

## **BINAURAL LJUDLOKALISERING AV VERTIKALA LJUDKÄLLOR**

En undersökning om spatial ljudlokalisering i ett förstapersonsspel

## **BINAURAL SOUND LOCALIZATION OF VERTICAL SOUND SOURCES**

A study about spatial sound localization in a first-person game.

Examensarbete inom huvudområdet Medier, estetik  
och berättande  
Grundnivå 30 högskolepoäng  
Vårtermin 2017

Liam Lerborn

Handledare: Anders Sjölin  
Examinator: Jamie Fawcus

# Sammanfattning

Detta kandidatarbete handlar om hur implementation av binauralt ljud kan användas för att öka precisionen för spelares ljudlokalisering i datorspel. I detta arbete skapades en artefakt som testade spelares förmåga att lokalisera ljudkällor på olika vertikala nivåer. Resultatet analyserades och problematiserades med kvantitativa- och kvalitativa undersökningsmetoder. Arbetet kopplas till tidigare forskning inom binauralt ljud och hur det används inom digitala medier. Studien tar även upp ämnen som involverar den mänskliga hörseln och ljudimplementation i datorspel.

**Nyckelord:** Binauralt ljud, *HRTF*, ljudlokalisering, spatialt ljud, vertikalt ljud, förstapersonsspel

# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Introduktion</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Bakgrund</b>	<b>2</b>
2.1	Människans hörsel	2
2.2	Binauralt ljud	3
2.3	Binaural syntes och dess användning i datorspel	4
2.4	Ljudlokalisering i virtuella medier	4
2.4.1	Binaural hörsel - Människans förmåga att lokalisera ljudkällor	4
2.4.2	En undersökning om användning av spatialt ljud i lokaliseringsspel	5
2.4.3	Spelares inställning till HRTF-teknik i FPS-spel	5
2.4.4	3D-Lokalisering av virtuella ljudkällor: Effekten av visuella miljöer, pekmetoder, träning.	5
<b>3</b>	<b>Problemformulering</b>	<b>7</b>
3.1	Metodbeskrivning	8
3.1.1	Artefakten	8
3.1.2	Datainsamling	10
	Dataanalys	11
3.2	Diskussion	11
<b>4</b>	<b>Genomförande</b>	<b>12</b>
4.1	Implementation av HRTF	12
4.2	Utveckling av spelet	12
4.3	Ljudobjektet	14
4.4	Pilotstudie	14
<b>5</b>	<b>Utvärdering</b>	<b>16</b>
5.1	Presentation av undersökning	16
5.1.1	Kvantitativt resultat	16
5.1.2	Kvalitativt resultat	20
5.2	Analys	21
5.3	Slutsatser	21
<b>6</b>	<b>Avslutande Diskussion</b>	<b>22</b>
6.1	Sammanfattning	22
6.2	Diskussion	22
6.3	Etiska aspekter	23
6.4	Framtida arbete	23
	<b>Referenser</b>	<b>24</b>

# 1 Introduktion

Denna undersökning fördjupar sig i binauralt ljud och hur det kan användas för spatial ljudlokalisering i datorspel. Binaural ljudåtergivning är en teknik som syftar på att återskapa de funktioner som karaktäriserar den mänskliga hörseln. Genom utveckling av algoritmer baserade på dessa funktioner kan ljudmotorer skapas som kan hantera binauralt ljud i digitala medier. Dessa syntetiskt binaurala ljudtekniker baseras på *HRTF*, en funktion som karaktäriserar hur ljud filtreras beroende på sin spatiala position i relation till lyssnaren. Till datorspel har det utvecklats ljudmotorer som baseras på *HRTF*'s då dess teknik har blivit växande i spelbranschen. Denna teknik är anpassad för att öka precisionen av ljud i hörlurar.

Vad denna undersökning vill besvara är hur dessa tekniker kan användas för spelares lokalisering av vertikala ljudkällor. I datorspel kan implementation av syntetisk *HRTF* bidra till en förstärkt ljudbild där spelaren ska kunna lokalisera ljudkällors exakta position genom att helt förlita sig på sitt spatiala lyssnande. Detta genom att allt ljud filtreras olika beroende på spelarens position och riktning i spelvärlden i relation till ljudkällan.

För att besvara frågeställningen skapades ett förstaperonsspel, konstruerat för att utmana spelares spatiala ljudlokalisering. Spelet designades för vertikal ljudlokalisering och tillämpades med en vald ljudmotor som hanterade syntetisk *HRTF*. Detta spel testades på en population som ansågs som erfarna inom datorspel. Undersökningen utformades som en kombinerad kvantitativ- och kvalitativ undersökningsmetod. Det kvantitativa resultatet baserades på respondenternas spelresultat. Det kvalitativa resultatet baserades från respondenternas intervjuer med forskaren. Denna data analyserades och jämfördes emellan till syfte av att uppnå en slutsats.

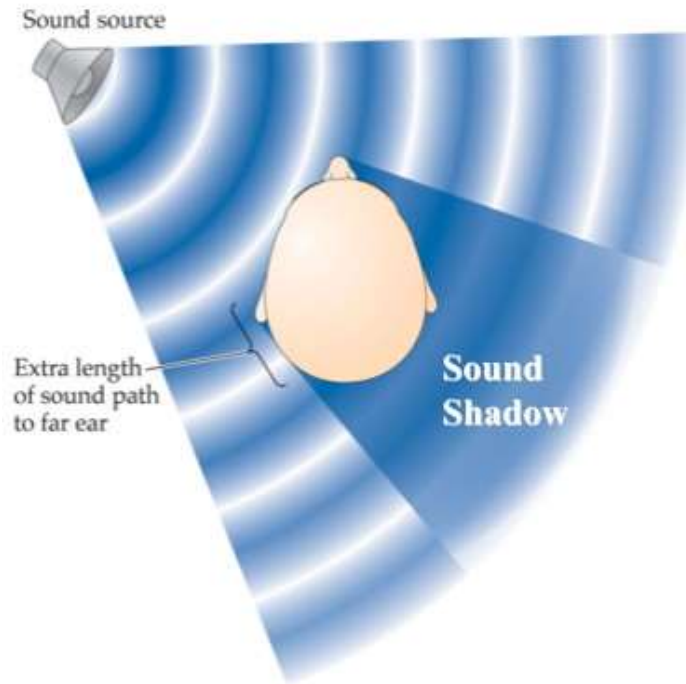
## 2 Bakgrund

I datorspel används ljud som ett komplement till grafiken för att öka immersionen av spelvärlden till syfte av att skapa en känsla av realism, eller vissa fall hyper-realism (Horowitz, Looney 2014). Men bortsett från estetiska ändamål används även ljud till andra syften. Ljud kan användas till att informera spelaren om olika händelser som sker i spelet. Exempelvis kan spelaren undvika faror eller överlista sina fiender genom att lokalisera dess ljudkällor. Genom avlyssning och identifiering av ljudkällorna kan spelaren anpassa sin spelstil och prestera bättre (Collins 2013: 64-66). Detta handlar om lokalisering av *3D-ljud*, vilket är de ljud som färgar spelvärldens olika tredimensionella objekt. 3D-ljud är dynamiska och panoreras beroende på sin position och riktning spelarens position i spelvärlden (Collins 2013: 100-101). Detta inkluderar objekt som är interaktiva, exempelvis fordon, karaktärer, vapen, etc.

Förstapersonsspelet *Counter-Strike Global Offensive* (Valve Corporation 2013) är ett exempel där spelare använder lokalisering av 3D-ljud till sin fördel. Detta genom att aktivt lyssna efter motståndares fotsteg- och vapenljud för att förutspå dess anfallsvinkel. Däremot blir spelarens lokaliseringsförmåga begränsad beroende på vilket val av ljudåtergivningsalternativ som används, d.v.s. stereo, surround, etc. Ett alternativ till detta är valet av binaural syntes. Denna teknik baseras på binauralt ljud som syftar på att öka precisionen av den spatiala ljudpositioneringen. Binauralt ljud i datorspel är relativt ovanligt men har blivit växande inom spelindustrin i samband med genomslaget av *VR (Virtual reality)* som anses ha höjt kraven på ljudimplementationen i spelbranschen. Detta beskrivs i en artikel i *Gamasutra (Riviere 2016)*. Som följd av detta har binauralt ljud även börjat användas i datorspel utanför *VR-mediet*. I en patch (1.35.6.0) som lanserades i december 2016, introducerades binauralt ljud till *Counter-Strike Global Offensive* (Valve Corporation 2013).

### 2.1 Människans hörsel

Människans förmåga att bedöma ljudkällors riktning grundar sig i hur vår hjärna tar emot information från vänster och höger öra och jämför dess data. Den information som analyseras är skillnaden i ljudets tid, fas och amplitud som inträffar mellan öronen (Rumsey, McCormick 2009). Beroende på vilken riktning ljudkällan har i relation till individen, kan individens överkropp och huvud blockera ljudets direkta väg till ena örat. Detta resulterar i en tidsskillnad (*interaural time difference*, ITD) för ljudets färd till öronen (Charlie 1997). På liknande sätt berörs även amplitudskillnaden (*interaural level difference*, ILD). Om en ljudkälla befinner sig till höger om en individ, kommer ljudstyrkan uppfattas starkare i höger öra jämfört med vänster och på så sätt uppfattas en skillnad i amplitud (Everest, Pohlmann 2009: 58-59). Detta fenomen kallas för en *akustisk skugga* vilket illustreras i följande bild (Figur 1). Fassettskillnaden, eller *interaural phase difference* (IPD) beräknas genom identifiering av fasförändringar som uppstår i ljudet.



**Figur 1** Illustration av akustisk skugga (Shannan 2010)

Vår hörsel tar kontinuerligt emot mängder med ljud. Dock kan vi enbart fokusera på ett begränsat antal ljudkällor. I sammanhang med bullriga ljudmiljöer kan människan enbart identifiera och lokalisera vissa specifika ljud (Roman, Brown 2003). På exempelvis en fest, där ljudbilden består av ett sorl av röster, är det omöjligt för våra öron att ta in information från varje individ. Istället kan människan mentalt filtrera bort alla andra röster för att fokusera sitt lyssnande på en specifik konversation. Detta fenomen kallas för *cocktail party effect* (Everest, Pholmann 2009: 63).

## 2.2 Binauralt ljud

Binaural ljudåtergivning är en teknik som syftar på att återskapa människans förmåga att uppfatta ljudsignaler. Detta grundar sig i hur människan genom användning av två öron kan urskilja ljudkällors distans, volym och riktning (Blauert 1997: 393). För att skapa binauralt ljud krävs tillämpning av *HRTF* (*Head-related transfer function*). *HRTF* är en funktion som beskriver hur formen på människans kropp, främst huvud och ytteröron, filtrerar ljudet innan det når trumhinnan. Dessa filtreringar karakteriserar örats förmåga att identifiera ljudkällors spatiala position (Cheng, Wakefield, 1999). Eftersom människors kroppar är unika, varierar dessa filtreringar från person till person. Personliga *HRTF*'s kan beräknas genom att spela in ljud med mikrofoner monterade i en specifik individs öron. Ljuden spelas upp från olika positioner med ett bestämt avstånd till individen. Ljudkällornas position varierar i förändringar mellan två vinklar i relation till individen, azimut- och höjdvinkeln. Azimut är den punkt som avgör ljudkällans horisontella position i sidled och höjddled medan höjdvinkeln avgör ljudkällans vertikala position i höjddled och djupled (Blauert 1997: 13-14, 393). *HRTF* kan utvinnas genom beräkningar av ljudkällornas tidsskillnader (*ITD*), fasskillnader (*IPD*) och ljudstyrka (*ILD*) från dessa vinklar (Charlie, 1997).

En metod för inspelning av binauralt ljud är genom användning av mikrofoner monterade i protetiska dockor, exempelvis *dummy-head*. *Dummy-head* är ett dockhuvud med

mikrofoner inuti dess öron. Dockhuvudets storlek och formen på dess öron baseras på generaliseringar av människans huvud. På så sätt kan *HRTF* tillämpas och binauralt ljud kan spelas in (Lalwani 2015). Tanken med binaurala inspelningar är att dess input, och även dess output ska motsvara positionen av lyssnarens öron. Därför krävs användning av hörlurar vid lyssning av binauralt ljud för att effekten ska fungera korrekt (Rumsey, McCormick 2009).

