



18-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos

TRANSPORTO INŽINERIJA IR VADYBA,

vykusios 2015 m. gegužės 6 d. Vilniuje, straipsnių rinkinys

Proceedings of the 18th Conference for Junior Researchers 'Science – Future of Lithuania'

TRANSPORT ENGINEERING AND MANAGEMENT, 6 May 2015, Vilnius, Lithuania

Сборник статей 18-й конференции молодых ученых «Наука – будущее Литвы»

ИНЖЕНЕРИЯ ТРАНСПОРТА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК, 6 мая 2015 г., Вильнюс, Литва

ASFALTO MIŠINIŲ GAMYBOS TECHNOLOGINIO PROCESO VERTINIMAS MAŽINANT NEIGIAMĄ POVEIKĮ APLINKAI

Aurimas Kanapeckas¹, Viktoras Vorobjovas²

Kelių katedra, Vilniaus Gedimino Technikos Universitetas, Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius

El. paštas: ¹aurimas.kanapeckas@stud.vgtu.lt; ²viktoras.vorobjovas@vgtu.lt

Santrauka. Straipsnyje yra supažindinama su asfalto gamybos metu susidaranti oro tarša dėl vykstančių technologinių procesų. Asfalto mišinių gamybos metu dėl technologinių procesų ar pasitaikančių klaidų gali išaugti energijos sąnaudos ir tuo pačiu didėti neigiamas poveikis aplinkai. Tyrimui atlikti asfalto mišinio gamybos metu analizuoti oro sąlygų, mineralinių medžiagų drėgnio, asfalto maišytuvo paleidimo/sustojimo skaičiaus bei suvartotos energijos kiekiai. Remiantis tyrimo rezultatais įvertinti asfalto mišinio gamybos metu patiriamų ekologinių ir energetinių nuostolių dydžiai. Pagal tyrimo rezultatus gauta, jog nuostoliai dėl oro sąlygų sudaro iki 15 %, dėl 1 % padidėjusio medžiagų drėgnumo – iki 11 %, dėl dažnų maišytuvo paleidimų skaičius – iki 23 %. Atsižvelgus į tyrimo rezultatus ir jų analizę pateikiamos išvados ir pastebėjimai dėl gamybos proceso neigiamo poveikio aplinkai mažinimo.

Reikšminiai žodžiai: asfalto mišinys, asfalto gamybos technologija, aplinkos tarša, energijos suvartojimas, degimo produktai, drėgnis.

Įvadas

Didžioji dalis technologinių procesų susijusių su mineralinių produktų pramone yra kenksmingi aplinkai. Asfalto mišinio gamybos metu susiduriama su problemomis, kurias norint vienaip ar kitaip pašalinti, į aplinką taip pat tenka paleisti žalingus junginius. Pagrindiniai veiksniai, kurie lemia į aplinką skleidžiamų kenksmingų dujų emisijų kiekius yra netobulas medžiagų kaitinimo ir įkaitintų bei rišikliu padengtų mineralinių medžiagų transportavimo iš vienos vietos į kitą procesas (Emission Factor... 2004).

Pagrindinis teršalų šaltinis asfalto mišinių gamybos proceso metu yra mineralinių medžiagų džiovinimas džiovinimo būgne. Įrenginyje deginant kurą yra kaitinamos ir džiovinamos šaltos ir drėgnos mineralinės medžiagos iki reikiamos asfalto mišiniui temperatūros. Šio proceso metu gaminasi aplinkai pavojingi šalutiniai produktai – anglies dioksidas (CO₂), vandens garai, kietosios dalelės, ir junginiai dėl nepilnai sudegusio kuro – azoto oksidai (NO_x), sieros oksidai (SO_x), anglies monoksidas (CO), lakieji organiniai junginiai, metanas (CH₄) (Environmental Guidelines... 2007).

