

Kuulamylyarvon ja asfalttirouheen vaikutus asfalttipäällysteiden urautumisnopeuteen

Martina Pitkänen, Eeva Huuskonen-Snicker, Juho Meriläinen, Pertti Virtala

Väyläviraston julkaisuja, 2023



Väylävirasto
Trafikledsverket

Tausta ja tavoite

- Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten asfalttimassan sisältämän kiviaineksen kuulamylyarvo tai asfalttirouhe vaikutti asfalttipäällysteiden urautumisnopeuteen Kohteet päällystetty vuonna 2017, jolloin niiden kiviaineksista tutkittu kuulamylyarvot
- Diasarja perustuu Martina Pitkäsen (HAMK) opinnäytetyöhön Asfalttipäällysteiden urautuminen: kuulamylyarvon ja asfalttirouheen vaikutus päällysteen urautumisnopeuteen. Tutkitut päällystetyypit AB, SMA ja PAB.
- Lähtötietoina käytetty Väylävirastolta saatuja kohteiden lähtötietoja sekä Destian suorittamien maanteiden palvelutasomittausten (PTM) tuloksia vuosien 2017–2023 ajalta.
- Tuloksia verrattu myös Asfalttinormit 2023 taulukkoon 51, jossa esitetään päällysteille alustavia valintaperusteita nastarengaskulutuskestävyysluokan valintaan tien liikennemäärän perusteella.
 - Tavoitteena saada lisätietoa onko taulukossa olevat liikennemäärä- ja nopeusrajoitusluokkien raja-arvot oikein määritelty.
- Työn tilaajana Väylävirasto/Katri Eskola
- Työtä Destia Oy:sta ohjanneet Eeva Huuskonen-Snicker, Juho Meriläinen ja Pertti Virtala.

Tutkittavien kohteiden materiaalit on tutkittu tienpäällystysurakoissa 2017

LO 5/2027 mukaisesti

”Tienpäällystysurakassa tutkitaan REM-kohteita lukuun ottamatta jokaisen käytettävän kiviaineksen ja siitä valmistetun massakoostumuksen nastarengaskulumiskestävyys työn aikana yhdellä päällystyskohteella seuraavilla tavoilla otetuista näytteistä.

1) Massan valmistuksen aikana otetaan näyte asemalla käytettävästä kiviaineksestä. Mikäli massan valmistuksessa käytetään asfalttirouhetta, myös siitä otetaan asemalla näyte, josta erotetaan kokeeseen tarvittava kiviaineslajite.

2) Em. raaka-aineiden näytteenottoa vastaavasta tiivistämättömästä massasta otetaan sitä tielle levitettäessä massanäyte niin että massaa kerätään asfaltti-lapiolla lapion leveydeltä koko levityskaistan poikkileikkauksen matkalta n. 4 kpl 20 l ämpäriä (40 mm laatta). Kerätty massamäärä jaetaan työmaalla kuumana osanäytteisiin siten, että sideainepitoisuuden ja rakeisuuden tarkistamista varten koko

otetusta massamäärästä jaetaan kolme enintään 2,5 kg (optimi 1,2 kg) osa-näytettä (esim. jakamalla kahdesta sangosta yksi näyte kummastakin ja lopuista kahdesta sangosta yksi näyte). Loput massasta otetaan talteen kuulamylykoetta varten. Massasta erotetaan kuulamylykokeeseen tarvittava kiviaineslajite.

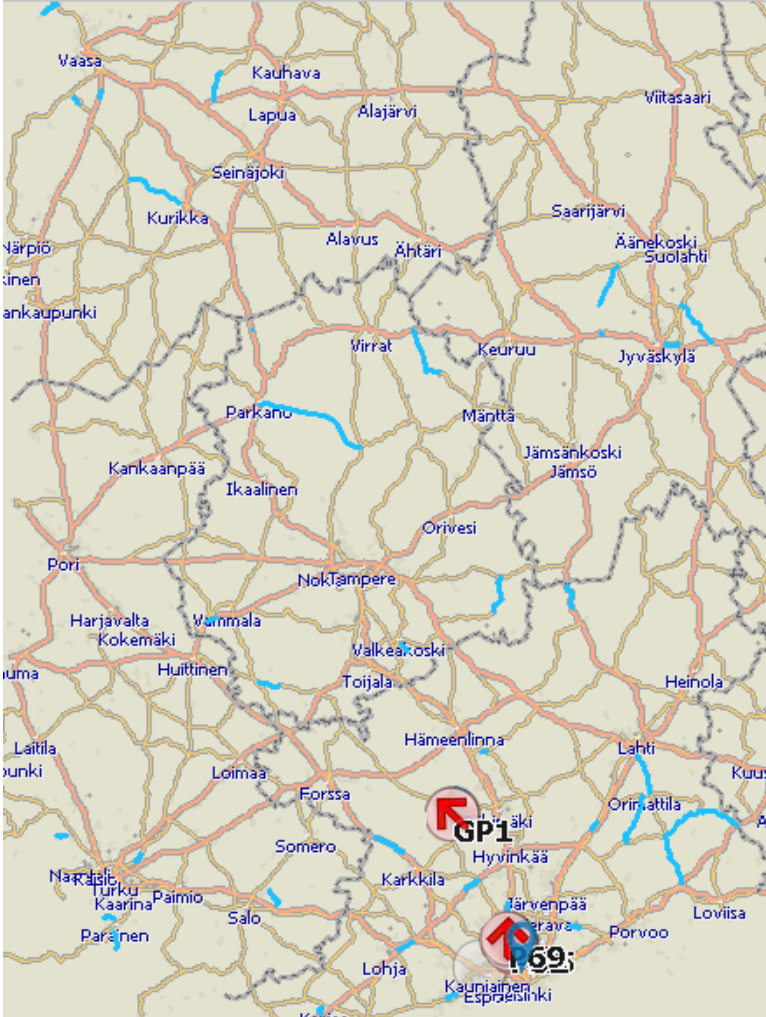
Kaikki kuulamylykokeet tehdään samassa laboratorioissa standardin SFS 1097-9 mukaisesti. Tutkitut näytteet valokuvataan kuulamylykokeen jälkeen. Tutkitulta kohteelta tehdään ja toimitetaan tilaajalle yhteenveto, joka sisältää seuraavat tulokset:

–Kiviaineksesta tutkittu kuulamylyarvo yksittäistuloksineen, tiheys sekä valo-kuvat kuulamylykokeen jälkeisistä näytteistä.

–Asfalttirouheen kiviaineksesta tutkittu kuulamylyarvo yksittäistuloksineen, tiheys sekä valokuvat kuulamylykokeen jälkeisistä näytteistä.

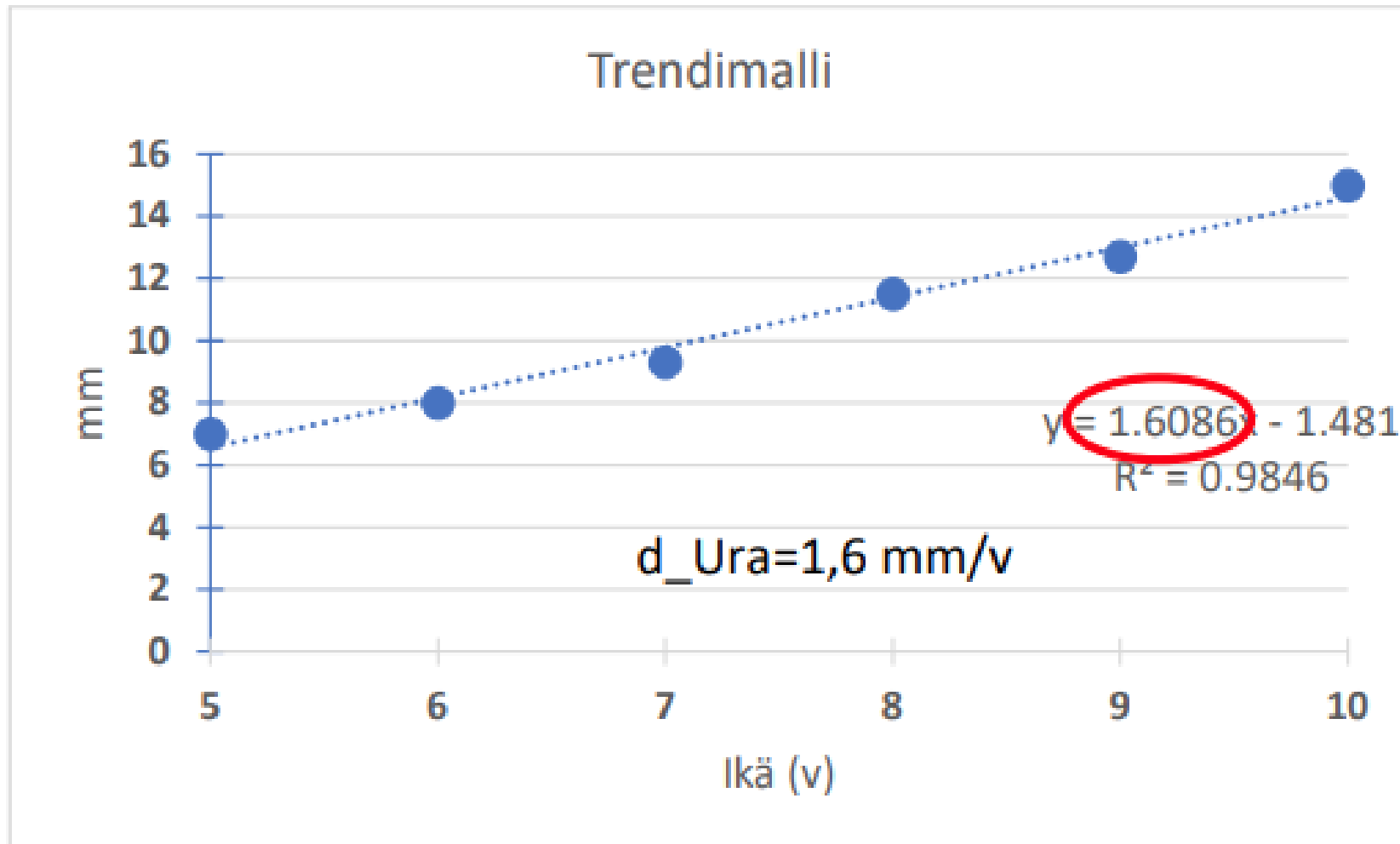
–Asfalttimassan kiviaineksesta tutkittu kuulamylyarvo yksittäistuloksineen, tiheys sekä valokuvat kuulamylykokeen jälkeisistä näytteistä. Lisäksi raportoidaan tieltä otetuista näytteistä tutkittu sideainepitoisuus ja rakeisuus.”

TUTKITTAVAT KOHTEET



- 39 seurantakohtetta, yhteensä 644,5 km, joista
 - 19 kpl rouhekohteita (244,6 km)
 - 20 kpl pelkästään uusista kiviaineksista tehtyjä kohteita (399,9 km) = referenssikohteet
- Kohteet päällystetty vuonna 2017, jolloin niiden kiviaineksista tutkittu kuulamylyllyarvot
- Maanteiden palvelutasomittaukset (PTM) suoritettu vuoden 2023 kesän ja syksyn aikana
- Päällysteinä käytetty asfalttibetonia (AB), kivimastikiasfalttia (SMA) ja pehmeää asfalttibetonia (PAB)
- Tulokset tutkimukseen otettu:
 - Täysiltä 100 metrin osuuksilta
 - Kohteilta joihin ei ole tehty korjaavia toimenpiteitä vuoden 2017 jälkeen
 - Ykköskaistoilta
 - Asfalttirouhetta koskevissa tutkimuksissa huomioitu vain AB- ja PAB-päällysteet. Mukana ei ollut SMA-kohteita, joissa olisi käytetty rouhetta.
- Kohteiden urautumisnopeuden laskemisessa on käytetty vuosien 2017-2023 välisiä uramittaustuloksia. Niistä on laskettu trendimallilla keskimääräinen urautumisnopeus.
 - Trendimalli ottaa huomioon 100-metrinen mittaushistorian ja se määritetään mittaustuloksista lasketusta regressiosuorasta.

