

Ekonomi- och personalinbesparingar med hjälp av robotik på golfbanan

Vasa Golf

Anton Kullbäck

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för produktionsekonomi

Vasa, 2025

EXAMENSARBETE

Författare: Anton Kullbäck

Utbildning och ort: Produktionsekonomi, Vasa

Handledare: Mikael Ehls

Titel: Ekonomi - och personalinbesparingar med hjälp av robotik på golfbanan

Datum: 21.5.2025 Sidantal: 82

Bilagor: 17

Abstrakt

I detta examenarbete undersöks vilka möjligheter och begränsningar som finns vid införandet av robotik i golfbaneunderhållet. Studien fokuserar på implementeringen av automatiserade system, som robotgräsklippare, bollplockningsrobotar och bunkerrobotar, och hur dessa teknologier bidrar till att bibehålla banans spelkvalitet samtidigt som de minskar den manuella arbetsinsatsen. Detta arbete kommer att svara på, hur mycket arbetstid och arbetsmängd kan frigöras. Vilka robottekniker finns idag tillgängliga för golfbanor, samt hur långsiktiga lönsamheten påverkas när man jämför konventionellt underhåll med robotiserade alternativ. Resultaten visar att användningen av robotik på golfbanan skapar en mer hållbar drift med en jämnare och effektivare underhållsprocess, vilket i sin tur medför långsiktiga ekonomiska besparingar.

Syftet med studien var att analysera de ekonomiska och tekniska fördelarna med att införa automatiserade underhållsmetoder på en golfbana. För att få svar på detta gjordes en systematisk litteraturstudie, av vetenskapliga artiklar, branschrapporter och tekniska datablad för att kartlägga existerande robotlösningar en fallstudie av Vasa Golf samt en intervju med en expert inom golfbaneunderhåll. Metoden säkerställde en djupgående jämförelse mellan traditionella manuella metoder och moderna robotbaserade lösningar, vilket gav en bred bild av teknologins påverkan på både kostnadsstruktur och arbetsprocesser.

Genom att kombinera teoretiska modeller med empiriska data från Vasa Golf framkom att investeringar på ca. 30 000 € per robot snabbt betalar sig själv tillbaka, med en återbetalningstid på cirka 4 år och långsiktiga driftkostnadsminskning med 30–40 % jämfört med traditionella metoder. Studien fastslog att även om övergången till automatisering medför en högre initial kostnad, bidrar de långsiktiga besparingarna till en förbättrad ekonomisk hållbarhet för golfbanan. Detta arbete ger därmed en konkret modell för hur integrationen av smart teknik och automatiserade system kan revolutionera underhållet inom golfindustrin, vilket gör det möjligt för golfbanor att uppnå både högre effektivitet och en starkare konkurrenskraft.

Språk: svenska

Nyckelord: robotik, automation, golfbana, ekonomi, personalbesparingar, lönsamhet

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Anton Kullbäck

Koulutus ja paikkakunta: Tuotantotalous, Vaasa

Ohjaaja: Mikael Ehrs

Nimike: Talous- ja henkilöstösäästöt robotiikan avulla golfkentällä

Päivämäärä: 21.5.2025 Sivumäärä: 82

Liitteet: 17

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin, kuinka robotiikan käyttöönoton mahdollisuuksia ja rajoituksia golfkenttien ylläpitoon. Tutkimus keskittyy automatisoitujen järjestelmien, kuten robottiruohonleikkureiden, pallonpoimintarobottien ja bunkkerirobottien käyttöönottoon ja siihen, miten nämä yllä mainitut tekniikat auttavat ylläpitämään golf kenttää, samalla kun ne vähentävät manuaalisen työn tarvetta. Tulokset osoittavat, että pitkällä aikavälillä robotiikan hyödyntäminen luo kestävämpää toimintaa sujuvammalla ja tehokkaammalla kunnossapitoprosessilla, mikä johtaa merkittäviin taloudellisiin säästöihin.

Tutkimuksen tavoitteena oli analysoida, kuinka moderni robotiikka mahdollistaa kustannustehokkaat ja henkilöstöä säästävät kunnossapitoratkaisut golfkentillä. Tätä varten tehtiin systemaattinen kirjallisuuskatsaus, tapaustutkimus Vasa Golfista sekä haastattelu golfkenttähuollon asiantuntijan kanssa. Menetelmä mahdollisti perusteellisen vertailun perinteisten manuaalisten menetelmien ja modernien robottiratkaisujen välillä, mikä tarjosi laajan näkemyksen teknologian vaikutuksesta sekä kustannusrakenteeseen että operatiivisiin prosesseihin.

Yhdistämällä teoreettiset mallit ja empiiriset tiedot Vasa Golfista, tutkimuksessa havaittiin, että noin 30 000 €:n investointi per robottiyksikkö maksaa itsensä takaisin keskimäärin noin 4 vuodessa. Ja että pitkällä aikavälillä automatisoidut ylläpitomenetelmät vähentävät toimintakustannuksia 30–40 % verrattuna perinteisiin menetelmiin. Tutkimuksessa todettiin, että vaikka automaatioon siirtyminen merkitsee korkeampia alkukustannuksia, pitkäaikaiset säästöt parantavat golfkentän taloudellista kestävyyttä. Työni tarjoaa siis konkreettisen mallin siitä, kuinka älyteknologia ja automaatio voivat kokonaan muuttaa golfkenttien ylläpidon, jolloin golfkentät voivat pyörittää toimintaansa tehokkaammin ja pärjäämään paremmin Golf- alalla.

Kieli: suomi

Avainsanat: robotiikka, automaatio, golfkenttä, talous, henkilöstösäästöt

BACHELOR'S THESIS

Author: Anton Kullbäck

Degree Programme: Industrial Management and Engineering, Vaasa

Supervisor: Mikael Ehres

Title: Economic and Personnel Savings with the Use of Robotics at the Golf Course

Date: 21.5.2025 Number of pages: 82

Appendices: 17

Abstract

This Bachelor thesis looks at how modern robotics are making golf course maintenance cheaper and easier for staff. I'm writing about what's happening right now, where robotic mowers, ball collectors, and other maintenance robots are creating more sustainable operations. These technologies are making maintenance more streamlined and efficient, which leads to savings over a long period of time. The results demonstrate that today's robotic solutions lead to more sustainable and streamlined options, resulting in significant long term cost savings.

My objective was to analyze both the economic and technical advantages of automated maintenance methods on golf courses. I did this through a literature review, a case study at Vasa Golf, and by interviewing an expert in golf course maintenance. These methods let me compare traditional manual approaches with modern robotic solutions, giving me insight into how technology affects both costs and operations.

By combining theory with actual data from Vasa Golf, my research showed that investment of approximately €30,000 per robotic unit pays for itself within an average of four years. And projections indicate that automated maintenance methods can reduce long-term operating costs by 30–40% compared to conventional alternatives. Even though switching to automation costs more upfront, the long-term savings improved the golf course's financial sustainability. Integrating these methods creates a more streamlined and consistent turf-care process. Improving both sustainability and play quality.

My work provides a real-world example of how integrating smart technology and automated systems can transform golf course maintenance, helping courses become more efficient and competitive in today's market.

Language: English

Key words: robotics, automation, golf course, economics, personnel savings

Contents

1	Introduktion	1
1.1	Bakgrund och problemformulering.....	1
1.2	Syfte och mål.....	2
1.3	Metod.....	3
1.4	Avgränsningar.....	4
1.5	Disposition.....	4
2	Vasa Golf	5
2.1	Bakgrund och historia.....	5
2.1.1	Gräsklipparnas historia på Vasa Golf.....	7
2.2	Ekonomiska Aspekter	8
2.3	Underhållsmetoder på Vasa Golf	9
2.4	Vasa Golf - tidigare investeringar i teknik.....	10
2.5	Golfbanans struktur	11
2.6	Data kring Vasa Golfs underhållsarbete.....	12
	Diskussion kring resursfördelning och automatisering	14
	Slutsatser utifrån klipptidsfördelningen.....	14
2.7	Användningsanalys av Husqvarna CEORA 546 EPOS på Vasa Golf.....	15
2.8	Sammanfattning och slutsatser	17
3	Teoretisk referensram	18
3.1	Ekonomiska teorier kopplade till automation	18
3.2	Tidigare forskning om robotik inom grönområdesskötsel	22
3.2.1	Robotgräsklippare	22
3.2.2	Bollplockarrobotar	23
3.2.3	Bunkerrobotar	24
3.3	Framtida trender inom automation på golfbanor.....	25
3.3.1	Solcellsdrivna laddningsstationer	25
3.3.2	Drönarteknik för golfbanor	27
3.3.3	Digitalisering, AI och hållbar teknik: Innovationer inom golfbaneskötsel	29
4	Grundlig översikt av robotlösningar för golfbaneunderhåll	31
4.1	Robotlösningar för gräsklippning	31
4.2	Robotlösningar för bollinsamling.....	33
4.3	Robotlösningar för bunkerrobotar	36
	Jämförelse	37
4.4	Hur robotklippare kunde vara till hjälp.....	37
5	Metodik	39
5.1	Forskningsdesign.....	39

5.2	Urval.....	41
5.3	Datainsamlingsmetoder.....	43
5.4	Klipphöjder och gräsunderhåll på Vasa Golf.....	44
5.5	Klippfrekvens på Vasa Golf.....	45
5.6	Fallstudie: Hirsala Golf – Implementering av robotteknik och dess påverkan på ekonomi och arbetskraft.....	46
5.7	Intervju med konsult inom golfbaneunderhåll.....	47
6	Resultat.....	50
6.1	Areal, antal robotar och investeringskostnader.....	50
6.2	Motivering varför Husqvarna och Echo Robotics är de bästa alternativen till Vasa Golf.....	51
6.3	Husqvarna – En djupgående analys.....	55
6.4	Echo Robotics - Range Picker RP-1200.....	58
6.5	Smart rake B4 – En djupgående analys.....	61
6.6	Besparing av Arbetstid och Arbetsmängd.....	62
6.7	Tillgängliga Teknologier och Marknadslösningar.....	62
6.8	Ekonomiska Effekter: Investeringskostnader, Driftskostnader och Långsiktig Lönsamhet.....	64
6.9	Ekonomisk analys: Payback och ROI med känslighetsanalys.....	64
6.9.1	Presentation av Känslighetsanalysen.....	66
6.9.2	Investeringsscenarier för robotteknik vid golfbaneunderhåll.....	67
	Scenario 1: Variation i årliga besparingar.....	67
	Scenario 2: Variation i initial investering och livslängd.....	67
7	Diskussion.....	68
7.1	Ekonomisk analys - Slutsatser och rekommendationer.....	68
7.2	Rekommendationer för lösningarna.....	69
7.2.1	Husqvarna robotgräsklippare - få robotarna att klippa upp till 50% ...	69
7.2.2	Solladdningsstationer till robotarna kunde diskuteras.....	70
7.2.3	Automatiserad bollplockning – en lönsam investering för Vasa Golf....	70
8	Sammanfattning och slutsatser.....	72
8.1	Förslag till fortsatt forskning.....	73
8.2	Problem och Begränsningar.....	74
9	Referenser.....	75

Lista över figurer

Figur 1: Karta över Vasa Golfs tre slingor (Blå, Gul och Vit), med hålen numrerade från 1–9 i respektive färg. Kartan visar även anvisningar för förflyttning på banan samt utmärkta åsskyddspunkter vid oväder. (Vaasan Golf, 2025).....	6
Figur 2: bild på traktordragen fairway-klippare på Vasa Golf år 1987	7
Figur 3: visar tydligt hur de olika klipptimmarna fördelar sig mellan Green, Fairway, Rough, Utslagsplatser, Semi Rough och Fore Green.....	13
Figur 4: visar en maskanvändningsrapport från Vasa Golf för en Husqvarna CEORA 546 EPOS robotgräsklippare, hämtad från Husqvarna Fleet Services.....	15
Figur 5: visar då en Husqvarna 550 Epos Robotklippare ska börja laddas med hjälp av solpaneler på en golfbana Orange Lake Golf i Florida.: (Husqvarna, 2023, 6:15)	26
Figur 6: Laddning av XAG P40 drönare med frön, redo för start, (Quadrotor, 2025)..	29
Figur 7: Ett antal mycket väl ansedda robotar för golfbanor, (Husqvarna, u. å.; Bosch Home, u. å.; John Deere, u. å.; Robomow, u. å.; Ambrogio Robot, u. å.; WORX, u. å.; Honda, u. å.; Flymo, u. å.)	32
Figur 8: Översikt över fem av de mest använda robotmodellerna för automatisk bollplockning på driving ranges, jämförda utifrån ytkapacitet, pris, framdrivning, insamlingsförmåga och effektivitet. (Korechi, 2022; ECHO Robotics, 2020; Belrobotics, u.å.; Relox Robotics, u.å.)	34
Figur 9: Tabell 7: Jämförelse av fyra utvalda modeller av bunkerkrattar alternativ. (SmartRake B4, u. å.; Smithco Sand Star E, u. å.; Toro Sand Pro 5040, u. å.; John Deere 1200A, u. å.)	36
Figur 10: Klipphöjder på Vasa Golf för olika områden av banan (Källa: Intervju med banmästare, Vasa Golf, 2025).	44
Figur 11: visar en översikt över klippningsfrekvensen på Vasa Golf (Intervju med banmästare, Vasa Golf, 2025).	45
Figur 12: Översiktsbild tagen rakt ovanifrån av Vasa Golf, vilken visar hela anläggningen. De bruna områdena illustrerar de lokala höjdskillnaderna inom området. Källa: Lantmäteriverket (2025).....	52
Figur 13: Översiktsbild tagen rakt ovanifrån av Vasa Golf Range, där den markerade ytan omfattar cirka 3,7 hektar och bruna områden visar lokala höjdskillnader. Källa: Lantmäteriverket (2025).....	53
Figur 14: bild på en SmartRake B4, då den krattar en bunker. (BAS-Turf, 2025).....	54
Figur 15: Översikt över Husqvarnas främsta golfbane-robotar med pris och huvudspecifikationer. (Husqvarna, u. å.).....	56
Figur 16: visar då Range picker RP-1200 plockar upp bollar på en driving range. (ECHO Robotics,2025)	58
Figur 17: Ekonomisk analys av robotteknikinvestering	65

1 Introduktion

Varje golfbana har sin egen unika utformning och miljö, som kräver kontinuerligt underhåll för att hållas i skick på en hög spelnivå. Traditionellt har man gjort detta arbete med hjälp av anställda, vilket leder till stora personalkostnader för uppgifter som gräsklippning, bollplockning och bunkerskötsel.

Robotik och automatisering har utvecklats snabbt under de senaste åren, och de har hittat på olika lösningar till att lösa dessa problem, som kan minska på ekonomiska utgifterna och på samma gång upprätthålla, eller förbättra golfbanans spelkvalitet.

Detta arbete utforskade om, hur nutida robotteknik, kan effektivisera golfbanornas underhåll med att sänka på personalkostnaderna och på samma gång hålla en hög kvalitet. Med att jämföra traditionella metoder med automatiserade lösningar som robotgräsklippare, robotbollplockare och bunkerrobotar. Med studien fördjupade jag mig i förståelsen kring ekonomiska och tekniska effekterna kring detta.

1.1 Bakgrund och problemformulering

Golfbanorna är en viktig del av fritidssektorn och behöver kontinuerligt underhåll, för att säkerställa hög kvalitet och en attraktiv miljö. Traditionellt har detta gjorts manuellt med gräsklippare, specialfordon och personal som utför uppgifter såsom gräsklippning, bunkerskötsel och bollplockning och andra övriga rutinuppgifter. Dessa intensiva uppgifter, har mycket höga personalkostnader, som är den största ekonomiska utmaningen inom golfbana underhåll.

Den snabba utvecklingen inom automation och robotteknologin har gett nya möjligheter för golfbanas underhåll, såsom robotgräsklippare, bollplockarrobotar samt bunkerrobotar. De kan minska på behovet på manuell arbetskraft samt, hålla eller förbättra golfbanans kvalitet.

Studier visar att robotklippning kan ge lika bra eller bättre gräskvalitet än traditionell klippning (Hesselsøe et al., 2022) och att robotgräsklippare kan bidra till en mer långsiktig hållbar resursanvändning. (Aamlid et al., 2021). Medan också (Pirchio et al., 2018) har

konstaterat att robotgräsklippare kan förbättra torvkvaliteten och växttätheten jämfört med den traditionella metoden.

Ett konkret exempel på hur automatiserade lösningar används idag inom golfbaneunderhåll är partnerskapet mellan Husqvarna och en av de största golfanläggningarna i Norden. Där robotteknik används för att effektivisera underhållet samt minska på personalkostnaderna. (Pickala Golf, n.a.). Med denna utveckling, är det relevant att undersöka hur automatisering påverkar golfbanors ekonomi och verksamhetseffektivitet.

1.2 Syfte och mål

Syftet med denna litteraturstudie var att analysera de ekonomiska och tekniska fördelarna, med att ta i bruk robotteknik inom golfbaneunderhållet. Studien fokuserar på att analysera, hur robotklippare, bollplockare och bunkerrobotar påverkar både effektivitet samt kostnadsstrukturer.

Målet med denna studie var att genom en litteraturöversikt belysa och analysera följande forskningsfrågor:

- Hur mycket arbetstid och arbetsmängd kan sparas med att ta i bruk de automatiserade lösningarna i stället för de traditionella lösningarna?
- Vad finns det för teknologier och lösningar på marknaden för robotgräsklippare, bollplockare och bunkerrobotar?
- Hur påverkar initiala investeringskostnader, driftskostnader samt långsiktig lönsamhet beslutet att investera i robotteknik för golfbaneunderhåll?

Under arbetets gång kommer följande leveranser att produceras:

För det första görs en systematisk litteraturöversikt var jag identifierar och sammankopplar tidigare forskning, tekniska specifikationer och ekonomiska analyser kring robotgräsklippare, bollplockare och bunkerrobotar. Här ingår även en genomgång av relevanta ekonomiska modeller såsom investeringskalkyler samt en jämförelse av de viktigaste tekniska lösningarna som används på marknaden.

Därefter görs en marknads- och teknikanalys, var produktblad, leverantörspriser och serviceavtal samlas in för ledande tillverkaren. Resultatet presenteras i en jämförande matris, var varje robots investeringskostnad, drifts- och underhållskostnad samt tekniska nyckeltal poängsätts.

Tredje leveransen består av empirisk datainsamling och en kostnads- och nyttoanalys. Genom semistrukturerade intervjuer med banmästare och specialister inom golfbaneunderhåll, som kompletteras med tidsstudier och driftstatistik, beräknas de årliga personalkostnadsbesparingar, payback-perioder och ROI. Jag kompletterar ännu med en känslighetsanalys, som visar variationen i maskinlivslängd, arbetskostnad och energiförbrukning påverkar lönsamheten.

Slutligen gjordes en slutrapport och en PowerPoint-presentation. Rapporten sammanfattar metodik, resultat, ekonomiska beräkningar och diskussion enligt akademiska riktlinjer, med fullständig referenshantering och bilagor. Presentationen består av tydliga grafer och nyckelinsikter som underlättar den muntliga redovisningen av studiens huvudsakliga fynd.

1.3 Metod

För att besvara på frågorna som uppställdes, gjordes en systematisk litteraturstudie. Denna metod innehåller en genomgång av tidigare forskningsartiklar, tekniska specifikationer samt rapporter inom branschen om moderna robotgräsklippare, bollplockare och bunkerrobotar.

Informationen hämtades från akademiska databaser samt, relevanta tidigare skrivna examensarbeten och internationella forskningsstudier. Dessutom ingår det tekniskt dokument och produktspecifikationer från tillverkare, vilket möjliggör en mycket detaljerad analys av de aktuella robotlösningarna på marknaden.

Metoden säkerställer djupgående utvärderingar av de ekonomiska och tekniska fördelarna med automatiseringen av golfbaneunderhållet.

1.4 Avgränsningar

Studien är avgränsad att täcka de delar som är mest kostnadsintensiva av golfbaneunderhållet, nämligen gräsklippning, bollplockning och bunkerskötsel. Också bevattning som är en viktig del av golfbaneunderhållet kommer att inkluderas i analysen. Medan andra arbeten, som gräsets kemiska behandling av gräset lämnas bort, för att de hanteras med ett lägre kostnadsuttag.

Fokus ligger alltså på tidigare forskning, tekniska beskrivningar och branschrapporter från USA och Europa, kompletterat med praktiska insikter från intervjuer av anställda vid Vasa Golf.

1.5 Disposition

Examensarbetet är strukturerat enligt följande:

- **Kapitel 2 – Fallstudie: Vasa Golf:** Presentation av golfbanans historik, nuvarande underhållsmetoder samt ekonomiska aspekter.
- **Kapitel 3 – Teoretisk referensram:** Redogörelse för de ekonomiska teorier som ligger till grund för analysen, inklusive produktivitetsteori, kostnadsstrukturer och investeringsbedömning.
- **Kapitel 4 – Grundlig översikt av Robotlösningar för Golfbaneunderhåll:** Genomgång av tekniska lösningar och innovativa robotteknologier för golfbaneunderhåll.
- **Kapitel 5 – Metodik:** Beskrivning av forskningsdesign, datainsamlingsmetoder och urval.
- **Kapitel 6 – Resultat:** Presentation och tolkning av de insamlade data, med kvantitativa och kvalitativa analyser.
- **Kapitel 7 – Diskussion:** Kritisk utvärdering av resultaten.
- **Kapitel 8 – Slutsats:** Sammanfattning av studiens huvudsakliga fynd, begränsningar samt förslag på vidare forskning.

2 Vasa Golf

Detta kapitel presenterar en översikt av Vasa Golf, golfbanans historia, deras nuvarande underhållsmetoder, samt hur automation och robotik har påverkats deras verksamhet under de senaste åren.

Fokus ligger på golfbanas planering, användning av tekniska lösningar och de kostnadsmissiga faktorerna inom underhållet. Genom att analysera Vasa golf olika arbetssätt, och jämföra den traditionella metoden med automatiserade metoder, kommer det fram hur modern teknologi kan effektivisera golfbaneunderhållet samtidigt som det bidrar till kostnadsbesparingar.

2.1 Bakgrund och historia

Kråklund Golf AB, eller som mer vanligt kallas Vasa Golf, är idag en av det mest besökta golfdestinationerna i Österbotten. Anläggningen är placerad endast 7km från Vasa centrum. Golfbanan har både hål som är lätta och mer svåra, var spelarna kan njuta av den fina naturen och miljön, samtidigt som de kan spela golf. På det sättet är golfbanan bra designad, för att den passar åt alla typer av spelare, för både nybörjare och mera erfarna golfspelare, som söker utmaning. Idag spelas över 50 000 rundor årligen, vilket gör golfbanan till en av de mest aktiva i regionen (Golfamore, 2023).

