



TALLINNA ÜLIKOOL

# TALLINNA “PEATÄNAVA” PROJEKTEERIMISEKS VAJALIKU ÜHISTRANSPOORDIPEATUSTE ANALÜÜSI LÄBIVIIMINE

Aruanne

30.11.2015

TALLINNA ÜLIKOOL

Tauri Tuvikene, PhD ja Merlin Rehema, MSc



KESKKONNAINVESTEERINGUTE KESKUS



EESTI ARHITEKTID LIIT



ARHITEKTUURI  
ESTONIAN CENTRE  
OF ARCHITECTURE KESKUS

# Sisukord

<b>Sisukord</b> .....	<b>2</b>
<b>1 Lähteülesanne</b> .....	<b>3</b>
<b>2 Kokkuvõte</b> .....	<b>4</b>
<b>3 Analüüsi metoodika</b> .....	<b>5</b>
3.1 Metoodika alused ja väljatöötamine.....	5
3.2 Andmete kogumine ja nende kvaliteet .....	5
3.2.1 Kirjanduse kasutamine .....	5
3.2.2 Olemasolevad andmed.....	5
3.2.3 Analüüsi käigus leitud andmed.....	6
3.3 Andmete töötlemine uuringu jaoks .....	6
<b>4 Analüüsi läbiviimine</b> .....	<b>7</b>
4.1 Analüüsi põhiparameetrid.....	7
4.2 Analüüsiks vajalikud tegurid.....	8
4.3 Ühistranspordivahendite peatumisaegade arvutus.....	8
4.3.1 Peatuse läbilaskvuse leidmise metoodika .....	8
4.3.2 Peatumisaegade arvutus .....	10
4.3.3 Peatuse läbilaskevõimekuse arvutus.....	11
4.4 Platvormi teenindustaseme arvutus .....	13
4.4.1 Peatuse teenindustase leidmise metoodika .....	13
4.4.2 Teenindustaseme arvutus .....	14
4.4.3 Peatuse kõnnitee läbilaskvus .....	15
<b>LISA: Andmetabelid</b> .....	<b>17</b>
Lisa 1: Suunal linnakeskusest väljas → Hobujaama .....	17
Lisa 2: Suunal Hobujaama → linnakeskusest välja.....	18

# 1 Lähteülesanne

Käesolev uuring otsis vastus küsimusele, kui palju transpordiühikuid suudab tipptunnil läbi lasta planeeritava Tallinna peatänaval ühispeatuse, kui palju suudab platvorm reisijaid normaalolukorras läbi lasta ja kas kinnine platvorm lahendusena sobib või peab kõikjal eelistama avatud platvormi.

Ülesanne: analüüsida bussi ja trammide ühispeatuse platvormi alternatiivide läbilaskvust ja teenindustasemeid piirsituatsioonides. Läbilaskvust on vaja ühissõidukitele ning läbilaskvust ja teenindustaset reisijatele. Ühistranspordi platvormiks on ette antud tüüpsed moodud, millest tuleb arvutustes lähtuda. Arvutustes lähtuda olemasolevatest ja leitavatest meetodikatest (näiteks <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/tcrp/tcrp100/part%204.pdf> aga soovitatavalt Euroopa päritolu). Vaatlustes lähtuda Hobujaama trammipeatusest, kuna selle peatuse reisijakäive on eeldatavasti platvormiga peatustest suurim.

Lähteülesanne nägi ette nõuet koostada aruanne, mis sisaldab viidet valitud meetodikale, arvutuskäigu olulisemaid vaheväärtusi ja analüüsi tulemusi. Aruande koostamiseks tuleb teha analüüs, mis leiab vastused järgmistele teemadele:

- Tuvastada peatuse ühissõidukite läbilaskvus.
- Tuvastada piirsituatsioonid, mille puhul on reisijate liikumine platvormil kõige enam takistatud (peatuse ühissõidukite läbilaskvus ja realistlikud reisijate vood). Tuua välja olulised piirsituatsiooni iseloomustavad parameetrid (sõiduki peatumise aeg peatuses, keskmine ühe sõiduki sõitjatekäive, sh ligikaudne osakaal sõiduki reisijakohtadest, jne).
- Leida tüüpmeetmetega platvormi sobivus (läbilaskvus ja teenindustase reisijatele) piirsituatsioonides.
- Juhul, kui platvormi laius pole piirsituatsioonides piisav, arvutada vajalik laius, millega lahendus töötaks rahuldavalt.
- Arvutuses lähtuda uutest CAF trammidest ja tüüpilistest liigendbussidest. Kui buss on väiksema mõjuga, siis pole ta arvutustes tähtis, kuid bussi puhul on tõenäolisem, et peatänaval on lõpp-peatus ja kogu buss tühjeneb.

## 2 Kokkuvõte

Tuginedes lähteülesandes toodud küsimustele sõnastasime enda jaoks töö konkreetsemalt järgneva kolme suure küsimusena, millele lisandusid lisaküsimused:

1. Kas busside ja trammide ühisplatvorm võimaldab teenindada praegu Hobujaama peatust läbivat busside ja trammide arvu arvestades transpordivahendite peatumisaegu?
  - a. Mitu transpordiühikut suudab kavandatud platvorm tunnis teenindada?
2. Kas platvorm kavandatud mõõtmetega 3,5m x 80m suudab teenindada seda läbivaid reisijaid arvestades olemasolevate reisijate arvudega nii, et tihedus ei ületa heaks peetavat teenindustaset?
  - a. Arvestades keskmist pealeminevate ja mahatulevate reisijate arvu, milline on inimeste tihedus platvormil?
  - b. Arvestades keskmist reisijate arvu ühistranspordivahendi kohta, kas inimeste liikumiskiirus platvormil jääb hea teenindustaseme piiridesse?

