

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Infotehnoloogia teaduskond

Ants Jaakson 142589

**HARJU JK JALGPALLIAKADEEMIA  
MÄNGIJATE LIIKUMISE JÄLGIMINE GPS-  
SEADMETE ABIL JA ANDMETE ANALÜÜS**

Bakalaureusetöö

Juhendaja: Ants Torim

Lektor

Tallinn 2019

## **Autorideklaratsioon**

Kinnitan, et olen koostanud antud bakalaureuse lõputöö iseseisvalt ning seda ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tsitaadid, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

Autor: Ants Jaakson

Kuupäev: 02.01.2019

## Annotatsioon

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärk on mõõta Harju JK jalgpalliakadeemia noormängijate liikumist kolmel erineval jalgpallimängul GPS-seadmeid kasutades. Saadud andmed esitatakse tabelite ja *heat map* graafikutena ning neid analüüsitakse. Tööga luuakse treenerile uusi võimalusi mängu analüüsimiseks, mille põhjal on võimalik võistkonna taktikat ja treeningprotsessi muuta.

Töö teoreetilises osas kirjeldatakse *small multiple* (pildirida) põhimõtet andmete visualiseerimiseks ning esitamiseks. Samuti tutvustatakse *heat map* graafikut kui andmete visualiseerimise moodust ning antakse ülevaade selle kasutamisest jalgpallis.

Töö praktilises osas on välja toodud mõõdetud noormängijate positsioonid, läbitud distantsid ning võrreldud näitajaid professionaalsete jalgpallurite vastavate näitajatega. Saadud tulemused annavad treeneritele tagasisidet noormängijate mängu kohta ning kokkuvõttes parandavad treeningprotsessi.

Lisaks viidi läbi intervjuu analüüsitud meeskonna treeneriga, kellelt saadi kinnitust analüüsi vajalikkuse kohta.

Lõputöö on kirjutatud eesti keeles ning sisaldab teksti 47 leheküljel, 6 peatükki, 25 joonist ja 2 tabelit.

## **Abstract**

### **Tracking Harju JK football academy player's movement using GPS-equipment and data analysis**

The goal of this bachelor's thesis is to measure and track the movement and positioning of Harju JK youth football players in three different football games using GPS-devices. Collected location data from different players is analyzed, visualized and compared in the form of heat map graphs. The thesis offers new game data analysis for youth football coaches to improve and change team tactics and training process.

In the given thesis the small multiple principle for data visualization and presentation will be introduced in theoretical chapters. Heat map graph is introduced as an informative tool to visualize the GPS data collected from young football players.

In the thesis, heat map graphs of the young player's movements during the game are created, introducing a new way for post-game analysis for youth football coaches to improve training process. The heat maps of the youth and professional players will be compared and analyzed.

The results of the thesis enable football coaches to gain more extensive feedback about the playstyle of young players and to utilize the information in the training process. An interview was carried out with the coach of Harju JK football club, which affirmed the necessity of a better means of post-game analysis.

The thesis is in Estonian and contains 47 pages of text, 6 chapters, 25 figures, 2 tables.

## Lühendid ja mõistete seletused

<b>AIDC</b>	<b><i>Automatic identification and data capture</i></b> Automatiseeritud info kogumise ja salvestamise tehnika, mis sisestab kogutud andmed otse arvutisüsteemidesse
<b>Andmete visualiseerimine</b>	<b><i>Data visualization</i></b> Andmete ja informatsiooni esitamine graafikute, kaartide, tabelite, diagrammide jne kujul
<b>CB</b>	<b><i>Center back</i></b> Keskkaitaja positsioon jalgpallis
<b>CDM</b>	<b><i>Center defensive midfielder</i></b> Kaitsev keskpoolkaitsja positsioon jalgpallis
<b>CM</b>	<b><i>Center midfielder</i></b> Keskpoolkaitsja positsioon jalgpallis
<b>CSV</b>	<b><i>Comma Separated values</i></b> Komaeraldusega väärtusi ülekandmiseks kasutatav failivorming, kus andmebaasikirjed on üksteisest eraldatud komadega
<b>FC</b>	<b><i>Football club</i></b> Jalgpalliklubi
<b>GPS</b>	<b><i>Global Positioning System</i></b> Üleilme asukoha määramise satelliitnavigatsiooni süsteem
<b>GPX</b>	<b><i>GPS Exchange format</i></b> XML-fail, mida GPS-seadmed oskavad lugeda. Seda kasutatakse teekonna kirjedamiseks GPS-seadmetes
<b>HD cameras</b>	<b><i>High definition cameras</i></b> Kõrg-kvaliteetset videot salvestavad kaamerad
<b>Heat map</b>	<b><i>Heat map</i></b> Andmete visualiseerimise võimalus, kus andmed kujutatakse kahedimensionaalselt erinevate värvidega
<b>LB</b>	<b><i>Left back</i></b> Vasakkaitaja positsioon jalgpallis
<b>LW</b>	<b><i>Left wing</i></b> Vasak ääreründaja positsioon jalgpallis
<b>Multi-dimensionaalne</b>	<b><i>Multi-Dimensional</i></b>

	Mitmemõõtmeline
<b>NFL</b>	<b><i>National Football League</i></b> Põhja-Ameerika meeste professionaalne ameerika jalgpalli liiga, mis koosneb 32 võistkonnast
<b>RB</b>	<b><i>Right back</i></b> Paremkaitsja positsioon jalgpallis
<b>RFID</b>	<b><i>Radio-frequency identification</i></b> Raadisagedus lainete identifitseerimine, mis kasutab raadiosagedustuvastus tehnoloogiat esemete ja elusolendite märgistamiseks ja nende jälgimiseks
<b>RW</b>	<b><i>Right wing</i></b> Parem ääreründaja positsioon jalgpallis
<b>SIM-kaart</b>	<b><i>Subscriber identification module</i></b> Kiiptkaart, kuhu on võimalik GPS-seadmetest salvestada andmeid
<b>Small multiple</b>	<b><i>Small multiple</i></b> Pildirida, statistilise informatsiooni visuaalse esitamise viis, millel kujutatakse andmete erinevusi sammhaaval muutuste jadana, kuvades neid kui filmi kaadreid
<b>Sparkline</b>	<b><i>Sparkline</i></b> Väike joongraafik andmete visualiseerimiseks
<b>SportVU</b>	<b><i>SportVU technology</i></b> SportVU on kaameratel põhinev andmete kogumise süsteem spordis
<b>ST</b>	<b><i>Striker</i></b> Tipuründaja positsioon jalgpallis
<b>XML</b>	<b><i>Extensible markup language</i></b> Laiendatav märgistuskeel, mille eesmärgiks on struktureeritud info jagamine infosüsteemide vahel

# Sisukord

1.	Sissejuhatus .....	11
1.1	Probleemipüstitus .....	11
1.2	Töö eesmärk .....	11
2.	Andmete visuliseerimise võimalusi .....	13
2.1	<i>Heat map</i> graafik .....	13
2.1.1	<i>Heat map</i> graafikute ajalugu .....	15
2.1.2	<i>Heat map</i> graafikud veebis.....	16
2.2	<i>Small multiple</i> .....	18
2.3	Muid andmete visualiseerimise võimalusi .....	19
3.	Statistika ja andmeesitlus jalgpallis.....	20
3.1	Erinevaid andmete kogumissüsteeme jalgpallis .....	20
3.1.1	Deltatre süsteem .....	20
3.1.2	SportVU .....	21
3.1.3	Raadiosagedustuvastus ehk RFID .....	21
3.2	Andmete kuvamine jalgpallis .....	23
3.3	Andmete visualiseerimine jalgpallis <i>heat map</i> graafikuna.....	25
4.	Praktilise töö metoodika.....	26
4.1	Kasutatud seadmed .....	26
4.2	Mõõtmiste läbi viimine.....	27
4.3	Mõõtmistulemuste töötlemine .....	27
5.	Tulemuste analüüs ja visualiseerimine .....	29
5.1	Tulemuste esitamine tabelina ja analüüs .....	29
5.2	Tulemuste visualiseerimine <i>heat map</i> graafikutena ja analüüs .....	31
5.2.1	Äärekaitaja positsioonid .....	32
5.2.2	Keskkaitaja positsioonid.....	34
5.2.3	Poolkaitaja positsioonid.....	36
5.2.4	Ääreründaja positsioonid.....	38
5.2.5	Tipuründaja positsioon .....	40
6.	Järeldused .....	42
6.1	Treeneri tagasiside .....	42
6.2	Järeldused praktilise töö läbi viimise kohta.....	42
6.3	Meetodi arenguvõimalusi .....	43

Kokkuvõte .....	44
Kasutatud kirjandus .....	46
Lisad .....	48
Lisa 1: Intervjuu Nõmme United FC noortetreener Norman Põdraga .....	48
Lisa 2: <i>Heat map</i> graafikud .....	50



## Jooniste loetelu

Joonis 1. <i>Heat map</i> graafiku näidis [16]. .....	13
Joonis 2. <i>Heat map</i> graafikute levinud värviskaalad [5]. .....	14
Joonis 3. Üks varasemaid <i>heat map</i> graafikuid (Loua 1873) [6]. .....	15
Joonis 4. Leland Wilkinsoni <i>heat map</i> graafik (1994) [6]. .....	16
Joonis 5. Veebilehe külastaja tegevuse esitamine <i>heat map</i> graafikuna [19]. .....	17
Joonis 6. <i>Small multiple</i> põhimõtte kasutamine kitarriõppes 18. sajandi joonisel [1]. .....	18
Joonis 7. <i>Sparkline</i> graafik [3]. .....	19
Joonis 8. SportVU mängu jälgimissüsteem staadionil [12]. .....	21
Joonis 9. RFID kiibid NFL-i mängija varustuses [17]. .....	22
Joonis 10. Lihtsate statistiliste näitajate kuvamine jalgpallimängus [18]. .....	23
Joonis 11. Jalgpallimängija ühe mängu statistika kuvamine [18]. .....	24
Joonis 12. Ühe mängija <i>heat map</i> graafik jalgpallis [18]. .....	25
Joonis 13. GPS-seade mängude jälgimiseks. ....	26
Joonis 14. GPS-seade koos käepaelaga. ....	27
Joonis 15. Väljaku jaotamine sektoriteks. ....	31
Joonis 16. Noormängijate äärekaitse positsioonide võrdlus. ....	32
Joonis 17. Noormängija ja profimängija vasakkaitse positsioonide <i>heat map</i> graafikud. ....	33
Joonis 18. Noormängijate keskkaitse positsioonide võrdlus. ....	34
Joonis 19. Noormängija ja profimängija keskkaitse positsioonide <i>heat map</i> graafikud. ....	35
Joonis 20. Noormängijate poolkaitse positsioonide võrdlus. ....	36
Joonis 21. Noormängija ja profimängija poolkaitse positsioonide <i>heat map</i> graafikud. ....	37
Joonis 22. Noormängijate ääreründaja positsioonide võrdlus. ....	38
Joonis 23. Noormängija ja profimängija ääreründaja positsioonide <i>heat map</i> graafikud. ....	39
Joonis 24. Noormängija tipuründaja positsiooni võrdlus. ....	40
Joonis 25. Noormängija ja profimängija keskkaitse positsioonide <i>heat map</i> graafikud. ....	41

## **Tabelite loetelu**

Tabel 1. Mängijate läbitud distants mõõdetud mängudes. ....	29
Tabel 2. Profimängijate ja noormängijate keskmiste distantside võrdlus. ....	30

# 1. Sissejuhatus

Tänapäeva professionaalses jalgpallis on mängude ja mängijate jälgimine levinud tegevus. Jälgimiseks kasutatakse GPS-seadmeid, kõrglahutusega kaameraid ning muid vahendeid, jälgimine toimub nii treeningutel kui võistlustel. Kogutud andmed on treenerite tiimile aluseks võistkonna taktika ja mängijate treeningprotsessi muutusteks. Märksa harvemini toimub mängude ja mängijate jälgimine noorte tasemel, kus saadud andmed aitaksid oluliselt treeneri tööd efektiivsemaks muuta.

Käesolev töö keskendubki noortele, kes võiksid tulevikus professionaalseteks jalgpalluriteks saada. Töö meetodikaks on jälgida GPS-seadmetega kolme noormängijate võistlusmängu. Saadud andmeid võrreldakse professionaalsete mängijate vastavate näitajatega ning tuuakse esile erinevused.

Valituks osutusid noormängijad vanuseklassis U-15 ehk sünniaastaga 2003 või hiljem, sest just see vanus on väga oluline noorjalgpalluri arengus. Selles vanuseklassis alustavad noored mängimist täismõõtmel väljakul. Muutus nõuab uut lähenemist ka treeneritelt ning mängude analüüs saab selles osas abiks olla.

Siinkohal soovin tänada ettevõtet Sportrec OÜ GPS-seadmete kasutamise võimaluse eest ning samuti töö juhendajat Ants Torimit.

## 1.1 Probleemipüstitus

Treenerite põhiülesanne on treenida, noormängijate ülesanne on mängida. Hetkel puudub noortevõistkondade juures inimene, kes tegeleks mängude statistilise analüüsiga. Treener ise seda võistkonna juhendamise kõrvalt ei suuda, paljud detailid jäävad märkamata. Kui aga statistiline informatsioon oleks treenerile kättesaadav, oleks sellest võistkonna taktika suunamisel ja iga mängija individuaalse treeningprotsessi korraldamisel palju abi.

Käesolev töö on praktilise väljundiga, pakkudes noortevõistkonna treenerile ülevaate oma võistkonna statistilistest andmetest. Kogutud informatsioon annab iga mängija kohta individuaalse kaardistuse, võimaldades analüüsida nende isiklikku panust mängu kulgu.

## 1.2 Töö eesmärk

Bakalaureusetöö peamiseks eesmärgiks on mõõta mängijate poolt mängu jooksul läbitud distantse ning näidata, kuidas samadel positsioonidel mängijad väljakul paiknevad. Selleks salvestatakse GPS-jälgimisseadmetega mängijate andmed, neid töödeldakse ning analüüsitakse. Tulemused visualiseeritakse *heat map* graafikutena, neid võrreldakse profimängijate vastavate graafikutega.

Töoga luuakse treenerile uusi võimalusi mängu analüüsimiseks, mille põhjal on võimalik võistkonna taktikat ja treeningprotsessi efektiivsemaks muuta.

Töö lisaeesmärgiks on kontrollida Sportrec OÜ GPS-seadmete sobivust mängijate jälgimiseks jalgpallis. Lisaks antakse töös ülevaade statistiliste andmete visualiseerimise erinevatest võimalustest.

## 2. Andmete visualiseerimise võimalusi

Andmete visualiseerimiseks leidub palju erinevaid võimalusi. Sobiv lähenemine tuleb leida sõltuvalt sellest, millist informatsiooni tahetakse kuvada ning millises kontekstis seda esitada.