I Vasa golf spelades det för första gången år 1969, och sedan det har det skett flera förändringar och utbyggnader på området. Den första 18-hålsbanan blev klar 1993, och kallas idag även till "Old Course", och de senaste uppdateringarna har genomförts av den svenska golfarkitekten Björn Eriksson. Detta inkluderade utbyggnaden till en 27-hålsbana, som blev klar i juli 2006. Området har en total area på cirka 110 hektar, vilket omfattar spelytor, träningsområden och naturområden.(Golfamore, 2023).

Sedan utbyggnaden består golfbanan av tre olika 9-håls slingor:

- Gula banan är den lättaste av de tre och sträcker sig genom ett öppet åkerlandskap.
- Vita banan startar vid klubbhuset och är en blandning av park- och skogslandskap.
- Blå banan startar vid rangen och består av mera krävande hål i stenig skogsmark.

Hålen på Vita och Blå banan är relativt korta men utmanande, vilket kräver mera precision i spelet. Golfbanan och anläggningen kräver kontinuerligt underhåll, och årligen läggs cirka 10 000–12 000 arbetstimmar på golfbanans skötsel.



Figur 1: Karta över Vasa Golfs tre slingor (Blå, Gul och Vit), med hålen numrerade från 1–9 i respektive färg. Kartan visar även anvisningar för förflyttning på banan samt utmärkta åskskyddspunkter vid oväder. (Vaasan Golf, 2025).

Förutom de tre huvudbanorna, har också Vasa golf gjort nyligen en allemansbana, ”jokamieskenttä”, som är öppen för alla, oavsett tidigare golf erfarenhet. Även spelare utan green-card, har möjlighet att pröva på golf i en avslappnad miljö. Allemansbanan är mest omtyckt av nybörjare, familjer och personer som vill testa på golf, innan de tar tröskeln över att gå vidare till nybörjarkurs och medlemskap i klubben.

Med denna bana, har Vasa Golf sänkt tröskeln till att komma och test på sporten, vilket har lett till att fler har fått upp ögonen för golf inom Österbotten. Banan ger också en grundläggande introduktion till golfreglerna och grundtekniken som man behöver i sporten.

Förutom själva golfhålen på Vasa golf, har de även mycket bra träningsmöjligheter för de som vill träna på något, som behöver förbättras inom deras golfspel. Vasa Golf erbjuder på en stor driving range, puttningsgreener och ett närspelsområde, var man får träna på den typ av närspels slag man vill. Under vintern finns också en vinterträningshall, en golfsimulator och ett mindre gym, vilket gör det möjligt för spelare att upprätthålla sin träning året runt.

Klubbhuset är en samlingsplats för golfarna och där finns en restaurang samt mötesrum och en liten golfbutik, var man kan köpa golfutrustning. I klubbhuset samlas golfarna för att umgås och till exempel analysera dagens spel. Hela områdets moderna layout samt omgivningen i lugna naturen gör Vasa golf till en attraktiv destination för både medlemmar och gästande golfare från hela landet.

2.1.1 Gräsklipparnas historia på Vasa Golf

Vasa golfs nuvarande banmästare inledde sin anställning som sommararbetare år 1983, och har jobbat där sedan det. Under de inledande åren utfördes underhållet med en singel greenklippare för greener i kombination med en traktordragen fairway-klippare, där en kedja användes för att justera klipphöjden. På den här tiden fanns inte heller utslagsplatser eller bunkrar, utan man slog utslagen från mattor. Bunkrarna uppkom först under 1990-talet till Vasa. År 1984 togs det i bruk en trippel greenklippare med integrerad förarhytt, vilket markerade en betydande teknologisk utveckling inom underhållsmetoderna. (Banmästaren, personlig kommunikation, 2025).

Mera uppdateringar kom också till klipparna under 1990-talet, då den första rough-klipparen införskaffades år 1990. Under samma år tog även i bruk en nyare modell som kunde hantera fairway, vilket lättade lite på klippningsarbetet. (Banmästaren, personlig kommunikation, 2025).



Figur 2: bild på traktordragen fairway-klippare på Vasa Golf år 1987

2.2 Ekonomiska Aspekter

I detta kapitel analyseras ekonomiska aspekter och vad Vasa golf kan göra för att minska kostnader med automatisering för att förbättra lönsamheten på lång sikt. Det innehåller en genomgång av golfklubbens omsättning, viktiga ekonomiska nyckeltal samt en analys hur man kan minska på de största kostnadsutgifterna med modern automation.

Omsättning och Viktiga Nyckeltal

Verksamheten vid Vasa Golf drivs genom två juridiska enheter: Oy Kråklund Golf Ab, som ansvarar för den affärsmässiga driften av golfverksamheten, medan Vaasa Golf r.f som är den ideella föreningen för medlemmarna vid Vasa Golf och ansvarar för föreningsverksamhet och medlemstjänster. Den ekonomiska analysen nedan behandlar båda dessa enheter, med fokus på hur automatisering kan bidra till att minska kostnaderna och öka lönsamheten. (FORE, Ammattilehti, 2024, s. 18–19).

Enligt budgeten för år 2025 beräknas föreningen OY Kråklund Golf AB, att uppnå en omsättning på 919 000€. De största inkomstkällorna är säsongavgifterna 393 000€, greenfee spelrätterna 158 000€ och rangepoletterna 61 000€. Dessa intäkter utgör tillsammans är en betydande del av den totala inkomstkällan för verksamheten. (FORE, Ammattilehti, 2024, s. 18–19).

Verksamhetens största kostnader är personalkostnaderna, som till år 2025 budgeteras till 350 000€. Detta innebär att personalen utgör en väsentlig del av de totala utgifterna. Övriga kostnader för material och tjänster, som bränsle, reparationer, gödning och underhåll uppgår till 188 000€. Övriga rörelsekostnader som hyra, IT-kostnader och maskinunderhåll, uppgår till 302 000€. Dessa siffror visar att det finns ett behov att minska på de höga driftkostnaderna. (FORE, Ammattilehti, 2024, s. 18–19).

Resultatet och lönsamheten för verksamheten har små marginaler, med en bruttomarginal på 738 000€ och ett rörelseresultat på bara 1 120€. Efter finansiella poster landar det slutgiltiga resultatet före skatt på 6 399€, vilket är en rejäl minskning från 2024 års prognos på 47 000€. (FORE, Ammattilehti, 2024, s. 18–19).

Personalkostnader och Budgetfördelning

Personalkostnaderna utgör en stor del av de totala kostnaderna för OY Kråklund Golf AB:s verksamhet. För 2025 budgeteras personalkostnader till 350 000€, vilket betyder en ökning på föregående årets budget 345 000€. Denna ökning kan bero på saker som högre löner, fler anställda eller andra personalrelaterade utgifter. Personalkostnaderna förväntas alltså stiga, vilket innebär att personalen kommer att fortfarande vara största utgifterna. (FORE, Ammattilehti, 2024, s. 18–19)

Vid sidan av Oy Kråklund Golf Ab:s verksamhet har Vaasa Golf r.f. en egen föreningsbudget. Föreningens totala kostnader för ordinarie verksamheten är budgeterade till 161 000€ för 2025, medan underskottet uppgår till 176 000€. Detta täcks genom andra inkomstkällor, som kapitalanskaffningar för att balansera budgeten. Det indikerar en strukturell obalans mellan intäkter och utgifter inom föreningsverksamheten, vilket i sin tur kan påverka framtida investeringar. (FORE, Ammattilehti, 2024, s. 18–19).

2.3 Underhållsmetoder på Vasa Golf

Enligt banmästaren i en personlig intervju så tog Vasa golf under sommaren 2023 för första gången med robotgräsklippare från Husqvarna i deras underhållsarbete. Genom att investera i dessa robotar har golfbanan minskat på klippningsarbetet av anställda. Husqvarnas robotgräsklippare används för att klippa gräset på fairways och roughar på öppna ytor som har gett anställda möjlighet att kunna fokusera på viktigare uppgifter på anläggningen.

Trots införandet av robotgräsklippare, så sköts fortfarande största delen av golfbanans underhåll manuellt. Arbetet i bunkrar, utslagsplatser och greener, samt andra detaljer på golfbanan, sköts av personalen med hjälp av traditionella metoder och maskiner. Detta innebär att personalen lägger årligen ca.10 000–12 000 timmar på manuellt underhåll för att hålla gräset i toppskick.

Utvecklingen av bevattningssystemet är ytterligare ett exempel på hur tekniken har ändrats enligt banans behov. De första sprinklersystemen med stora rör längs marken installerades redan under 1970-talet. Sedan infördes automatiserade system med tidsinställningar, vilket ledde till att de äldre hålen fick ett automatiserat bevattningssystem från 1993. En

uppgradering för 2021 möjliggjorde tekniska förbättringar där bevattningsmängden nu kan programmeras per sektor, vilket har bidragit till minskade vatten- och elkostnader, trots att systemet fortfarande styrs av förinställda datorprogram snarare än AI-sensorer. På de nya hålen har denna sektorteknik dock inte tagits i bruk, men banmästaren menar att genom att installera samma system även där, skulle ytterligare besparingar på vatten- och elkostnader kunna uppnås. (Banmästaren, personlig kommunikation, 2025)

2.4 Vasa Golf - tidigare investeringar i teknik

Vasa Golf strävar efter att vara en av de bästa golfanläggningarna i regionen, med fokus på hög kvalitet, hållbarhet och modern teknik. Detta syns tydligt i satsningarna på automatisering och fortsatt teknikutveckling.

Jämförelsen mellan de traditionella och automatiserade underhållsmetoder visar skillnader i både arbetsinsats och kostnadseffektivitet. Traditionella metoder, som under de tidigare årtiondena sköttes av manuellt underhåll med mekaniska klippare och traktordragna maskiner, medförde en betydande arbetsinsats. Enligt banmästaren vid Vasa Golf var de första gräsklipparna, en singel greenklippare och en traktordragen fairway-klippare var man inte kunde ställa in klipphöjden, och därför klippte man allt gräs på samma höjd. (Banmästaren, personlig kommunikation, 2025)

Till skillnad från de traditionella metoderna visar de automatiserade underhållsmetoderna, som infördes med robotklipparna i början av säsongen 2024, efter en testperiod med en testklippare under 2023, på en effektivisering av arbetsprocessen. Robotarna, utrustade med avancerade sensor- och navigationssystem, möjliggör en mer precis och jämn klippning. År 2025 klipps ungefär 33% av banan med robotar, medan resterande 66 % fortfarande hanteras med traditionella metoder, vilket illustrerar potentialen för ytterligare automatisering (Banmästaren, personlig kommunikation, 2025).

Personalsituationen på Vasa Golf varierar med säsongen. Under sommaren arbetar mellan 12 och 15 anställda, medan antalet minskar under vintern till några fast anställda och deltidsanställda. Automatiseringen har bidragit till en omstrukturering där arbetsuppgifterna omfördelas. Detta medför att behovet av manuell arbetskraft minskar, och de anställda får möjlighet att i stället kan fokusera sig på mer utvecklande och värdeskapande uppgifter. (Banmästaren, personlig kommunikation, 2025).

Implementering av Robotarna I Vasa Golf

Enligt banmästaren i en personlig intervju så har Vasa Golf från och med 2024 använt åtta mindre robotar (Husqvarna 520/550) för rough samt en större modell (Husqvarna Ceora) för områden med låga gräshöjder. Inför säsongen 2025 har de skaffat ytterligare två stora Ceora-modeller, vilket ger totalt 11 robotklipparrobotar i bruk under år 2025.

Banmästaren uttrycker att han tror att antalet robotklipparrobotar kommer att öka med åren, vilket stärker den automatiserade underhållsstrategin och bidrar till långsiktiga kostnadsbesparingar. (Banmästare vid Vasa Golf, personlig kommunikation, 2025)

Vasa Golf har valt att hyra robotarna via ett serviceleasingavtal. Detta säkerställer att en ersättningsrobot snabbt kan levereras vid eventuella fel, samtidigt som kostnader för reparationer och regelbundet underhåll ingår i avtalet, vilket gör lösningen kostnadseffektiv. De enda manuella insatser som krävs av personalen är bettbyte och tvättning, vilket tar cirka en timme per vecka för en anställd. (Banmästaren, personlig kommunikation, 2025).

2.5 Golfbanans struktur

Enligt olika golfartiklar så är en golfbana gjord av flera olika typer av gräsytor och element, där var och en har en specifik funktion och sina egna underhållsbehov. (Golf247, u.å.; Golfprylar.nu, u.å.).

- Utslagsplats, eller mer kallad tee-box är startpunkten för varje hål, var spelaren slår ut bollen. Det finns ofta 4 olika tee-boxar per hål, med olika svårighetskrav för att anpassa spelet efter spelarens nivå.
- Fairway är det klippta området mellan utslagsplatsen och greenen. Fairway: n behöver kontinuerligt klippning för att säkerställa jämnt gräs och god spelbarhet.
- Foregreen är området precis runtom greenen, där gräset är en aning längre än på greenen men kortare än på fairway. Foregreen kräver noggrant underhåll för att möjliggöra mjuka inspel mot greenen.

- Rough är området utanför fairway med högre typ av gräs, vilket gör spelet svårare om man slår dit. Underhålls mindre än fairway, men behövs ändå skötsel för att det inte ska påverka på speltempot eller banans estetik.
- Semi rough är det klippta området som finns mellan fairway och rough, var gräset är kortare än i roughen och längre än på fairway. Regelbunden klippning behövs för att säkerställa en jämn höjd.
- Green, är det kortklippta området var golfhålet och flaggan finns. Området behövs väldigt noggrann skötsel, inklusive frekvent klippning, bevattning och vältning för att hålla jämn och snabba puttytor.
- Bunkrar och vattenhinder är strategiskt placerade hinder som ökar spelets utmaning. Bunkrar kräver också mycket underhåll, som krattning och trimning av bunkerkanterna, medan vattenhinder kan kräva skötsel för att förhindra blockering av vattenflöden.
- Stigar och transportvägar används för golfbilar och underhållsmaskiner. Dessa vägar måste hållas i bra skick för att öka säkerheten för både spelare och personal.

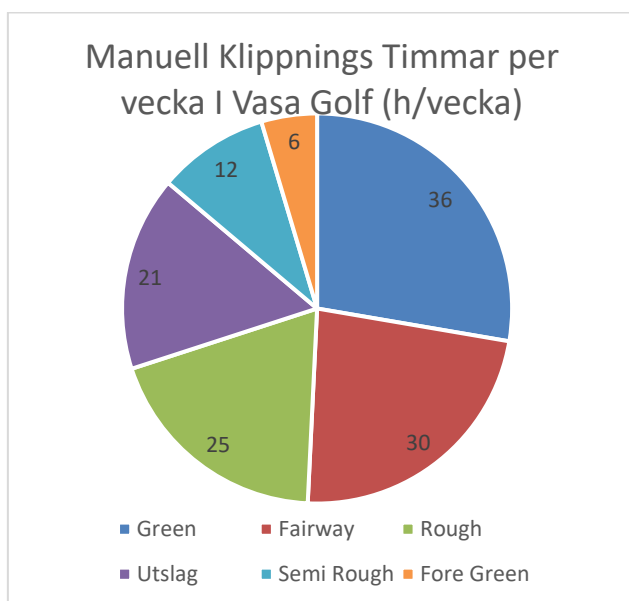
2.6 Data kring Vasa Golfs underhållsarbete

Här presenteras insamlade data kring Vasa Golfs underhållsarbete samt de insikter som hämtats från litteraturstudierna. Resultaten ger en tydlig bild av hur automatiseringen påverkar underhållet, personalbehovet och framtida utvecklingsplaner på golfbanan.

Intervjun visar att uppgifterna på golfbanan har förändrats mycket över den senaste tiden. Tidigare utfördes nästan allt arbete manuellt med traditionella maskiner, och nu med införandet av robotklippare har cirka en tredjedel av gräsklippnings underhållet nu automatiserats.

Personalsituationen på Vasa Golf varierar med säsongen. Under sommaren har de ca. 12–15 anställda som arbetar, medan antalet minskar under vintern till några fasta anställda och deltidsarbetade. Automatiseringen har bidragit till en omstrukturering där arbetsuppgifterna omfördelas, vilket minskar behovet av manuell arbetskraft och samtidigt möjliggör att de anställda får arbeta med mer utvecklande och värdeskapande uppgifter.

Banmästaren lyfter också fram att framtida planer på golfbanan kommer de antagligen att ytterligare införskaffa mera av robotklippare inom de kommande 5–10 åren, som kommer att hjälpa på personalens rutinuppgifter.



Figur 3: visar tydligt hur de olika klipptimmarna fördelar sig mellan Green, Fairway, Rough, Utslagsplatser, Semi Rough och Fore Green.

Figuren visar veckovis fördelning av klipptimmar på olika banområden och utgör underlaget för vår analys av automatiseringspotential.

Green (36 h/vecka)

Greenerna är den mest tidkrävande ytan att klippa, vilket beror på att gräset måste hållas på en mycket låg höjd för att säkerställa en jämn och snabb puttyta. Detta kräver både frekvent klippning och stor noggrannhet.

Fairway (30 h/vecka)

Fairways klipps också regelbundet, men kraven på klipphöjd och precision är inte lika höga som på greener. Dock är fairway-ytorna ofta större till ytan, vilket gör att tidsåtgången ändå blir omfattande.

Rough (21 h/vecka)

Roughen behöver inte klippas lika frekvent eller lika lågt som fairway och green, men kräver ändå återkommande skötsel för att banan ska vara spelbar och inte alltför svår för medelgolffaren.

Utslagsplatser (12 h/vecka)

Tee-boxar (utslagsplatser) är relativt små ytor men måste hållas i gott skick, då de är första kontaktytan för spelarna på varje hål. Frekvent klippning krävs för att undvika ojämnheter.

Semi Rough (25 h/vecka)

Semi rough ligger i gränzonen mellan fairway och den höga roughen. Här krävs regelbunden klippning för att behålla en tydlig övergång och underlätta för spelarna att hitta sina bollar.

Fore Green (6 h/vecka)

Fore green är övergångszonen mellan fairway och green. Den klipps något högre än green men kräver ändå en noggrann klipphöjd för att behålla en mjuk övergång för inspel mot green.

Diskussion kring resursfördelning och automatisering

Av figuren framgår att Green och Fairway tillsammans står för en betydande del av klipptimmarna, 66 av totalt 130 timmar/vecka. Detta innebär att just dessa ytor är extra intressanta att automatisera, eftersom personalens arbetstid på sikt kan reduceras om robotgräsklippare implementeras i större skala. Tidigare studier (Hesselsøe et al., 2022; Hansen, 2022) pekar dessutom på att robotklippning kan ge likvärdig eller förbättrad gräskvalitet, vilket gör investeringen ekonomiskt intressant på längre sikt.

Utifrån ett kostnadsperspektiv kan även en relativt liten minskning av arbetstiden på Green och Fairway medföra märkbara besparingar. Enligt Payback-modeller för robotik kan återbetalningstiden (payback-period) för robotgräsklippare vara tre till fem år (Husqvarna Group, 2023a), beroende på faktorer som inköpspris, serviceavtal och hur mycket manuellt arbete som ersätts.

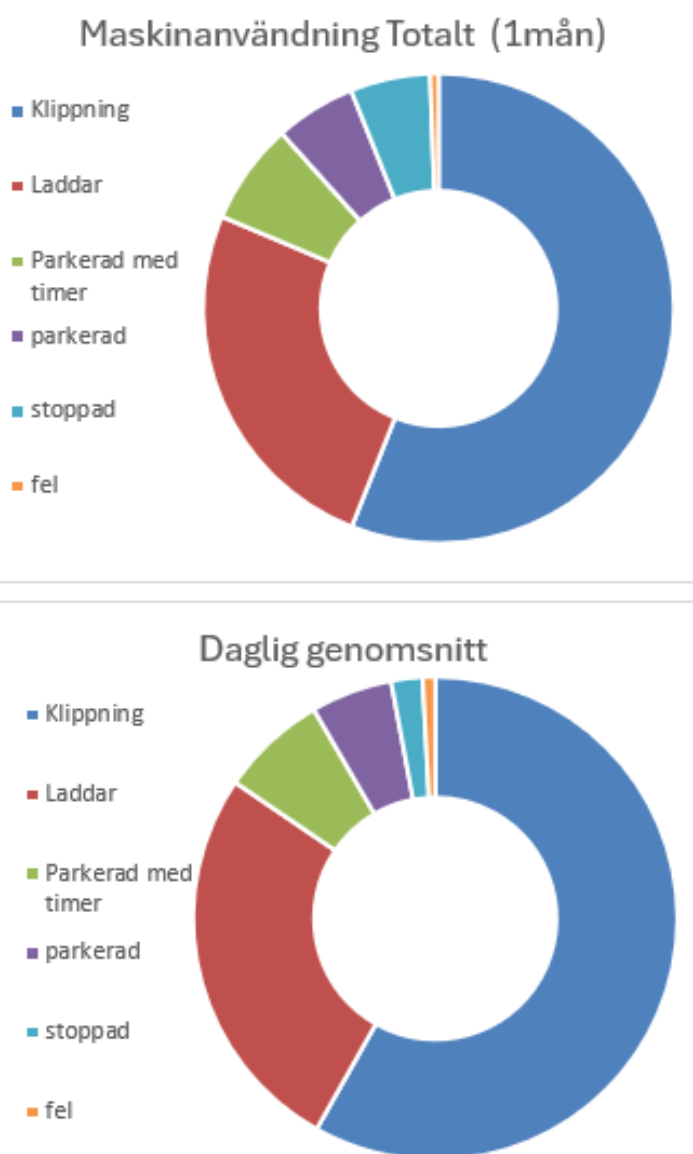
Slutsatser utifrån klipptidsfördelningen

Hög potential för automatisering: Green och Fairway bör prioriteras för robotklippare, eftersom de upptar mest arbetstid och kräver hög noggrannhet.

Rough och Semi Rough: Även om dessa områden har lägre krav på klipphöjd, är de till ytan stora. Automatisering här kan på sikt minska den totala arbetsbördan för personalen.

Kompletterande åtgärder: Trots automatisering kvarstår behovet av manuell trimning i områden där robotar inte kommer åt, till exempel kring hinder, bunkrar och vattenkanter.

