

Kauakestvad asfaltkatendid

(Long-Life Asphalt Pavements)

Tehniline versioon (Juuni 2007)

Sisukord

1. Sissejuhatus	2
1.1. Taust	2
1.2. Definitsioonid	4
2. Uute katendite ehitamine	5
2.1. Katendi konstruktsioon	5
2.1.1. Katte ülakiht	6
2.1.2. Katte alakiht (binderkiht)	7
2.1.3. Aluskiht (aluse ülakiht)	7
2.1.4. Mittesidusad materjalid ja muldkeha	8
2.2. Projekteerimine	8
2.2.1. Väsimuspraod	10
2.2.2. Püsideformatsioonid	11
2.2.3. Muud kahjustused	11
2.2.4. Täiustatud projekteerimismeetodid	12
2.3. Ehitamine	13
2.4. Tehnoid	14
3. Majanduslik aspekt	15
4. Edasised arengud	16
4.1. Tarnimine ja tehnilised tingimused	16
4.2. Täiustatud majandusmudelid	16
5. Kokkuvõte ja järeldused	17
6. Kirjandus	18
Lisa: Kattekihtide iga Euroopas	21
A.1. Sissejuhatus	21
A.2. Asfaltsegud	21
A.3. Kattekihtide kestvuse määramise põhimõtted	23
A.4. Tulemused	24

1. Sissejuhatus

Pakkuda võimalikult väikeste elutsüklikuludega tarindeid on katendiehituse peamine eesmärk, mis nõuab lakkamatut arengut nii projekteerimise, materjalide tootmise ning kirjeldamise kui ka tehnoloogia¹ ja tehnoloogia alal. Paari viimase aasta jooksul² on Euroopas ja Ameerikas välja töötatud kauakestvate katendite kontseptsioonid (LLP-concept)³, mille esmane ülesanne on kujundada põhimõtete raamistik säästlike katendite ehitamiseks. LLP-kontseptsioon toetub mõningal määral varasematele arusaamadele nagu täis-sügavad (*full-depth*), etapilised (*stage-bystage*) ja süvavastupidavad (*deep-strength*) projektlahendused, kuid suures osas põhineb see siiski materjalide tehnoloogia, projekteerimise ja funktsionaalsuse osas saavutatud hiljutistele edusammudele. Tegelikult on LLP-kontseptsiooni mõte pikendada oluliselt konkreetse katendi projekteeritud eluiga, vähendades katendi pinna pragunemise ja rööbaste tekkimise ohtu. Sellised üldised kahjustused nagu läbivad alt-üles väsimuspraod, sidumata kihtide rööbastumine (*rutting*) ja külmakerked peaksid aga põhimõtteliselt olema täiesti välistatud. Kui võtta kulu-tulu analüüsi juures arvesse tee läbilaskevõimet ja teekasutaja kulutusi liiklustakistustele, selgub et hulk tiheasustusega alade maanteid nõuab katendit, mis vajaks võimalikult vähest tehnohoidu. See tähendab, et katendi täielik rekonstrueerimine (mis tähendaks tee ajutist sulgemist liiklusele – A.K.) on kas peaaegu või päris võimatu. Siin on LLP-kontseptsiooni arendamise üks põhjus.

Käesoleva dokumendi eesmärk ongi anda tänapäevane ülevaade kauakestvate katendite rajamisega seotud arenguist.

1.1 Taust

Mitte kõik kauakestvate katendite lahendused pole uued. Mõned neist on eri kujul olnud kasutusel märkimisväärsel aja jooksul. Näiteks on mitmel maal ehitatud nn täis-sügavaid (*full-depth*) asfaltkatendeid suhteliselt paksudest bituumeniga seotud kihtidest, mis on paigaldatud vahetult muldkehale või siis suhteliselt õhukestele sõmeratele aluskihtidele. Üks põhiargumente, mis kõneleb sellise tüübi projekteerimise kasuks, on asjaolu, et katenditarindi **kogupaksus** võib olla suhteliselt õhuke võrreldes tavakonstruktsioonidega, kus õhukesed asfaldikihid paiknevad suhteliselt paksudel sõmeratel kihtidel. Lisaks sellele selgele eelisele on aastate jooksul täheldatud, et täis-sügavate (*full-depth*) ja süvavastupidavate (*deep-strength*) katendite eluiga osutub tihti märgatavalt pikemaks, kui algselt arvatud [1].

¹ Mõiste „tehnohoid“ on vaste mõistele „*maintenance*“ (*ingl.k.*), mis laiemas mõttes haarab kõiki teedevõrgu ekspluateerimiseks vajalikke töid, v.a. uus ehitus (A.K.)

² NB! Dokument on välja antud 2007.a. (A.K.)

³ Tuleb rõhutada, et selles dokumendis kasutatud termin **kauakestvad katendid** on ühine nimetus, mis hõlmab mitme kontseptsiooni nagu püsivate (*perpetual*), pikaajaliste (*long-lasting*), kõrg-vastupidavate (*heavy duty*) ja hooldevabade (*maintenance free*) katendite tunnusjooni (Märkus originaaltekstist – A.K.)

Edasises tekstis on lühendit LLP (=Long-Life Pavement, *ingl.k.*) kasutatud tõlkimata kujul (A.K.)

Mainituga sarnaseid kogemusi on saadud UK-s, kus kiirteedel tehtud uuringud näitavad, et üle keskmise paksuses ja olulise tugevusvaruga ehitatud katendites pole väsimuspraod ja struktuuri moonutavad deformatsioonid valdavad. Peamised järeldused kõnelevad, et hästi konstrueeritud elastsete katendite teenistusega on väga pikk ja selliste kahjustuste mõju nagu rööbastumine ja pragunemine piirdub katendi pinnaga, hõlbustades nii tunduvalt tehnohoidu [2. ja 3.].

UK Maanteeameti⁴ soovitusel deklareeris Euroopa Teedirektorite Konverents (CEDR)⁵ perioodil 1998/1999, et kauakestvad katendid (LLP) võiksid olla sobiv teema ühisuuringuteks. Vastavalt sellele moodustati edasist tegevust koordineeriv organ – ELLPAG (*European Long-Life Pavement Group – ingl.k.*) töögrupp. ELLPAG-i tööeesmärk on nüüdisaegset Euroopa teavet sisaldavate raportite koostamine, mis käsitlevad kauakestvate katendite projekteerimist ja tehnohoidu. Pikemas perspektiivis kavatsetakse välja töötada ulatuslik ja kasutajasõbralik praktiline juhend kõigi katenditüüpide tarvis [4].

Uue aastatuhande esimestel aastatel peeti antud teemal mõttetalguid. Selle järel on USA-s kiiresti poolehoidu kogunud kontseptsioon⁶ „Püsivad katendid”. Teiste toimetiste hulgast tõuseb esile kokkuvõte, mille ühiselt avaldasid Asfaltkatete Ühendus (APA) ja Rahvusliku Asfaldiliidu (NAPA), Asfaldi Instituudi (AI) ning Osariikide Asfaldiliitude (SAPA) koalitsioon⁷ [5]. Asjakohane materjal, mida esitleti 2001.a Transpordiuuringute Nõukogu (TRB)⁸ aastakoosolekul, avaldati hiljem Transpordiuuringute ringkirjas 503 „Püsivad asfaltkatendid” [6]. See kauakestvuse käsitus näeb ette kuumast segust asfaltkatendite oodatava 20-aastase eluea pikendamist 50 ja rohkema aastani [6]. Nimetus **püsivad katendid** on teatud määral kauakestvate katendite (LLP-kontseptsioon) ümbertöötlus, kuid keskendub spetsiifiliste kahjustuste ärahoidmisele kõigis sidusates kihtides. Sel puhul valitakse, projekteeritakse ja kontrollitakse töös nii üla-, binder- kui ka aluskihte, lähtudes jäävdeformatsioonide ja väsimuspragude tekkemehhanismist. Lisaks kauakestvatele ja püsivatele katenditele on käibimas veel mitu muud käsitlust, mis hõlmavad erinevaid parameetreid ja tehnoloogiaid.

Nagu käesolevas tekstilõigus osutatakse, ei ole LLP-kontseptsioon pelgalt koordineeritud suund katendite täiustamiseks. Siin kirjeldatud kontseptsiooni erinevate lähendite ühine nimetaja on eesmärk koguda teadmisi ja oskusi niihästi projekteerimiseks, materjalide

⁴ UK Highway Agency (A.K.)

⁵ CEDR – *Conference of European Directors of Roads, ingl.k.* (A.K.)

⁶ *Perpetual Pavements, ingl.k.* – edaspidi lüh. PP (A.K.)

⁷ APA – *Asphalt Pavement Alliance*, NAPA – *National Asphalt Pavement Association*, AI – *Asphalt Institute*, SAPA – *State Asphalt Pavement Associations* (A.K.)

⁸ TRB – *Transportation Research Board* (A.K.)

testimiseks ja tootmiseks kui ka tehnoloogia tehnoloogiate ja meetodite kohta, et ehitada pikaajalisi katendeid saavutamaks madalaid elutsükli kulutusi. Seega, kuigi LLP-kontseptsioon võib tunduda kõigi jaoks ühtne, tuleb erinevate organisatsioonide ja uurijate vahel ilmsiks palju olulisi erinevusi projekteerimise, materjalivaliku ja tootmismeetodite suhtes. Lisaks kahele mainitud lähendile (so vastavalt LLP ja PP) lubatakse mõnedes maades (sh Prantsusmaa, Saksamaa, USA ja UK) projekteerimisel sagedasti kasutatava kestvusperioodi 20 aastat asemel erandina juba teistsuguseid tähtaegu [4]. Siiski tuleb rõhutada, et ainukesena Euroopas deklareerib vaid UK, et tema katendid on projekteeritud 40-aastase kasutusega [4]. Hollandis projekteeritakse kiirteede elastsed katendid nii, et struktuuri moonutavad kahjustused oleksid välditud. Minevikus kasutati seal etapilist („stage-by-stage”) kontseptsiooni. Et muuta olemasolev katend katend kestvaks, tehti sellele ülekate. Nüüd võetakse kauakestva katendikonstruktsiooni projekteerimisel aluseks tee oodatav funktsionaalne kasutamine. Hollandis on liiklussagedused väga kõrged, mistõttu igasuguseid liikluskatkestusi tuleks vältida. Tee töövõime on äärmiselt tähtis ning struktuuri moonutavate kahjustuste remont on liiga kallis ja liialt aeganõudev. Teistes maades (nt Prantsusmaa) määrab katendite projekteeritava eluea vastav majandusstrateegia, mida tavaliselt järgitakse 30 aasta jooksul. Kuna enamikul maadest on katendite projekteerimiseks oma rahvuslikud meetodid, mis põhinevad kohalikel kogemustel ja materjalidel, kirjeldab käesolev dokument vaid kauakestvate katendite projekteerimise ja ehitamise **üldist strateegiat**.

1.2. Definitsioonid

Kirjandus pakub kauakestvate katendite jaoks mitmeid definitsioone. USA-s seotakse püsiva katendi mõiste väga lähedaselt paksude asfaltkatenditega, mis koosnevad kolmest asfaldikihist: kulumiskindel ja uuendatav ülakiht, rööbastekindel ja vastupidav binderkiht ning väsimuskindel ja vastupidav alakiht. See arusaam kujutab töödefinitsiooni või näidet kauakestvast katendist, kuid piiritleb LLP teatud projektlahendustega. APA poolt esitatud kokkuvõtte defineerib püsivat katendit kui objekti, mis on projekteeritud ja ehitatud kestma kauem kui 50 aastat [5].

ELLPAG [4.] kasutab sarnast funktsionaalset definitsiooni:

Kauakestev katend on katendi tüüp, mille puhul korrektset pinnahooldust eeldades aluskihtides või muldkehas ei teki märkimisväärsed kahjustusi.

ELLPAG-i selline definitsioon sündis soovist vältida kontseptsioonis spetsiifiliste eluea piirangute (st 30, 40 või 50 aastat) nimetamist, mida mõnedes uurimistöodes (nt [7., 3. ja 1.]) on tehtud. Käesolev dokument kiidab ELLPAG-i definitsiooni heaks, mis seega tähendab, et kõiki katendikihte (va kulumiskihit) käsitletakse kui püsikihte. Üldise eesmärgi nimel on vaja korraldada katendi käitumise järjepidev seire, olemaks kindel, et kõigi kahjustavate mehhanismide mõju piirdub tõesti vaid ülakihiaga.

