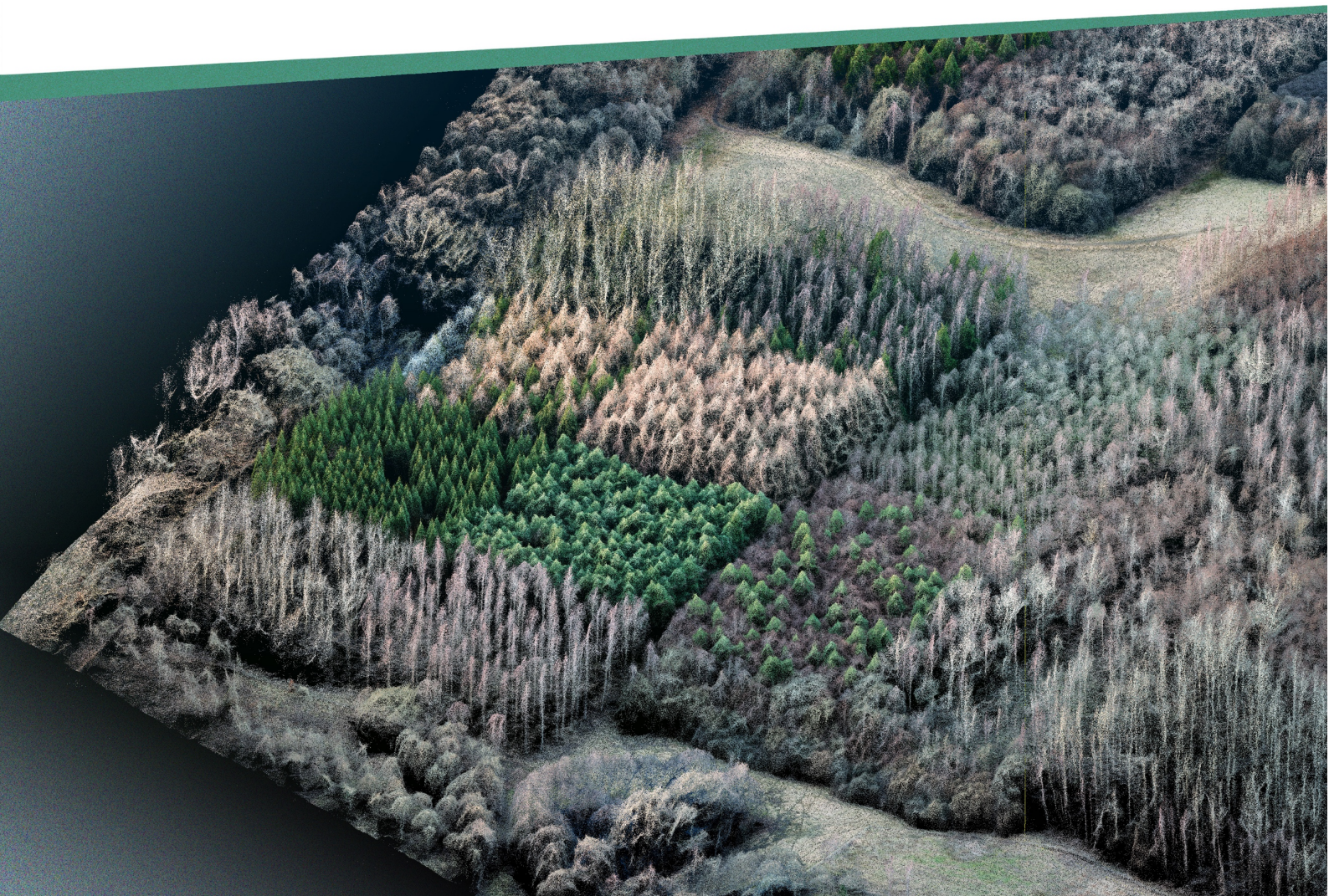
Nya perspektiv: drönarteknologi för landskapsarkitekter

– en undersökning av hur drönare fungerar och hur de kan användas för att studera landskap

Philip Wingård

Självständigt arbete i landskapsarkitektur • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Landskapsarkitektprogrammet
Alnarp, 2022



Nya perspektiv: drönarteknologi för landskapsarkitekter – en undersökning av hur drönare fungerar och hur de kan användas för att studera landskap

New perspectives: drone technology for landscape architects – an exploration into how drones work and can be used to study landscapes

Philip Wingård

Handledare:	**Gunnar Cerwén, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för människa och samhälle**
Examinator:	Anders Larsson, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Omfattning:	15 hp
Nivå och fördjupning:	Grundnivå, G2E
Kurstitel:	Självständigt arbete i landskapsarkitektur
Kurskod:	EX0845
Program/utbildning:	Landskapsarkitektprogrammet
Kursansvarig inst.:	Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Utgivningsort:	Alnarp
Utgivningsår:	2022
Omslagsbild:	Skymning över landskapslaboratoriet i Snogeholm, punktmoln. © Philip Wingård
Nyckelord:	*drönare, UAV, UAS, landskapsarkitektur, fotogrammetri, SfM, punktmoln, ortomosaik, drönarfoto*

Jag, Philip Wingård, ger härmed min tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

Samtliga fotografier och figurer är, om inget annat anges, producerade av författaren, Philip Wingård 2022 ©, och skyddas av upphovsrätt.