Kiti aplinkai potencialiai pavojingi taršos šaltiniai gali atsirasti medžiagų transportavimo, rūšiavimo (sijojimo) ar maišymo su bituminiu rišikliu metu. Tiesioginį kontaktą su aplinkos oru turintys taršos šaltiniai aplenkia filtravimo sistemas, ir dėl to dažnai yra įvardijami kaip

neorganizuoti taršos šaltiniai (Emission Factor... 2004). Asfalto mišinio gamybos metu dažniausiai šio tipo teršalai atsiranda sudėtų medžiagų ar pagamintos produkcijos iškrovos ir pakrovos vietose (pvz., asfalto krovos į saugojimo bunkerius, sunkvežimio pakrovos metu), o jų kiekiai yra glaudžiai susiję su gaminamos produkcijos temperatūra, kadangi maišantis stipriai įkaitintoms mineralinėms medžiagoms su bituminiu rišikliu, dėl šio rišiklio cheminės sudėties, formuojasi organiniai garai (Certified Hot... 2013).

Nors dalį teršalų yra įmanoma pašalinti naudojant rankovinių filtrų ar kitų tipų filtravimo sistemas, tačiau šie filtravimo būdai beveik visiškai neefektyvūs ir nesumažina kenksmingų dujų kiekių, kurie atsiranda kuro degimo metu (Emission Estimation... 1999).

Siekiant mažinti technologinio proceso poveikį aplinkai, reikia dėmesį skirti veiksniams susijusiems su energijos vartojimo mažinimu.

Lietuvos ir kitų šalių patirtis straipsnio tematika

Asfalto mišinio maišytuvo efektyvumas priklauso nuo šilumos (kuro) ir elektros energijos suvartojimų, reikalingų vienai tonai asfalto pagaminti. Pasak 2013 Government... (2013) 1 kWh energijos, gautos deginant dažnai naudojamą gamtinių dujų kurą, vidutiniškai į aplinką išsiskiria apie 184 g CO₂ dujų.

Vienas iš veiksnių, kuris lemia šilumos energijos sąnaudas yra medžiagų drėgnumas. Anot Hunt (2008), drėgmės kiekis medžiagoje turi labai svarbią įtaką džiovimo procesui. Young (2008) teigia, kad 1 % padidėjęs medžiagos drėgnis padidina energijos sąnaudas 10 %. Kadangi stambių frakcijų mineralinių medžiagų dalelės viršutinę drėgnio ribą pasiekia po 5 minučių mirkymo vandenyje, o smulkiosios mineralinės medžiagos (galinčios išlaikyti iki 16 % drėgmės), per tą patį laiką prisigeria apie 60 % vandens, todėl trumpalaikis lietus turi didelę įtaką medžiagų drėgniui ir siekiant sumažinti drėgmės kiekį, verta pagalvoti apie stoginių įrengimą ir saugomų mineralinių medžiagų aikštelės įrengimą su tinkama vandens nuvedimo sistema (Burnys 2010).

Siekiant mažinti energijos ir taršos kiekius taip pat privalu atsižvelgti į oro temperatūras. Elektros energijos sąnaudos reikalingos šildyti bituminių rišiklių talpyklas dėl aplinkos temperatūros gali didėti 10 % (Bražiūnas, Sivilevičius 2014). Tuo tarpu kalbant apie šilumos energiją, pasak Young (2008), 6 °C sumažėjusi asfalto mišinių temperatūra, mažina šios energijos sąnaudas 2 %. Kadangi esant žemai oro temperatūrai asfalto mišinys vėsta greitai ir turi būti gaminamas aukštesnės temperatūros, dėl skirtingų temperatūrų, šiluminės energijos sąnaudos gali padidėti apie 15 %. Be to, kuo aukštesnė yra asfalto mišinio maišymo temperatūra, tuo stipriau garuoja bituminis riškis ir į aplinką tiesiogiai yra išmetami lakieji organiniai junginiai (Certified Hot... 2013).

Asfalto mišinio gamybos darbų planavimas taip pat turi reikšmės siekiant mažinti neigiamą poveikį aplinkai. Dažni maišytuvo paleidimai ir stabdymai, lyginant su pastoviu maišytuvo darbu, gali lemti nuo 20 % iki 35 % šilumos energijos nuostolių (Young 2008).

Darbo tikslas yra išanalizuoti asfalto mišinių gamybos technologinį procesą ir pateikti siūlymus dėl neigiamo poveikio aplinkai mažinimo.