## 2.3 Binaural syntes och dess användning i datorspel

Eftersom binaurala inspelningar är linjära kan dessa inte direkt implementeras i datorspel för att uppnå en spatial ljudbild. Datorspel är icke-linjära och berörs av spelarens val. Detta betyder att ljudbilden inte kan vara förbestämd utan måste vara anpassningsbar för spelarens rörelser i spelvärlden. Denna nackdel anser Rumsey och McCormick (2009) ha gett upphov till varför tekniken för binaurala inspelningar inte fått någon framgång inom digitala medier. Som lösning till detta finns det utvecklade ljudmotorer som tillämpar binauralt ljud virtuellt med hjälp av algoritmer som baseras på generaliserade *HRTF*'s (Cheng, Wakefield, 1999). Benämningen för denna teknik är binaural syntes men dess användning i datorspel kallas normalt för implementation av *HRTF*.

*HRTF* i datorspel fungerar på så sätt att algoritmer bestämmer hur spelets ljudobjekt ska fungera. Detta genom att allt ljud filtreras spatialt beroende på *listener-objektets* position i spelvärlden och dess riktning till spelvärdens olika ljudobjekt. *Listener* är det objekt som fångar upp allt alstrande ljud i spelvärlden och skickar vidare det till datorns valda output (Madhav 2013). I ett förstapersonsspel placeras *listener-objektet* på spelets kamera vilket motsvarar avatarens huvud och spelarens synvinkel in i spelvärlden. På så sätt berörs alla spatiala filtreringar i ljudbilden av spelkamerans rörelser, d.v.s. avatarens huvudrörelser. Man kan säga att *listener-objektet* fungerar som ett par virtuella öron placerade på avataren (Madhav 2013). Med *HRTF* implementerat i ett förstapersonsspel, filtreras alla ljudobjekt i realtid beroende på sin spatiala position i spelvärlden i relation till spelkameran (Fay, Selfon 2004: 424-425). Genom identifiering av dessa filtreringar i samband med kamerans rörelser, kan spelaren lokalisera ifall ett ljudobjekt befinner sig över eller under deras position, samt framför eller bakom. Dessa element av lokalisering är inte möjliga med stereo-ljuduppsättning där ljudet enbart filtreras beroende på avstånd och horisontell riktning till spelaren.

## 2.4 Ljudlokalisering i virtuella medier

Inom forskning av binauralt ljud har tidigare undersökningar gjorts där människans lokaliseringsförmåga har testats. I följande undersökningar har syntetiska *HRTF*'s testats för användning av spatial ljudlokalisering.

### 2.4.1 Binaural hörsel - Människans förmåga att lokalisera ljudkällor

Parhizkari (2009) undersökte vilka ljud som var lättast att lokalisera mellan låg- och hörfrekventa signaler. I denna undersökning fick respondenter lyssna på repeterande ljud med hörlurar och sedan peka ut ljudens olika riktningsskällor. Ljuden som användes varierade mellan mänskliga röster, impulser och *pure tones*. Impulserna bestod av klickande ljud som skapades av korta beskärningar av ljudvågor. Till detta skapades 100ms långa sinusvågor. *Pure tones* är jämna ljudvågor med konstant frekvens och amplitud, utan övertoner. Till dessa skapades sinusvågor som var två sekunder långa. Både impulserna och sinusvågorna testades i olika frekvenslägen som varierade mellan 250 Hz till 16000 Hz.

Enligt Parhizkari (2009) resulterade undersökningen till att lågfrekventa ljud var lättare att lokalisera jämfört med högfrekventa, samt att mänskliga röster var lättare att urskilja jämfört med toner. Dock definierar aldrig Parhizkari (2009) vilka specifika frekvenser som användes under testet och vilka som definierades som låg- och högfrekvent.

#### **2.4.2 En undersökning om användning av spatialt ljud i lokaliseringsspel.**

Cater et al (2007) undersökte hur binauralt ljud kan användas till att leda och styra spelare i en fysisk miljö genom implementation av *HRTF* till ett *GPS-spel (Global positioning system)*. I denna undersökning fick respondenterna använda sig av en handdator. Handdatorn fungerade som en GPS som beräknade spelarens startposition och placerade ut olika virtuella ljudobjekt i sin omgivning. Genom att lyssna med hörlurar kopplade till handdatorn kunde spelarna lyssna sig till ljudobjektens spatiala position. Idén var att spelarna skulle gå runt med handdatorn och navigera till dessa ljudkällor genom att förlita sig på sitt spatiala lyssnade. Alla respondenter som deltog klarade av att navigera igenom spelet. Detta ansåg Cater et al (2007) som ett bevis på att syntetisk *HRTF* kan fungera som en effektiv metod för navigering.

#### **2.4.3 Spelares inställning till HRTF-teknik i FPS-spel**

Brieger och Göthner (2011) genomförde en undersökning till syfte av ta reda på hur spelare ställer sig till *HRTF-tekniker* som ljudåtergivningsalternativ i datorspel. Detta genom att jämföra *HRTF* med stereo i ett förstapersonsspel. Stereo valdes till syfte av att det är det mest använda ljudåtergivningsalternativet inom datorspel. I undersökning testades fem olika metoder av generaliserade *HRTF*'s. Varje respondent fick utföra ett hörseltest med dessa *HRTF*'s där de fick lyssna till ett repeterande ljud som förflyttades spatialt. Den *HRTF* som fungerade bäst till varje respondent användes sedan till nästa del av testet, där de fick använda denna *HRTF* i förstapersonsspelet *Unreal Tournament 3* (Midway Games 2007). Innan spelarna fick spela spelet med deras utvalda *HRTF*, fick de först spela spelet med stereo ljud. På så sätt kunde deras spelupplevelser jämföras och ett resultat kunde utvinnas angående vilken metod som fungerade bäst mellan *HRTF* och stereo. Slutligen fick respondenterna besvara ett antal frågor till syfte av att mäta deras inlevelse i spelet men även deras lokaliseringsförmåga till ljudkällorna. Majoriteten av respondenterna ansåg sig få en tydligare bild av ljudkällornas lokalisering med *HRTF*, framförallt i djupled och höjddled. En stor majoritet ansåg att *HRTF* skulle kunna förbättra deras prestationer i förstapersonsspel.

#### **2.4.4 3D-Lokalisering av virtuella ljudkällor: Effekten av visuella miljöer, pekmetoder, träning.**

Majdak, Goupell och Laback (2010) genomförde experiment där olika metoder för att peka ut ljudkällor i en spatial ljudmiljö testades. Till denna undersökning beräknades respondenternas personliga *HRTF*'s och implementerades i ett *VR-spel*. Spelet gick ut på att spelaren skulle peka ut olika ljudkällors position utifrån en stationärposition i spelvärlden. Dessa ljudkällor befann sig på olika positioner i sidled runt spelaren men kunde även befinna sig på olika höjd. I detta spel användes rörelsesensorer som hanterade spelkamerans rörelse i relation till spelarens huvudrörelser. Detta användes för att testa spelares metod för ljudlokalisering genom att peka ut ljudkällor med sitt huvud, d.v.s. rikta sitt ansikte mot ljudkällans riktning i spelvärlden. En annan metod för markering av ljudkällor var genom användning av en handkontroll. Handkontrollen liknande en pistol och hade rörelsesensorer som replikera en pekpinne i spelvärlden. Ett resultat mättes genom att jämföra precisionsskillnaden mellan dessa två metoder. Statistiskt sätt var metoden med huvudet



bättre för horisontell lokalisering medan metoden med handkontrollen var bättre för vertikal lokalisering. Dock var skillnaden minimal och det skulle krävas fler testpersoner för att dra en slutsats. Till detta experiment testades tio personer. Det genomfördes även blindtester där spelmiljön förblev helt svart i *VR-spelet*. Blindtesterna gick betydligt sämre i alla förhållanden jämfört med närvaron av den virtuella spelmiljön. Detta ansågs bero på att förhållandet mellan synen och hörseln samarbetar vilket har betydelse för lokalisering

### 3 Problemformulering

Den forskningen som tidigare gjorts har resulterat till en positiv ställningen till tekniken för binauralt ljud och dess förmåga att öka precisionen för spatial ljudlokalisering. I Cater et al (2007) undersökning, testas spelares lokaliseringsförmåga med syntetisk *HRTF* till syfte av att avgöra dess potential för användning i datorspel. Detta test ansågs som lyckat då alla respondenter lyckades navigera till alla lokaliseringpunkter. Brieger och Göthner (2011) testar detta vidare genom att direkt implementera *HRTF* i ett komplett datorspel för att mäta spelares inlevelse och lokaliseringsförmåga gentemot stereo. Detta test resulterade till att spelare hade en positiv ställning till användning av *HRTF* då de ansåg sig få en mer preciserad ljudbild.

Dessa undersökningar påvisar att tekniker för binauralt ljud är effektiva för spelares lokalisering i datorspel. Däremot bör detta inte tas för givet då dessa forskningsprojekt och dess metoder kan diskuteras. Parhizkari's (2009) undersökning resulterade till att lågfrekventa ljud var lättare att lokalisera. Dock förekommer det förvirring angående vilka frekvenser som definierades som låg- och högfrekvent. Ett mer utvecklat resultat skulle kunna uppnås genom att dela upp frekvenserna i fyra olika register, låg (20 – 200 Hz), låg-mid (200 – 1000 Hz), hög-mid (1000 – 5000 Hz), hög (5000 – 20,000 Hz). Denna terminologi är hämtad från Huber och Runstein bok *Modern Recording Techniques* (2010) och är anpassat för det mänskliga örat. Parhizkari (2009) ansåg att testerna med mänskliga röster involvera en frekvensbredd upp till 4000 Hz och klassificerades som ett lågfrekvent ljud. Detta bryter mot terminologin då det istället bör anses som ett hög-midfrekvent ljud.

I de undersökningar som tidigare gjorts har helheten av spatial ljudlokalisering testats eller begränsats till horisontellt plan. Däremot finns det en brist på analyser om spelares förmåga att lokalisera ljud på höjddled. Vertikal ljudlokalisering är ett fenomen som är potentiellt möjligt med hjälp av *HRTF* men är dock relativt utforskat. Brieger och Göthner (2011) framförde statistik för mätning av spelares lokalisering, där bl.a. vertikalt ljud ingick. Undersökningen resulterade till att *HRTF* var mer effektivt jämfört med stereo i höjddled. Däremot saknar deras undersökning utvecklade metoder för testning av spelarnas lokalisering. Spelet som användes under testningen hade även grafiska och spelmekaniska element som kan ha påverkat resultatet. Det som saknas inom forskning av binauralt ljud i virtuella medier är utvecklade metoder för testning av vertikalt lyssnande och hur det kan användas inom datorspel. Vad denna studie undersöker är hur *HRTF*'s kan användas för spelares lokalisering av ljudkällor placerade på olika vertikala nivåer. Detta leder till följande frågeställning:

- Är syntetisk *HRTF* effektiv för spelares lokalisering av vertikala ljudkällor i ett förstapersonsspel?

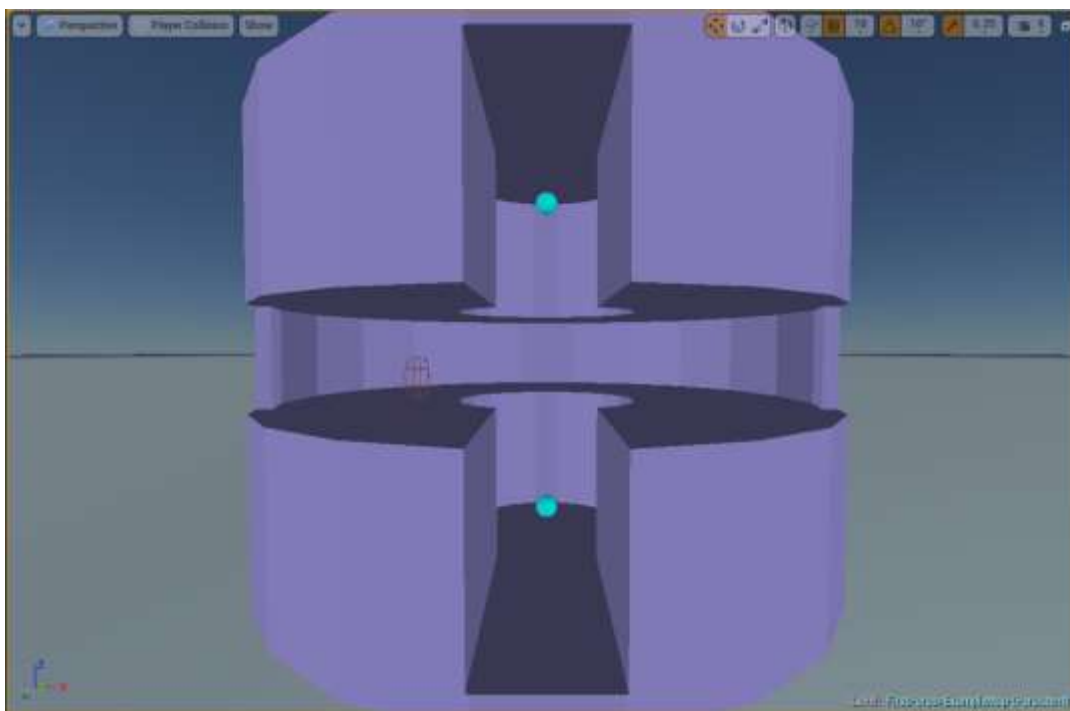
I Majdak, Goupell och Laback's (2010) undersökning testades den vertikala hörseln i en *VR-miljö* där spelaren befann sig i en fast position och kontrollerade spelets funktioner genom fysiska rörelser beräknade av rörelsesensorer. Vad denna undersökning testar är hur *HRTF* fungerar utanför *VR-mediet* i ett typiskt förstapersonsspel anpassat för användning av mus och tangentbord. Normen för kontroller i datorspel är att kamerarörelsen styrs av musen och spelkaraktärens rörelse i spelvärlden sker med tangentbordet. Idén bakom detta projekt var att skapa ett förstapersonsspel som applicerar denna mekanik och att erfarna spelare inom denna genre kommer sökas för spelets testning.