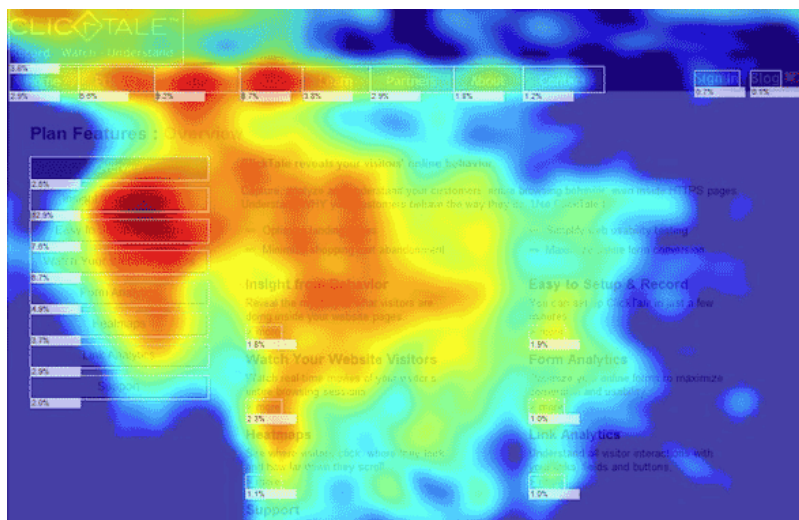
Üheks selliseks võimalikuks viisiks on *heat map* graafik. Lühidalt peatutakse *heat map* graafiku ajalool, antakse ülevaade, millistes valdkondades on *heat map* graafikuid veel kasutusel ning kuidas kasutatakse neid spordis.

Antud peatükis tutvustatakse Edward R. Tufte poolt kirja pandud põhiprintsiipe andmete visualiseerimisel ning puudutakse paari levinumat võimalust. Peatutakse andmete visualiseerimise võimalusel *small multiple*'l. Tutvustatakse selle põhiomadusi, näidatakse, milliseid andmeid on sobilik antud meetodiga visualiseerida.

### 2.1 Heat map graafik

*Heat map* graafik on andmete visualiseerimise viis kahemõõtmelisel graafikul, kus erinevatel arvulistel väärtustel on kindel vaste värviskaalal. Mida suurem on mõõdetud muutuja, seda silmatorkavam vârviga antud muutujat kaardil kujutatakse. Mida väiksem on muutuja kaardi teatud osas, seda tagasihoidlikum on värv. Sellest tulebki termin *heat map* ehk otsetõlkes kuumuskaart, sest mida suuremaks vârtus teatud punktis läheb seda „kuumemana“ seda näidatakse [6].

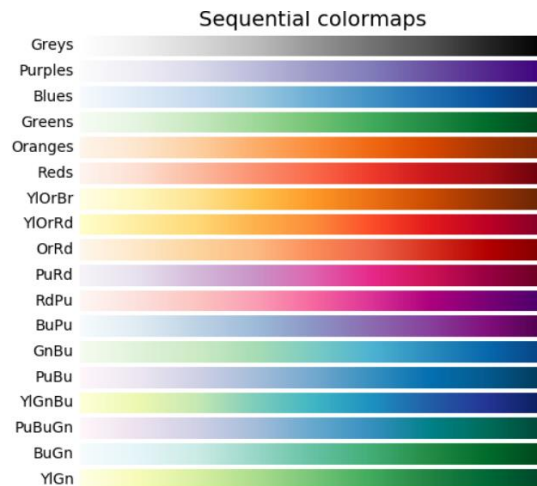
Joonis 1 kujutab *heat map* graafikut. Antud graafik annab ülevaate ühel internetileheküljel läbi viidud toimingute kohta. Punased toonid näitavad, kus veebilehel külastajad kursoriga kõige rohkem viibisid, sinised toonid näitavad piirkondi, kus külastajad viibisid vähem.



Joonis 1. Heat map graafiku näidis [16].

*Heat map* graafikutes kasutatakse andmete visualiseerimiseks erinevaid toone. Mõnikord kasutatakse halltoone või ühe värvi erinevat intensiivsust, kuid andmete väärtuste muutumine on selgemalt jälgitav, kui kasutada erinevaid värve. Enim levinud värvitoonid on „vikerkaare värvid“ ehk roheline, kollane, oranž ja punane, kus roheline tähendab andmete kõige väiksemat ja punane kõige suuremat väärtust. Selline visualiseering aitab võimendada muutuja väärtuste erinevusi *heat map* graafikul [5].

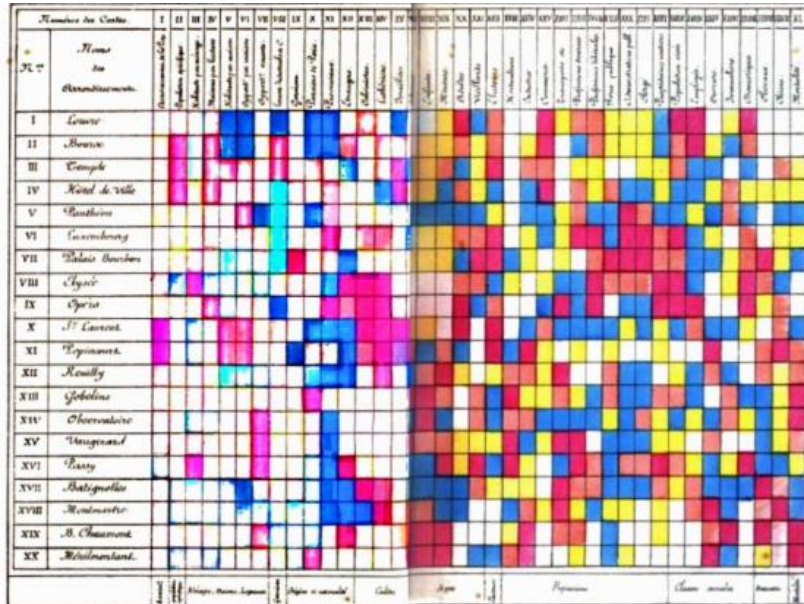
Joonisel 2 kuvatakse enim levinud värviskaalad, mida kasutatakse *heat map* graafikutel.



Joonis 2. *Heat map* graafikute levinud värviskaalad [5].

### 2.1.1 Heat map graafikute ajalugu

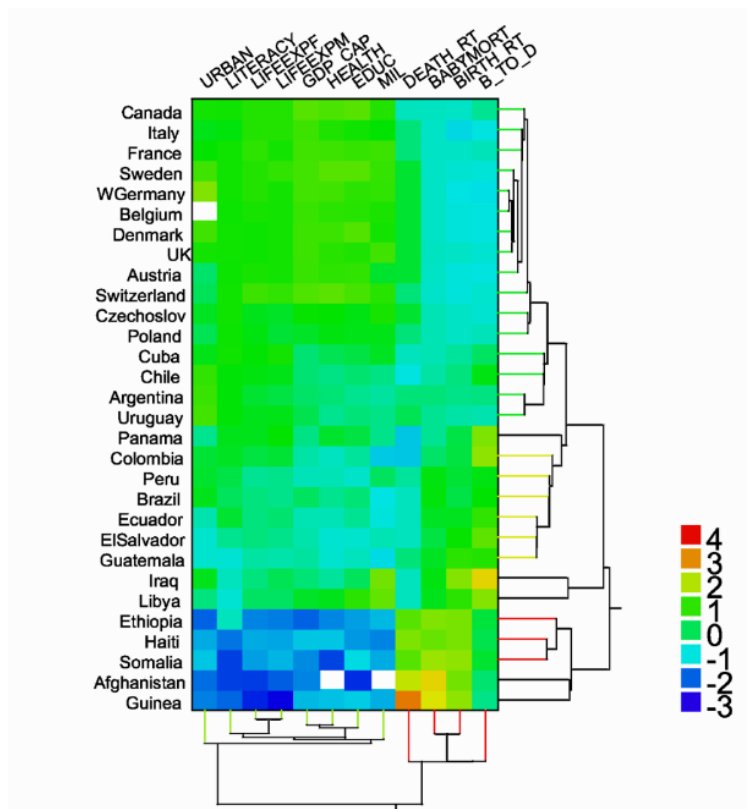
Heat map graafikud on välja töötatud järk-järgult paljude erinevate statistikute poolt. Üks esimesi näiteid heat map graafikulaadsest andmeesitusest on Prantsusmaa statistiku Loua poolt 1873. aastal loodud graafik (Joonis 3). Antud graafik kujutab Pariisi elanike sotsiaalseid andmeid (päritolu, amet, vanus, sotsiaalne klass jne) kahekümne erineva linnaosa kohta. Kasutatakse värviskaalat, mis varieerub valgest (madal) kuni punaseni (kõrge) [6].



Joonis 3. Üks varasemaid heat map graafikuid (Loua 1873) [6].

1994. aastal arendas Ameerika arvutiteadlane Leland Wilkinson esimese arvutiprogrammi SYSTAT, mis esitas andmematrikseid kõrge resolutsiooniga värviliste graafikute kujul. Wilkinsoni graafikuid kasutatakse laialdaselt bioloogias ning sotsiaalse statistika esitamisel [6].

Joonisel 4 on näha, milline näeb välja L. Wilkinsoni poolt visualiseeritud esialgne heat map graafik. See kujutab Ühinenud Rahvaste Organisatsiooni kuuluvate riikide selliseid näitajaid nagu linnastumine, kirjaoskus, naiste oodatavat eluiga, imikute suremust ja sündimust jms. Võib näha sarnasusi Loua graafikuga, mis tehti üle saja aasta varem, sarnane on nii kaardi kujundus kui ka kasutatud värvid [6].



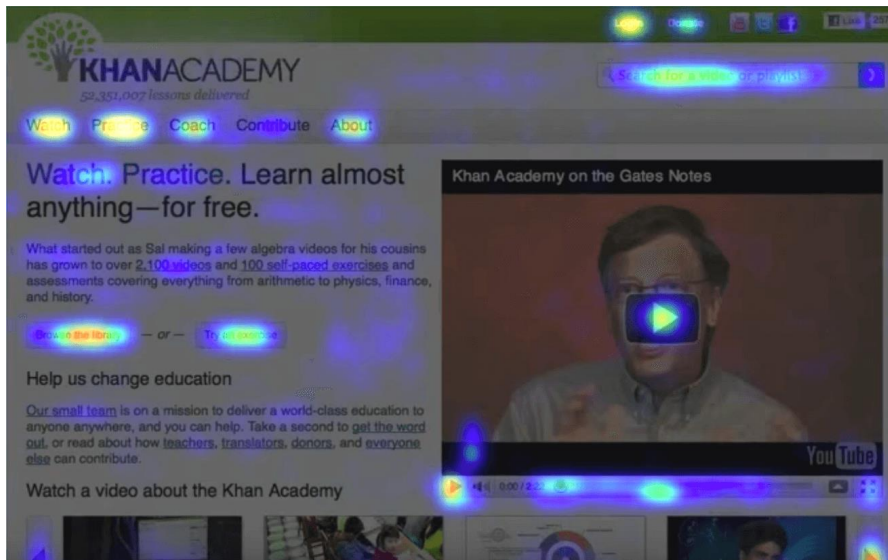
Joonis 4. Leland Wilkinsoni *heat map* graafik (1994) [6].

### 2.1.2 *Heat map* graafikud veebis

Üks valdkond, kus *heat map* graafikuid tänapäeval kasutatakse, on veebilehtede analüüs. Graafikud annavad ülevaate, kuhu lehtede külastajad vajutavad, esitavad kursori liikumist lehel ning näitavad, kui kaugemale lehte keritakse. Mõnikord jälgitakse külastaja pilgu liikumist ning graafikuga kuvatakse, milliseid kohti lehel kõige rohkem vaadatakse [7].

Joonis 5 näitab, milline on ühe veebilehe kohta tehtud *heat map* graafik. Mida heledama ning intensiivsemamana kohta lehel kujutatakse, seda rohkem on sinna peale klõpsatud. Graafik annab analüütikule hea ülevaate, kuidas saaks veebilehte kasutajasõbralikumaks teha.





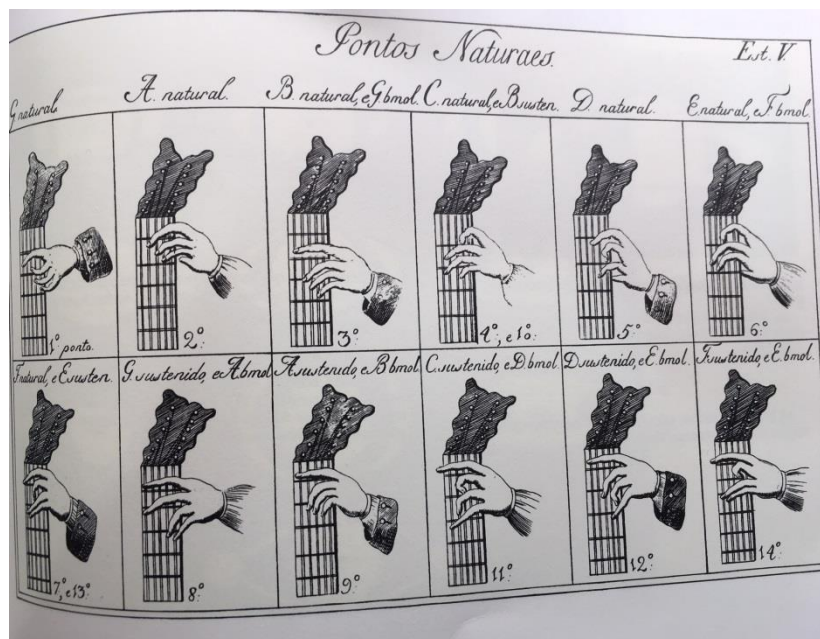
Joonis 5. Veebilehe külastaja tegevuse esitamine *heat map* graafikuna [19].

Põhiliseks eeliseks *heat map* graafikute kasutamisel veebilehtede analüüsil on see, et need annavad lihtsa ja kokkuvõtva ülevaate kasutajate reaalsest käitumisest. Siiski ei anna *heat map* graafikud informatsiooni selle kohta, miks kasutaja sellisel viisil käitub. Samuti tuleb graafikute analüüsil arvestada, et veebilehe külastaja võib kasutada üksnes klaviatuuri mitte ainult hiirt [7].

## 2.2 Small multiple

Käesolevas töös kasutatakse andmete visualiseerimiseks *small multiple* ehk pildirea põhimõtet. Pildirida on visualiseeritud kontseptsioon, mille kirjeldajaks ja populariseerijaks on Ameerika statistik Edward R. Tufte. Pildirea puhul kasutatakse samu baaspilte, millel kujutatakse andmete erinevusi sammhaaval muutuste jadana, kuvades neid kui filmi kaadreid [1].

Joonisel 6 on näide pildirea põhimõtet kasutavast graafikust. Sellel on kujutatud käe erinevad positsioonid kitarrimängul akordide võtmisel. Selline andmete visualiseerimise viis toob välja väikesed erinevused, mis võimaldavad tegevuse olemusest hästi aru saada [1].



Joonis 6. *Small multiple* põhimõtte kasutamine kitarrirõppes 18. sajandi joonisel [1].

Pildirida võimaldab kuvada suuri, mitmemõõtmelisi andmehulki lihtsasti jälgitavana, ilma andmeid mahukatesse, raskesti haaratavasse tabelisse koondamata [4]. Need aitavad vaadelda ja analüüsida mitme muutujaga protsesse näiteks meditsiinis, rahanduses ja kvaliteedikontrollis, luues kiire ülevaate ning aidates välja sorteerida olulist informatsiooni muutuvast voolust [1].

## 2.3 Muid andmete visualiseerimise võimalusi

Lisaks visualiseerimistehnikatele, mida kirjeldatakse ja kasutatakse antud töös, on olemas veel mitmeid teisi tehnikaid, näiteks tabelid, tulpdiaграмmid, joondiagrammid, kihtaladiagrammid ja histogrammid. Kuna antud viisid on tavalisemad ning tuntumad, ei tutvustata neid töös lähemalt.