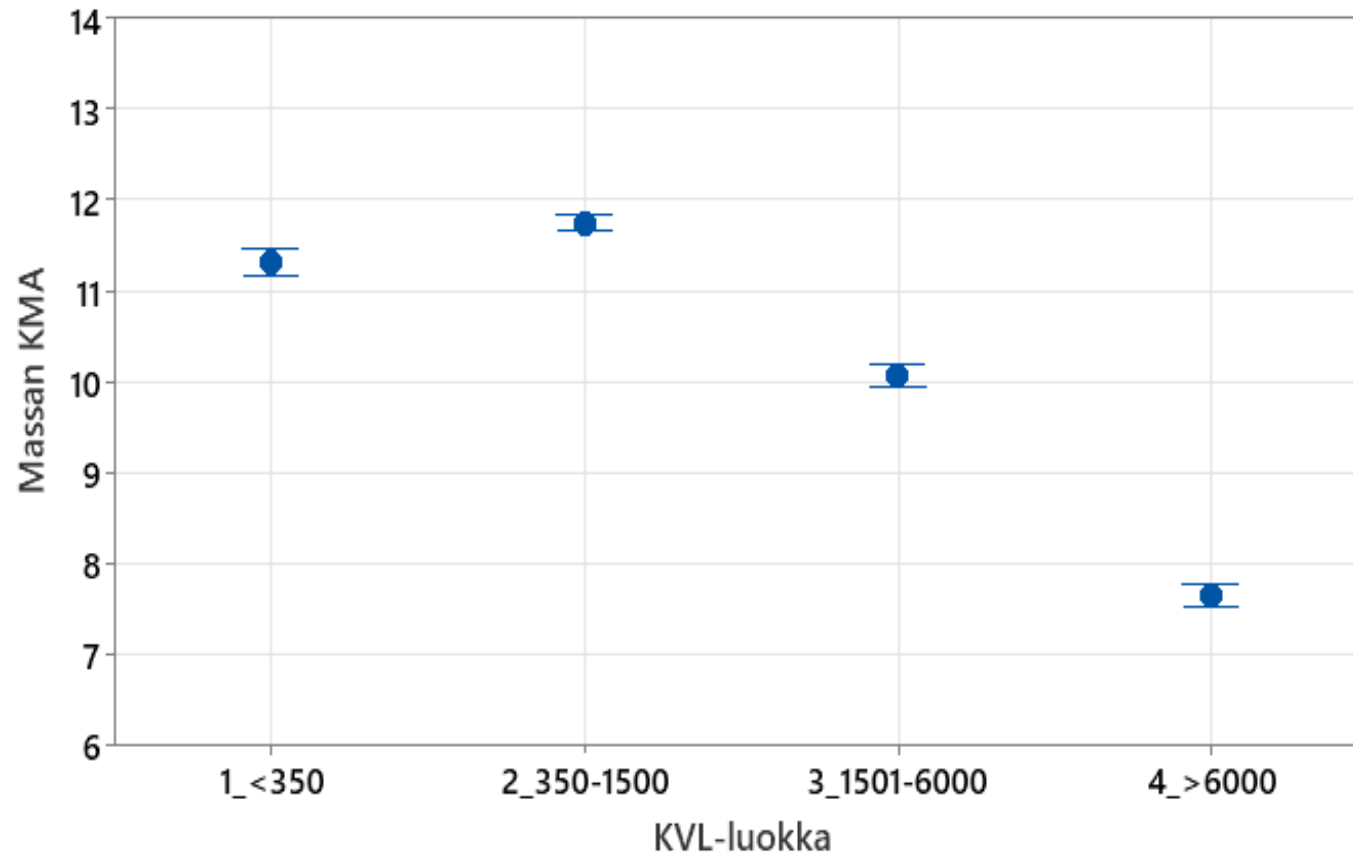
Urautumisnopeuden laskentaperiaate (trendimalli)



Tienro	Kohdenro	Ajorata	Suunta	Pituus	Päällyste	Raekoko	RC %	toimenpide	Kuulamylyarvo			Kuulamylyluokka	Nopeus	KVLkeskiarvo
									Kivi1	Kivi2	Rouhe			
2	57	0	1-2	22400	ab	16	50	MP100	7	6,85	6,6	7	80-100	4249
2	57	1	1	200	ab	16	50	MP100	7	6,85	6,6	7	80-100	4249
2	57	2	2	200	ab	16	50	MP100	7	6,85	6,6	7	80-100	4249
8	35	0	1-2	6000	ab	16	20		12,2	16,5	11,8	14	100	3248
12	41	0	1-2	6900	ab	16		MP100	8,8		8,3	10	80	5336
24	13	0	1-2	17700	ab	16	50	MPKJ100	13,2	13,6	13,4	14	80-100	2164
25	54	0	1-2	11400	sma	16		MPKJ	8,6		7,5	10	80-100	5065
111	58	0	1-2	7400	ab	16	25	MP100	10,7	7,355	10,4	10	50-60	5501
130	52	0	1-2	5000	ab	16	50	MPKJ100	7,14	13,8	9,15	10	80	3232
140	55	0	1-2	7600	ab	16	50	MPKJ100	12,45	14,65	12,5	14	60-80	3549
148	11	0	1-2	7000	ab	16	Ei tietoa	MPKJ	7,1	5,8	6,6	7	70-80	5619
167	1	0	1-2	27100	sma	16		MPKJ	7		7,2	7	50-80	8114
167	2	0	1-2	39600	ab	16		LTA	12,5		10,6	14	50-70	1091
174	3	0	1-2	63100	ab	16		MP	13	7,4	8,3	10	40-80	686
222	43	0	1-2	5900	ab	16		MP100	11,2		12,5	14	50-60	2570
230	20	0	1-2	14100	ab	16		MP	12,9		14,1	14	50-80	1108
292	14	0	1-2	3400	sma	16			8,9		8,5	10	40-50	5881
292	14	1	1	300	sma	16		LTA	8,9		8,5	10	40	5881
292	14	2	2	300	sma	16		LTA	8,9		8,5	10	40	5881
322	17	0	1-2	30100	ab	16	30	LTA	18,2		15,2	19	40-80	677
332	18	0	1-2	85900	ab	16	30	LTA/MP	12,3		10,4	10	50-80	927
346	19	0	1-2	41000	ab	16	30	LTA	17,1		16,2	19	50-80	483
640	63	0	1-2	19200	ab	16	15	LTA	13,4	9,5	11,9	10	40-80	1756
640	63	0	1-2	15400	ab	16	15	LTA/MPJK	13,4	9,5	11,9	10	50-60	1756
689	36	0	1-2	40000	ab	16	15	MP	9,2	10,3	9,5	10	50-80	948
723	37	0	1-2	20600	pab-b	16	10	MP	10,4	9,8	10	10	80	675
1125	56	0	1-2	11200	sma	16		LTA100	9,75		9,6	10	60	4739
1125	56	1	1	100	sma	16		LTA100	9,75		9,6	10	50	4739
1125	56	2	2	100	sma	16		LTA100	9,75		9,6	10	50	4739
1635	4	0	1-2	38900	ab	16	Ei tietoa	LTA/REM+	13,2	13,5	12,9	14	40-80	1032
1900	44	0	1-2	8200	pab-b	16		MP	13,3		12,4	14	40-80	1239
2402	45	0	1-2	14000	pab-b	16		MP	12,6		11,9	14	40-60	790
6250	24	0	1-2	30800	pab-b	16		MP/REMO	11,1		10,4	10	40-80	390
6250	64	0	1-2	900	ab	16		MP	16,9	13,85	16,6	19	40	656
7242	38	0	1-2	13900	ab	16	20	LTA	18,3	17,1	18	19	50-80	1400
11253	59	0	1-2	6800	ab	16	50	MP	7,3	6,25	6,4	7	40-60	3467
13631	5	0	1-2	9000	pab-v	16	Ei tietoa	LTA	15,2	10,2	8,5	14	50-60	282
13947	22	0	1-2	6400	ab	16	Ei tietoa	LTA/MP	12		12,4	14	60	393
17559	34	0	1-2	6400	pab-b	16		LTA	18,6		19,4	19	40-60	521