Joonis 1 illustreerib, kuidas LLP-kontseptsiooni eesmärgi on võimalik määratleda, selgitades uurijate poolt kindlaks tehtud tähtsaid kvantitatiivseid komponente, mis on vajalikud katendi kestva toimepanu saavutamiseks. Lisaks põhikomponentidele tuleb LLP projekteerimisel arvestada veel mõningaid asjaolusid. Katendivõrku rahastab tavaliselt valitsus eelarveeraldiste kaudu, ja võrgu efektiivne hoid nõuab, et rahastamise tase oleks piisav hoidmaks põhivarasid pikema aja jooksul vähemalt püsivana. LLP puhul tekitavad suuremad ehituskulud koos täiuslikumate materjalide ja konstruktsiooniga teatud rahalisi kitsendusi, olgugi et madalamate elutsükli kuludeni jõutakse kavatsatud ajal (vaata lõik 3, lk 15). Lisaks oleneb LLP lõplik projektlaheendus kohalikest tingimustest nagu muldkeha tüüp, olemasolev ja oodatav liiklussagedus ning kasutada olevad materjalid. Neist neli eeltingimustest lähtudes saavutatakse lõpp-eesmärk madalate elutsüklikulude näol tehnoloogia operatsioonide, liikluskatkestuste ja keskkonnakulude optimeerimise teel.

<u>Eeldused</u>	<u>Komponendid</u>	<u>Eesmärgid</u>
• Piisav rahastamine • Kohalike tingimuste tundmine ◦ Muldkeha tüüp ◦ Liiklussagedus ◦ Kasutatavad materjalid	• Projekteerimine ◦ Projekteeritud eluiga, >40 a. ◦ Konservatiivsed projekteerimiskriteeriumid • Tehnilised kasutustingimused ◦ Kulumiskindel ülakiht ◦ Rööbaskindlad vahekihid ◦ Väsimuskindel alakiht • Perioodilised ülekatted	• Elutsükli kulud ◦ Vähe tehnohoidu ◦ Vähe liiklustakistusi ◦ Madal keskkonnakulu

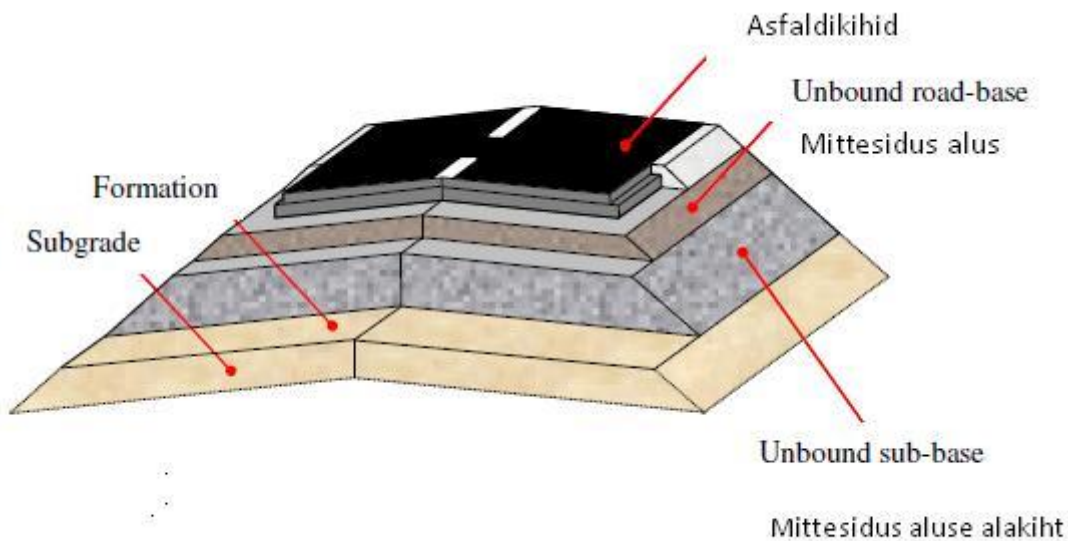
Joonis 1. LLP-kontseptsiooni eeldused, komponendid ja eesmärgid

2. Uute katendite ehitamine

Riiklikku teetranspordisüsteemi peetakse tänapäeval enamikus maades majanduse ja heaolu arengu oluliseks eelduseks. Seepärast on tähtis, et põhivaradega käidaks professionaalselt ümber teedemajanduse kõigis faasides sh projekteerimisel, ehitamisel ja tehnoloogiul.

2.1. Katendi konstruktsioon.

Elastne katend on muldele rajatud tarind, mis tavaliselt sisaldab niihästi sideainega seotud kui ka sidumata materjale. Katendi konstruktsioon peab sedavõrd vastama teda mõjutavale liiklusele ja keskkonnatingimustele, et oleks välditud struktuuri moonutavate kahjustuste mõju. Tavaliselt projekteeritakse katendid kihiliste tarinditena, milles kasutatud materjali tugevus on alates kihtides suhteliselt väiksem ja katendi pinna suunas kasvab (vaata Joonis 2). Selle korra tingivad nii tehnilised kui ka majanduslikud põhimõtted.



Joonis 2. Elastse katendi skemaatiline konstruktsioon

Üldiselt paigaldatakse asfaldikihid seotud või sidumata aluskihile. Tee pinnalt alates nimetatakse esimest kihti katte ülahihiks (eesti.k. ka kulumiskiht – A.K.). Teine kiht on katte alakiht (binderkiht) ja järgnevad kihid – aluskihid⁹.

Kogu tarindi vajaliku kandevõime tagamiseks on oluline, et kõigi sideainet sisaldavate katendikihtide vahel oleks oleks hea side ja haardumine ning mittesidusate kihtide vahel hea haardumine. Muidugi kehtib see nõue ka viimase alumise asfaldikihi ja selle all oleva sideaineta aluskihi vahelise seose kohta. Samuti on tarindi vastupidavuse huvides oluline, et asfaldikihtide vaheline side hoiaks ära vee tungimise kihtide vahele.

2.1.1. Katte ülakiht – *surface course*

Selleks, et sõitjale oleks tagatud mugav ja tasane profiil ning ühtlasi vajaliku karedusega teepind, peaks ülakiht katendi kõige pealmise kihina taluma liikluse ja keskkonnaolude poolt põhjustatud kõrgeid pingeid, ilma et esineks pragunemist ja rööbastumist. Olenevalt kohalikest tingimustest nõutakse ülahihilt tihti funktsionaalseid karakteristikuid – karedust, müra vähendamist ja vastupidavust. Mõnel juhul on soovitatav pinnavee kiire äravool läbi poorse katte, teinekord aga peab katte pind olema just veekindel, et hoida vesi eemal tarindi sisemusest.

Nagu märgitud, on ülakiht katendi toimimise seisukohalt väga tähtis, kuid mitte mingi üksik materjal ei suuda pakkuda kõiki soovitud omadusi (nt olles poorne ja veekindel ühel ja samal ajal).

⁹ Originaaltekstis on kasutatud segamini nii (Br) kui (Am) terminoloogiat. Tõlge järgib aga võimalikult PIARC oskumõisteid. Selle kohta vt täpsem selgitus tõlkele järgnevates kommentaarides. (A.K.)

Seepärast võib olenevalt spetsiifilistest nõudmistest¹⁰ sobivaks osutuda suur hulk ülakihi tüüpe:

- Asfaltbetoon (AC)
- Õhukeste kihtide asfaltbetoon (AC-TL)
- Väga õhukeste kihtide asfaltbetoon (AC-VTL)
- Ultraõhukeste kihtide asfaltbetoon (UTLAC)
- Killustikmastiks-asfalt (SMA)
- Kuumrullitud asfalt (HRA)
- Dreenasfalt (PA)
- Kahekihiline drenasfalt (2LPA)
- Valuasfalt (MA)
- Pehme asfalt (SA)

Lõpuks taandub ülakihi valik kõige sobivama materjali leidmisele projekteerimise käigus. Muuseas võivad funktsionaalsed nõuded siin sattuda omavahel vastuollu. Näiteks tuleks liiklusrõhke vähendamiseks kasutada kahekihilist drenasfalti, mis oleks aga konfliktis nõudmisega väga vastupidava ülakihi suhtes. Ülakihtide vastupidavust saab tõsta kvaliteetsemate materjalide kasutamisega. Selleks tehtavad suuremad kulutused kompenseeritakse kasutajakulude vähenemisega ja väiksemate kulutustega liikluskorraldusmeetmetele.

Lisas A on näitena ära toodud ülakihtide võrdlev eluiga (kestvus).

2.1.2. Katte alakiht (binderkiht) – *binder course*

Võttes eelduseks, et ainuüksi mingi kindel kiht on allutatud kindlale kahjustuse liigile, projekteeritakse LLP harilikult nii, et jäävdeformatsioonide vältimiseks seotud kihtides valitakse sobiv katte alakiht (binderkiht). Alakiht võetakse sageli kasutusele eeldusel, et suurimad nihkepinged ilmnevad 50 – 70 mm asfaldi pinnast allpool. Seepärast paigutataksegi binderkiht ülakihi ja aluskihtide vahele, et kombineerides püsivuse ja vastupidavuse näitajaid vähendada rööbastumist. Püsivus saavutatakse piisava kivi-kivi-vastu kontaktiga, kasutades ühtlasi ka jäika ja/või modifitseeritud bituumenit.

2.1.3. Aluskiht (aluse ülakiht) – *base course*

Aluskiht on ehk katendi tähtsaim struktuurkiht, mis peab liiklus- ja keskkonnakoormuse jaotama nii efektiivselt, et allpool asuvatele sidumata kihtidele ei langeks ülemäärast rõhku ja pingeid. Tihti eeldab see alakihi suhteliselt kõrget jäikust. Järgides iga kihi puhul projekteerimispõhimõtet, mis tuleneb toimimisspetsiifikast, peaks alumine kiht siiski kõigepealt omama nõutavat väsimuskindlust. Sageli arvatakse, et asfaltsegu jäikuse ja

¹⁰ Pikemalt ja täpsemalt ülakihi segutüüpide kohta vt Lisa 1, A.2.Asfaltsegud (A.K.)

väsimuskindluse nõuded omavahel ei sobi. See oletus toetub faktile, et jääk alumine kiht võidakse saada kasutades kas suhteliselt jämedateralist täiteainet või jääka bituumenit, mis mõlemad suurendavad kihi tundlikkust kõrgete pingete suhtes [8]. Põhimõtteliselt mõjutavad jämeda terakoostisega aluskihti kõik faktorid, mis materjaliga seoses toimivad k.a. terasus, lisandid, poorsus ja sideaine sisaldus. Praktikas püütakse saavutada suhteliselt peent lõimist [9], väikest poorsust [10] ja suurt sideainesisaldust. Vastavalt APA seisukohtadele [5] on olemas mitu võimalikku strateegiat alumise kihi pikaajalise saavutamiseks. Nagu näidatud konkreetse laboratoorse testi ja konkreetse katendikonstruktsiooni puhul, on üks hea väsimuskindluse tagamise moodus piirata alumise kihi põhjas tõmbepingeid kindla väsimuslimiidiga, millest väiksemate pingeväärtuste korral kahjustusi ei sünniks. Siiski on sellise limiidi määramine praktikas väga raske.

2.1.4. Mittesidusad materjalid ja muldkeha

Kuna mulle ja aluspinnas koosnevad tihti suhteliselt nõrkadest materjalidest, on äärmiselt tähtis ülemiste kihtide abil tulemuslikult välistada mõjuvate koormuste kontsentreerumine. Suhteliselt pakse kihte võivad eriti nõuda suured vertikaalpinged. Sel juhul võivad osutuda sobivaks nii purustamata kui purustatud täiteainest mittesidusad aluskihid. Üldiselt pärinevad sidumata materjalid kättesaadavatest kohalikest allikatest nagu looduslik pinnas, purustatud või purustamata sõmerjas materjal või taaskasutatav materjal. Tehniliselt sõltuvad aluskihtides kasutatavate sidumata materjalide tüüp ja kihipaksus projekteeritavast katendikonstruktsioonist (liikluskoormus) ja tee aluspinna jäikusest. Mõnel maal võivad ka ilmastikutingimused nõuda suhteliselt paksu katenditarindit, et vältida külmamõju. Katendi projekteerimisel mõjutavad sidumata materjalide hulka märkimisväärselt majanduslikud tegurid (kättesaadavus ja transpordikulud). Mõnel juhul saavutatakse vajalik kandevõime, kasutades mitmesuguseid stabiliseerimistehnoloogiaid. Näiteks võib savide omaduste parendamiseks kasutada stabiliseerimist tsemendi või lubjaga.