Tyrimo objektas ir metodika

Tyrimo objektas yra periodinio veikimo asfalto maišymo įrenginys, kurio našumas siekia iki 240 t/h. Maišytuvo aikštelės teritorija (kartu su medžiagų sandėliavimo teritorija) yra apie 21 000 m² ploto. Mineralinės medžiagos tiriamame asfalto maišytuve yra džioviamos 17 MW degikliu, kuriam naudojamas gamtinių dujų kuras. Mineralinių medžiagų kaitinimo metu susidarę oro teršalai filtruojami rankovinių filtrų sistema.

Tiriamame objekte mineralinių medžiagų sandėliavimo aikštelė nėra apsaugota nuo kritulių. Mineralinės medžiagos yra neuždengtos, aikštelės danga neturi tinkamo nuolydžio ir yra įrengta iš žvyro ir skaldos mišinio, todėl vanduo aikštelėje nenubėga į šalis, o kritulių kiekis turi tiesioginę įtaką medžiagų drėgnumo didėjimui.

Dėl glaudaus tarpusavio sąryšio tarp suvartotos šilumos energijos ir išmetamų į orą teršalų (2013 Government... 2013), tyrimų metodika paremta suvartotos šilumos energijos duomenų rinkimu ir analize, esant skirtingoms aplinkos ir darbo sąlygoms.

Sunaudotos šilumos energijos apskaita tiriamame objekte atlikta fiksuojant duomenis iš dujų skaitiklio pa-

vaizduoto 1 paveiksle, kurio sunaudojamų dujų tūrio rodmenys elektriniu keitikliu perskaičiuojami į sausų dujų tūrį, esant standartinėms sąlygoms: slėgis $p = 1,01325$ bar ir temperatūra $T = 273,15$ K.



1 pav. Gamtinių dujų apskaitos įrenginys „Schlumberger NM G 400“ ir elektroninis konverteris „Kamstrup UNIGAS PTS“

Suvertotas gamtinių dujų tūris perskaičiuojamas į energijos vienetą – kWh, dauginant 1 m³ iš viršutinio gamtinių dujų šilumingumo – 10,39 kWh/m³ („Lietuvos dujos“ 2015).

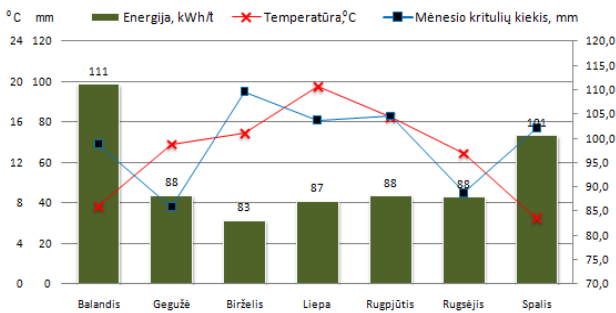
Oro sąlygų įtaka asfalto mišinių gamybos technologiniam procesui

Siekiant ištirti oro sąlygų poveikį energijos nuostoliams gamybos technologinio proceso metu, surinkti tiriamo asfalto maišytuvo 2012 ir 2013 metų mėnesio šilumos energijos suvartojimo ir pagamintos produkcijos kiekių duomenys ir nustatyti vidutiniai mėnesio energijos kiekiai reikalingi vienai tonai asfalto mišinio pagaminti (1–2 lentelės). 2012 ir 2013 m. oro sąlygų duomenys gauti iš Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos, kurios matavimo stotis nuo objekto nutolusi už 2,2 km (1–2 lenteles).