### Vastused põhiküsimustele

- 1) Realistlikuks võib pidada umbes **90 transpordivahendi teenindamist platvormil ühe tunni jooksul** arvestades praegust reisijate hulka. See on võrdne praegu Hobujaama peatust tipptunnis läbivate busside ja trammide arvuga (arvestades ka lõpetavaid busse). Seega on busside ja trammide ühispeatus realistlik. Sellise lahenduse rakendamisel soovime aga pöörata tähelepanu veel järgnevale. Esiteks, oluline on foorisüsteemid sättida nii, et bussidele ja trammidele ei teki viivitusi. Ilma selleta on 90 transpordivahendi teenindamine tunnis raske ja ilmselt võimatu. Teiseks, kaaluda tuleks peatusala tsooneerimist, et vältida inimeste liigseid edasi-tagasi liikumisi platvormil, nagu see praegu kipub toimuma (valdavalt koonduvad ootajad niikuinii ettepoole). Üks variant oleks jätta lõpetavad bussid tagumisse tsooni. Kolmandaks, hoolikalt tuleb vaadata üle liinigraafikud. Parim oleks vältida läbisõitvate transpordivahendite koondumist, samas koondada kokku lõpetavad bussid (nt oleks nii võimalik korraga tühjendada kolm liigendbussi). Lisaks, tuleb säilitada mingid ümbersõiduvõimalused peatuste juures, et trammide seiskumisel võiks bussiliiklus toimuda. Me ei hinnanud ka teisi olulisi ühistranspordiga seotud aspekte: nt kuidas mõjutab ühistranspordi kontsentratsioon peatänaval tänavaruumi kvaliteeti jalakäijatele ehk mõelda võiks ka osade liinide viimisele teistele teedele.
- 2) Arvestades keskmisi reisijate arvu, jääb ootavate inimeste tihedus platvormil normatiivsetesse piiridesse (ka maksimaalsete tiheduste korral üle 1,4 m<sup>2</sup> / in kohta, ehk tase A). Ka inimeste liikumise kiirus ei saa oluliselt kannatada busside ja trammide ühisplatvormi korral. Kuni 2 transpordivahendit suudab see vastu võtta nii, et liikumiskiirused jäävad teenindustasemele C. Sellest rohkemate transpordivahendite täpselt üheaegselt saabumisel võib küll esineda ajutisi takistusi, kuid tänu kiirele platvormi tühjenemisele ei muutu üldine teenindustase lubamatuks.

## 3 Analüüsi metoodika

Analüüsi metoodika on selles uuringus välja töötatud tuginedes olemasolevale kirjandusele. Peamiselt on kasutatud Transit Capacity and Quality of Service Manuali, mille erinevad versioonid on veebis vabalt kättesaadavad (vt kolmandat trükki: <http://www.trb.org/Main/Blurbs/169437.aspx>).

### 3.1 Metoodika alused ja väljatöötamine

Meie eesmärgiks oli leida parameeter, mida kirjanduses nimetatakse mõistega *dwelling time* ehk peatumisaeg. Selle jaoks kasutasime Transit Capacity and Quality of Service Manuali, mis on peale oma põhilise kasutusmaa Ameerika Ühendriikide kasutuses ka veel näiteks Iirimaa. Võib arvestada, et valemite põhielemendid ja tehted ei muutu oluliselt riigiti: ühissõiduki peatumisaega mõjutab kõikjal peale- ja mahaminevate inimeste arv, uste avamise ja sulgemise aeg ning transpordivahendite peatusse sisenemise ja väljumise aeg. Samuti viisime läbi mõned välitööd, et leida just Tallinnale sobilikud parameetrite väärtused (nt inimeste peale- ja mahaminevate kiirus).

Ette antud lähteülesandele vastamiseks tuli meil leida kaks näitajat: 1) peatuse läbilaskvus, mille hindamiseks on vaja teada keskmisi transpordivahendite peatumisaegasid ning 2) keskmine platvormil viibivate inimeste hulk ja tihedus ühistranspordivahendi kohta.

### 3.2 Andmete kogumine ja nende kvaliteet

Arvestades uuringu läbiviimise piiratud ajalisi raame, alustasime analüüsi eesmärgiga leida nii palju olemasolevaid vaatlusandmeid kui võimalik ning võimaluse korral kasutada kirjandust, täiendades vaid puudujääke iseseisvate vaatlustega.

#### 3.2.1 Kirjanduse kasutamine

Mitmed parameetrite väärtused tulevad samast allikast, kust ka valemid arvutuses ehk Transit Capacity and Quality of Service Manualist. TCQSM põhineb aastatepikkusel kogemusel ja seetõttu võib nende andmeid suuresti usaldada. Kuigi enamasti on need Ameerika linnade kohta, on osad andmetest käsiraamatus pärit ka Euroopa allikatest. Siiski vaatasime neid andmeid kriitiliselt ja vajadusel kontrollisime üle Tallinna kontekstis.

#### 3.2.2 Olemasolevad andmed

Olemasolevad andmed pärinevad ennekõike Transpordiametilt (edaspidi TTA). TTA on kogunud transpordivahendite ustele paigutatud mõõturitega ühistranspordisõidukitele minevate ja mahatulevate inimeste arve. Kuigi nende andmete ühtsust alandab see, et nad ei ole kõik samade konkreetse(te) päeva(de) kohta, vaid sisaldavad erinevatel kellaaegadel saadud andmeid erinevatel päevadel, võib sellegipoolest nende andmete hulka arvestades eeldada, et vähemalt keskmiselt on andmed ka reaalsusele vastavad. Saime andmed kõigi nelja trammiliini ja busside nr 1A, 3, 5, 8, 19, 20, 20A, 29, 34A, 35, 38, 44, 51, 60, 63 kohta. Enamikus on andmed pärit 2015. aasta kevadest, aga tramm nr 2 ja 4 ning buss nr 29 puhul 2014. aasta kevadest.

TTA käest saime ka vaatlusperioodidel kehtinud ühistranspordigraafikud (sama aja kohta, mille kohta on mõõturitega kogutud reisijate andmed).

Lisaks andis TTA andmed peatumisaegade kohta. Neid andmeid kasutasime hindamaks peatumisaegade varieeruvust. Kuigi need andmed olid kogutud uste lahti hoidmise aja järgi, mõjutas nende täpsust tugevalt ka valgusfoor. Valgusfoori tõttu olid peatumisajad kohati kuni mitukümmend sekundit pikemad kui meie poolt arvutuslikult saadud numbrid.