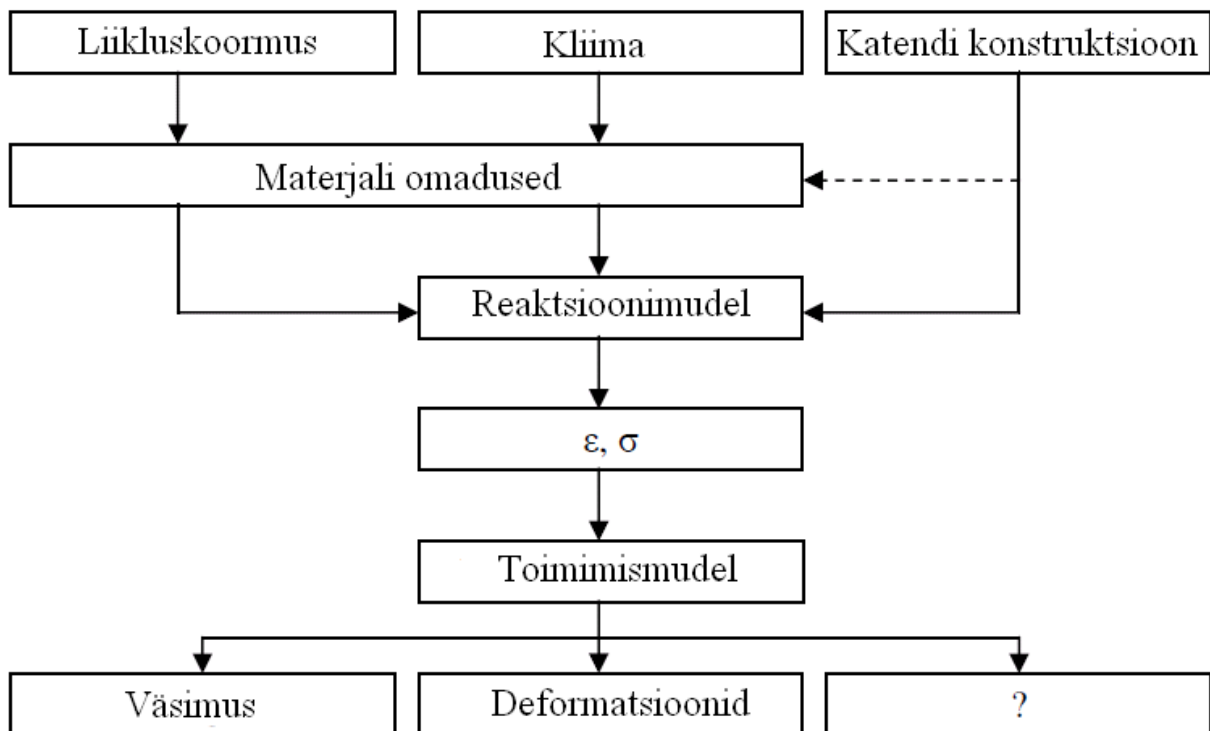
2.2. Projekteerimine

Tänapäeval esindavad katendi projekteerimist tavaliselt nn pool-mehaanilised meetodid, mis osalt baseeruvad põhilistele ehitusprintsipidele. Pool-mehaanilised protseduurid koosnevad põhimõtteliselt tarindi reaktsioonimudelitest ja ühendatud toimimismudelitest (vaata joon. 3). Reaktsioonimudelid arvestavad liikluskoormuse poolt põhjustatud, toimimismudelid aga kahjustustest tingitud rõhku ja pingeid katendi struktuuris. Nagu vihjab ka joon.1, on LLP-kontseptsiooni üks oluline joon katendi projekteeritud tegelik eluiga. Enamikus Euroopa maadest aktsepteeritakse katendi 20-aastast perspektiivset eluiga. Vaid UK-s väidetakse selgelt, et kui see on majanduslikult realiseeritav, peaks katend olema projekteeritud 40 aastaks [4]. Vaatamata sellele, et on olemas suur hulk võimalikke kahjustusmehhanisme, vaatlevad pool-mehaanilised meetodid kahte põhilist ohtu: muldkehast alguse saanud rööbastumist ja asfaldikihtide põhjas tekkivaid väsimuspragusid. Rööbastumise vastuabinõuna limiteeritakse muldkeha pinnal tekkivaid survepingeid, mida käsitletakse kui funktsiooni projekteeritava perioodi jooksul oodatavast liikluskoormusest ning katendikihtide

paksusest ja jäikusest. Need kaks traditsioonilist kriteeriumi toetuvad tegelikult olemasolevate – kõrge liiklustaseme jaoks projekteeritavatest konkreetsetest katenditest õhemate – katendite laboritestidele ja välikäitumisele.

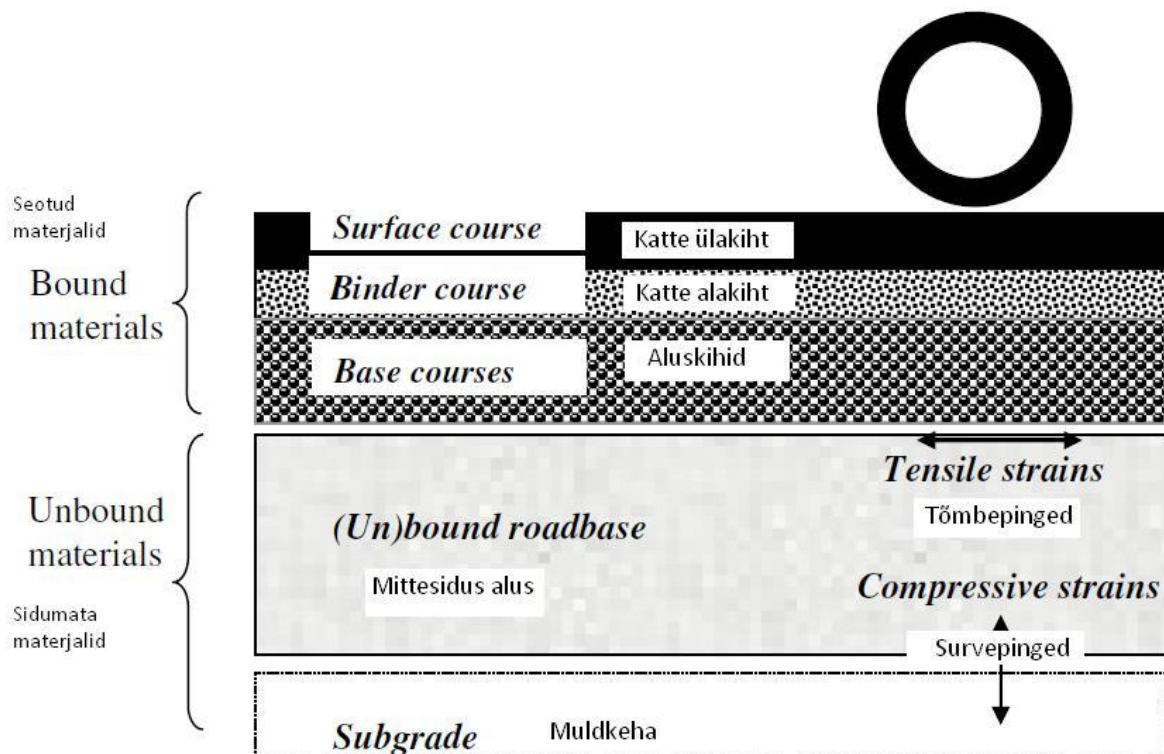
Kooskõlas hiljutise Euroopas tehtud uuringuga [11] on traditsioonilise väsimuspragunemise ja muldkeha ilmneva rööbastumise tähtsus tänapäeval küsitav. Mainitud uuring reastas väsimuspraod ja muldkeha rööpad vastavalt 6. ja 9. kohale. Teisi kahjustusmehhanisme nagu näiteks asfaldikihtide rööpad ja pinnapraod loeti kaugelt olulisemaks (vastavalt 1. ja 2. koht). Kuigi kliimast tingitud kahjustused – külmakerked, naastrehvide põhjustatud kulumine ja temperatuuripraod said üldises uuringus madala tähtsushinnangu (vastavalt 10., 11. ja 12. koht) võivad nad olla märkimisväärsed Põhjamaades¹¹.

Kontrastina traditsioonilisele väsimuspragunemisele ja muldkeha rööbastumisele on teisi mainitud kahjustusmehhanisme (nt asfaldikihtide rööbastumine ja ülakihi praod) raske siduda „vanade” pool-mehaaniliste projekteerimismeetoditega. Üks võimalus nende kaasamiseks on seetõttu ettekirjutuste tegemine funktsionaalsete nõudmiste suhtes, kasutades erinevaid simulatsioonimeetodeid (funktsionaalsed laboritestid).



Joonis 3. Pool-mehaanilise projekteerimismeetodi skeem

¹¹ Originaalis mainitakse vaid Rootsit. (A.K.)



Joonis 4. Katendi konstruktsiooni näide ja kaks traditsioonilist projekteerimiskriteeriumi.

Üldiselt määratakse pool-mehaanilise meetodi puhul väsimuse kahjulik mõju laboritestiga, mis peab imiteerima välitingimusi.

Väsimustest kujutab enamasti asfaldisegust proovikeha tsüklilist koormamist (reguleeritava pinge või surve all) etteantud temperatuuril ja sagedusega. Laborikatsel saadud tulemused on vastavuses struktuuraalse mudeli pingetaluvusega. Määrates nii pinged konstruktsioonis kui ka seosed pingete ning kahjustuste vahel, saab järelkult kalkuleerida konkreetse katendikonstruktsiooni eluiga, mis vastaks korduva liikluskõormusele.

2.2.1. Väsimuspraod

Korduvast liikluskõormusest põhjustatud ülemääraste tõmbepingete tagajärjel tekkiv väsimus on üks põhitegureist, mida arvestatakse elastsete katendite projekteerimisel. Koormamine põhjustab olemasolevate või tekkivate mikroskoopiliste defektide kasvu ja liitumist, mis

järgnevalt viib pragude tekkimiseni asfaldikihi. Kõige lõpuks võib ohtu sattuda kogu katendikonstruktsiooni kandevõime. Paksem asfalt vähendab liiklusest põhjustatud pragusid asfaldist aluskihi põhjas ja järelikult suurendab vastupanu väsimusele.

Põhimõtteliselt ei erine LLP projekteerimise filosoofia märkimisväärselt traditsioonilistest pool-mehaanilistest projekteerimismeetoditest. Kuna eesmärk on piirata katendi pinna struktuuralseid kahjustusi, tuleks siiski kasutada konservatiivseid projekteerimiskriteeriume. UK-s määratakse arvutuslik liiklus 40 aasta jooksul samal viisil kui 20 aasta omagi, kasutades täiendavat liiklustegurit, mis arvestab suuremat kasvu seoses asjaoluga, et periood pikeneb. Katendid, millel liiklussagedus on rohkem kui 80 mln¹² normtelge (UK-s normtelg - 80 kN) peetakse vajalikuks projekteerida kui LLP-d [4]. Mainitud liiklustaseme põhjenduseks on empiirilised ja analüütilised uuringud [2.ja4.].

Elimineerimaks struktuuralseid kahjustusi soovivad mõned uurimistööd, et konventsionaalsed ülekandefunktsioonid (st toimimismudelid, vrd Joonis 3) tuleks asendada selgelt väljendatud lubatud mõõdukate pingeväärtustega. Näiteks Monismith ja Long [12.] soovivad, et tõmbepingete maksimum tuleks piirata $60 \times 10^{-6} \text{ m/m}$ (¹³).