Üheks moodsamaks kuid vähem tuntumaks andmete esitamise viisiks on *sparkline*, mis tähendab väikeseid, teksti sees esitatud joongraafikuid. Sellistel graafikutel ei kuvata tavaliselt X- ja Y-telge. Andmeesitusviisi leiutajaks on samuti Ameerika statistik Edward R. Tufte. Tufte on kirjeldanud *sparkline*'i kui andmete tihedaid, lihtsa disainiga ja sõnasuuruseid graafikuid, mis sobivad trendi või muutuse välja toomiseks [2].

Jooniselt 7 on näha, milline näeb välja *sparkline* graafik. Graafikul kujutatakse aktsiakursi kõikumisi ühe päeva jooksul.



Joonis 7. *Sparkline* graafik [3].

Lisaks uute andmeesitusviiside leiutamisele on Tufte välja töötanud põhimõtted, mida tuleb jälgida andmete kujutamisel igasugusel visualiseeritud kujul. Välja võib tuua tema kuus põhiprintsiipi:

- Numbrite esitus graafikul peab olema proportsioonis mõõdetud numbriliste tulemustega.
- Graafikute märgistamine peab olema detailne ja selge.
- Tuleb visualiseerida andmete muutust, mitte disaini muutust.
- Raha visualiseerimisel tuleb kasutada tuntuid ühikuid.
- Ühemõõtmelist informatsiooni ei tohi kujutada mitmemõõtmeliste graafikutega.
- Graafikud ei tohi viidata andmetele, mis pole antud kontekstiga seotud [3].

### **3. Statistika ja andmeesitlus jalgpallis**

Selles peatükis tuleb juttu, milliseid tehnikaid ja süsteeme on jalgpallis kasutusel mängijate ning mängu kohta käivate statistiliste andmete kogumiseks. Võrreldakse hetkel kasutuses olevate süsteemide ja tehnikate eeliseid ning puuduseid.

Lühidalt antakse ülevaade võimalustest, kuidas statistilisi andmeid jalgpallis graafiliselt kujutatakse. Lähemalt tutvustatakse ühte mängu analüüsi vormi, *heat map* graafikut. Täpsemalt kirjeldatakse, kuidas vajalikud andmed kogutakse.

#### **3.1 Erinevaid andmete kogumissüsteeme jalgpallis**

Maailmas toimub erinevatel spordialadel iga päev sadu mängu, mida jälgitakse paljude statistika teenust pakkuvate ettevõtete poolt. Sõltuvalt spordialast on erinevatel süsteemidel omad plussid ja miinused. Jalgpallis kasutatakse rohkem mitme kaameraga mängu jälgimise süsteeme, seevastu ameerika jalgpallis on kasutusel raadiosageduslainetel põhinev tehnoloogia.

##### **3.1.1 Deltatre süsteem**

Deltatre on Itaalia ettevõtte, mille statistilise andmekogumise süsteemid on olnud kasutusel viimase kolme jalgpalli maailmameistrivõistluse juures. Deltatre kasutab mängijate liikumise jälgimiseks väljakul tipp tehnoloogial põhinevaid kaameraid. Iga mängu jälgib kolm HD kaamerat, mis tunnevad ära kõik väljakul asuvad 22 mängijat, kohtunikud ja mängupalli. Info kogutakse kaameratest läbi erinevate algoritmide, mis arvutavad palli valdamist, ründekoridore, söötude täpsust ja arvu ning palju muid statistilisi andmeid mängu kohta [8].

Deltatre süsteemis on inimeste ülesandeks lisada arvutisse informatsioon võistkondade särgi värvide kohta ning märkida programmi üles iga pallipuude, mida mängija teeb. Muus osas on süsteemi toimimine automaatne. Mängu lõppedes on kokku kogutud suur hulk statistilisi andmeid, mida edastatakse televaatajale. Info antakse edasi ka meeskondadele, kelle analüütikute tiim saab andmeid kasutada vastavalt võistkonna vajadustele [8].

Deltatre süsteemi eeliseks on see, et kaamerad võimaldavad koguda ülevaatliku pildi mängust. Mängijad ei pea lisama enda külge liikumist segavaid jälgimisseadmeid. Videopildipõhine andmete kogumine annab ka täpsema tulemuse kui GPS, sest GPS-signaali võivad häirida erinevad segajad [8].

Deltatre süsteemile sarnast tehnikat kasutavad paljud spordi statistikaga tegelevad ettevõtted üle maailma [8].

### 3.1.2 SportVU

SportVU süsteem loodi 2005. aastal Iisraeli teadlaste Gal Ozi ja Miky Tamiri poolt. Tehnoloogiat oli algupäraselt arendatud sõjalisteks eesmärkideks, raketide jälitamiseks. Spordis kasutati SportVU-d algselt Iisraeli jalgpalli kohalikes liigades, alates 2016. aastast aga rahvusvahelises jalgpallis, näiteks Prantsusmaa kõrgliigas. Süsteemi vahendab USA firma STATS, mis on maailma üks juhtivamaid spordistatistika ettevõtteid [11].

SportVU kasutab mängude reaalaaja jälgimiseks kuni kuut HD kaamerat, mis annab väljakust 3D mudeli. Nende kaamerate abil jälgib süsteem statistilisi näitajaid nagu läbitud distants, keskmine kiirus, maksimaalne kiirus, hetkekiirus, sprintide arv, iga mängija palli valdamise aeg, palli kiirus, palli distants väravast, tiimi formatsioon mängus jms [12].

Joonisel 8 on näha, kuidas SportVU süsteem on jalgpalli mängu ajal staadionile paigutatud.



Joonis 8. SportVU mängu jälgimissüsteem staadionil [12].

Süsteemi eeliseks on väga põhjalike ja mitmekülsete statistiliste andmete kogumine mõlema mängiva võistkonna kohta. Selline andmekogu pakub treeneritele võimalusi mängu taktikaliseks analüüsiks. Süsteem võimaldab isegi mängijate vigastusi ennetada, andes treenerite tiimile teada, et mängija võib vajada puhkust [12].

SportVU tehnoloogia kasutamine ühele võistkonnale maksab umbes 100 000 USA dollarit aastas. Süsteemi levik maailmas on olnud väga kiire [11].

### 3.1.3 Raadiosagedustuvastus ehk RFID

RFID on üks meetod AIDC-st (automaatse identifitseerimissüsteemide kategooriast), mis võimaldab objektide ja elusolendite automaatset tuvastamist inimressursi kaasabi vajamata. Andmed kogutakse RFID kiipide abil ja kuvatakse lugejale raadiosageduslainetena [13].

RFID tehnoloogiat kasutatakse enim ameerika jalgpalli liigas NFL. 2016. aastast kasutavad tehnoloogiat kõik võistkonnad enda mängijate jälgimiseks. Iga mängija õlakaitse sisse on paigutatud RFID kiip (Joonis 9), mis saadab 25 korda sekundis signaali vastuvõtjatele. Antud paigutus ei sega mängijaid ega ole visuaalselt märgatav. Staadionil on 20 vastuvõtjat, kogu info jõuab analüütikuteni vähem kui poole sekundiga [14].



Joonis 9. RFID kiibid NFL-i mängija varustuses [17].

Alates 2017. aastast on iga NFL-i palli sisse paigaldatud kolm grammi kaaluv RFID kiip. Kiip on integreeritud palli sisse ning ei mõjuta selle lendu. Kiip mõõdab palli kiirust, lennunurka ja kiirendust peale lööki [15].

RFID tehnoloogia eelisteks on raadiolainete kasutamine, mis on sõltumatu suhteliselt ebatäpsest GPS-signaalist. Tehnoloogia võimaldab edastada andmeid, mida muude meetoditega kätte ei saa. RFID annab treeneritele täiesti uued võimalused mängu analüüsiks, tänu sellele on tehnoloogia kogunud Ameerikas suurt populaarsust [14].

## 3.2 Andmete kuvamine jalgpallis

Jalgpall on maailmas ülipopulaarne, mängu jälgivad sajad miljonid inimesed nii staadionitel kui ülekannete vahendusel. Tänu sellele pole üllatav, et on olemas palju ettevõtteid, kes pakuvad teenusena jalgpalli andmete jälgimist, töötlemist ja visualiseerimist [20].

Ühest jalgpallimängust saab teha kümneid graafikuid ja tabeleid. Põhiline statistika, mida profijalgpallis kogutakse, on lihtsad andmed mängivate tiimide kohta: pealelöögid väravale, nurgalöögid, kollaste kaartide arv, suluseisud, söötude arv ja tehtud vead. Need andmed kogutakse vaatlejate poolt mängu jälgimisel ning lisatakse käsitsi andmebaasidesse. Joonis 10 näitab, kuidas selliseid andmeid ühe jalgpalli mängu kohta kuvatakse. Värviga on esile toodud kõrgemad näitajad.

17	Total shots	6
5	Shots on target	1
6	Shots off target	1
6	Blocked shots	4
5	Corner kicks	1
12	Fouls	12
1	Yellow cards	1
2	Big chances	1
1	Counter attacks	0
8	Shots inside box	5
9	Shots outside box	1
0	Goalkeeper saves	2
704	Passes	380
643 (91%)	Accurate passes	319 (84%)
28/40 (70%)	Long balls	25/48 (52%)
4/24 (17%)	Crosses	1/11 (9%)
9/17 (53%)	Dribbles	2/9 (22%)
11	Dispossessed	6
42	Duels won	45
9	Aerials won	12
12/13 (92%)	Tackles	10/19 (53%)
7	Interceptions	6
12	Clearances	29

Joonis 10. Lihtsate statistiliste näitajate kuvamine jalgpallimängus [18].

Lisaks lihtsale statistikale, mida kogutakse mängu vaadeldes, kasutatakse jalgpallis ka palju tehnoloogilistele seadmetele põhinevaid süsteeme. Nende põhjal saab kuvada palju mitmekesisemaid andmeid: palli valdamise protsent, mängijate läbitud distants, maksimaalne kiirus, mängijate paiknemine väljakul [12].

Jooniselt 11 on näha, milliseid statistilisi näitajaid kuvatakse iga mängija kohta individuaalselt: väravad, mängitud minutid, väravasöödud, löögid väravale ja väravast mööda, blokeeritud löögid jt.



Fernandinho

SofaScore  
Statistical Rating

6.9

Minutes played	90'	Duels (won)	7 (4)
Goals	0	Dispossessed	0
Assists	0	Was fouled	0
Accurate passes	81 (93%)	Fouls	0
Key passes	0	Clearances	4
Crosses (acc.)	0 (0)	Blocked shots	0
Long balls (acc.)	7 (4)	Interceptions	0
Shots on target	0	Tackles (won)	1 (1)
Shots off target	1	Dribbled past	1
Shots blocked	0		
Dribble attempts (succ.)	0 (0)		

Joonis 11. Jalgpallimängija ühe mängu statistika kuvamine [18].

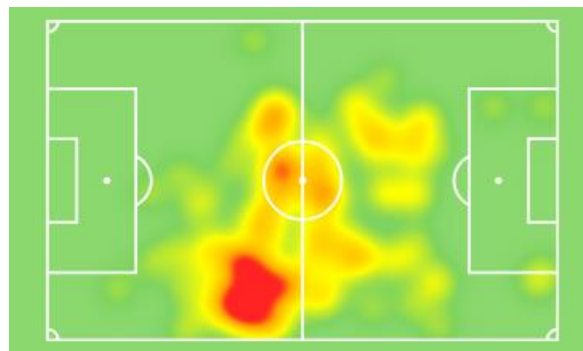


### 3.3 Andmete visualiseerimine jalgpallis *heat map* graafikuna

Kuna jalgpallis kogutakse andmeid ühe mängu ja iga mängija kohta väga palju, saab oluliseks nende ülevaatlik esitamine. Selleks kasutatakse *heat map* graafikuid, mis võimaldavad suuri andmemahte kuvada visuaalselt selgelt ja kergesti jälgitavalt.

*Heat map* graafik näitab, kui palju paiknes mängija mõnes väljaku osas. Intensiivsema tooniga on tähistatud need piirkonnad, kus mängija viibis rohkem. Info kogutakse mängija X ja Y koordinaatide abil. Saadud graafikust saab teha järeldusi tavaline jalgpallisõber kui ka treenerite tiim [8].

Ühe mängija *heat map* graafikul (Joonis 12) on punasega tähistatud piirkonnad, kus mängija viibis kõige rohkem, kollasega need, kus vähem.



Joonis 12. Ühe mängija *heat map* graafik jalgpallis [18].

*Heat map* graafikud on kõigile kättesaadavad erinevatel jalgpallistatistika lehtedel, näiteks Sofascore.com ja Flashscore.com. Graafikuid kuvatakse nii käimasolevate mängude kohta kui ka mängujärgse analüüsi jaoks. Viimasel ajal on *heat map* graafikute kasutamine läinud üha populaarsemaks, neid kuvatakse ekraanil isegi otseülekannetes televisioonis.

## 4. Praktilise töö metoodika

Käesoleva töö praktiline osa keskendus GPS-seadmetega noormängijate kiiruse ja asukoha salvestamisele kolmel jalgpallimängul. Pärast andmete salvestamist neid töödeldi ning analüüsi. Seejärel loodi töödeldud andmetest tabelid ning *heat map* graafikud, mis kuvavad mängijate läbitud distantsi ning paiknemist väljakul.

Noormängijate kohta koostatud tabeleid ja graafikuid võrreldakse nii omavahel kui ka professionaalsete jalgpallurite vastavate näitajatega. Saadud tulemuste põhjal tehakse järeldused ning pakutakse treenerile ideid võistkonna taktika muutmiseks ja treeningprotsessi täiustamiseks. Lisaks kogutakse treenerilt tagasisidet praktilise töö kohta.

### 4.1 Kasutatud seadmed

Käesolevas töös kasutati noormängijate jälgimiseks GPS-seadmeid (Joonis 13), kuna see on noorte tasemel kõige käepärasem ja soodsam viis. Kasutatud seadmed mõõtmetega 68x40x21 mm kaaluvad 60 grammi. Seadmete akud peavad vastu kuni kaks nädalat. Igal GPS-seadmel on sees SIM-kaart, kuhu salvestus mängu ajal kogunenud info [10].

Valitud seadmed mõõdavad oma asukohta täpsusega pluss-miinus kolm meetrit ning salvestavad andmeid paiknemise kohta iga kahe sekundi tagant. Selline täpsus ning sagedus on jalgpallimängu jälgimiseks piisav, kuna jalgpalliväljak on suur ning mängija liikumiskiirus sellel spordialal piisavalt väike [10].



Joonis 13. GPS-seade mängude jälgimiseks.

Mõõtmisteks vajalikud seadmed saadi ettevõttest Sportrec OÜ. Tegemist on firmaga, mis pakub GPS jälgimise teenust erinevatele spordiüritustele: orienteerumine, purjetamine, matkavõistlused jt. Valituks osutus Sportrec just sellepärast, et ettevõtte polnud varem oma seadmeid jalgpallimängijatel katsetanud ning oli huvitatud nende sobivuse välja selgitamisest sellel spordialal.

## 4.2 Mõõtmiste läbi viimine

Mõõtmiste läbiviimiseks valiti kolm võistlusmängu põhimõttel, et vastased oleks erinevate tasemetega mitmekesisema võrdluse saamiseks. Kõigis mängudes oli mõõdetava meeskonna koosseis peaaegu sama, mis andis hea võrdlusaluse.