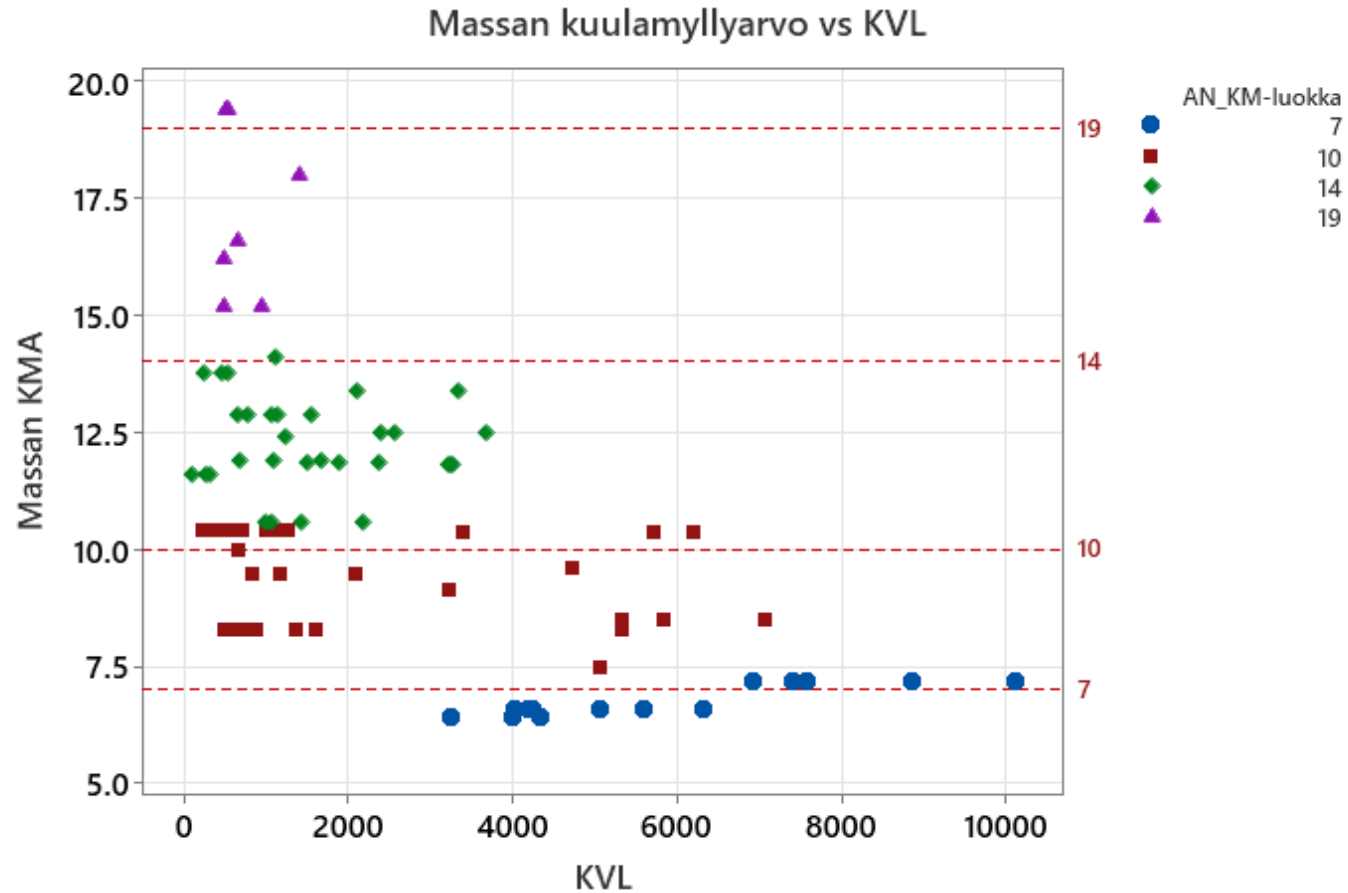
Tulokset – kaikki kohteet

Asfalttimassojen kuulamylyarvot KVL-luokittain



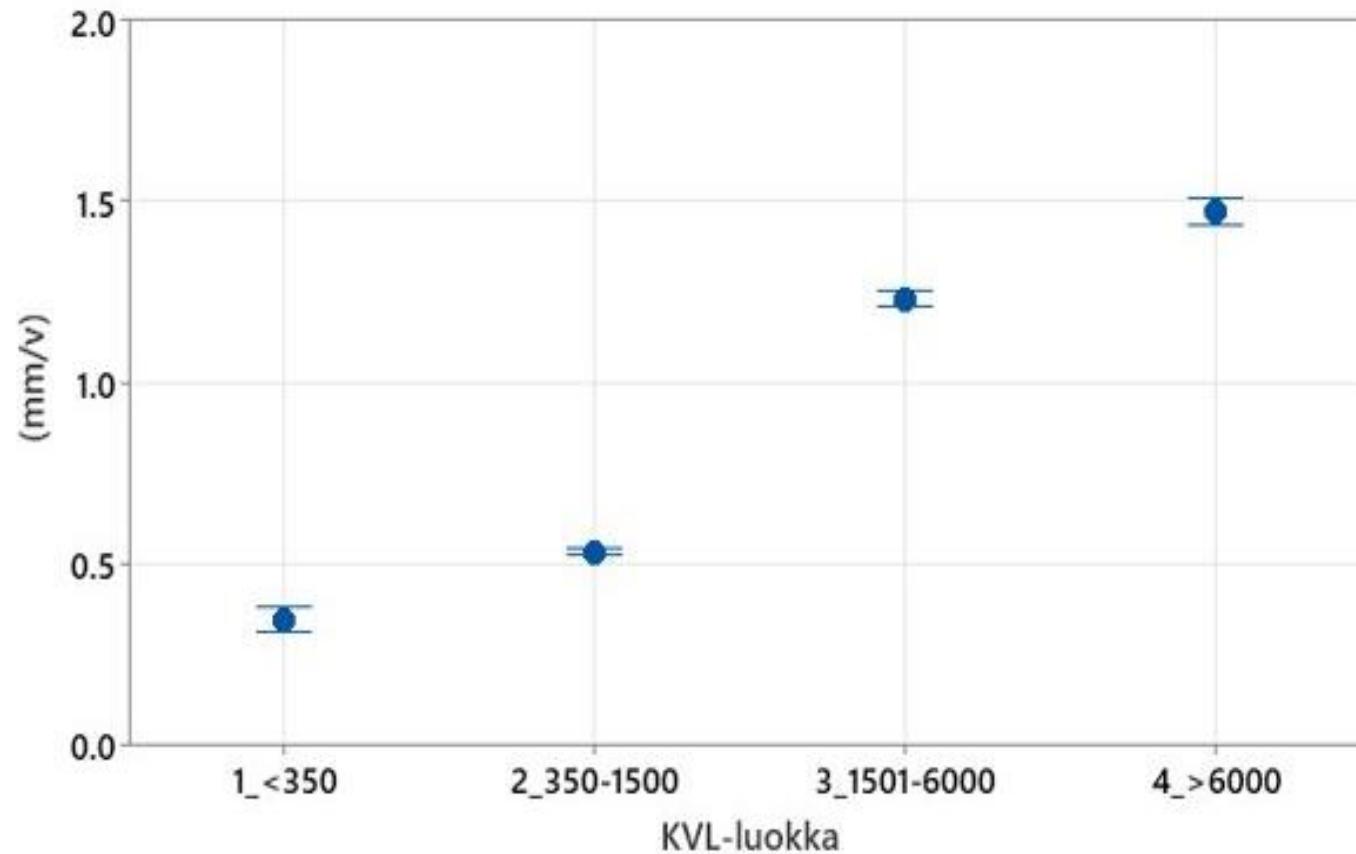
- Kuvassa kohteissa käytettyjen asfalttimassan kuulamylyarvon (keskiarvo) sijoittuminen KVL-luokkiin.
- Korkeita kuulamylyarvoja käytetään hiljaisilla teillä
- Matalia kuulamylyarvoja käytetään vilkkaimmilla teillä
- Tulos on looginen

Asfalttimassojen kuulamylyarvot KVL-luokittain



- Kuvassa näkyy kohteiden asfalttimassan kuulamylyarvon (KMA) sijoittuminen kuulamylyluokkiin (AN)
- Korkeita kuulamylyarvoja käytetään hiljaisilla teillä
 - Käyttö suppeaa kvl-luokkien välillä
- Matalia kuulamylyarvoja käytetään vilkkaimmilla teillä
 - Käyttö laajempaa kvl-luokkien välillä
- Tulos on looginen

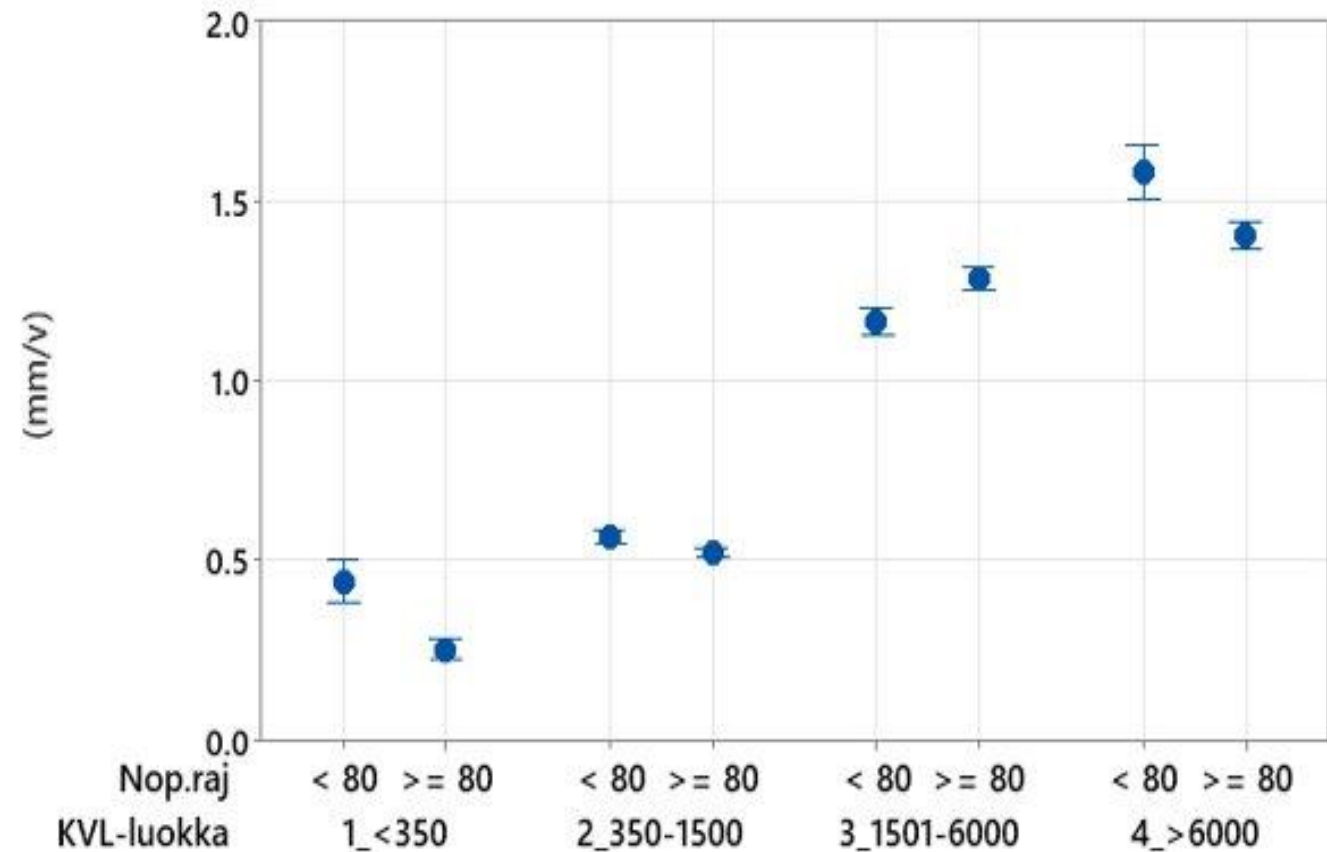
Asfalttipäällysteen keskimääräinen urautumisnopeus KVL-luokittain