Peaks aga rõhutama, et Monismithi ja Longi poolt pakutud konkreetne piirtase ei pruugi olla universaalselt rakendatav, kuna see on tuletatud, kasutades konkreetseid etteantud andmeid – katendisüsteemi, projekteerimismeetodit, asfaltsegu ja laboritesti seadmeid. Siiski peaks olema põhimõtteliselt võimalik tuletada vastavaid läveväärtusi ka muude katendi-konfiguratsioonide jaoks, ja väärtused vahemikus $50\text{-}70 \times 10^{-6} \text{ m/m}$ ongi teisel esitatud kui väsimuslaved [13., 14.ja 15.]. Otstarbekohasuse huvides tuleks rõhutada, et ühtki etteantud projekteerimisparameetrit ega -kriteeriumi ei tohiks kontekstist välja rebida, kuna nad on tihedalt seotud kasutatavate projekteerimisjuhendite ja -meetoditega.

2.2.2. Püsideformatsioonid

Teine suurem kahjustusmehhanism, mida pool-mehaaniline projekteerimine käsitleb, on muldkehas tekkiv rööbastumine. Nagu ka väsimuspragude puhul (vt 2.2.1) on enamik pool-mehaanilisi meetodeid varustatud käitumismudelitega püsideformatsioonide kalkuleerimiseks ülekandefunktsioonide abil. Struktuuralse kahjustuste kõrvaldamiseks soovivad mõned uurimistööd asendada tavapärased ülekandefunktsioonid (so käitumismudelid, vt Joonis 3)

¹² Mõeldud on koormust projekteeritava perioodi jooksul (UK näite puhul 40 aastat). 80 mln normtelge on üsna tõsine koormus. Eesti 2010.a loendusandmetel oli üks suuremaid raskete veokite keskmisi liiklussagedusi Tallinna ringteel. Vastavate konkreetsete loendusandmete taandamine keskmisest suuremate siirdeteguritega annab tulemuseks veidi üle 1 mln normtelje aastas, e. vastavalt üle 20 mln normtelje 20-aastase projekteerimisperioodi korral või üle 40 normtelje 40-aastase perioodi korral. Arvestades ka liikluse kasvukoefitsienti, hakkab viimane tulemus juba lähenema LLP jaoks soovitatud suurusele. (A.K.)

¹³ Suhtelise deformatsiooni kaudu väljendatud pinge mõõtühik ($10^{-6} \text{ m/m} = 1 \text{ microstrain}$) (A.K.)

konkreetselt väljendatud lubatud pingeväärtustega. Näiteks soovitatavad Monismith ja Long, et suurim vertikaalne survepinge mulde pinnal tuleks piirata 200×10^{-6} m/m.

2.2.3. Muud kahjustused

Traditsiooniline käsitus ütleb, et väsimuspraod tekivad asfaldikihi põhjas ja levivad seejärel läbi kihi. See on nõ alt-üles (ingl.k *bottom-up*) pragunemine. Siiski on olemas ka väsimusega seotud pragunemise traditsioonilisest erinevaid vorme nagu peegelpragunemine (ingl.k *reflective cracking*), mille käivitavad korduvad nihkejõud. Näiteks, kui uus asfaldikiht laotatakse juba pragunenud kihile, siis aja jooksul tungivad praod läbi uue kihi. Väsimuskahjustuste kolmas tüüp on pinnalt algav e. ülalt alla (ingl.k *top-down*) pragunemine. Arvatakse, et niisugust tüüpi pragunemist põhjustab tegurite kombinatsioon: katendi konstruktsioon – koormusvahemik – materjali karakteristikud. Olgugi vaieldav, pakub see kahjustusmehhanism motiivi, millele toetudes nõuda kattelt teatud väsimuspüsivust. Lisaks väsimuspragudele ja rööbastumisele võtavad mõned pool-mehaanilised meetodid arvesse ka temperatuuripragusid ja külmakerkeid. Veel üks protsess, mida tuleks arvestada, on vananemine (ingl.k *ageing*). Vananemine mõjutab peamiselt asfaldikihte ja avaldub jäikuse suurenemises ning elastsuse vähenemises.

Nagu selgitavad Nunn jt [2.] on tee kõige tundlikum oma varasemas elueas, enne kui konstruktsiooni iseärasused vananemise tõttu muutuvad. Vananemisega kaasneb kandevõime kasv, kuna järk-järgult kasvab asfaldi jäikus. Kas suurenenud jäikus siiski on või ei ole soovitatav, oleneb sellest, kas ta tegelikkuses pikendab katendi eluiga ja alandab üldisi elutsükli kulutusi või mitte. Teatud olukorras võib olla tõenäoline, et vananemine põhjustab temperatuuripragusid ning komplitseerib ka katte taastamist. Järelikult on paljudel juhtudel soovitatav vananemise mõju minimeerida, vähendades õhupooride hulka segus. Selles alajaos mainitud kahjustusmehhanismide üks ühine iseloomustaja on asjaolu, et pool-analüütilisi meetodeid kasutades on mainitud mehhanisme raske arvesse võtta. Arvatakse, et mõned pahaõnne nõiavad rohkem arenenud reaktsiooni- ja/või toimimismudeleid (vt joonis 3). Ülalt-alla pragude ja asfaldikihtide jäävdeformatsioonide puhul võiksid uued ja parendatud projekteerimismeetodid seda tulevikus arvestada.

Ometi võib loetletud kahjustusmehhanisme arvesse võtta funktsionaalsete nõudmistega kaudu. Näiteks võib binderikihi adekvaatsust hinnata, kasutades simulatsioonimeetodit. Kui materjal näitab kõrget vastupanuvõimet testiga simuleeritud pahaõnne nõiadele, võib teda lugeda sobivaks, et kasutada katendi projekteerimisel.

2.2.4. Täiustatud projekteerimismetoodika.

Tänapäeval eksisteerib mitu katendi projekteerimise metoodikat. Asfalditehnoloogia Rahvuslikus Keskuses (NCAT)¹⁴, mis asub Auburni¹⁵ Ülikooli juures, on koostöös

¹⁴ NCAT – National Center for Asphalt Technology (A.K.)

Asfaltkatete ühendusega (APA) välja töötatud protseduur elastse LLP või PP konstruktsiooni mehaanikapõhiseks projekteerimiseks. Selle programmi nimi on PerRoad. [19.]

Teljekoormuste valikule vastavate katendi kriitiliste reaktsioonide arvutamiseks kasutab projekteerimise tarkvara kihulist elastsusteooriat. Materjali, koormuste ja konstruktsiooni kõikumistega seotud määramatuse modelleerimiseks kasutatakse Monte Carlo meetodit. Programmi võib kasutada projekteerimise ja analüüsi abinõuna, et hinnata tõenäosust, kas katendi kriitilised reaktsioonid ületavad analüütiliselt seatud künnist. Et määrata vigastuste akumulatsioonikiirust taoliste reaktsioonide puhul, võib täiendavalt kasutada ülekandefunktsioone.

Tarkvara kasutab tavapäraseid mõõtühikuid (*“U.S. customary units, commonly known in the United States as English units”*).

2.3. Ehitamine

Sarnaselt traditsiooniliste katenditega peaks ka LLP puhul vähemalt ehitamine toimuma vastavuses avalike nõudmistega. Tehnilised ja funktsionaalsed nõudmised LLP suhtes on üldiselt kõrgemad võrreldes traditsiooniliste katenditega. Parema kvaliteedi tagamise üks võimalus on tehniliste spetsifikatsioonide asemel ette kirjutada funktsionaalsed nõudmised. Võrreldes juhuga, kui kasutatakse tehnilisi spetsifikatsioone, rõhutab see töövõtja osa katendi kestva toimimise saavutamisel, sest funktsionaalsete nõudmiste kasutamisel sõltub töövõtja äranägemisest, kuidas tõendada, et konstruktsioon vastab nõudmistele. Võib märkida vähemalt kahte eelist: parem kohandatavus – arusaam, et saab kasutada mitmeid erinevaid lahendusi, ja töövõtja suurendatud huvi tootmist (nt tihendamine) optimeerida.

Asfaltsegu veotingimused tehases ehitusplatsile on olulised katendi vastupidavuse seisukohalt. Veo kestel ei tohiks segu temperatuur liiga palju langeda, samuti peab meeles pidama segregatsiooni tekkimise võimalust. Transportimisel võib aset leida temperatuuride ja/või materjali segregatsioon. Selle ärahoidmiseks saab näiteks kasutada transpordivahendeid, mis veo ajal jätkavad segu segamist. Samuti on oluline adekvaatne kvaliteedikontroll ehitamise ajal. Niiviisi toimub seire kõigis olulistes küsimustes. Üks tähtsamatest ehitamisega seotud aspektidest on segu koostis. Optimaalne retsept peaks tagama materjali homogeense struktuuri, mis hõlbustab segu nõuetekohast tihendamist.

Uurimistulemused, mis on esitatud allikates [7, 21], näitavad, et 3% võrra suurem tihendamine vähendaks 15% võrra kihi vajalikku paksust, kuna ta parendab väsimuskäitumist (konkreetsel juhul 8% õhupoore 5% vastu). Väike poorsus ning kõrge bituumenisisaldus parendavad samuti väsimusnäitajaid ja tõstavad ka niiskuskindlust, mis on küllalt oluline, kuivõrd katte alakiht on sageli pikema-ajalises kontaktis veega. Kõige rohkem soovitatav tee materjali kvaliteedi tõstmiseks on bituumeni modifitseerimine, kasutades mitmesuguseid polümeere. Palju uurimistöid on osutanud, et polümeer-modifitseeritud bituumen parendab oluliselt antud segutüübi väsimuskäitumist (nt [16.]). Kombinatsiooni, kuhu kuulub paks,

¹⁵ Asub USA-s (A.K.)

hästi ehitatud kate koos väsimuskindla aluskihiga, peetakse piisavaks abinõuks traditsioonilise väsimuspragunemise vastu.

LLP kontekstis on siiski vajalik ülakihi perioodiline asendamine, et ära hoida kogu tarindi kahjustusi. Siinjuures on UK-s tekkinud kaks täiesti erinevat suunda [2.]. Et saavutada paremat vastupidavust, on efektiivsema tihendamise huvides tarvitusele võetud paksemad asfaldikihid. Teisest küljest on UK-s aga täheldatud huvi suurenemist just suhteliselt õhukeste kuumast segust ülakihtide vastu (so õhukeste kihtide asfaltbetoon). Uuringud UK magistraalteedel on näidanud, et katendites, mis on ehitatud piisava tugevusvaruga kahjustuste suhtes, väsimus- ja struktuuradeformatsioone ei ilmne. Peamised järeldused kinnitavad, et hästiehitatud elastsete katendite teenistusega on väga pikk, eelduseks on vaid, et kahjustusmehhanismid nagu rööbastumine ja pragunemine on piiratud katendi pinnaga [2.ja3.].

Asfaltsegud on viskoelastsed komposiitmaterjalid, millel on silmapaistev sõltuvus ajast ja temperatuurist. Kõrgetel temperatuuridel ja/või tagasihoidlikul koormamisel (sõidukite kiirus) on nad suhteliselt pehmed, samas ilmneb madalal temperatuuril ja/või kõrgete koormusjärgude puhul vastupidine nähtus. Teine asfaltsegude karakteristik on, et segud aja jooksul muutuvad jäigemaks e. vananevad. Elastsete katendite projekteerimisel oleneb asfaltsegude sobivus põhikomponentide – bituumeni ja täiteaine – kvaliteedist ja vahekorrast. Sellistel sideaine omadustel nagu jäikus ja duktiilsus on hästi dokumenteeritud toime segu käitumisele, kuna sideaine jäikus mõjutab suuresti segu jäikust. Bituumensideaine valikul tuleks arvestada ka täiteaine tüübi suhtes püstitatud nõudeid ning kohalikke ilmastikutingimusi, kuna need koos mõjutavad segu käitumist. Mõnes osas võib sideaine ja segu omadusi parendada, kasutades teatud lisandeid – nt polümeere. Lisaks sideaine omadustele mõjutab ka sideaine hulk oluliselt asfaltsegu mehaanilisi omadusi. Täiteaine omadused peaksid vastama peamiselt stabiilsuse ja kulumiskindluse nõuetele.

2.4 Tehnoid

Minevikus olid teedeinsenerid enamuses hõivatud uute teede ehitamisega. Kuna paljudes maades on maanteevõrk lõplikult välja kujunenud, kandub rõhk järk-järgult olemasoleva teedevõrgu tehnohoiule [17.]. Erinevalt suhteliselt lühikese kestusega ehitusprojektidest võib tehnohoidu iseloomustada kui suhteliselt laia ulatusega ning jätkuvat ja kauakestvat protsessi. Traditsiooniliste teede tehnohoid hõlmab tegevuste kogumi, mille tehniline eesmärk on katendi kahjustuste vähendamine ja mille majanduslik lõpp-eesmärk on väiksemate veokulude saavutamine. Kuivõrd arenenumad tehnohoiu liigid – nagu katendi rekonstrueerimine – on palju kulukamad kui näiteks lihtne ülekate, siis on väga tähtis hoida vajalike toimingute järjepidevust, et vältida kahjustuste taseme kasvu.