Valitud võistlusmängud:

1. mäng – U-15 Esiliiga kohtumine 14.04.2017 Viimsi MRJK vs Harju JK – Tulemus 0:1
2. mäng – U-15 Esiliiga kohtumine 06.05.2017 Harju JK vs Nõmme Kalju FC – Tulemus 1:0
3. mäng – U-15 Esiliiga kohtumine 13.05.2017 Harju JK vs JK Tabasalu – Tulemus 1:1

GPS-seadmed kinnitati käepaeltega (Joonis 14) mängijate õlavarrele, ülespoole biitsepsit. Enne mõõtmiste läbiviimist võistlusmängul testiti seadmeid treeningul. Nii said mängijad seadmetega tutvuda ning harjutada nendega mängimist.



Joonis 14. GPS-seade koos käepaelaga.

GPS-seadmed paigaldati kõigile kümnele väljakumängijale ja lisaks kolmele varumängijale. Paralleelselt jälgiti igat mängu väljaku kõrvalt sülearvutiga, mis võimaldas kontrollida GPS-seadmete töötamist ning näha reaajas mängijate paiknemist väljakul. Mängu reaajas toimumine salvestati ja tulemusena valminud videosalvestist saab jälgida Sportrec kodulehel [23].

## 4.3 Mõõtmistulemuste töötlemine

Info GPS-seadmetest salvestus SIM kaartidele .gpx formaadis, need laeti arvutisse Sportrec tarkvara abil. Seejärel kasutati andmete konverteerimiseks .gpx formaadist .csv formaati programmi GPS Visualizer [21]. Kui andmed olid .csv kujul salvestatud, eemaldati neist mittevajalik informatsioon. Selliseks infoks olid andmed mängijate liikumise kohta enne mängu algust ja pärast mängu lõppu ning poolaja pausil.

Kui andmed olid viidud .csv kujule, sisestati need programmi Qgis [22], millega saab vaadelda, töödelda ning analüüsida geograafilisi andmeid. Selle programmi abiga loodi esialgsed *heat map* graafikud. Seejärel kasutati programmi Photoshop, millega töödeldi *heat map* graafikud lõplikule kujule.

Andmed iga mängija läbitud distantsi kohta saadi Sportrec tarkvara abil ning sisestati programmi Excel. Samas programmis tehti andmete analüüs ning koostati tabelid.

## 5. Tulemuste analüüs ja visualiseerimine

Selles peatükis esitatakse tehtud mõõtmiste andmed visualiseeritud kujul. Tutvustatakse noormängijate läbitud distantse mõõdetud mängudes ning võrreldakse saadud tulemusi professionaalsete mängijate näitajatega. Valminud analüüs on koostatud kolme mõõdetud mängu põhjal.

Põhiliselt keskendutakse töö põhiosale ehk mängijate kohta käivate *heat map* graafikute visualiseerimisele. Sarnasel positsioonil mängivate noormängijate graafikuid võrreldakse nii omavahel kui profimängijate *heat map* graafikutega.

### 5.1 Tulemuste esitamine tabelina ja analüüs

Andmete tabelina esitamise eesmärgiks on pakkuda treenerile ülevaadet konkreetsete mängijate läbitud distantside kohta (Tabel 1). Nendest andmetest on võimalik järeldada, kas mängija panustas mängu tavapärasest vähem või rohkem.

Tabel 1. Mängijate läbitud distantse mõõdetud mängudes.

Mängija nimi	Positsioon	1 mäng (km)	2 mäng (km)	3 mäng (km)
Robin Kuusk	CM	8,9	7,9	8,4
Markus Rätsep	CDM	8,2	7,7	7,6
Tristan Pugi	RW	8,2	8	7,9
Aiden Madisson	CM	8,1	3,7*	7,2
Daniil Sakarias	RB	8	3,8*	3
Kirill Antonov	CB	7,5	6,9	6,9
Sten Marten Viira	LB	6,3*	7,3	7,1
Andreas Zeisig	ST	6,2	5,5*	-
Martin Valkiainen	LW	4,7*	4,8*	6,1
Mikk Hendrik Kelder	ST	3,2	3,3	7,5
Kristjan Hein	CB	3*	-	7,9
Patrick Kobakene	CM	1,2	-	-
Karl Volkovskis	CB	-	5,7	6,7
Martin Aava	CM	-	0,9	1,8

Tabelis 1 on osad mõõtmised tähistatud tärniga \*. See tähendab, et saadud mõõtmised ei olnud päris täpsed ning mängu ajal esinesid mõned komplikatsioonid seadmetega. Rohelisega on välja toodud mängijad, kes läbisid mängudes kõige suurema distantse.

Selgub, et esimese mänguga läbisid mängijad kokku kõige suurema distantsi, mis näitab, et esimene mõõdetud mäng oli kõige raskema vastasega. Mängijatest kõige suuremad distantsid läbisid keskvälja positsiooni mängijad, mille tõttu peab antud positsioonil mängima mängija, kes jõuab kõige rohkem joosta.

Tabelis 2 on võrreldud noormängijate mängus läbitud distantsi profimängijate vastavate distantsidega. Üldjuhul varieerub mängija poolt läbitud distants jalgpallis 10-14 km vahel [9]. Lisaks mängijate läbitud kogu distantsile tuuakse välja keskmiselt läbitud distants minutis. Tabelisse on kantud nende noormängijate tulemused, kelle mõõtmisel ei esinenud probleeme.

Tabel 2. Profimängijate ja noormängijate keskmiste distantside võrdlus.

Positsioon	Keskmine läbitav distants väljakul (km)		Keskmine läbitud distants minutis (km/min)	
	Profimängija	Noormängija	Profimängija	Noormängija
Äärikaitsja	10,43	7,33	0,116	0,105
Keskkaitsja	10,67	6,74	0,119	0,096
Kaitsev keskpoolkaitsja	11,57	8,2	0,129	0,117
Ründav keskpoolkaitsja	12,3	8,1	0,137	0,116
Ründaja	10,7	6,3	0,119	0,090

Noormängijate ja profimängijate võrdlemisel annab täpsema tulemuse minutis läbitud distantside võrdlemine, sest noormängijate mänguaja pikkus on 20 minutit lühem kui professionaalsete mängijate mänguajal (vastavalt 70 ja 90 minutit).

Selgub, et keskmine läbitud distants minutis noormängijate puhul on ainult 10-20 m lühem kui profimängijatel. Näiteks noormängija Robin Kuusk läbis keskmiselt 0,116 km/min, samal positsioonil profimängija aga 0,137 km/min. See näitab, et noormängijad on heade füüsiliste võimetega. Võimaliku tuleviku probleemina võib välja tuua, et mänguaja suurenemisel võivad antud näitajad väheneda, sest noormängijad ei suuda 90 minutit samaväärselt joosta.

## 5.2 Tulemuste visualiseerimine *heat map* graafikutena ja analüüs

Mõõtmistega koguti andmeid *heat map* graafikute koostamiseks kõigis kolmes mängus. Töö põhiosas visualiseeritakse tulemused pildirea põhimõttel *heat map* graafikutena ühe mängu, mängu number 2 kohta. Ülejäänud mängude kohta koostatud graafikud on välja toodud Lisas 2.

*Heat map* graafikud on koostatud järgneva viie positsiooni mängijate kohta:

1. Ääreakaitsja positsioonid
2. Keskskaitsja positsioonid
3. Poolkaitsja positsioonid
4. Ääreründaja positsioonid
5. Tipuründaja positsioon

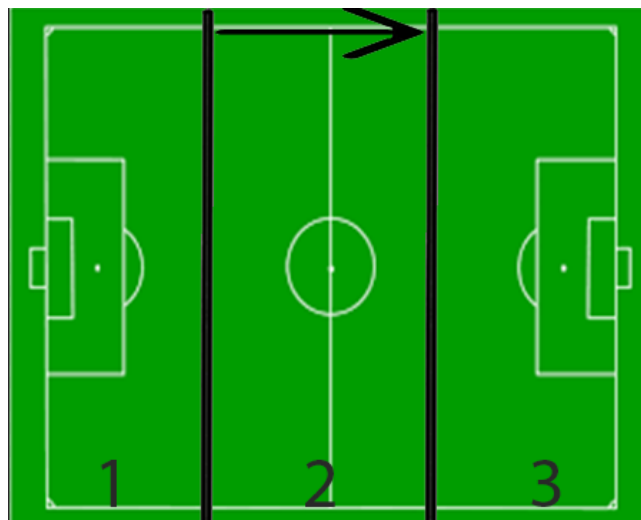
Erinevate noormängijate ning positsioonide *heat map* graafikuid kujutatakse *small multiple* põhimõttel poolaegade kaupa. Noormängijate graafikuid võrreldakse profimängijate graafikutega. Tulemusi analüüsitakse ning tuuakse välja järeldused.

*Heat map* graafikutel on kujutatud punase värviga piirkond, kus mängija viibis mängu jooksul kõige rohkem. Heleroheline on piirkond, kus mängija paiknes kõige vähem. Oranži ning kollasega on tähistatud piirkonnad nende kahe äärmuse vahel.

Selleks, et hõlbustada mängija paiknemise kirjeldamist väljakul, jagatakse väljak kolmeks mõtteliseks sektoriks (Joonis 15):

1. sektor, kaitsesektor
2. sektor, keskväljasektor
3. sektor, ründesektor

Noolega on joonisel tähistatud rünnaku suund.



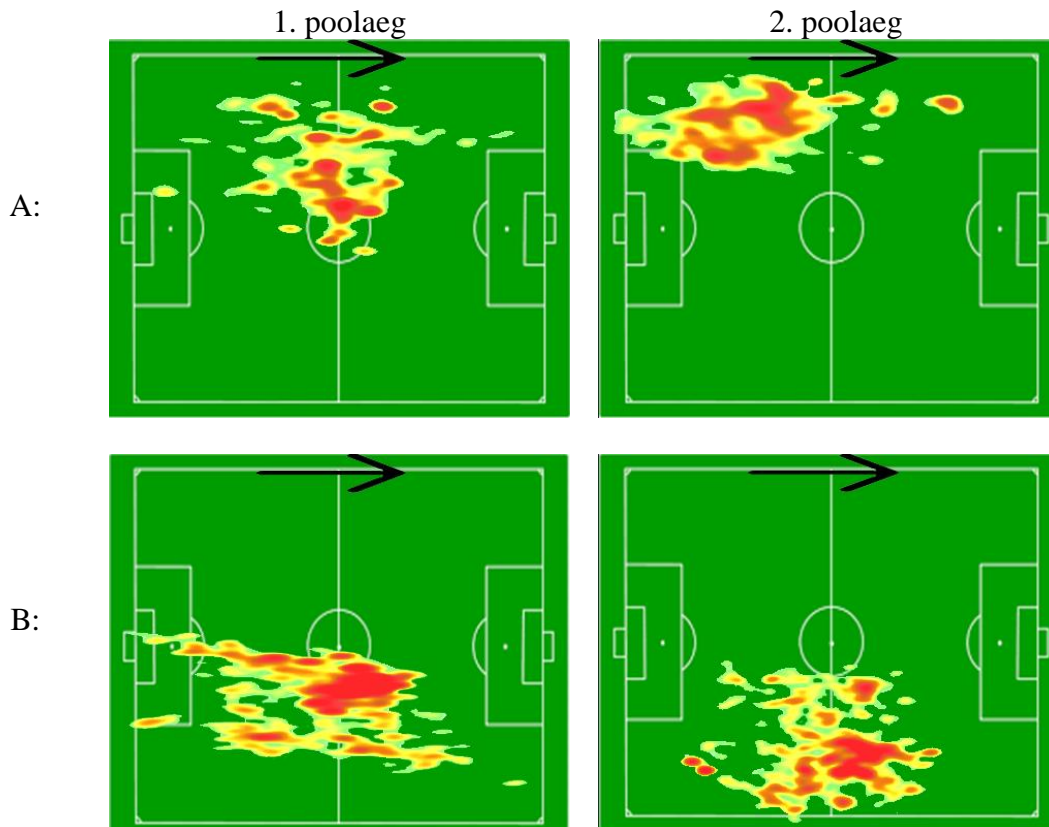
Joonis 15. Väljaku jaotamine sektoriteks.

## 5.2.1 Äärekaitaja positsioonid

Joonisel 16 võrreldakse noormängijat vasakäärekaitaja ja paremäärekaitaja positsioone.

A: Sten Marten Viira, vasakkaitaja

B: Daniil Sakarias, paremkaitaja



Joonis 16. Noormängijate äärekaitaja positsioonide võrdlus.

Vasak- ja parem äärekaitaja on tänapäeva jalgpallis üheks nõudlikumaks positsiooniks. Äärekaitajad peavad olema väga suure töömahuga, sest nende ülesanne on toetada nii ründekui kaitsesektorit. Selle positsiooni mängijad peavad olema taktikaliselt heal tasemel, mõistes ning tundes ära mänguolukordi, millal peab toetama rünnakut ja millal seda teha ei tohi.

Joonis 16 *heat map* graafikute analüüsimisel tuleb välja positsioonide teatav sarnasus. Mõlemad äärekaitajad paiknevad rohkem enda ääre peal ning väljaku keskväljasektoris. Rünnaku sektorisse äärekaitajad väga palju ei panustanud, nende peamiseks eesmärgiks oli hoida kaitsesektoris asjad kontrolli all. Võib öelda, et neile seatud kaitse eesmärgid said täidetud, kuna kolmest mõõdetud mängust lasti endale lüüa ainult üks värav.

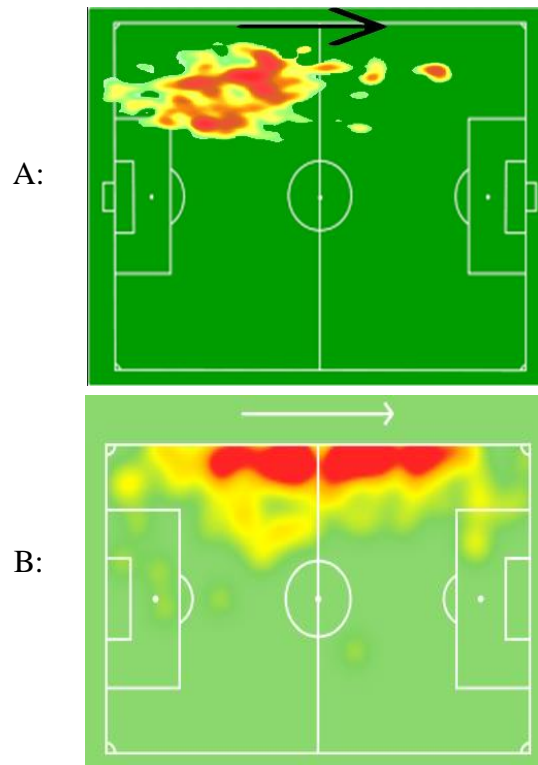
Erinevusena saab välja tuua, et mängija B paiknes teisel poolajal selgelt ründavamalt kui mängija A. Siit võib tuua järelduse, et mängija A ei panustanud teisel poolajal piisavalt ründesektorisse. See järeldus saab olla treenerile kasulik edaspidiste mängude taktikalise plaani välja töötamiseks.