### 3.2.3 Analüüsi käigus leitud andmed

Vaatlustega täiendasime puuduolevad andmed. Nii leidsime transpordivahenditele keskmiselt peale- ja mahaminemisele kuluvad ajad. Selle jaoks tegime videod kahel erineval ajal (23.11.2015, kell 7.30 – 9.00 ja 24.11 kell 15.30 – 16.30) ning videodel loendasime mahatulevate inimeste arvu ukse kohta ning sekundid, mis selleks kulusid, ning samad parameetrid pealeminemise kohta. Lisaks leidsime vaatlustega uste avamise ja sulgemise ajad, ning samuti ka transpordivahendi peatusesse liikumisele ja ärasõidule kuluvad ajad. Saadud numbrid on toodud Tabelis 2.

## 3.3 Andmete töötlemine uuringu jaoks

Me vaatasime kõiki nelja trammiliini ja bussiliini nr 1A, 3, 5, 8, 19, 20, 20A, 29, 34A, 35, 38, 44, 51, 60, 63 praeguses Hobujaama peatuses. Me ei vaadanud maakonnaliini<sup>1</sup>. Transpordiametilt saadud mõõdikute andmetabelite ja väljumisaegadega .txt failide põhjal koostasime tabeli Hobujaama peatuses tramme ja busse kasutavate reisijate arvudega kahe suuna kohta eraldi. Ühendasime need kaks eri tabelit. Nende andmete põhjal leidsime tundide arvestuses trammidele ja bussidele minevate ning mahatulevate inimeste arvu ning tunni jooksul peatust läbivate ühistranspordivahendite arvu. Nende kahe arvu põhjal saime keskmise trammile mineva ja tuleva inimeste arvu ning samad arvud busside kohta. Siinkohal on oluline välja tuua, et TTA mõõteseadmetega ei ole kogutud kõigi väljumiste kohta andmeid, mistõttu puuduolevad andmed on saadud keskmistades ühe eelneva ja ühe järgneva väljumisaja andmed.

Peatumisaegade arvutuse valem vajab andmeid tiptunni tipp-15 minuti kohta. Kuna 15-minuti kohta pole andmed väga täpsed mõõtmistel, siis kasutasime järgmist tehet: võtsime kõige suurema koormusega tunni ja korrutasime sealsed arvud 1,2-ga eeldades tippveerantunnil seega 20% suuremat koormust tiptunnist. Busside ja trammide tiptund (arvestades keskmisi transpordiühiku kohta) on kella 17 ajal. Samas tuleb rõhutada, et Hobujaamas on hommikusel tiptunnil rohkem neid, kes bussist väljuvad, samas kui ainult õhtusel tiptunnil on märgatav ka oluline arv bussi peale minejaid (suunal Lasnamäe).

---

<sup>1</sup> Vaatlusperioodil 24.11.2015 kell 15.30 – 16.30 suunal Hobujaamast linnast välja mõõtsime ühe maakonnabussi pealeminemise aja ja see oli 8 in. 63 sekundiga. Sellele lisanduvad veel uste avamine ja sulgemine ja läbilaskvust mõjutab veel ka pidurdamise ja kiirenduse aeg. Igal juhul on sellise transpordivahendi peatumisaeg üle 2 korra pikem kui keksmisel linnaliinibussil ja seega tuleks nende kokkupanemist linnaliinibusside ja trammidega vältida. Samas, kui reisijad vaid tulevad maha, siis võib kaaluda ka nende ära mahutamist kui peatuse läbilaskevõime jääb piisavaks.

## 4 Analüüsi läbiviimine

### 4.1 Analüüsi põhiparameetrid

**Tabel 1.** Põhiliste parameetrite kirjeldus, nende saamise allikas ja tuletamise meetod.

PARAMEETER	TÄHIS	ALLIKAS (PAKSUS KIRJAS NEED, MIDA KASUTASIME)	TULETAMISE MEETOD
peatust läbivate inimeste arv		Olemasolevad andmed Iseseisev mõõtmine	Transpordiametilt saadud andmed, mis kasutavad automaatset mõõturit. Leitud kõigi Hobujaama läbivate liinide kohta.
enimkasutatavast uksest mahatulevate reisijate arv	$P_a$	Kirjandus Olemasolevad andmed Iseseisev mõõtmine	Vaatlused (23.11 kl 7.30 – 9.00 ja 24.11 kl 15.30 – 16.30). Peale- ja mahaminevate inimeste arv ukse kohta.
enimkasutatud uksest pealeminevate reisijate arv	$P_b$	Kirjandus Olemasolevad andmed Iseseisev mõõtmine	Vaatlused (23.11 kl 7.30 – 9.00 ja 24.11 kl 15.30 – 16.30). Peale- ja mahaminevate inimeste arv ukse kohta
keskmine pealeminemise aeg inimese kohta	$t_b$	Kirjandus Olemasolevad andmed Iseseisev mõõtmine	Vaatlused (23.11 kl 7.30 – 9.00 ja 24.11 kl 15.30 – 16.30). Peale- ja mahaminevate inimeste arv ukse kohta jagatuna ukse lahtihoidmise ajaga.
keskmine mahatulemise aeg inimese kohta	$t_a$	Kirjandus Olemasolevad andmed Iseseisev mõõtmine	Vaatlused (23.11 kl 7.30 – 9.00 ja 24.11 kl 15.30 – 16.30). Peale- ja mahaminevate inimeste arv ukse kohta jagatuna ukse lahtihoidmise ajaga.
peatust läbivate transpordivahendite arv uste avamise ja sulgemise aeg	$t_{oc}$	Olemasolevad andmed Iseseisev mõõtmine	Transpordiametilt saadud ühistranspordi graafikute põhjal (nn. Runs failid)
peatuse vabastamise aeg ( <i>clearance time</i> )	$t_c$	Kirjandus Olemasolevad andmed Iseseisev mõõtmine	Vaatlused (23.11 kl 7.30 – 9.00 ja 24.11 kl 15.30 – 16.30). Mõõdetud aeg.
enim kasutatava ukse osakaal pealeminevate reisijate hulgast		Kirjandus Olemasolevad andmed Iseseisev mõõtmine	Mõõdetud vaatluste põhjal. On võrdne pidurdusaeg (transpordivahendi enda pikkuse läbimise aeg sekundites) pluss kiirendusaeg (samas vahemaas sekundites)
<i>failure rate</i>	Z	Kirjandus Olemasolevad andmed Iseseisev mõõtmine	Vaatlused (23.11 kl 7.30 – 9.00 ja 24.11 kl 15.30 – 16.30). Arvutatud jagades enimkasutatud ust kasutanud pealeminevate reisijate arv kogu transpordivahendile pealeminevate reisijate arvuga. See parameeter oli vajalik TTA olemasoleva statistika konverteerimiseks siinsetesse arvutustesse.
peatumisaegade varieeruvus ( <i>coefficient of variation of dwell times</i> )	$C_v$	Kirjandus Olemasolevad andmed Iseseisev mõõtmine	Transit Capacity and Quality of Service Manual (TCQSM) toodud soovituslikud näitajad. Andmete puudumisel soovitatakse kesklinnas kasutada parameetrit vahemikus 7,5 – 15%. Meie kasutasime 10% ehk $Z = 1,28$ .
rohelise tule osakaal fooritsükli	$g/C$	Kirjandus Olemasolevad andmed Iseseisev mõõtmine	Võtsime aluseks TCQSM toodud soovituslikud näitajad (0,6), kuid kohendasime seda väiksemaks kasutades TTA-lt saadud andmeid transpordivahendite uste lahtihoidmise aegadega. Peatumisaegade varieeruvus on standardhälve jagatud keskmise peatumisajaga. Mõõdetud rohelise tsükkel kogu fooritsükli kohta.