Kolmas põhjus tehnohoiu teostamiseks on vajadus hoida teed pidevalt avatuna. Iga tõke ja viivitus suure liiklusega teel võib viia tõsiste sotsiaalsete ja majanduslike tagajärgedeni. Sel põhjusel tuleb struktuuralseid kahjustusi vältida, sest nende remontimine on kulukas ja aeganõudev. Erinevalt traditsioonilistest katenditest on LLP defineeritud kui katendid, millel

struktuuralseid kahjustusi ei esine. Seega vältab katendi toimimisega niikaua, kuni teostatakse katendi pinna korrekset tehnohoidu.

Kõrge liiklussagedusega magistraalteede jaoks on läbilaskevõime esmajärgulise tähtsusega, mistõttu tuleb igati vältida liikluse häirimist. Ülakihi uuendamine või muud tehnohoiu operatsioonid tuleb teostada lühikese aja jooksul, et nende mõju liiklusele oleks võimalikult väike. Pealegi on liikluse korraldamisega seotud kulud tehnohoiu tööde ajal ise kõrged, osutudes mõnel juhul 50%-ni ja rohkemgi kogukuludest.

LLP väiksem vajadus konstruktsiooni ekstensiivsema tehnohoiu järele mõjutab loomulikult ka katendi üldisi elutsüklikulusid.

3. Majanduslik aspekt

Nagu arutletud alajaotuses 1, on LLP üldeesmärk saavutada pikendatud toimimisea ja väiksemate ning efektiivsemate tehnohoiukulutuste kaudu madalamad aastakulutused. Selleks, et hinnata LLP majanduslikke eeliseid, peaks lõplike finantsjäreltuste tegemisel kasutama tulu-kulu analüüsi (*Cost/Benefit Analysis – CBA*) [4.]:

- Esialgsed ehituskulud
- Katendi kapitaalsuse kadu kahjustuste tõttu
- Halduskulud seoses perioodilise tehnohoiuga ja liikluskorraldusega tööde ajal
- Teekasutaja kulud mis on esmajoones tingitud teetöödega seotud viivitustest
- Kulutused õnnetuste tõttu, mis on juhtunud teekasutajatega ja remonditöölistega
- Tee ehitamise ja tehnohoiuga seotud keskkonnamõjud

Intuiitiivselt kaasnevad LLP-ga tõenäoliselt suuremad ehituskulud kui traditsiooniliste katendite puhul, kuid väiksemad tehnohoiukulutused. Mõningaid CBA koosseisu kuuluvaid kulusid on suhteliselt lihtne fikseerida, teisi aga suhteliselt raske. Katendi kahjustuste puhul avaldatakse kulude kohta ainult piiratud informatsiooni. Kõige tõenäolisem seletus sellele on, et olemasolev katendite tehnohoiu süsteem (*Pavement Management System – PMS*) enamasti ei haara katendi jääkmaksumust [4.]. Teekasutaja viivitustega seotud kulusid saab määrata kasutades mudeleid, mis baseeruvad mõõdetud liiklussagedusel ja tee läbilaskevõimel. Peamiselt vastavate andmete puudumise tõttu on raskem arvesse võtta liiklusohutusega seotud kulusid. Kolm olulist tegurit, millest olenevad keskkonnakulutused, on katendimaterjalide taaskasutamine, mootorikütuste saastavad mõjud ja tehnohoiu töödega kaasnev müra. Halduskulud sisaldavad põhiliselt kulutusi tehnohoiule ja liikluskorraldusele, aga samuti kaudseid kulutusi tööde juhtimiseks. FEHRL¹⁶ poolt esitatud ülevaade [4.] näitab, et ainult UK-s peetakse spetsiaalset arvestust LLP majanduslike aspektide suhtes. Kasutades CBA-d on UK kogemuste põhjal järeldatud, et LLP-ks klassifitseeritud katendid on säästlikumad kui traditsioonilised teekatendid, kuivõrd ehituskulude mõningane suurenemine kompenseeritakse tehnohoiuga seotud madalamate otsekuludega ning liiklushäiretega seotud

¹⁶ FEHRL – (*Forum of European National Highway Research Laboratories*) – rahvusvaheline assotsiatsioon, mis hõlmab enam kui 30 Euroopa riigi teede uurimis- ja tehnokeskusi. Ka AS Teede Tehnokeskus on FEHRL liige

väiksemate kaudsete kuludega. Oodatav summaarne kokkuhoid LLP printsiibi kasutamisest UK-s ulatub 350 mln euronit 10 aasta jooksul [4.].

Kuivõrd paljud CBA-ga seonduvad kulud on abstraktsed ja rasked määrata, on LLP majanduslike eeliste väljatoomiseks ka lihtsamaid mooduseid. Küllap on lihtsaim viis võrrelda ehitus- ja tehnohoiukulusid kahte või rohkemat tüüpi katendikonstruktsioonide puhul, millest üks on LLP ja teine tavalahendus. See omakorda tingib, et kasutatavad projekteerimismudelid võimaldaksid arvesse võtta erinevaid kvaliteedi langust põhjustavaid parameetreid. Katendi variantidele tehtavate hetkekulude kalkuleerimiseks võib kasutada traditsioonilist elutsükli kulude analüüsi (LCCA)¹⁷, mis on esmane majandusliku võrdluse vahend.

Nende LCCA uuringute puhul on arvutuslikuks perioodiks võetud aeg enamasti vahemikus 20 kuni 40 aastani. LLP katendite käsitlemisel peaks see aeg olema pikem ja võiks ulatuda kuni 100 aastani.

Dokumendis [20.] soovivad Haas ja teised LCCA rakenduste jaoks kondikava, mis vaatlleb lühikest, keskmist ja pikka ajatsükli, maantee funktsionaalset klassi, avalikku ja erasektorit ning tõenäolist või eelistatud LCCA meetodit. Vastavad põhjendatud elutsükli kestused oleksid sel juhul suurusjärgudes: lühike tsükkel 25, keskmine 50 ja pikk – 100 aastat. Allikas [20.] pakub ka ühe numbrilise näite, mis selgitab, kuidas mingi ametkond võiks arvutada LLP projekteerimiseks tehtavate põhiinvesteeringute keskmist tasuvusaega (IRR)¹⁸.

4. Edasised arengud

4.1. Tarnimine ja tehnilised tingimused

Vahendid, millega ehitusplatsil saavutatava tulemuse kvaliteeti defineeritakse, mõõdetakse, kontrollitakse ja tagatakse, on tähtsad tegurid. Viimastel aastatel on agaralt vaieldud katendi kasutustingimuste üle. Kasutustingimusi peetakse sageli silmas, vaadeldes suhteid ehituse kvaliteedi ja kauakestva toimimise vahel. Pikka toimumisiga mõjutavate muutujate ratsionaalse kontrollimisega võib parandada lõpp-toodangu kvaliteeti. Lisaks tehnilistele nõudmistele tulekski pikaajalise toimimise saavutamiseks taolisi aspekte arvestada.

4.2. Täiustatud majandusmudelid

Nagu märgitud alajaotuses 3, on parendatud majandusmudeleid tarvis selleks, et näidata alternatiivsete projektlahenduste ja materjalide eeliseid. Siin on ehk kõige märkimisväärsemaks takistuseks vajadus leida mudel, mis suudaks illustreerida seost investeeringukulude ja elutsüklikulude vahel. Tänapäeval on enamik katendeid rajatud esmajoonel sobivaid investimiskulusid arvestades, mis hiljem sageli toob kaasa kõrge elutsüklikulud. Tunnustab ju hankeprotsess madalaimat pakkumishinda.

¹⁷ LCCA – *Life Cycle Cost Analyses*, ingl.k. (A.K.)

¹⁸ IRR – *Internal Rate of Return*, ingl.k. (A.K.)

5. Kokkuvõte ja järeldused

Viimasel paaril aastal¹⁹ on Euroopas ja USA-s loodud LLP ja PP kontseptsioonid, mille peamine eesmärk on välja töötada üldine kava tasuvate katendite ehitamiseks.

Kui võtta kulu-tulu analüüsi juures arvesse tee läbilaskevõimet ja teekasutaja kulutusi liiklustakistustele, selgub, et hulgal tiheasustusega alade maanteedel peaks olema tegelikult katend, mis vajab võimalikult vähest tehnohoidu. Nendes tingimustes oleks katendi täielik rekonstrueerimine (mis tähendaks pikemaks ajaks ja suures ulatuses tee sulgemist – A.K.) vaevalt võimalik või hoopis võimatu.

See on üks LLP-kontseptsiooni loomise põhjus. Pikealist katendit määratletakse kui katenditüüpi, mille puhul pinna korrektset tehnohoidu eeldades põhja- või aluskihtides silmapaistvaid kahjustusi ei teki.

See definitsioon tunnistab vaikumisi, et kõiki katendikihte (va üla- e. kulumiskiht) käsitletakse alaliste kihtidena.

LLP kontseptsioon toetub mõnes osas küll varasematele arusaamadele, kuid peamiselt siiski hiljutistele saavutustele materjalide tehnoloogia, projekteerimise ja funktsionaalsuse alal. Praktikas peaks LLP kontseptsioon märkimisväärselt pikendama kehtivat katendi projekteerimisiga, piirates pinnakahjustuste (pragunemine ja rööbastumine) mõju. Üldised kahjustusmehanismid – nagu alt-üles väsimuspragunemine, sidumata kihtide rööbastumine ja külmakerked – peaksid aga põhimõtteliselt olema täiesti välistatud.

Projekteerimise ja ehitamise seisukohalt tähendab see kontseptsioon, et katend tuleb projekteerida ja ehitada järgmisi nõudeid silmas pidades:

- alt-üles väsimuspragunemine peab olema takistatud
- rööbastumist katendikihtides tuleb vältida kasutades adekvaatseid asfaltsegusid
- rööbastumine sidumata kihtides ja külmakerked tuleb täielikult välistada

Ülakihi valik sõltub funktsionaalsetest nõudmistest. Lahendus võiks olla kombinatsioon mugavusest, vastupidavusest, püsivusest, karedusest ja müra vähendamisest. Sealjuures võib püstitada lisanõudeid nagu pinnavee ärajuhtimine või vettpidavus.

Olenevalt spetsiifilistest nõudmistest võib lugeda sobivaks tervet rida asfalt-ülakihi variante. Ülakihi valik tähendab tegelikult katendi projekteeritava eluea jaoks kõige sobivamate materjalide leidmist.

Asfaldist binderkihid peaksid olema vastupidavad suurtele nihkepingetele, asfaldist aluskihid aga peaksid olema küllalt paksud ja jäigad, et jaotada liikluskoormust sidumata aluskihtidele ning taluda väsimust.

Vastupanu väsimusele oleneb asfaltsegu väsimuskindlusest ja tõmbepingetest alumise asfaldikihi põhjas. Tõmbepinge peab jääma väiksemaks teatud väsimuslimiidist, mille puhul veel kahjustusi ei kogune.

¹⁹ NB! Mõeldud on 2004-2007 (A.K.)

Oluliselt madala pingetaseme saavutamiseks on kaks võimalust. Üks põhineb katendi projekteerimisel kindla arvu normtelgede (ESAL)²⁰ läbisõidu jaoks ja teine seisneb alumise asfaldikihi põhjas tekkivate tõmbepingete piiramises kindla limiidiga:

- Katendid, mille oodatav liikluskooormus on suurem kui 80 mln standardtelge (80 kN) tuleks projekteerida kui LLP²¹
- Tõmbepingete väärtusi suurusjärgus $50\text{--}70 \times 10^{-6} \text{ m/m}$ tuleks vaadelda kui väsimuslāve.

Praktikas saadakse mõlema lähendi kasutamisel tulemuseks tõmbepingete tase, mis on piisavalt madal põhjapragude tekkimise ja levimise ārahoidmiseks. Tuleks rõhutada, et ühtki projekteerimisparameetrit ega kriteeriumi ei tohiks kasutada väljaspool oma konteksti, kuivõrd nad on tihedalt seotud kasutatavate projekteerimisjuhendite, testimismeetodite ja materjalidega ning katendi ehitamisega jne.