Jooniselt 17 on näha noormängija vasakkaitsja ja profimängija vasakkaitsja positsiooni *heat map* graafiku võrdlus.

A: Sten Marten Viira, vasakkaitsja

B: Profimängija, vasakkaitsja



Joonis 17. Noormängija ja profimängija vasakkaitsja positsioonide *heat map* graafikud.

Joonis 17 *heat map* graafikuid võrreldes tuleb välja oluline erinevus. Kui noormängija paikneb rohkem väljaku keskel, siis profimängija päris ääres ning keskele väga ei liigu. Põhjus on selles, et äärtes on väljakul kõige rohkem ruumi ning professionaalses jalgpallis suudetakse seda paremini ära kasutada kui noortemängul.

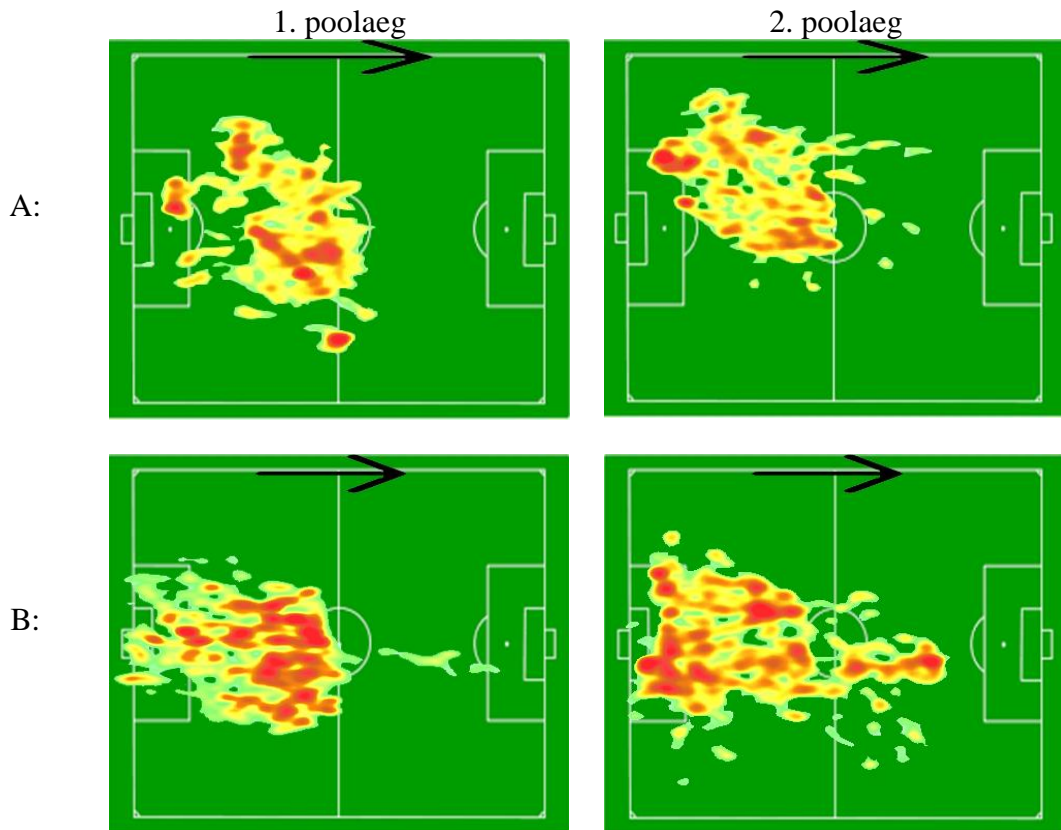
Lisaks on jooniselt näha, kuidas profimängija liigub palju talle ette määratud ääre peal kaitse- ja ründesektorite vahel, seevastu noormängija viibib rohkem väljaku keskväljasektoris.

## 5.2.2 Keskkaitaja positsioonid

Joonisel 18 võrreldakse noormängijate keskkaitaja positsioone.

A: Kirill Antonov, keskkaitaja

B: Karl Volkovskis, keskkaitaja



Joonis 18. Noormängijate keskkaitaja positsioonide võrdlus.

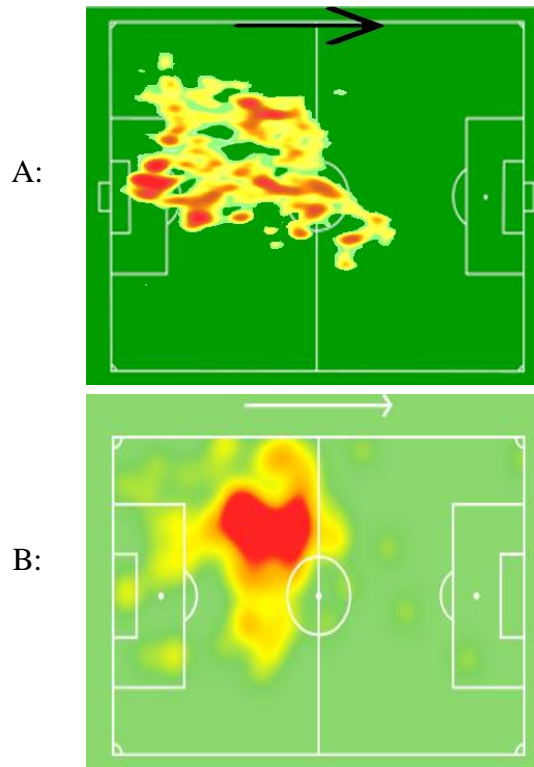
Joonise 18 *heat map* graafikute analüüsimisel selgub, noormängijate graafikud on sarnased. Mõlemad mängijad viibivad enamuse mänguajast kaitsektoris. See on ka loomulik, sest keskkaitaja põhiülesandeks on karistusallas paiknedes enda värava kaitsmine.

Joonist analüüsid selgub, et mängija B panustas ründe sektorisse teisel poolajal oluliselt suuremal hulgal kui mängija A, kelle graafikult on näha rohkem kaitsev suunitlus. Siit saab tuua järelduse treenerile. Kui parempoolne keskkaitaja ja parem äärekaitaja (Joonis 16) liiguvad samaaegselt ründesektorisse, võivad võitskonnal tekkida probleemid kaitstes, kuna paremal äärel on jäetud vastastele liiga palju ruumi ründamiseks.

Jooniselt 19 on näha noormängija ja profimängija keskkaitaja positsiooni *heat map* graafikute võrdlus.

A: Kirill Antonov, keskkaitaja

B: Profimängija, keskkaitaja



Joonis 19. Noormängija ja profimängija keskkaitaja positsioonide *heat map* graafikud.

Selgub, et profimängija keskkaitaja positsiooni mängija paikneb väljakul palju kompaktsemalt, keskendudes ühele piirkonnale. Seevastu noormängija paikneb palju suuremal alal ning rohkem laiali. Samuti on näha, et noormängija panustab ründesektorisse, kuid profimängija ründesektorisse ei liigu.

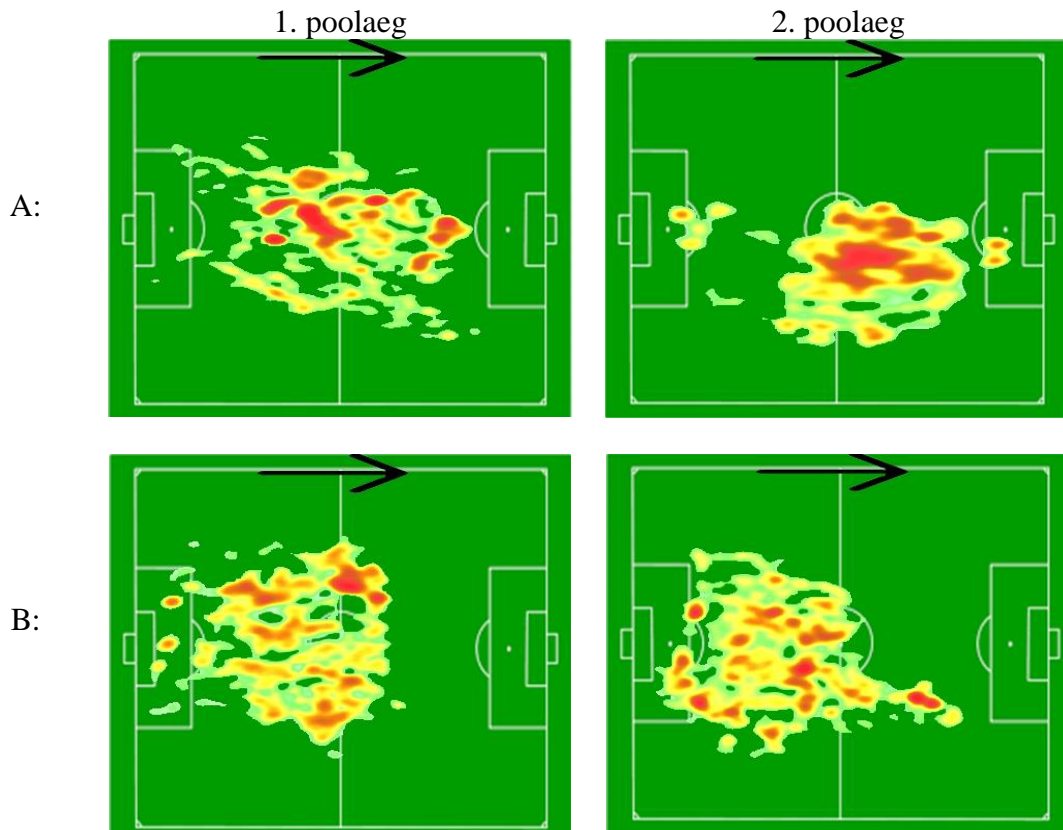
Järelduseks treenerile on tähelepanek, et noormängija liigub väljakul liiga palju. See võib kaasa tuua tema väsimise mängu lõpus. Suunates keskkaitajat püsima kindlas väljaku alas, võib see muuta meeskonna kaitsemängu efektiivsemaks.

### 5.2.3 Poolkaitsja positsioonid

Joonisel 20 võrreldakse noormängijate poolkaitsja positsioone.

A: Robin Kuusk, poolkaitsja

B: Markus Rätsep, poolkaitsja



Joonis 20. Noormängijate poolkaitsjate positsioonide võrdlus.

Läbi viidud intervjuus treeneriga (Lisa 1) selgus samuti tõdemus, et lisaks ääreakaitsjate positsioonidele on poolkaitsja positsioonid ühed raskeimad ja nõudlikumad noorte jalgpallis. Poolkaitsja positsiooni nimetus võib olla pisut eksitav, sest selle mängija roll ei ole ainult kaitsta. Tema ülesandeks on hoida kontrolli all keskvälja, tegeleda rünnakute algatamisega ning vastaste rünnakute lõhkumisega. Reeglina jagatakse antud rollid keskväljal mängivate mängijate vahel ära.

Jooniselt 20 on näha, et mängijad A ja B on just selliste erinevate rollidega keskvälja mängijad. Mängija A on ründavam ning mängija B on kaitsvam keskpoolskaitsja.

Mängijale A on jäetud rohkem vabu käsi selle kohta, kus ta väljakul paikneda võib. Sellist mängijat nimetatakse *box-to-box player* ehk kastist kasti mängijaks. See tähendab, et ta peab panustama eelkõige rünnakule, kuid peab vajadusel jõudma ka kaitsesse.

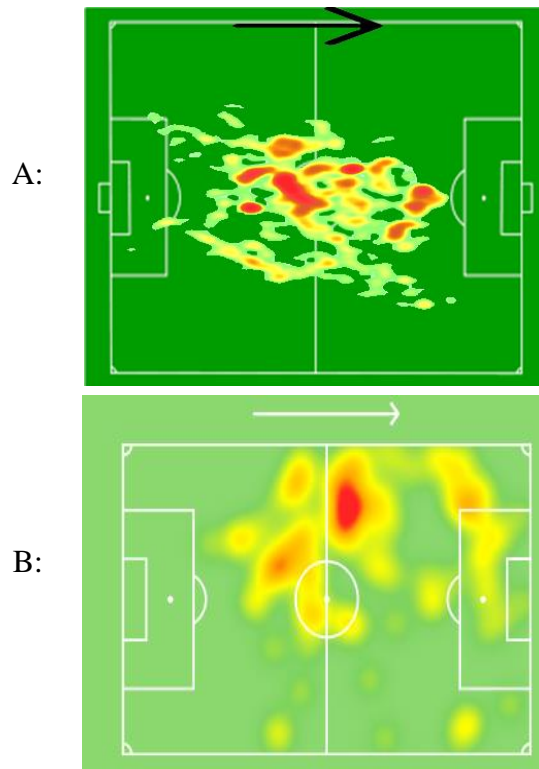
Mängija B on kaitsvama suunitlusega, sellest tuleneb tema viibimine väljaku kesk- ja kaitse sektoris. Teisel poolajal on talle antud ründavamad ülesanded, kuna ta paikneb rohkem ründesektoris.

Vaadates parempoolsete mängijate panust ründesektorisse, selgub, et suurem osa rünnakuid toimub just sellest äärest. Siit saab treeneri jaoks teha järelduse, et vasakut äärt saaks kasutada rünnakuteks rohkem.

Jooniselt 21 on näha noormängija ja profimängija poolkaitsja positsioonide *heat map* graafikute võrdlus.

A: Robin Kuusk, poolkaitsja

B: Profimängija, poolkaitsja



Joonis 21. Noormängija ja profimängija poolkaitsja positsioonide *heat map* graafikud.

Võrdluses on näha mitmeid sarnasusi; mõlemad mängijad paiknevad väljaku keskväljasektoris ning mõlemad panustavad ka ründesektorisse.

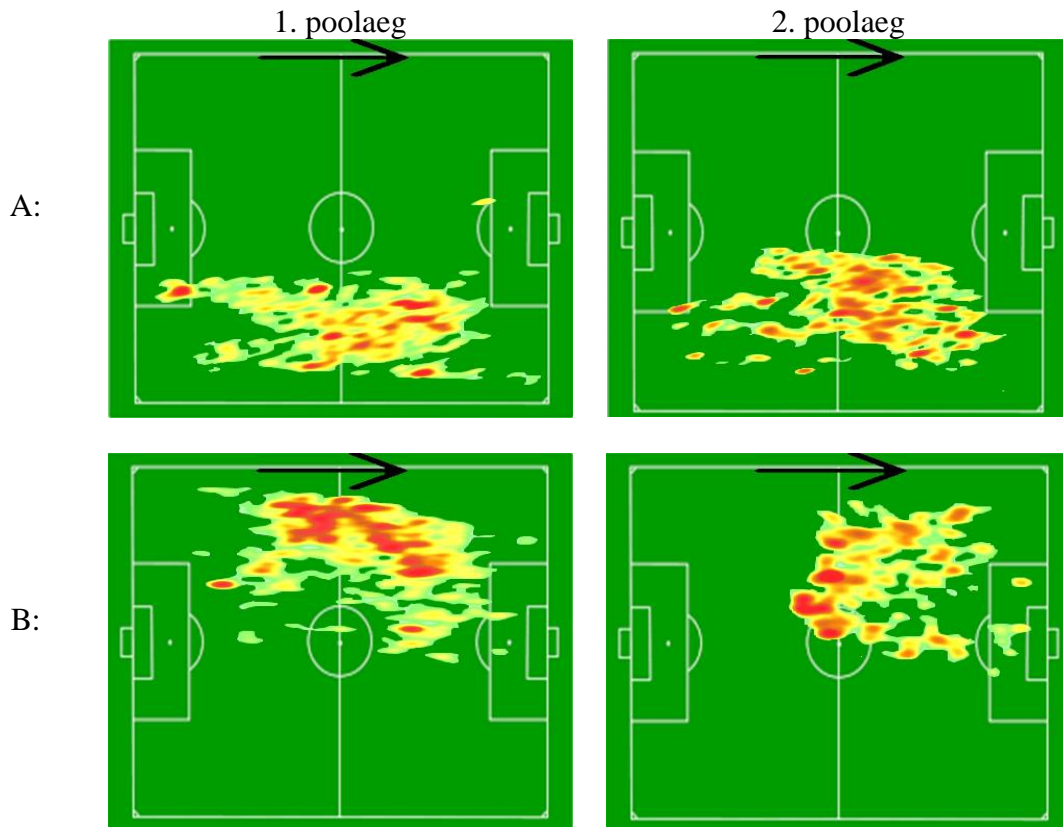
Erinevustena saab tuua välja sama järelduse, mida oli märgata keskkaitse positsioonidel (Joonis 19). Noormängija liigub suurel alal, profimängija on aga palju püsivamal positsioonil. Ka treeneri jaoks saab siin teha sama järelduse. Kui poolkaitsja püsiks rohkem kindlas väljaku alal, võiks tema panus mängu olla efektiivsem.