## 4.2 Analüüsiks vajalikud tegurid

Tabel 2. Tabelis 1 toodud ja arvutustes kasutatavate põhiparameetrite väärtused.

### PÕHIPARAMEETRID

	Uus tramm	Vana tramm	Buss (lõõtsaga <sup>2</sup> )
uste avamise aeg (sek)	2,0	1,5	2,0
uste sulgemise aeg (sek)	3,0	2,0	3,0
keskmine mahatulemise aeg inimese kohta (sek inimese kohta)	1,2	1,5	1,2
keskmine pealeminemise aeg inimese kohta (sek inimese kohta) <sup>3</sup>	1,4	1,7	1,8
enim kasutatava ukse osakaal	0,4	0,4	0,4
pidurdusaeg	11,0	8,0	10,0
kiirendusaeg	11,0	8,0	6,0
peatumisaegade varieeruvus	0,5	0,5	0,5
failure rate	1,28	1,28	1,28
roheline tule tsükkel (g/c)	0,5	0,5	0,5

## 4.3 Ühistranspordivahendite peatumisaegade arvutus

### 4.3.1 Peatuse läbilaskvuse leidmise meetodika

Peatuse läbilaskvuseks kasutasime Transit Capacity and Quality of Service Manual'ist järgmisi valemeid.

Esiteks, tuleb leida ühistranspordivahendite keskmine ooteaeg peatuses (kasutasime TCQSM, 2nd edition, mille valem ei erine oluliselt kolmanda trüki valemist, kuid oli meil olemasolevate andmete jaoks sobilikum)

$$T_d = P_a t_a + P_b t_b + t_{oc} \quad \text{[valem 1]}$$

$T_d$  – ühissõiduki peatumisaeg (*dwelt time*)

$P_a$  – Enimkasutatavast uksest mahatulevate reisijate arv (arvutatud tippunni tipp-15 min kohta)

$P_b$  – Enimkasutatavast uksest pealeminevate reisijate arv (arvutatud tippunni tipp-15 min kohta)

$t_a$  – keskmine mahatulemise aeg inimese kohta

$t_b$  – keskmine pealeminemise aeg inimese kohta

<sup>2</sup> Siin on toodud liigendbusside andmed. Väikesed bussid, millel on kõrge tagumise uks trepp, on suuremate mahatulemise aegadega. Mõõtmiste tulemusel oleks nende puhul soovitatav arvestada vähemalt 1,6 sekundiga inimese kohta mahatulemisel.

<sup>3</sup> Transpordivahendile minemise (aga ka mahatulemise aega) mõjutab näiteks trepp. See on ka põhjus, miks uutele trammidele minek toimub kiiremini.



$t_{oc}$  – uste avamise ja sulgemise aeg

Teiseks, peatuse ooteaja põhjal on võimalik leida peatumisala teenindusvõimekus.

$$B_l = 3600 / (t_c + T_d + ZC_v T_d) \quad \text{[valem 2]}$$

$B_l$  – peatumisala teenindusvõimekus (ühissõidukit tunnis)

3600 – sekundite arv 1 tunnis

$t_c$  – peatuse vabastamise aeg (*clearance time*). On võrdne pidurdusaeg (transpordivahendi enda pikkuse läbimise aeg sekundites) pluss kiirendusaeg (transpordivahendi enda pikkuse läbimise aeg sekundites)

$T_d$  – ühissõiduki peatumisaeg (*dwelling time*)

$Z$  – *failure rate*

$C_v$  – peatumisaegade varieeruvus (*coefficient of variation of dwelling times*)

Viimane valem sisaldavad ka kolme sellist parameetrit, mis vajavad siin selgitamist.

*Peatuse vabastamise aeg.* See on aeg, mis kulub bussil ja trammil oma kohalt lahkumisele ja selle vabastamisele järgnevale bussile või trammile. TCQSM soovib kasutada 15 sekundit selle parameetri väärtusena tabelis. Meie poolt läbi viidud vaatluste põhjal pakume parameetriks uuele trammile 22 sekundit, vanale 16 ja bussile 16.

*Failure rate.* *Failure rate* annab hinnangu, mitu protsenti transpordivahenditest jääb ootama platvormi vabanemist. Ehkki transpordivahendite läbilaskevõime on suurim kui peatuse taga on pidev järjekord busse või tramme, ei taga selline lahendus piisavat ajakavast kinnipidamist. TCQSM soovib kesklinna tsoonis arvutustes kasutada *failure rate* vahemikus 7,5 – 15% (meie võtame 10% ehk arvutustes kasutatav parameeter  $Z = 1,28$ ; (vt *failure rate* ja  $Z$  seost Tabel 1). 10% *failure rate* tähendab, et 10% transpordivahenditest jõuavad peatusesse ja leiavad selle eelnevalt teise transpordivahendi poolt täidetuna. Kesklinna tsoonis võib selline viivitus aktsepteeritav olla.