1 lentelė. 2012 metų vidutinių vienai tonai asfalto pagaminti reikalingų energijos kiekių ir oro sąlygų duomenys

Mėnesis	Energijos kiekis, kWh/t	Kritulių kiekis, mm	Vidutinė oro temperatūra, °C	Metinis pagamintos produkcijos kiekis, %
Balandis	111,08	69	7,7	2,3
Gegužė	88,21	38	13,8	6,1
Birželis	83,11	95	14,9	15,5
Liepa	87,09	81	19,5	19,7
Rugpjūtis	88,11	83	16,5	16,7
Rugsėjis	87,91	45	12,9	21,0
Spalis	100,57	77	6,5	18,7
Iš viso:				100

Analizuojant 2012 metų pavasario ir rudens duomenis (1 lentelė ir 2 pav.) nustatyta, kad esant žemai oro temperatūrai (≤ 10 °C) suvartojamos energijos kiekiai yra 15 % didesni nei vidutiniai suvartojami energijos kiekiai per metus. Tiriant tų pačių metų vasaros duomenis, pastebėta, jog net ir esant dideliame kritulių kiekiui (≥ 80 mm), dėl pakankamai aukštos oro temperatūros, energijos suvartojimai lieka 5 % mažesni nei vidutiniai, kadangi pakilusi oro temperatūra leidžia mažinti maišomų asfalto mišinių temperatūras (pagamintas asfalto mišinys vėsta lėtai).



2 pav. 2012 metų vidutinių vienai tonai asfalto pagaminti reikalingų energijos kiekių ir oro sąlygų duomenų diagrama

Taip pat tyrimo metu nustatyta, kad mineralinės medžiagos atkeliavusios į sandėliavimo aikštelę turėjo daug perteklinės drėgmės. Kadangi saugojami šių medžiagų kiekiai nebuvo dideli, jie nespėdavo išdžiūti nelietingomis dienomis ir buvo greitai sunaudoti asfalto mišinio gamybai.

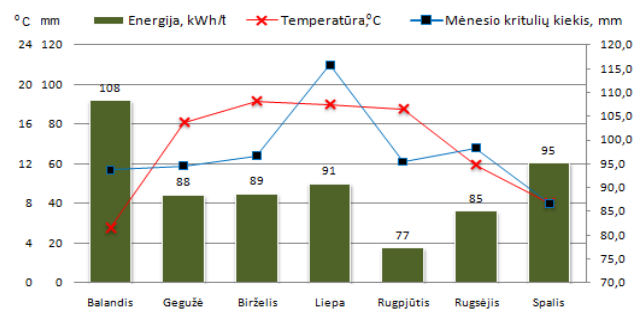
Atlikta 2012 metais surinktų suvartotos energijos kiekio, oro temperatūros ir kritulių kiekio duomenų (1 lentelė) statistinė analizė parodė, kad yra ryšys tarp oro temperatūros ir energijos suvartojimo (determinacijos koeficientas $R^2 = 0,64$), tuo tarpu ryšio tarp energijos ir kritulių kiekio – nėra (koreliacijos koeficientas $R^2 = 0,00$).

Analizuojant 2013 metais surinktus duomenis (2 lentelė), nustatytos panašios duomenų kaitos tendencijos kaip nustatyta iš 2012 metų duomenų. Didėjant vidutinei mėnesio temperatūrai mažėja suvartojamos energijos kiekiai vienai asfalto mišinio tonai pagaminti, o vidutinei oro temperatūrai mažėjant – energijos sąnaudos išauga. Atlikta 2013 metais surinktų suvartotos energijos kiekio ir oro temperatūros duomenų (2 lentelė) statistinė analizė parodė, kad egzistuoja ryšys tarp šių dviejų dydžių (determinacijos koeficientas $R^2 = 0,55$).

2 lentelė. 2013 metų vidutinių vienai tonai asfalto pagaminti reikalingų energijos kiekių ir oro sąlygų duomenys

Mėnesis	Energijos kiekis, kWh/t	Kritulių kiekis, mm	Vidutinė oro temperatūra, °C	Santykinis metinės pagamintos produkcijos kiekis, %
Balandis	108,3	57	5,5	1,4
Gegužė	88,4	59	16,2	13,7
Birželis	88,7	64	18,3	11,6
Liepa	90,8	110	18,0	9,5
Rugpjūtis	77,3	61	17,5	26,1
Rugsėjis	85,0	68	11,9	20,1
Spalis	95,2	40	8,0	17,6
Iš viso:				100

Kritulių poveikis energijos sąnaudoms nėra žymus: liepos mėnesį, kuomet iškrito itin didelis kritulių kiekis – 110 mm, energijos suvartojimai išliko beveik nepakitę lyginant su kitais vasaros mėnesiais (3 pav.). Atlikta 2013 metais surinktų suvartotos energijos kiekio ir kritulių kiekio duomenų (2 lentelė) statistinė analizė parodė, kad ryšio tarp šių dviejų dydžių nėra (determinacijos koeficientas $R^2 = 0,03$).