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap (LTV)
Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Abstract

As consumer grade drones are becoming increasingly accessible and technically refined, a growing number of professionals are taking advantage of the capabilities offered by drone technology. The potential for landscape architecture may seem obvious and the possibilities of seeing the world from above, at the user's convenience, should make it a tool sought-after by landscape architects. It is the author's view however, that implementation, at least in a Swedish context, is slow compared to related fields.

As literature on the topic (in relation to landscape architecture) is sparse, the aim of the thesis is to shed light on some of the possibilities offered by drone technology, in particular those related to photogrammetry. A brief overview of the current legal and regulatory aspects of using drones and the resulting products is also included. The author gives examples of how the technology can be used and presents results from experience and exploration of the tool conducted as part of this project. Finally, discussions on the actual utility of the tool, and some thoughts on the implications of a wider use of drones are raised.

Sammandrag

I takt med att drönare blir tillgängliga för en bredare allmänhet och samtidigt allt mer tekniskt kapabla ökar antalet yrkesverksamma som utnyttjar dess möjligheter. Nyttan landskaps-arkitekter kan ha av drönare kan verka uppenbar och möjligheten att kunna se världen från ovan på användarens villkor borde göra det till ett attraktivt verktyg. Trots detta är det författarens uppfattning att implementering, åtminstone i Sverige, dröjer jämfört med andra yrkesfält.

Då litteratur om ämnet (relaterat till landskapsarkitektur) än så länge är begränsat är målet med denna uppsats att belysa några av de möjligheter som tekniken erbjuder, i synnerhet de relaterade till fotogrammetri. En kort översikt över gällande regler och lagar för användandet av drönare och de resulterande produkterna inkluderas också. Författaren ger exempel på hur teknologin kan användas och presenterar resultat utifrån egna erfarenheter och från det egna utforskandet av verktyget i samband med detta arbete. Slutligen diskuteras användbarheten och nyttan med verktyget och reflektioner om en vidare användning av drönare lyfts.

Förord

Så länge jag kan minnas har mina vandringar och upptäcktsfärder till slut nästan alltid lett till de högsta höjderna, om det så handlar om att klättra upp till toppen av ett träd eller bestiga närmsta berg eller kulle. Det är något speciellt med att se platser från ovan – få en överblick, i realtid dessutom. Ibland finns inget berg, eller träd höga nog; och eftersom jag för närvarande inte har tillgång till ett flygplan, luftballong eller motsvarande, eller ens har en aning om hur dessa framförs, så kanske det finns något som kan duga så länge. Vid något tillfälle slog det mig att drönare kanske kan vara tillräckligt – tills jag skaffat en egen luftballong.

I de tidiga förberedelserna stod det var klart för mig att detta arbete var en möjlighet att försöka förstå landskapets på ett djupare plan, liksom en anledning att experimentera med drönare.

Fig. 1 Gaspard-Félix Tournachon ä.k.s. ”Nadar”. *Nadar élevant la Photographie à la hauteur de l'Art*. Litografi 25 maj (1863) Honoré Daumier