## 5.2.4 Ääreründaja positsioonid

Joonisel 22 võrreldakse noormängijate ääreründaja positsioone.

A: Tristan Pugi, parem ääreründaja

B: Martin Valkiainen, vasak ääreründaja



Joonis 22. Noormängijate ääreründaja positsioonide võrdlus.

Tänapäeva jalgpallis peab ääreründaja liikumiskaardus olema väga suur. Ääreründajad viibivad kõikides väljaku sektorites, nii ründe-, keskvälja- kui kaitsesektoris. Põhjuseks on see, et ääreründaja ülesanne on kaitsesektoris takistada vastasmeeskonna rünnakule lülituvat äärekaitset.

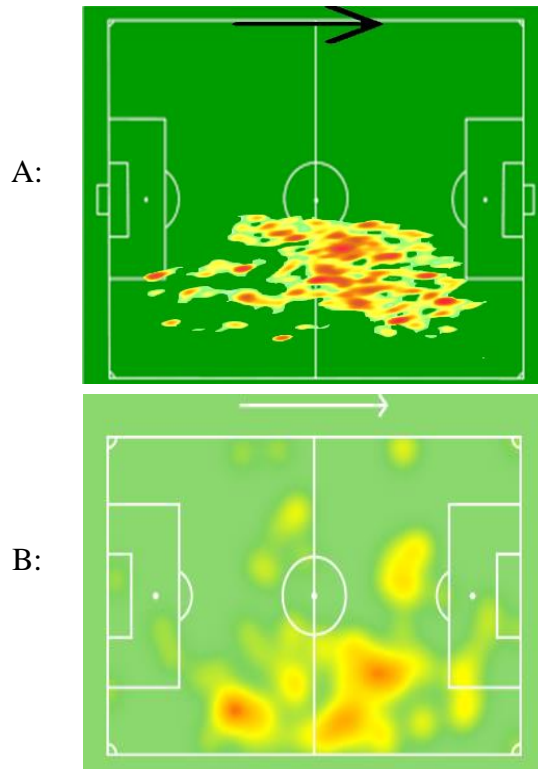
Joonist 22 analüüsid on näha, et mängijad A ja B viibivad väljakul oma ääres ning kõigis väljaku sektorites. Erinevusena saab välja tuua, et mängija B paiknes teisel poolal palju väljaku keskosas ning keskväljasektoris. Seevastu mängija A püsis rohkem enda ääres ning ründesektoris.

Treeneri jaoks saab teha järelduse, et ääreründajad paiknesid liiga palju väljaku keskosas ning kaitsesektoris. Nad ei kasutanud piisavalt ära väljaku ääri, kus vastaste värava ründamiseks on kõige rohkem ruumi. Sedasi jäi kasutamata meeskonna rünnakupotentsiaal. Seda näitavad ka tulemused, sest meeskonnal õnnestus selles mängus lüüa ainult 1 värav.

Jooniselt 23 on näha noormängija ja profimängija ääreründajate positsioonide *heat map* graafikute võrdlus.

A: Tristan Pugi, parem ääreründaja

B: Profimängija, parem ääreründaja



Joonis 23. Noormängija ja profimängija ääreründajate positsioonide *heat map* graafikud.

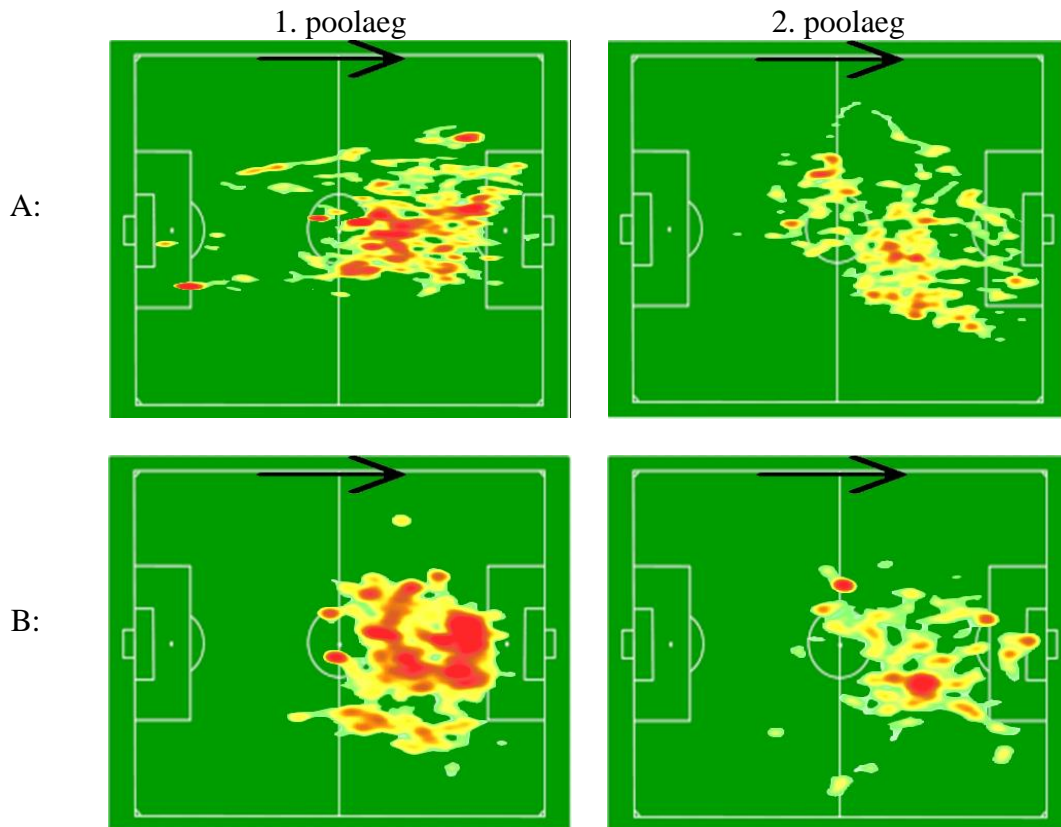
Joonis 23 kinnitab eelmises lõigus tehtud järeldusi. Profimängija viibib palju rohkem väljaku ääres ning liigub rohkem äärelt ründesektorisse vastase karistusalasse, noormängija aga viibib väljaku keskosas keskväljasektoris. Noormängija julgem lülitumine rünnakule võiks aidata kaasa väravate löömisele.

## 5.2.5 Tipuründaja positsioon

Kui eelmistel *heat map* graafikutel võrreldi kahe erineva mängija paiknemist ühes mängus, siis tipuründaja puhul võrreldakse ühe noormängija paiknemist kahes erinevas mängus (Joonis 24). Tipuründaja positsioon on erandlik, sest platsil pole teist sama positsiooniga mängijat.

A: Andreas Zeisig, tipuründaja, mäng 1

B: Andreas Zeisig, tipuründaja, mäng 2



Joonis 24. Noormängija tipuründaja positsiooni võrdlus.

Joonis 24 näitab, et tipuründaja paiknes mõlemas mängus kesk- ja ründesektoris. Samuti on näha, et mängija oli esimesel poolajal aktiivsem kui teisel poolajal. Lisaks saab välja tuua, et esimeses mängus viibis mängija osa aega kaitsesektoris. Kuna mängutaktika võib olla erinevates mängudes erinev, ei pruugi olla graafikud sama hästi võrreldavad.

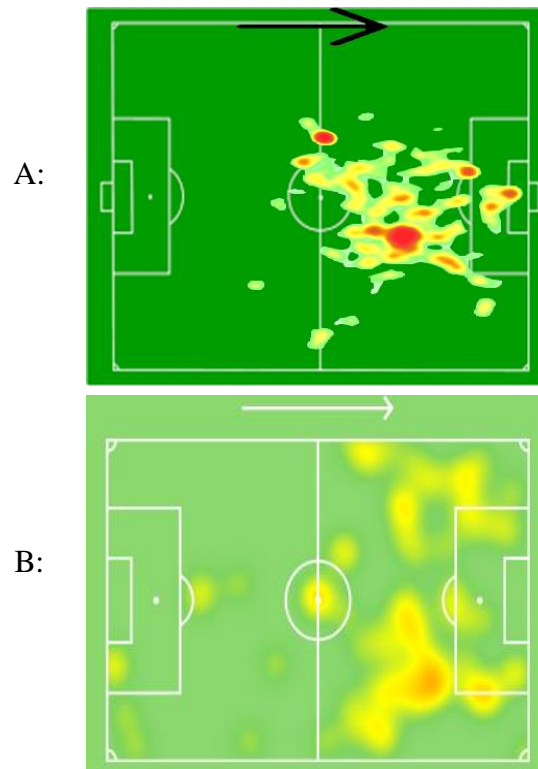
Treeneri jaoks võib välja tuua järelduse, et tipuründaja paiknes mängudes liialt kaitsvalt. Meeskonna tulemusele võiks tulla kasuks, kui ta viibiks rohkem ründesektoris, kus ta saaks ohustada vastasmeeskonna väravat. Mängija aktiivsuse langemisest teisel poolajal võib järeldada, et tipuründaja vajab oma füüsilise vormi treenimist või enda välja vahetamist mängu lõpus.



Jooniselt 25 on näha noormängija ja profimängija tipuründaja positsioonide *heat map* graafikute võrdlus.

A: Andres Zeisig, tipuründaja

B: Profimängija, tipuründaja



Joonis 25. Noormängija ja profimängija keskkaitsja positsioonide *heat map* graafikud.

Joonisel kuvatud graafikutel leidub sarnasusi selles, et enamus mängust paiknetakse keskvälja- ja ründesektoris ning kaitsesektoris viibitakse väga vähe.

Erinevusena on näha, et profimängija paikneb palju väljaku äärtes, põhjuseks juba eelpoolmainitud rünnakuks sobiva ruumi ära kasutamine äärtel. Sama mitmekesisist positsiooni valikut võib soovitada ka noormängijale.

## 6. Järeldused

Läbi viidud töö näitab, et *heat map* graafikud on hea viis noorte jalgpalli analüüsimiseks. Andmetest saab välja lugeda vajalikku ja huvitavat informatsiooni mängijate, nende füüsiliste võimete ja taktikaliste oskuste kohta. Graafikud pakuvad treenerile andmeid, mida ta muul viisil ei näe, ning võimalusi järeldusteks, millega võistkonna mängu paremaks muuta.

Peamise järeldusena saab välja tuua, et noormängijad on oma vanuse kohta väga heal füüsilisel tasemel. Nende paiknemine väljakul on suures osas sarnane profimängijatega, tegemist on suurt potentsiaali omava võistkonnaga. Sarnastel positsioonidel mängijad paiknevad väljakul üldjuhul sünkroonselt.

*Heat map* graafikud näitavad, et võistkonna juures võib vajada kõige rohkem muutusi mängijate paiknemine väljakul. Mõõdetud mängudes paiknesid mängijad väljaku keskel ning kaitse- ja keskväljasektoris. Kui mängijad paikneksid rohkem väljaku äärtes ning ründesektoris, tuleks see kasuks meeskonna ründemängule ja väravate löömisele.

### 6.1 Treeneri tagasiside

Tagasiside saamiseks töö kohta viidi läbi intervjuu noorte jalgpalliklubi Nõmme Unitedi noortetreeneri Norman Põdraga, kes oli uuritud võistkonna juhendaja läbi viidud mõõtmiste ajal. Täismahus intervjuu on välja töödud Lisas 1.

Treeneri sõnul annavad tehtud *heat map* graafikud hea ülevaate mängijate positsioonilise paiknemise kohta väljakul. Tööst leiab huvitavat infot mängija liikumise kohta. On näha, kas mängija täitis talle ette antud ülesandeid või mitte. Ülevaate saab mängija poolt läbitud distantsist, mis on väga vajalik koormuse jagamisel.

Treener kasutaks *heat map* graafikuid eelkõige äärekaitseja ning poolkaitseja positsioonide kohta, kuna antud positsioonid on tänapäeval jalgpallis rasked nii füüsiliselt kui ka taktikaliselt.

### 6.2 Järeldused praktilise töö läbi viimise kohta

Praktilise töö läbiviimise meetodika valik oli õigustatud. Mõõtmised möödusid edukalt. Andmete kogumisel ning töötlemisel kasutatud tarkvara sai valitud sobiv, see toimis probleemideta ning täitis oma eesmärgi. Andmete visualiseerimine ning *heat map* graafikute kujundamine oli lihtne ja tõhus.

Puudusena saab esile tuua probleemid mõne GPS-seadmega. Neil seadmetel kadus vahel signaal satelliidiga. Teise puudusena võib ära märkida seadmete kinnituse, paaril mängijal libisesid need mängu ajal käe küljest ära. Sellised probleeme esines siiski vähe ning need ei seganud andmete kogumist.

Samas sobisid valitud GPS-seadmed jalgpalli mõõtmiseks väga hästi ning nende täpsus üllatas positiivselt seadme tarninud ettevõtte Sportrec esindajat. Ka mängijate tagasiside seadmete kohta oli positiivne, need ei seganud jalgpalli mängimist.

### **6.3 Meetodi arenguvõimalusi**

Sarnaste mõõtmiste läbi viimisel tulevikus on võimalik ühe mängu kohta veel rohkem informatsiooni koguda. Salvestada saaks statistilisi näitajaid, näiteks löögid, võtmesöödud, söötude arv kokku ja õhuvõitluste arv. Selleks peaks lisaks GPS-seadmetega jälgimisele ka mängu filmima või näitajaid statistiku poolt üles kirjutama. Mängu filmimise ning videokokkuvõtete koostamise vajaduse tõi esile ka intervjueeritud noortetreener.

Teise arenguvõimalusena saab esile tuua kogutud andmete esitamise kiiruse kasvu. Antud töös võttis *heat map* graafikute valmistamine aega mitu päeva, ideaalis võiks see toimuda jooksvalt mängu ajal. Selleks tuleks välja töötada vastavad arvuti programmid.