2.7 Användningsanalys av Husqvarna CEORA 546 EPOS på Vasa Golf



Figur 4: visar en maskinanvändningsrapport från Vasa Golf för en Husqvarna CEORA 546 EPOS robotgräsklippare, hämtad från Husqvarna Fleet Services.

De olika kategorierna omfattar klippning, laddning, parkering med timer, parkerad, stoppad och fel. Det är viktigt att förstå att materialet inte baseras på en systematisk studie utan bara illustrerar maskinens användningsdata under en period.

Nedan följer en förklaring av vad de olika kategorierna innebär:

- **Klippning**

Anger den tid roboten är aktiv och klipper gräset. Här kan man få en indikation på hur stor del av dygnet eller månaden som faktiskt spenderar på att utföra den primära arbetsuppgiften.

- **Laddar**

Visar när roboten är ansluten till laddningsstationen och återställer sin batterikapacitet. Tiden för laddning påverkar i vilken utsträckning roboten kan vara i aktiv drift och kan ge indikationer på batteriets effektivitet och laddningsbehov.

- **Parkerad med timer**

Innebär att roboten står stilla enligt ett förinställt schema. Denna funktion används ofta för att styra när roboten ska klippa och när den ska vara inaktiv, exempelvis för att undvika drift under tider med många spelare på banan eller under perioder med sämre väderförhållanden.

- **Parkerad**

Anger att roboten är inaktiv utan att nödvändigtvis vara tidsstyrd. Detta kan bero på att man manuellt valt att avbryta klippningen eller att det inte finns något aktuellt uppdrag för roboten.

- **Stoppad**

Handlar om driftsavbrott som uppstår när någon manuellt stoppar roboten eller om något oväntat händer. Exempelvis kan roboten ha stött på hinder, fastnat eller behövt stängas av för underhåll. Det visar även hur ofta man behöver ingripa för att åtgärda problem.

- **Fel**

Avser tid då roboten befinner sig i ett fel- eller larmtillstånd, exempelvis vid tekniska problem eller systemfel. Detta kan kräva manuella åtgärder för att återställa roboten till normal drift.

Sammanfattning av maskinanvändningsdata

Figuren visar att roboten är för det mesta aktiv och utför gräsklippning under den uppmätta perioden. Endast en liten del av tiden går åt laddning, parkering samt driftstopp och fel. Driftstopp inträffar oregelbundet, ofta på grund av manuella ingripanden eller oförutsedda händelser, som till exempel hinder. Sammanfattningsvis indikerar datan att roboten till största delen är i gång och fungerar enligt förväntningarna, vilket tyder på hög drifttid och effektiv användning.

2.8 Sammanfattning och slutsatser

Vasa golf har redan gjort framsteg kring automation, med att ta robotgräsklippare och automatiserade bevattningssystem i bruk. Vilket har förbättrat underhållet och minskat på arbetsuppgifterna och förbättrat underhållet. Trots dessa framsteg finns det fortfarande möjligheter till mer automatisering av manuella arbetsmoment som investeringar i automatisk bollplockning och bunkerrobotar.

För att fortsätta utvecklingen bör Vasa Golf samla in data och jämföra med andra banor i Finland var de har tagit mera automatiserade lösningar i bruk, samt fokusera på hur ny teknik kan integreras. Genom dessa åtgärder kan Vasa Golf bli en förebild för andra banor i regionen och säkerställa långsiktig hållbarhet och spelupplevelse.

3 Teoretisk referensram

I detta kapitel presenteras en ekonomisk översikt över automation och dess inverkan på golfbaneunderhåll. Dessutom ges relevanta ekonomiska teorier och tidigare forskning som belyser hur robotik kan påverka kostnader, effektivitet och arbetskraft. Avslutningsvis diskuteras teknologins ekonomiska och arbetsmarknadsmässiga effekter samt dess långsiktiga påverkan inom branschen.

3.1 Ekonomiska teorier kopplade till automation

Några ekonomiska modeller kan användas för att analysera effekterna av automation genom robotik kan påverka kostnadsbesparingar och effektivitet inom en verksamhet som en golfbana. Med Payback-metoden och Return on Investment (ROI) kan man skapa en tydligare förståelse på hur tekniska investeringar påverkar produktionsprocessen och den långsiktiga lönsamheten.

Enkel formel:

$$\text{Payback-period} = \frac{\text{Initial investering}}{\text{Årlig nettofördel}} \quad (1)$$

Payback-metoden är en av de enklaste formerna för investeringskalkylering, och används för att snabbt bedöma hur lång tid det tar för en investering att återbetala sig själv. Metoden räknar återbetalningstiden i år, som ger en tydlig indikation på investeringens lönsamhet, i jämförelse med traditionella arbetssätt. (Karlsson, 1999).

Hørsholm Golfklubb i Danmark har implementerat 14 robotgräsklippare och två robotar för bollplockning, vilket har lett till en årlig besparing på upp till 300 000 DKK (cirka 40 000 €), främst genom minskad bränsleförbrukning och reducerade kostnader för reservdelar. (GEO Foundation for Sustainable Golf, n.d.).

Exempel. Anta att en golfklubb, tar ett beslut för att investera i två CEORA robotgräsklippare. Enligt Husqvarnas officiella webbplats erbjuder företaget en CEORA™ Starter Kit, som inkluderar CEORA™ 546 EPOS™-drivmodul, Razor 43M-klippaggregat, CS4-

laddstation, hjulborstkit och en EPOS™-referensstation, för \$32 829,94 som är ca. 30 000,00€ (Husqvarna, n.d.)

För att få reda på den årliga besparingen vid användning av robotgräsklippare på golfbanan, kan man ta hänsyn till flera faktorer som arbetskostnader, bränslebesparingar och underhållskostnader. En golfklubb som använder traditionella metoder för gräsklippning kan ha betydande arbetskostnader. Om det tar 20 timmar per vecka för en anställd att klippa gräset och timlönen är 15 €, skulle den årliga arbetskostnaden vara:

$$20 \text{ timmar/vecka} \times 15 \text{ €} \times 40 \text{ veckor} = 12\,000 \text{ € per år}$$

En robotgräsklippare minskar behovet av arbetskraft, vilket ger en besparing på dessa 12 000 € per år. Vidare, om den traditionella klippningen förbrukar bränsle till en kostnad av 3 000 € per år, och robotklipparen är batteridrivna, kan bränslekostnaden minska med upp till 80 %. Detta innebär en besparing på 2 400 € per år.

Robotgräsklipparen kan även leda till lägre underhållskostnader. Om underhållet för en traditionell gräsklippare är 1 000 € per år, och robotklipparen endast kräver 500 € i underhåll, ger detta en ytterligare besparing på 500 € per år.

Totalt ger detta en årlig besparing på:

$$12\,000 \text{ € (arbetskraft)} + 2\,400 \text{ € (bränsle)} + 500 \text{ € (underhåll)} = 14\,900 \text{ € per år}$$

Med denna uppskattade årliga besparing kan vi nu beräkna återbetalningstiden för investeringen i robotgräsklipparna. Om den totala initiala investeringen är 60 000 € och den årliga besparingen är 14 900 €, blir återbetalningstiden:

$$\text{Återbetalningstid} = \frac{60\,000 \text{ €}}{14\,900 \text{ € per år}} \approx 4,0 \text{ år}$$

Det innebär att investeringen i två robotgräsklippare skulle betala sig själv på cirka 4 år. Efter denna tid kommer golfklubben att fortsätta dra nytta av besparingarna under resten av robotarnas livslängd, som förväntas vara minst 8 år. (Husqvarna, n.d.)

När en golfklubb funderar att investera i robotik för att spara på personalkostnader, är det viktigt att vara medveten om metodens begränsningar. Payback- metoden ger bara enbart en tidsperiod för när investeringen återbetalar sig, den tar inte hänsyn till andra viktiga faktorer, som ränta och kapitalkostnader. I metoden tas det inte heller i hänsyn till kostnader och besparingar efter återbetalningstiden, exempelvis underhållskostnader för roboten och ändringar i arbetskraftskostnader, som kan ha stor inverkan på den totala investeringslönsamheten. Dessutom kan nyare och mer effektiva robotar introduceras på marknaden och påverka investeringsbeslutet innan den ursprungliga investeringen hunnit betala sig tillbaka. (Olsson, 2009).

Fördelarna med metoden är att den är lätt att förstå och använda, samt att den ger en snabb uppskattning på hur länge det tar innan investeringen börjar generera vinst. Den är också behövlig i investeringar, där en kort återbetalningstid är avgörande, som ofta är fallet för mindre golfklubbar med begränsade ekonomiska resurser. (Dahlquist & Knight, 2022, 16.1)

Nackdelarna med metoden är att den inte tar hänsyn till den ekonomiska effekten efter återbetalningstiden och inte beaktar ränta eller inflation, samt att den ignorerar potentiella ytterligare besparingar eller kostnader som kan uppstå, exempelvis programvaruuppdateringar för roboten. (Dahlquist & Knight, 2022)

Sammanfattningsvis kan payback-metoden vara ett mycket användbart verktyg vid investeringsbeslut inom robotik på golfbanor. Men för att få en mer heltäckande bild av långsiktiga lönsamhet på investeringen bör kompletteras med andra kalkyleringsmetoder också, vilket säkerställer att relevanta ekonomiska faktorer beaktas vid bedömningen av investeringen. (Dahlquist & Knight, 2022).

Return on Investment (ROI)

Return on investment är ett finansiellt mått som används för att bedöma effektiviteten hos en investering. ROI räknas genom att dividera nettoavkastningen med den totala investeringskostnaden och uttrycks som en procentandel. Nettoavkastningen är vinster eller besparingar som investeringen ger, efter att man dragit bort löpande kostnaderna. Investeringskostnaden är den summa kapital som behövs i början, inklusive kostnader för att införa teknologin. (Fernando, J. 2024)

Formel:

$$\text{ROI} = \left(\frac{\text{Årlig nettofördel}}{\text{Total investering}} \right) \times 100 \quad (1)$$

Fördelen med ROI är att det är lätt att räkna ut och ger en direkt jämförelse mellan olika investeringsalternativ. Nackdelarna med metoden är att den inte visar hur kassaflödet utvecklas över tid eller hur faktorer som inflation och ränta påverkar. Därför måste man kombinera olika typer av andra modeller för att få en fullständig bild av investeringens långsiktiga lönsamhet. (Fernando, J. 2024)

När man använder robotik för att underhålla golfbanor kan ROI hjälpa till att jämföra hur bra en investering omvandlar pengar till besparingar. Genom att använda robotar i stället för traditionella metoder kan man sänka på kostnader och använda energin mer effektivt. Detta leder till en högre nettoavkastning.

Exempel: Om en 174 000 € investering ger 47 000 € i årlig nettovinst, blir $\text{ROI} = 47\,000/174\,000 \approx 27\%$. Ett högre ROI-tal bevisar bättre lönsamhet.

3.2 Tidigare forskning om robotik inom grönområdesskötsel

Detta kapitel sammanfattar tidigare forskning om robotik med fokus på golfbanor. Forskningen omfattar studier av autonoma gräsklippare och bollplockare samt erfarenheter från automation inom parkförvaltning. Genom en analys av tekniska aspekter, som energieffektivitet och precisionsnivåer, tillsammans med ekonomiska insikter belyser tidigare studier en potential för ökad operativ effektivitet. Denna genomgång av tidigare forskning gör en vetenskaplig grund för ytterligare vidare forskning inom området.

3.2.1 Robotgräsklippare

Flera studier har forskat på robotikens användning i skötseln av grönområden och har hittat både tekniska fördelar och begränsningar jämfört med traditionella metoder. Pirchio et al. (2018). Undersökte manilagras under fyra kvävenivåer och på två klipphöjder och fann att den autonoma roterande klipparen vid 1,2 cm höjd gav en genomsnittlig turfkvalitet på 7,1–7,3 jämfört med 6,3–6,9 för rullklipparen på en 9-gradig skala, ökade skottätheten från 2,1 till 3,2 skott/cm² samt halverade energiförbrukningen från 4,64 till 2,98 kWh per vecka.

Automations forskning har också gjorts, var även effekterna på arbetsmarknaden studerats. Inom forskning om automation har även effekterna på arbetsmarknaden studerats. Grossi et al. (2016) konstaterade att den autonoma klipparen reducerade energianvändningen från 12,60 till 4,80 kWh per vecka, förbättrade turfdensiteten och minskade den manuella arbetsinsatsen, tack vare automatiserad laddning och driftshantering.

Detta frigör tid för personalen att utföra de mera strategiska och utvecklande uppgifterna. Liknande utmaningar och möjligheter har hittats inom parkförvaltning och jordbruk där, automatisering medför kostnadsbesparingar genom ett minskat behov av manuell arbetskraft, även fast specifika förutsättningarna varierar mellan olika typer av grönområden. (Munshaw, 2013; Turgeon, 2012).

Ekonomiska analyser inom tjänstesektor har också bevisat att om de initiala investeringarna i autonoma systemen kan vara höga, så överväger de långsiktiga besparingarna på drift, energi och personal ofta dessa kostnader. Ferguson och Newell (2010) betonar att de ekonomiska fördelarna med autonom teknik, som lägre

energiförbrukning och minskade underhållskostnader, leder till en ökad kostnadseffektivitet för exempelvis golfbanor.

Sammanfattningsvis tyder de tidigare forskningarna på att robotik inom grönområdesskötsel har stark potential att förbättra den operativa effektiviteten och reducera kostnader genom att minska arbetsintensiteten. Dessa studier utgör en viktig grund för forskning och implementering av autonoma system inom underhållet av grönområden.

3.2.2 Bollplockarrobotar

Flera studier har fokuserat på användningen av robotteknik, med fokus på autonoma system som reducerar behovet av manuellt arbete och effektiviserar underhållet. Ett exempel på detta är studien av Pereira et al. (2012). Denna studie visar att genom att använda en hybrid lokaliseringmetod i kombination med en nyutvecklad banplaneringsalgoritm som kallas (Twin-RRT*), kan roboten effektivt navigera på golfbanan och samla in golfbollar med hög precision och relativt låg energiförbrukning. Prototypen kan köra upp till åtta timmar per dag, med en full batteriladdning, den klarar av till och med lutningar upp till 22°, väger 130kg och når en maxhastighet på 8km/h. Vid en medelfart på 7,2km/h kan de samla upp golfbollar på ett 25 000 m² stort fält på 140 minuter, vilket motsvarar 1 200 bollar per varv den kör och täcker hela det dagliga insamlingsbehovet på cirka 10 000 bollar per driving range.

En annan aspekt i tidigare forskning är effekten av robotik på arbetsmarknaden. Studier har dokumenterat att införandet av automatiserade system inom grönområdesskötsel medför en omstrukturering av arbetsuppgifter, där repetitiva och fysiskt krävande moment ersätts av övervaknings- och underhållsroller. Detta medför både positiva och negativa effekter: medan arbetsmiljön förbättras genom minskad belastning på personalen, kan behovet av operatörer och tekniskt kunnig personal öka, vilket ställer högre krav på kompetensutveckling.

Ekonomiska analyser av automatisering inom tjänstesektorn har dessutom visat att investeringar i autonoma system ofta leder till betydande kostnadsbesparingar över tid.

Faktorer såsom reducerade lönekostnader, ökad driftsäkerhet samt minskade kostnader för underhåll och reparation bidrar till en förbättrad ekonomisk lönsamhet. I fallet med bollplockande robotar, som demonstrerats av Pereira et al. (2012), visar fälttester att systemet inte bara kan effektivisera insamlingsprocessen utan även bidra till en minskad arbetsbörda på golfbanorna, där traditionella metoder ofta är både arbetsintensiva och ergonomiskt belastande.

Sammanfattningsvis visar tidigare forskning att robotik inom grönområdesskötsel, oavsett om det handlar om autonoma gräsklippare, bollplockare eller automatiserade system inom parkförvaltning och jordbruk, kan bidra till ökad effektivitet, förbättrade arbetsvillkor och långsiktiga kostnadsbesparingar. Med omkring 30 000 driving ranges globalt, varav 18 000 i USA/Kanada och en golfindustri som i vissa länder står för över 15 % av turismens BNP, är potentialen för teknisk innovation och automatisering stor. Dessa resultat utgör en solid vetenskaplig grund att bygga vidare på och placera den aktuella studien i en bredare kontext av automatisering och teknologisk innovation. (Pereira et al, 2012)

3.2.3 Bunkerrobotar

Forskning om robotik för underhållet av golfbanornas bunkrar har bevisat att de autonoma systemen kan förbättra effektiviteten, minska arbetsmängden och bidra till hållbarhet. Den genomsnittliga årliga underhållskostnaden för bunkrar per golfbana uppgick till £43 490,44 (EcoBunker & BIGGA, 2024). Detta visar att bunkerunderhåll har en stor utgift och att automatisering har potential att ge stora ekonomiska besparingar. "Great British Bunker Study" från BIGGA betonade även att ett konsekvent underhåll är avgörande, för att minska sandkontamineringen och hålla bunkrarnas funktionella design. Studien visar dessutom att en konsekvent krattning kan göra spelupplevelsen bättre genom att bunkrarna alltid är i samma skick. (GolfBusinessNews.com, n.d.).

Utöver dessa observationer visar akademiska studier på vikten av teknik och sensorbaserad feedback vid bunkerunderhållet. Forskning av avancerade rörelseanalyssystem, exempelvis studien "Motion segmentation of the greenside bunker shot for training and coaching purposes" har visat sensorernas potential att identifiera exakta mönster och parametrar under utförandet av bunkerarbete, vilket sedan kan användas för att optimera de autonoma bunkerrobotarnas arbetscykler (Academia.edu, n.d.).

Bunkerrobotar som TurfTroniq SmartRake, representerar en ny generation av automatiserade lösningar inom golfbaneunderhåll. (BAS-Turf.US, n.d.). Bunkerrobotarna är programmerade för att kratta bunkrarna med minimal mänsklig arbetsinsats. TurfTroniq SmartRake använder även "Teach & Playback" teknologi, där en rutt för bunkerunderhåll sparas på en smarttelefon och sedan utförs autonomt av maskinen. Maskinen kan hantera olika formers bunkrar och arbetar både under dag och natt utan övervakning. Den är 100% driven med el, tyst och hållbar, vilket gör den till ett miljövänligt alternativ för bunkerkrattning. (TurfTroniq, u.å.)

3.3 Framtida trender inom automation på golfbanor

Robotteknologi används i allt större utsträckning på golfbanor för att förbättra produktiviteten och minska personalens arbetsbörda. En viktig trend är användningen av artificiell intelligens (AI), sensorer och autonom teknik. Husqvarna har till exempel utvecklat AI-drivna kameratekniker för sina robotgräsklippare. Denna teknik förbättrar objektigenkänning och gör att robotarna kan arbeta effektivt både dag och natt, samtidigt som de undviker hinder och skyddar djurliv. (Husqvarna, 2025).

Trenden går mot mer automatisering, vilket innebär att robotar blir bättre på att hantera flera uppgifter självständigt. Husqvarnas robotlösningar, som Automower och CEORA, används redan för gräsklippning, och fler golfbanor som Pickala Golf planerar att öka användningen av robotar för att underhålla sina banor. Målet är att 80 % av underhållet ska göras med robotik år 2030. (Pickala Golf, u.å.).

3.3.1 Solcellsdrivna laddningsstationer

Norrström och Gong (2019) presenterar i sin trendrapport från InterSolar 2019 en översikt om hur solenergi integreras i nutida energisystem. I samband med utvecklingen av solcellsdrivna laddningsstationer, uppkom möjligheten att omvandla solinstrålning till elektricitet, vilket är avgörande för att driva automatiserade system. Genom att använda solcellsdrivna laddningsstationer kan golfbanor dra nytta av en förnybar energikälla som minskar behovet av de traditionella fossila bränslena.

En central synpunkt som lyfts fram är vikten av att kombinera solenergi med traditionell elförsörjning i ett hybridenergisystem. Genom att integrera ett dynamiskt

energihanteringssystem kan man säkerställa att laddningsstationerna optimeras efter nutida väderförhållanden. Under perioder med hög solinstrålning laddas systemen direkt med solenergi, medan nätansluten el används som backup vid molniga eller mörka förhållanden. Denna lösning sänker inte bara energikostnader, utan också minskar på utsläppen av växthusgaser.

Rapporten bevisar även att framtidens lösningar inom solenergi, med kombination till digitala styrsystem och realtidsdata, kommer att leda till ännu mer flexibla och effektiva energisystem. Den tekniska utvecklingen förväntas hjälpa integrationen av solcellsdrivna laddningsstationer i olika typer av infrastruktur.

Genom att utnyttja optimerade solcellstekniker kan solenergi effektivt omvandlas till elektricitet, vilket säkerställer att robotklipparen kan laddas även under varierande väderförhållanden. Lösningen är designad för att fungera sömlöst med ett hybridenergisystem där överskottsel lagras med batterilagring, vilket garanterar en stabil elförsörjning även under molniga dagar eller nattetid.

Genom att investera på solcellsdrivna laddningsstationer och hybridenergisystem, kan golfbanor reducera sina driftskostnader och också aktivt bidra till en minskning av den totala miljöpåverkan. Denna typ av system gör golfanläggningen mot en grönare och mer energieffektiv framtid (Norrström & Gong, 2019).



Figur 5: visar då en Husqvarna 550 Epos Robotklippare ska börja laddas med hjälp av solpaneler på en golfbana Orange Lake Golf i Florida.: (Husqvarna, 2023, 6:15)

Banmästaren på Vasa golf ser goda möjligheter med att implementera solpaneler för laddning av robotarna i framtiden, särskilt på de stora takytorna som Vasa golf har. Detta

skulle minska elförbrukningen från nätet och öka energieffektiviteten. (Banmästaren, personlig kommunikation, 2025).

Genom att kombinera solenergi med batterilagring kan golfbanan säkerställa stabil elförsörjning även vid molnigt väder eller nattetid. Smarta energisystem kan dessutom optimera laddningen genom att prioritera solenergi och lagra överskottsel.

En sådan lösning skulle inte bara minska på kostnader och klimatpåverkan utan även förstärka golfbanans hållbarhetsprofil. Med den tekniska utvecklingen inom solenergi och energilagring blir detta en alltmer kostnadseffektiv och hållbar investering.