Innehållsförteckning

Inledning **9**

Bakgrund 9

Litteratur 9

Mål och syften 9

Metod 10

Avgränsningar och definitioner 11

Om drönare 11

Kort om SfM-fotogrammetri 12

Drönarteknologi för landskapsarkitekter **13**

Regler och lagar 13

Vem får flyga och hur 13

Luften är fri? 13

Spridningstillstånd 14

Etiska överväganden samt säkerhet för människa, djur, natur och egendom 15

Identifierade användningsområden 15

Fotografi och video 15

Ortofoton 16

Yt- och höjdmodeller 19

3D-modeller och punktmoln 21

VR och AR, 360-vyer 24

Övriga tillämpningar 25

Begränsningar och risker 27

Mätosäkerhet 27

Ekonomi samt mjuk- och hårdvara 27

Kapitelsammanfattning samt författarens kommentarer och insikter 28

Om att flyga drönaren 29

Om SfM-fotogrammetri och mjukvara 29

Utsikter och betydelse landskapsarkitekturen **30**

Intervju med praktiker 30

Egna erfarenheter och spontana tankar på ämnet 30

Som en tjänst som köps in? 31

Sammanfattning 31

Implikationer 31

Fågelperspektivet 32

Allmänhetens inverkan 32

Diskussion och avslutande reflektioner **33**

Framtiden med drönare 33

En fråga om skala 33

Flygfotot som kommunikationsverktyg 33

Fortsatta studier 34

Författarens reflektioner 34

Referenslista **35**

Figurförteckning **36**

Bilaga 1. Eriksdal skala 1:1500 ..... **37**

Inledning

Bakgrund

Förarlösa flygfarkoster, UAVs eller i dagligt tal drönare, har funnits länge; men det är först det senaste decenniet som de blivit tillgängliga för en bredare allmänhet. Många yrkesgrupper, även de som ligger nära landskapsarkitektur, har anammat denna teknologi och använder den som vilket annat arbetsverktyg som helst. För landskapsarkitekter är möjligheterna, enligt de som är bekanta med och skriver om ämnet, mycket stora. Men trots detta så verkar implementeringen dröja längre än inom andra fält. Anledningen till vad det beror på intresserar mig, möjligen kan det vara så att tekniken och dess potential inte är tillräckligt känd.

Många känner nog trots allt till drönares existens och att de kan fotografera. Men förutom foto och video har fokuserar detta arbete särskilt på fotogrammetri. Fotogrammetri är konsten och vetenskapen att extrahera tillförlitlig information om objekts egenskaper utifrån fotografier. I detta inkluderar att uppskatta och skapa 3D-modeller av en plats såväl som ortofoton och annan värdefull information.

Litteratur

Än så länge finns det inte särskilt mycket forskning eller litteratur som *specifikt* berör drönare i landskapsarkitektur, men det är några som skriver om ämnet. Ett värdefullt referensverk, skriven av Daniel Tal och Jon Altschuld, båda praktiserande landskapsarkitekter, är *Drone Technology in Architecture, Engineering and Construction: a strategic guide to unmanned aerial vehicle operation and implementation* (2021). Brett Milligan och Karl Kullman, båda verksamma vid University of Californa i Davis respektive Berkeley, skriver, undervisar och forskar om drönare och landskapsarkitektur. Mycket av deras fokus ligger vid representation, men även vilka implikationer för landskapsarkitekturen i stort som teknologin kan medföra. Det finns med andra ord trådar att plocka upp. Men för att detta arbete ska vara relevant i en svensk kontext, samt i och med min utgångspunkt att möjligheterna för landskapsarkitekter är relativt okända, ser jag ett behov för att ta ett bredare tag om ämnet.

Så givet dessa förutsättningar, har detta arbete kommit att utformas som en slags översikt av möjliga användningsområden för landskapsarkitekter. Denna översikt kompletteras med egna tankar och frågor som väckts, av vilka några möjligen kan vara intressanta att studera vidare. Detta bör dock inte ses som en pilotstudie, snarare som en lätt introduktion och mycket grundläggande utvärdering av teknologin. Däremot finns det desto mer skrivet om drönare inom andra områden än landskapsarkitektur, i synnerhet de som berör mätteknik liksom bygg- och anläggning (Mårtensson& Reshetyuk 2017; Salach et al. 2017).

Mål och syften

Målet med detta arbete är skapa förståelse och ge en överblick av tekniken med syfte att kanske kunna överbrygga eventuella hinder för dess implementering; men framförallt för att visa hur den kan användas och till vilken nytta det skulle kunna vara för landskapsarkitekter i praktiken.

Med andra ord är syftet alltså att, med landskapsarkitektur som utgångspunkt, tillgängliggöra nyttig information om ämnet för en bredare allmänhet. En slags sammanställning jag menar saknas idag. Arbetet har drivits av eget intresse med målet att själv försöka förstå och utvärdera tekniken såväl som att försöka svara på frågor som fanns från början liksom sådana som dykt upp under arbetets gång. De kanske viktigaste av dessa frågor är:

- Kan landskapsarkitekter ha nytta av drönare?
- Är det svårt att lära sig använda tekniken?
- Vilka hinder finns?

Det är svårt att ge uttömmande svar på några av dessa då det skulle krävas mer tid och andra metoder, men arbetet gör ett försök att åtminstone skrapa på ytan av ämnet.

Det skulle vara välkommet om det kunde påbörjas en diskussion om hur drönare (och annan ny teknologi) kan användas i undervisningen för att hjälpa studenter att bättre kunna förstå den värld de kommer att vara med att förvalta och omforma. Ytterligare ett syfte är att detta arbete kanske kan få, åtminstone någon, att lyfta blicken och se vart utvecklingen är på väg.