Samuti võiks rōōbastumise vältimiseks piirata lubatud maksimaalseid tõmbepingeid (kuni $200 \times 10^{-6} \text{ m/m}$) mulde pinnal.

Üldiselt peavad LLP suhtes esitatavad tehnilised ja funktsionaalsed nõudmised olema tavakatenditega võrreldes kõrgemad. Et seda saavutada tuleb tehniliste tingimuste asemel ette kirjutada funktsionaalsed tingimused. Siis oleneb hankija āranāgemisest, kuidas tõendada, et lahendus vastab nõudmistele. Sel moel saab kontraktor tulemust optimeerida, tehes valikuid paljude arvestatavate lahenduste hulgast.

Alternatiivsete katendivariantide ehitamise ja hoiukulude kalkuleerimiseks võib kasutada traditsioonilist elutsükli kulude analüüsi (LCCA), mis on majandusvōrdluse esmane vahend. LLP jaoks soovitatavad elutsükli kestused on lūhi-, kesk- või pikaajalise analüüsi puhul vastavalt 25, 50 ja 100 aastat.

Mārkus: *Lisa 1 järgneb kirjanduse loetelule (A.K.)*

6. Kirjandus

[1.] Newcomb, D. E., Buncher, M., Huddleston, I. J. “Concepts of perpetual pavements.” Transportation Research Circular, No 503, Perpetual Bituminous Pavements, (2001).

[2.] Nunn, M. E., Brown, A., Weston, D., Nicholls, J. C. “Design of long-life flexible pavements for heavy traffic.” Highways Agency, TRL report 250, (1997).

²⁰ ESAL – *Equivalent Standard Axle Loads* – ingl.k. (A.K.)

²¹ Eestis kasutatakse standardtelje koormust 100 kN. Ka lāānemaade standardtelje koormused pole ūhesugused (nt UK – 80 kN, Norra – 100 kN, Prantsusmaa – 130 kN). Tegelik liikluskooormus taandatakse standardteljele siirdetegurite abil. Taandamismetoodika on ūldiselt sarnane, kuid eri maade siirdetegurid on erinevad. (A.K.)

- [3.] Nunn, M., "Long-Life Flexible Roads", TRL, ISAP Conference 1997, Seattle (1997)
- [4.] FEHRL "A guide to the use of long-life fully-flexible pavements – ELLPAG Phase I." FEHRL report 2004/01, (2004).
- [5.] APA "Perpetual Pavements-A Synthesis." Asphalt Pavement Alliance (APA), published at the Asphalt Pavement Alliance homepage: publications@asphaltpavement.com, (2002).
- [6.] TRB "Perpetual Bituminous Pavements." Foreword, Transportation Research Circular, number 503, December, (2001).
- [7.] Harvey, J., "Long-Life AC Pavements: A Discussion of Design and construction Criteria Based on California Experience" Paper 12 Proceedings International Symposium on Design and Construction of Long Lasting Asphalt Pavements, Auburn USA, 7-9 June 2004.
- [8.] Tseng, K. H., Lytton, R. L. "Fatigue damage properties of asphaltic concrete pavements." Transportation Research Record 1286 (TRB), pp 150-163, (1990).
- [9.] Sousa, J. B., Pais, J. B., Prates, M., Barros, R., Langlois, P., Leclerc, A. M. "Effect of aggregate gradation on fatigue life on asphalt concrete mixes." Transportation Research Record 1630, (TRB), pp 62-68, (1997).
- [10.] Tayebali, A. A., Deacon, J. A., Coplantz, J. S., Finn, F. N., Monismith, C. L. "Fatigue Response of Asphalt, Part II-Extended Test Program." SHRP Project A-404, Asphalt Research Program, Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley, (1994).
- [11.] "Development of New Bituminous Pavement Design Method", Final report of COST Action 333, European Commission, Luxembourg, 1999.
- [12.] Monismith, C. L., Long, F. "Overlay Design for Cracked and Sealed Portland Cement Concrete (PCC) Pavement-Interstate Route 710." Technical Memorandum TM UCB PRC 99-3, Pavement Research Center, Institute for Transportation Studies, University of California, Berkeley, (1999)
- [13.] Timm, D.H. "The Effects of Load Spectra and Variability of Perpetual Pavement Design" Paper 7 Proceedings International Symposium on Design and Construction of Long Lasting Asphalt Pavements, Auburn USA, 7-9 June 2004.
- [14.] Thompson, M., "Design Principles for Long Lasting HMA Pavements" Paper 14 Proceedings International Symposium on Design and Construction of Long Lasting Asphalt Pavements, Auburn USA, 7-9 June 2004.
- [15.] Peterson, R., "Determination of Threshold Strain Level for Fatigue Endurance Limit in Asphalt Mixtures" Paper 15 Proceedings International Symposium on Design and Construction of Long Lasting Asphalt Pavements, Auburn USA, 7-9 June 2004.
- [16.] Lundstrom, R. Isacson, U. "An Investigation of the Applicability of Schapery's Work Potential Model for Characterization of Asphalt Fatigue Behavior." Published and Presented at the annual AAPT meeting, Baton Rouge, USA, March 2004. (2004)
- [17.] Robinson, R., Danielson, U., Snaith, M. "Road Maintenance Management –

Concepts and Systems.” Macmillan Press LTD, (1998).

[18.] Lundstrom, R., Ekblad, J., Isacson, U., Karlsson, R. “Fatigue Modeling as related to Flexible Pavement Design-State of the Art.” Accepted for publication in International Journal of Road Materials and Pavement Design, (2006)

[19.] Newcomb, D.E., “A Guide to PerRoad 2.4 for PerRoad Perpetual Software developed by Professor David H. Timm”. Asphalt Pavement Alliance, August 2004. <http://www.asphaltalliance.com/>

[20.] Haas, R., Tighe, S. and Cowe Falls, L., “Return on Investment Analysis for Long Life Asphalt Pavements” Proceedings 11th International Conference on asphalt Pavements, August 12 – 17, 2006, Québec City, Canada.

[21.] Harvey, J., Long, F., and Prozzi, J.A. “Application of CAL/APT results to Long Life Flexible pavement reconstruction”, Accelerated Pavement Testing Conference, Reno, NV, USA, 1999

Lisa 1

Kattekihtide iga Euroopas

A.1. Sissejuhatus

Teede ehitamine LLP ja PP kontseptsiooni kohaselt tähendab tagada, et katendi asfaldikihtide põhjas tekkiv väsimus ei oleks kriitiline parameeter. Ühtlasi tähendab see ka katendikihtide küllaldast üldpaksust, et vältida põhjast algavate pragude tekkimist.

Järelikult on tee hea seisundi säilitamiseks oluline vahetada ainult ülakiht, mille kestvus muutub nüüd domineerivaks faktoriks katendi pinna eluea suhtes.

Et paremini mõista katendite ülakihtide teenistusega, korraldas EAPA Tehniline Komitee juurdluse Euroopas kasutatavate ülakihtide kestvusest.

Käesolev lisa annab ülevaate erinevatest asfaltsegude tüüpidest, mida võib kasutada ülakihi ehitamiseks, ja nende oodatavast elueast. Andmed põhinevad küsitlusel ja ekspertide paneeldiskussioonil.

A.2. Asfaltsegud

Asfaltsegude kirjelduses (1 kuni 7) on kasutatud definitsioone Euroopa Asfaldistandarditest EN 13108 – 1 kuni 7 ja need on tähistatud jutumärkidega²².

²² Eestis on kehtestatud rahvuslik standard EVS 901-3:2009. Käesolevas tõlkes on osaliselt kasutatud mainitud standardi eestikeelseid määratlusi ja selgitusi, mis ühilduvad ka standarditega EN 13108 – 1 kuni 7. **Nimetuste lühendid** on siin jäetud tõlkimata nagu ka rahvuslikus standardis. (A.K.)

1. Asfaltbetoon (AC) – *Asphaltic Concrete (AC)*

„Pideva või katkeva terastikulise koostisega asfaltsegu, mille täitematerjali osised moodustavad kandva struktuuri”. (Märkus: Katab endised tingtähised: TAB – tihe asfaltbetoon, PAB – poorne asfaltbetoon ja KAB – kergasfaltbetoon. A.K.)

Tihedat asfaltbetooni kasutatakse tihti kui „põhilist” ülakihti.

2. Väga õhukeste kihtide asfaltbetoon (AC-TL) – *Asphalt Concrete for very thin layers (AC-TL)*

„20-30 mm paksusega ülakihtide asfaltsegu, mille täiteaine on tavaliselt katkeva terastikulise koostisega, et tagada kivi-kivi vastu kontakti ja avatud pinnatekstuuri”.

Seda segu kautatakse sageli Prantsusmaal, kus teda nimetatakse BBTM (*Béton Bitumineuse Très Mince*).

3. Pehme asfalt (SA) – *Soft Asphalt (SA)*

„Täiteainest ja pehmetest bituumenitest asfaltsegu”.

Seda elastset segu kasutatakse Põhjamaades kõrvalmaanteedel.

4. Kuumrullitud asfalt (HRA) – *Hot Rolled Asphalt (HRA)*

„Tihe katkeva terastikulise koostisega asfaltsegu, kus peentäiteainest mört, filler ja kõrgviskoossusega bituumen on tähtsad tegurid laotatud materjali toimimisel”.

Must killustik (st nominaalselt kõrge kulumiskindlusega täiteaine ühe mõõduga osakesed, mis on kergelt töödeldud kõrgviskoosse sideainega) rullitakse laotatud segusse ja moodustab nii osa HRA ülahihist. See vastupidav ülahiht on sageli kasutusel UK-s.

5. Killustikmastikasfalt (SMA) – *Stone Mastic Asphalt (SMA)*

„Suure jämetäitematerjali sisaldusega asfaltsegu, mille killustikust skelett on kokku liidetud peentäitematerjalist ning bituumenist moodustatud mastiksiga”. (Märkus: Endine KMA – A.K.)

SMA-d kasutatakse sageli ülahihina, kui on vaja suurt püsivust. Pinna struktuur tagab ka head omadused liiklusrumade vähendamiseks.

6. Valuasfalt (MA) – *Mastic Asphalt (MA)*

„Poorideta asfaltsegu, mis sisaldab sideainena bituumenit ja mille kuumas segus sideaine ning filleri ühismahut (mastiksi mahut) ületab täitematerjalide segu skeletipoorsuse”. (Märkus: Endine VAS – A.K.)

MA on väga vastupidav segu, mida teatud maades sageli kasutatakse ülahihina.

7. Dreenasfalt (PA) – *Porous Asphalt (PA)*

„Asfaltsegu, mille sideaineks on bituumen ja mis on koostatud nii, et sellel oleks väga suur omavahel ühendatud pooride sisaldus, mis võimaldab vee ja õhu tsirkulatsiooni, et tekiks tihe, drenivate ja mürasummutusomadustega katendikiht”. (Märkus: Endine DAB – A.K.)

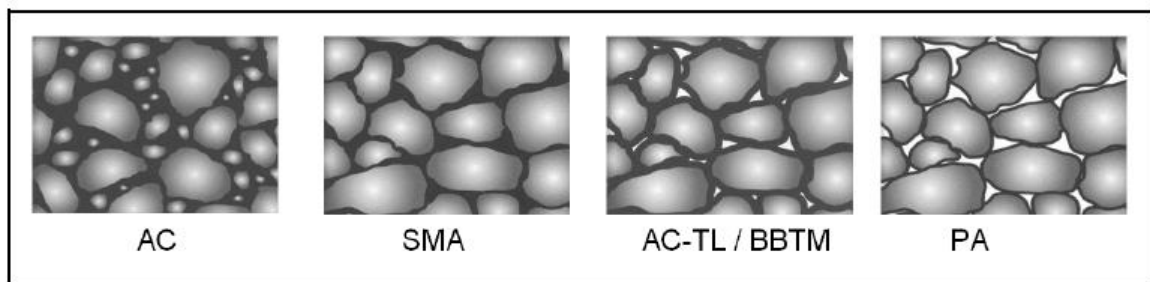
8. Kahekihiline drenasfalt (2L-PA) – *Double layered Porous Asphalt (2L-PA)*

Ülemine kiht teramõõduga 4/8 mm on umbes 25 mm paks ja alumine (põhja-) kiht on poorne asfalt jämedamast täiteainest (11/16 mm). Kogupaksus on umbes 70 mm. Ülemise osa peenema tekstuuri tõttu (see tagab rehvide väiksema vibratsiooni) vähendab see kattetüüp müra paremini kui ühekihiline drenasfalt.