3 pav. 2013 metų vidutinių vienai tonai asfalto pagaminti reikalingų energijos kiekių ir oro sąlygų duomenų diagrama

Šio tyrimo metu taip pat nustatytas tarpusavio ryšys tarp gaminamos produkcijos kiekio ir energijos sąnaudų (1–2 lentelės). 2013 metais rugpjūčio mėnesį, kuomet asfalto maišytuvus dažnai dirbo nepertraukiamai visą pamainą, o pagamintas produkcijos kiekis sudarė daugiau nei ketvirtadalį visos metinės produkcijos, energijos sąnaudos buvo mažiausios per du tyrimo metus. 2013 metų balandį, kuomet šį mėnesį buvo pagaminta tik 1,4 % visos metinės produkcijos – energijos sąnaudos buvo didžiausios. Atlikus statistinę analizę tarp suvartotos energijos kiekio ir pagamintos produkcijos kiekio duomenų (1–2 lentelės) nustatyta, kad tiek 2012, tiek 2013 metų duomenimis egzistuoja ryšys tarp šių dviejų dydžių (determinacijos koeficientai atitinkamai $R^2 = 0,30$ ir $0,79$).

Energetinių ir ekologinių nuostolių dėl medžiagų drėgnumo tyrimas

Siekiant praktiškai įvertinti nuostolius dėl medžiagų drėgnumo, atlikti bandymai, kurių metu nustatyti energijos kiekiai, reikalingi įkaitinti mineralinių medžiagų mišinį, esant skirtingam mineralinių medžiagų drėgnumui.

Tyrimai atlikti 2014 metų vasarą, pasirenkant tik tas dienas, kuomet oro temperatūra artima 20 °C (17–22 °C), kad sumažinti temperatūrų skirtumo poveikį bandymo rezultatams. Asfalto mišinio maišymo temperatūra taip pat pasirinkta tokia, kad kuo mažiau skirtųsi bandinių temperatūra (167–174 °C).

Tyrimo metu fiksuoti energijos kiekiai reikalingi pagaminti 100 t asfalto mišinio (maišytuvui paleisti reikalinga energija fiksuota nebuvo). Tyrimo metu buvo paimti du mineralinių medžiagų mišinių bandiniai (prieš šiems mišiniams patenkant į džiovimo būgną) ir laboratorijoje nustatytas jų drėgnumas.

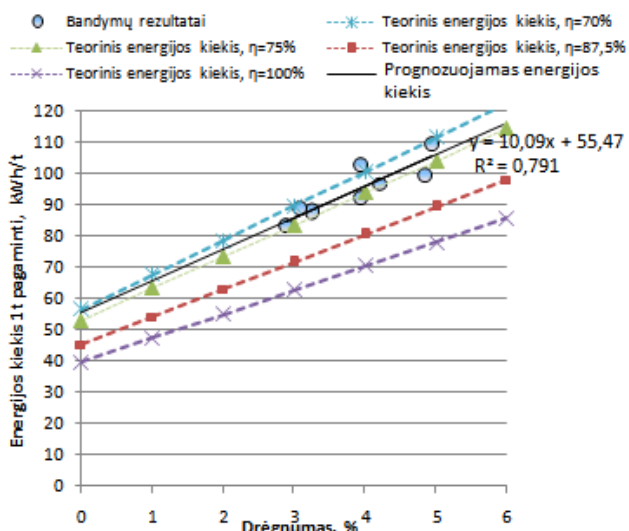
Gauti rezultatai pavaizduoti 4 paveiksle. Pagal šiuos rezultatus, pateiktas nustatytas ir prognozuojamas energijos suvartojimas priklausomai nuo mineralinių medžiagų drėgnumo. Tyrimo rezultatų statistinė analizė rodo šių priklausomybę (determinacijos koeficientas $R^2 = 0,79$).