Metod

Arbetet utgår som sagt från mitt egna intresse och undersökande. För att kunna svara på frågor om vilka trösklar som måste passeras, om tekniken kan vara till nytta och om det är svårt har jag agerat testpilot. Men för att det inte ska blir allt för ensidigt och öppna för andra perspektiv utfördes en enklare intervju. Inte för att göra några generaliseringar, utan för att fånga upp tankar och insikter som jag själv inte nått. Genom att intervjua någon med insyn i branschen och med erfarenhet tillförs en röst till ett annars individuellt projekt.

Mycket av den teoretiska kunskapsinhämtningen har varit från sådant håll som saknar den dignitet som kan förväntas av källor i en vetenskaplig kontext. Men för min personliga förståelse har det varit en oumbärlig del av faktainsamlingen. Det kan handla om allt från internetforum eller bloggar till lite mer utförliga och välgrundade beskrivningar av arbetsprocesser från mjukvaruutvecklare. Mitt intryck är dock att ofta stämmer det som skrivs från sådant håll väl överens över vad forskningen visat, även om mycket som inte stämmer överens också förekommer. Det finns en till synes outtömlig källa av kunskap från engagerade människor på nätet, i ett tidigt skede i utvecklingen av dessa redskap är det en viktig plats, eftersom det initialt ofta saknas forskningsresultat.

Utvärderingen baseras till stor del på mina egna erfarenheter och upplevelser. Och när jag försöker svara på frågan om det finns någon nytta med tekniken gör jag det med utgångspunkt i mig själv och mina bedömningar av vad jag läst och själv upptäckt. Det betyder att metoden kan antas vara subjektiv, i alla fall för de delar där källor eller utomstående perspektiv saknas. Därför måste läsaren ta ställning till om jag landat i rätt slutsatser eller inte. Anledningen till att en sådan metod är lämpar sig är för att det dels, som poängterat, saknas litteratur och underlag, men också för att det generellt är svårt att få objektiva resultat tidigt i en utvecklingsprocess. Vad jag menar mer specifikt är att det är troligt att ”early adopters” redan har ett intresse och inte kan sägas representera kåren.

Då det däremot handlar om lagar och regler och för att göra bedömningar om mätosäkerhet, har en mer underbyggd och välgrundad metod används. När det handlar om regelverket har jag gått direkt till källan, det vill säga lagarna, eller ansvariga myndigheters föreskrifter eller kommunikationskanaler. I utvärdering av mätosäkerhet har målet varit att försöka finna och presentera de mest trovärdiga och relevanta källorna, här har källans ålder även spelat roll då det på kort tid händer mycket med den tekniska utvecklingen.

Mer konkret har jag, förutom att försöka förstå processerna genom litteraturstudier och ett allmänt undersökande av tekniken, testat mig fram genom att praktiskt använda den. Jag har studerat två platser och tre (och ett halvt)[1] olika dataset. Platserna valdes utefter kriterierna att de skulle vara lugna med relativt få eller inga besökare samt att de skulle vara trovärdiga platser för landskapsarkitekter att arbeta med. Jag har utvärderat den insamlade datan (fotona) och produkterna som kommit av den. Jag har även testat att sedan använda dessa produkter för olika ändamål. Det kan tilläggas att jag har prövat ett antal olika programpaket och försökt jämför skillnaderna, men med den begränsade mängd data och arbetets förhållandevis ringa omfattning, har inte någon större vikt lagts vid att försöka dra några slutsatser om det ena eller andras eventuella överlägsenhet, mer än för min personliga uppfattnings skull.

Utvärdering av min egna erfarenheter sker löpande genom arbetet men framförallt i slutet och i kapitelsammanfattningen av huvudkapitlet *Drönarteknologi för landskapsarkitekter*. Under diskussionskapitlet försöker jag inledningsvis formulera de tankar och reflektioner som väckts hos mig, på för att sedan utveckla min syn och mitt svar på om drönare kan vara till någon nytta för landskapsarkitekter. Genom hela arbetet presenteras bilder, som är resultatet av mina undersökningar, vilka kompletterats med bildtexter om vad de visar samt hur det (resultatet), tolkas av mig.

Sammanfattningsvis kan man säga att de praktiska undersökningarna och litteraturstudierna kompletterar varandra. Med det menas att för att kunna dra slutsatser om eller utvärdera det ena har det andra varit nödvändigt.