## 3.1 Metodbeskrivning

### 3.1.1 Artefakten

För att besvara frågeställningen skapades en prototyp där binaural syntes implementeras till ett förstapersonsspel skapat i spelmotorn *Unreal Engine 4* (Epic Games 1998-2017). Idén var att designa ett spel som var anpassat för testning av vertikal ljudlokalisering. Detta genom att skapa situationer där vertikal ljudlokalisering kunde utnyttjas för spelares vinning. Valet av förstapersonsspel var väsentligt för relationen mellan *HRTF* och spelarens inblick i spelvärlden. För att visuella element inte skulle kunna påverka resultatet vid testningen, designades spelet avsiktligt med avskalad grafik och enkel symmetrisk geometri. Ljudobjekten i spelet skapades utan någon typ av visuell representation. Detta eftersom spelaren enbart ska förlita sig på sitt lyssnande för att lokalisera ljudkällan.

Till spelet skapades en spelbana vars design visualiserade ett rum där spelaren kunde röra sig fritt i. I mitten av rummet skapades en urgröpfung, likt ett hål som gick igenom rummets tak och golv. I mitten av detta hål placerades ett ljudobjekt vars höjd varierade. Detta för att utmana spelaren till att avgöra ifall ljudobjektet befinner sig över eller under deras position. Tanken bakom denna design var att urgrömpningen skulle framställa en enkel visualisering av två positioner där ljudobjektets potentiella position kunde befinna sig, d.v.s. botten eller toppen av hålet (se **Figur 2**). Detta kunde liknas med en situation där spelaren exempelvis når en trappa eller steg och måste lista ut ifall hen ska ta sig upp eller ner för att nå ljudkällan. Implementationer av trappor och stegar undveks i denna design eftersom spelaren var tvungen att avgöra ljudobjektens position från sin fasta vertikala position. Genom denna speldesign begränsades spelaren till att enbart kunna röra sig horisontellt längs rummets golv. På så sätt kunde spelaren inte ta sig ner eller upp genom hålet, enbart cirkulera runt det. Detta motverkar spelaren från att ta sig närmare ljudkällan vertikalt. Syftet med denna design var att spelaren inte skulle kunna beräkna ljudkällans position genom avlyssning av skillnader i ljudstyrka i relation med sin distans till objektet. Istället tvingades spelaren till att använda sig av sitt vertikala lyssnande genom att använda sig av kamerans fria rörelser för att lokalisera ljuden spatialt. Detta eftersom kameran motsvarar avatarens huvud och dess rörelser berör ljudbilden spatialt i relation till riktning mot spelvärdens olika ljudobjekt.



**Figur 2** Prototyp av spelbanan. Kloten motsvarar ljudobjektens potentiella positioner. Den röda markeringen motsvarar avataren. I denna illustration har delar av spelbanans geometri raderats för att ge inblick i rummet och hålets djup.

För att spelaren skulle kunna markera sitt val av ljudobjektets position, skapades två dörrar med visualiserade pilar. Ena dörren med en pil som pekade upp, den andra dörren med en pil som pekade ner. Spelaren markerar sitt val av ljudobjektets position genom att gå igenom den dörr vars pil pekar mot vald position, d.v.s. upp eller ner. Dessa dörrar konfigurerades även till att fungera som portaler som laddade nästa spelmoment.

Spelbanan delades upp i tio olika nivåer. Det som skiljde sig på de olika nivåerna som skiljde var ljudobjektets position. Nivåerna delades även upp i två spelmoment. I det första momentet var ljudobjekten stationära. På dessa nivåer hade ljudobjektet två möjliga positioner. Antingen befann sig objektet i toppen av hålet i taket, eller i botten av hålet i golvet. Oavsett position hade ljudobjektet samma beräknade vertikala avstånd från rummets mittpunkt. Detta för att bevara samma vertikala distans till ljudobjektet. I det andra spelmomentet var ljudobjekten rörliga. I denna version rörde sig ljudobjektet i en riktning, antingen uppåt eller neråt genom urgröpningen. Spelaren skulle då avgöra vilken riktning ljudobjektet rörde sig mot.

För att spelarna skulle kunna lokalisera ljudobjekten krävdes implementation av *HRTF*. Till detta projekt användes ljudmotorn *Phonon 3D* (Impulsonic 2011-2016) för implementation av *HRTF*. I en tidigare pilotundersökning testades *Phonon 3D's* (Impulsonic 2011-2016) kompatialitet i *Unreal Engine 4* (Epic Games 1998-2017). Under detta test lyckades ljudmotorn implementeras. Ljudmotorns funktionalitet för *HRTF* testades genom att forskaren lyssnade till ett ljudobjekt från olika infallsvinklar med spelkameran. Samma test

genomfördes sedan med stereo-ljuduppsättning för att jämföra dess ljudbild. Under detta personliga test ansågs ljudmotorn fungera då de spatiala filtreringarna kändes naturliga för ljudobjektets position relaterat till spelkamerans position.

Ljuden som användes var mono-inspelningar av mänskliga röster. Mono-filer var väsentligt för att ljudobjekten ska fungera korrekt som 3D-ljud i spelvärlden. Varje respondent fick spela spelet med samma dator, med samma hörlurar och samma rekommenderande volym. Speltestet utspelades i samma rum för samtliga respondenter. För att undvika oväsen som kunde störa spelaren, användes ljudisolerade hörlurar användas. Lokalen där undersökningen ägde rum fick enbart forskaren och vald respondent få befinna sig. Detta till syfte av att inga andra individer skulle kunna påverka resultatet.

### **3.1.2 Datainsamling**

Den målgrupp som söktes till denna undersökning var spelvana personer mellan 18 till 30 år. Varje respondent fick spela igenom spelet och sedan genomgå en kvalitativ intervju. Eftersom speltestning och genomförande av intervjuer ansågs som tidskrävande, fick ett begränsat antal av respondenter få ta del av undersökningen. Resultatet av intervjuerna sammanställas i ett urval av 12 respondenter. Intervjuerna var semistrukturerade och följde ett specifikt frågeformulär.

Innan respondenterna fick spela spelet, gav forskaren ut information om hur spelets kontroller hanterades och hur varje spelmoment fungerade. Spelarna fick även få en kort introduktion till binauralt ljud och vad studien handlade om. Efter att respondenten tagit sig igenom spelet fick de delta i en intervju. Under intervjun fick respondenterna inte veta sitt resultat av speltestet. Detta för att undvika påverkan av deras synpunkt angående spelets svårighetsgrad.

Först fick respondenterna besvara frågor angående deras tidigare erfarenhet inom förstapersonspel och binauralt ljud. Detta för att se ifall tidigare erfarenhet inom denna spelgenre tyder på bättre prestation i speltestet. I intervjun fick respondenterna besvara sin preferens för val av ljudåtergivningsalternativ till datorspel, d.v.s. val mellan högtalare eller hörlurar. Hörlurar är väsentligt för ljudlokalisering i datorspel och därför förväntades erfarna spelare med denna typ av vald ljuduppsättning prestera bättre. Respondenterna fick besvara frågor angående deras upplevelse, ifall de kunde känna av effekten av binauralt ljud och hur bra de ansåg sig ha presterat. Detta var viktigt eftersom respondenterna kunde anse sig ha presterat bra trots att de hade begått flera misstag i speltestet.

Till sist fick de besvara två frågor angående deras synpunkt på binauralt ljud. Till dessa frågor demonstrerades effekten av binauralt ljud i en version av spelet där en rörlig ljudkälla representerades grafiskt. Detta för att visa hur *HRTF* fungerade ihop med visuella objekt. Under speltestet fick forskaren kontinuerligt observera hur respondenterna spelade. Detta till syfte av att undersöka respondenternas metod för hur de förflyttar sig och kontrollerar spelkameran när de försöker lokalisera ljudobjekten. Under observationen beräknade forskaren även antalet lyckade lokaliseringar som genomfördes av respondenten. Antalet lyckade och misslyckade lokaliseringar antecknades för varje spelmoment. Detta för att se ifall det fanns något mönster mellan spelarnas framgångar eller misslyckanden.

## Dataanalys

Ett resultat mättes genom att beräkna hur många rätt respondenterna hade, d.v.s. hur många ljudobjekt de lyckades lokalisera i speltestet. Respondenternas prestationer mättes i jämförelse med hur de besvarade frågeformuläret i intervjuerna. Detta involverade analys och jämförelser inom följande områden.

- Respondenternas erfarenhet inom förstapersonsspel.
- Respondenternas val av ljudåtergivningsalternativ för spelande av förstapersonsspel.
- Hur respondenterna ansåg sig prestera.
- Problematisering av respondenternas metod för lokalisering.

## 3.2 Diskussion

Denna metod strävade efter att skapa ett spel anpassat för vertikalt lyssnande till syfte av att undersöka hur binaural syntes fungerar för spelares lokalisering av ljudkällor i förstapersonsspel. Dock fanns det en problematik med valet av implementation av *HRTF*. Ljudmotorn som användes baserades på generaliserade *HRTF*'s. Detta garanterar inte till att en hel population kommer uppleva samma spatiala upplevelse. Eftersom varje individs *HRTF* är unik kan det därför uppstå avvikelser där den spatiala ljudbilden inte känns naturlig för respondenten.

Den ljuddesign som eftersträvades i detta projekt exkluderade implementation av *reverb* och *occlusion*, två tekniker som används inom ljuddesign för tredimensionella spel. *Reverb* är en eko-effekt som används för skapa naturliga rumsklanger (Huber & Runstein 2010). *Occlusion* är en teknik som avgör ljuds färdriktning beroende på närmsta avstånd till spelaren och spelvärldens geometri (Madhav 2013). Dessa tekniker valdes bort eftersom studien fokuserade enbart på att undersöka effekten av *HRTF*.

Ett begränsat antal av respondenter fick delta i undersökningen. Detta eftersom det ansågs tids- och resurskrävande att få tag på relevanta respondenter, genomgå speltest och intervjuer, samt analysera resultatet för varje respondent. Istället valdes ett urval ut för att undersökningen skulle bli rimlig att hantera.

Till denna undersökning genomfördes kvalitativa intervjuer. Detta eftersom respondenterna kanske inte var erfarna inom forskningsämnet och kunde därför ha svårigheter att förstå vissa termer som används i frågeställningen. Genom att forskaren befann sig på plats hos respondenterna, kunde hen ge direkt information om ämnet till respondenterna och även hjälpa ifall det uppstod frågor kring spelet. Intervjuerna följde en semistrukturerad modell. En semistrukturerad intervju innebär att forskaren har på förhand definierat frågor som ska besvaras men att svarsalternativen kan vara öppna. (Östbye 2008: 102-103). Fördelen med semistrukturerade intervjuer är att de är lätta att jämföras emellan. Forskaren styr informanten till att besvara frågorna utefter en förbestämd struktur som på så sätt kan resultera till förväntade svar som förenklar analysen. I denna undersökning användes detta för att nå data som kunde jämföras med respondenternas spelresultat. Detta genom att följa frågeformuläret med förbestämda frågor. För att undvika missvisade resultat fick respondenterna möjlighet att motivera och problematisera sina svar. Svarsalternativen till frågorna var öppna, vars fulla kommentarer kommer togs med i datainsamlingen. I intervjun fick respondenterna även möjlighet att yttra övriga kommentarer. Detta till syfte ifall respondenten hade några egna synpunkter angående speltestet.