**Tabel 3.** Seos *failure rate* ja arvutustes kasutatava parameetri  $Z$  vahel (tabel võetud TCQSM, 3rd ed).

Design Failure Rate	Z
1,0%	2,330
2,5%	1,960
5,0%	1,645
7,5%	1,440
10,0%	1,280
15,0%	1,040
20,0%	0,840
25,0%	0,675

Allikas: TCRP Report 26

*Peatumisaegade varieeruvus.* Transpordivahendite peatumisajad varieeruvad sõltuvalt inimeste arvust, kes peale- ja mahalähevad ning võimalikest viivitustest, mida põhjustavad näiteks lapsekäru või liikumiskustega inimeste peale- ja mahaminek.

Lisaks tegime arvutused ka arvestades fooritsükleid. Valem arvutamaks fooritsükliga on järgmine:

$$B_1 = 3600 \times (g/C) / [t_c + t_d \times (g/c) + ZC_v t_d] \quad \text{[valem 3]}$$

Vt tähiseid Valem 2. Nendele on lisatud g/c ehk rohelise tule osakaal fooritsükliks.

*Arvestamine mitme peatumiskohaga ühistranspordiplatvormil.* Hobujaama peatus ja teised kavandatud platvormid näevad ette mitut lineaarset ja möödumisvõimaluseta peatumiskohta ühistranspordivahenditele. Samas ei suurenda kaks sellist peatumiskohta läbilaset topelt. TCQSM toob välja järgnevad näitajad peatuse läbilaske hindamiseks selliste peatuste korral.

**Tabel 3.** Peale- ja mahaminemise alade efektiivsus (allikas: TCQSM, 3rd edition; joonis 6-63).

Loading Area #	On-Line Loading Areas				Off-Line Loading Areas	
	Random Arrivals		Platooned Arrivals		All Arrivals	
	Efficiency %	Cumulative # of Effective Loading Areas	Efficiency %	Cumulative # of Effective Loading Areas	Efficiency %	Cumulative # of Effective Loading Areas
1	100	1,00	100	1,00	100	1,00
2	75	1,75	85	1,85	85	1,85
3	70	2,45	80	2,65	75	2,60
4	20	2,65	25	2,90	65	3,25
5	10	2,75	10	3,00	50	3,75

Sources: TCRP Report 26 and TCRP Research Results Digest 38

Notes: On-line values assume that buses do not overtake each other. Values apply only to linear loading areas; non-linear designs are 100% effective.

Kuna Tallinnas on trammidel kombeks peatuda kaks korda juhul kui tramm jääb eelneva taha ootama, siis on mõistlik seda tabelis toodud numbrit arvutustes vähendada. Hoides arvutustes konservatiivset joont, oleks mõistlik kasutada parameetri väärtust 1,5.

### 4.3.2 Peatumisaegade arvutus

Arvutame peatumisajad eraldi trammile ja bussile, eraldi hommikusel tipptunnil (vahemikus kl 7 kuni 10, sõltuvalt transpordivahendist ja suunast) ja õhtul (vahemikus 16 – 18, sõltuvalt transpordivahendist ja suunast) ning eraldi Hobujaamast linna poole ja linnast välja. Trammi puhul eeldame uut trammi ehk CAF-i, nagu ette antud ülesanne nõudis. Arvutustes kasutatud inimeste peale- ja mahaminemise arvud on toodud tabelites lisas.

Arvutused suunal linnast väljas → Hobujaama

**Trammi hommikune  $T_d = (8 \cdot 1,2 \cdot 0,4 \cdot 1,2 + 18 \cdot 1,4 \cdot 0,4 \cdot 1,2) + 2 + 3 = 21,4$  sek**

**Trammi õhtune  $T_d = (21 \cdot 1,2 \cdot 0,4 \cdot 1,2 + 16 \cdot 1,4 \cdot 0,4 \cdot 1,2) + 2 + 3 = 27,4$  sek**

**Bussi hommikune  $T_d = (20 \cdot 1,2 \cdot 0,4 \cdot 1,2 + 4 \cdot 1,8 \cdot 0,4 \cdot 1,2) + 2 + 3 = 21,2$  sek**

**Bussi õhtune  $T_d = (16 \cdot 1,2 \cdot 0,4 \cdot 1,2 + 3 \cdot 1,8 \cdot 0,4 \cdot 1,2) + 2 + 3 = 17,9$  sek**

Arvutused suunal Hobujaama → linnast välja

**Trammi hommikune  $T_d = (11 \cdot 1,2 \cdot 0,4 \cdot 1,2 + 12 \cdot 1,4 \cdot 0,4 \cdot 1,2) + 2 + 3 = 19,6$  sek**

**Trammi õhtune  $T_d = (16 \cdot 1,2 \cdot 0,4 \cdot 1,2 + 14 \cdot 1,4 \cdot 0,4 \cdot 1,2) + 2 + 3 = 24,1$  sek**

**Bussi hommikune  $T_d = (12 \cdot 1,2 \cdot 0,4 \cdot 1,2 + 10 \cdot 1,8 \cdot 0,4 \cdot 1,2) + 2 + 3 = 20,7$  sek**

**Bussi õhtune  $T_d = (6 \cdot 1,2 \cdot 0,4 \cdot 1,2 + 26 \cdot 1,8 \cdot 0,4 \cdot 1,2) + 2 + 3 = 29,2$  sek**

### 4.3.3 Peatuse läbilaskevõimekuse arvutus

Arvutame peatuse läbilaskevõimekuse arvestades pikima peatumisajaga transpordivahendit.

Trammi puhul arvestame Kopli ja Tondi suunas liikuvate trammide peatumisaegu ja busside puhul õhtust tipptundi ehk ennekõike Hobujaamas Lasnamäe suunas minevate busside peatumisaegu.

**Trammi  $B_I = 3600 / (22 + T_d + 0,5 \cdot 1,28 \cdot T_d)$**

**Bussi  $B_I = 3600 / (16 + T_d + 0,5 \cdot 1,28 \cdot T_d)$**

Arvutame näitaja eraldi iga eelnevalt toodud  $T_d$  kohta.

**Tabel 4.** Hobujaama peatuse ühistranspordivahendite teenindusvõimekus ehk mitu transpordivahendit tunnis suudab peatus vastu võtta.