Avgränsningar och definitioner

Om drönare

Det finns ett flertal definitioner av obemannade luftfartyg. En internationell term lånad från engelskan som är vanligt förekommande är UAV som står för unmanned aerial vehicle och syftar på själva luftfordonet, drönaren. Denna term kan ställas i relation till UAS, unmanned aircraft system, som förutom drönaren även innefattar markstation, radiolänk och eventuella andra komponenter nödvändiga för att drönaren ska kunna flyga. Transportstyrelsen (2022), som i första hand använder begreppet drönare, definierar obemannat luftfartyg på följande sätt:

> *alla luftfartyg som flygs eller konstruerats för att fungera självständigt eller fjärrstyras utan pilot ombord.*

I denna uppsats menas med *drönare* ett mindre obemannat luftfartyg som:

- är utrustat med en RGB-fotosensor, närmare bestämt en vanlig digitalkamera;
- finns tillgänglig på marknaden;
- är laglig att använda utan särskilda certifikat annat än drönarkortet
- och inkluderar övriga delar som är nödvändiga för att kunna flyga och utföra planerade rutter.

Med *drönarteknologi* åsyftas kombinationen av drönaren (enligt definitionen ovan); den data som drönaren producerar med påsittande sensor och positioneringssystem samt den programvara nödvändig för att bearbeta datan (fotografierna) till de produkter som presenteras i följande kapitel. Stundom används drönare och drönarteknologi synonymt med varandra liksom med begreppet *tekniken*.

[1] En kompletterande datainsamling, ett par dagar efter, utfördes för ett dataset

Drönare kan, utöver RGB-kamera för synligt ljus, bestyckas med en uppsjö olika sensorer. Dessa kan vara, för att nämna några, multispektralkamera, ljusradar (även benämnt LiDAR) eller värmekamera. Men enligt definitionen ovan utesluts alltså dessa i detta arbete. Anledningen till det är att den mycket högre inköpskostnaden är svår att motivera mot bakgrund av vilken nytta det kan tänkas ha för yrkeskåren. Men med det sagt kan det säkerligen finnas tillämpningar som är intressanta för landskapsarkitekter, varav några faktiskt nämns senare i uppsatsen. Tilläggas kan också, att drönare i de lite högra prisklasserna, är tillverkade på ett sådant sätt att det går att välja vad de ska utrustas med.

Det finns två huvudsakliga typer av drönare, multirotortyp och drönare med fasta vingar. I de tillämpningar som berörs i denna uppsats är multirotordrönaren mest relevant; men drönare med fasta vingar kan vara till fördel i vissa fall även om den inte har samma flexibilitet. Multirotorn, likt en helikopter, flyger med hjälp av rotorer. Dessa är ofta fyra till antalet och kallas då för en ”quadcopter”. Med en sådan konstruktion har farkosten förmåga att göra mycket snabba och komplicerade manövrar i luften. En sådan kan också kan hovra och kanske viktigast av allt, starta och landa vertikalt. Men drönare med fasta vingar kan generellt sett flyga längre utan att behöva laddas (och har således längre räckvidd) såväl som att nå högre hastigheter. Det finns också mindre drönare med fasta vinkar som även de kan landa och lyfta vertikalt, dessa kallas ibland då hybrider (Transportstyrelsen 2021).

Fig. 2. Multirotordrönare (”quadcopter”) av modell DJI Mavic Pro som hovrar drygt en meter ovanför marken.

Kort om SfM-fotogrammetri

Fotogrammetri har en lång historia som går hundratals år tillbaka (Toffanin 2019). Man kan faktiskt säga att principen är urgammal, på en abstrakt nivå går det nämligen att jämföra med hur vi människor (och andra djur för den delen) skapar en bild av världen. Genom att betrakta något från flera håll (som minst avståndet mellan två ögon) går det att bättre bilda en uppfattning om dess egenskaper. Det är först på senare tid, 70-talet mer specifikt (Ullman 1979), vi märkt att datorer kan göra motsvarade mycket effektivt, från bilder. För att illustrera principen kan vi tänka oss ett stereoskop, genom att se något som genom en kikare som visar två olika bilder som är något vinklade i förhållande till varandra, upplever vi det som 3D.

I detta arbete används begreppet *SfM-fotogrammetri* som ett samlingsnamn för de tekniker och nödvändiga processer som krävs för att: från ett antal fotografier av något; uppskatta och mäta det avbildade; för att producera digitala kopior av detsamma i de former som presenteras nedan.

Drönarteknologi för landskapsarkitekter

Regler och lagar

För att få flyga drönare är det ett antal regelverk som man måste förhålla sig till. Dessa berör dels var och hur man får flyga men också vem som får utföra flygningarna och med vilka slags drönare. Dessutom finns det regler som styr hur geografisk information får publiceras och delas, så kallat spridningstillstånd. Utöver detta gäller särskilda regler som berör personuppgifter om flygfotografering sker så pass nära att eventuella personer i bild kan identifieras.