3.3.2 Drönarteknik för golfbanor

Drönarteknik revolutionerar golfbanehanteringen genom att erbjuda lösningar som har en kombination av automatisk datainsamling, avancerad analys och innovativa applikationer. Många aktörer har utvecklat teknologier, för att effektivisera både underhållet av golfbanan och marknadsföringen av banan

Aerial Innovation Solutions har utvecklat framgångsrika drone- lösningar till golfbanor, vars mål är att förbättra golfbanans banunderhåll, spelfokuserade tjänster genom automatisering med data driven analys. En av viktigaste fördelarna med denna teknologi, är automatisk datainsamling, var golfbanans ansvariga kan starta drönarna och hantera insamlade data utan att behöva vara fysiskt närvarande på plats. (Aerial Innovation Solutions, 2025).

Drönartekniken gör det möjligt att till att analysera gräset med sensorer, vilket hjälper det att hålla det i bra skick. Systemet identifierar de möjliga problemen, med hjälp av hotspot-identifiering som hjälper att förhindra sjukdomar och andra gräsrelaterade problem innan de blir allvarliga. Dessutom kan golfbanorna dra nytta av 2D- och 3D- modellering, som erbjuder bättre möjligheter till banans planering och underhåll. Väldigt noggranna mätningar av banans konturer underlättar designbeslut och säkerställer en god spelupplevelse. (Aerial Innovation Solutions, 2025).

Förutom underhållsaspekterna så erbjuder Aerial Innovation Solutions innovativa lösningar, till marknadsföringen. Med hjälp av AR, kan spelarna få realtidsinformation om banan, och de erbjuder också flygbilder, videor och 3D-modeller för marknadsföring.

(Aerial Innovation Solutions, 2025). Företaget erbjuder också flexibla leasingmöjligheter för autonoma drone- lösningarna, som innehåller installering, anpassning och stöd. Dessutom erbjuds gratis demonstrationer och konsultationer.

En ny videodemonstration, publicerad den 19 februari 2025, visar hur företagets drönarsystem förbättrar golfbanans underhåll, med automatiserade lösningar och realtidsdatahantering (Aerial Innovation Solutions, 2025). Videon visar exempel på drönarnas funktioner som kan ge mer kostnadseffektiv skötsel på golfbanor. (Aerial Innovation Solutions, 2025; YouTube, 2025). Videon kan öppnas via följande länk: [Aerial Innovation Solutions Golf Course Drone Demonstration](#).

FlyGuys har utvecklat lösningar som möjliggör en heltids övervakning av golfbanans olika ställen, genom användning av drönare utrustade med högkänsliga sensorer. Denna teknik ger banans ansvariga möjlighet att snabbt identifiera områden med potentiella problem, som, till exempel skador på gräset eller oväntade förändringar i terrängen, utan att behöva vara fysiskt närvarande på plats. På detta sätt kan nödvändiga åtgärder vidtas snabbt. (FlyGuys, 2025).

Samtidigt visar Quadrotor ytterligare en drönarteknologi som erbjuder automatiserad sprutning av växtskyddsmedel. Deras system som använder precisionsstyrda drönare utrustade med avancerade sensorer, får man växtskyddsmedel appliceras exakt där det behövs. Detta möjliggör en jämn och kostnadseffektiv dosering, minimerad produktspill och bidrar till en mer hållbar användning av resurserna. Också underlättar användningen av 2D- och 3D-modellering banplaneringen genom att få detaljerade översikter över banans topografi, vilket medför bättre beslut vid både underhåll och nyutveckling av banan. (Quadrotor, 2025).



Figur 6: Laddning av XAG P40 drönare med frön, redo för start. (Quadrotor, 2025).

Sammanfattningsvis kan man konstatera att drönarteknologin, både genom de integrerade system för datainsamling och de automatiserade sprutningslösningarna, kan bidra till ett mer effektivt och kostnadseffektivt underhåll. Tekniken kan också skapa mer dynamisk marknadsföring genom högupplösta bilder, videor och interaktiva modeller som engagerar golfare genom att erbjuda en förbättrad spelupplevelse.

3.3.3 Digitalisering, AI och hållbar teknik: Innovationer inom golfbaneskötsel

På de senaste åren har Automationsteknik och digitalisering förändrat hur man tar hand om golfbanor. Genom att ta i bruk avancerad artificiell intelligens (AI), maskininlärning, smart teknologi och Internet of Things (IoT) har möjligheter att samla in och analysera data som till exempel markfuktighet, väderförhållanden, grässets tillstånd och spelares rörelsemönster kunnat göras. Ett exempel på detta är från The Wisley Golf Club i Storbritannien, där AI-drivna analysverktyg som har tagits i bruk, har lett till en 25% minskning i vattenförbrukningen, vilket motsvarar cirka 50 000 € årlig besparing. (Golf Course Industry, 2023). Studier från Golf Course Superintendents Association of America (GCSAA) visar också att stora golfanläggningar, med hjälp av automatiserade gräsklippare från bland annat Husqvarna och Toro, kan minska på personalbehovet upp till 30%, vilket sparar in mellan 80 000 € och 120 000 € på årliga lönekostnader.

Utöver de ekonomiska fördelarna, har digitaliseringen en påtaglig roll för hållbarhetsarbetet på golfbanor. De moderna bevattningssystemen som kombinerar AI och IoT, gör det möjligt att anpassa vattenanvändningen enligt markens aktuella fuktnivå.

Pebble Beach Golf Links i USA är ett tydligt exempel på detta, deras AI-baserade bevattningssystem har minskat på vattenförbrukningen med 35 % vilket resulterar i en årlig besparing på cirka 145 000 € (USGA, 2022).

Med att ta i bruk smarta sensorbaserade teknologier kan golfbanor också övervaka sina driftsprocesser i realtid. I St. Andrews Links i Skottland har de infört ett sensorbaserat system som spårar in spelarnas rörelser och identifierar slitageområden, vilket då har lett till mindre reparationer och underhåll med upp till 60 000 € per år. (The R&A, 2023). Flera internationella studier, också rapporter från International Association of Golf Course Superintendents (IAGCS, 2023), har visat att en digital integration, inte bara leder till besparingar, utan även bidrar mycket på miljöpåverkan.

Sammanfattningsvis kan man konstatera att kombinationen mellan AI, digitalisering och hållbar energihantering möjliggör miljövänligt samt kostnadseffektivt underhåll av golfbanor. Fortsatta investeringar i dessa teknologier förstärker driftsmodellen, vilket gör golfbaneunderhållet mer robust och mera framtidsäkert.

4 Grundlig översikt av robotlösningar för golfbaneunderhåll

Detta kapitel ger en översikt för de olika automatiserade robotlösningarna som används för golfbaneunderhåll, med fokus på tekniska egenskaper och fördelarna med olika system för gräsklippning och bollinsamling.

4.1 Robotlösningar för gräsklippning

Flera företag tillverkar robotgräsklippare till golfbanor, och alla dessa modeller använder sig av GPS-navigering och sensorer för att navigera olika gräsytor. Golfbanans robotgräsklippare är gjorda för att hantera stora och varierande gräsytor med hög precision. En central teknisk egenskap är den avancerade GPS-navigeringen, som möjliggör att robotarna exakt kartlägger banan och planerar en effektiv klipprutt. Ett omfattande sensorpaket säkerställer att hinder och ojämnheter identifieras, vilket resulterar i en jämn och konsekvent klippning över hela banan, oavsett om det gäller rough, fairways eller greener.

AI-tekniken integrerad i systemet möjliggör dynamiska anpassningar baserat på gräsets tillstånd och rådande väderförhållanden. Genom att ersätta traditionell manuell gräsklippning med automatiska system minskar behovet av arbetskraft och långsiktiga driftkostnader, vilket ger en kostnadseffektiv lösning för underhållet (Husqvarna Group, 2023). Detta tekniska framsteg leder inte bara till jämnare och mer hållbart underhåll, utan bidrar även till en bättre miljö, genom färre utsläpp och en smartare användning av resurser.

En tilläggande översikt visar att dagens robotgräsklippare kombinerar avancerade funktioner såsom noggrant integrerad GPS-navigering och sensorsystem. En översikt publicerad på ZDNet (n.d.) gör det möjligt för robotarna att anpassa sin klippning efter föränderliga förhållanden på golfbanan, vilket leder till en optimerad underhållsprocess. Vidare betonar också en analys från Gardeners' World (n.d.) att energieffektivitet och robust konstruktion är viktiga egenskaper för att ha en pålitlig drift även under varierande miljöförhållanden. Genom en kombination av dessa teknologiska framsteg erbjuds modeller som både uppnår hög precision och bidrar till långsiktigt miljömässigt hållbart underhåll. Dessa egenskaper är relevanta för golfbanor som har stora och varierande ytor.

Modell	Max area (m ²)	Pris~ (EUR)	Antal hjul	Laddtid (min)	Klipptid per laddning (min)	Max lutning (%)	Klippbredd (cm)
Husqvarna CEORA 546 EPOS	50 000	22 000	3	90	240	30	46
Husqvarna Automower 430X	3 200	3000	4	60	140	45	24
Husqvarna 550	5 000	5500	4	60	240	45	24
Bosch Indego S+	1 000	1 500	3	60	75	27	19
John Deere Tango E5	5 000	18 000	3	75	200	50	30
Robomow RS630	3 000	2 500	4	90	100	36	56
Ambrogio L85 Elite	2 500	2500	4	75	180	45	29
Worx Landroid M500	500	700	2	90	60	35	18
Honda Miimo HRM 3000	4 000	3000	4	45	90	47	25
Flymo 1200R	400	600	3	60	60	25	17

Figur 7: Ett antal mycket väl ansedda robotar för golfbanor, (Husqvarna, u. å.; Bosch Home, u. å.; John Deere, u. å.; Robomow, u. å.; Ambrogio Robot, u. å.; WORX, u. å.; Honda, u. å.; Flymo, u. å.)

Jämförelse

Tabell 5 visar en sammanställning med centrala prestanda- och kostnadsparametrar för de tio mest använda robotgräsklipparmodellerna inom golfbanesektorn. Analysen visar att Husqvarna CEORA 546 EPOS erbjuder den största arbetskapaciteten (50 000 m²) och bredaste klippbredden (46 cm), vilket betyder en hög driftseffektivitet på stora ytor men också den högsta investeringskostnaden. Medan då Flymo 1200R och Worx Landroid M500 bästa alternativet för mindre arealer (400 - 500 m²) och kännetecknas av lägre inköpspris, men dock på bekostnad av reducerad kapacitet och klippbredd (WORX, u. å.; Flymo, u. å.)

De flesta modellerna, som exempelvis Ambrogio L85 Elite och Honda Miimo HRM 3000 kombinerar relativt kort ladd tid med god klipptid per laddning och har förmåga att hantera lutningar upp till 45 %, vilket är avgörande på kuperade områden. Däremot är solcellskompatibilitet fortfarande en sällsynt funktion, endast Husqvarna-serien har officiellt möjlighet för solcellsdrift via en färdigmonterad laddningsstation med 320 W solpanel och 100 Ah litiumbatteri som ger upp till 5 A ladd ström (Husqvarna, 2021a; Husqvarna, 2021b).

Valet av robotklippare bör därför baseras på en helhetsbedömning av banans areal, topografi, driftskostnader och hållbarhetsmål. Dessa olika modeller kompletterar marknaden med olika tekniska lösningar, där varje modell erbjuder unika anpassningar beroende på underlagets utformning, miljö och specifika krav på underhåll. Husqvarna modeller analyseras i detalj i den fortsatta delen av arbetet med avseende på kostnadsstrukturer och långsiktig lönsamhet.

4.2 Robotlösningar för bollinsamling

Robotlösningarna för bollinsamling är designat för att snabbt och systematiskt samla upp golfbollar på driving ranges. Dessa system drar nytta av avancerad GPS-navigering och ett tåligt sensorpaket för att exakt lokalisera och samla in bollar, även i områden med ojämna underlag eller varierande ljusförhållanden.

AI drivna algoritmer optimerar insamlingsrutten, vilket minskar på onödig körning och sänker energiförbrukningen. Den pålitliga konstruktionen säkerställer att robotarna kan hantera de utmaningar som finns på en golfbana, vilket bidrar till en konsekvent och tillförlitlig bollinsamling (ECHO Robotics, 2020; Koretchi, 2022).

Följande matris representerar de mest använda alternativen på marknaden:

Modell	Max area (m ²)	Pris (EUR)	Antal hjul	Hastighet (km/h)	Daglig plockningskapacitet	Samlingskapacitet (bollar)
Echo Robotics RP-1200	20 000	~29 000	2	3.6	12 500	300
Relox Range Picker	60 000	Ej specificerat	4	5	60 000	1 000
Belrobotics BallPicker BP-1250	45 000	Ej specificerat	Larvband	3.6	15 000	300
Belrobotics BallPicker Connected Line	30 000	Ej specificerat	Larvband	3.6	12 000	300
Pik'r™-Alpha	100 000	~54 000	4	7.5	80 000	2400

Figur 8: Översikt över fem av de mest använda robotmodellerna för automatisk bollplockning på driving ranges, jämförda utifrån ytkapacitet, pris, framdrivning, insamlingsförmåga och effektivitet. (Korechi, 2022; ECHO Robotics, 2020; Belrobotics, u.å.; Relox Robotics, u.å.)

Jämförelse

Tabell 6 visar en sammanställning av de mest använda robotlösningarna för automatisk bollplockning inom golfsektorn, riktade för driving ranges. Jämförelsen bygger på viktiga prestandamått såsom maxareal, insamlingskapacitet, hastighet, pris samt teknisk konstruktion.

Från de olika modellerna erbjuder Pik'r™-Alpha den högsta areakapaciteten (100 000 m²), den snabbaste arbetsfarten (7,5 km/h) samt den största samlingskapaciteten med upp till 2 400 bollar per plocknings cykel. Detta gör modellen särskilt lämpad för driving ranges med högt besöksstryck och stora öppna ytor. Denna kapacitet innebär dock också en högre initial investeringskostnad, på ca. 54 000€, vilket gör den till en perfektlösning för större driving ranges.

Relox Range Picker utmärker sig som ett kraftfullt mellanalternativ med hög daglig insamlingskapacitet (upp till 60 000 bollar/dag) och täckning upp till 60 000 m². Med fyra hjul och en hastighet på 5km/h är den både stabil och effektiv. Dens prissättning är dock ej offentlig på deras nätsida, vilket kan försvåra ekonomisk jämförelse i inköpskedet.

Belborobotics modellerna, som BallPicker BP-1250 och Connected Line, använder sig av larvbandsdrift, vilket ökar terrängkapacitet i ojämna eller mjuka underlag. Dessa Modeller har ungefär samma maxytor på 30 000–45 000 m², med samlingskapacitet på 300 bollar per rutt och en medelhastighet på 3,6 km/h. De är också väl anpassade till medelstora anläggningar, särskilt där stabilitet på ojämna fält är en avgörande faktor. Larvbanden behöver dock sannolikt högre underhållsbehov över tid.

Echo Robotics RP-1200 är ett kompakt och kostnadseffektivt alternativ, med täckning upp till 20 000 m² och en kapacitet på 12 500 bollar per dag. Med ett pris på runt 29 000€ har den god kostnadseffektivitet med pålitlig funktionalitet. Dock kräver den fler tömningsintervaller under dagen, då samlingskapaciteten per cykel är 300 bollar.

Valet av bollplocknings robot måste anpassas efter anläggningens storlek, budget och olika krav. Stora driving ranges gynnas av modeller med hög ytkapacitet, som Pik'r™-Alpha och Relox Range Picker, medan mindre anläggningar kan välja mindre, mer kostnadseffektiva alternativ. Valet påverkas även av tekniska egenskaper, exempelvis skillnader mellan hjul-

och larvbandsdrift, vilket är avgörande för att hantera varierande markförhållanden. Sammanfattningsvis bidrar dagens robotlösningar, med AI-optimering och GPS-styrning, till minskade arbetskostnader, ökad precision och en mer hållbar drift. Genom rätt val av system kan golfanläggningar minska arbetskostnader, förbättra precisionen i bollinsamlingen och uppnå en mer hållbar driftprofil över tid.

4.3 Robotlösningar för bunkerrobotar

Bunkerrobotar används för att automatisera underhållet av golfbanornas bunkrar. Genom GPS och sensorer kan dessa robotar kratta sanden, jämna fotavtryck, och hålla en jämn och optimal fuktnivå i bunkern. Fördelen med dessa robotar är att de kan arbeta under natten, som frigör resurser och får bunkrarna färdigt redo för golfspelarna som kommer och spelar tidigt på morgonen. (Golf Course Maintenance Journal, 2019). Nedan listas de mest använda modellerna inom bunkerskötsel med en kort beskrivning av deras styrkor och svagheter:

Modell	Typ	Drivsystem / Motor	Pris (EUR)	Laddningstid / Bränsle	Årlig användningskostnad (EUR)
SmartRake B4	Autonom robot	EI, RTK GNSS-navigering	~30 000	-	~500–1 000
Smithco Sand Star E	Åkbar, eldriven	48V litiumbatteri, 5 kW AC	~35 000	4–5 h	~1 000–1 500
Toro Sand Pro 5040	Åkbar, bensindriven	16 hk bensinmotor	~28 000	Bensintank	~2 000–3 000
John Deere 1200A	Åkbar, bensindriven	13 hk bensinmotor	~25 000	Bensintank	~2 000–3 000

Figur 9: Tabell 7: Jämförelse av fyra utvalda modeller av bunkerkrattar alternativ. (SmartRake B4, u. å.; Smithco Sand Star E, u. å.; Toro Sand Pro 5040, u. å.; John Deere 1200A, u. å.)

Jämförelse

Tabell 7 visar en jämförelse av fyra bästa alternativen av bunkermaskiner, där centrala parametrar såsom typ, drivsystem/motor, pris, laddningstid/bränsle, driftstid/räckvidd och årlig användningskostnad redovisas. SmartRake B4 sticker ut med fullautonom drift med RTK GNSS-navigering och en investeringskostnad på cirka 30 000 EUR, samt av mycket låga årliga kostnader på 500–1 000 EUR, för att den går fullständigt på el och behöver ingen förare. (SmartRake Inc., u. å.).

Smithco Sand Star E har en 48 V litiumjonbatteri-lösning (Roy-Pow 160 Ah) som ger en 8–9 timmars arbetstid per laddning och laddningstid på 4–5 timmar, med en årlig användningskostnad på cirka 1 000–1 500 EUR, vilket gör den till ett tyst och utsläppsfritt alternativ för golfbanor med medelstor bunkerarea (Smithco, u. å.). John Deere 1200A är det mest prisvärda alternativet (cirka 25 000 EUR) med enkel bensin-drift och robust mekanik, men har lite högre årliga kostnader, vilket gör den lämpad för banor med befintlig verkstads-kompetens och där man vill minimera investeringsutrymmet (John Deere, u. å.).

Valet mellan dessa alternativ bör göras utifrån banans bunkerarea, interna timkostnader för drift och underhåll, serviceorganisationens kapacitet samt önskad återbetalningstid. För banor som har hög bunkerfrekvens och höga lönekostnader är SmartRake B4 det mest kostnadseffektiva alternativet tack vare snabb ROI och minimal tillsyn (SmartRake Inc., u. å.). För de som prioriterar tyst, utsläppsfri drift med inbyggd diagnostik är Smithco Sand Star E ett starkt val (Smithco, u. å.). När mångsidighet och snabb verktygsväxling är avgörande är Toro Sand Pro 5040 det bästa valet (Toro, u. å.). Slutligen passar John Deere 1200A bäst där initialt investeringsutrymme är begränsat och befintlig servicekompetens kan hålla driftkostnaderna i kontroll. (John Deere, u. å.).

4.4 Hur robotklippare kunde vara till hjälp

Robotgräsklipparna har många fördelar från de traditionella klippmetoderna, genom att automatisera och effektivisera underhållet på golfbanor. Med hjälp av en kombination av avancerad GPS-navigering, integrerade sensorer och AI-styrda algoritmer kan klipparna noggrant anpassa klippningen efter banans specifika krav och aktuella grästillstånd. Detta resulterar i en jämnare och mera konsekvent klippning, vilket i sin tur förbättrar spelkvaliteten och resulterar i mer jämna ytor.

Robotgräsklipparna minskar också på det manuella arbetet, vilket leder till lägre personalkostnader och frigör tid för andra värdeskapande uppgifter. Gräsklipparna erbjuder på kontinuerligt och precis drift, vilket bidrar till en optimerad resursanvändning. Sammanfattningsvis visar implementeringen av robotklippare att tekniken, kan underlätta driften genom att öka effektiviteten, förbättra kvaliteten på banunderhållet samt bidra till en hållbar och mer kostnadseffektiv verksamhet.

5 Metodik

Detta kapitel beskriver den metodik som använts i undersökningen. Här presenteras metoderna som använts i studien samt hur information från litteraturstudier, fallstudier och intervjuer har bearbetats för att få ett vetenskapligt resultat.

5.1 Forskningsdesign

I denna studie har en kvalitativ ansats valts för att undersöka hur robotik bidrar till både ekonomiska besparingar och minskade personalbehov inom golfbaneunderhåll. Studien utgår från en systematisk litteraturoversikt, kompletterad med en fallstudie av Vasa Golf samt intervjuer med centrala aktörer. Genom att kombinera teoretisk genomgång med praktiska insikter ges en helhetsbild av hur automatiserade lösningar påverkar verksamhetens kostnadsstruktur och effektivitet.

Val av metod

För att svara på studiens forskningsfrågor användes en kombinerad kvantitativ och kvalitativ metod. Arbetet började med en systematisk genomgång av relevant litteratur, genom sökningar i Web of Science, Scopus och Google Scholar med nyckelord som "automation", "robotik" och "golfbaneunderhåll" avgränsades tidsramen till år 2010–2024. Från alla de referenserna jag hittade, valde jag 32 vetenskapligt granskade artiklar och åtta branschrappporter att utgöra den teoretiska referensramen för arbetet. Studien bygger på en kombination av en systematisk litteraturstudie, en fallstudie av Vasa Golf samt en intervju med en expert inom golfbaneunderhåll.

Litteraturstudien genomfördes genom en systematisk genomgång av vetenskapliga artiklar, branschrappporter och tekniska dokument. Syftet med litteraturstudien är att identifiera befintliga forskningsresultat kring robotik inom golfbaneunderhåll och automation i liknande verksamheter. Detta ger en teoretisk grund för analysen och gör det möjligt att jämföra tidigare studier med resultaten från fallstudien. Robotikens påverkan på ekonomi och personalinbesparingar är inte enbart en fråga om siffror, utan kräver också en analys av hur automation implementeras, vilka utmaningar som uppstår och hur personalens arbete förändras.