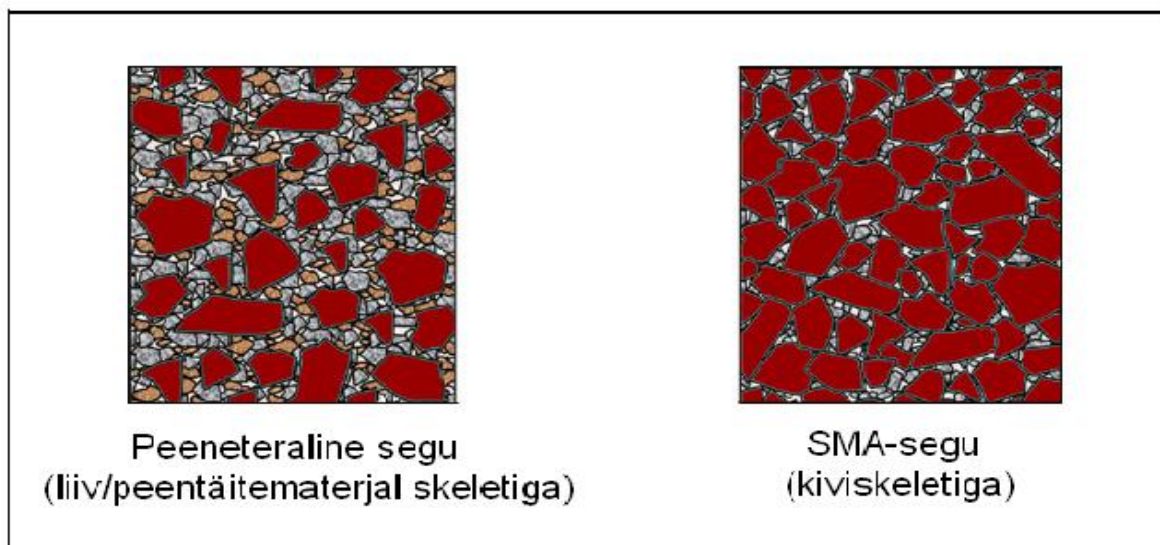
9. Ultraõhukeste kihtide asfaltbetoon (UTLAC) – *Asphalt Concrete for ultra thin layers (UTLAC)*

Asfalt 10-20 mm paksusega ülakihtide jaoks, kus täiteaine osised on tavaliselt katkeva terastikulise koostisega, et tagada kivi-kivi-vastu kontakti ja avatud pinnatekstuuri. Sageli kasutatakse selle asfaltsegu variatsioone, et saada head uut müra vähendavat ülakihti.

Struktuurist ja skeletist sõltuvad erinevused segutüüpide vahel selguvad ka joonistelt 5, 6 ja 7.



Joonis 5: AC, SMA, BBTM ja PA- segude struktuuri erinevused.



Joonis 6: Liiv- ja kiviskeletiga segude erinevused



Joonis 7: Kahekihilise drenasfaldi (2L-PA) struktuur.

A.3. Kattekihtide kestvuse määramise põhimõtted

Oodatav vastupidavus põhineb senistel kogemustel ja ehitustavadel. See tähendab, et ülakihid tuleb paigaldada õigesti projekteeritud tee, kus nende eluiga ei piira alt-üles levivad väsimuspraod.

Samuti eeldatakse, et segu ise on õigesti projekteeritud ja hästi tihendatud. Näitena võib tuua, et KMA kattekiht, kus rööbastumine ilmneb kihis endas, on vääralt projekteeritud segust. Näide ei kehti naastrehvide kasutamise korral.

Ülakihi vastupidavus oleneb ka kohalikest tingimustest, kliimast, segu retseptist, kasutatava bituumeni ja täiteaine tüübist ja lubatavast maksimaalsest ning tegelikust teljekoormusest (NB! erandlikult suurtel teljekoormustel on oluliselt negatiivne mõju katendi ülakihi teenistuseale). Mõnel juhul või mõnel maal on katendi teenistusea määramisel domineeriv faktor ülakihi pinna karedus, nii et vastupidavus oleneb nõutavast karedustegurist ja kasutatava täiteaine PSV-väärtusest²³.

Siinjuures tuleb eristada põhimaanteid (magistraal- ja raskelt koormatud teed) ning kõrvalmaanteid²⁴.

²³ PSV – Polished Stone Value (ingl.k.) = poleeritavus, iseloomustab konkreetse täitematerjali pinna (NB! mitte tee pinna!) kulumiskindlust (A.K.)

²⁴ Nimetused põhi- ja kõrvalmaanteed omavad siin sisulist tähendust ja ei pruugi tingimata kokku langeda Eesti maanteede klassifitseerimisel kasutatavate vastavate nimetustega.

A.4. Tulemused

Tabel 1 ja joonis 8 näitavad põhimaanteed (magistraalteede ja raskelt koormatud teede) ülakihi kestvust (teenistusega) aastates.

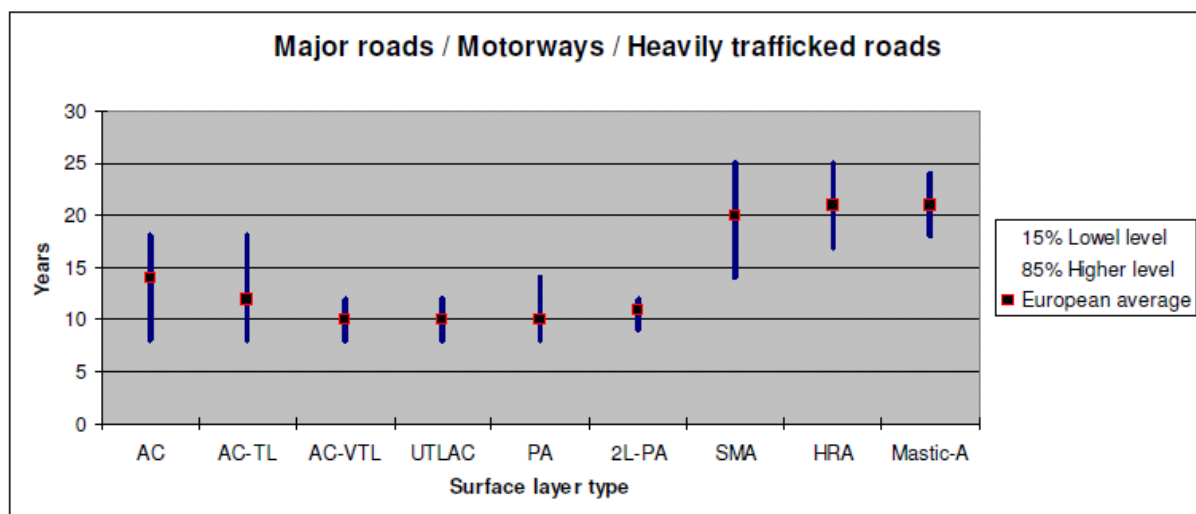
Tabel 2 ja joonis 9 näitavad kõrvalmaanteed ülakihi kestvust (teenistusega) aastates.

Major roads / motorways / heavily trafficked			
Type	15% Lowel level	European average	85% Higher level
AC	8	14	18
AC-TL 30-40 mm	8	12	18
AC-VTL 25-30 mm	8	10	12
UTLAC	8	10	12
PA	8	10	14
2L-PA ¹⁾	9	11	12
SMA	14	20	25
HRA	17	21	25
Mastic-A	18	21	24

Märkused: Soft-A ei ole siin kasutatud

¹⁾ Ainult Hollandi andmetel

Tabel 1: Suuremate teede ülakihi kestvus aastates (Põhimaanteed / magistraalteed / raskelt koormatud teed) (Type - segu tüüp, 15% Lower level – madalam tase , European average – Euroopa keskmine, 85% Higher level – kõrgem tase)



Joonis 8: Suuremate teede ülakihi kestvus (teenistusega)

(Inglisekeelsete mõistete tähendused samad, mis tabelis 1)

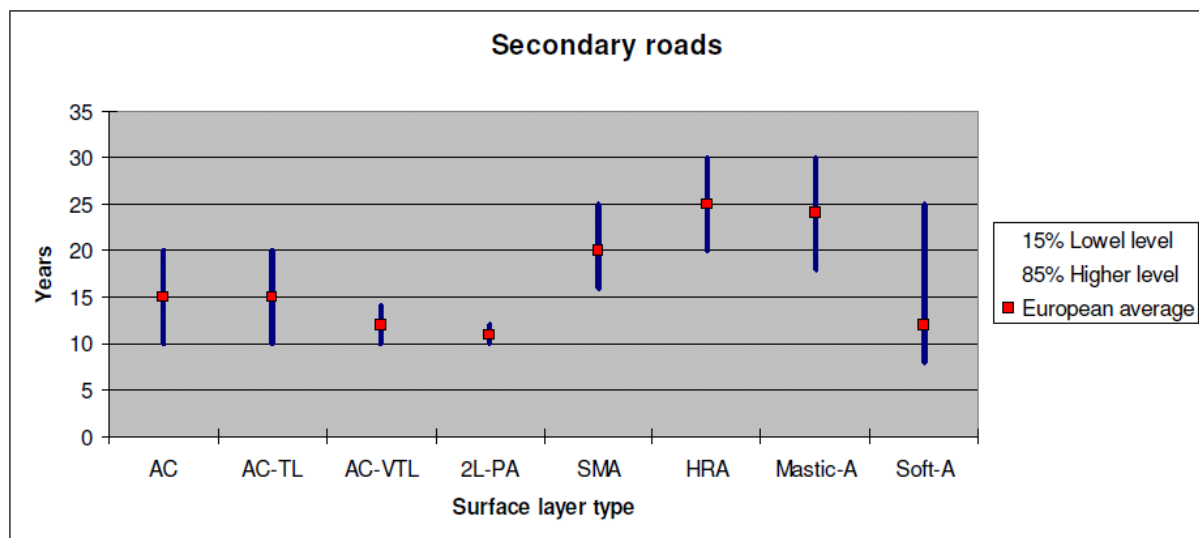
Secondary roads			
Type	15% Lowel level	European average	85% Higher level
AC	10	15	20
AC-TL	10	15	20
AC-VTL	10	12	14
2L-PA ¹⁾	10	11	12
SMA	16	20	25
HRA	20	25	30
Mastic-A	18	24	30
Soft-A	8	12	25

Märkused: PA ja UTLAC pole siin kasutatud

¹⁾ Ainult Hollandi tulemuste põhjal

Tabel 2: Kõrvalmaanteede ülakihi kestvus (teenistusiga)

(Inglisekeelsete mõistete tähendused samad, mis tabelis 1)



Joonis 9: Kõrvalmaanteede ülakihi kestvus (teenistusiga)

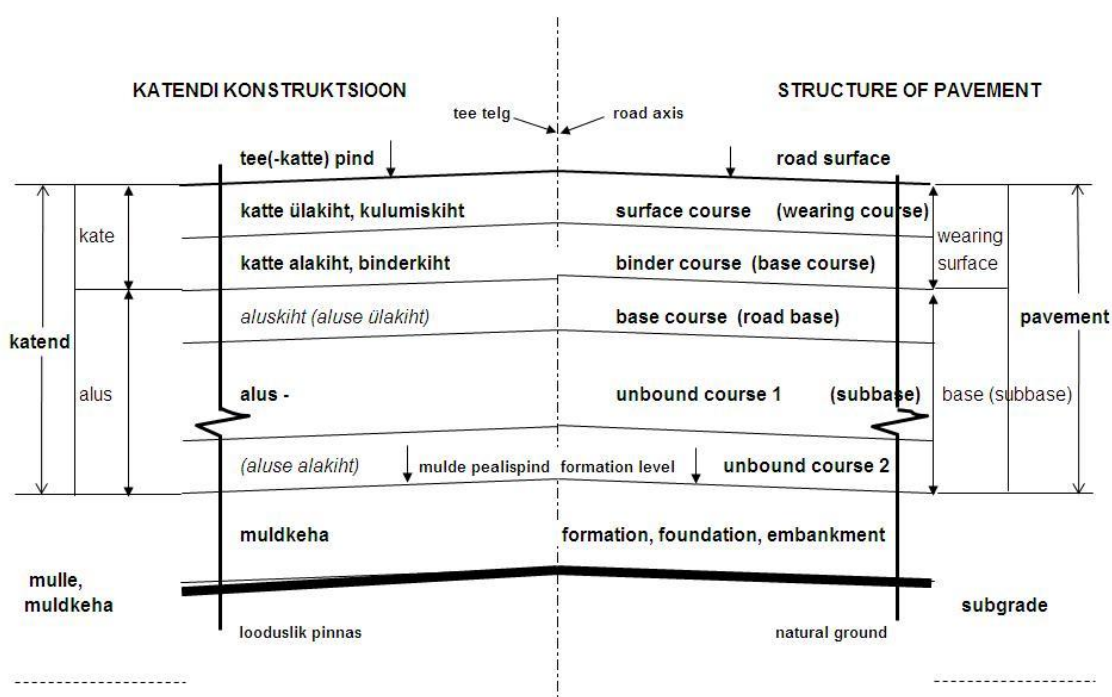
(Inglisekeelsete mõistete tähendused samad, mis tabelis 1)