Vem får flyga och hur

Regelverket för hur drönare får flygas bygger på *Kommissionens geonomförandeförordning (EU) 2019/947 av den 24 maj 2019 om regler och förfaranden för drift av obemannade luftfartyg*. Denna förordning innebär en harmonisering av reglerna för hela EU inklusive Norge. Ansvarig myndighet i Sverige är Transportstyrelsen. I korthet och förenklat så måste, sedan den 1 januari 2021 de som flyger drönare utomhus, registrera sig och ta ett så kallat drönarkort. Detta görs via Drönarsidan, en webbplats utgiven av Transportstyrelsen. Den aspirerande fjärrpiloten läser och studerar det material som myndigheten tillhandahåller och genomför sedan ett online-baserat och ett praktiskt självtest. Vidare, kan man på Transportsyrselsens webbplats läsa, att det vid varje flygning måste finnas en ansvarig operatör. Denne ska vara registrerad på samma webbplats som drönarkortet tas, Drönarsidan. Operatören kan vara en fysisk eller en juridisk person, om flygningen sker i en yrkesroll är det företaget som är operatören (Transportstyrelsen 2022:a).

Drönare delas enligt regelverket in, beroende på fysiska egenskaper[2] och vilken typ av flygning som kommer utföras, i tre olika kategorier. Dessa är öppen, specifik och certifierad kategori. Eftersom de två senare kräver särskild utbildning, och det bara finns en enda auktoriserad utbildare (verksam utanför Lund), så kallad auktoriserad drönarskola, i hela EU så kommer denna uppsats endast fokusera på den öppna kategorin. För att flyga i den öppna kategorin ställs vissa grundkrav, nämligen att man inte får:

- flyga utom synhåll,
- flyga på en höjd högre än 120 m eller
- på ett sätt som utgör en risk för andra luftfartyg, människor, djur, miljö eller egendom.

Drönaren får heller inte väga mer än 25 kg eller drivas på annat sätt än av elektricitet. Vidare delas den öppna kategorin in i tre underkategorier, dessa är A1, A2 och A3. Vilken typ av flygning och vilken slags drönare som flygs är det som avgör vilken kategori det rör sig om. Olika kategorier och flygningar ställer olika krav på kompetens. Drönarkort för A1 och A3 tas gemensamt, för A2 ställs lite högre kompetenskrav men i drönarkortet för A2 ingår även A1/A3. Det bör tilläggas att rättsläget idag är oklart kring huruvida det är straffbart eller olagligt att flyga utan drönarkort (Holmqvist 2021), men det är min åsikt att om det inte anses vara det idag, är det högst troligt att det kommer bli.

Luften är fri?

I kunskapskraven för att ta drönarkort, läggs stor vikt vid att fjärrpiloten ska förstå hur luftrummet ser ut och att det kan finnas begränsningar i hur det får användas. Förutom de regler som säger att man exempelvis inte får flyga över folksamlingar eller för nära enskilda människor så finns det även andra lagar och förordningar fjärrpiloter och operatörer måsta ta hänsyn till.

[2] Huvudsakligen vikt

I Sverige finns två typer av luftrum, kontrollerad luft – C-luft och okontrollerad luft – G-luft. Restriktionsområden är C-luft, de kan upprättas för att skydda antingen något i området, till exempel ett fängelse eller ett kärnkraftverk såväl som för att skydda den eller de som använder eller flyger i området, som exempelvis flygplatser eller militära skjutfält. Restriktionsområden kan även vara tillfälliga. Det finns tjänster som visar var det är tillåtet eller inte tillåtet att flyga, ett exempel är Luftfartsverkets drönarkarta som går att finna online. Det bör dock påpekas att det kan finnas restriktioner som inte visas på dessa tjänster, till exempel tidsbegränsade sådana. Det är den som flyger som är ansvarig för att se till att flygningen sker i G-luft (Luftfartsverket 2022). Dispens kan ges efter godkänd tillståndsansökan hos transportstyrelsen eller när det gäller kring flygplatser – av det närmsta flygledningstornet (Transportstyrelsen 2022:b).

Det finns även begräsningar som säger att det kan vara förbjudet att flyga över vissa rekreationsområden, nationalparker eller naturreservat. Ibland finns det inte nödvändigtvis förbud mot att flyga men det kan vara förbjudet att starta eller landa. Vilken startpunkt man väljer är generellt bra att ha planerat väl, det är nämligen dit drönaren ofta flyger om något händer, till exempel att batterinivåren sjunker under en viss gräns eller att signalen bryts. Vilken kategori som flygningen sker inom är ofta det avgörande i begränsningarna, inom den öppna kategorin till exempel bör flygning *helst inte* ske över byggnader och det är aldrig tillåtet att flyga över folksamlingar.