## 4 Genomförande

### 4.1 Implementation av HRTF

Innan skapandet av artefakten påbörjades, testades *Phonon 3D's* (Impulsonic 2011-2016) kompilatet med spelmotorn. Ljudmotorn visade sig inte vara kompatibel med den senaste versionen av *Unreal Engine* (1998-2016), vilket för tillfället var version 4.15. Istället användes *Unreal Engine 4.12* (Epic Games 1998-2016), vilket ansågs vara den rekommenderade versionen för användning av *Phonon 3D* enligt Impulsonic (2011-2016). Med denna version lyckades ljudmotorn installeras och *HRTF* kunde aktiveras för ljudobjekten. Med *HRTF* aktiverat, renderas alla ljudobjekt med *HRTF's* algoritmer i realtid.

### 4.2 Utveckling av spelet

När spelet skulle skapas, valdes en av *Unreal Engine's* (Epic Games 1998-2016) flera standard projektmallar. Till detta projekt användes en mall anpassad för förstapersonsspel. I denna mall ingick färdiga verktyg och tillgångar som uppfyller kraven för ett förstapersonsspel. Detta involverar en fungerande avatar vars huvud spelkameran är placerad på. Kamerarörelserna styrs med datormusen och avatarens rörelser, d.v.s. gå och hoppa, styrs med tangentbordet. Avataren har fungerande kollision vilket krävs för att spelaren inte ska kunna ta sig igenom specifika objekt och ytor, exempelvis golv och väggar. I denna mall fanns det även tillgång till ett centrerat visuellt hårkors som följer kamerans rörelser. Detta användes för att förtydliga mittpunkten på kameran. Avatarens hoppfunktion inaktiverades i detta projekt. Detta eftersom spelaren inte skulle kunna avgöra ljudkällornas position genom att hoppa närmare ljudkällan och på så vis lista ut ljudkällans position genom identifiering av differens i ljudbilden i relation till sin distans till objektet.

Spelet skapades i syfte av att testa två olika spelmoment av ljudlokalisering. Ett moment med stationära ljudobjekt och ett moment med rörliga ljudobjekt. I momentet med stationära ljudobjekt ska spelaren lista ut ifall ljudkällan befinner sig över eller under deras position. I momentet med rörliga ljudkällor ska spelaren lista ut ifall ljudkällan rör sig uppåt eller neråt. För att testa dessa spelmoment skapades en spelbana uppdelad i olika versioner som konfigurerades med mindre variationer emellan.

Spelbanan utformades till att visualisera ett symmetriskt cirkelformat rum. En entré till rummet skapades vars position avatarens startpunkt placerades. Spelkameran på avataren justerades till att befinna sig på samma höjd som cirkelrummets vertikala mittpunkt. Detta för att resultera till att kameran alltid befann sig på samma avstånd till golv och tak. I mitten av cirkelrummet skapades en cirkulär urgröpning. Urgröpningen utformades likt ett hål som borrar sig igenom rummets tak och ner genom rummets golv. För att undvika att spelaren ska råka ramla ner i hålet, skapades ett osynligt objekt som blockerade avataren från att ta sig ner för kanten. Urgröpningen visualiserar det utrymme där ljudobjektet är placerat. Tanken bakom denna design är att spelaren styr avataren fritt runt urgröpningen och använder sig av olika infallsvinklar med kameran för att lyssna sig till ljudobjektets position. Genom identifiering av de spatiala skillnader som sker i ljudbilden i relation med kamerarörelserna, ska spelaren kunna identifiera ljudobjektets vertikala riktning.

I momentet med stationära objekt skapades två klot som placerades i spelbanans urgröpning. Syftet med dessa klot var att de skulle visualisera ljudkällans potentiella

positioner. Kloten placerades i mitten av hålet men med olika vertikala positioner. Ena klotet placerades inuti hålet i golvet medan det andra klotet placerades inuti hålet i taket. Klotens vertikala avstånd justerades till att ha samma beräknade avstånd från rummets vertikala mittpunkt. Detta till syfte av att uppnå samma vertikala avstånd till avatarens spelkamera. Till detta moment av spelbanan skapades fem nivåer. Skillnaden mellan varje nivå var positionen av ljudobjektet. I tre nivåer placerades ljudobjektet på det nedre klotet. I två nivåer placerades ljudobjektet på det övre klotet. I denna situation ska spelaren lokalisera vilket klot som ljudkällan befinner sig på. Syften med kloten är att de ska visualisera vilket uppskattat avstånd ljudobjektet har.



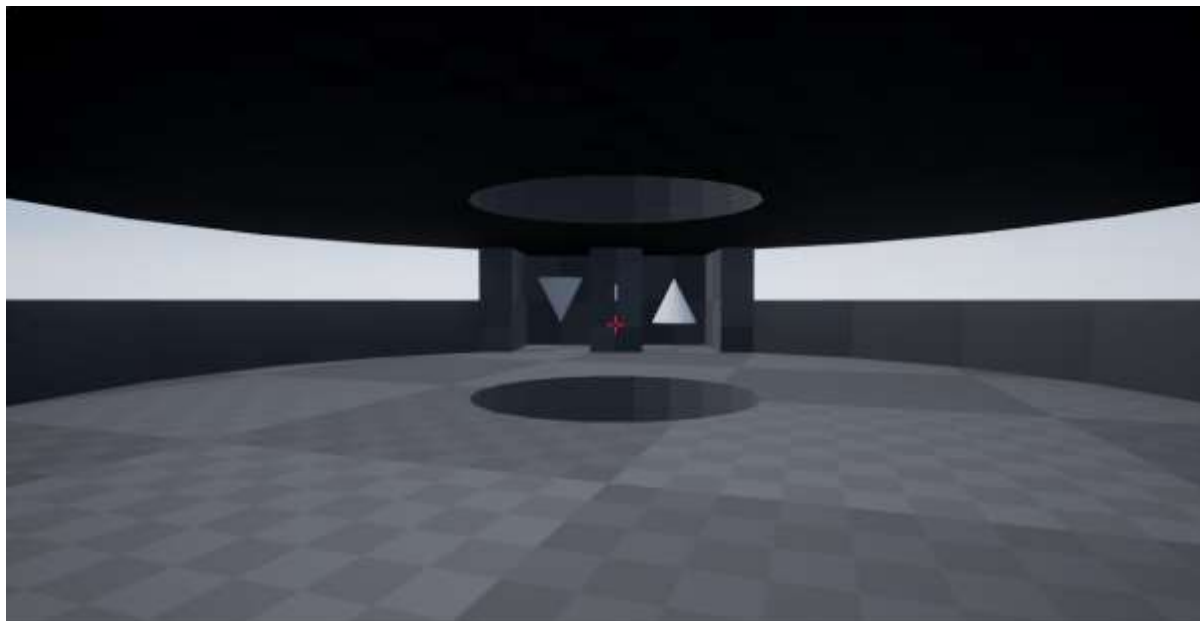
**Figur 3** Bild av spelbana med stationära ljudobjekt. Notera att en fjärdedel av spelbanans geometri har raderats för att ge en inblick på djupet av den cirkulära urgröpningen. I urgröpningen kan kloten som visualiserar potentiella ljudobjekt betraktas.

I momentet med rörliga ljudkällor programmerades ljudobjektet till att förflytta sig i en riktning. Ljudobjektets horisontella position förblir kvar i mitten av urgröpningen. Däremot förflyttar sig ljudobjektet vertikalt antingen uppåt eller neråt genom hålet. Ljudobjektet färdas genom hela urgröpningen innan den hoppar tillbaks och börjar om från sin ursprungspunkt. I denna situation ska spelaren lista ut vilken riktning ljudobjektet färdas, d.v.s. uppåt eller neråt. Fem nivåer av denna situation skapades. Tre nivåer där ljudobjektet förflyttar sig nerifrån och upp. Två nivåer där ljudkällan förflyttar sig uppifrån och ner.

För att spelaren skulle kunna bestämma sitt val av lokalisering skapades två portar till spelbanan. Dessa portar placerades bredvid varandra i cirkelrummet. Tanken med dessa portar var att spelaren skulle kunna markera ljudkällans position genom att träda in i den port som motsvarar det valet. För att visualisera portarnas val skapades två pilar. Dessa pilar placerades på portarna och justerades till att peka åt den riktning portens val motsvarar, d.v.s. upp eller ner. Porten med pilen som pekar ner hänvisar till ljudobjekt som befinner sig nedanför eller som färdas neråt. Porten med pilen som pekar uppåt hänvisar till ljudobjekt som befinner sig ovanför eller färdas uppåt. I figur 3 och figur 4 kan portarna med pilarna betraktas. Portarna programmerades till att även ladda nästa spelmoment när spelaren gjort sitt val. På så sätt kunde alla versioner av spelbanan kopplas ihop och spelas i under samma



spelomgång utan avbrott. Till detta användes en *triggerbox*, vilket är ett osynligt tredimensionellt fält som används för att aktivera händelser när objekt kolliderar med dess massa. Denna *triggerbox* placerades i portarna och programmerades till att ladda nästa bana vid kollision av avataren.



**Figur 4** Bild utifrån avatarens synvinkel i spelet.

Den färdiga produkten av spelet resulterade sammanlagt till tio nivåer. Fem nivåer med stationära ljudobjekt följt av fem nivåer med rörliga ljudobjekt. Ytterligare en variant av spelbanan skapades där ett rörligt ljudobjekt visualiserades av ett klot. Detta skapades till syfte av att demonstrera hur *HRTF* fungerar ihop med visuella objekt. Demonstrationen visas upp för varje respondent efter de genomfört speltestet. Respondenten kommer sedan besvara ifall ljudbilden känns naturlig till klotets rörelse.

### 4.3 Ljudobjektet

Till ljudobjekten som användes i spelet, användes en inspelning av mänskliga röster. Denna inspelning hämtades från *TMPvoices* (TMP Media Group 2013) ett ljudbibliotek för inspelningar med tal. Inspelningen bestod av en manlig och kvinnlig röst som läser upp en informativ text på engelska. Inspelningen valdes ut på grund av sin höga kvalitet på ljudproduktion och tydlighet i rösternas tal. Ljudfilen till denna inspelning exporterades till mono med 44100 Hz *sample rate* och 16 *bit rate*. Ljudfilen implementerades till ljudobjekten i spelet som sedan tillämpades med *HRTF*. I spelet konfigurerades ljudobjektens *falloff* till att matcha rummets storlek. *Falloff* är en algoritm som bestämmer ljudobjektens räckvidd, d.v.s. hur mycket volymen ska minska eller ökar beroende på avatarens avstånd från ljudobjektet (Madhav 2013).

### 4.4 Pilotstudie

I en pilotstudie fick tre respondenter testa det kompletta spelet. Dessa respondenter hade intresse för datorspel och var erfarna inom redigering och processering av ljud och musik.

Pilotstudiens främsta syfte var att demonstrera *HRTF* och se ifall artefakten ansågs fungera till dess syfte.

Innan testet fick varje respondent en introduktion till binauralt ljud och hur det fungerar i datorspel. Respondenterna fick specifik information om att ljudens spatiala filtreringar berördes av spelkamerans riktning mot ljudobjekten och att de skulle utnyttja sin tid till att lyssna från olika infallsvinklar innan de beslöt sina val. Respondenterna fick även information om spelets kontroller och mål för varje spelmoment. Under speltestet observerades hur varje respondent spelade spelet. Efter speltestet fick respondenterna besvara ifall de kunde känna av effekten av binauralt ljud, d.v.s. ifall de kunde höra de spatiala filtreringar i ljudbilden som avgjorde ljudobjektens vertikala position.

I speltestet fick första respondenten fyra av tio rätt, den andra fick sju av tio rätt, och den sista respondenten fick åtta av tio rätt med alla rätt på momentet med stationära ljudobjekt. Samtliga respondenter ansåg sig känna av effekten av binauralt ljud men att det generellt sätt var svårt att avgöra ljudobjektens vertikala position. Respondenten med minst rätt utnyttjade inte kameran lika mycket som de andra två respondenterna. Denna respondent var rädd att hen skulle falla ner i urgröpningen vilket kan ha påverkat resultatet. Till de andra två respondenterna förtydligades det att det inte var möjligt att ta sig ner i urgröpningen.

Efter speltestet fick respondenterna testa demonstrationsbanan med det visuella ljudobjektet. Under denna demonstration kontrollerade forskaren spelet medan respondenten fick lyssna och observera. Under demonstrationen testades olika infallsvinklar med kameran mot det rörliga objektet. Först riktades spelkameran rakt mot ljudobjektet. Sedan riktades kameran till vänster och höger om ljudobjektet. Till sist vändes kameran ifrån ljudobjektet, d.v.s. med avatarens rygg mot klotet. Under denna demonstration ansåg respondenterna att effekten blev av binauralt ljud blev tydligare. Två respondenter kommenterade specifikt att de kunde känna av ljudobjektets vertikala rörelse i hörlurarna. Respondenterna ansåg att artefakten verkade rimlig för testning av vertikal lokalisering. Ingen av respondenterna hade svårigheter att förstå forskarens instruktioner eller spelets mekanik.