Atliktas tyrimas patvirtino teorinius skaičiavimus pagal Hunt (2008) pateiktą metodiką (1), kad mineralinių medžiagų drėgnis turi didelę įtaką suvartojamiems energijos kiekiams.

$$Q_{all} = \left(\frac{M_{agg} \cdot P_{moi} \cdot (100 - T_{amb}) \cdot C_{water}}{100} + \right)$$

$$\begin{aligned}
 & + \frac{M_{agg} \cdot P_{moi} \cdot LH}{100} + \frac{M_{agg} \cdot P_{moi} \cdot (T_{dis} - 100) \cdot C_{vap}}{100} + \\
 & + \frac{M_{agg} \cdot P_{moi} \cdot (T_{dis} - 100) \cdot C_{vap}}{100} + M_{agg} \cdot P_{moi} \cdot \\
 & \cdot (T_{dis} - T_{amb}) \cdot C_{agg} / \eta, \quad (1)
 \end{aligned}$$

Q_{all} – visa reikalinga energija, kWh; M_{agg} – mineralinių medžiagų masė, kg; P_{moi} – medžiagų drėgnumas, %; T_{amb} – lauko temperatūra, °C; C_{water} – specifinė vandens šiluma, J/kg·K; LH – vandens garavimo šiluma, J/kg; C_{vap} – specifinė vandens garavimo šiluma, 2,08 J/kg·K; T_{dis} – mišinio temperatūra, °C; C_{agg} – mineralinių medžiagų specifinė šiluma, J/kg·K; η – maišytuvo naudingumo koeficientas, %.



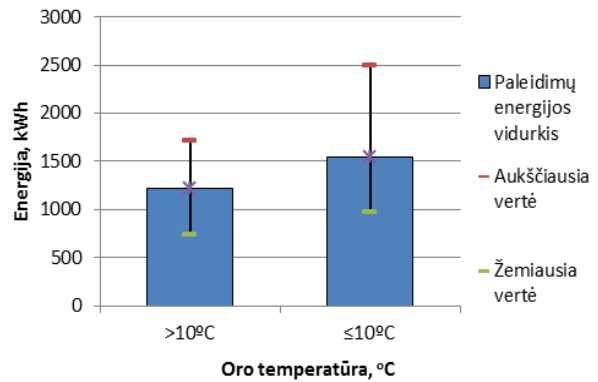
4 pav. Teorinė bei bandymų metu gauta energijos suvartojimo priklausomybė nuo mineralinės medžiagos drėgnio

Pagal prognozuojamą energijos suvartojimų grafiką, vienu procentu padidėjęs drėgnumas, vidutiniškai apie 11 % padidina šilumos energijos suvartojimą ir išmetamų teršalų kiekį.

Tyrimo metu taip pat nustatytas tiriamo asfalto maišytuvo naudingumo koeficientas. Lyginant teorines sąnaudas su duomenimis gautais tyrimo metu, maišytuvo atliekamas naudingas darbas perduodant šilumą mineralinėms medžiagoms siekė tik apie 72 % ir buvo žemesnis nei tokio pat tipo naujų maišytuvų, kurių efektyvumas yra apie 87,5 % (Hunt 2008).

Energijos ir ekologinių nuostolių dėl dažnų asfalto mišinių maišytuvo paleidimų tyrimas

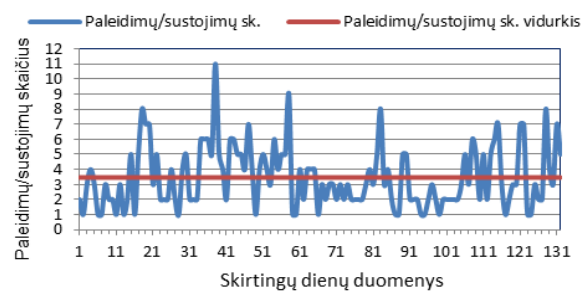
Siekiant įvertinti asfalto mišinių maišytuvo dažnų paleidimų įtaką energijos ir ekologiniams nuostoliams atliktas tyrimas, kurio metu fiksuota suvartota šilumos energija nuo maišytuvo paleidimo pradžios iki tuomet, kai mineralinės medžiagos pasiekdavo asfalto mišiniui tinkamą maišyti temperatūrą ir buvo galima pradėti asfalto mišinio gamybą. Tyrimo rezultatai pavaizduoti 5 paveiksle.