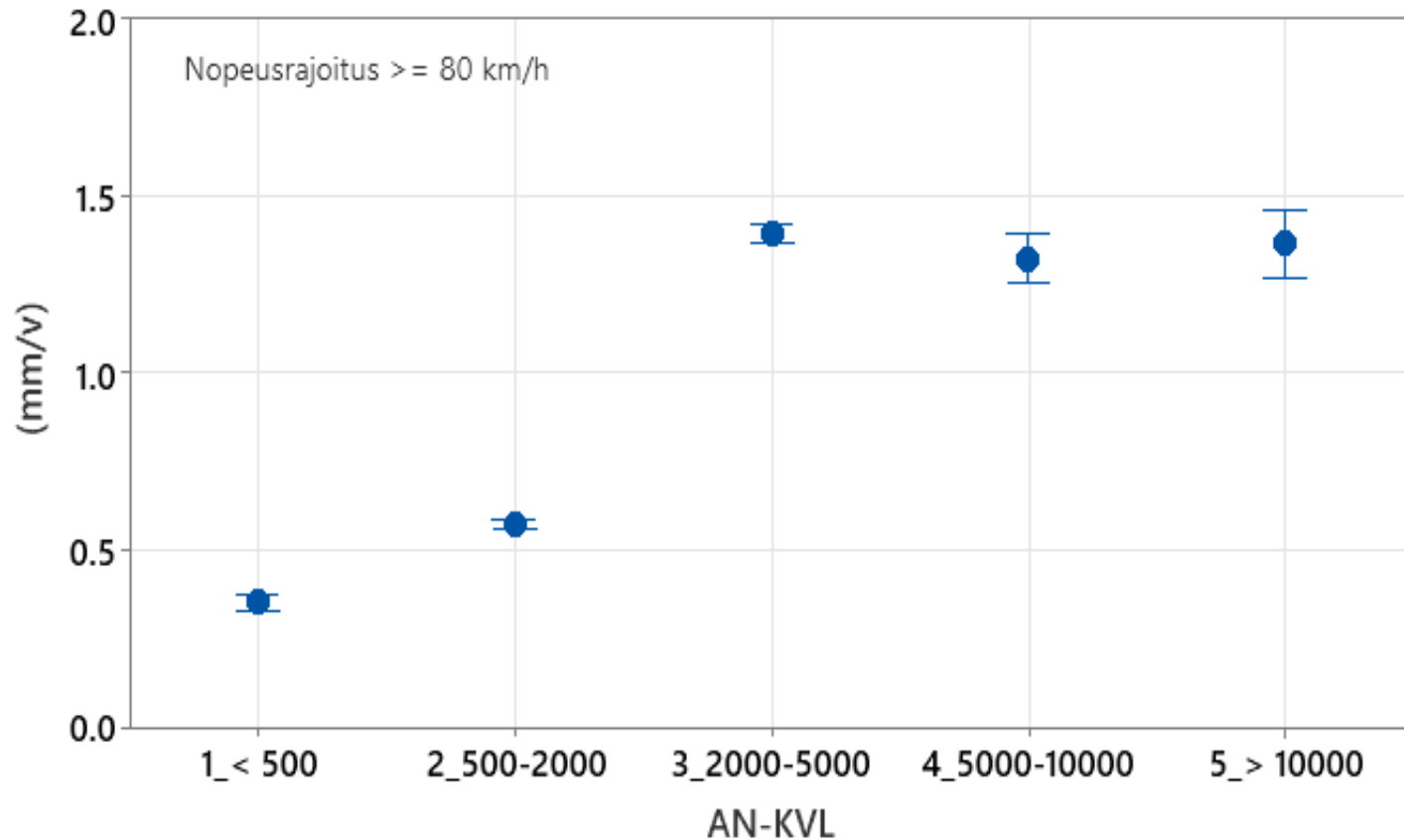
- Keskivuorokausiliikenne (KVL) on tien molempien suuntien yhteenlaskettu liikennemäärä. Luku on vuoden keskimääräinen vuorokausiliikenne. KVL-luokituksena Väyläviraston yleisesti käyttämä luokitus
- Kaikkien kohteiden yhteinen keskiarvoinen urautumisnopeus mm/v
- Urautumisnopeus kasvaa liikennemäärän kasvaessa

Asfalttipäällysteiden urautumisnopeus KVL-luokittain, ajonopeus huomioiden

- Urautumisnopeus kasvaa liikennemäärän kasvaessa.
- Havaintojen epäsuhtaisuus nopeusrajoitusluokituksen välillä voi vääristää tuloksia.

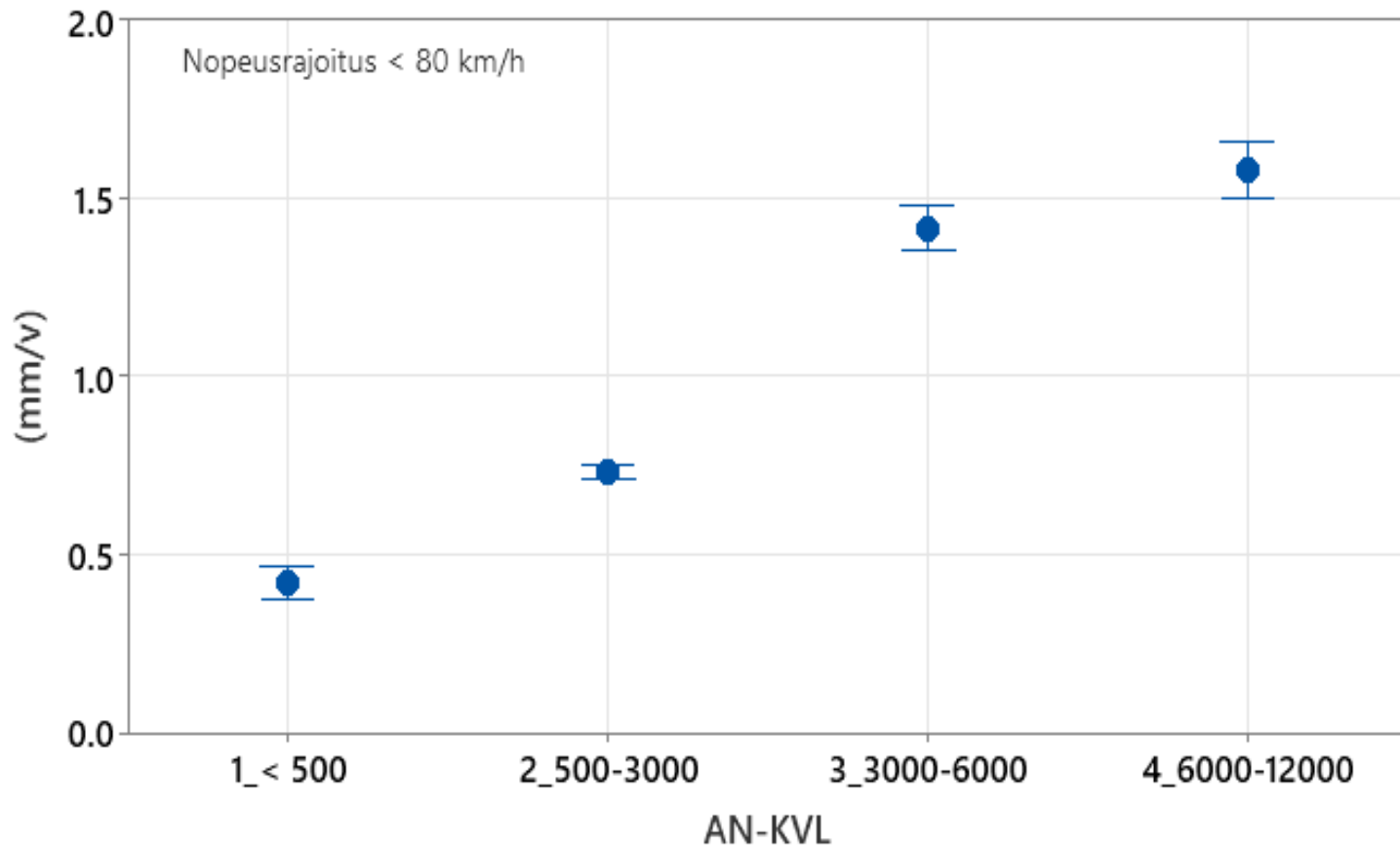


Asfalttipäällysteen urautuminen Asfalttinormien KVL-luokkien mukaan, nopeus yli 80 km/h



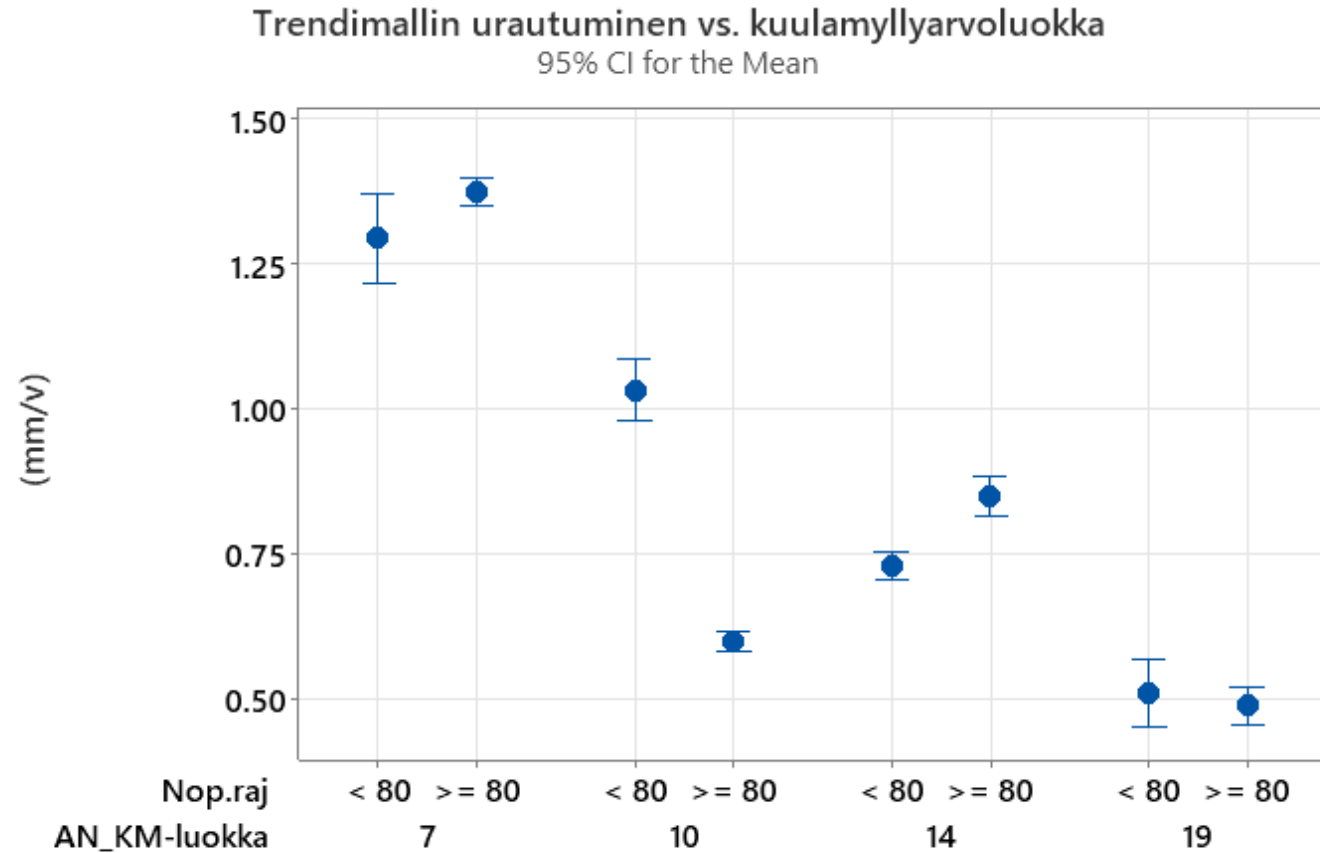
- Keskimääräisesti urautumisnopeus on hieman suurempi KVL-luokassa 2000-5000 kuin suuremmissa KVL-luokissa.
 - Tulosta selittää havaintojen moninkertainen määrä verrattuna kvl-luokkiin 4 ja 5
- Tulos muilta osin looginen, urautumisnopeus kasvaa liikennemäärän kasvaessa

Asfalttipäällysteiden urautumisnopeus Asfalttinormien kvl-luokittain, ajonopeus alle 80 km/h