## Kokkuvõte

Käesolev bakalaureusetöö käsitleb Harju JK jalgpalliakadeemia noormängijate liikumise mõõtmist läbi kolme mängu ning nende paiknemise analüüsi väljakul. Töö meetodina viidi läbi mõõtmised GPS-seadmetega, andmeid töödeldi ning tulemused esitati *heat map* graafikute kujul. Graafikuid võrreldi vastavate positsioonide profimängijate graafikutega. Andmeid analüüsiti ja toodi välja järeldused mängijate paiknemise kohta, pakkudes nii lisainfot treenerile.

Töö täitis püstitatud põhieesmärgi ning näitas, kuidas samadel positsioonidel mängijad väljakul paiknevad, tõi esile nende poolt mängu jooksul läbitud distantsi. Andmete esitamine pakkus treenerile huvitavaid seoseid mängu analüüsimiseks, võistkonna taktika täiendamiseks ning treeningprotsessi parandamiseks.

Täidetud sai ka lisaeesmärk kontrollida Sportrec OÜ GPS-seadmete sobivust mängijate jälgimiseks jalgpallis: seadmed sobisid selleks hästi.

Töö tutvustab veel erinevaid võimalusi andmete visualiseerimiseks ning annab ülevaate andmekogumise süsteemidest jalgpallis. Lisaks pakub töö ideid sportmängude jälgimise meetodite ja andmete visualiseerimise võimaluste arendamiseks tulevikuks.

Töö autor jäi valitud temaga rahule. Tehtud töö tekitas huvi teada saada lähemalt, kuidas toimub suurandmete analüüs, töötlemine ja esitlus spordis. Valdkonnal on autori jaoks suur potentsiaal tulevikus.

## Summary

To demonstrate the process of developing and applying the given method of analysis, three different football games with Harju JK football academy youth players were monitored. The thesis method were to use GPS-devices, for gathering data of the players' movements in the form of coordinates. The measured data was then processed to create heat map graphs. The heat maps provide a visual conclusion of an individual player's movements on the field during half-time of a football game.

The thesis fulfilled its given main intention to show that players who play in similar positions have also got similar visualized heat map graphs. Surprisingly, when comparing youth and professional football players, the heat maps of the players of the same position were quite similar. It could also be said that the thesis fulfilled its purpose to be a helpful tool for youth football coach whose feedback showed that the method offered by this study has great potential in the field of post-game analysis.

Additional goal were to check the firm Sportrec GPS-devices suitability for football player tracking: these devices suited well for football tracking.

The thesis also introduces different options for data collecting systems and data visualization ways in football. Furthermore, current thesis offers ideas for sports tracking methods and data visualization development in future.

The author was satisfied with the selected task. In conclusion, the thesis created more interest for the author to find out how the Big Data analysis, processing and visualization happen in everyday sports. These fields have great potential for future.

## Kasutatud kirjandus

1. Edward Rolf Tufte „Visual explanations“, Graphics press LLC, 1997
2. Edward Rolf Tufte „Beautiful evidence“, Graphics press LLC, 2003
3. Edward Rolf Tufte „The Visual Display of Quantitive information“, Graphics press LLC, 2001
4. Zach Gemagini, „Better know visualization: small multiples“, <https://www.juiceanalytics.com/writing/better-know-visualization-small-multiples>, [29.11.18]
5. Rick Wicklin, „How to choose colors for maps and heat maps“, <https://blogs.sas.com/content/iml/2014/10/01/colors-for-heat-maps.html>, [04.12.18]
6. Leland Wilkinson, Micheal Friendly, „The history of a Cluster Heat Map“, [https://www.jstor.org/stable/pdf/25652247.pdf?casa\\_token=Qm6j6WOZ0lsAAAAA:R9OAY0gxLcYrNdzeoO45g-XlZ8iLan\\_Ym6QgR8raci3mu5HcrXxqFZ2tmQf47ybIXncGD3jQlAw8wSTnRRuiU4\\_YuBUvJIm--wDFUR2ppZhedhqOhyKC](https://www.jstor.org/stable/pdf/25652247.pdf?casa_token=Qm6j6WOZ0lsAAAAA:R9OAY0gxLcYrNdzeoO45g-XlZ8iLan_Ym6QgR8raci3mu5HcrXxqFZ2tmQf47ybIXncGD3jQlAw8wSTnRRuiU4_YuBUvJIm--wDFUR2ppZhedhqOhyKC), [22.11.18]
7. Optimizely, „Heat map“, <https://www.optimizely.com/optimization-glossary/heatmap>, [22.11.18]
8. Max Cherney, „The technology behind the World Cup’s Advanced Analytics“, [https://motherboard.vice.com/en\\_us/article/gvyy4q/this-system-turns-the-beautiful-game-into-big-data](https://motherboard.vice.com/en_us/article/gvyy4q/this-system-turns-the-beautiful-game-into-big-data), [15.11.18]
9. „Football players stats“, <http://www.physicfootball.com/stats.html>, [21.11.18]
10. Sportrec OÜ „GPS-seadmed“, <http://sportrec.eu/ui/#1cend7s>, [14.11.18]
11. Mark Wilson, „Moneyball 2.0: How missile tracking cameras are remaking the NBA“, <https://www.fastcompany.com/1670059/moneyball-20-how-missile-tracking-cameras-are-remaking-the-nba>, [20.11.18]
12. STATS „STATS SportVU football player tracking“, <https://www.stats.com/sportvu-football/>, [20.11.18]
13. David C. Wyld, „Sports 2.0: A Look at the Future of Sports in the Context of RFID’s Weird New Media Revolution“, <https://thesportjournal.org/article/sports-2-0-a-look-at-the-future-of-sports-in-the-context-of-rfids-weird-new-media-revolution/>, [20.11.18]
14. Aaron Tilley, „How RFID chips are changing NFL“, <https://www.forbes.com/sites/aarontilley/2016/02/06/how-rfid-chips-are-changing-the-nfl/#49779b037f70>, [20.11.18]
15. Kevin Seifert, „NFL football to have data-collecting chips this season“, [http://www.espn.com/nfl/story/\\_/id/20618245/data-collecting-chips-every-nfl-football-2017](http://www.espn.com/nfl/story/_/id/20618245/data-collecting-chips-every-nfl-football-2017), [22.11.18]

16. James Parsons, „3 Free tools to see a Heat Map of your websites visitors“, <https://growtraffic.com/blog/2015/03/3-free-tools-see-heat-map-your-website-visitors>, [22.11.18]
17. Jen Booton, „Zebra Extends Player-Tracking Chips To Senior Bowl Ahead Of NFL Draft“, <https://www.sporttechie.com/zebra-extends-player-tracking-chips-to-senior-bowl-ahead-of-nfl-draft/>, [23.11.18]
18. Football statistics, <https://www.sofascore.com/tournament/football/england/premier-league/17>, [15.11.18]
19. Sharon Hurley Hall, „What is a heat map“, <https://www.crazyegg.com/blog/understanding-using-heatmaps-studies/>, [22.11.18]
20. Liisi Rist, <https://sport.err.ee/886916/jalgpalli-mm-i-jalgis-enam-kui-pool-maailma-elanikkonnast>, [29.12.18]
21. [https://www.gpsvisualizer.com/convert\\_input?units=metric](https://www.gpsvisualizer.com/convert_input?units=metric), [22.11.18]
22. <https://qgis.org/en/site/>, [20.11.18]
23. Mängu videote salvestused Sportrec kodulehel, 1. mäng <http://sportrec.eu/ui/#1cend7s> 2. mäng, <http://sportrec.eu/ui/#1cggmfc> 3. mäng <http://sportrec.eu/ui/#1chc9tl>, [20.11.18]

## Lisad

### Lisa 1: Intervjuu Nõmme United FC noortetreener Norman Põdraga

Läbi viidud 13.12.2018 kirjalikult (vastaja kirjaviis muutmata).

#### **Kas tehtud kaardid annavad ülevaate mingi ülevaate mängija kohta?**

**Vastus:** Tehtud kaardid annavad hea ülevaate mängija positsioonilise paiknemise kohta. Kui taktikaliselt vaadata, siis leiame seal, kas mängija liikus enamasti tsoonides, kus oleks vaja/kokkulepitud.

#### **Mis info saad kätte tehtud kaartidest?**

**Vastus:** Antud kaardid annavad ennekõike hea ülevaate mängija läbitud distantsist, mis on väga vajalik koormuse jagamisel. Kuna noorte jalgpallis täpne ülevaate distantsi kohta puudub, siis vanemates noorte klassides on tänapäeval äärmiselt vajalik teada mängija koormust, et ta püsiks "värske" hooaja lõpuni. Ning tema koormus oleks vastavuses tema võimetega.

#### **Kui oleks võimalik kasutada antud *heat map* graafikuid peale igat mängu analüüsi tegemiseks, kas kasutaksid?**

**Vastus:** Jah, kasutaksin. Täpsemalt kasutaksin isiklikult just keskpoolkaitsjate ja ääreakaitsjate peal. Antud positsioonid on tänapäeval rasked nii taktikaliselt kui ka füüsiliselt. Graafikutest saaksin vajalikku infot mängija paiknemise kui ka läbitud vahemaade kohta.

#### **Mida muudaks või teeks teistmoodi?**

**Vastus:** Lisaksin juurde ka video analüüsi, et oleks mängijale võimalik näidata live pilti lisaks kaardile. Kaart aitaks kindlasti mängijal mõista positsiooni veel paremini lisaks kaamera pildile.

#### **Kui oleks juures veel lisa statistika iga mängija kohta: löögid, söödud, tsenderdused jne, kas siis oleks rohkem abi?**

**Vastus:** Jah. Kasutame enda infoks ka praegu ühel noortegrupil (ei näita mängijatele), kuid annab aimu treenerile mängija probleemidest mänguolukorras. Mänguolukord erineb treeningust ja tihti tulevad probleemsed kohad välja just seal.

#### **Kui palju üldse noorte jalgpallis panustatakse mängu analüüsi peale?**

**Vastus:** Hetkel panustame videoanalüüsi peale, filmime kõiki mängu. Tahame hakata filmima ka vanemates vanusegruppides treeninguid. Nooremas eas on analüüs vaid treenerile, kui mängijad saavad vanemaks, hakkame ka neile näitama videoid, et nad näeksid ennast kõrvalt ja oskaksid meie infot seostada antud olukorraga. Näiteks Saksamaal tehakse videoanalüüsi alates 9ndast eluaastast mängijatele, et neil tekiks harjumus näha oma mängu kõrvalt (ei analüüsita vaid näidataks ainult mõningaid mingeid hetki, et mängijatel tekiks harjumus



antud tegevuseks). Infot ja täpsemat analüüsi mängijatele alates 12ndast eluaastast. Antud mudelit proovime ka meie tööle saada.

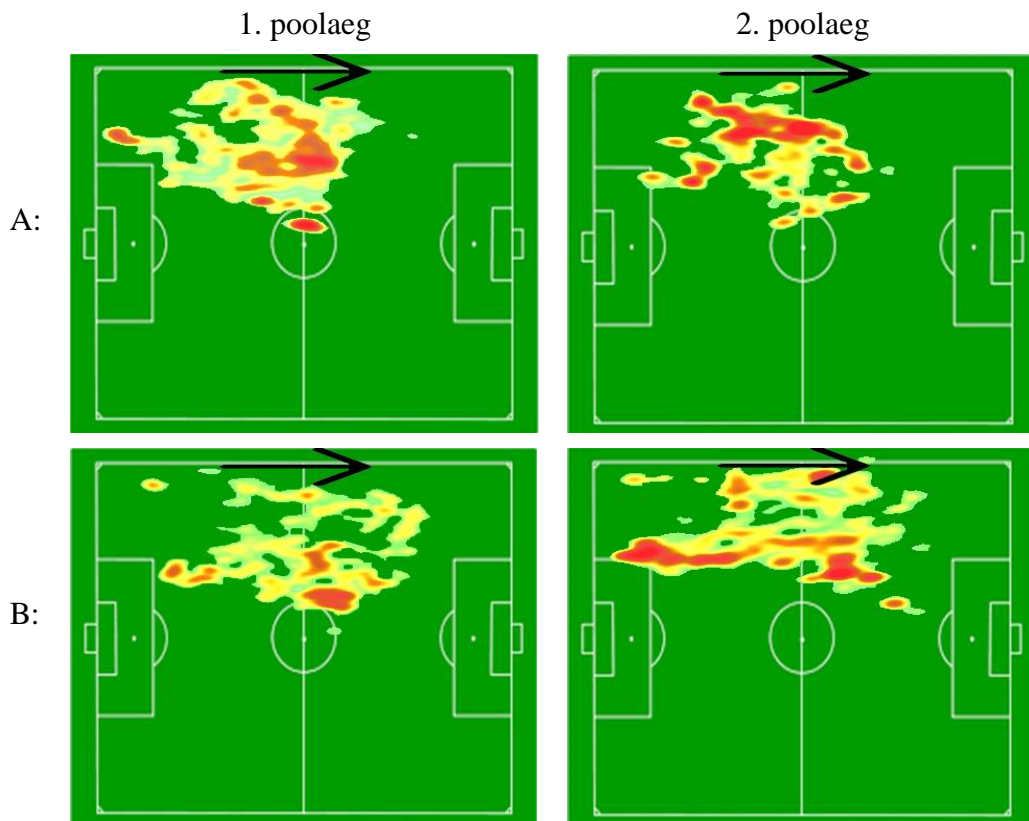
## Lisa 2: Heat map graafikud

Mõõtmiste tulemustel koostati *heat map* graafikud kõikide mängude kohta. Lisas 2 kuvatakse töö põhiosast välja jäänud *heat map* graafikud.

