants materiāliem. Dolomīta šķembu seguma īpašību noteikšanai, nepieciešamības gadījumā, ir jāveic tālāka izpēte.

4. Nestspējas noteikšana ceļiem bez seguma

4.1. Drenējošas smilts ceļi

Drenējošas smilts ceļus var izdalīt kā atsevišķu paveidu ceļiem bez seguma. Šādiem ceļiem piemīt laba filtrācija, kā rezultātā liekais ūdens ātri tiek aizvadīts prom no ceļa tādejādi ātri atjaunojot nestspēju. Maksimālā nestspēja šādiem ceļiem ir viszemākā, ja salīdzina ar cita veida ceļiem. Smilts sastāv no smalkiem vienāda izmēra apaļiem graudiņiem, māla/putekļu daļiņu saturs ir zems. Seguma materiāls nav saistīgs, tādēļ vairākkārt iedarbojoties transporta slodzei, tas viegli deformējas.

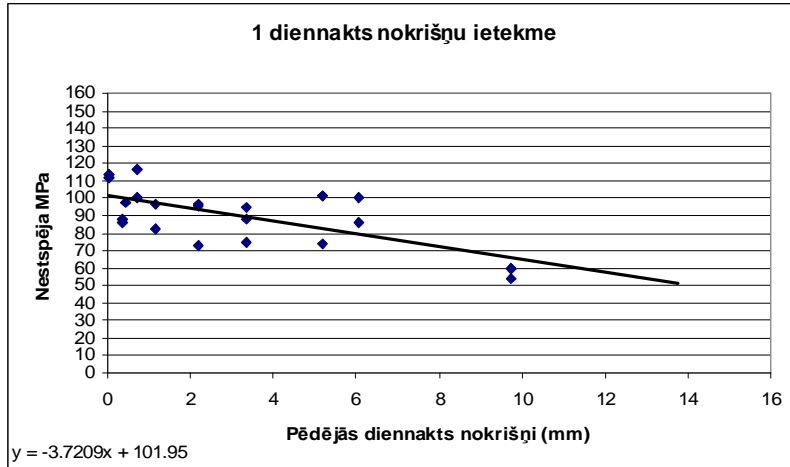
4.1.1. Nestspējas izmaiņas

Maksimālā nestspēja drenējošas smilts ceļiem parasti ir robežās no 85-120 MPa. Maksimālā nestspēja tiek pieņemta 100 MPa. Parasti visā vasaras – rudens periodā nestspēja ir tuvu maksimālajai. Tā nedaudz var pazemināties pēc ilgstošiem bez nokrišņu periodiem. Straujš nestspējas zudums ir konstatējams 1-2 dienas pēc intensīva lietus.

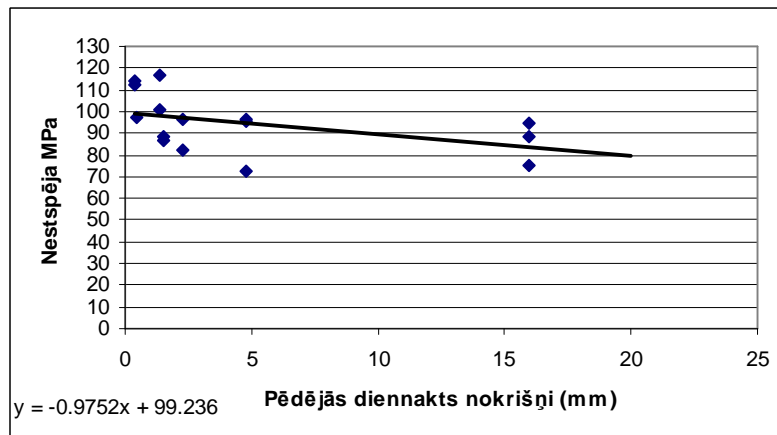
Pavasārī nestspējas zudums iestājas pēc atkusuma sākuma un ilgst līdz vienai nedēļai pēc atkusuma beigām, kad liekais ūdens ir aizplūdis no zemākām vietām.