För den empiriska delen valdes två fallstudier på banor med olika grader av automation. På Vasa Golf, där övergången från manuell gräsklippning till robotgräsklippare skedde under säsongerna 2023–2024, samlade jag in data om arbetstider, energiförbrukning, robotarnas drifttid och underhållskostnader på Vasa Golf. Som förstärkning undersöktes Hirsala Golf, som är en anläggning med flera års erfarenhet av automation, där långsiktiga minskningar i drifts- och bränslekostnader redan kunnat kvantifieras. Genom att studera verkliga golfbanor där robotik används kan studien ge insikter som inte framkommer enbart genom litteraturstudier.

För att komplettera de kvantitativa mätningarna genomförde jag semistrukturerade intervjuer med två nyckelpersoner. Jag intervjuade den tillfälliga golfbanemästaren vid Vasa Golf, som med över tio års erfarenhet av både traditionellt och robotbaserat underhåll delade med sig av konkreta exempel på hur arbetsprocesser och kostnadsstrukturer förändrats. Dessutom diskuterade jag med Janne Lehto, Nordens första certifierade Master Greenkeeper, vars insikter belyser hur personalroller omstrukturerats och vilka effektiviseringsvinster automationen lett till. Syftet med intervjun var att få insikt i hur automation påverkar golfbaneunderhållet ur ett operativt och ekonomiskt perspektiv

Den valda metoden ger en djupgående förståelse för ämnet genom att kombinera teoretiska och praktiska perspektiv. En kvalitativ ansats möjliggör en detaljerad analys av automationens påverkan på ekonomi och personalbehov. Begränsningen med en kvalitativ metod är att resultaten inte är direkt generaliserbara till alla golfbanor, eftersom de baseras på en specifik fallstudie. Dock ger trianguleringen av litteratur, fallstudie och expertintervju en bred och nyanserad bild av ämnet, vilket stärker studiens tillförlitlighet.

Tolkning och betydelse av känslighetsanalysen

I denna del beskrivs den metodologiska grunden för den ekonomiska analysen, där en känslighetsanalys central del. Syftet med analysen är att få reda på hur variationer i kritiska parametrar, såsom initial investering, drift- och underhållskostnader, arbetskostnader, energiförbrukning samt maskinlivslängd, påverkar beräkningarna av ROI och återbetalningstid. Valet av dessa variabler baserar sig på empiriska observationer från Vasa Golf samt stöds av tidigare studier.

Genom att variera de ingående variablerna kan studien demonstrera styrkan i de ekonomiska modellerna och identifiera vilka nyckelfaktorer som är den största riskkällan vid investering i robotteknik. Insamlingen av data för dessa variabler har gjorts genom en kombination av litteraturstudier, tekniska specifikationer från tillverkare samt intervjuer med relevanta aktörer.

Detta metodavsnitt förklarar alltså logiken som använt till känslighetsanalysen och hur den ingår i den övergripande planen för att studien ska bli mer pålitlig.

5.2 Urval

För att uppnå en tydlig teoretisk och empirisk grund i studien har urvalsprocessen noggrant planerats. Urvalet av litteratur och dokument har gjorts med fokus på att bara ha med källor som är relevanta för frågeställningen om hur robotik påverkar de ekonomiska besparingarna samt minskningen av personalbehov vid golfbaneunderhåll. Litteratururvalet begränsats till publikationer från 2010 till 2025 i databaser som Web of Science, Scopus och Google Scholar. Detta innebär att vetenskapligt granskade artiklar, aktuella branschrapporter samt tekniska dokument och företagsrapporter har valts. Syftet med detta urval var att göra en teoretisk ram som finns till grund för analysen av hur automatiseringen påverkar verksamhetens kostnadsstruktur och operativa effektivitet.

Urval av fallstudieobjekt

I denna studie har två fallstudieobjekt valts ut för att visa hur de automatiserade system påverkar underhållet på golfbanor. Vasa Golf har valts för att de nyligen har övergått en tydlig övergång från traditionella metoder till att använda robotklippare. Detta möjliggör en detaljerad analys av de praktiska och ekonomiska följderna, med stöd av interna dokument samt rapporter.

Hirsala golf som är en ledande inom automation för golfbaneunderhåll i Finland, har även inkluderats som ett fallstudieobjekt. Vid Hirsala golf har automationen resulterat i betydliga besparingar i både driftskostnader och bränsleförbrukning. Genom att studera dessa två fall ger urvalet en möjlighet att jämföra, hur olika företag hanterar övergången från traditionella till automatiserade metoder, som då resulterar i en djupare förståelse av robotikens inverkan på både kostnadsstrukturer och arbetsprocesser.

Urval av intervjupersoner

För att hålla praktiska insikter i arbetet, har tf. golfbanemästaren vid Vasa Golf valts för en intervju. Personen har en lång erfarenhet av golfbaneunderhåll och har kunskap om hur automation påverkar verksamheten. Med erfarenhet av både traditionella och automatiserade underhållstekniker kan tf. golfbanemästaren bidra med insikter om ekonomiska och operativa effekter av att införskaffa robotik, samt ge konkreta exempel på hur automatiseringen påverkat underhållsarbetet. Intervjun kompletterar därmed de teoretiska och ekonomiska analyserna med ett praktiskt perspektiv.

Dessutom genomfördes en intervju med Janne Lehto, som är en expert med titeln "Master Greenkeeper" och den första i Norden att erhålla detta certifikat. Jannes insikter är centrala för studien, han ger en djupgående förklaring hur implementeringen av robotlösningar bidrar till både kostnadsbesparingar och effektivisering av underhållet, och hur personalens arbetsroller har omstrukturerats genom teknologisk förändring.

Urvalets betydelse för studiens resultat

Sammanfattningsvis kan man konstatera att det noggrant valda urvalet av litteratur, fallstudieobjekt och intervjuerna med tf. golfbanemästaren och Golfkonsulten Janne Lehto, att studiens resultat är av hög validitet. Genom att få data från olika källor, stärker det också möjligheten att göra välgrundade slutsatser om robotikens påverkan på både ekonomin och personalbehovet.

Den unika kontexten vid de utvalda golfbanorna, fungerar som en mall för liknande verksamheter, samtidigt som studien också framhäver begränsningar i generaliserbarheten. Detta sätt säkerställer en bra grund för att både visa de praktiska förändringarna och placera de i ett bredare teoretiskt sammanhang, vilket är viktigt för studiens kvalitet och relevans.

5.3 Datainsamlingsmetoder

I studien har datainsamlingen baserats på flera olika metoder. Litteraturstudien genomfördes via sökningar i olika akademiska databaser och granskning av tekniska rapporter samt företagsdokument. Dessutom har jag intervjuat Vasa golfs tf. golfbanemästare för att stärka studiens teoretiska och empiriska grund. Syftet med intervjun var att hämta praktiska insikter i hur automatiseringen påverkar underhållet, samt att klargöra hur bytet från traditionella metoder till automatiserade metoderna påverkar både arbetet och ekonomin.

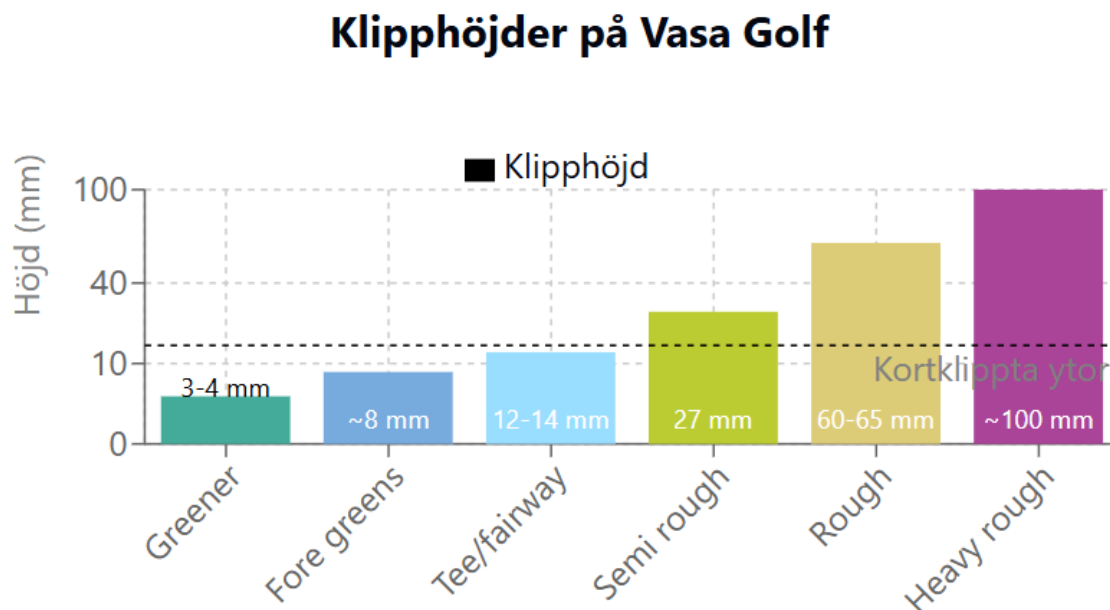
Intervjun hölls i Vasa Golfs kafferum och bandades in med telefon. Inspelningen skrevs upp ordagrant för att alla viktiga detaljer skulle komma med. Analysen visade de viktigaste förändringarna i hur golfbanan sköts, hur personalen är organiserad och hur automatiserade system används.

I intervjun uppkom det många relevanta teman, bland annat den historiska utvecklingen från enkla maskiner till moderna robotlösningar, skillnader i arbetsbelastning under olika säsonger samt de ekonomiska fördelarna med leasing av robotar.

Resultatet visar att implementeringen av robotklippare, som introducerades efter en testperiod, har lett till en tydlig minskning av manuella arbetsuppgifter. Samtidigt har leasingavtalet, visat sig vara en ekonomiskt hållbar modell som möjliggör snabb ersättning vid eventuella problem.

Genom en kombination från den empiriska intervjun och den teoretiska grunden från litteraturstudien har studien fått en djupare förståelse för hur automatiseringen bidrar till ett mer effektivt golfbaneunderhåll, både från ett operativt och ekonomiskt perspektiv. Den insamlade data: n fungerar också som en bra grund för vidare analyser och diskussioner i arbetet. Intervjun med en golfbanekonsulten kompletterade dessa insikter genom att lyfta fram både tekniska möjligheter och begränsningar, till exempel osäkerheten kring långsiktiga underhållskostnader.

5.4 Klipphöjder och gräsunderhåll på Vasa Golf



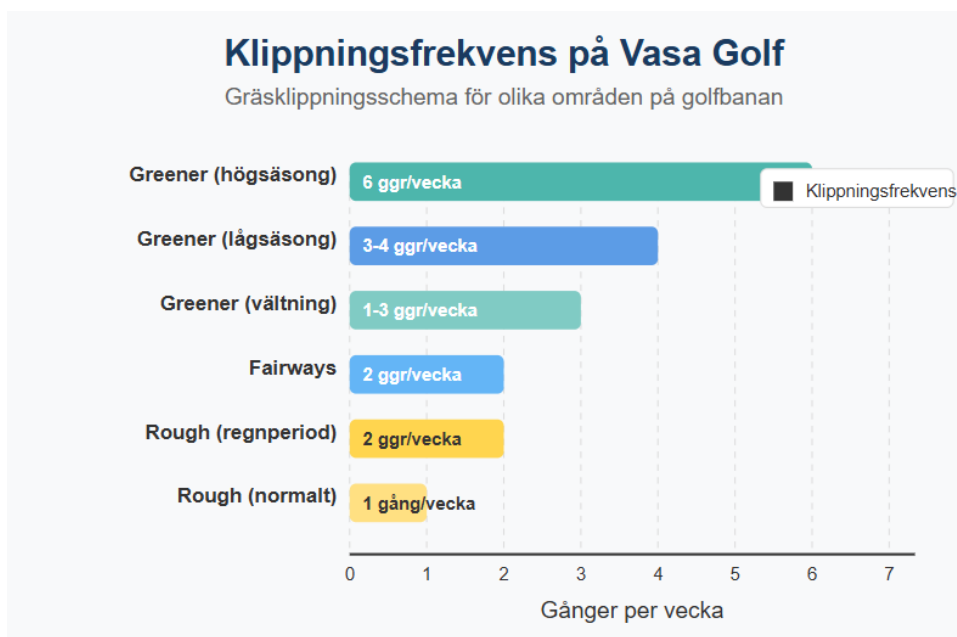
Figur 10: Klipphöjder på Vasa Golf för olika områden av banan (Källa: Intervju med banmästare, Vasa Golf, 2025).

Gräsunderhållet på Vasa Golf följer en noggrant planerat klipphöjd strategi för att optimera spelbarhet, estetik och resurshantering. Den mest kortklippta ytan är greenerna, som hålls på en höjd på ca. 3-4 mm för att säkerställa en jämn och snabb yta. Fore greens är lite högre klippta på ca. 8 mm, för att skapa en tydlig skillnad till spelytorna.

Tee och fairway klipps till en höjd på ca. 12–14 mm, vilket ger en lätt yta att slå från om golfspelarna lyckas med utslaget. Semi rough klipps till 27 mm, vilket skapar en tydlig avgränsning mellan fairway och den utmanande roughen. Roughens höjd varierar mellan 60–65 mm och erbjuder en viss spelbarhet samtidigt som den är skapad för att bestraffa ett sämre utslag.

En ny förändring infördes till säsongen 2024 med introduktionen av "heavy rough", där gräset hålls på cirka 100 mm. Syftet med denna sektion är att minska klippningsfrekvensen, vilket bidrar till minskad bränsleförbrukning och arbetskraftsinsats. Genom att anpassa klipphöjderna strategiskt kan Vasa Golf effektivt balansera spelegenskaper, underhållskostnader och miljöhänsyn. (Intervju med banmästare, Vasa Golf, 2025).

5.5 Klippfrekvens på Vasa Golf



Figur 11: En översikt över klippningsfrekvensen på Vasa Golf (Intervju med banmästare, Vasa Golf, 2025).

Enligt banmästaren på Vasa golf så varierar klippningsfrekvensen över olika delar av banan och mellan säsongens olika faser, Under normala förhållanden klipper man roughen en gång per vecka, men under en regnperiod så behövs roughen klippas två gånger i veckan. För att hålla ner gräshöjden på optimal nivå. Fairways klipps två gånger per vecka för att bibehålla en jämn yta

Greenerna kräver den mest intensiva skötseln. Under högsäsong klipps de nästan dagligen, upp till sex gånger i veckan med en vilodag för återhämtning. I början och slutet av säsongen minskar behovet att klippa dem och då klipps de omkring 3–4 gånger per vecka. Utöver den vanliga klippningen används även vältningmetoder (1–3 gånger i vecka) vilket bidrar till att minska risken för svampsjukdomar, bibehålla en jämn och snabb rull på greenerna.

Dessa rutiner illustrerar hur Vasa Golf anpassar underhållsmetoderna efter både väderförhållanden och spelets krav, i syfte att ge en hög spelkvalitet och en välskött bana. (Intervju med banmästare, Vasa Golf, 2025).

5.6 Fallstudie: Hirsala Golf – Implementering av robotteknik och dess påverkan på ekonomi och arbetskraft.

Hirsala golf ligger i framkant när det gäller robotik i Finlands golfbanor. Enligt videon från YouTube (2024) säger Janne som har varit golfbanemästare vid Hirsala Golf i sju år, att de hanterar underhållet av fairways till 100% med robotarna. Medan ungefär 75% av rougharna underhålls med hjälp av den moderna robottekniken. med ett mål att inom en snar framtid uppnå 100% automatisering även av rougharna.

Hirsala Golf har 36 robotklippare, 18 av dem sköter om firwayn och de klipper gräset med en precisionsinställning på 13 mm och resten av robotarna sköter om roughen på området. På videon nämns också att dessa robotar klipper med en frekvens av två passeringar per vecka. Varje enhet har ett eget laddningssystem med en laddningstid på cirka 80 minuter och en drifttid på omkring 240 minuter.

Miljömässigt berättar han att övergången från de traditionella dieselbaserade metoderna till robotteknik har lett till en minskning av dieselanvändningen, då år 2018 använde de ca. 4000L diesel och förbrukningen är nu ca.300L, vilket är en cirka 90 % minskning. Han nämner också att installationen av solpaneler på klubbhusets tak har bidragit till att möjliggöra användning av förnybar energi vid laddning av robotarna.

När det gäller personal och säkerhet, lyfter Janne Lehto upp att trots den ökade automatiseringen, behåller Hirsala Golf en bemanning på 10 personer. Han noterar att personalen fokuserar i på annat och de har även anställt en till en ny position, med namnet automationsspecialist. Vilket har lett till en omstrukturering av arbetsuppgifterna och förbättrar säkerheten genom att minska risker för olyckor tex. bli träffad av en golfboll då de klipper gräset.

Han nämner också att användarupplevelsen påverkas positivt då golfspelarna tycker om att robotarna är ljudlösa, som skulle störa spelarnas slag. Han betonar även att systemen möjliggör kontinuerlig datainsamling, vilket underlättar optimeringen av underhållsprocesserna och hjälper till med framtida utvecklingar. Slutligen nämner han att batterierna i robotarna har en förväntad livslängd på ca. 8 år. Uppgraderingar av tekniken sker regelbundet, vilket betyder att robotarna oftast byts ut på grund av ny teknik, inte för att de går sönder. (Hirsala Golf,2024 [Videoklipp]. YouTube.)

5.7 Intervju med konsult inom golfbaneunderhåll

För att göra litteraturstudien och fallstudien, hade jag en intervju med Janne Lehto som är expert inom området, med Master Greenkeeper certifikaten. En semistrukturerad intervju valdes som metod, vilket innebär att vissa frågor förbereddes i förväg. Syftet med intervjun var att få insikt i hur automation påverkar golfbaneunderhållet ur ett operativt och ekonomiskt perspektiv

Analys av expertintervjun med Janne Lehto

Intervjun med experten inom automatisering av golfbanor Janne Lehto, är central i denna studie, där han svarade på robotteknikens konkreta effekter på golfbanans drift. Lehtos långa erfarenhet från golfbaneunderhåll och utnyttjande av robotik för miljö och driftförbättringar, samt med sin unika position som den första i Norden med att få certifikatet "Master Greenkeeper" bevisar hur avancerad teknik kan optimera underhållsprocessen (J. Lehto, personlig kommunikation, 30 mars 2025)

Teknologins roll i driftsförbättringen

Lehtos beskrivning visar tydligt att implementeringen av robotlösningar inte bara leder till kostnadsbesparingar utan också bidrar till en bättre underhållsprocess. Genom att integrera robotgräsklippare med avancerade navigations- och sensorsystem har golfbanorna möjlighet att få mer precis gräsklippning, vilket leder till jämnare spelyta och mer effektiv användning av resurser. (J. Lehto, personlig kommunikation, 30 mars 2025).

Lehto säger att hela 100 % av Hirsala golfs klippning på fairways, semi-rough och utslagsplatser nuförtiden sköts av 24 självstyrande "razor blade"-robotar. Detta understryker Hirsala Golfs satsning på att helt frigöra personal från rutinklippningen och i stället använda deras kompetens till mer högspecialiserade arbetsuppgifter. De har också samarbetat med flera robottillverkare i branschen, både som testare och utvecklare av användarupplevelsen. Idag äger de 24 robotar, nästan alla är "rakblad, horisontellt skärande" robotar som fungerar mycket smidigt på en golfbana. (J. Lehto, personlig kommunikation, 30 mars 2025).

Ekonomiska och miljömässiga effekter

En viktig synvinkel i Lehtos svar handlar om hur ändringen från traditionella metoder till automatiserade system påverkar ekonomin. Genom att använda robotteknik har Hirsala golf kunnat minska på både bränsleförbrukning och driftskostnader, vilket i sin tur leder till en minskning av utgifterna. Den minskade användningen av fossila bränslen bidrar också till en reducerad miljöpåverkan, vilket är viktigt i dagens samhälle var hållbarhetsfrågor blir alltmer centrala inom både offentlig och privat sektor. Dessutom visar Lehtos svar att de initiala investeringskostnaderna ersätts snabbt genom de långsiktiga besparingarna, exemplifierat av en över 95 % minskning av bränsleförbrukningen, vilket stärker den ekonomiska hållbarheten, något som stöds av tidigare forskning om automatiseringens inverkan på kostnadsstrukturer inom golfbaneunderhåll. (J. Lehto, personlig kommunikation, 30 mars 2025)

Förändringar i personalens roll och kompetensbehov

I intervjun kommer det också fram hur robotik omstrukturerar personalens arbetsuppgifter. Genom att ta över de rutinmässiga och fysiskt krävande uppgifterna som gräsklippning och bollinsamling, uppkommer möjligheter för personalen att fokusera på mer kvalificerade uppgifter, exempelvis övervakning och optimering av robotarnas prestanda. Denna uppgifts omfördelning leder till att kompetensutvecklingen stärks, vilket gör att golfbanan fungerar bättre och håller högre kvalitet. Lehtos erfarenheter bevisar att en sådan teknologisk omställning inte nödvändigtvis betyder minskning av antalet anställda, utan att personalens kompetens förbättras. (J. Lehto, personlig kommunikation, 30 mars 2025)

Utmaningar och framtida perspektiv

Trots de tydliga fördelarna med automationslösningarna framhåller Lehto att de även finns tekniska och organisatoriska utmaningar som skall hanteras. I samband med varierande väderförhållanden och behovet av kontinuerlig teknisk uppdatering krävs att man anpassar infrastrukturen och ständigt utvecklar personalens kunskaper, med interna utbildningsprogram och förbättringar av infrastrukturen, vilket gör en säker och stabil drift trots tekniska och miljömässiga utmaningar. Det är viktigt att ta hand om dessa saker för

att driften ska vara säker och att teknologin kan utvecklas med marknadens behov. Lehto framhåller att även om Hirsala Golf ännu inte sett ett tillräckligt behov för att investera i exempelvis bollplocknings- eller bunkerrobotar, följer de aktivt utvecklingen. Han är övertygad om att användningen av automatiserade system kommer att öka i framtiden. Denna framtidstro visar en tydlig trend mot ökad digitalisering och effektivisering inom golfbaneunderhåll. (J. Lehto, personlig kommunikation, 30 mars 2025)

Slutsats

Lehtos svar visar att robotteknik på golfbanor ger stora fördelar både ekonomiskt och miljömässigt. Genom minskad bränsleförbrukning och effektivare arbetsprocesser stärker ekonomiska hållbarheten och minskar på klimatpåverkan. Intervjun belyser också vikten av att anpassa personalens roll vid teknologiska förändringar, där fokus flyttas till teknisk kompetens och övervakning av automatiserade systemen. Detta stöder studiens syfte att undersöka hur automatisering kan leda till ekonomiska besparingar och miljömässig hållbarhet på golfbanor. Intervjun med honom fokuserade på dessa frågor och bidrog med direkt insikt i hur robotteknik kan effektivisera driften (J. Lehto, personlig kommunikation, 30 mars 2025)

6 Resultat

I detta kapitel presenteras en helhetsanalys av de empiriska och teoretiska resultaten från automatiserade underhållsmetoder på golfbanor. Syftet är att lyfta fram, hur robotiken minskar på arbetsinsatser, vilka tekniska lösningar som finns tillgängligt, samt de ekonomiska konsekvenserna av att investera i denna teknik. Genom att kombinera detta med den data från fallstudien från Vasa Golf med relevant från produktivitetsmodeller och investeringskalkyler, skapas en bild av hur teknologiska innovationer kan förbättra verksamheten samt den långsiktiga lönsamheten.