Spridningstillstånd

Slutligen ska det tilläggas att för att sprida bilderna, inklusive att ladda upp dem för molnlagring, måste bilderna godkännas av lantmäteriet (eller sjöfartsverket om det är sjöterritoriet som avbildas) och få ett så kallat spridningstillstånd. Detta söks via ett formulär på lantmäteriets webbplats där fotografier och/eller videomaterial samt viss annan information som platsdata laddas upp. Om bilderna godkänns innebär det även att all redigering och efterbehandling av materialet är godkänt för spridning. I utredningen Skydd för geografisk information (2013) som ligger till grund för lagen nämns inte drönare. I den efterföljande lagrådsremissen från 2015 nämns UAS endast som allra kortast, då det fastslås att dessa räknas som luftfartyg. Lagstiftaren och utredningen har med andra ord inte tagit hänsyn till det gensomlag drönarna kom att ha; och när dess popularitet bland allmänheten var ett faktum var lagen i princip redan färdigskriven. Lagen har sedermera kompletterats med ett antal undantag i form av förskrifter från myndigheter, troligen för att minska belastningen för dem själva.

Bilderna som använts i detta arbete har jag valt att inte söka spridningstillstånd för, då bedömningen gjorts, att de platser och på det sett de fotats, faller inom ovan nämnda undantag och kräver således inget tillstånd för att spridas. Är man osäker på när undantag gäller eller inte gäller, kan det vara en god idé att söka för säkerhets skull, å andra sidan är det alltid bra att då det är möjligt försöka att undvika att belasta våra myndigheter. Det ska tilläggas att för internt bruk behövs inget spridningstillstånd, så länge materialet inte visas för fler än en begränsad grupp människor.

Etiska överväganden samt säkerhet för människa, djur, natur och egendom

Att flyga drönare kan vara farligt för både piloten såväl som personer och djur i närheten. Fördelen med reglerna kring drönarkortet, är att utbildningen är mycket fokuserad på säkerhet. Tal och Altschuld (2021) talar till och med om att det krävs ett specifikt flyg-sinnestillstånd[3]. Det är mycket viktigt att vara väl förberedd och att ta reda på omständigheter om platsen i förväg. Exempel på grundläggande frågor att ställa sig kan vara: väder på platsen, vindstyrka vid olika flyghöjder och risk för regn, åska etc.; var går det att starta och landa, särskilt om något oväntat händer; kommer batteriet/batterierna räcka för den planerade flygningen etc.

Ytterligare en aspekt som bör tas i beaktning är att drönare kan uppfattas störande eller till och med obehagliga. Finns det mycket människor på platsen kanske det är värt att fråga sig om det är lämpligt eller ens tillåtet att utföra flygningen. Dessutom, om flygning sker så pass nära att individer kan identifieras, räknas foton som personuppgifter och måste enligt lag hanteras därefter. Även om det inte finns människor på platsen där flygningen sker kan det finnas djur, skyddsvärd natur eller annan egendom som naturligtvis inte heller ska utsättas för några onödiga risker.

Identifierade användningsområden

Att drönare har många användningsområden för landskapsarkitekter, menar jag, står utom tvivel. I detta avsnitt ges en sammanställning av teknologin och *ett urval* av de mest relevanta tillämpningarna presenteras kort. Men en viktig poäng, som bland andra Tal & Altschuld (2021) understryker i sin bok, är att även om det är lätt att visa på hur mångsidig teknologin är, har vi bara börjat förstå den fulla bredden av hur vi kan använda drönare i praktiken. Författarna menar att drönarna just nu leder till en revolution i arbetssätt inom arkitektur, ingenjörskonst, planering, byggsektorn och andra infrastrukturrelaterade verksamheter[4]. Drönarna tillåter oss att se vår omgivning på sätt som inte tidigare varit möjligt, till en kostnad långt mycket lägre än konventionella metoder, skriver de.

Fotografi och video

Högupplöst bild- och videoupptagning är kanske det mest uppenbara användningsområdet. Det verkar vara det som i första hand intresserar konsumenter och hur drönare marknadsförs till denna grupp. Drönarfoto ger oss möjlighet att få en översikt och video kan visa skeenden i eller sekvenser av landskapet. Det ger oss bokstavligen ett annat perspektiv, vilket kan vara mycket värdefullt i vissa sammanhang. Möjligheten att bevaka ett projekt under anläggning är ett exempel. Ett annat är att kunna visa färdiga anläggningar för potentiella kunder eller för att efter färdig anläggning utvärdera platsen. I kombination med smarta telefoner och surfplattor samt positionering med GPS, öppnas nya möjligheter att ovanifrån ta före- och efterbilder från i princip exakt samma plats.