## 5 Utvärdering

### 5.1 Presentation av undersökning

I denna studie har spelvana personer i åldrarna mellan 19 till 25 år undersökts. Testpersonerna bestod av studenter från Högskolan i Skövde inom inriktningen datorspelsutveckling. Totalt undersöktes data från tolv testpersoner. Varje respondent spelade igenom spelet och deltog sedan i en intervju. Innan de fick spela spelet gav forskaren ut en kort introduktion till binauralt ljud och vad studien handlade om. Forskaren informerade även respondenten om hur spelets kontroller fungerade samt vad deras uppgift var för de olika spelmomenten. Under intervjun fick respondenterna besvara åtta frågor. Två frågor hade svarsalternativ. Dessa frågor handlade om respondentens erfarenhet inom genren för förstapersonsspel och vilken typ av ljudåtergivningsalternativ de föredrog till datorspel. Syftet bakom dessa frågor grundade sig i att se ifall spelare som ansåg sig vara mer erfarna inom förstapersonsspel eller som föredrog hörlurar till datorspel visade sig prestera bättre under speltestet. Resterande frågor hade öppna svar till syfte av att utvinna kvalitativ data. Dessa frågor involverade kring respondenternas uppfattning av binauralt ljud och vad de ansåg var lätt, samt svårt med spelet. Respondenten fick även förklara ifall de kom på någon metod som underlättade lokaliseringen av ljudobjekten. Intervjuerna transkriberades och finns antecknade i Appendix A. För att underlätta transkriberingen har forskaren vid behov ställt följdfrågor till syfte av att förtydliga respondenternas svar och bekräfta att det som antecknas stämmer överens med vad respondenten vill förmedla.

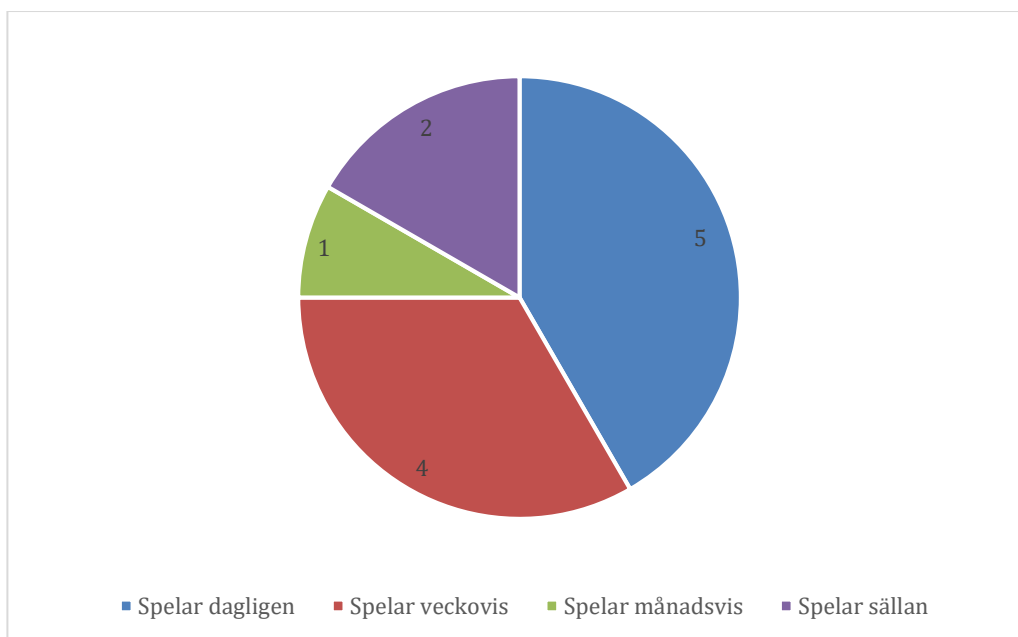
#### 5.1.1 Kvantitativt resultat

Den kvantitativ data som utvunnits baseras på respondenternas spelresultat och hur de besvarade frågorna med svarsalternativ. I tabellen (se **Figur 5**) visas resultatet för hur många rätt varje respondent fick under speltestet. Tabellen är uppdelad i tre kolumner. Första kolumnen motsvarar respondenternas antal rätt för momentet med stationära ljudobjekt. Andra kolumnen motsvarar respondenternas antal rätt för momentet med rörliga ljudobjekt. Tredje kolumnen motsvarar respondenternas totala antal rätt för båda momenten. Längst ner i varje kolumn visas medelvärdet för summan av alla respondenters antal rätt.

	Antal rätt stationära ljudobjekt (max 5)	Antal rätt rörliga ljudobjekt (max 5)	Totalt antalet rätt (max 10)
Respondent 1	1	3	4
Respondent 2	3	5	8
Respondent 3	3	2	5
Respondent 4	3	3	6
Respondent 5	2	4	6
Respondent 6	2	2	4
Respondent 7	4	4	8
Respondent 8	3	5	8
Respondent 9	4	3	7
Respondent 10	2	3	5
Respondent 11	2	0	2
Respondent 12	1	2	3
<b>Medelvärde</b>	<b>2.5</b>	<b>3</b>	<b>5.5</b>

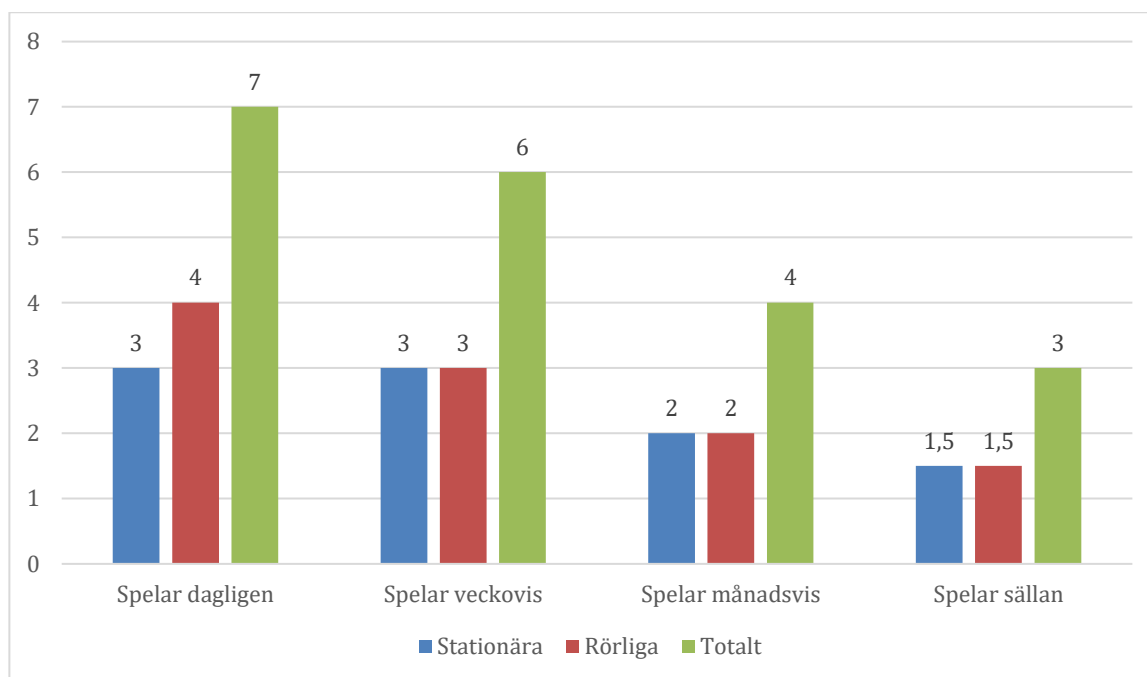
**Figur 5.** Tabell över respondenternas spelresultat.

Under intervjuerna fick varje respondent besvara hur ofta de uppskattningsvis spelade förstapersonsspel. Till denna fråga fick respondenterna fyra olika alternativ att besvara emellan. Dessa alternativ var följande: Dagligen, veckovis, månadsvis och sällan. I cirkeldiagrammet (se **Figur 6**) visas hur många respondenter som valde respektive alternativ.



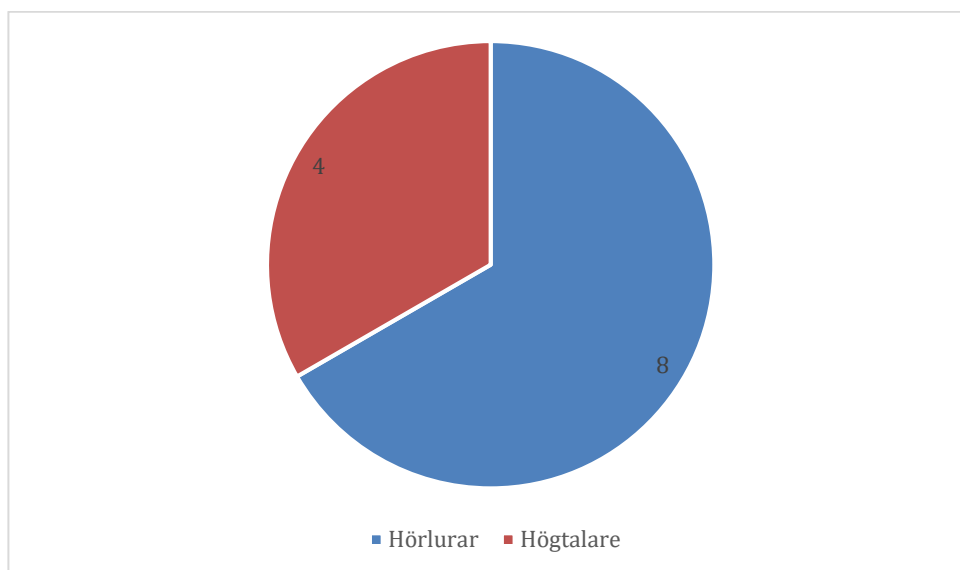
**Figur 6.** Cirkeldiagram över antalet respondenter som valde respektive svarsalternativ angående deras erfarenhet inom förstapersonsspel.

I följande (se **Figur 7**) diagram har respondenterna delats upp i fyra olika grupperingar baserat på hur ofta de ansåg sig spela förstapersonsspel. Medelvärdet för gruppernas sammanlagda spelresultat för varje spelmoment, samt totala antal rätt har beräknats och visualiseras i de olika staplarna.



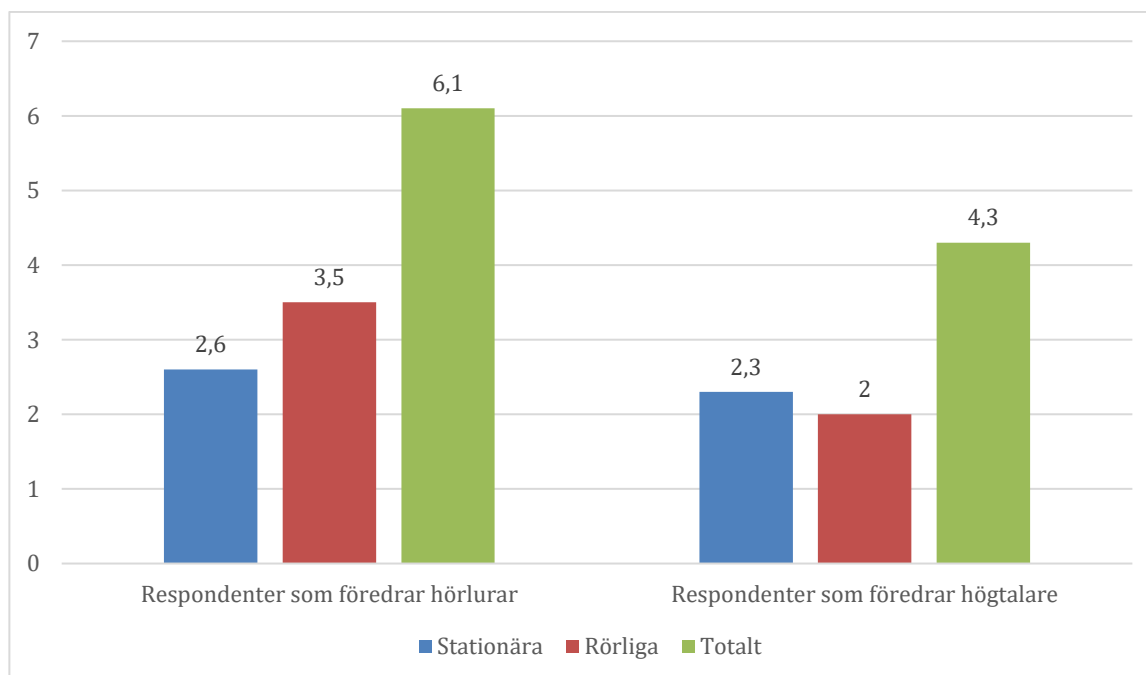
**Figur 7.** Stapeldiagram som redovisar medelvärdet av respondenternas spelresultat baserat på deras erfarenhet inom förstapersonsspel.