6.1 Areal, antal robotar och investeringskostnader

För att göra en realistisk investeringsbedömning måste man utgå från hur stor yta (hektar) som skall underhållas och hur många robotenheter som krävs för att göra det. Husqvarna, erbjuder sitt CEORA™ Starter Kit (med drivmodul, klippaggregat och laddstation) till 32 829,94 USD exklusive moms, vilket är ungefär 30 000 €. (Husqvarna, n.d.)

Ett 30 hektars område på golfbanan kräver ungefär fyra robotar ($30 \div 7,3 \approx 4$) Den totala investeringskostnaden blir då: **4 robotar · 30 000 €/robot \approx 120 000 €**

På samma gång bidrar varje robot till en personalkostnadsbesparing på cirka 7 500–8 000€ per år, vilket ger en årlig nettobesparing på ungefär 30 000 € för fyra robotar

Payback = 120 000 € \div 30 000 €/år \approx 4 år

ROI = (30 000 € \div 120 000 €) · 100 % \approx 25 % per år

Dessa beräkningar visar hur antalet hektar direkt styr både investeringsnivån och de ekonomiska nyckeltalen. Om banans yta förändras måste motsvarande antal robotar räknas om, vilket i denna modell håller payback-tiden och ROI relativt konstanta, om man räknar med att varje robot utnyttjas fullt och ger samma årliga besparing. På så sätt länkas den ekonomiska teorin om payback och ROI ihop med praktikens krav på kapacitets-planering och kostnadsuppskattning.

Om man investerar också i en Echo Robotics RP-1200 bollplockar robot med priset 29 000€, för att plocka bollarna på rangen och i en SmartRake B4 bunkerrobot, med priset 30 000€. Blir den totala investeringskostnaden 179 000€.

120 000 € (klipprobotar)+29 000 €+30 000 €=179 000 €

Den presenterade kalkylen ovan visar hur banans areal har en påverkan på kapitalinsatsen som de ekonomiska nyckeltalen. En yta på 30 hektar behöver man fyra CEORA™-robotar, vilket ger en 120 000 € initial kostnad samt en årlig personalkostnadsbesparing på 30 000€, som betalar sig tillbaka på ca. 4 år. och en årlig ROI på 25 %.

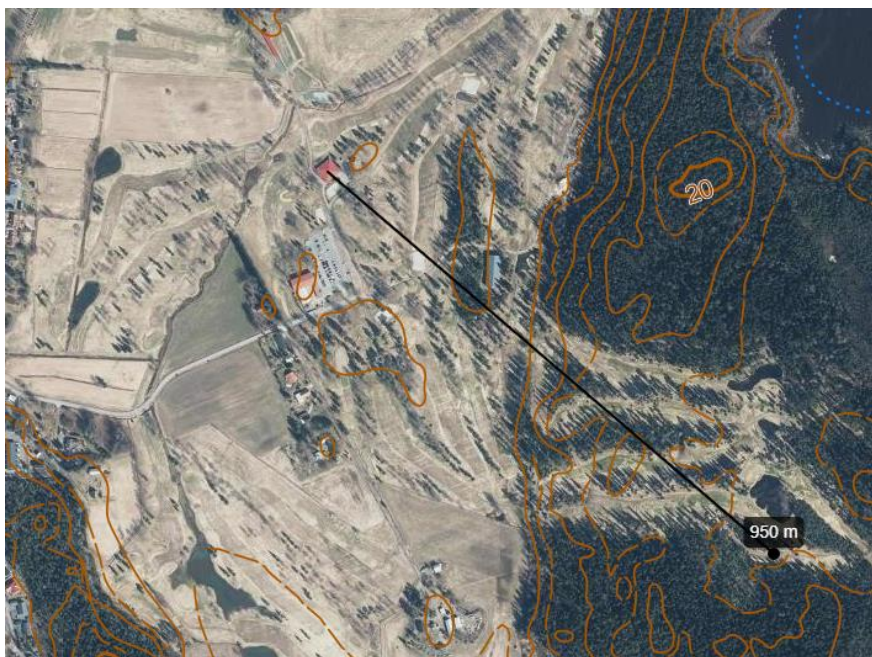
Genom att ännu investera i en Echo Robotics RP-1200 för bollplockning (29 000 €) och en SmartRake B4 bunkerrobot (30 000 €) höjs den totala investeringen till 179 000 €, utan att payback-tiden eller ROI förändras väsentligt då dessa maskiners årliga driftskostnadsbesparingar beräknas i samma storleksordning. Modellen förutsätter full drifteffektivitet och konstant besparing per robot. Vid förändrad areal eller varierande utnyttjandegrad bör antalet enheter och nyckeltal justeras därefter.

6.2 Motivering varför Husqvarna och Echo Robotics är de bästa alternativen till Vasa Golf

Efter en genomgång av tillgängliga robotlösningar inom golfbaneunderhåll framstår Husqvarna och Echo Robotics som de bästa alternativen för Vasa Golf, sett till teknisk funktionalitet, anläggningens behov och långsiktig driftsekonomi. I snar framtid kunde även en SmartRake B4 bunkerrobot tas i bruk.

Gräsklippning

Vasa Golfs banor består av både öppna fältområden och kuperade skogslandskap. De öppna områdena som fairway och största delen av rougharna, passar bra med robotgräsklippare, för att de har inga hinder och har ganska jämna ytor. Tf.Golfbanemästaren nämnde också i intervjun att även banorna, längst in i skogsområdena kan underhållas med robotklippare utan att större tekniska hinder uppstår.



Figur 12: Översiktsbild tagen rakt ovanifrån av Vasa Golf, vilken visar hela anläggningen. De bruna områdena illustrerar de lokala höjdskillnaderna inom området. Källa: Lantmäteriverket (2025)

Husqvarnas robotgräsklippare, speciellt modellen CEORA 546 EPOS, erbjuder avancerad GPS-navigering, AI-baserad klippoptimering och är designad för att hantera stora gräsytor med hög precision och möjlighet att justera klipphöjden ned under 10 mm. Allt detta är viktigt för att Vasa Golf har breda fairways och varierad terräng, vilket kräver pålitliga och automatiserade lösningar, för att upprätthålla en jämn och professionell anläggning i gott skick. Genom att implementera Husqvarnas lösningar kan man förvänta sig en minskad arbetskraftskostnad, lägre bränsleförbrukning, samt en ökad kvalitet i gräsvården (Husqvarna Group, 2023a).

Bollinsamling

När det gäller bollinsamlingen på Vasa golf range, är Echo Robotics RP-1200 särskilt lämplig. Denna modell är utrustad med AI-optimerad rutthantering, självladdningssystem och hög terränganpassning, vilket möjliggör effektiv bollinsamling. (ECHO Robotics, 2020). Eftersom bollinsamling ofta sker ofta och kräver noggrannhet samt tillförlitlig funktion, ger Echo Robotics en hög driftsäkerhet med minimalt behov av manuell övervakning, vilket frigör personalresurser till andra uppgifter.

Eftersom driving rangen på Vasa golf har en relativt plan yta, kan en robotplockare effektivt samla upp bollar utan större problem. Fördelarna med en bollplockarrobot är att personalen kan sätta deras tid på annat viktigare, samt minska risker för olyckor och att bollarna i bollmaskinen tar slut. En utmaning för den kan dock vara att den inte kan köra på tider när det är extremt vått på driving rangen. Dvs. tidig vår då snön har just smält och under extrema regnförhållanden. Då kunde roboten fastna i vattenpölar eller väldigt mjuk mark.



Figur 13: Översiktsbild tagen rakt ovanifrån av Vasa Golf Range, där den markerade ytan omfattar cirka 3,7 hektar och bruna områden visar lokala höjdskillnader. Källa: Lantmäteriverket (2025).

Som man ser på bilden ovan så omfattar Vasa Golf Range en yta på cirka 3,7 hektar, där den huvudsakliga tränings- och slagytan är i stort sett helt plan. Detta gör det möjligt för bollplockaren att köra över området utan att stöta på märkbara lutningar eller nivåskillnader. Därigenom underlättas både regelbunden skötsel och effektiv insamling av golfbollar, eftersom maskinell utrustning kan användas utan behov av särskilda terränganpassningar.

De bruna markeringarna i figur 9, indikerar områden med höjdskillnader, men dessa är belägna i anslutning till eller utanför själva träningsytan. Därför påverkar de inte bollplockarens framkomlighet på rangen. Den nästan helt plana ytan bidrar dessutom till en förutsägbar avrinningsprofil, vilket minimerar risken för stående vatten och därmed underlättar underhållsarbetet.

Sammanfattningsvis utgör Vasa Golf Range ett väl avgränsat och i huvudsak plant område på 3,7 hektar, vilket ger goda förutsättningar för en effektiv och kostnadsbesparande drift. De omkringliggande höjdskillnaderna ligger inte inom den aktiva slagytan, vilket gör att bollplockare och annan utrustning kan köras obehindrat över hela träningsområdet. (Flygbild från Lantmäteriverket, n.d.)

Bunkerrobot

I framtiden kunde Vasa golf även ta i bruk en SmartRake B4 bunkerrobot för helt automatiserad bunkerskötsel. SmartRake B4, utvecklad av BAS-Turf, bygger på så kallad "Teach & Playback"-teknik där en operatör sparar uppdragets rutt via en smartphone-app, varefter roboten självständigt krattar bunkrarna med hög precision och minimal mänsklig inblandning. Den är också tyst gå den kör och eliminerar utsläpp, samtidigt som konstant sandprofil i bunkrarna säkerställs. Det både höjer spelkvaliteten och frigör värdefull arbetstid för de anställda.



Figur 14: bild på en SmartRake B4, då den krattar en bunker. (BAS-Turf, 2025)

Sammanfattning av de bästa alternativen

Också en fördel med dessa leverantörer är deras närvaro på den nordiska marknaden, vilket säkerställer tillgång till teknisk support, reservdelar och service, som är en viktig faktor för långsiktig hållbarhet och minimering av driftstopp. Sammanfattningsvis bedöms kombinationen av Husqvarna för gräsklippning och Echo Robotics för bollinsamling utgöra den mest kostnadseffektiva, miljömässigt hållbara och tekniskt anpassade lösningen för Vasa Golfs framtida banunderhåll.

6.3 Husqvarna – En djupgående analys

Husqvarna är ett svenskt företag med en lång historia inom trädgårds- och skogsutrustning. Företaget var en föregångare inom robotgräsklippning och idag är de en ledande aktör inom branschen. Företagets produkter är tillgängliga till över 100 olika länder och de anpassas kontinuerligt, för att möta golfbanors unika behov. Deras huvudkontor befinner sig i Stockholm, Sverige, och företagets årsomsättning är ca. 5,5 miljarder euro samt över 14 400 anställda inom Husqvarna Group. (Husqvarna Group, 2023a).

Deras robotgräsklippare kan justeras att klippa med klipphöjden mellan 20 mm och 60 mm, men till golfbanan har man gjort modeller som kan till och med klippa under 10 mm. För att hantera rough gräset, som är grovt, planeras framtida modeller med integrerade sensorer och AI-teknik. (Husqvarna Group, 2023b).

Teknologi och Innovation

Husqvarnas robotgräsklippare representerar en kombination av avancerad GPS-navigering, sensorik och AI-teknolog. Detta gör att den kan arbeta självständigt även på golfbanans varierande terräng. (Husqvarna Group, 2023b). Genom ett välutvecklat sensorpaket kan robotarna exakt identifiera hinder och ojämnheter., vilket säkerställer att klippningen utförs med hög precision på fairway, rough och greener. (USGA, n.d.).

En viktig innovation i Husqvarnas sortiment är EPOS-teknologin (Exact Positioning Operating System), som eliminerar den fysiska gränser eller nedlagda kablar. Detta förenklar installationen och möjliggör en flexibel omfördelning av arbetsområden, som bidrar till en kostnadseffektiv drift och minskat underhåll. (Pitchcare, n.d.).

Dessutom är systemet utrustat med AI-teknik som automatiskt anpassar klippningen efter gräsets typ, höjd och gällande väderförhållanden. Denna anpassningsbara funktion säkerställer att robotarna kan leverera en jämn och optimeras klippning, vilket inte bara förbättrar kvaliteten utan också bidrar till betydande långsiktiga kostnadsbesparingar (GolfSustainable, n.d.; Husqvarna Group, 2023b).

Jämförelse av Husqvarnas robotgräsklippare

Modell	Pris~ (EUR)	Max yta (m ² /dag)	Klippbredd (cm)	Klipphöjd (mm)	Batteritid (min)	Laddtid (min)	Solcell- laddning
CEORA 546 EPOS	23 800	25 000	68	10–60	240	90	Nej
Automower 550 EPOS	6 000	15 000	24	20–60	210	60	Ja
Automower 550	4 000	6 000	24	20–60	270	60	Ja
Automower 535 AWD EPOS	6 200 €	4 000	22	30–70	145	45	Ja
Automower 535 AWD	5 800	3 500	22	30–70	145	45	Ja

Figur 15: Översikt över Husqvarnas främsta golfbane-robotar med pris och huvudspecifikationer. (Husqvarna, u. å.)

Husqvarna har olika modeller som kompletterar varandra för olika unika krav på golfbanan. Ceora är Husqvarnas premiumrobot för riktigt stora ytor, med bred klippbredd och extrem kapacitet klarar den av att klippa, fairways, roughar och utslagsplatser, upp till ca 25 000 m²/dag. (golfbranschen.se) Den detaljerade klippningen med EPOS-teknik är bäst för stora öppna ytor där exakt systematisk klippning och många arbetszoner krävs.

För de mer begränsade eller kuperade områden används Automower 550/550 EPOS, som har en hög kapacitet upp till 15 000 m². 550 EPOS ger flexibilitet med virtuella gränser, medan 550 (utan EPOS) behöver kabelslinga men har stabil teknologi.

För den allra brantaste och ojämna terrängen är Automower 535 AWD-serien det mest lämpliga. Fyrhjulsdriften gör att de klarar av upp till 70 % lutning (Husqvarna, u. å.) Modellen är utrustad med smalare klippdäck och är avsedd för områden där högre klipphöjd krävs, modellerna används när 550-modellerna når sina gränser. EPOS-versionen 535 AWD EPOS lägger till kabelfri navigering för lättare installation och om konfiguration av klippområden i krävande terräng.

Sammanfattningsvis kan golfbanor välja en kombination av dessa robotar: **CEORA** för de största ytorna och hög precision, **550/550 EPOS** för generella fairways och **535 AWD/EPOS** för branta sluttningar. Genom att kombinera modeller får man optimal täckning, bred klippning på släta ytor och stark dragkraft i backar. Alla Husqvarnas modeller (förutom CEORA) kan laddas med solcellsladdning, det innebär att maskinerna kan drivas helt off-grid under soliga dagar.

Ekonomiska Fördelar och Utmaningar

Genom att ersätta den traditionella, arbetsintensiva gräsklippnings metoden med automatiserade system, minskar Husqvarnas lösningar behovet av manuell arbetskraft, vilket i sin tur leder till kostnadsbesparingar. En analys gjord av SEB för Husqvarna visar beräkningar att en svensk golfbana kan minska på kostnaderna för gräsklippning med upp till 67 procent – motsvarande cirka 70 000€ årligen. (Golfbranschen, 2021) Siffrorna är räknade i optimala förhållanden, minimalt behov av underhåll samt full arbetskraftsersättning, vilket inte kanske är verkligheten för alla golfanläggningar.

Samtidigt innebär övergången till denna teknologi en initial investeringskostnad samt ett behov av specialiserad utbildning för att säkerställa att robotgräsklipparna används och underhålls på rätt sätt, vilka är viktiga faktorer att beakta vid implementeringen, då de kan påverka den ekonomiska och praktiska genomförbarheten av tekniken.

Framtida Perspektiv

Husqvarna fortsätter att utveckla sina robotlösningar för att möta de ständigt unika behoven inom golfbaneunderhåll. Framtida modeller förväntas ha ytterligare bättre sensorer och mer avancerad AI-teknik för att ytterligare optimera hanteringen av grovt roughgräs samt andra utmanande områden. Dessutom utforskar företaget möjligheter att

utvidga sitt produktutbud med kompletterande automatiserade system, såsom autonoma robotar för bollinsamling. Dessa satsningar tyder på en mer helhetsorienterad och integrerad automatisering, vilket ytterligare kan stärka kostnadseffektiviteten och precision som Husqvarnas nuvarande lösningar redan erbjuder. (Golfsustainable, n.d.; USGA, n.d.; Pitchcare, n.d.).

Samtidigt investerar Husqvarna kontinuerligt i forskning och i utveckling (R&D) för att förbättra sina robotgräsklippare och anpassa dem ytterligare till golfbanors unika behov. (Husqvarna Group, 2023a).

6.4 Echo Robotics - Range Picker RP-1200

Echo robotiks är en annan ledande aktör inom automatiserad skötsel inom golfbaneunderhåll. Företaget är en del av ECHO Incorporated, som är en del av Yamabiko Corporation, som har över 40 års erfarenhet inom professionell utomhusutrustning. (ECHO Robotics, 2020; Yamabiko Corporation, 2018). Echo robotiks har kommit till internationell marknad genom att erbjuda innovativa och pålitliga lösningar inom automatiserad gräsklippning och bollinsamling. Echo Robotics mest kända boll plockar robot är: **Range Picker RP-1200**



Figur 16: Range picker RP-1200 plockar upp bollar på en driving range. (ECHO Robotics,2025)

Teknologi och Funktion

Range Picker RP-1200 är utrustad med avancerad GPS-teknologi och ett omfattande sensorpaket som möjliggör autonom bollplockning och noggrann navigering över driving rangen. Systemet använder realtidsdata för att kartlägga driving range området och säkerställa att alla bollar plockas upp effektivt. Med hjälp av AI-algoritmer kan RP-1200

analysera bollens plats och anpassa sin rutt för att optimera insamlingsprocessen (ECHO Robotics, n.d.).

För att minimera energiförbrukningen och maximera effektiviteten, har roboten en inbyggd självladdningsfunktion. När batterinivån blir låg återvänder RP-1200 automatiskt till sin landningsplats, och kan snabbt återuppta arbetet när den har laddat klart sig själv. Denna kontinuerliga drift är viktigt för golfanläggningar där en konstant tillgång till golfbollar på rangen är en hög prioritet (Autolawns, n.d.).

Med en daglig maximal bollplockningskapacitet på 12 500 bollar är RP-1200 gjord för att köra runt en driving rang över en arbetsyta på cirka 2–2,4 hektar. En sådan kapacitet i kombination med att den är tyst, har ett integrerat fjärrövervakning som är tillgängligt via smartphone-applikation, gör den till ett effektiv och kostnadseffektiv alternativ som lätt kan anpassas efter anläggningens behov (ECHO Robotics, n.d.).

En annan viktig detalj för RP-1200:s teknologi är dess hållbara konstruktion. Roboten är byggt för att hålla tuffa väderförhållanden, vilket gör att den kan arbeta dygnet runt utan att påverkas av regn, vind eller extrema temperaturer. Dessutom är hjuldesignen optimerad för att minimera påverkan på gräsytan, vilket säkerställer att gräsets skick håll i bra skick, även efter långvarig användning (Sports Field Marking, n.d.).

Fördelar med RP-1200

En av de största fördelarna med RP-1200 är dess förmåga att minska arbetskraftskostnaderna. Genom att automatisera bollinsamlingen frigörs personalresurser, vilket gör att personalen kan fokusera sig på andra delar av banunderhållet. Detta resulterar i en mer kostnadseffektiv drift och en förbättrad upplevelse för golfspelarna (ECHO Robotics, 2020).

En annan viktig fördel är miljövänliga driften. RP-1200 drivs av batterier, vilket eliminerar behovet av fossila bränslen, och därmed minskat koldioxidutsläppen. Detta gör roboten till ett attraktivt alternativ för golfanläggningar som vill minska sin miljöpåverkan och samtidigt optimera sin drift (Autolawns, n.d.).

Dessutom bidrar RP-1200 till en mer konsekvent och tillförlitlig bollinsamling. Genom att använda GPS och AI säkerställer roboten att inga områden lämnas obearbetade och att alla

bullar samlas in systematiskt och effektivt. Detta leder till att spelare alltid har tillgång till rena bullar, vilket förbättrar spelupplevelsen och ökar kundnöjdheten vid driving rangen. (Sports Field Marking, n.d.).

Framtida Perspektiv

Echo robotics försätter att utveckla sin teknologi för att förbättra RP-1200:s prestanda och effektivitet. En av de kommande innovationerna är integrationen av ännu mer avancerad AI, med hjälp av detta, är det möjligt för roboten att identifiera och prioritera specifika områden med hög bolltäthet för att ytterligare optimera insamlingsprocessen (ECHO Robotics, n.d.).

En annan framtids förbättring är utvecklingen av bättre batteriteknik, vilket kan förlänga drifttiden och minska på laddningscyklerna. Detta skulle göra det möjligt för RP-1200 att arbeta länge perioder utan laddningspauser, vilket skulle gynna anläggningar med hög spelaktivitet (Autolawns, n.d.).

Slutligen undersöker Echo Robotics möjligheten att koppla samman RP-1200 med andra automatiserade system, för att skapa en helt automatiserad golfbana. Genom att synkronisera gräsklippning och bollinsamling kan golfklubbar uppnå, ännu mera effektivitet och automatisering., vilket skulle revolutionera hur golfbanor underhålls i framtiden (Sports Field Marking, n.d.).