4.1.2. Nestspēju ietekmējošie faktori un aprēķins

Pavasara periods drenējošas smilts ceļiem ir īss, t.i. apmēram 1 nedēļa pēc konstrukcijas pilnīgas atkuššanas. Šajā laikā drenējošas smilts ceļi parasti nav ekspluatējami. Vēlāk, līdz pat konstrukcijas pilnīgai sasalšanai, nestspēja ir atkarīga tikai no nokrišņu daudzuma pēdējās diennakts un pēdējo 3 dienu laikā, skatīt attiecīgi 24.un 25.attēlu.



24. ATĒLS 1.dienas nokrišņu ietekme uz nestspēju



25. ATĒLS 3.dienu nokrišņu ietekme uz nestspēju

Vislielākā ietekme uz nestspējas samazinājumu ir pēdējās un pēdējo 3 diennakšu nokrišņiem. Nestspējas samazinājumu aprēķina pēc lineāras sakarības attiecīgi (formula 4.1.2.a) un formulas 4.1.2.b, atkarībā no pēdējās diennakts nokrišņu daudzuma mm (x):

$$E_{\text{nokr.1.d}} = -5.5934x + 100 \quad (4.1.2.a \text{ formula})$$

$$E_{\text{nokr.3.d}} = -0.9752x + 100 \quad (4.1.2.b \text{ formula})$$

Visos gadījumos funkcijas ir pieņemtas lineāras un konstante ir pieņemta 100 MPa, jo pie 0 nokrišņiem 3 dienu laikā, nestspēja visdrīzāk ir tuvu maksimālajai. Par nestspēju pieņem mazāko no lielumiem, kuru konkrētā brīdī aprēķina ar 4.1.2.a vai 4.1.2.b

4.2. Smilts ceļi

4.2.1. Nestspējas izmaiņas

Visi pārējie ceļi bez seguma ir uzskatāmi par smilts ceļiem. Drenējošas smilts ceļi ir īpašs smilts ceļu paveids.

Maksimālā nestspēja dažāda veida ceļiem bez seguma tika konstatēta robežās no 94 līdz 191 MPa, taču visbiežāk nestspēja bija no 120 līdz 160 MPa (16.tabula). Punkts 25.4, kurā tika konstatēta 94 MPa maksimālā nestspēja, atrodas pastāvīgā mitrumā. Mērījumu gaitā netika konstatēts gadījums, kad grunts šajā punktā būtu optimālā mitrumā.

Visos eksperimentālajos punktos rudens periodā nestspēja samazinājās līdz līmenim, kad ceļš kļuva neizbraucams, vai arī tāds kļuva pēc dažiem kravas automobiļa pārbraucieniem (26.attēls). Bieži šāda situācija izveidojās arī pēc intensīva vai ilgstoša lietus vasaras laikā.



26. ATTĒLS Mālainas smilts ceļš ar zemu nestspēju 2-3 nedēļas pēc atkusuma

Var uzskatīt, ka vislielāk maksimālā nestspēja panākama uz vidēji tīras smilts. Tīras smilts ceļu nestspēja tuvojas drenējošas smilts īpašībām, savukārt mālainas smilts ceļiem maksimālā nestspēja sāk samazināties. Šī likumsakarība uzskatāma par pieņemumu, jo ir pārāk maz eksperimentālo datu (16.tabula).

16. TABULA Smilts ceļu maksimālā nestspēja.

MAC			Max.nestspēja	
Nr.	Vieta	Tīrība	Datums	E_{max}
6	1	vid.tīra	2010.06.15	191
6	2	vid.tīra	2010.07.14	179
6	3	vid.tīra	2010.07.14	156
7	1	mālaina	2010.06.15	157

7	2	mālaina	2010.10.02	135
13	1	mālaina	2010.08.18	132
13	2	mālaina	2010.10.02	156
13	3	mālaina	2010.07.14	127
24	2	tīra	2010.11.08	126
25	4	tīra	2010.05.25	94

Turpmākā nestspējas aprēķinā jālieto 17.tabulā norādītās E_{max} robežvērtības:

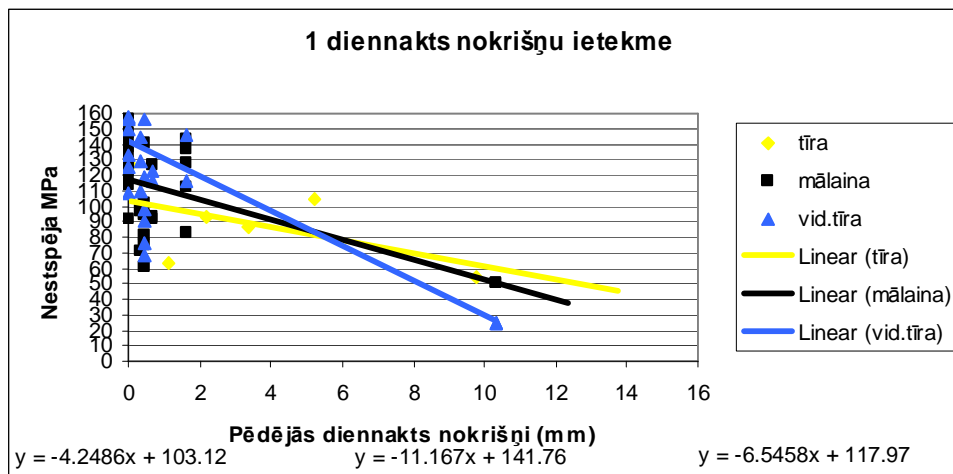
17. TABULA Dažādu smilts ceļu aprēķina maksimālā nestspēja

Tīrība	E_{max} MPa
Tīra	125
Vid.tīra	155
Mālaina	130

4.2.2. Nestspēju ietekmējošie faktori un aprēķins

Nestspējas izmaiņas lielā mērā ir saistītas ar seguma samitrinājuma pakāpi. Mitrumam pārsniedzot optimālo, nestspēja strauji samazinās, savukārt, ceļam izžūstot, nestspēja atjaunojas.

Pavasara periods, pēc pilnīgas ceļa atkuššanas, smilts ceļiem pārsvarā ir atkarīgs no nokrišņu daudzuma un žūšanas apstākļiem. To izmaiņu likumsakarības pagaidām nav noteiktas. Vēlāk, līdz pat konstrukcijas pilnīgai sasalšanai, nestspēja ir atkarīga tikai no nokrišņu daudzuma pēdējās diennakts un pēdējo 3 dienu laikā, skatīt attiecīgi 27.un 28.attēlu.



27. ATTĒLS 1.dienas nokrišņu ietekme uz nestspēju

Nokrišņu ietekme ir atkarīga no smilts tīrības. 27.attēlā ir redzama nokrišņu ietekme uz nestspējas samazinājumu ir pēdējās un pēdējo 3 diennakšu nokrišņiem. 1.dienakts nokrišņu nestspējas samazinājumu tīrai, vidēji tīrai un mālainai smiltij aprēķina pēc lineāras sakarības attiecīgi formula 4.2.2.a; 4.2.2.b un formulas 4.2.2.c, atkarībā no pēdējās diennakts nokrišņu daudzuma mm (x):

(4.2.2.a formula)

$$\text{Tīras smilts seguma nestspēja } E_{\text{no kr.1.d}} = -4.2486x + 103.12$$

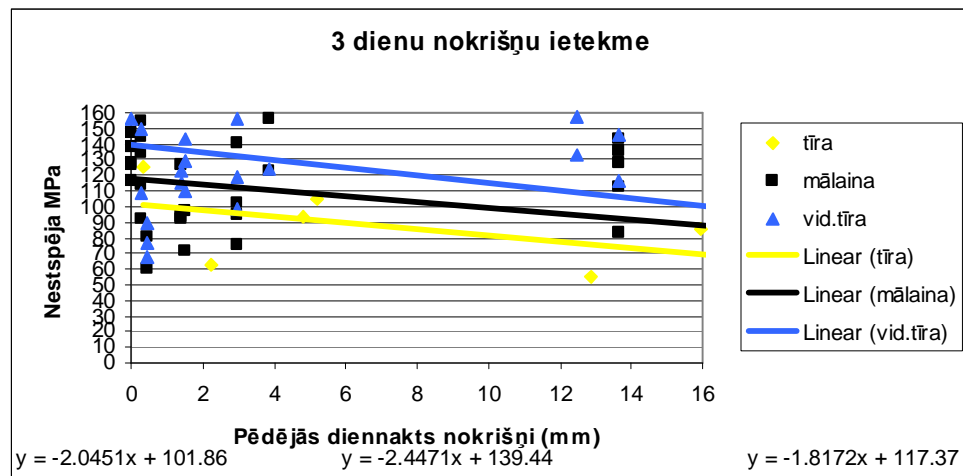
(4.2.2.b formula)