#### HOBUJAAMA PEATUSE TEENINDUSVÕIMEKUSED

SUUNAL LINNAST VÄLJAS → HOBUJAAMA	$B_I$
trammi hommikusel tipptunnil	63,1
trammi õhtusel tipptunnil	55,2
bussi hommikusel tipptunnil	70,9
bussi õhtusel tipptunnil	79,4
SUUNAL HOBUJAAMA → LINNAST VÄLJA	$B_I$
trammi hommikusel tipptunnil	66,5
trammi õhtusel tipptunnil	59,3
bussi hommikusel tipptunnil	72,2
bussi õhtusel tipptunnil	56,3

Seega võib arvestada, et umbes **60 transpordivahendit tunnis** suudab ühene platvorm maksimaalselt vastu võtta. Siinkohal peab märkima, et kavandatud platvormid lubavad vastu võtta korraga vähemalt kahte trammi (CAF trammi pikkus on 31 m) ja veelgi rohkem busse, mis võiks siin leitud numbrit suurendada. Samas arvestades seda, et praegusel hetkel peatuvad trammid topelt, on ajaline võit minimaalne. Lisaks mõjutab platvormide läbilaskevõimet ka fooritsükkel. Hobujaama peatuses on kaks foori, ühel on rohelise tule tsükkel 40 sek (kogutsükli 72 sekundist) ja teisel 33 sekundit (72 sekundist), ehk arvutustes võib kasutada rohelise tule tsükli  $g/C = 0,5$ .

Arvutame näitaja eraldi iga eelnevalt toodud  $T_d$  kohta.

**Tabel 5.** Peatuse teenindusvõimekus arvestades olemasolevat fooritsükli.

**PEATUSE TEENINDUSVÕIMEKUSED ARVESTADES  
FOORITSÜKLIT ( $G/C = 0,5$ )**

HOBUJAAMA	$B_i$
trammi hommikul tippunnil	38,8
trammi õhtusel tippunnil	34,6
bussi hommikul tippunnil	39,0
bussi õhtusel tippunnil	42,4
<b>HOBUJAAMA 2</b>	
trammi hommikul tippunnil	40,6
trammi õhtusel tippunnil	36,8
bussi hommikul tippunnil	39,5
bussi õhtusel tippunnil	32,5

Nende arvutuste põhjal võib öelda, et senine fooritsükkel ei võimalda trammide suuremat läbilaskmist kui praegu ja ammugi mitte ühisplatvormi. Ehk ilma foorisüsteemi prioriteedita või fooride kaotamiseta ei ole võimalik tramme ja busse ühte peatusesse kokku panna. Samas, saavad ka praegu peatuda korraga mitu trammi ja bussi, ehk ka hetkeolukorras on peatuse läbilase suurem.

Lõpuks võtame siis arvesse ka asjaolu, et platvormil on võimalik peatuda järjest mitmel transpordivahendil.

**Tabel 6.** Hobujaama peatuse teendindusvõimekus arvestades kahe peatusalaga ning selle efektiivusteguriga 1,5.

SUUNAL LINNAST VÄLJAS → HOBUJAAMA	HOBUJAAMA PEATUSE TEENINDUSVÕIMEKUSED ARVESTADES KAHE PEATUSALAGA (TEGUR 1,5)		VÄLJUMISI PRAEGU
	$B_i (g/c = 1)$	$B_i (g/C = 0,5)$	Buss + tramm
trammi hommikul tippunnil	94,6	58,2	94
trammi õhtusel tippunnil	82,8	51,9	88
bussi hommikul tippunnil	106,3	58,5	94
bussi õhtusel tippunnil	119,1	63,7	88

SUUNAL HOBUJAAMA → LINNAST VÄLJA			Buss + tramm
trammi hommikul tippunnil	99,8	60,9	44
trammi õhtusel tippunnil	88,9	55,2	49
bussi hommikul tippunnil	108,2	59,3	44
bussi õhtusel tippunnil	84,5	48,8	49

Arvestades mitme peale- ja mahaminemise alaga, nagu uutel platvormidel on planeeritud, võib eeldada busi- ja trammi jagatud platvormi sobivust. Jättes fooritsükliga variant välja (kuna planeeritud lahendus sisaldab fooriprioriteeti ühistranspordile), peame peatusele jõukohaseks ka **90 transpordivahendi läbilaskvust**. Seega, vähemalt läbilaskevõime osas ei tohiks busside ja trammide ühispeatuse probleeme valmistada.

Oluline on aga võtta arvesse inimeste liikumist platvormil, et vältida olukordi, kus näiteks kolme peatunud busi korral peavad reisijad platvormi ees oodates platvormi lõppu jooksuma. Sellise olukorra vältimiseks on soovitatav peatust tsoneerida, jättes näiteks lõpetavad ehk ainult mahaminejate bussid kõige tagumisse tsooni ja kontsentreerides pealeminek kõige ette.

## 4.4 Platvormi teenindustaseme arvutus

### 4.4.1 Peatuse teenindustase leidmise meetodika

Jalakäijate teenindustase põhineb seismisruumil, tajutaval mugavusel ja turvalisusel ning liikumisvabadusel peatuses. Jalakäijate teenindustaseme hindamiseks oleme aluseks võtnud Fruini (1987) teenindustasemete skaala, mida kasutab ka Transit Capacity and Quality of Service Manual ja teised sellel põhinevad juhendid. Ühistranspordi peatuste puhul peetakse sobivaks disainitasemeks C või D taset, mis tagab piisava mugavuse jalakäijatele peatuses olemiseks ja liikumiseks. Tabelis toodud numbrid on kahtlemata riigiti ja kultuuriti erinev, kuid kuna Eesti jaoks pole selliseid arvutusi tehtud, siis on mõistlik leppida olemasoleva USA arvutusega. Eesti standard (Linnatänavate standard EVS843:2003) näiteks lubab tihedust kuni 2 in m<sup>2</sup> kohta ehk 0,5 m<sup>2</sup> inimese kohta, mis on tabelis teenindustaseme D keskmine.