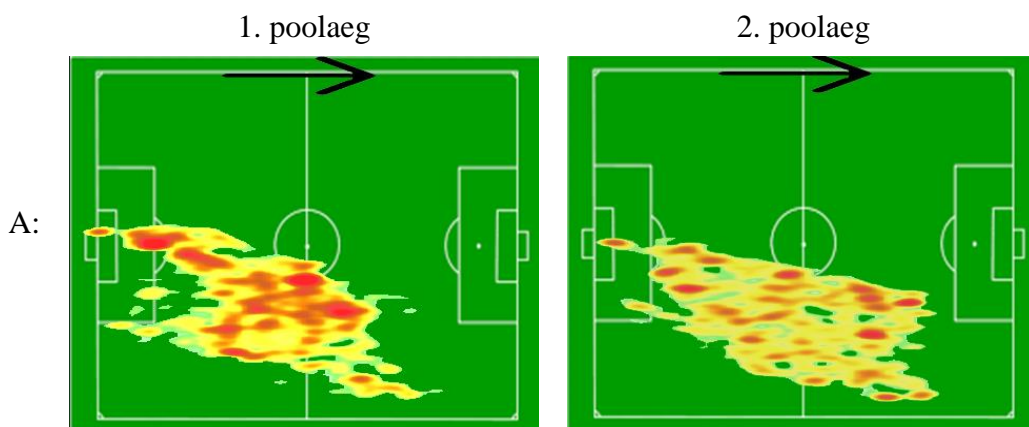
A: 1. mäng

B: 3. mäng

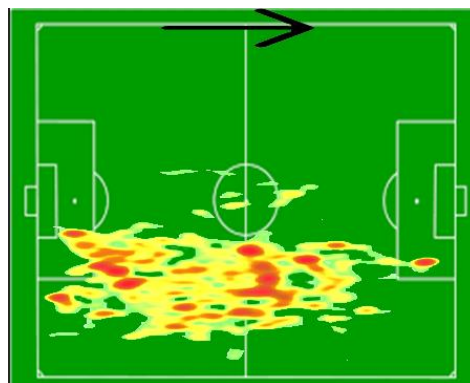
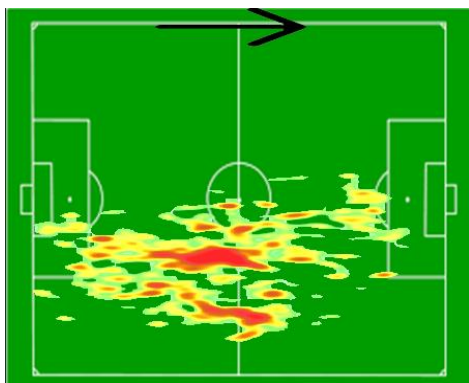
Mängija: Sten Marten Viira, ääreakitsja



Mängija: Daniil Sakarias, ääreakitsja



B:

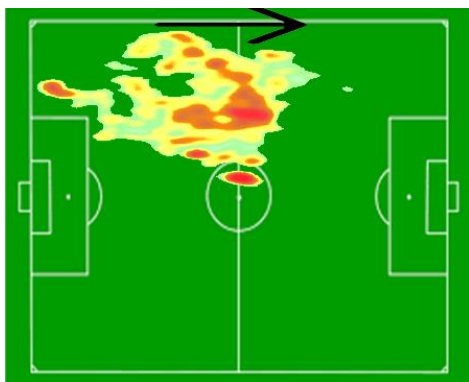


Mängija: Kirill Antonov, keskkaitaja

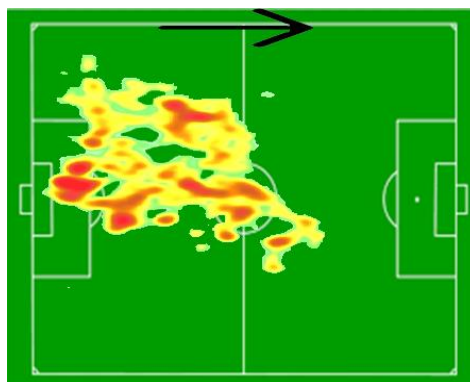
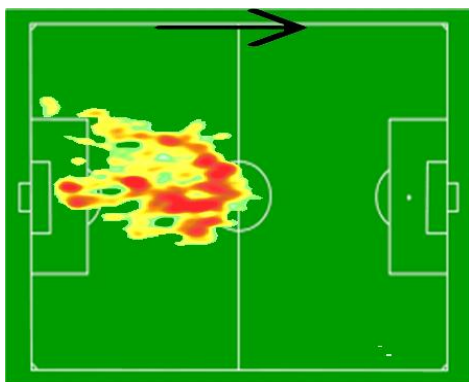
1. poolaeg

2. poolaeg

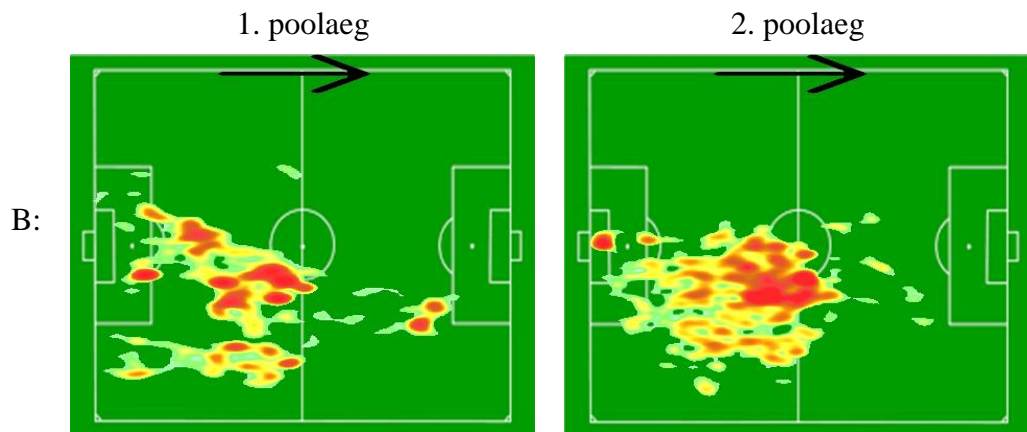
A:



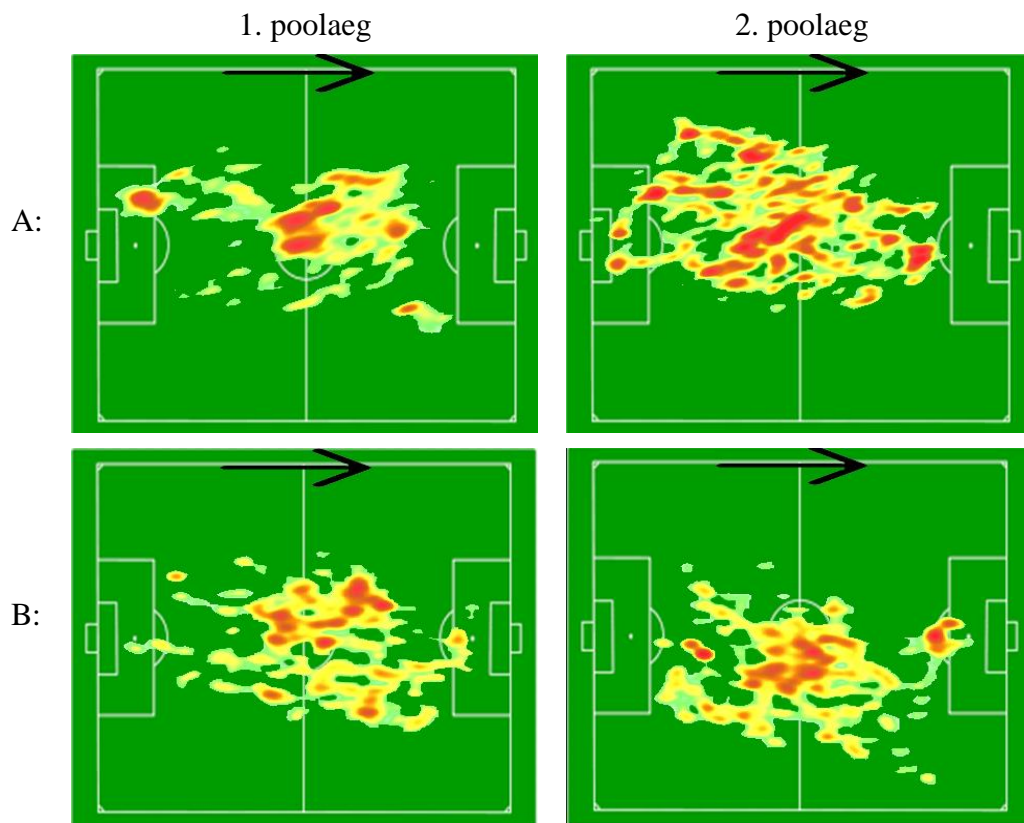
B:



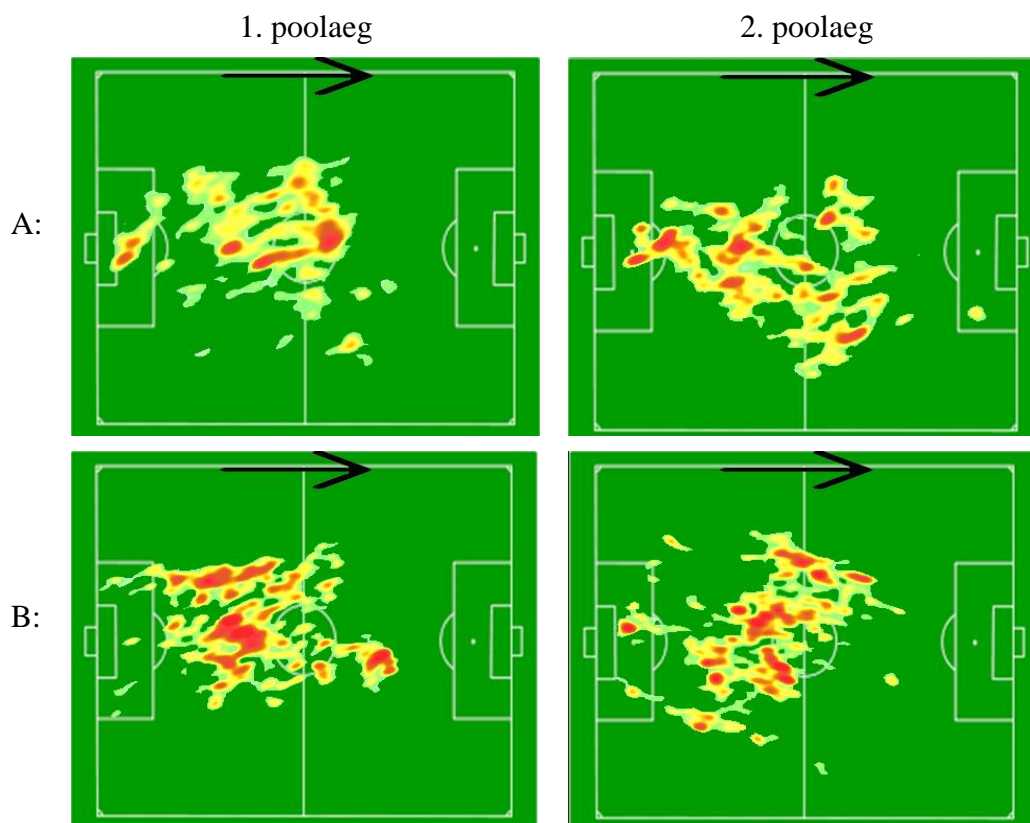
Mängija: Karl Volkovskis, keskkaitaja



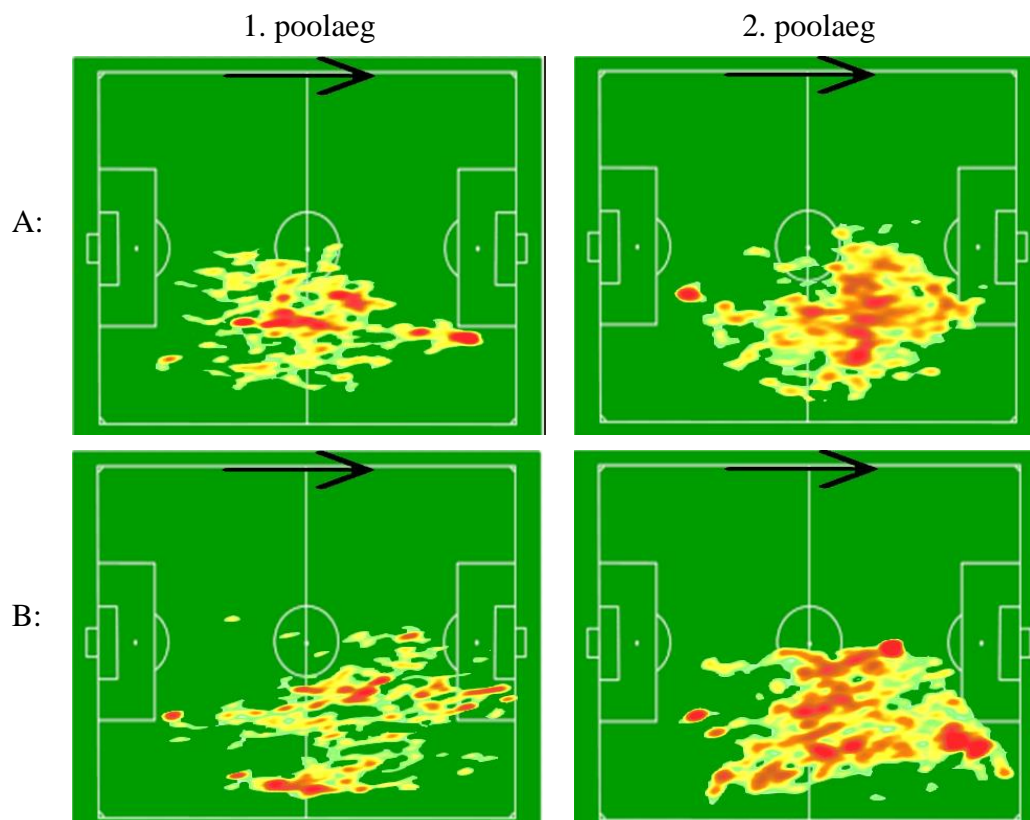
Mängija: Robin Kuusk, poolkaitsja



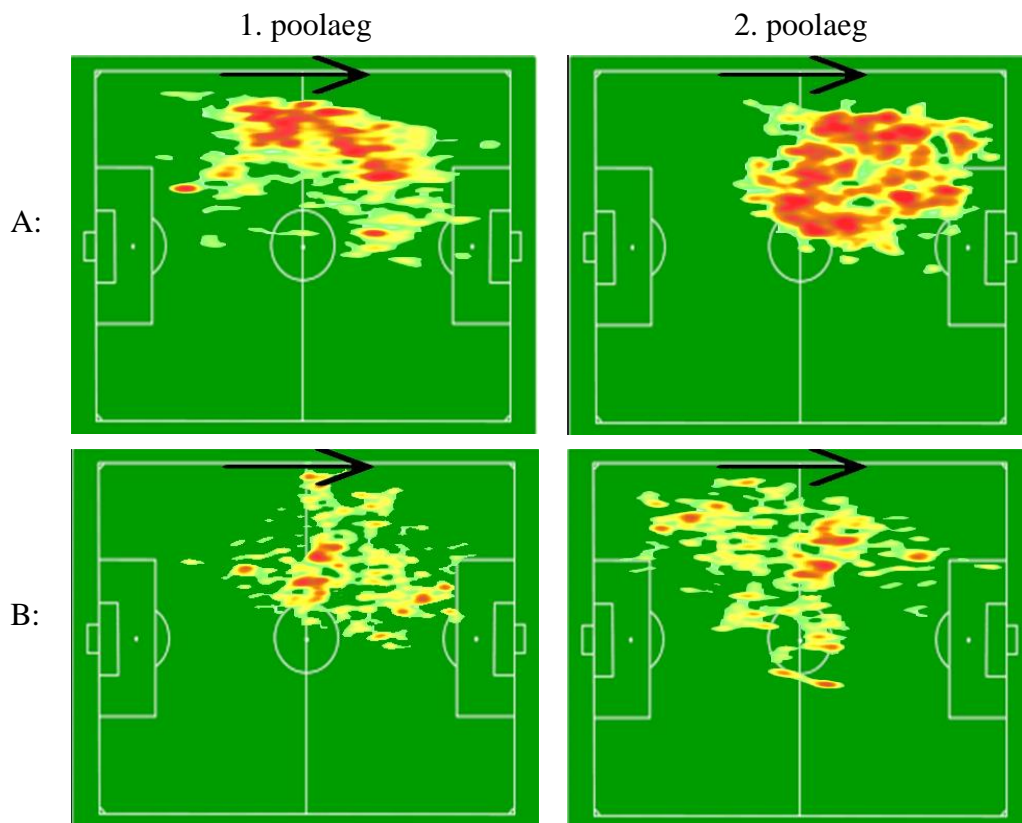
Mängija: Markus Rätsep, poolkaitsja



Mängija: Tristan Pugi, ääreründaja



Mängija: Martin Valkiainen, ääreründaja



Mängija: Andres Zeisig, tipuründaja