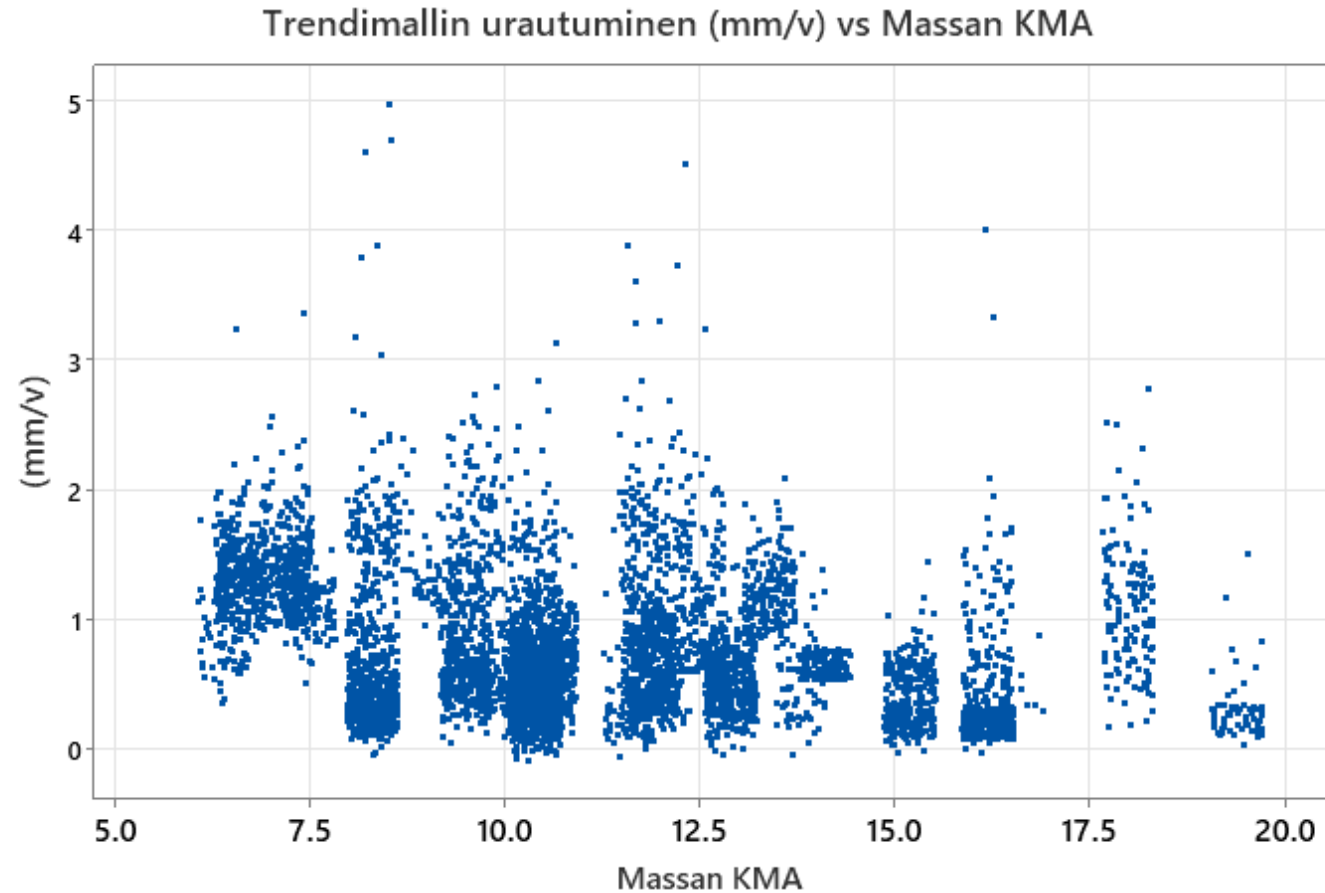
- Urautumisnopeus kasvaa loogisesti KVL:n kasvaessa.

Asfalttipäällysteiden urautumisnopeus nopeusrajoitus- ja kuulamyyllyluokittain

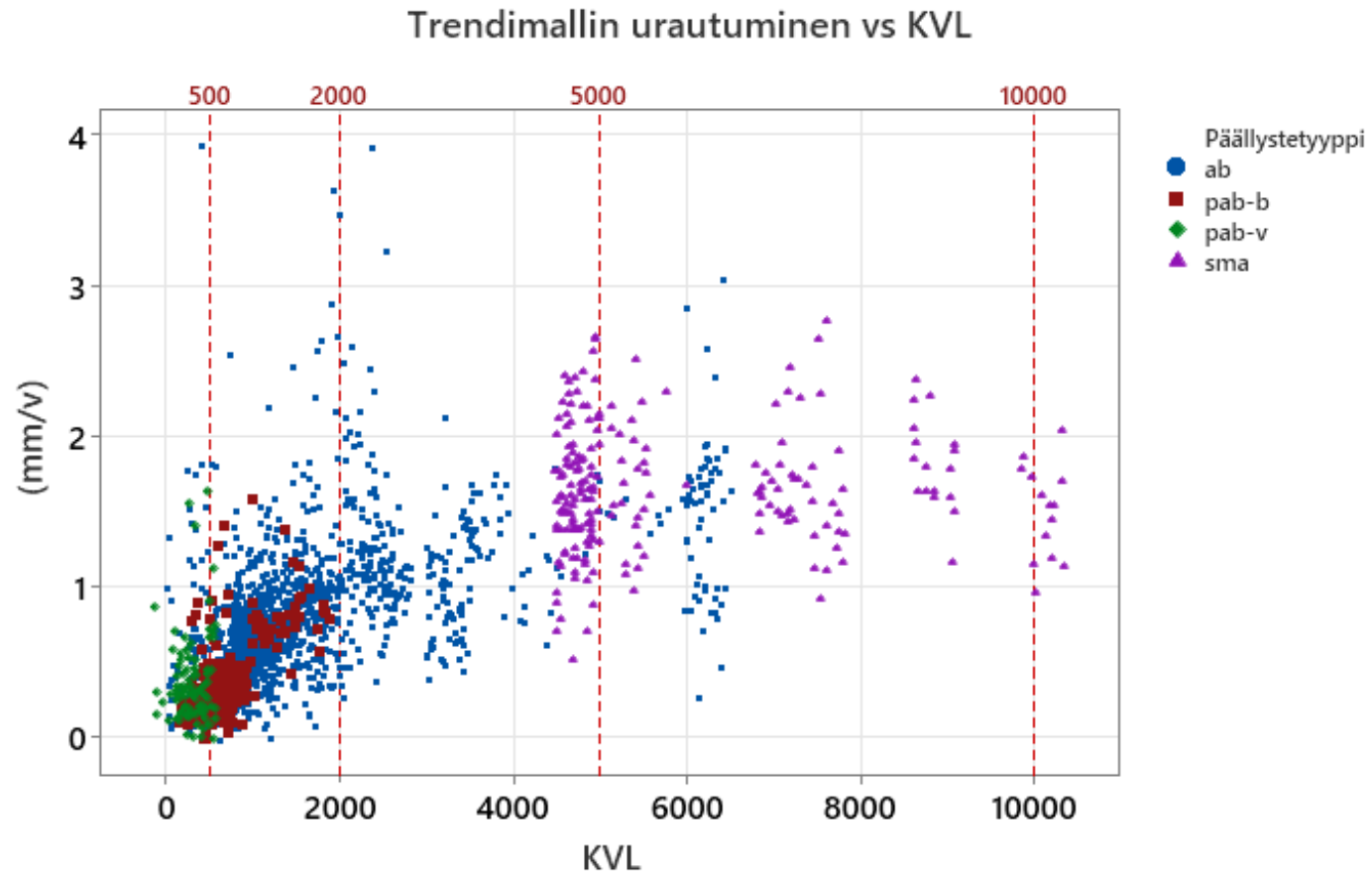


Individual standard deviations are used to calculate the intervals.

Asfalttipäällysteiden urautumisnopeus ja asfalttimassan kuulamyyllyarvo



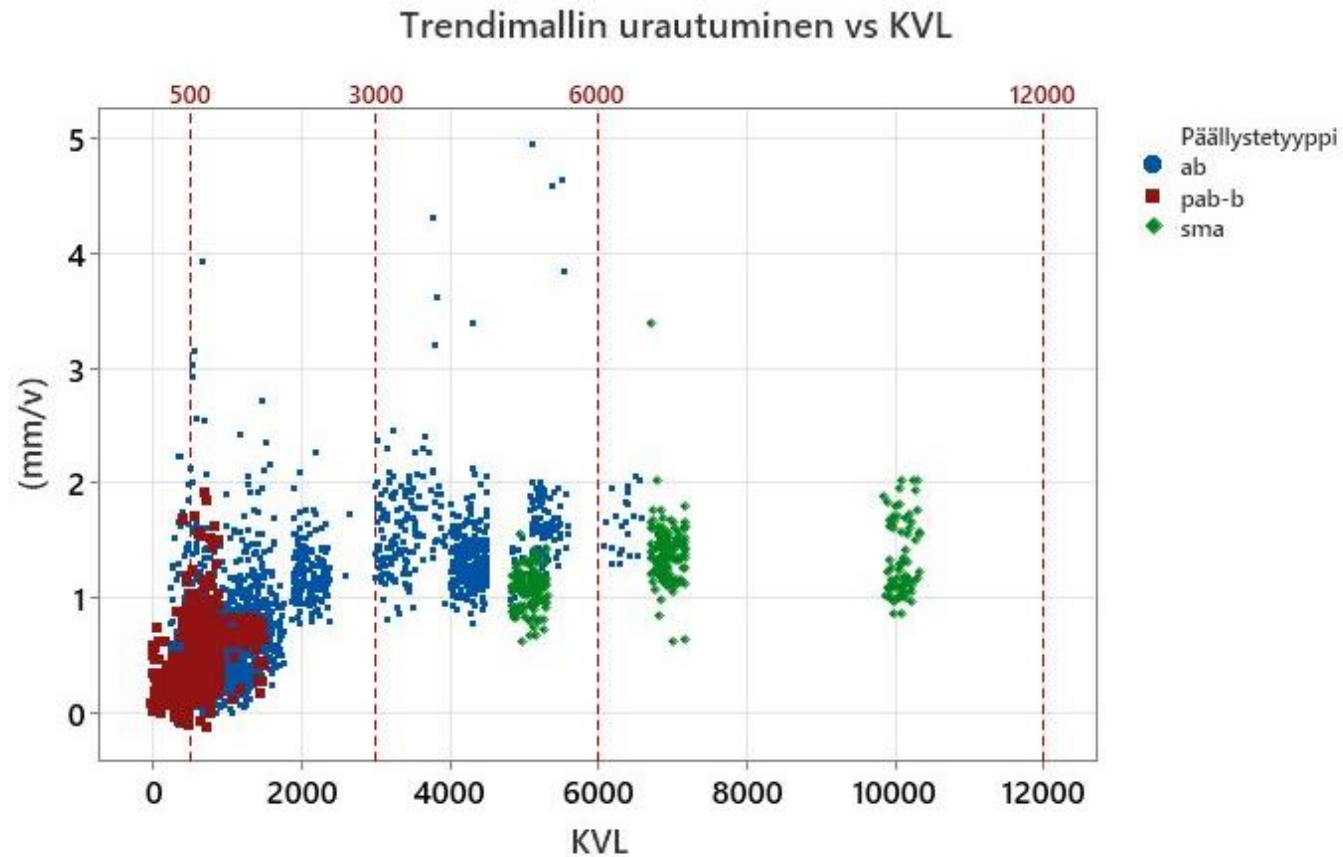
Asfalttipäällysteen urautumisnopeus päällystetyypeittäin, Nopeus < 80



Results include rows where 'Non.rai-lk' = 1. Nopeusrajoitus < 80 km/h

- Pehmeät asfalttibetonit urautuvat hitaimmin, koska niitä on liikennemäärältään hiljaisilla teillä
- SMA- ja AB-kohteet urautuvat keskimäärin nopeammin, koska niitä käytetään kohteissa, joissa on vilkas vuorokausiliikenne