5 pav. Maišytuvo paleidimui reikalinga energija

Gauti rezultatai yra pakankamai skirtingi ir varijuoja dėl oro temperatūros ir medžiagų drėgnumo nuo 738 kWh iki 2494 kWh (136–459 kg CO₂ emisijos). Esant žemai oro temperatūrai (≤10 °C), energijos sąnaudos reikalingos maišytuvui paleisti išaugdavo apie 20 % lyginant su temperatūra kuomet ji siekė daugiau nei 10 °C. Tyrimo metu taip pat nustatyta, kad pirmajam maišytuvo paleidimui reikalingas energijos kiekis būdavo didesnis dėl to, kad per naktį džiovinimo būgnas spėdavo pilnai atvėsti. Taip pat įtakos sunaudojamiems energijų kiekiams turėjo paskutinio maišyto asfalto mišinio frakcija. Kuo ji labiau skyrėsi nuo maišomo asfalto mišinio frakcijos, tuo maišytuvo paleidimas trukdavo ilgiau, norint pilnai išvalyti džiovinimo būgną nuo mineralinių medžiagų likučių. Tyrimo metu nustatytas vidutinis paleidimui reikiamas energijos kiekis yra 1366 kWh (251 kg CO₂).

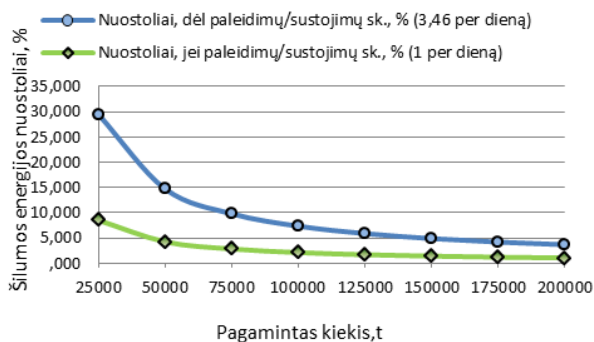
Tęsiant šį bandymą analizuoti 2014 m. gegužės–spalio mėnesiais maišytų asfalto mišinių duomenys, o t. y. maišytuvo darbo dienos paleidimų / sustojimų skaičius. Tyrimo rezultatai pateikti 6 paveiksle. Iš šių duomenų matyti, kad skirtingomis dienomis sustojimų/paleidimų skaičius stipriai skiriasi. Tyrimo metu pasitaikė dienų, kuomet maišytuvai per dieną buvo paleidžiami/stabdoma iki 11 kartų. Šį paleidimų kiekį padauginus iš gauto vidutinio vienam maišytuvo paleidimui reikalingo energijos kiekio, nustatyta, kad tokiomis dienomis nuostolingai galėjo būti išnaudojama iki 15 MWh (2760 kg CO₂) energijos, kurios užtektų apie 160 t asfalto mišinio pagaminti.



6 pav. Maišytuvo paleidimų / sustojimų skaičius 2014 m. gegužės–spalio mėnesiais

Iš turimų duomenų apskaičiuotas vidutinis dienos paleidimų / sustojimų skaičius – 3,46. Esant tokiam vi-

durkiui, per 7 mėnesius, iš kurių vidutiniškai dirbama apie 20 dienų, nustatyta, kad 661,69 MWh (121,8 t CO₂) energijos yra prarandama dėl maišytuvo paleidimų / sustojimų skaičiaus.