(Eestindanud Aleksander Kaldas)

TÕLKIJA KOMMENTAARID

1. Keel ja terminoloogia.

Dokumendi „Long-Life Asphalt Pavements” tõlkimisel pidasin silmas, et tekst oleks sisuliselt õigesti edasi antud ning lugemisel eestlase jaoks suupärane. Vähem olen jälginud lauseehituse diplomaatilist sõna-sõnalist vastavust, mida eesti ja inglise keele süntaksi iseärasused ning originaali autori mitteinglaslik inglise kantseliit nagunii poleks soosinud. Dokumendi originaaltekstis on läbisegi kasutatud Euroopa ja Ameerika oskussõnu, mis alati ei lange täpselt kokku. Seda arvestades on lisatud ka järgnev abistav joonis/skeem, kus võimalikult 1:1 on sobitatud originaalteksti mõisted, PIARC ning USA terminid ja käibivad eestikeelsed vasted. Eesti- ja inglisekeelsed põhitervimid on sulgudeta rasvases kirjas.



Mis puutub lapse enda (st kontseptsiooni) nimetustesse, siis inglisekeelne "long-life" on minu meelest natuke täpsem ja kõlavam, kui tõlge. Osalt selle pärast jätsin kasutusele tõlkimata lühendid **LLP** (long-life pavements = kauakestvad katendid) ja **PP** (perpetual pavements = püsivad katendid), kuigi ka vastavad eestikeelsed **KKK** ja **PK** oleksid kõlvanud.

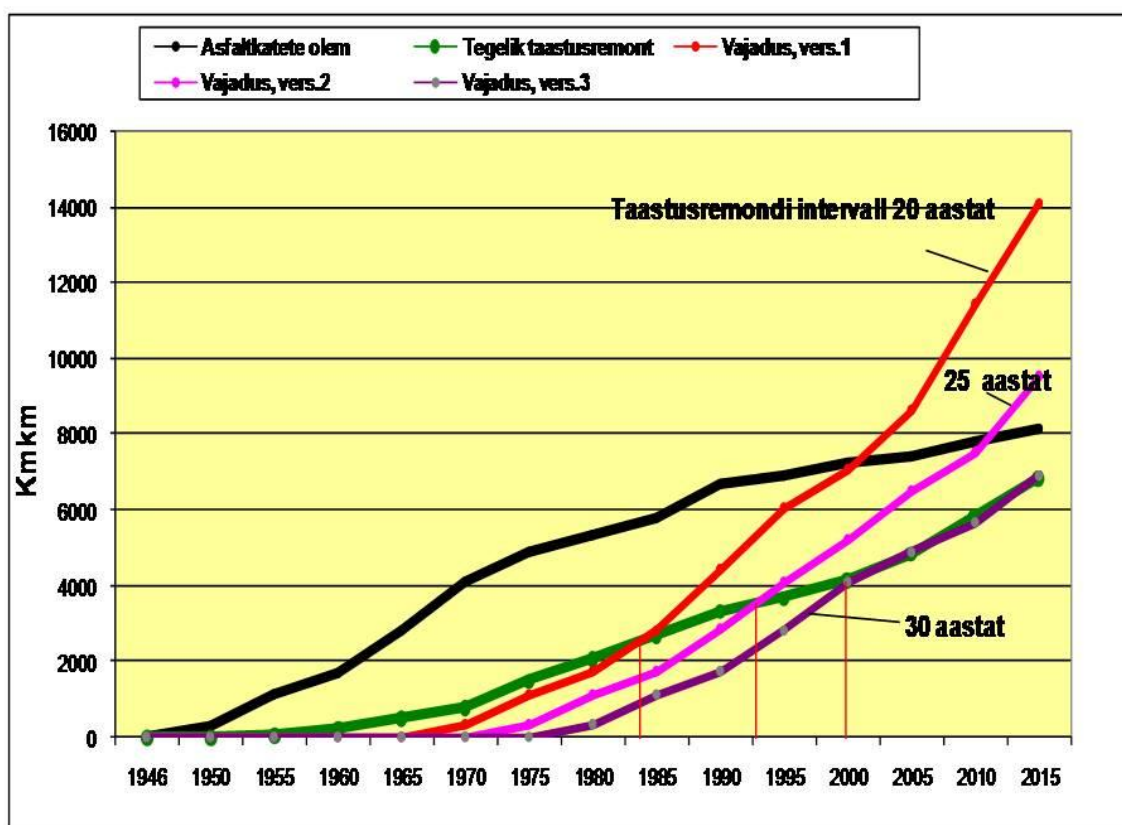
2. Majanduslik aspekt

Vana tuntud ütlemine veidi muudetud kujul kõlab: „Me pole nii rikkad, et realiseerida peost-suhu lahendusi”. Selles osas on originaaldokument asja igati selgeks teinud. Tahaksin ainult rõhutada, et kuigi kogu teed peab vaatlema kui terviklikku kompleksi, tuleb katend lugeda esmatähtsaks. Kõik ülivajalikud päraldised, kergliiklusteed, liikluskorraldusvahendid jne kaotavad oma väärtuse, kui katend laguneb ja kaob teekasutaja sõidumugavus või -võimalus. Ilmselt on vaja seda taas meenutada, kui kerkib küsimus möönduste tegemisest katendi konstruktsiooni või selle materjalide osas.

3. Katendi eluiga ja remondisagedus

Katendi projekteeritud eluiga, millest on juttu lk.4, 11 ja 16, langeb ühtlasi kokku taastusremondi sagedusega. Suurem osa Eesti katenditest on ehitatud okupatsiooniajal, mil püsi-katendi oodatav tehniline eluiga oli sätestatud 18 aastat, finantseeskirjade järgi aga 11 aastat. Katendid kippusid lagunema siis ja lagunevad nüüdki, ehk vaid pisut vähem. Mis laguneb, see vajab remonti. Kui keegi haldab näiteks 1000 km katendeid, mis peaksid kestma – teeme möönduse – 20 aastat, siis on lihtne arvutada, et nende säilitamiseks ja remonditöö ühtlaseks jaotamiseks tuleks igal aastal teha taastusremonti vähemalt 50 km-l. Heites pilgu järgnevale diagrammile, võib näha, et Eestis vastavat suhet pole õnnestunud välja pidada, kusjuures erinevus on ~1,5-kordne meie kahjuks. Siit on kerged tulema kaks küsimust:

1. Miks meie teedevõrk pole siis lõplikult lagunenu?
2. Kuidas „nemad”, kellel on katendeid kümneid, võib-olla sadu tuhandeid kilomeetreid, tulevad toime taastusremondiga piisavas mahus?



Selgituseks diagrammi juurde: Vertikaaltelg (km) mõeldab nii teede olemit kui remondi mahtu, horisontaaltelg (aastad) on ajatelg. Must murdjoon tähistab kattega riigimaanteede jooksvat olemit; roheline murdjoon tähendab olemit kogusele vastavat katete remondi tegelikku summaarset mahtu aegade algusest (st 1946.a) alates; punane, roosakaslilla ja tumelilla joon tähistavad katete remondi keskmist soovitatavat (normatiivset, vajalikku või kuidas iganes öelda) summaarset mahtu jooksva ajahetkel vastavalt sellele, kas remontide vaheline periood (= katendi loodetav toimumisiga) oleks 20, 25 või 30 aastat. Tegelikult remondiks on loetud kõik asfaltitööd peale täiesti uue ehituse, sh ülekatted. Pindamist loomulikult pole arvestatud. Normatiivse mahu suhtes on vaikselt püstitatud pisut karmimad eeldused, st kõneleme mitte katte, vaid katendi taastusremondist.

Diagrammilt on näha, et võimalik 20-aastane tsükkel „läks lõhki” pärast 1980.a, 25-aastasega juhtus sama 1990.a paiku ja praegu püsime 30-aastase tsükli tingimustes. Paraku pole selle tsükli kestus projekteeritud – ta on lihtsalt välja kujunenud. Sealjuures pole riigimaanteede keskmine seisund küll kiiduväärt, kohati on ta ka alla rahuldava, kuid üldiselt talutav. Eeldades, et teehoiu maht vähikäiku ei tee ja me mõistlikult majandada oskame, tundub et totaalset lagunemist ei tule ja 30-aastasest tsüklist võiks nõ kinni hoida.

Mida siis vastata esimesele küsimusele? Sõandan spekuloida ja teha järgmised kolm vihjet:

- 1) remonti on varasematel aastatel, kui katete olem oli väiksem, tehtud suhteliselt rohkem;
- 2) katendid on koormuse suhtes õnneks vist natuke üle dimensioneeritud;
- 3) regulaarne pindamine, mis aja jooksul tekitab vaipkatte, võib meie tingimustes (keskmine liikluskoormus) mõnikord asendada uut kulumiskihti.

Hoobilt on muud seletust raske pakkuda. Oleme harjunud kõiki ülakihi vigastusi ja remonte tõlgendama meie katendite kvaliteedi suhtes äärmiselt kriitiliselt, kuid pöördudes tagasi äsja tõlgitud artikli juurde leiame sealt väite, et laguneda tohibki ainult ülakiht ja seda peabki regulaarselt (ja palju sagedamini) uuendama. Tõepoolest on meil ju äärmiselt vähe näiteid, kus oleks tegemist kogu katendi täieliku kollapsiga – enamasti on seda suudetud ennetada.

Nüüd siis „nemad” ja teine küsimus. Aga ega nad päris hästi toime ei tulegi. Milleks siis muidu see LLP-kontseptsioon oma soovitustega projekteerimisparameetrite ja aluskihtide kvaliteedi kohta. Ikka selleks, et pikendada katendi projekteeritud eluiga ja vähendada tehnohoiu (sh taastusremondi) mahtu. Ülejäänud edukus on seletatav erinevustega majandustasemes ja tehnilises kirjaoskuses, mis kahjuks praegu on veel märgatav.

4. Ära piirdu vaid tõlgituga, leia aega süveneda allikatesse!

Inglisekeelse dokumendi lõpus on toodud aukartustäratav kasutatud kirjanduse loetelu (21 ühikut kvaliteetset uurimismaterjali). Viited allikatele on tekstis toodud nurksulgudes. Enamus nendest on veebis vabalt saadaval, kui otsinguks sõita sisse artikli või ettekande täielik nimi jutumärkides. Proovisin seda 5-6 nimetusega ja kõik avanesid laitmatult. Tõsi küll, ühe puhul nõuti lugemistasu. Materjal on enamasti teadusliku kallakuga ja peletab sellepärast tavakodaniku eemale. Teedeinsener saab aru, kuid sõltub muidugi huvist mingi konkreetse küsimuse vastu, samuti keeleoskusest, kas on igav või mitte. Üldiselt on seal palju kasulikku.

5. Kirjandus

Liiklusloenduse tulemused 2010. aastal (AS Teede Tehnokeskus)

Ettekanne „Actual Frequency of Road Rehabilitation (Estonian case)”

A.Kaldas, XXVI International Baltic Road Conference, 2006

Ettekanne „Certain Issues Connected to Estonian Road Infrastructure (Needs&Challenges)”

A. Kaldas, CERTAIN Workshop, Tallinn 2009