**Tabel 7.** Peatuse teenindustasemed reisijatele (allikas TCQSM)

Teenindustase (LOS)	Keskmine jalakäijate ala	Keskmine inimestevaheline kaugus
	m <sup>2</sup> /p (m <sup>2</sup> in kohta)	m
<b>A</b>	≥ 1,2	≥ 1,2
<b>B</b>	0,9 – 1,2	1,1 – 1,2
<b>C</b>	0,7 – 0,9	0,9 – 1,1
<b>D</b>	0,3 – 0,7	0,6 – 0,9
<b>E</b>	0,2 – 0,3	< 0,6
<b>F</b>	< 0,2	Muutlik

Fruin, J.J. *Pedestrian Planning and Design*. Revised Edition. Elevator World, Inc., Mobile, Ala., 1987.

Reisijate teenindustaseme leidmiseks ühise ooteplatvormi korral kasutasime kahte reisijate hulga stsenaariumi, võttes aluseks varasemad vaatlusandmed. Esmalt vaatlesime, milline oleks reisijate tihedus platvormil kõige suurema koormusega tunnil ühe transpordivahendi peatuses olemise hetkel praeguse reisijate hulga korral. Tippveerandtunni reisijate hulga leidmiseks korrutasime sisenevate reisijate hulga kahega. Korruga platvormil viibivate inimeste hulga leidmiseks oleme liitnud kokku trammi ning bussi sisenevad ja väljuvad reisijad. Kuigi platvormi mõõtmed on suuremad, siis arvutuste aluseks oleme võtnud 3\*40 m ruumi ehk 120m<sup>2</sup> suuruse ala, kuna eelduslikult kogunevad ootavad reisijad platvormi esimesse ossa orienteeruvalt ühe trammi (CAF on 30,5 meetrit) pikkusesse piirkonda ja pool meetrit jätsime nõ turvaalaks äärtes.

#### 4.4.2 Teenindustaseme arvutus

Arvutuste tulemused näitavad ühe inimese kohta olevat ruumi platvormil (m<sup>2</sup>/in) ning inimeste tihedust platvormil (in/m<sup>2</sup>) transpordiühiku kohta.

Arvutustest on näha, et ka tippunni maksimumhetkel jääb jalakäijate ruum peatuses üle 1,4 m<sup>2</sup>/in piiri ehk A tasemele.

**Tabel 8.** Inimeste tihedus Hobujaama platvormil.

SUUNAL LINNAST VÄLJAS → HOBUJAAMA						
KELLAAEG	Tavahetkel			Maksimumhetkel		
	Inimesi platvormil ühe transpordivahendi kohta	Ruumi in. kohta (m <sup>2</sup> /in)	Tihedus (in/m <sup>2</sup> )	Inimesi platvormil ühe transpordivahendi kohta	Ruumi in. kohta (m <sup>2</sup> /in)	Tihedus (in/m <sup>2</sup> )
7	49	2,5	0,4	75	1,6	0,6
8	48	2,5	0,4	77	1,6	0,6
9	40	3,0	0,3	65	1,8	0,5
10	34	3,5	0,3	55	2,2	0,5
16	52	2,3	0,4	83	1,4	0,7
17	56	2,1	0,5	93	1,3	0,8
18	37	3,2	0,3	59	2,0	0,5

**Tabel 8.** Inimeste tihedus Hobujaama platvormil.

SUUNAL HOBUJAAMA → LINNAST VÄLJA						
KELLAAEG	Tavahetkel			Maksimumhetkel		
	Inimesi platvormil ühe transpordivahendi kohta	Ruumi in. kohta (m <sup>2</sup> /in)	Tihedus (in/m <sup>2</sup> )	Inimesi platvormil ühe transpordivahendi kohta	Ruumi in. kohta (m <sup>2</sup> /in)	Tihedus (in/m <sup>2</sup> )
7	25	4,8	0,2	40	3,0	0,3
8	35	3,4	0,3	56	2,1	0,5
9	46	2,6	0,4	69	1,7	0,6

10	46	2,6	0,4	68	1,8	0,6
16	63	1,9	0,5	86	1,4	0,7
17	61	2,0	0,5	84	1,4	0,7
18	61	2,0	0,5	79	1,5	0,7

### 4.4.3 Peatuse kõnnitee läbilaskvus

Peatuse läbilaskvuse juures on oluline arvestada ka jalakäijate liikumisvõimaluse ja –mugavusega peatusest lahkumisel või sinna saabumisel. Vastavalt Transit Capacity and Quality of Service Manualile on soovituslik tagada ka tiptunnil inimeste liikumisel teenindustase C või parem. Alloleval joonisel on välja toodud peatuse teenindustaseme näitajad võttes arvesse inimeste liikumise. Need näitajad on erinevad tavalistest tänavale kehtivatest teenindustasemete näitajatest ning kehtivad just ühistranspordirajatistele.

**Tabel 9.** Reisijate platvormil liikumisala teenindustasemed (Allikas: TCQSM).

LOS	Pedestrian Space (m <sup>2</sup> /p)	Expected Flows and Speeds		
		Avg. Speed, S (m/min)	Flow per Unit Width, v (p/m/min)	v/c
A	≥ 3.3	79	0–23	0.0–0.3
B	2.3–3.3	76	23–33	0.3–0.4
C	1.4–2.3	73	33–49	0.4–0.6
D	0.9–1.4	69	49–66	0.6–0.8
E	0.5–0.9	46	66–82	0.8–1.0
F	< 0.5	< 46	Variable	Variable

Fruin, J.J. *Pedestrian Planning and Design*. Revised Edition. Elevator World, Inc., Mobile, Ala., 1987.

Maksimaalse kõnnitee läbilaskvuse arvutamisel oleme kasutanud Transit Capacity and Quality of Service Manualis toodud arvutuskäiku. Selleks tuleb vastavalt juhendile esmalt valida teenindustasemele vastav projektvool (p/m/min). Peatuse inimeste läbilaskevõime arvutamiseks oleme kasutanud LOS tase C näitajaid, mis on 49 (p/m/min).