Sammanfattning - Range Picker RP-1200

Golfbanors automatisering omfattar både gräsklippning och bollplockning, vilket möjliggör en 100% automatiserad driving range där även bolltvättning och betalningssystemen kan vara automatiserat. (Golf Course Management Association, 2020).

En utmaning i fullständigt automatiserat system är att få bollplockning och gräsklippning synkroniserat; ett optimalt scenario är att robotarna påbörjar bollplockningen vid soluppgången och omedelbart därefter startar gräsklippningen, vilket säkerställer att rangen är i perfekt skick då när första golfspelarna anländer till driving rangen för uppvärmning före golfundan (Golf Course Management Association, 2020).

6.5 Smart rake B4 – En djupgående analys

SmartRake B4, som lanserades av SmartRake Inc. Och den är en fullständigt autonom robot som är gjord för att sköta underhåll av golfbanors bunkrar. Roboten är driven med litiumjonbatteri och navigerar med hjälp av RTK GNSS, vilket ger en positionsnoggrannhet på cirka ± 2 cm. Måtten, 1,20 m i längd och 0,80 m i bredd, samt den totala vikten på 150 kg gör SmartRake B4 en stabilt alternativ att arbeta i varierande bunkermiljöer utan att kompromissa med precisionen. (SmartRake Inc., u. å.).

Med hjälp av Teach & Playback-funktionen kan man enkelt programmera, en önskad rutt via en mobilapplikation. Användaren märker först en komplett rutt runt bunkern, och sedan kan roboten återupprepa exakt samma mönster vid varje körning. Detta sparar tid vid installation och säkerställer en jämn sandprofil över tid. En full laddning räcker upp till 8 timmar av kontinuerlig körning, varefter roboten återvänder autonomt till ladd stationen för att ladda sig själv. (TurfTroniq B.V., n.d.).

Ur ett ekonomiskt perspektiv så kostar SmartRake B4 cirka 30 000 € per robot. De årliga kostnaderna för underhåll och energiförbrukning beräknas till mellan 500 och 1 000 €, vilket är betydligt lägre än de förbränningsdrivna modellerna. Vid en genomsnittlig arbetsyta på 1000m² bunkerområde per dag och en lönekostnad motsvarande fem persontimmar dagligen, beräknas återbetalningstiden till 3–4 år. Största orsaken till investering i SmartRake B4 är personalbesparingen. Arbetet med robot bunkerkrattning kräver ingen anställd på plats. Roboten minskar också koldioxidutsläpp, och kan uppnå en konsekvent sandnivå utan behov av manuella efterjusteringar efter varje körning, tack vare RTK GNSS-styrningen. (TurfTroniq. (n.d.).

Trots robotens fördelar, har SmartRake B4 vissa begränsningar också. De initialkostnaderna är högre än för enklare, manuella maskiner. Dessutom kräver RTK-systemet en stabil mottagning av satellitsignaler, vilket kan vara problematiskt i områden med tät skog eller höga byggnader. Sammanfattningsvis gör ändå den höga precisionen, de låga driftskostnaderna och den autonomi roboten erbjuder den till ett attraktivt alternativ för golfklubbar som vill effektivisera sitt bunkerunderhåll.

6.6 Besparing av Arbetstid och Arbetsmängd

Studien bevisar att övergången från de traditionella metoderna till automatiserade metoderna minskar signifikant på den totala arbetsmängden. På Vasa Golf är redan en del av gräsklippningsarbetet i robotarnas kontroll, ungefär en tredjedel av gräsklippningsområden sköts av Husqvarnas robotar under säsongen 2025. Detta reducerar på de årliga arbetstimmar, som tidigare var mellan 10 000 och 12 000 timmar för manuellt arbete årligen. Med att frigöra personalresurser omfördelas arbetsuppgifterna till mer strategiskt värdeskapande uppgifter, vilket då ökar operativ effektivitet och skapar en kostnadseffektiv omstrukturering av arbetsprocesserna. Dessa Resultat stöds av de teoretiska modellerna, där minskade felmarginaler och jämnare underhåll resulterar i både tids- och kostnadsbesparingar.

6.7 Tillgängliga Teknologier och Marknadslösningar

Analysen ger en tydlig överblick av de tekniska lösningarna som är de bästa på marknaden för automatiserade underhållssystem på golfbanor. Denna analys har tre huvudsakliga kategorier av robotteknik som visar på olika anpassningsförmågor beroende på de specifika unika kraven i golfbaneunderhållet.

Robotgräsklippare

I denna kategori lyfts det fram modeller såsom Husqvarna CEORA 546 EPOS, denna modell som ofta erbjuds i serviceleasing, har en anskaffningskostnad på cirka 30 000 € per enhet. Förutom dens avancerade GPS-navigering och integrerade sensor- och AI-teknologin, kan den under optimala förhållanden hantera en betydande klippyta, med en kapacitet att klippa upp till 2 000–3 000 m² under en arbetsdag. Tekniken minskar på behovet på de manuella insatserna och säkerställer en konsekvent och jämn underhållsprocess, vilket är viktigt för att upprätthålla de höga standarder som krävs på en golfbana.

Bollplockar Robotar

De teknologiska lösningarna till bollinsamling, såsom Echo Robotics RP-1200, illustrerar hur modern automation kan effektivisera en av de mest repetitiva uppgifterna på en golfbana. Dessa system använder avancerade algoritmer för ruttplanering i kombination med GPS-styrning vilket medför att roboten under en arbetsdag med en maximal drift på upp till åtta timmar kan samla upp runt 1 200 bollar. Medan vid en kontinuerlig drift, kan den dagliga insamlingskapaciteten nå ända upp till 10 000 bollar. Resultatet är en mycket mindre manuell arbetsinsats och mer optimerad energianvändning, vilket bidrar till kostnadseffektiviteten.

Bunkerrobotar

Bunkerunderhållet utvecklas tack vare att system som SmartBunker har kommit på marknaden. Dessa modeller är gjorda för att kontinuerligt arbeta dygnet runt med hjälp av sensorbaserad feedback och autonom navigering. Denna teknologiska innovation visar att underhållet av bunkrar kan nuförtiden göras med en hög grad av precision och jämnhet, vilket inte bara höjer kvaliteten utan även minskar på arbetsinsatsen för manuella korrigeringar.

Sammanfattning

Sammanfattningsvis visar översikten visar att automatiseringen av golfbaneunderhåll medför konkreta driftsfördelar. Exempelvis är anskaffningspriset för robotgräsklippare på cirka 30 000 €, där systemet kan täcka flera tusen kvadratmeter per dag. Medan vissa bollplockarrobotar har en kapacitet på att plocka upp till 10 000 bollar per dag. Detta utbud av dessa teknologiska alternativ lägger därmed en grund för att ersätta traditionella metoder och därmed också är en grund för fortsatt utveckling samt ökade automatiseringsinsatser inom sektorn.

6.8 Ekonomiska Effekter: Investeringskostnader, Driftskostnader och Långsiktig Lönsamhet

Ekonomiska analyser inom studien bygger på metoder som payback-beräkningar och ROI-modeller för att utvärdera investeringsbeslutet. Fast de initiala investeringarna i robotteknik är höga, visar beräkningarna att den ekonomiska nyttan snabbt kan bli självbetald. Exempel från studien visar att om en investering på 174 000 euro genererar årliga besparingar på 47 000 euro, blir återbetalningstiden cirka fyra år. Teknologins livslängd förväntas vara ca åtta år, därmed skapas en positiv nettovinstandel under resterande tid.

Vidare visar analysen att robotiken bidrar till att sänka på de löpande driftskostnaderna. Minskade personalutgifter kombinerat med lägre kostnader för underhåll och energi, förbättrar den långsiktiga ekonomiska stabiliteten. Den reducerade arbetskraftens kostnad, i kombination med bättre precision och minskade driftsproblem, genereras en förbättrad totalavkastning på investeringen. Därmed är investeringar i automatisering inte enbart som ekonomiskt berättigade, utan utgör även en avgörande strategi för att säkerställa långvarig kostnadseffektivitet.

6.9 Ekonomisk analys: Payback och ROI med känslighetsanalys

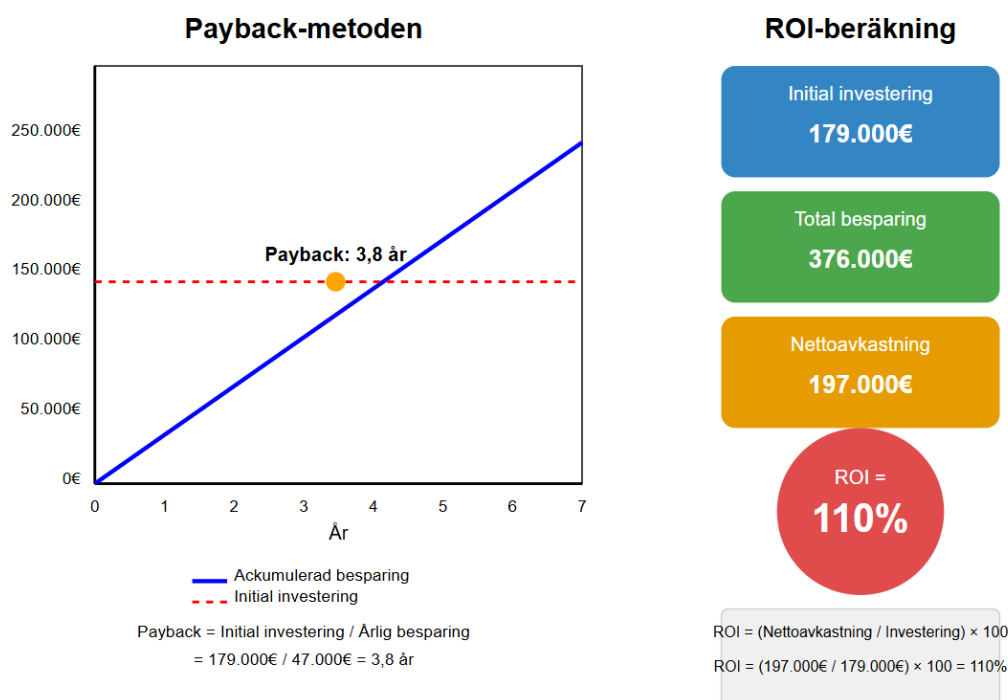
För att bedöma lönsamheten i investeringar i robotteknik vid golfbaneunderhåll används två etablerade modeller: Payback-metoden och ROI (Return on Investment). Dessa ger en tydlig bild av investeringens återbetalningstid och avkastning över tid.

Antaganden i grundscenariot:

Initial investering:

- 4st Husqvarna CEORA™-robotgräsklippare, med Husqvarna starter kit, 30 000 €/st → 120 000 €
- 1st Echo Robotics RP-1200 bollplockarrobot → 29 000 € (cirka)
- 1st TurfTroniq SmartRake bunkerrobot → 25 000 € (uppskattat marknadspris)
- Totalt: 174 000 €

Ekonomisk analys av robotteknikinvestering för golfbana



Figur 17: Ekonomisk analys av robotteknikinvestering.

Grafen visar den ekonomiska analysen av investeringen i robotteknik för golfbaneunderhåll. I vänstra delen visas payback-metoden där den blå linjen representerar de ackumulerade besparingarna över tid och den röda streckade linjen visar den initiala investeringen på alla robotarna tillsammans, 179 000€. Skärningspunkten mellan dessa linjer (markerad med orange) visar att investeringen är återbetald efter 4 år.

Högra delen av grafen visualiserar ROI-beräkningen, där den totala besparingen på 376 000€ över teknikens livslängd (8 år) resulterar i en nettoavkastning på 197 000€ efter avdrag för den initiala investeringen. Detta ger en ROI på 110%, vilket innebär att investeringen genererar en avkastning motsvarande investeringsbeloppet under sin livstid. Denna grundläggande ekonomiska analys utgör basen för den känslighetsanalys som presenteras i efterföljande avsnitt.

Årliga besparingar (summa från personal- & driftskostnader):

- Robotgräsklippare: 4 × 7 500 €/år → 30 000 €
- Bollplockarrobot: 12 000 €/år
- Bunkerrobot: 5 000 €/år (motsvarar manuella bunkerkrattningstimmar)
- Totalt: 47 000 €/år
- Teknisk livslängd: 8 år

6.9.1 Presentation av Känslighetsanalysen

I resultatkapitlet presenteras först de ekonomiska modellerna baserade på ett antaget basfall, där investeringskostnader, årliga besparingar och övriga relevanta parametrar har fastställts med utgångspunkt i tillgängliga data från Vasa Golf. Detta illustrerar hur en investering på ca. 30 000€ per robot ger en återbetalningstid på ca. 4år, samt hur långsiktiga driftskostnadsreduktioner på 30–40 % kan uppnås.

För att ytterligare fördjupa analysen, görs en känslighetsanalys i nästa kapitel. Denna del visar hur små variationer i utvalda parametrar påverkar nyckeltalen. Exempelvis så demonstreras effekten av en 10 % ökning eller minskning i de årliga besparingarna och den initiala investeringen genom tabeller och grafer, vilka tydligt visualiserar förändringar i både ROI och payback-period. Dessa resultat redovisas numeriskt och visuellt, vilket ger en detaljerad bild för investeringen kan förändras om man ändrar på de viktigaste förutsättningarna. Med flera scenarier illustreras också vilka faktorer som har störst påverkan på den ekonomiska utvärderingen, som gör en mer nyanserad förståelse av investeringsriskerna och möjligheterna.

6.9.2 Investeringsscenarier för robotteknik vid golfbaneunderhåll

Scenario 1: Variation i årliga besparingar

Känslighetsanalys 1: Variation i årlig besparing (±20%)			
Parameter	Pessimistiskt scenario	Grundscenario	Optimistiskt scenario
Initial investering	179 000 €	179 000 €	179 000 €
Årlig besparing	37 600 € (-20%)	47 000 €	56 400 € (+20%)
Livslängd	8 år	8 år	8 år
Payback-tid	4,76 år	3,81 år	3,17 år
Total besparing	300 800 €	376 000 €	451 200 €
Nettoavkastning	121 800 €	197 000 €	272 200 €
ROI	68,0%	110,1%	152,1%

Scenario 2: Variation i initial investering och livslängd

Känslighetsanalys 2: Variation i initial investering (±20%)			
Parameter	Pessimistiskt scenario	Grundscenario	Optimistiskt scenario
Initial investering	214 800 € (+20%)	179 000 €	143 200 € (-20%)
Årlig besparing	47 000 €	47 000 €	47 000 €
Livslängd	6 år (-2 år)	8 år	10 år (+2 år)
Payback-tid	4,57 år	3,81 år	3,05 år
Total besparing	282 000 €	376 000 €	470 000 €
Nettoavkastning	67 200 €	197 000 €	326 800 €
ROI	31,3%	110,1%	228,2%

Känslighetsanalysen visar att robottekniken utgör en ekonomiskt hållbar investering även under mindre gynnsamma förhållanden:

Scenario 1 (variation i besparingar): Även vid 20% lägre besparingar uppnås acceptabel ROI (68%) och återbetalningstid (4,76 år).

Scenario 2 (variation i investering och livslängd): Kombinationen av högre inköpspris och kortare livslängd har störst negativ påverkan på lönsamheten (ROI sjunker till 31,3%).

7 Diskussion

Syftet med arbetet var att genom en kombination av litteraturstudier, fallstudier och intervjuer analysera, hur automatiseringen kan bidra till ekonomiska och personalbesparingar inom golfbaneunderhåll. Genom att fokusera på Vasa golf har studien undersökt hur implementeringen av robotklippare och andra automatiserade system påverkar både kostnadsstrukturer och arbetsprocesser, med särskilt fokus på hur omstrukturering av arbetsuppgifter kan leda till mera värdeskapande insatser hos personalen.

7.1 Ekonomisk analys - Slutsatser och rekommendationer

Känslighetsanalysen säkerställer att investeringen i robotteknik för golfbaneunderhåll är ekonomiskt motiverad under flera olika scenarier. Fast investeringen är robust mot måttliga variationer i de årliga besparingarna (Scenario 1), uppkommer en betydande sårbarhet när inköspriset ökar samtidigt som livslängden förkortas (Scenario 2).

Den mest kritiska riskfaktorn är kombinationen av högre investeringskostnad och kortare livslängd, vilket kan minska ROI från 100% till endast 25 %. Detta visar vikten av noggrann leverantörsutvärdering med fokus på både inköspris och förväntad hållbarhet.

För att säkerställa ett framgångsrikt implementeringsprojekt rekommenderas att:

1. Förhandla fram fastprisavtal med tydliga garantier för utrustningens prestanda och livslängd.
2. Upprätta ett systematiskt underhållsprogram för att maximera teknikens drifttid och livslängd.
3. Genomföra regelbundna uppföljningar av faktiska besparingar för att tidigt identifiera eventuella avvikelser från grundscenariot.

Integrering av Känslighetsanalysen med Övergripande Resultat

I diskussionskapitlet sätts de kvantitativa resultaten i relation till teorin samt tidigare forskningsresultat. I denna del diskuteras hur känslighetsanalysen hjälper att verifiera robustheten i de ekonomiska modellerna. Analysen bevisar att investeringen i robotgräsklippare är lönsamt i många olika scenarier, vilket stärker slutsatsen att de långsiktiga besparingarna kan motivera de initiala kostnaderna.

Samtidigt ser man vilka faktorer som skapar mest osäkerhet, exempelvis variationer i maskinlivslängd och underhållskostnader. Detta ger beslutfattare en möjlighet att prioritera dessa faktorer i en framtids uppföljning. Genom att jämföra resultaten med liknande studier och rapporter, underbyggs argumentationen om att även vid oförutsedda förändringar fortsätter den automatiserade lösningen att vara kostnadseffektiv. Vidare diskuteras de potentiella konsekvenserna av att inte beakta dessa variabler och hur en mer dynamisk modell kunde tas i bruk för att hantera osäkerheter i praktiken.

7.2 Rekommendationer för lösningarna

7.2.1 Husqvarna robotgräsklippare - få robotarna att klippa upp till 50%

Jag rekommenderar att Vasa Golf investerar ytterligare i Husqvarna CEORA-seriens robotgräsklippare för att successivt ta över klippningen av minst 50 % av banans totala grösytor inom de kommande åren, och på en längre sikt försöka få det upp till 100% som de har i exempelvis i Hirsala golf redan. Genom att lägga dem och fokusera på de mest tids- och kostnadskrävande områdena, som fairways och roughar som tillsammans står för över 50 % av de veckovisa klipptimmarna kan robotarna ge störst potential för tids- och kostnadsbesparingar.

Med GPS-styrd navigering och med avancerade sensorer har CEORA modellen en jämn och exakt klippning av både fairways och rough, samtidigt som självladdningsfunktionen möjliggör en kontinuerlig klippning utan personalens övervakning. Genom att låta robotarna sköta om hälften av ytorna, frigörs personalen för de mera specialiserade uppgifterna.

7.2.2 Solladdningsstationer till robotarna kunde diskuteras

För vidare utveckling i Vasa golfs automationsstrategi föreslår jag en utvärdering av solcellsdrivna laddningsstationer som en potentiell komplementär lösning. Med att implementera ett system för solenergidrift, kan man säkerställa robotklipparnas kontinuerliga drift, utan att vara beroende av externa elnät. Trots en hög investering visar kostnadsanalyser att de minskade driftskostnaderna, genom lägre energikostnader snabbt kan kompensera den kapitalinsats som krävs.

För att bedöma systemets praktiska genomförbarhet, skulle jag rekommendera att Vasa Golf startar med ett pilotprojekt, där solcellsdrivna laddningsstationer testas i samverkan med befintliga robotlösningar. Medan man på samma gång genomför en detaljerad kostnads- och riskanalys, med fokus på investeringsåterbetalning, energibesparingar och tekniska utmaningar under varierande väderförhållanden. Det är också viktigt att miljöaspekterna utvärderas, för att övergången till förnybar energi inte bara minskar koldioxidutsläppen utan också stärker hållbarhetsprofilen.

Som sammandrag kan man konstatera att med solcellsdrivna laddningsstationer ger ett strategiskt komplement till Vasa Golfs nuvarande investeringsstrategi, med potential att ytterligare optimera energihanteringen.

7.2.3 Automatiserad bollplockning – en lönsam investering för Vasa Golf

Vasa Golf har cirka 30 000 bollar på driving rangen, vilket redan i nuläget kräver betydande manuellt underhåll och logistisk hantering. Automatiserad bollplockning skulle vara en strategiskt viktig investering för Vasa Golf. Dessutom har driving rangen en plantopografi som lämpar sig väl för autonoma system. Genom att investera i en bollplockarrobot, skulle det vara en idealisk lösning för att säkerställa en jämn och automatiserad bollinsamling. En sådan investering skulle minska behovet av manuellt arbete, effektivisera driften och säkerställa att bollar alltid finns tillgängliga för spelarna. Moderna bollplockarrobotar kan dessutom arbeta kontinuerligt dygnet runt och autonomt, vilket minimerar risken för driftstopp och förbättrar resursutnyttjandet.

Detta kunde vara en lönsam investering, eftersom automation inom golfbanedrift blir allt vanligare och teknologin utvecklas snabbt. Den ekonomiska vinsten kommer i form av

minskade personalkostnader, färre driftavbrott och snabb återbetalningstid med positiv ROI. Genom att implementera en bollplockarrobot kan Vasa Golf förbättra spelarnas upplevelse, minska driftskostnader på lång sikt och framtidssäkra sin verksamhet.

Bunkerrobotar – Inom snar framtid kunde man ta en testversion i bruk

Bunkerkrattningen är en av de mest tids- och arbetskrävande momenten på en golfbana, med årliga kostnader som kan uppgå till tiotusentals euro per anläggning. Därför skulle jag rekommendera att Vasa Golf noggrant följer med hur de ledande nordiska golfklubbarna, som exempelvis de i Sverige och Danmark, testar bunkerrobotar och vilka driftsdata de samlar in.

Samtidigt rekommenderar jag att Vasa Golf gör ett pilotprojekt med en testversion av en bunkerrobot, exempelvis TurfTroniq SmartRake, för att utvärdera: hur den påverkar sandkvaliteten, om man alls behöver manuell efterkrattning, driftstoppsfrekvens och de faktiska personalkostnadsbesparingarna. Genom att först ha en kontrollerad testperiod, får man ett bra underlag för stora investeringsbeslut samtidigt som man hålls i framkant av teknikutvecklingen.