I en annan fråga med svarsalternativ fick respondenterna besvara ifall de använde främst hörlurar eller högtalare när de spelade datorspel. En majoritet på åtta respondenter ansåg att de använde främst hörlurar medan fyra föredrog högtalare (se **Figur 8.**)



**Figur 8.** Cirkeldiagram över antalet respondenter som föredrar hörlurar och högtalare till datorspel.

I följande diagram (se **Figur 9**) har respondenterna delats upp i två grupper baserat på deras preferens av ljudåtergivningsalternativ för datorspel. Medelvärdet för gruppernas sammanlagda spelresultat för varje spelmoment, samt totala antal rätt har beräknats och visualiserats i de olika staplarna.



**Figur 9.** Stapeldiagram som redovisar respondenternas spelresultat baserat på deras preferens av ljudåtergivningsalternativ för datorspel.

### 5.1.2 Kvalitativt resultat

Under intervjun fick varje respondent besvara ifall de kunde känna av effekten av binauralt ljud, d.v.s. ifall de kunde höra de spatiala filtreringar som inträffade beroende på spelkamerans rörelser och infallsvinkel. Till denna fråga bekräftade alla respondenter att de kunde höra effekten. En majoritet av respondenterna ansåg att det var svårt att lokalisera ljudkällorna. Däremot ansåg de flesta respondenter att de var säkra på sina slutliga val. Flera respondenter ansåg sig osäkra på vissa nivåer och behövde därför lyssna längre för att bekräfta sitt val. Tre respondenter nämnde att de ibland fick ett första intryck till ljudkällans position och baserade sitt val på detta. Vissa nämnde att spelet krävde mycket fokus. Två respondenter ansåg att det var lättare att fokusera på lyssnandet genom att blunda. Vissa beskrev att momentet med stationära ljudobjekt var lättare att hantera jämfört med rörliga på grund av att de stationära ljuden var alltid närvarande i volymstyrka. Flera beskrev att momentet med rörliga ljudobjekt var svårare att hantera eftersom den passerade i intervall och försvann ur ljudbilden vid vissa tillfällen. En respondent ansåg att spelet kändes lätt men ansåg ändå att hen behövde fokusera en stund innan hen gjorde sitt val.

Till en fråga fick respondenterna beskriva ifall de utnyttjade någon typ av metod som underlättade lokaliseringen av ljuden. Till denna fråga beskrev nästan alla respondenter samma metod där de jämförde ljudbilden genom att titta upp och ner i urgröpningen, d.v.s. utnyttjade vertikala kamerarörelser, för att identifiera ljuden. Flera respondenter beskrev att de specifikt använde denna metod för momentet med stationära ljudkällor. En respondent gjorde näst intill inga vertikala rörelser. Till momentet med rörliga ljudobjekt beskrev flera respondenter att de gjorde mindre kamerarörelser till syfte av att fokusera på lyssnandet av ljudobjektets rörelse. Alla respondenter hade spelkameran vinklad mot urgröpningen, d.v.s. mot ljudobjektets position. Få respondenter testade att vrida kameran med ryggen mot, eller åt sidan, d.v.s. vänster eller höger mot ljudet. Tre respondenter utnyttjade kameran genom att vinkla den åt sidan mot ljudet och en respondent testade att lyssna med ryggen mot ljudet. En person beskrev att ljudbilden lät klarare när man tittade mot ljudkällan och mer dov när man tittade ifrån. Denna respondent beskrev att hen utnyttjade detta som metod för lokalisering genom att välja den riktning som kändes klarast i ljudbilden. En annan respondent beskrev effekten av binauralt ljud på liknande sätt då hen beskrev att rätt riktning kändes klarare i ljudbilden och fel riktning lät mer lågfrekvent. Två respondenter hade en gemensam metod för momentet med rörliga ljudobjekt där de hade en fastposition med kameran i väntan på att ljudobjektet skulle passera dem. När de kände av att ljudobjektet hade passerat började de göra vertikala rörelser för att identifiera ljudet.

Till de två sista frågorna visades demonstrationsbanan med det visuella ljudobjektet för respondenterna. Under denna demonstration kontrollerade forskaren spelet medan respondenten fick observera och lyssna. Forskaren demonstrerade ljudmotorn genom att positionera spelkameran med olika infallsvinklar till ljudobjektet. Först riktades spelkameran rakt mot ljudobjektet. Sedan riktades kameran till vänster och höger om ljudobjektet. Till sist vändes kameran ifrån ljudobjektet, d.v.s. med ryggen mot objektet. Efter demonstrationen bekräftade samtliga respondenter att effekten av binauralt ljud blev tydligare när de kunde se ljudobjektet. Samtliga respondenter besvarade även att precisionen var bäst när spelkameran var vinklad bredvid ljudobjektet, när ljudet panorerades till antingen vänster eller höger öra. Två respondenter kommenterade att de kände sig fundersamma ifall visualiseringen lurade dem även om de tyckte effekten kändes mer övertygande.

## 5.2 Analys

För stationära ljudobjekt hade respondenterna sammanlagt lika många rätt som fel, d.v.s. 30 av 60 möjliga rätt. För rörliga ljudobjekt fick respondenterna tillsammans 36 av 60 möjliga rätt. Statistiskt sätt är rörliga ljudobjekt lättare att lokalisera även om differensen är minimal. Totalt fick respondenterna sammanlagt 66 av 120 möjliga rätt. Differensen mellan antal rätt och fel är minimal. Det finns ingen respondent som fick alla rätt under testet, och inte heller fick någon alla fel.

I Figur 7 finns det ett mönster som pekar på att de respondenter som är mer erfarna inom genren för förstapersonsspel, presterade bättre under speltestet. I diagrammet (Figur 7) kan man tyda att medelvärdet av respondenternas spelresultat stegrar uppåt mellan de olika grupperingarna beroende på hur ofta de anser sig spela förstapersonsspel. Ett liknande mönster kan tydas i Figur 9 där respondenter som ansåg sig främst använda hörlurar när de spelar datorspel, fick fler rätt jämfört med de respondenter som föredrog högtalare.

Majoriteten av alla respondenter ansåg att kunde känna av effekten av binauralt ljud men att det var svårt att lokalisera ljudkällorna utan visualisering. Med visualisering av ljudobjektet, beskrev samtliga respondenter att precisionen blev tydligast när spelkameran var vinklad åt vänster eller höger om ljudet. En metod som användes frekvent för att lokalisera ljuden grunda sig i att jämföra ljudbilden genom att rikta kameran åt olika vertikala riktningar för att identifiera ljuden. Trots liknande metod resulterade respondenternas spelresultat förbli olika.

## 5.3 Slutsatser

Denna studie försöker besvara följande frågeställning:

- Är syntetisk *HRTF* effektiv för spelares lokalisering av vertikala ljudkällor i ett förstapersonsspel?

Det kvantitativa resultatet av respondenternas totala spelresultat tyder varken på att syntetisk *HRTF* är effektiv eller ineffektiv då differensen mellan antalet fel och antalet rätt är relativt lika. Däremot pekar datan på att spelare som är mer erfarna inom förstapersonsspel och som främst använder hörlurar visar sig ha lättare för att lokalisera ljuden. I det kvalitativa resultatet ansåg majoriteten av respondenterna att det var svårt att lokalisera ljudkällorna även om de kunde känna av effekten av binauralt ljud. Däremot ansågs ljudmotorn fungera utmärkt ihop med visualiserade ljudobjekt och att högst precisionen uppnåddes genom att vinkla spelkameran åt sidan om ljudobjektet.



## 6 Avslutande Diskussion

### 6.1 Sammanfattning

Detta arbete har undersökt hur implementation av binauralt ljud kan öka precisionen för spelares lokalisering av ljud i ett förstapersonsspel. Studien har begränsat sig till att specifikt undersöka hur syntetisk *HRTF*, en teknik som används för att uppnå binauralt ljud, kan användas för att ge spelare möjlighet att lokalisera ljudkällors position på olika vertikala nivåer. Detta grundade i följande frågeställning:

- Är syntetisk *HRTF* effektiv för spelares lokalisering av vertikala ljudkällor i ett förstapersonsspel?

För att besvara frågeställningen skapades ett förstapersonsspel anpassat för lokalisering av vertikala ljudkällor. Spelet testades på tolv respondenter som sedan fick delta i en semistrukturerad intervju. Intervjun involvera frågor angående respondenternas uppfattning av binauralt ljud, erfarenhet inom genren för förstapersonsspel och preferens för ljudåtergivningsalternativ för datorspel. Ett resultat utarbetades genom jämförelser mellan respondenternas spelresultat och deras uttalanden i intervjun.

Undersökningen resulterade till att det var svårt för spelare att identifiera vertikala ljudkällor men att effekten av binauralt ljud ansågs effektiv till visuella ljudobjekt.

### 6.2 Diskussion

Det finns en problematik i artefaktens design när det kommer till hur respondenten markerar sitt val. Eftersom det alltid finns två val att välja mellan har varje respondent en procentuell chans på 50% att få rätt, även om hen gissar sitt svar. En respondent som gissar sig fram genom spelet har därför en sannolikhet på att får rätt på hälften av alla nivåer, d.v.s. 5 antal rätt. I jämförelse med medelvärdet för antal rätt (5,5) är detta en relativt hög siffra. Detta är ett problem då testet förlitar sig på att spelare ska kunna prestera bättre genom användning av sitt lyssnande och bör inte kunna uppnå liknande resultat genom slump.

Varje respondent spelade igenom spelet olika snabbt. Vissa tog sin tid och lyssnade under en längre tid medan andra gjorde snabbare beslut. Genom att dra liknelser mellan respondenternas spelresultat och respondenternas speltid finns det en möjlighet att hitta mönster som tyder på att respondenter som spenderade mer tid i spelet kan ha presterat bättre. Eftersom forskaren aldrig beräknade respondenternas exakta speltid kunde denna jämförelse inte genomföras.

Samtliga respondenter ansåg att effekten av binauralt ljud hade högst precision när spelkameran var vinklad åt sidan om ljudobjektet, då majoriteten av ljudet panorerades till antingen vänster eller höger ljudkanal. Om respondenterna hade fått demonstrationen med det visuella ljudobjektet innan speltestet finns det en möjlighet att de hade utnyttjat detta i sin metod och på så sätt kunnat prestera bättre. Under demonstrationen visualiserades enbart rörliga ljudobjekt men inga stationära. Detta resulterade till att respondenternas yttranden angående binauralt ljud kompletterade enbart till rörliga visuella ljudobjekt. Om demonstrationsbanan hade inkluderat stationära ljudobjekt med visuell representation hade ett mer utvecklat svar kunna utvinnas av respondenterna, angående deras synpunkt på binauralt ljud i datorspel.

I denna undersökning är det viktigt att ha i åtanke att ljudmotorn som användes är baserad på generaliserade *HRTF*'s. Eftersom *HRTF*'s är subjektiva finns det en möjlighet att ljudmotorn som användes är mer eller mindre anpassad för respondenternas personliga *HRTF*. Detta kan ha resulterat till att vissa respondenter har presterat sämre eller uppfattat effekten av binauralt ljud annorlunda.

### 6.3 Etiska aspekter

De respondenter som blivit undersökta har själva valt att delta efter att blivit informerade om studien och dess syfte. De som deltog fick spela spelet utan någon tidspress och hade möjlighet att avbyta när som helst under undersökningen. Speltestet hade en rekommenderad volym på ljudet, men ifall det kändes obehagligt för respondenten kunde hen få möjlighet att sänka volymen. Varje respondent tillfrågades även ifall de hade några problem med hörseln. Detta till syfte av att undvika att utsätta personer med känslig hörsel för höga volymer. Datorn som användes och dess kringutrustning, datormus, hörlurar, etc, sågs till att vara kliniskt rena för hygieniskt syfte. Respondenternas personuppgifter har valts att inte redovisas till syfte av att bevara deras identiteter anonyma.