Asfalttipäällysteen urautumisnopeus päällystetyypeittäin, Nopeus ≥ 80

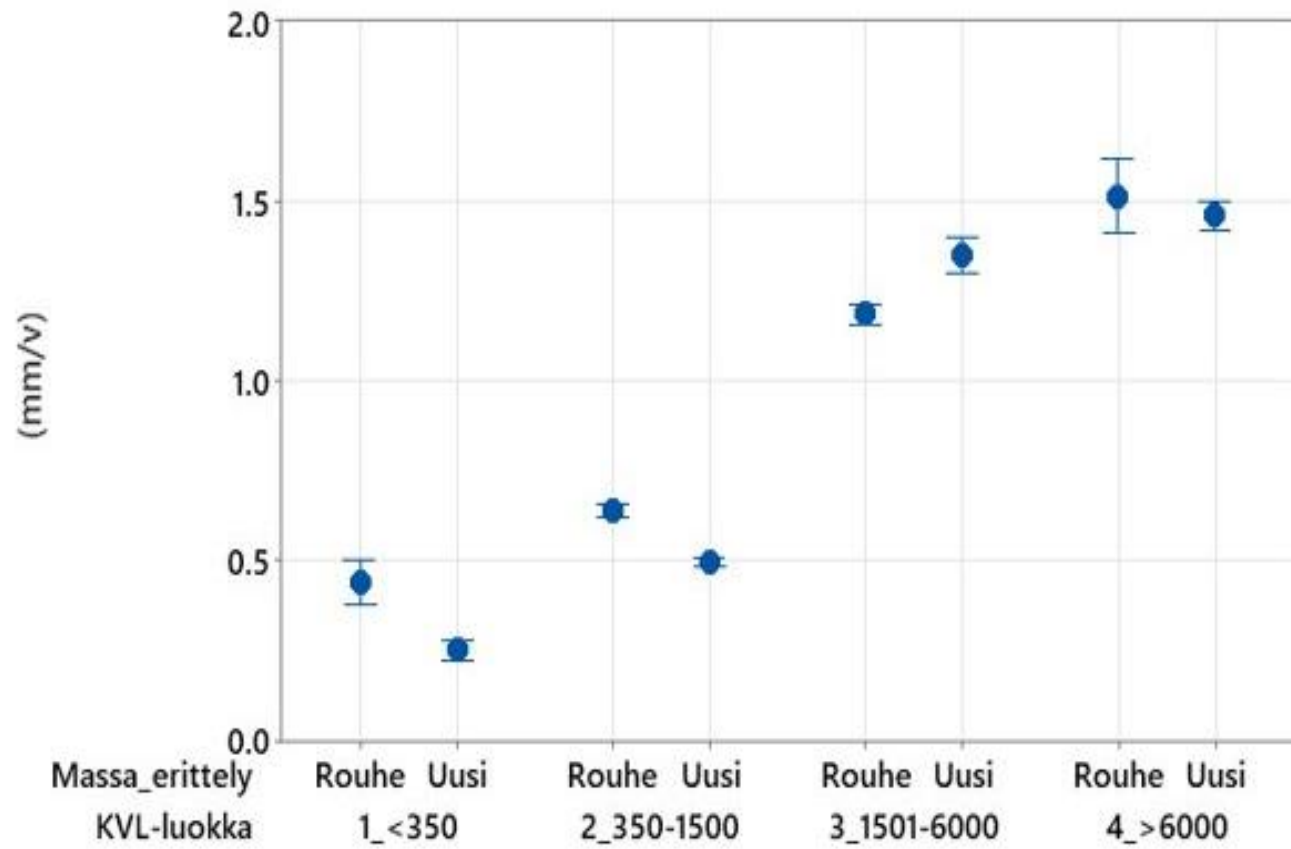


Results include rows where 'Non.rai-ik' = 2. Nopeusrajoitus ≥ 80 km/h

- Pehmeät asfalttibetonit urautuvat hitaimmin, koska niitä on liikennemäärältään hiljaisilla teillä
- SMA- ja AB-kohteet urautuvat keskimäärin nopeammin, koska niitä käytetään kohteissa, joissa on vilkas vuorokausiliikenne

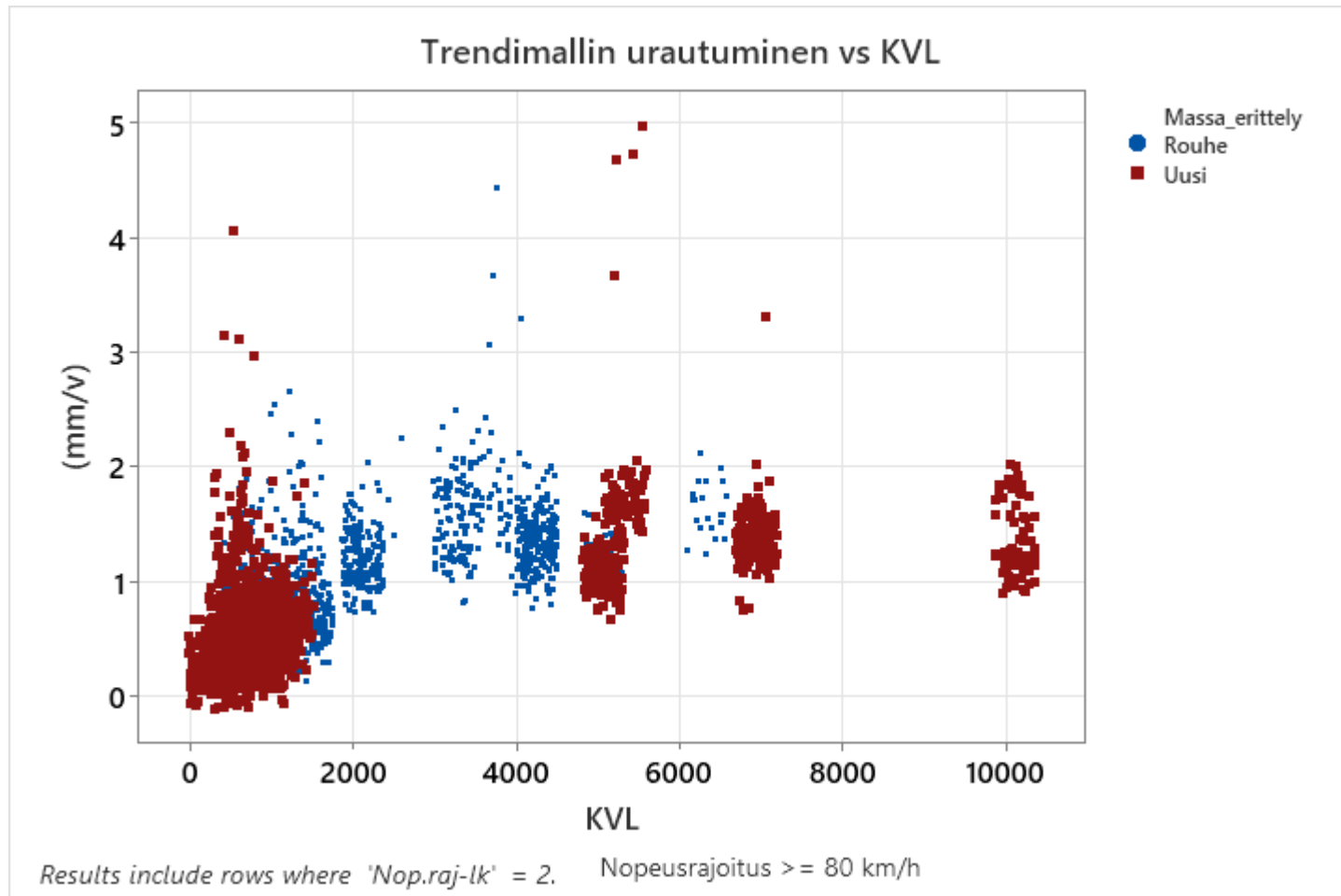
Tulokset - Asfalttirouhekohteet

Asfalttipäällysteiden urautumisnopeus uusista kiviaineksista tehtyjen massojen ja asfalttirouhemassojen kesken KVL-luokittain



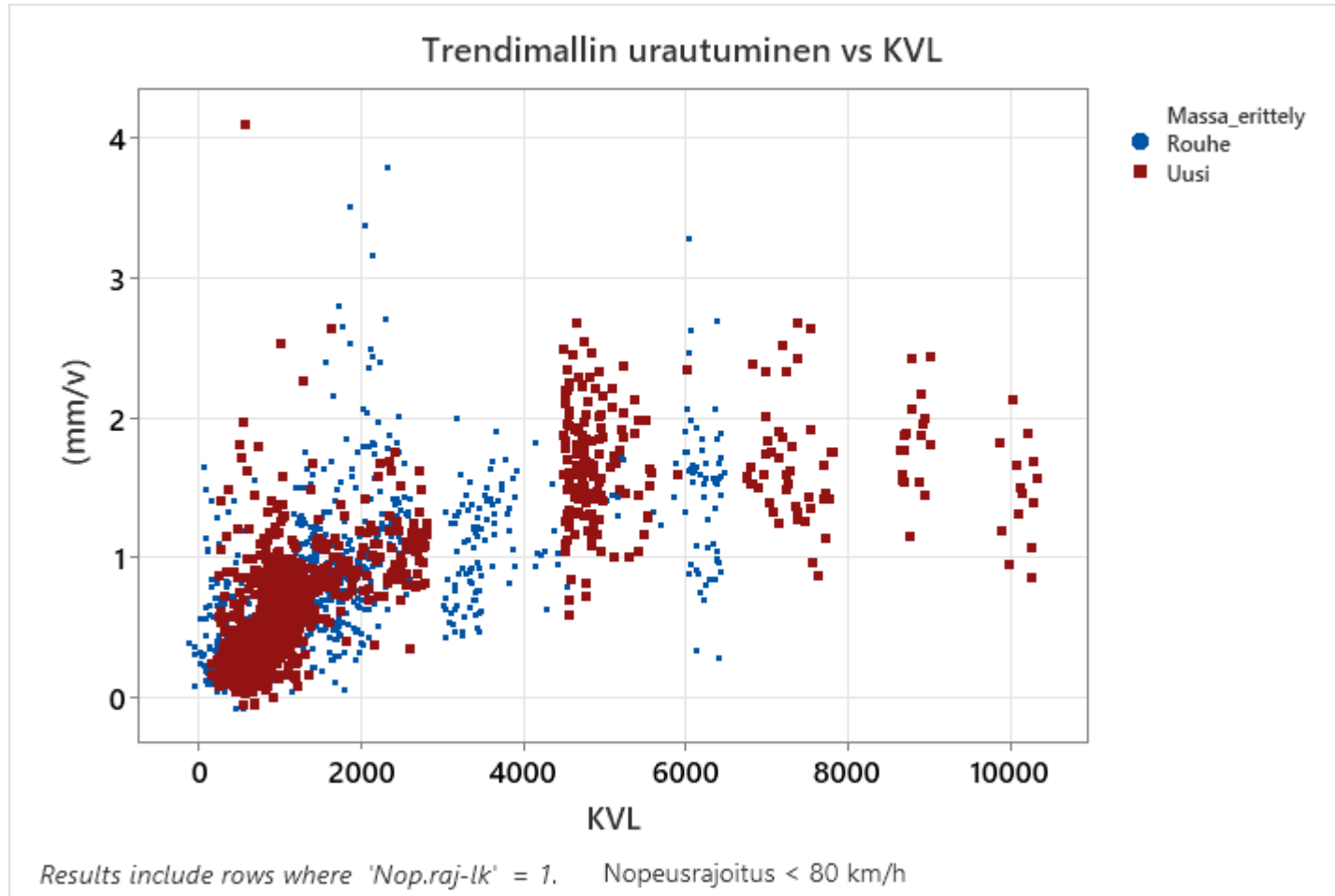
- Vain AB- ja PAB-päällysteet mukana tuloksissa
- Asfalttirouhetta sisältävät päällysteet urautuvat keskimäärin hieman enemmän kuin uusista kiviaineksista tehdyt päällysteet.
- Havaintojen määrien epäsuhtaisuus voi vääristää tuloksia