8 Sammanfattning och slutsatser

Arbetets syfte var att analysera hur den moderna robotiken kan leda till ekonomiska besparingar inom golfbaneunderhåll. Med en kombination av en systematisk litteraturstudie, en detaljerad fallstudie av Vasa Golf och en intervju med en konsult inom golfbaneunderhåll, har jag haft som mål att ge en tydlig helhetsbild på både de teoretiska och praktiska aspekterna av automatisering på en golfbana.

Arbetet började med en tydlig problemformulering, där fokus var på att jämföra de traditionella underhållsmetoderna med moderna robotbaserade lösningarna. Som mål hade jag att få reda på vilka underhållsmetoder som kunde automatiseras, hur automatiseringen påverkar anställningsbehovet, samt vilka ekonomiska fördelar som man kan uppnå. Detta betydde att göra en modell för hur initiala investeringar i robotteknologi kunde motiveras, med att minska på driftkostnader och en omstrukturering av arbetsuppgifter.

Metodologin var uppdelad i tre delar. Först gjordes en systematisk litteraturstudie, för att samla in teoretiska modeller och tidigare forskning om ämnet och dess ekonomiska effekter. Metodologin inkluderade också en känslighetsanalys som visade att investeringen är ekonomiskt hållbar även vid variationer i nyckelparametrar. Till exempel visade scenarierna att ROI fortfarande var acceptabel (68 %) även vid 20 % lägre årliga besparingar, och att payback-tiden då blev cirka 5 år. Dock identifierades risken att en kombination av högre investeringskostnad och kortare livslängd kan sänka ROI till så lite som 31,3 %.

Teoretiska referensramen baserade sig på modeller som produktivitetsteori, ROI och payback-metoden, vilka tillsammans gav en bra grund för att förstå hur investeringsbeslut inom automation kan motiveras. Därefter gjordes en fallstudie vid Vasa Golf, där kvantitativ data om klipptimmar och personalstruktur samlades in. Genom att analysera dessa insamlade data, kunde man få reda på hur mycket arbete som egentligen ersätts av automatiserade system, samt vad som fortfarande kräver manuell insats. Slutligen kompletterades arbetet med en kvalitativ intervju med en konsult inom golfbaneunderhåll, vilket gav ytterligare insikter om praktiska utmaningar och möjligheter med att ta i bruk den moderna robottekniken.

Resultaten visade att automatiseringen redan bidrar till en betydlig minskning av de manuella arbetsuppgifterna. Exempelvis visade analysen att en investering på 179 000 € kan generera årliga besparingar på cirka 47 000 €, vilket har en återbetalningstid på ungefär 4 år. Vid en teknisk livslängd på åtta år innebär detta en total nettobesparing på cirka 19,700 €, som motsvarar en ROI på 101,1 %. På Vasa Golf har robotklipparna redan tagit över cirka en tredjedel av gräsklippningsarbetet på området, vilket frigör tid för personalen att fokusera på mer värdeskapande uppgifter.

De teoretiska modellerna visar att, trots en hög initial investering, kan en payback-period på tre till fem år uppnås genom minskade driftkostnader och en omfördelning av arbetsuppgifter. Dessutom visade studiens resultat att, automationen inte bara gör arbetsprocesserna bättre, utan också bidrar till en mer jämn underhållskvalitet över golfbanans olika ytor. Detta visar tydligt att integrationen av modern teknik i underhållet kan vara en nyckelfaktor för långsiktig ekonomisk hållbarhet och konkurrenskraft inom golfbranschen.

8.1 Förslag till fortsatt forskning

För fortsatt forskning inom automatisering av golfbaneunderhåll borde man fokusera på att utvärdera både tekniska och ekonomiska aspekter för att stärka långsiktigheten i investeringsbesluten. Framtida studier bör omfatta utveckling och implementering av avancerade sensorteknologier och AI-algoritmer, vilket möjliggör anpassning efter varierande väder- och banförhållanden, samt långtidsstudier över flera säsonger.

Man kunde också fokusera på en multidimensionell investeringskalkyl, var man tar i beaktande faktorer som ränta, inflation och driftsvariationer, skulle vara avgörande för att på ett helhetsmässigt sätt kunna bedöma den ekonomiska lönsamheten med autonoma system. Därtill föreslår jag att man kunde göra analyser med jämförelse mellan flera golfanläggningar, vilket bidrar till att identifiera framgångsfaktorer samt eventuella begränsningar i det nuvarande implementeringssättet.

Akademiska intuitioners samarbete med industrin är centrala, där övervakning av både teknisk prestanda och personalens omställning kan ge en mer mångsidig bild av fördelarna med automatisering. Genom en bred och samordnad forskningsinsats kan man säkerställa

att framtida investeringar både ger snabbare kostnadsbesparingar och stärker golfbanornas hållbara och effektiva drift på lång sikt.

8.2 Problem och Begränsningar

Även om robotteknologin visade lovande resultat, finns det ännu utmaningar, i områden med komplex terräng eller där detaljerat underhåll krävs. Robotarna kan inte helt ersätta mänskliga insatsen, vid arbete kring hinder, bunkrar och andra svåråtkomliga ytor. De initiala investeringskostnaderna är höga, vilket innebär att ekonomiska modeller som payback-metoden måste användas. Osäkerhet med långsiktiga underhållskostnader och den snabba teknikutvecklingen kan påverka investeringsbeslutet negativt, om inte alla dessa faktorer tas i beaktande.

En annan utmaning är arbetsuppgifternas omfördelning som behövs göras åt personalen. Fast automationen frigör tid för mera värdeskapande uppgifter, så betyder det också att samtliga arbetsroller måste omdefinieras eller att man behöver lära sig mer för att kunna använda den nya teknologin.

Trots begränsningarna så visar studien att med att ta i bruk robotiken på ett effektivt sätt kan det leda till betydelsefulla ekonomiska besparingar. Med att minska på antalet timmar som används för manuellt arbete och optimera arbetsflödet kan golfbanor vinna i form av både minskningar i lönekostnader och förbättrad driftseffektivitet. På samma gång är det viktigt att vara medveten om att de ekonomiska vinsterna är beroende av många olika faktorer såsom investeringskostnader, driftsäkerhet och marknadens utveckling.

Sammanfattningsvis kan man konstatera att studien visar att integrationen av automatiserade system i golfbaneunderhållet kan leda till både ekonomiska och operativa förbättringar. De viktigaste resultaten är att även om robotiken inte helt kan ersätta mänsklig arbetskraft, erbjuder den möjligheter att minska driftkostnader och frigöra personalresurser för mer värdeskapande uppgifter. Med hjälp av etablerade investeringsmodeller som ROI och payback som beslutsverktyg kan golfklubbar bedöma och prioritera investeringar ur ett strikt ekonomiskt perspektiv i automatisering med stor träffsäkerhet.

9 Referenser

Aamlid, T. S., Hesselsøe, K. J., Pettersen, T., & Borchert, A. F. (2021). ROBO GOLF: Robotic mowers for better turf quality on golf course fairways and semi roughs. NIBIO Report, 7(87).

AIUC. (n.d.). AI och maskininlärning: Vad är skillnaden och hur samverkar de? Hämtad den 18.2.2025 från <https://www.aiuc.se/ai-insikter/ai-och-maskininlarning>

Aerial Innovation Solutions. (n.d.). Golf management. Hämtad den 21.2.2025 från <https://www.aerialinnovationsolutions.com/golf-management>

Aerial Innovation Solutions. (2025). Golf course drone demonstration [Video]. Hämtad den 25.2.2025 från [https://www.youtube.com/watch?v=\[videoid\]](https://www.youtube.com/watch?v=[videoid])

Ambrogio Robot. (u. å.). *L85 Elite User's Manual* [Användarmanual]. Hämtat 25.4.2025 från https://www.ambrogiorobot.com/uploads/2019-10-18-REV_L85_V1.2_EN.pdf

Ammattilehti. (2024). FORE! Golf & Resort Business 2024 (s. 18–19). Hämtad den 1.3.2025 från https://issuu.com/ammattilehti.fi/docs/fore2_2024?fr=sMjczNDcyOTY3Mzl

Asian Turfgrass. (n.d.). Produced higher quality turf autonomous. Hämtad den 5.3.2025 från <https://www.asianturfgrass.com/post/produced-higher-quality-turf-autonomous>

Autolawns. (n.d.). ECHO Robotics RP 1200 Golf Range Picker. Hämtad den 10.3.2025 från <https://autolawns.com/product/echo-robotics-rp-1200-golf-range-picker>

BAS-Turf. (n.d.). Smartrake. Hämtad den 12.3.2025 från <https://www.bas-turf.us/smartrake>

Belrobotics. (2021). Company overview. Hämtad den 14.3.2025 från <http://www.belrobotics.com/company>

Belrobotics. (n.d.). Automate maintenance golf course. Hämtad den 18.3.2025 från <https://www.belrobotics.com/en-gb/blog/case-study/automate-maintenance-golf-course/>

Belrobotics. (u.å.). *BallPicker GPS-RTK BP-1250*. <https://www.belrobotics.com/en/robotic-mowers/ballpicker-gps-rtk-bp-1250/>

- Belrobotics. (u.å.). *BallPicker Connected Line*.
<https://www.belrobotics.com/da/graesslamaskiner/ballpicker-connected-line/>
- Bosch Home. (u. å.). *Indego S+ installation guide* [Användarmanual]. Hämtat 25.4.2025 från
https://media3.bosch-home.com/Documents/23104910_01589_indego_ig_2021_book_01.pdf
- British and International Golf Greenkeepers Association (BIGGA). (2024). Education & Master Greenkeeper Certification. Hämtad den 22.3.2025 från
<https://www.bigga.org.uk/education.html>
- Enligt BIGGA (2024) presenterades de initiala resultaten i "The Great British Bunker Study: key findings". Hämtad den 26.3.2025 från <https://www.bigga.org.uk/news-listing/the-great-british-bunker-study-key-findings.html>
- Dahlquist, J., & Knight, R. (2022). 16.1 Payback period method. I *Principles of Finance*. OpenStax. Hämtad 14 maj 2025 från <https://openstax.org/books/principles-finance/pages/16-1-payback-period-method>
- DailySports. (n.d.). Golfstermer och språket. Hämtad den 30.3.2025 från
<https://www.dailysports.com/se/golfstermer-och-spraket/>
- ECHO Robotics. (2020). Product specifications. Hämtad den 1.4.2025 från
<http://www.echorobotics.com/specs>
- ECHO Robotics. (2020). [Information om Echo Robotics lösningar inom automatisering]. Hämtad den 3.4.2025 från <https://echorobotics.com/en-nz/automated-range-picker/>
- ECHO Robotics. (n.d.). Automated Range Picker. Hämtad den 6.4.2025 från
<https://echorobotics.com/en-nz/automated-range-picker/>
- Ferguson, M., & Newell, A. J. (2010). Evaluation of the BigMow automatic mower Belrobotics S.A. Hämtad den 19.2.2025 från <file:///C:/Users/35840/Downloads/nic95-RobotTaglioBassoZoysia.pdf>
- FlyGuys. (2025). *Using drones for golf course management*. Hämtad 12 april 2025, från
<https://flyguys.com/using-drones-for-golf-course-management/>

Flymo. (u. å.). *The Flymo Robotic Lawn Mower 1200R* [Produktinformation]. Hämtat 25.4.2025 från <https://www.flymo.com/uk/c/about-us>

Gardeners' World. (n.d.). *Best robotic mowers*. Hämtad 14 april 2025 från <https://www.gardenersworld.com/reviews/lawn-care/best-robotic-mowers/>

GEO Foundation for Sustainable Golf. (n.d.). *Robotic mowers reduce diesel consumption and generate significant cost savings*. Sustainable Golf. Hämtad 24 april 2025, från https://sustainable.golf/highlights/robotic-mowers-reduce-diesel-consumption-and-generate-significant-cost-savings?utm_source

Golf247. (n.d.). Golfbana delar. Hämtad den 20.2.2025 från <https://golf247.se/golfbana-delar/>

Golfamore. (n.d.). Vaasan Golf. Hämtad den 22.2.2025 från <https://www.golfamore.com/en/golf-courses/Finland/Finland/Vaasan-Golf/>

Golf Course Maintenance Journal. (2019). Advances in bunker maintenance robotics. *Golf Course Maintenance Journal*, 12(4), 23–29.

Golf Course Management Association. (2020). Automation trends in golf course maintenance. *Golf Industry Magazine*, 15(3), 45–52.

Golf Technology Review. (2018). Innovations in golf course robotics. Hämtad den 24.2.2025 från <http://www.golftechreview.com>

Golfprylar.nu. (n.d.). Vad består en golfbana av? Hämtad den 26.2.2025 från <https://golfprylar.nu/info-artiklar/ovrigt-golf/tips-guider/vad-bestar-en-golfbana-av/>

Grossi, N., Fontanelli, M., Garramone, E., Peruzzi, A., Raffaelli, M., Pirchio, M., Martelloni, L., Frasconi, C., Caturegli, L., Gaetani, M., Magni, S., McElroy, J. S., & Volterrani, M. (2016). Autonomous mower saves energy and improves quality of tall fescue lawn. *HortTechnology*, 26(4), 825–830.

Hansen, A. R. (2022). A new era for golf course maintenance: From conventional to robotic mowers. *International Turfgrass Society Research Journal*, 14, 1057–1060. <https://doi.org/10.1002/its2.122>

Hesselsøe, K. J., Borchert, A. F., & Aamlid, T. S. (2022). ROBO GOLF: Robotic mowers for better turf quality on golf courses—Preliminary results. *International Turfgrass Society Research Journal*, 14, 1049–1056. <https://doi.org/10.1002/its2.143>

Hirsala Golf. (2024). Jannesta Master Greenkeeper. Hämtad den 28.2.2025 från <https://hirsalagolf.fi/jannesta-master-greenkeeper/>

Hondappsv. (u. å.). *HRM3000 Owner's Manual* [Användarmanual]. Hämtat 25.4.2025 från <https://www.hondappsv.com/contents/menu/HME/en/2125/1/>

Husqvarna. (2022). Husqvarna CEORA™ – The future of commercial turf care [Video]. Hämtad den 2.3.2025 från <https://www.youtube.com/watch?v=QCBDI-E1RfE>

Husqvarna. (2023). Husqvarna CEORA™ robotic mower – revolutionizing commercial turf care [Video]. Hämtad den 4.3.2025 från <https://www.youtube.com/watch?v=89Un4AOgdUc>

Husqvarna. (u. å.). *CEORA™ 546 EPOS™* [Produktinformation]. Hämtat 25.4.2025 från https://www.husqvarna.com/us/discover/ceora/?srsId=AfmBOoqOlhBCgN4Mp8Gz3h65VOH0JnSH-BfBjVD9Z79s6X60cyWX_xiH

Husqvarna. (u. å.). *Automower® 430X NERA* [Produktinformation]. Hämtat 25.4.2025 från <https://www.husqvarna.com/uk/robotic-lawn-mowers/automower-430x-nera/>

Husqvarna. (u. å.). *Automower® 550* [Produktinformation]. Hämtat 25.4.2025 från <https://www.husqvarna.com/us/robotic-lawn-mowers/automower-550/?srsId=AfmBOorKDIDj3vEJyOoFYQhQuDafbVNhp92x0xjekGHOotg-m9peCWtm>

Husqvarna Ceora kan förändra golfbranschen i grunden. (2021). Golfbranschen. Hämtad den 6.3.2025 från <https://www.golfbranschen.se/husqvarna-ceora-kan-forandra-golfbranschen-i-grunden/>

Husqvarna. (2025). Husqvarna unveils AI ready platform of robotic mowers. Hämtad den 8.3.2025 från <https://www.husqvarna.com/uk/learn-and-discover/news-and-media/husqvarna-unveils-ai-ready-platform-of-robotic-mowers/>

Husqvarna Group. (2023a). Annual report 2023. Hämtad den 10.3.2025 från <https://www.husqvarnagroup.com/sites/husqvarna/files/pr/202403273234-1.pdf>

Husqvarna Group. (2023b). Product innovations and specifications. Hämtad den 12.3.2025 från <https://www.husqvarnagroup.com/>

Husqvarna. (2021a). *Automower® Solar Charger – Product Information*. Hämtad den 25.4.2025 från <https://www.husqvarna.com/us/>

John Deere. (u. å.). *The complete range of lawn care solutions* [Broschyr]. Hämtat 25.4.2025 från https://www.deere.com/assets/pdfs/region-1/products/lawn-tractors/riding_lawn_equipment_brochure.pdf

Korechi Innovations. (2022). *Pik'r™-Alpha: Autonomous golf ball picker*. <https://korechi.golf/pikr-alpha/>

Lantmäteriverket. (n.d.). Flygbild över Vasa Golf Range [Flygfoto]. Hämtad den 14.3.2025 från <https://kartta.paikkatiетоikkuna.fi/>

Maanmittauslaitos. (n.d.). Kartta Paikkatiетоikkuna. Hämtad den 16.3.2025 från <https://kartta.paikkatiетоikkuna.fi/?lang=sv>

Munshaw, G. (2013). *Mowing your Kentucky lawn*. University of Kentucky, College of Agriculture.

Norrström, H., & Gong, M. (2019). *InterSolar 2019: Trendrapport från konferens och mässa* [PDF]. Hämtad den 18.3.2025 från <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1376476/FULLTEXT01.pdf>

Pickala Golf. (n.d.). Husqvarna yhteistyöhön pohjoismaiden suurimman golfkeskuksen kanssa. Hämtad den 20.3.2025 från <https://pickalagolf.fi/vastuullisuus/husqvarna-yhteistyohon-pohjoismaiden-suurimman-golfkeskuksen-kanssa>

Pirchio, M., Fontanelli, M., Frasconi, C., Martelloni, L., Raffaelli, M., Peruzzi, A., Caturegli, L., Gaetani, M., Magni, S., Volterrani, M., & Grossi, N. (2018). *Autonomous rotary mower versus ordinary reel mower—Effects of cutting height and nitrogen rate on Manila grass*

turf quality. HortTechnology, 28(4), 509–515. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04064-18>

Pitchcare. (n.d.). Husqvarna reveals AI ready platform of robotic mowers. Hämtad den 22.3.2025 från <https://www.pitchcare.com/blogs/news/husqvarna-reveals-ai-ready-platform-of-robotic-mowers>

Quadrotor. (2025). *Golf course maintenance 2.0: Unleashing the power of automated drone spraying*. Hämtad 12 april 2025, från <https://www.quadrotor.co.uk/news-/golf-course-maintenance-20-unleashing-the-power-of-automated-drone-spraying/>

Relox Robotics. (u.å.). *Range Picker*. <https://www.reloxrobotics.com/range-picker/>

RFSISU. (2023). Solceller och robotgräsklippare för en hållbar framtid på Almhults Golfklubb. Hämtad den 24.3.2025 från <https://www.rfsisu.se/distrikt/smaland/nyhetsarkiv/2023/2023-01-19-solceller-och-robotgrasklippare-for-en-hallbar-framtid-pa-almhults-golfklubb>

Robomow. (u. å.). *RS630 User's Guide* [Användarmanual]. Hämtat 25.4.2025 från https://www.robomow.com/headless/fileadmin/user_upload/installation/DOC6011G_EN_RS_user_guide_2020A_Web.pdf

SmartRake Inc. (u. å.). *SmartRake B4* [Produktblad]. Hämtat 27 april 2025 från <https://www.smartrake.com/products/b4>

Smithco. (u. å.). *Smithco Sand Star E* [Produktblad]. Hämtat 27 april 2025 från <https://www.smithco.com/SandStarE>

STERF. (2024). ROBO GOLF final report to STERF. Hämtad den 26.3.2025 från https://sterf.org/wp-content/uploads/2024/09/ROBO-GOLF_final-report-to-STERF.pdf

Sports Field Marking. (n.d.). Golf Range Picker. Hämtad den 28.3.2025 från <https://sportsfieldmarking.com/golf-range-picker-1>

Sustainable Golf. (n.d.). Robotic mowers reduce diesel consumption and generate significant cost savings. Hämtad den 30.3.2025 från

<https://sustainable.golf/highlights/robotic-mowers-reduce-diesel-consumption-and-generate-significant-cost-savings>

Toro. (u. å.). *Sand Pro 5040* [Produktblad]. Hämtat 27 april 2025 från <https://www.toro.com/en/products/sand-pro-5040>

TurfTroniq. (n.d.). SmartRake - A Robotic Bunker Rake — Robotic Bunker Rakes - BAS-Turf. Hämtad den 5.4.2025 från <https://www.bas-turf.us/smartrake>

TurfTroniq B.V. (n.d.). *SmartRake B4 Product Brochure* [PDF]. Hämtad 16 maj 2025 från <https://irp.cdn-website.com/3e7a1a04/files/uploaded/SmartRake.pdf>

Turgeon, A. J. (2012). Turfgrass management. Prentice Hall.

United States Golf Association. (2017). Maximizing productivity with robotic mowers. Hämtad den 6.4.2025 från <https://www.usga.org/content/usga/home-page/course-care/water-resource-center/bmp-case-studies/2017/maximizing-productivity-with-robotic-mowers.html>

USGA. (n.d.). Rise of the Machines: Autonomous Mowers on Golf Courses. Hämtad den 19.3.2025 från <https://www.usga.org/content/usga/home-page/course-care/green-section-record/60/04/rise-of-the-machines-autonomous-mowers-on-golf-courses.html>

Vaasan Golf. (n.d.). Kenttäesittely [Bild]. Hämtad den 21.3.2025 från <https://vaasangolf.fi/fi-fi/article/etusivu/kenttaesittely/70/>

Vasa Golf. (2024). FORE! 2/2024. Hämtad den 23.3.2025 från https://issuu.com/ammattilehti.fi/docs/fore2_2024?fr=sMjczNDcyOTY3Mzl

What Is Return on Investment (ROI) and How to Calculate It. *Investopedia*. <https://www.investopedia.com/terms/r/returnoninvestment.asp>

WORX. (u. å.). *Landroid M500 (WR141E)* [Produktinformation]. Hämtat 25.4.2025 från <https://eu.worx.com/en/landroid-m500-wr141e/>

YouTube. (2024). Hirsala Golf – robotik och automatisering [Video]. Hämtad den 25.3.2025 från <https://www.youtube.com/watch?v=IWIZTHrh6k&t=230s>

ZDNet. (n.d.). *Best robot mower*. Hämtad 14 april 2025 från <https://www.zdnet.com/home-and-office/yard-outdoors/best-robot-mower/>

Zenisek, D., Broum, T., & Simon, M. (2023). Payback calculation refinement of industrial robot applications. *MM Science Journal*, [6785–6792]. https://doi.org/10.17973/MMSJ.2023_10_2023077