### 6.4 Framtida arbete

I denna undersökning söktes ett begränsat antal respondenter på grund av brist på tid och resurser. Om arbetet hade pågått under en längre tid med bättre resurser hade fler respondenter möjligtvis kunnat undersökas för uppnå ett mer detaljerat resultat. Ett större projekt hade varit att beräkna respondenternas personliga *HRTF*'s och skapa en ljudmotor där respondenternas *HRTF-algorithm* kunde implementeras. På så sätt skulle respondenterna kunna lyssna med sin egna *HRTF* i spelet. I undersökningen användes samma ljud för hela spelet. Detta utesluter hur ljudets tonalitet kan påverka hur vi identifierar det. Det hade varit intressant att testa andra ljud och se ifall det påverkade lokaliseringen. Exempelvis skulle ljud i olika frekvenslägen kunna testas för att se vilken frekvens som anses som lättast att lokalisera vertikalt.

# Referenser

- Blauert, J (1997). *Spatial Hearing: The Psychophysics of Human Sound Localization*. Cambridge: MIT Press.
- Brieger, S & Göthner, F (2011). *Spelares inställning till HRTF teknik i spel*. Examensuppsats. Datavetenskap och kommunikation, Kungliga Tekniska Högskolan i Stockholm: Universitet.
- Cater, K. Hull, R. Melamed, T. & Hutchings, R. (2007). An Investigation into the use of Spatialised Sound in Locative Games. I *CHI*. San Jose, California 28 April - 3 Maj 2007, ss. 2315-2320.
- Carlile, S. (1996). *Virtual Auditory Space: Generation and Applications*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Collins, K. (2013). *Playing with sound*. Cambridge MA: MIT press.
- Epic Games (1998-2016). *Unreal Engine* (Version 4.10), [spelmotor], Microsoft Windows. Tillgänglig: <https://www.unrealengine.com/>
- Everest, F.A. & Pohlmann, K. (2009). *Master Handbook of Acoustics*. 5. uppl. New York: McGraw-Hill.
- Fay, Todd M., Scott Selfon, and Todor J. Fay (2004). *DirectX 9 Audio Exposed: Interactive Audio Development*. Plano, Texas: Wordware Publishing.
- Horowitz, S. & Looney, S. (2014). *The Essential Guide to Game Audio: The Theory and Practice of Sound for Games*. Burlington, MA: Focal Press.
- Huber, D. M. & Runstein, E. R. (2010). *Modern Recording Techniques*. Oxford: Focal Press.
- Impulsonic (2011-2016) *Phonon 3D* (Version 1.7), [ljudmotor] PC: Microsoft Windows. Tillgänglighet: <https://www.impulsonic.com>
- Lalwani, M. (2015). *Surrounded by sound: how 3D audio hacks you brain*. <http://www.theverge.com/2015/2/12/8021733/3d-audio-3dio-binaural-immersive-vrsound-times-square-new-york> [2017-03-03]
- Majdak, P. Goupell, M. & Laback, B. (2010). 3-D localization of virtual sound sources: effects of visual environment, pointing method, and training. *Attention, Perception, & Psychophysics*. ss. 454-469.
- Midway Games (2007). *Unreal Tournament 3*, [datorspel], PC: Midway Games Inc, USA.
- Nguyen, T (2016). *Why VR will put Game Audio in the Spotlight*. [http://www.gamasutra.com/blogs/AlexRiviere/20161012/283142/Why\\_VR\\_will\\_put\\_Game\\_Audio\\_in\\_the\\_Spotlight.php](http://www.gamasutra.com/blogs/AlexRiviere/20161012/283142/Why_VR_will_put_Game_Audio_in_the_Spotlight.php) [2017-03-08]
- Parhizkari, P. (2009). *Binaural Hearing-Human Ability of Sound Source Localization* Masterexamen, Blekinge Tekniska Högskola, Sektionen för teknik, Avdelningen för signalbehandling.
- Roman, N. Wang, D. & Brown, G. J. (2003). *Speech segregation based on sound localization*. <http://asa.scitation.org/doi/abs/10.1121/1.1610463> [2017-03-04]

Rumsey, F. & McCormick, T. (2009). *Sound and recording*. Oxford: Elsevier Ltd.

Sanjay, M (2013). *Game Programming Algorithms and Techniques: A Platform-Agnostic Approach*. Boston: Addison-Wesley.

Valve Corporation (2013). *Counter-Strike: Global Offensive*, [datorspel], PC: Valve Corporations, USA.

TMP Media Group (2013-2017) *TMPvoices* [ljudbibliotek] PC: Microsoft Windows.  
Tillgänglighet: <http://www.tmpvoices.com/sv/voices/> [2017-03-20]

Östbye m.fl (2008). *Metodbok för medievetenskap*. Malmö: Liber.

**Figur 1** Shannan, B. (2010) *Audiology – A Curriculum for Excellence*. Hämtat från <http://www.ssc.education.ed.ac.uk/courses/deaf/dnov10i.html> [2017-03-05]

# Appendix A - Frågeformulär

## Respondent 1

### 1. Hur ofta spelar du förstapersonsspel uppskattningsvis? (Dagligen, veckovis, månadsvis, sällan)

- Sällan. Jag har inte mycket erfarenhet av förstapersonsspel

### 2. Använder du hörlurar eller högtalare när du spelar datorspel?

- Hörlurar.

### 3. Anser du att du kunde känna av effekten av binauralt ljud?

- Ja. Jag tyckte effekten var tydligast när ljudet var ovanför mig.

### 4. Var det lätt eller svårt att lokalisera ljudkällornas position?

- Det var svårt men vissa nivåer kände jag mig säker på. Ibland fick jag ett första intryck för ljudets position och gjorde mitt val utefter det.

### 5. Kom du fram till någon metod som underlättade lokaliseringen av ljudkällorna?

- Jag testade mest att vrida kameran sidledes och hade den riktad mot urgröpningen.

### 6. Vad anser du var lättast/svårast att lokalisera mellan stationära och rörliga ljudkällor?

- De stationära kändes lättare.

## Frågor som ställs efter att forskaren har demonstrerat binauralt ljud till ett visuellt objekt.

### 7. Känns effekten av binauralt ljud naturlig till det visuella objektets rörelse.

- Det kändes mer naturligt när naturligt när jag såg objektet men jag är inte helt övertygad. Jag tror det visuella kan lura en till att tro att det följer objektet.

### 8. Fanns det någon infallsvinkel med kameran som gav högst precision till ljudkällan?

- Ja. Det kändes mer övertygande när kameran var vinklad åt sidan när allt ljud panorerades till ett öra.

## Spelresultat.

**Stationära: 1/5 Rörliga: 3/5 Totalt: 4/10**

## Respondent 2

### 1. Hur ofta spelar du förstapersonsspel uppskattningsvis? (Dagligen, veckovis, månadsvis, sällan)

- Dagligen.

### 2. Använder du hörlurar eller högtalare när du spelar datorspel?

- Hörlurar.

### 3. Anser du att du kunde känna av effekten av binauralt ljud?

- Ja. Jag det kändes som om allt ljud filtrerades av kamerans rörelser.

### 4. Var det lätt eller svårt att lokalisera ljudkällornas position?

- Svårt.

### 5. Kom du fram till någon metod som underlättade lokaliseringen av ljudkällorna?

- Jag tyckte ljudbilden kändes klarare när jag tittade mot ljudkällan och mer dov när jag tittade ifrån. Detta utgick jag ifrån till de stationära ljudkällorna då jag jämförde ljudbilden genom att titta upp och ner mot kloten. Till de rörliga ljudkällorna gjorde jag mindre kamerarörelser. Jag satt mest still och lyssnade på ljudets rörelse. Jag väntade tills ljudkällan hade passerat mig, Då kändes det lättast att höra dess riktning.

### 6. Vad anser du var lättast/svårast att lokalisera mellan stationära och rörliga ljudkällor?

- Båda var svåra men jag tror jag kände mig mer säker på de rörliga. De stationära var lättare på ett sätt då man alltid kunde höra dem. De rörliga kom och gick och tog på så sätt längre tid att lokalisera. Som jag tidigare nämnde tyckte jag man hörde de rörliga ljudkällornas riktning tydligast när de precis passerade mig. Men jag ville gärna lyssna ett par gånger innan jag bekräftade mitt svar och fick därför vänta på att ljudkällan skulle passera igen.

### Frågor som ställs efter att forskaren har demonstrerat binauralt ljud till ett visuellt objekt.

### 7. Känns effekten av binauralt ljud naturlig till det visuella objektets rörelse.

- När man ser objektet blir det jätte tydligt. Jag tycker det funkar utmärkt.

### 8. Fanns det någon infallsvinkel med kameran som gav högst precision till ljudkällan?

- Ja. När kameran är vinklad med bara ena örat mot ljudet blir det som mest tydligt. Det känns som att ljudet rör sig fysiskt i hörlurarna.

### Spelresultat.

Stationära: 3/5 Rörliga: 5/5 Totalt: 8/10

### Respondent 3

**1. Hur ofta spelar du förstapersonsspel uppskattningsvis? (Dagligen, veckovis, månadsvis, sällan)**

- Veckovis.

**2. Använder du hörlurar eller högtalare när du spelar datorspel?**

- Hörlurar.

**3. Anser du att du kunde känna av effekten av binauralt ljud?**

- Ja. Jag kunde känna av förändringar i ljudet.

**4. Var det lätt eller svårt att lokalisera ljudkällornas position?**

- Ganska svårt.

**5. Kom du fram till någon metod som underlättade lokaliseringen av ljudkällorna?**

- Jag tittade upp och ner i hålet och jämförde hur det lät.

**6. Vad anser du var lättast/svårast att lokalisera mellan stationära och rörliga ljudkällor?**

- Jag kände mig relativt osäker på både på både stationära och rörliga. Det kändes lika svårt.

**Frågor som ställs efter att forskaren har demonstrerat binauralt ljud till ett visuellt objekt.**

**7. Känns effekten av binauralt ljud naturlig till det visuella objektets rörelse.**

- Ja.

**8. Fanns det någon infallsvinkel med kameran som gav högst precision till ljudkällan?**

- Ja. Jag tyckte det blev mest tydligt när kameran var vinklad med vänster eller höger öra mot ljudet.

**Spelresultat.**

**Stationära: 3/5 Rörliga: 2/5 Totalt: 5/10**

#### **Respondent 4**

**1. Hur ofta spelar du förstapersonsspel uppskattningsvis? (Dagligen, veckovis, månadsvis, sällan)**

- Dagligen.

**2. Använder du hörlurar eller högtalare när du spelar datorspel?**

- Hörlurar.

**3. Anser du att du kunde känna av effekten av binauralt ljud?**

- Ja.

**4. Var det lätt eller svårt att lokalisera ljudkällornas position?**

- Ganska svårt då jag fick fokusera ett tag innan jag gjorde mina beslut. Men jag känner mig ändå säker på mina val.

**5. Kom du fram till någon metod som underlättade lokaliseringen av ljudkällorna?**

- Jag tittade mot hålets mittpunkt och jämförde hur det lät när jag riktade kameran upp och ner.

**6. Vad anser du var lättast/svårast att lokalisera mellan stationära och rörliga ljudkällor?**

- Det kändes lättast med stationära.

**Frågor som ställs efter att forskaren har demonstrerat binauralt ljud till ett visuellt objekt.**

**7. Känns effekten av binauralt ljud naturlig till det visuella objektets rörelse.**

- Ja.

**8. Fanns det någon infallsvinkel med kameran som gav högst precision till ljudkällan?**

- Ja. När ena örat var riktat mot ljudet kändes det som ljudet rörde sig upp och ner i hörlurarna.

**Spelresultat.**

**Stationära: 3/5 Rörliga: 3/5 Totalt: 6/10**



## Respondent 5

### 1. Hur ofta spelar du förstapersonsspel uppskattningsvis? (Dagligen, veckovis, månadsvis, sällan)

- Dagligen

### 2. Använder du hörlurar eller högtalare när du spelar datorspel?

- Hörlurar.

### 3. Anser du att du kunde känna av effekten av binauralt ljud?

- Ja. Det kändes som det inträffade mer detaljerade ändringar i ljudet jämfört med stereo.

### 4. Var det lätt eller svårt att lokalisera ljudkällornas position?

- Svårt. Jag blev mer osäker ju längre jag lyssnande.

### 5. Kom du fram till någon metod som underlättade lokaliseringen av ljudkällorna?

- Jag tittade ofta upp och ner i hålet och jämförde hur det lät. Jag testade även att vrida mig åt sidan med ena örat mot ljudet. Ibland grundade jag mitt val på mitt första intryck av ljudets position.