Asfalttipäällysteiden urautumisnopeus uusista kiviaineksista tehtyjen massojen ja asfalttirouhemassojen kesken KVL-luokittain, yli 80 km/h



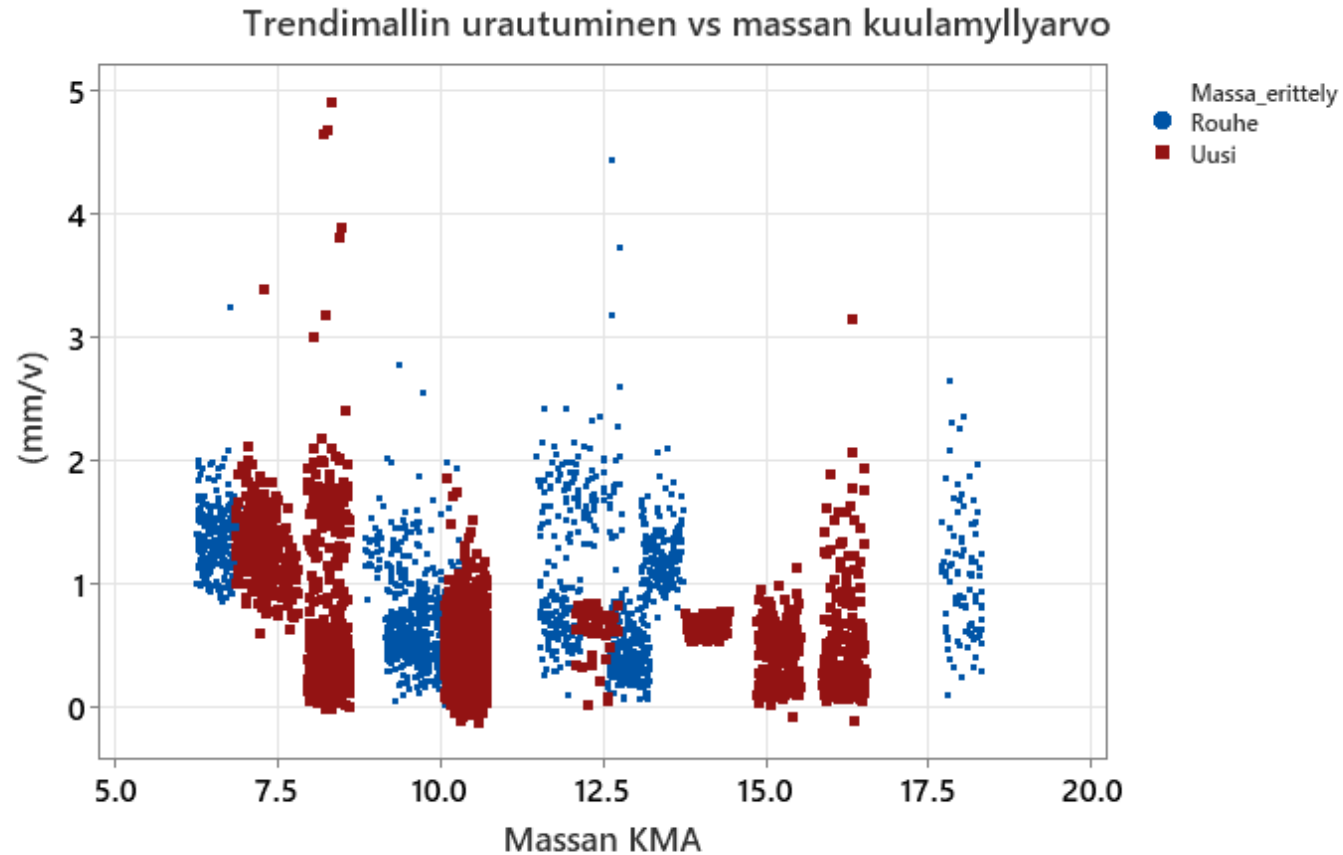
- Havaintojen epäsuhtaisuutta KVL-luokkien välillä
- Asfalttimassat urautuvat suhteellisen tasaisesti, yksittäisiä poikkeavuuksia.

Asfalttipäällysteiden urautumisnopeus uusista kiviaineksista tehtyjen massojen ja asfalttirouhemassojen kesken KVL-luokittain, alle 80 km/h



- Kohteittain tarkasteltuna urautuminen on suhteellisen tasaista massojen välillä alle 7000 auton keskimääräisellä vuorokausiliikenne määrällä.
- Yksittäisten kohteiden hajonta suurempaa pienemmissä KVL-määrissä

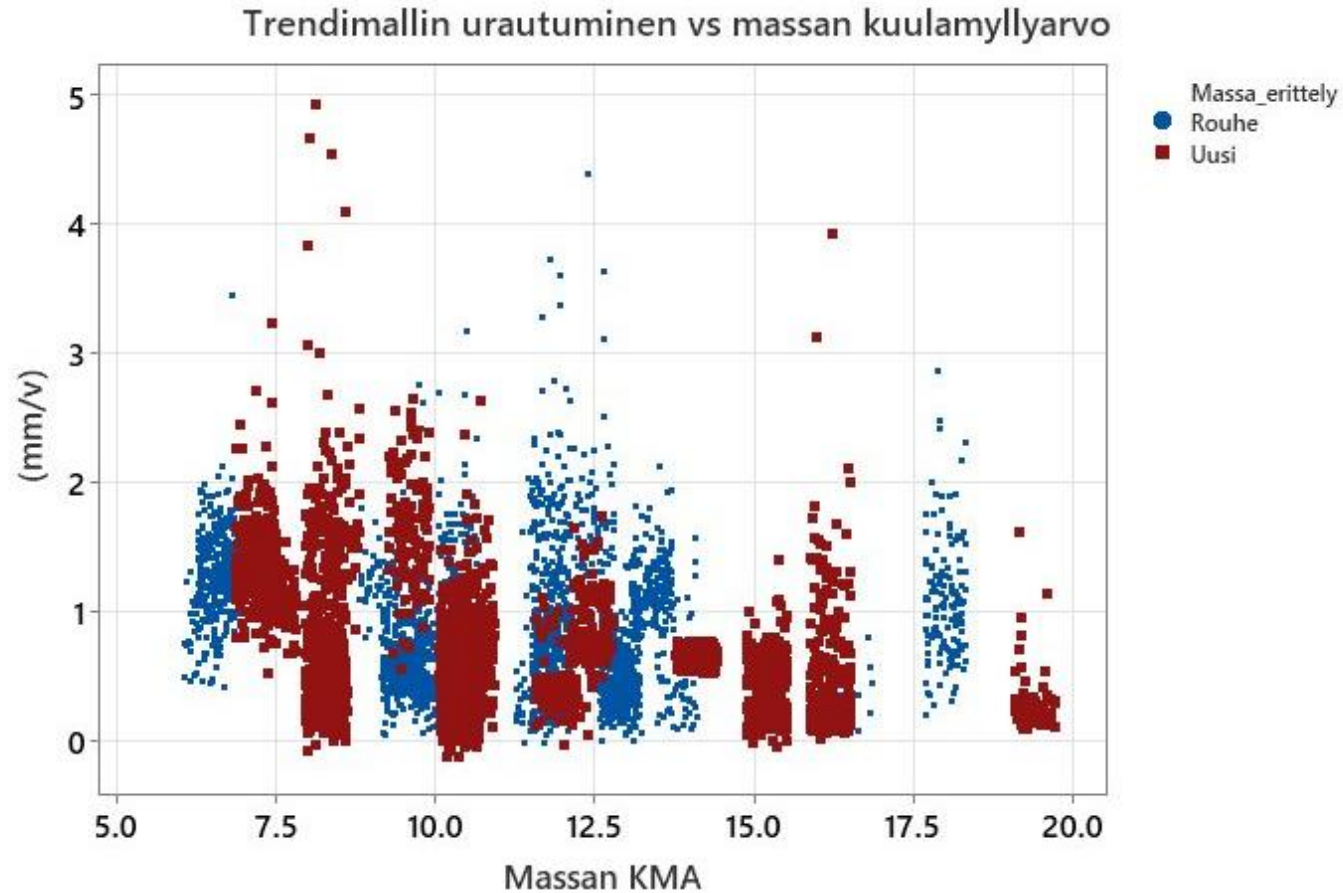
Asfalttipäällysteen urautuminen asfalttimassan kuulamylyarvon mukaan, eroteltuna asfalttirouhekohteet ja uusista kiviaineksista tehdyt kohteet, Nop > 80



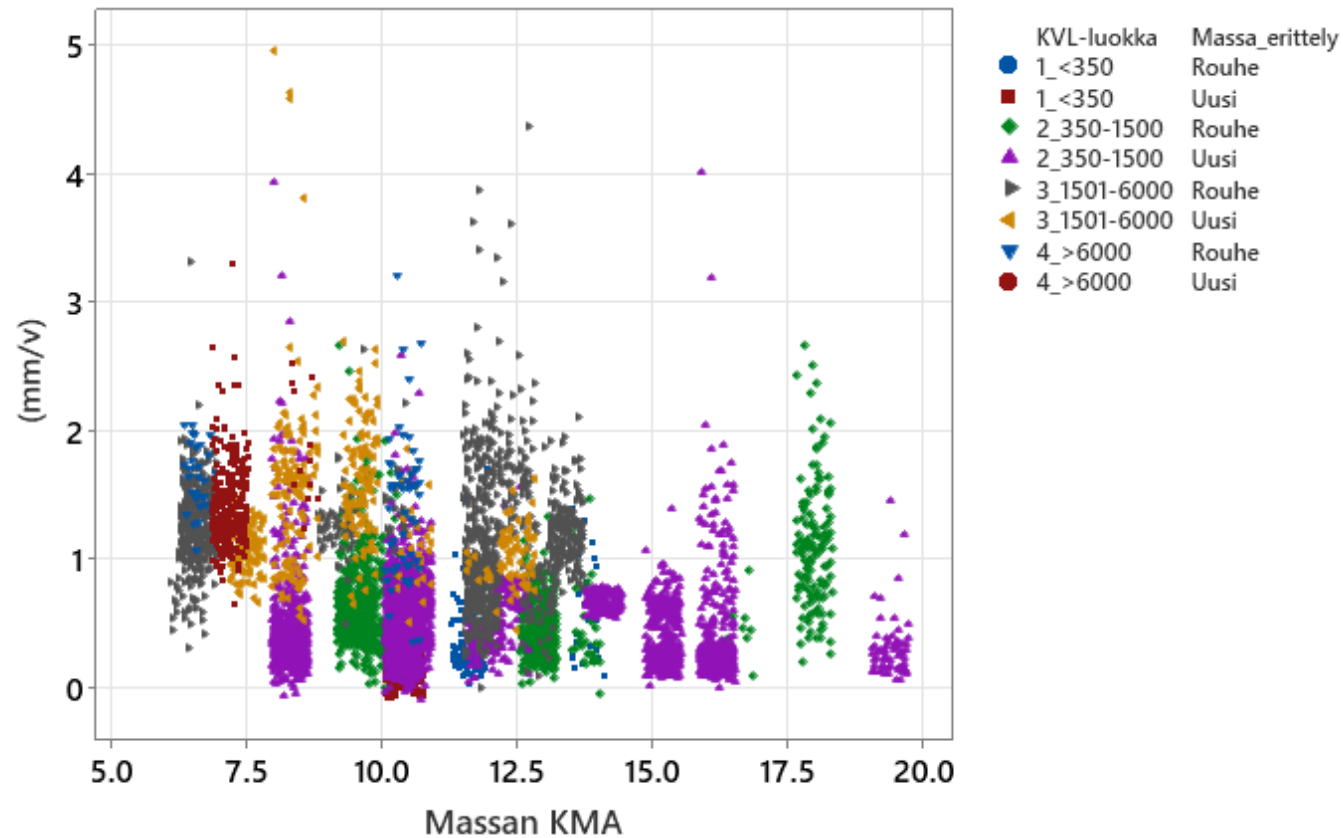
- Urautumisnopeus tasaista massojen kesken
- Kuulamylyarvon ollessa n.11-13 välillä urautumisnopeudessa selvä ero asfalttimassojen välillä. Voi johtua eroista havaintoaineistossa.
- Yksittäisten kohteiden vaihteluväli suuri