$$\text{Vidēji tīras smilts seguma nestspēja } E_{\text{no kr.1.d}} = -11.167x + 141.76$$

(4.2.2.c formula)

$$\text{Mālainas smilts seguma nestspēja } E_{\text{no kr.1.d}} = -6.5458x + 117.97$$

Pēdējo 3 dienu nokrišņu ietekme ir attēlota 28.attēlā.



28. ATTĒLS 1.dienas nokrišņu ietekme uz nestspēju

3.dienų nokrišņu nestspējas samazinājumu tīrai, vidēji tīrai un mālainai smiltij aprēķina pēc lineāras sakarības attiecīgi formula 4.2.2.d; 4.2.2.e un formulas 4.2.2.f, atkarībā no pēdējās diennakts nokrišņu daudzuma mm (x):

(4.2.2.d formula)

$$\text{Tīras smilts seguma nestspēja } E_{\text{no kr.3.d}} = -2.0451x + 101.86$$

(4.2.2.e formula)

$$\text{Vidēji tīras smilts seguma nestspēja } E_{\text{no kr.3.d}} = -2.4471x + 139.44$$

(4.2.2.f formula)

$$\text{Mālainas smilts seguma nestspēja } E_{\text{no kr.3.d}} = -1.8172x + 117.37$$

6.dienų nokrišņu ievērtēšanas grafiks ir nelogisks, iespējams, datu trūkuma dēļ. Pagaidām nav noskaidrots smilts ceļu žūšanas ātrums rudens periodā, kad gaisa temperatūra ir zema.

5. Eksploatācijas klases

5.1. Robežvērtību noteikšanas kritēriji

MAC galvenais raksturotājs eksploatācijas mērķiem, ir nestspēja eksploatācijas brīdī. Jo lielāka nestspēja, jo mazākas deformācijas paliek eksploatācijas laikā. Šāda pieeja nenozīmē, ka vienmēr jāizmanto ceļš ar augstāko nestspēju. Izmirstot ceļam ar segumu, nestspēja samazinās, taču tā tomēr būs lielāka nekā sausam ceļam bez seguma. Eksploatācijas gaitā abos gadījumos parādīsies seguma deformācijas, taču to novēršana izmaksā atšķirīgi. Dažādiem segumu tiptiem ir noteiktas atšķirīgas nestspējas robežvērtības vienādos eksploatācijas apstākļos.

Veicot nestspējas mērījumus eksperimentālajos punktos, tika novērtēti seguma defekti (risas, bedrītes). Aptuveni tika noteiktas nestspējas robežvērtības pie kurām veidojas dažāda tipa deformācijas.

Atkarībā no iespējamiem eksploatācijas apstākļiem, ir noteiktas 7 eksploatācijas klases (18.tabula):

18. TABULA Eksploatācijas klases

Eksploatācijas klase	KoMACir	Eksploatācijas nosacījumi	Iespējamie defekti
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	Ceļš lietojams bez ierobežojumiem	Segumā veidojas defekti, kas jānovērš ar periodiskās uzturēšanas darbiem
D	110-160	Pārlaižamais transportlīdzekļu skaits ir ierobežots. Eksploatācijas laikā periodiski jāveic seguma uzturēšana	Katrs automobiļa pārbrauciens rada nelielu paliekošu deformāciju.
E	70-110	Eksploatācija ir ierobežota. Seguma pielīdzināšana nepieciešama ik pēc apm.10 pārbraucieniem	Katrs pārbrauciens rada ievērojamu paliekošo deformāciju
F	25-70	Eksploatācija nav pieļaujama. Var pārbraukt daži kravas automobiļi	Ceļš tiek sagrauts pilnībā
G	<25	Visdrīzāk kravas automobilis pa šādu ceļu neizbrauks...	Ceļš tiek sagrauts pilnībā

Robežvērtības ir noteiktas balstoties uz novērojumiem. Skaitliskie lielumi jāprecizē veicot novērojumus un mērījumus kokmateriālu transportēšanas laikā pa dažādiem MAC.