### 6. Vad anser du var lättast/svårast att lokalisera mellan stationära och rörliga ljudkällor?

- Båda kändes svåra på olika sätt. De rörliga ljudkällorna fick jag sitta och vänta på vilket tog längre tid. Men jag tror de rörliga ljuden kändes lättare.

### Frågor som ställs efter att forskaren har demonstrerat binauralt ljud till ett visuellt objekt.

### 7. Känns effekten av binauralt ljud naturlig till det visuella objektets rörelse.

- Ja. Det kändes mycket tydligare.

### 8. Fanns det någon infallsvinkel med kameran som gav högst precision till ljudkällan?

- Ja. När kameran var riktad med örat åt vänster eller höger om ljudet blev det som mest effektivt.

### Spelresultat.

**Stationära: 2/5 Rörliga: 4/5 Totalt: 6/10**

## **Respondent 6**

### **1. Hur ofta spelar du förstapersonsspel uppskattningsvis? (Dagligen, veckovis, månadsvis, sällan)**

- Månadsvis.

### **2. Använder du hörlurar eller högtalare när du spelar datorspel?**

- Hörlurar.

### **3. Anser du att du kunde känna av effekten av binauralt ljud?**

- Ja.

### **4. Var det lätt eller svårt att lokalisera ljudkällornas position?**

- Jag kände mig osäker så jag fick lyssna under en längre tid på de flesta nivåer. Generellt så kändes det svårt.

### **5. Kom du fram till någon metod som underlättade lokaliseringen av ljudkällorna?**

- Till de stationära ljudkällorna gjorde jag rörelser upp och ner med kameran och jämförde hur det lät. På de rörliga ljudkällorna tittade jag antingen neråt eller uppåt medan jag väntade på att ljudkällan skulle passera. När jag kände att ljudet hade passerat började jag göra lite rörelser upp och ner för att jämföra med hur det lät innan när ljudet kom emot mig.

### **Vad anser du var lättast/svårast att lokalisera mellan stationära och rörliga ljudkällor?**

- De rörliga ljudkällorna kändes lättare.

### **Frågor som ställs efter att forskaren har demonstrerat binauralt ljud till ett visuellt objekt.**

### **6. Känns effekten av binauralt ljud naturlig till det visuella objektets rörelse.**

- Ja.

### **7. Fanns det någon infallsvinkel med kameran som gav högst precision till ljudkällan?**

- Det kändes mer övertygande när man var riktad vänster eller höger om ljudet.

### **Spelresultat.**

**Stationära: 2/5 Rörliga: 2/5 Totalt: 4/10**

## Respondent 7

### 1. Hur ofta spelar du förstapersonsspel uppskattningsvis? (Dagligen, veckovis, månadsvis, sällan)

- Veckovis.

### 2. Använder du hörlurar eller högtalare när du spelar datorspel?

- Hörlurar.

### 3. Anser du att du kunde känna av effekten av binauralt ljud?

- Ja. Jag tyckte jag kunde känna av att ljudet kunde vara över eller under mig.

### 4. Var det lätt eller svårt att lokalisera ljudkällornas position?

- Svårt. Jag blev ofta osäker och fick fokusera genom att blunda.

### 5. Kom du fram till någon metod som underlättade lokaliseringen av ljudkällorna?

- Jag tittade mot hålets mittpunkt och blundade för att fokusera på lyssnandet. Det kändes lättast till de rörliga ljuden. Till de stationära ljuden testade jag att jämföra hur det lät när jag tittade upp och ner.

### 6. Vad anser du var lättast/svårast att lokalisera mellan stationära och rörliga ljudkällor?

- Rörliga kändes lättare. De stationära ljuden kändes svårare att hantera. Jag var tvungen att själv röra kameran för att lokalisera ljuden.

## Frågor som ställs efter att forskaren har demonstrerat binauralt ljud till ett visuellt objekt.

### 7. Känns effekten av binauralt ljud naturlig till det visuella objektets rörelse.

- Ja. Det är enorm skillnad när man ser ljudet framför sig. Det blir jätte tydligt.

### 8. Fanns det någon infallsvinkel med kameran som gav högst precision till ljudkällan?

- Ja. Det kändes bäst när ena örat var vinklat mot ljudkällan.

## Spelresultat.

**Stationära: 4/5 Rörliga: 4/5 Totalt: 8/10**

## **Respondent 8**

### **1. Hur ofta spelar du förstapersonsspel uppskattningsvis? (Dagligen, veckovis, månadsvis, sällan)**

- Dagligen.

### **2. Använder du hörlurar eller högtalare när du spelar datorspel?**

- Hörlurar.

### **3. Anser du att du kunde känna av effekten av binauralt ljud?**

- Ja.

### **4. Var det lätt eller svårt att lokalisera ljudkällornas position?**

- Svårt men jag är ändå säker på mina val. Spontant kändes det lätt då jag alltid gick på samma svar som mitt första intryck grundade sig på. Jag fick lyssna ett tag innan jag kunde bekräfta mitt svar.

### **5. Kom du fram till någon metod som underlättade lokaliseringen av ljudkällorna?**

- Till de stationära ljudkällorna vände jag ryggen mot medan jag tittade upp och ner nära kanten av hålet för att jämföra hur det lät. Till de rörliga ljudkällorna exkludera jag till att använda enbart ett öra. En annan metod var att jag tittade upp tills ljudobjektet hade passerat och sen samma sak när jag tittade neråt för att jämföra skillnaden.

### **6. Vad anser du var lättast/svårast att lokalisera mellan stationära och rörliga ljudkällor?**

- Jag vet inte riktigt. De stationära ljuden var alltid nära och hördes tydligt och var på så vis var de lättare att experimentera med jämfört med de rörliga ljuden som jag fick sitta och vänta på. På så sätt kändes de stationära ljudkällorna lättare att hantera.

## **Frågor som ställs efter att forskaren har demonstrerat binauralt ljud till ett visuellt objekt.**

### **7. Känns effekten av binauralt ljud naturlig till det visuella objektets rörelse.**

- Ja. Demonstrationen bekräftade min upplevelse till hur jag uppfattade ljudet i testet.

### **8. Fanns det någon infallsvinkel med kameran som gav högst precision till ljudkällan?**

- Ja. Jag tyckte det blev mest tydligt när ena örat var vinklat mot ljudet.

## **Spelresultat.**

**Stationära: 3/5 Rörliga: 5/5 Totalt: 8/10**

## Respondent 9

### 1. Hur ofta spelar du förstapersonsspel uppskattningsvis? (Dagligen, veckovis, månadsvis, sällan)

- Dagligen.

### 2. Använder du hörlurar eller högtalare när du spelar datorspel?

- Högtalare.

### 3. Anser du att du kunde känna av effekten av binauralt ljud?

- Ja.

### 4. Var det lätt eller svårt att lokalisera ljudkällornas position?

- Jag kände mig säker på mina val. Men jag är osäker om jag uppfattade effekten rätt eller ej. Till de stationära ljudkällorna kunde jag känna av en skillnad när jag tittade upp och ner mot kloten. Ibland lät ljudet klarare, ibland lät det mörkare, mer lågfrekvent. Jag baserade positionen på ljudkällorna på den riktning där det lät som klarast. Men det är möjligt att jag tänker fel och att det egentligen ska vara tvärtom.

### 5. Kom du fram till någon metod som underlättade lokaliseringen av ljudkällorna?

- Till de stationära ljudkällorna tittade jag upp och ner och gjorde mitt val baserat på vad som kändes klarast. Till de rörliga ljudkällorna tittade jag antingen uppåt eller neråt medan jag väntade på att ljudkällan skulle passera mig. När jag kände att den hade passerat bytte jag vertikal riktning med kameran för att se hur ljudbilden ändrades och på så vis lokalisera ljudet.

### 6. Vad anser du var lättast/svårast att lokalisera mellan stationära och rörliga ljudkällor?

- Stationära kändes lättare.

**Frågor som ställs efter att forskaren har demonstrerat binauralt ljud till ett visuellt objekt.**

### 7. Känns effekten av binauralt ljud naturlig till det visuella objektets rörelse.

- Ja. Effekten kändes mycket tydligare.

### 8. Fanns det någon infallsvinkel med kameran som gav högst precision till ljudkällan?

- Ja. När kameran var vinklad vänster eller höger mot ljudet då allt ljud panorerades till ena sidan av hörlurarna. Då kändes det som jag kunde höra hur ljudet rörde sig upp och ner.

**Spelresultat.**

**Stationära: 4/5 Rörliga: 3/5 Totalt: 7/10**

## **Respondent 10**

### **1. Hur ofta spelar du förstapersonsspel uppskattningsvis? (Dagligen, veckovis, månadsvis, sällan)**

- Veckovis.

### **2. Använder du hörlurar eller högtalare när du spelar datorspel?**

- Högtalare.

### **3. Anser du att du kunde känna av effekten av binauralt ljud?**

- Ja. Jag kände av effekten.

### **4. Var det lätt eller svårt att lokalisera ljudkällornas position?**

- Det kändes svårt men jag tror det gick bra för mig.

### **5. Kom du fram till någon metod som underlättade lokaliseringen av ljudkällorna?**

- Till nivåerna med stationära ljud tittade jag upp och ner mot kloten och jämförde hur de lät. Till de rörliga ljuden förlita jag mig på vänster öra genom att rikta kameran åt höger mot ljuden.

### **6. Vad anser du var lättast/svårast att lokalisera mellan stationära och rörliga ljudkällor?**

- Rörliga kändes lättare.

**Frågor som ställs efter att forskaren har demonstrerat binauralt ljud till ett visuellt objekt.**

### **7. Känns effekten av binauralt ljud naturlig till det visuella objektets rörelse.**

- Ja.

### **8. Fanns det någon infallsvinkel med kameran som gav högst precision till ljudkällan?**

- Ja. Det blev mest tydligt när ena örat var riktat mot ljudet.

**Spelresultat.**

**Stationära: 2/5 Rörliga: 3/5 Totalt: 5/10**

## **Respondent 11**

### **1. Hur ofta spelar du förstapersonsspel uppskattningsvis? (Dagligen, veckovis, månadsvis, sällan)**

- Sällan.

### **2. Använder du hörlurar eller högtalare när du spelar datorspel?**

- Högtalare.

### **3. Anser du att du kunde känna av effekten av binauralt ljud?**

- Ja.

### **Var det lätt eller svårt att lokalisera ljudkällornas position?**

- Det var svårt.

### **4. Kom du fram till någon metod som underlättade lokaliseringen av ljudkällorna?**

- Till de stationära ljudkällorna tittade jag upp och ner och jämförde hur det lät. Till de rörliga satt jag mest still och lyssnade. Jag blundade även för att fokusera lättare.

### **5. Vad anser du var lättast/svårast att lokalisera mellan stationära och rörliga ljudkällor?**

- Stationära kändes lättare.

### **Frågor som ställs efter att forskaren har demonstrerat binauralt ljud till ett visuellt objekt.**

### **6. Känns effekten av binauralt ljud naturlig till det visuella objektets rörelse.**

- Ja. Det känns tydligare.

### **7. Fanns det någon infallsvinkel med kameran som gav högst precision till ljudkällan?**

- Ja. När ena örat var vänt mot ljudet.

### **Spelresultat.**

**Stationära: 2/5 Rörliga: 0/5 Totalt: 2/10**

## Respondent 12

### 1. Hur ofta spelar du förstapersonsspel uppskattningsvis? (Dagligen, veckovis, månadsvis, sällan)

- Veckovis.

### 2. Använder du hörlurar eller högtalare när du spelar datorspel?

- Högtalare.

### 3. Anser du att du kunde känna av effekten av binauralt ljud?

- Ja.

### 4. Var det lätt eller svårt att lokalisera ljudkällornas position?

- Jag tycker det var relativt lätt men jag fick koncentrera mig en stund.

### 5. Kom du fram till någon metod som underlättade lokaliseringen av ljudkällorna?

- Jag tittade upp och ner och jämförde ljudbilden på de stationära ljudkällorna. Till de rörliga ljudkällorna tittade jag rakt fram över hålet och lyssnade på ljudets rörelse.

### 6. Vad anser du var lättast/svårast att lokalisera mellan stationära och rörliga ljudkällor?

- Rörliga kändes lättare.

**Frågor som ställs efter att forskaren har demonstrerat binauralt ljud till ett visuellt objekt.**

### 7. Känns effekten av binauralt ljud naturlig till det visuella objektets rörelse.

- Ja. Nu kändes det mer tydligt.

### 8. Fanns det någon infallsvinkel med kameran som gav högst precision till ljudkällan?

- Ja. Jag tycker det blir mest tydligt när man vrider sig vänster eller höger om ljudet.

**Spelresultat.**

**Stationära: 1/5 Rörliga: 2/5 Totalt: 3/10**