Results include rows where 'Non.rai-ik' = 2. Nopeusrajoitus >= 80 km/h

Asfalttipäällysteen urautuminen asfalttimassan kuulamylyarvon mukaan, eroteltuna asfalttirouhekohteet ja uusista kiviaineksista tehdyt kohteet, Nop < 80

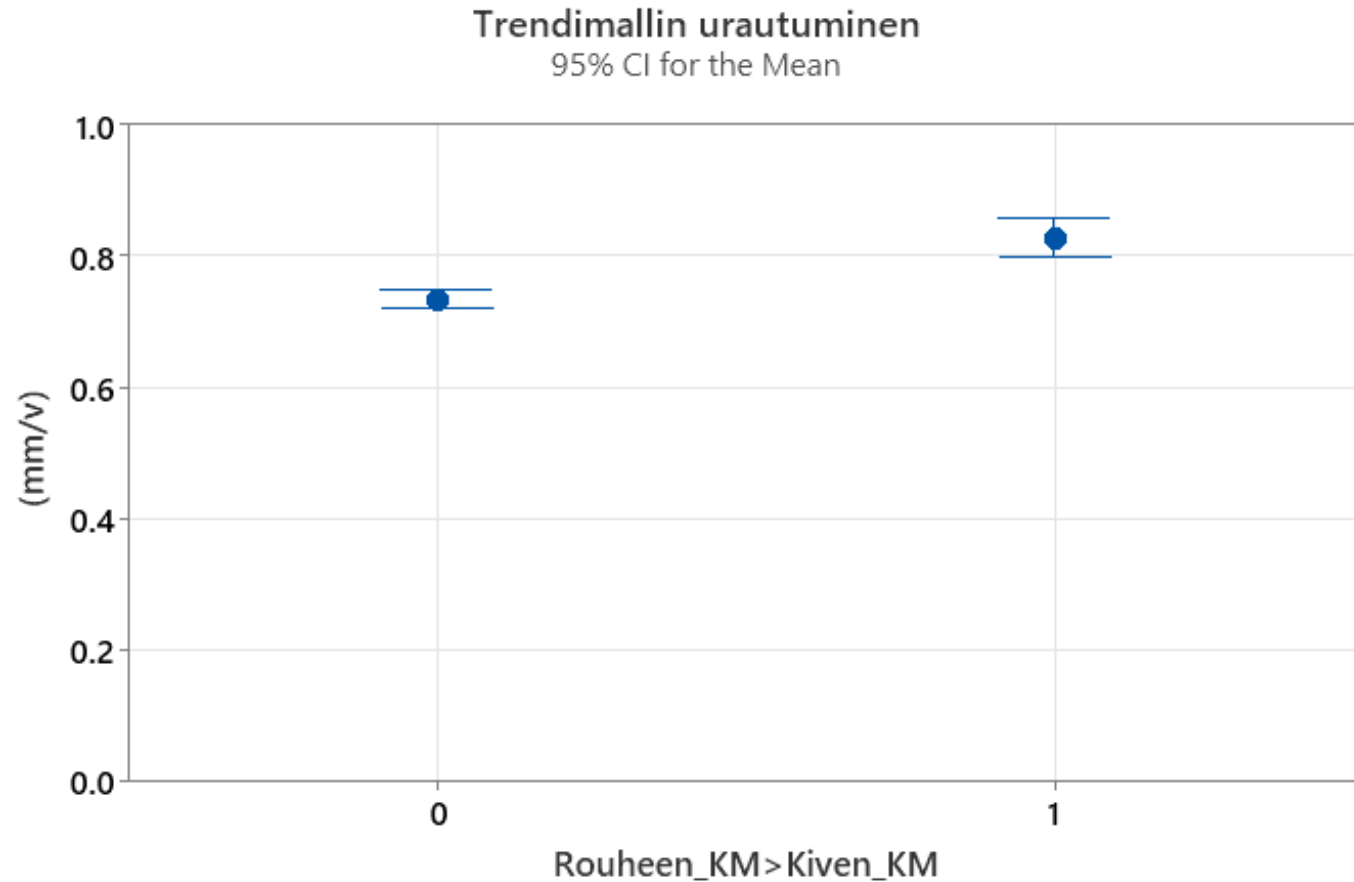


Asfalttipäällysteen urautuminen asfalttimassan kuulamylyarvon mukaan, eroteltuna asfalttirouhekohteet ja uusista kiviaineksista tehdyt kohteet KVL-luokittain



- Keskivuorokausiliikenne (KVL) on tien molempien suuntien yhteenlaskettu liikennemäärä. Luku on vuoden keskimääräinen vuorokausiliikenne.

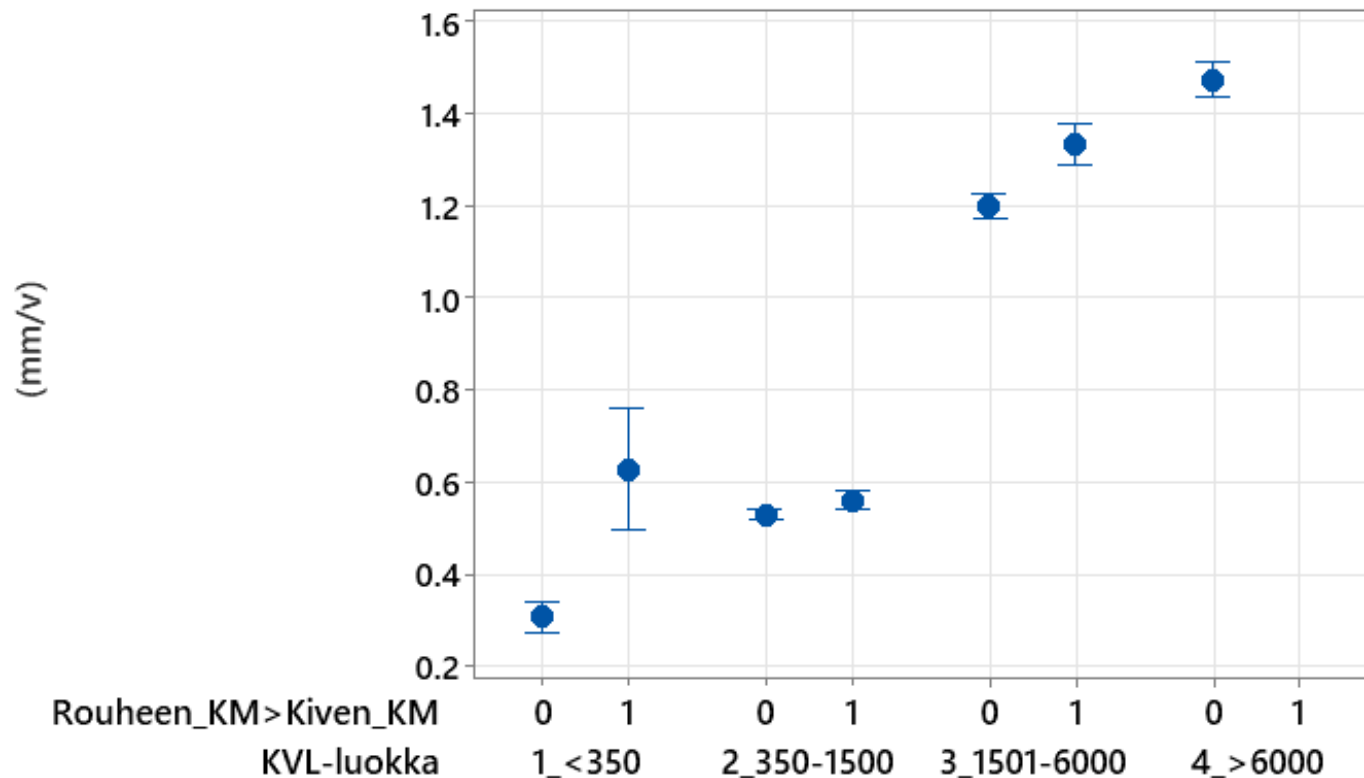
Rouheellisten massojen urautuminen – vertailussa asfalttimassan KM-arvot eroteltuna rouheeseen ja kiviainekseen



- Asfalttirouhetta sisältäville asfalttimassoille määritetty kiviaineelle ja asfalttirouheelle omat kuulamylyarvot
- X-akselin arvot:
 - 0 = Rouheen KM < Kiven KM
 - 1 = Rouheen KM > Kiven KM
- Urautuminen hieman nopeampaa jos rouheen KM-arvo ollut suurempi kuin kiviaineksen KM-arvo

Rouheellisten massojen urautuminen – vertailussa asfalttimassan KM-arvot eroteltuna rouheeseen ja kiviainekseen, KVL-luokittain

Trendimallin urautuminen vs. liikennemäärä ja KM-arvosuhde
95% CI for the Mean



- Urautuminen hieman nopeampaa jos rouheen KM-arvo ollut suurempi kuin kiviaineksen KM-arvo

Yhteenveto ja päätelmät

- Tutkimus tuotti tietoa kuulamylyarvon vaikutuksesta päällysteen urautumiseen myös asfalttirouheen osalta
- Tutkimusaineiston perusteella Asfalttinormit 2023 taulukon 51 päällysteille suositellut kuulamylyluokkien valintaperusteet (ajonopeus ja KVL) pääosin kohdallaan.
 - KVL-luokan 2000-5000 (nop>80) / 3000-6000 (nop<80) ylärajalla on harkittava, tarvitaanko parempi nastarengaskulumiskestävyys
 - Tosin aineiston vähäisyys/epäsuhta esim. eri liikennemääräluokissa voi vaikuttaa tuloksiin.
- Urautumisnopeus kasvaa kuulamylyluokan pienentyessä.
 - Tulos itsessään looginen → liikennemäärä vaikuttaa urautumiseen enemmän kuin kuulamylyluokka
- Rouhekohteiden urautuminen oli hieman suurempaa varsinkin pienemmällä liikennemäärällä. Suuremmilla liikennemäärillä tutkimusaineiston havaintomäärillä voi olla vaikutusta.
 - Lisäksi urautumiseen vaikuttaa moni muukin tekijä kuin pelkkä käytetty rouhe ja sen ominaisuudet
- Asfalttimassassa käytetyn rouheen kuulamylyarvolla näyttäisi olevan pientä kasvattavaa vaikutusta urautumiseen jos se on suurempi kuin käytetyn uuden kiviaineksen kuulamylyarvo.



Väylävirasto
Trafikledsverket