5.2. KoMACir pielietojums un aprēķins

Nestspēja ir galvenā KoMACir veidojošā komponente. Tomēr nestspēja nav vienīgais ekspluatāciju noteicošais faktors. Papildus tiek noteikts koeficients, kas nodrošina ceļu izmantošanas efektivitāti. Pārmitrinātam smilšainas grants seguma ceļam nestspēja būs lielāka nekā sausam smilts ceļam, taču izdevīgāk ir ekspluatēt smilts ceļu, jo deformāciju novēršana ir daudz ātrāka un lētāka.

Lai nodrošinātu MAC izmantošanas efektivitāti ir jāizmanto koeficients, ar kura palīdzību dažādu konstrukciju MAC tiek noteikts sava starpā salīdzināms ekspluatācijas rādītājs KoMACir.

(5.2 formula)

$$\text{KoMACir} = E_v \times K_{\text{teh}}$$

E_v – aprēķinātā nestspēja ekspluatācijas brīdī

K_{teh} – koeficients, kas paredz izmantot MAC ar tehniski labāko stāvokli

Tehniskā stāvokļa koeficients ir atšķirīgs dažāda seguma ceļiem un ir mainīgs atkarībā no klimatiskajiem apstākļiem, piemēram, vienu dienu pēc intensīva lietus, smilšainas grants ceļiem K_{teh} var būt 0,5, taču nākamajā dienā, ja nokrišņu nav, šis koeficients mainās uz 0,9. Šādā veidā tiek pasargāts grants segums, no virsmas bojājumiem.

Papildus KoMACir aprēķinam var pievienot arī citus koeficientus, kas ievērtē segumu uzturēšanas vai atjaunošanas izmaksas, transportēšanas ātrumu u.c. parametrus, kas ļauj izveidot ekonomiski efektīvāko maršrutu pa MAC tīklu. Šie koeficienti pagaidām nav iekļauti KoMAC ir noteikšanā.

6. Turpmākā pētniecības gaita

Precizējamie jautājumi

- Akmeņainas grants segums
- Vasaras – rudens periods
- Kāda ir ūdens atvades ietekme uz akmeņainas grants seguma nestspējas izmaiņām vasaras rudens periodā?
- Kāda ir pamatnes ietekme uz nestspējas izmaiņām akmeņainas grants seguma nestspēju vasaras rudens periodā?
- Cik lielā mērā seguma tīrība ietekmē nestspējas izmaiņas akmeņainas grants segumam?
- Kāda ir ceļa konstrukcijas nestspēja pavasarī, kādi faktori to ietekmē? Jānovēro atkusums dažādiem MAC 2011.gada pavasarī no paša atkusuma sākuma. Precizēt atkusuma procesu uz MAC.
- Pārbaudīt praksē, vai nestspējas samazinājums $E_{\text{pav}} / E_{\text{rud}} = 1 - (E_{\text{max}} - E_{\text{rud}}) / 2 E_{\text{max}}$, varbūt sakarība nav lineāra un varbūt samazinošais koeficients nav 2, bet 1.
- Ekspluatācijas klašu robežvērtības ir noteiktas balstoties uz novērojumiem. Skaitliskie lielumi jāprecizē veicot novērojumus un mērījumus kokmateriālu transportēšanas laikā pa dažādiem MAC.
- Noteikt nestspējas izmaiņas likumus plānām <8 (10) cm grants segām.
- Noskaidrot smilts ceļu žūšanas ātrumu rudens periodā, kad gaisa temperatūra ir zema.