Järgnevalt tuleb:

- Määrata kõnnitee efektiivne laius lahutades kogulaiusest 1 m (s.o. 0,5 m puhvertsooni mõlemal pool liikumisala).
  - Antud juhul  $3-1=2\text{m}$
- Määrata kavandatav jalakäijate vool korrutades p/m/min kõnnitee efektiivse laiusega.
  - Antud juhul  $49 \text{ p/m/min} * 2\text{m}=98 \text{ p/min}$
- Arvutada kõnnitee inimeste läbilaskvus (p/h) korrutades kavandatav jalakäijate hulk 60-ga.
  - Antud juhul  $98*60=5880 \text{ p/h}$

Arvutustest lähtuvalt on planeeritavate peatuse mõõtmetega maksimaalne jalakäijate läbilaskevõime C teenindustaseme korral 5880 inimest tunnis või 98 inimest minutis (122 inimest, kui arvestada

tegeliku planeeritava 3,5 meetri laiuse platvormiga). Praeguste loendusandmete alusel on tiptunni jalakäijate hulk peatuses bussi ja trammiliikluse koondarvestuses orienteeruvalt 2500 inimest.

Platvormilt lahkumiseks kulub C teenindustaseme jooksul kuni minut aega, kui platvormi pikkuseks on 80 meetrit. Kuna ülekäigud on ka platvormide keskel, siis on lahkumisaeg poole kiirem (kui teed saab ületada ilma foori taga ootama jäämata).

Võttes aluseks, et tiptunnis on keskmiselt ühe transpordivahendi kohta platvormil 62 inimest inimest ühel suunal (53 inimest teisel suunal), siis langeb peatuse liikuvuse teenindustase allapoole C norme olukorras, kus peatuses on korruga rohkem kui 2 transpordivahendit, ning alla E taset, kui korruga on peatuses üle 3 transpordivahendi.

Kokkuvõttes, ka ühisplatvorm võib tagatada inimestele võimaluse piisava kiiruse ja ilma ülemäärase tihedusega platvormilt ära liikuda. Probleemid võivad tekkida siis, kui inimesed ei saa piisavalt kiirelt üle tee ja koonduvad ülekäiguraja juurde. Seda on võimalik vältida andes jalakäijatele prioriteet.



## LISA: Andmetabelid

### Lisa 1: Suunal linnakeskusest väljas → Hobujaama

<b>TRAMM</b>									
Kella aeg	Summa kogusum mast välja	Summa kogusum mast sisse	Keskmine kogusum mast välja	Keskmine kogusum mast sisse	Väljumiste arv	Keskmine välja (aeg)	Keskmine sisse (aeg)	Peatumi saeg	Peatumi saeg (15-min tipp)
7	278	641	7,7	17,8	36	4	10	19	<b>21,4</b>
8	416	617	9,5	14,0	44	5	8	17	19,9
9	339	434	9,2	11,7	37	4	7	16	18,2
10	269	381	8,4	11,9	32	4	7	16	17,8
16	633	696	16,2	17,8	39	8	10	23	26,3
17	770	575	20,8	15,5	37	10	9	24	<b>27,4</b>
18	321	346	10,7	11,5	30	5	6	17	18,9

<b>BUSS</b> (lõpetavad bussid nr 1A, 8, 19, 29, 34A, 35, 38, 44, 51 + läbisõitvad nr 3, 5, 20, 20A)									
	Summa kogusum mast välja	Summa kogusum mast sisse	Keskmine kogusum mast välja	Keskmine kogusum mast sisse <sup>4</sup>	Väljumiste arv	Keskmine välja (aeg)	Keskmine sisse (aeg)	<b>Peatumi saeg</b>	Peatumi saeg (15-min tipp)
<b>7</b>	828	211	18	5	45	9	3	<b>17</b>	20,6
<b>8</b>	1018	187	20	4	50	10	3	<b>17</b>	<b>21,2</b>
<b>9</b>	663	111	16	3	41	8	2	<b>15</b>	17,3
<b>10</b>	438	57	13	2	35	6	1	<b>12</b>	13,8
<b>16</b>	693	118	15	3	46	7	2	<b>14</b>	16,4
<b>17</b>	832	166	16	3	51	8	2	<b>15</b>	<b>17,9</b>
<b>18</b>	549	146	12	3	47	6	2	<b>13</b>	14,4

<sup>4</sup> Siin on arvestatud kõigi bussidega, st ka nendega, mis lõpetavad. Kui arvestada ainult läbivate busside sisenejate keskmisi, siis oleks need numbrid siin suuremad ja peatumisaegadele lisanduks mitu sekundit. Keskmistatuna on aga selline tehe õigustatud, arvestades seda, et lõpetavate busside peatumisajad on lühemad tulenevalt sellest, et pealeminejad puuduvad.

## Lisa 2: Suunal Hobujaama → linnakeskusest välja

<b>TRAMM</b>									
	Summa kogusum mast välja	Summa kogusum mast sisse	Keskmine kogusum mast välja	Keskmine kogusum mast sisse	Väljumi ste arv	Keskmine välja (aeg)	Keskmine sisse (aeg)	<b>Peatumis aeg</b>	Peatumis aeg (15-min tipp)
<b>7</b>	282	223	7	5	42	3	3	11	12,4
<b>8</b>	464	356	11	8	44	5	5	15	16,5
<b>9</b>	375	417	11	12	34	5	7	17	<b>19,6</b>
<b>10</b>	381	361	13	12	30	6	7	18	20,4
<b>16</b>	624	545	16	14	38	8	8	21	<b>24,1</b>
<b>17</b>	580	528	16	14	37	8	8	21	23,6
<b>18</b>	282	425	12	18	24	6	10	21	23,6

<b>BUSS (nr 60 ja 63)</b>									
	Summa kogusum mast välja	Summa kogusum mast sisse	Keskmine kogusum mast välja	Keskmine kogusum mast sisse	Väljumi ste arv	Keskmine välja (aeg)	Keskmine sisse (aeg)	<b>Peatumis aeg</b>	Peatumis aeg (15-min tipp)
<b>7</b>	95	60	8	5	12	4	4	<b>12</b>	13,3
<b>8</b>	121	79	10	7	12	5	5	<b>15</b>	16,1
<b>9</b>	120	105	12	10	10	6	8	<b>18</b>	<b>20,7</b>
<b>10</b>	65	86	9	12	7	4	9	<b>18</b>	20,1
<b>16</b>	70	286	6	26	11	3	19	<b>27</b>	<b>29,2</b>
<b>17</b>	88	286	7	24	12	4	17	<b>26</b>	28,2
<b>18</b>	56	233	6	26	9	3	19	<b>27</b>	29,1