7 pav. Paleidimų / sustojimų nuostolių priklausomybė nuo pagamintos produkcijos kiekio

Siekiant tiksliau įvertinti šių nuostolių didumą analizuotas pagamintos produkcijos kiekis. 7 paveiksle matyti, kad nuostoliai patirti dėl paleidimų / sustojimų skaičiaus stipriai didėja, kuomet metinės produkcijos kiekis yra nedidelis ir gali siekti apie 23 %. Mažinant paleidi-

mų / sustojimų skaičių iki 1 karto per dieną, nuostolingai panaudota energija per metus galėtų sumažėti 470,49 MWh, o į aplinką būtų išmesta 87 t mažiau CO₂.

Išvados

1. Mineralinių medžiagų 1 % drėgnumas didina sunaudotos energijos ir išmetamų teršalų kiekius gaminant asfalto mišinius apie 11 %. Ši priklausomybė sustiprėja, jeigu maišytuvus nėra naujas ir jo naudingumo koeficientas yra sumažėjęs.

2. Palankios oro sąlygos, ypač oro temperatūra (didesnė nei 10 °C), gali iki 15 % sumažinti energijos sąnaudų ir oro taršos kiekius.

3. Didelis kritulių kiekis (≥80 mm per mėnesį) nėra reikšmingas veiksnys energijos ir oro teršalų didėjime, jeigu iš karjero mineralinės medžiagos atvyksta prisotintas vandens ir yra sandėliuojamos vos keletą dienų.

4. Maišytuvo paleidimo metu vidutiniškai išnaudojama apie 1366 kWh energijos, o į aplinką patenka apie 251 kg CO₂. Kadangi asfalto maišytuvus kasdien paleidžiamas apie 3,46 karto, esant nedideliame pagamintos produkcijos kiekiui, nuostoliai dėl dažnų maišytuvo paleidimų gali siekti iki 23 %.

Literatūra

- 2013 Government GHG Conversion Factors for Company Reporting: Methodology Paper for Emission Factors. 2013. Department for Environment Food & Rural Affairs (DEFRA), United Kingdom. Prieiga per internetą: <<https://www.gov.uk/>>.
- Bražiūnas, J.; Sivilevičius, H. 2014. Heat Transfer and Energy Loss in Bitumen Batching System of Asphalt Mixing Plant, in *Proceedings of 9th International Conference 'Environmental Engineering'*, 22–23 May, 2014, Vilnius, Lithuania, p. 1–8. Prieiga per internetą: <<http://enviro.vgtu.lt/>>.
- Burnys, G. 2010. Asfaltbetonio maišytuvo įrenginiuose vykstančių technologinių procesų įtakos aplinkos taršai analizė, baigiamasis magistro darbas. Vilniaus Gedimino technikos universitetas. Prieiga per internetą: <<http://www.laba.lt/>>.
- Certified Hot Mix Asphalt Technician Manual. 2013. The Indiana Department of Transportation (INDOT). Prieiga per internetą: <<http://www.in.gov/>>.
- Emission Estimation Technique Manual for Hot Mix Asphalt Manufacturing. 1999. National Pollutant Inventory (NPI). Prieiga per internetą: <<http://www.npi.gov.au/>>.
- Emission Factor Documentation for AP-42 / Section 11.1 / Hot Mix Asphalt Plants / Final Report. 2004. United States of America Environmental Protection Agency (US EPA). Prieiga per internetą: <<http://www.epa.gov/>>.
- Environmental Guidelines on Best Available Techniques (BAT) for the Production of Asphalt Paving Mixes. 2007. European Asphalt Pavement Association (EAPA). Prieiga per internetą: <<http://www.eapa.org/>>.
- Hunt, D. 2008. Overcoming Operating Challenges with Warm Mix Asphalt. Prieiga per internetą: <<http://www.warmmixasphalt.com/>>.
- „Lietuvos dujos“ šilumingumo skirstymo sistemose lentelė. Peržiūrėta 2015-02-15. Prieiga per internetą: <<http://www.lietuvosdujos.lt/index.php/paslaugos/duju-silumingumas/69046>>.
- Serra, D. 2010. Moisture in Asphalt Production. Prieiga per internetą: <<http://www.hydrnix.com/>>.
- Young, T. J. 2008. Energy Analysis for Hot Mix Plants. Technical training & advisory services company. Prieiga per internetą: <<http://www.hotmixproduction.com/>>.