Men kanske har drönarfotot störs nytta som ett analys- och undersökningsverktyg i det tidiga skedet av ett projekt. Inventering och dokumentation är helt klart viktigt eftersom det är omöjligt att minnas alla detaljer från en plats. Men att ha tillgång till högupplösta bilder från ovan skulle, förutom att det ger en god överblick av en plats, kunna leda till upptäckter som annars hade varit omöjliga, eller mycket svåra, att märka. Ett sådant exempel skulle kunna vara rörelsemönster och målpunkter från nedtrampade stigar eller spännande miljöer som, än så länge, inte är nåbara till fots.

[3] De använder eng. ordet ”mindset”
[4] Syftar på AEC, förk. av architecture, engineering and construction som inkluderar landskapsarkitektur

Fig. 3. Exempel foto fångat med drönare av användaren ”jimmy desplanques” (2021) på Unsplash.

Ett drönarfoto skulle kunna vara en grund att skissa fram idéer och förslag på, genom att lägga ett skisspapper över ser man idéerna i sitt sammanhang. Med ett bra foto skulle det kunna vara lättare att testa rumsliga förhållanden i jämförelse med plan eller sektion. Dagens mjukvara gör det förhållandevis lätt att infoga ett designförslag av en plats in i ett fotografi, så kallad foto-matchning eller -montage. Att utgå från en drönarbild skulle kunna ge en mer direkt och intuitiv förståelse av hur en plats kommer att samspela med sin omgivning. Jag tror att en sådan kontextualisering i synnerhet skulle vara lämplig i kommunikation med allmänheten och andra intressenter som kanske inte är lika vana att läsa planvyer eller sektioner.

Eric Arneson (2021), utbildad landskapsarkitekt och verksam i norra Kalifornien, lyfter live-streaming med drönare som ett sätt att erbjuda guidade turer eller platsbesök på distans. Men guidningar behöver inte ske live utan skulle kunna spelas in för att delas i efterhand. Många drönare har ”intelligenta” funktioner, som till exempel ett ”följ-mig-läge” där en målperson identifieras som sedan röra sig i eller på annat sätt använda landskapet, medan drönaren filmar, live-streamar eller tar stillbilder. Det står inte klart för mig ännu i vilket syfte det skulle kunna vara till nytta men möjligen även det som en typ av guidning.

Ortofoton

Satellit- och flygbildskartor, tror jag, är oumbärliga för landskapsarkitekter. Personligen, även om jag själv ännu inte är landskapsarkitekt, har jag funnit dem mycket användbara eller helt nödvändiga i olika projekt. Utan att gå in för djupt i hur de genereras bygger det i detta sammanhang (det vill säga med drönare) på att fånga flera foton från ovan, med tillräckligt stor överlappning och igenkännbara särmärken, vilka göra att datorn kan sortera dem för att sedan lappa bilderna samman till en helhet. SfM-mjukvarorna som gör dessa bearbetningar tar hjälp av och hänsyn till (om sådan finns) information om bland annat kamerans liksom drönarens position. Dessa produkter kan benämnas *ortomosaiker* eftersom de består av en samman-sättning av mindre delar.

Fig. 4. Ortomosaik från över 700 fotografier. I detta fallet fångades ca 150 bilder (utmed kanten i V och N) några dagar senare än den övriga bilderna, det är inget att rekommendera men kan gå bra om platsen inte förändrats märkvärt och ljusförhållandena är lika. Fotat över landskapslaboratoriet i Snogeholms strövområde, Sjöbo kommun. Skala 1:3600. Markerat område utgör hela utbredningen av området i Figur 5.

Satellit- och flygbilder är huvudsakligen det som ligger till grund för produktion av ortofoton. De kan i sin tur ofta vara vad baskartor såväl som annat underlag ritas efter. Dessa har en låg upplösning i jämförelse med vad som går att åstadkomma med en drönare. Kullman (2018) visar i sina jämförelser, att med en flyghöjd på 30-60 m och en enkel kamera på en drönare i konsumentklassen, går det att producera kartmaterial med en geometrisk upplösning, GSD[5], på 1-2 cm per pixel. Det ställs i relation till Googles karttjäster, som på samma plats endast nådde en GSD på 50 cm/pixel. I exemplet jämförs de båda också med ortofoton från flyg av privata aktörer, dessa hade en GSD på 7,5 cm/pixel. Det är betydligt högre än det allmänt tillgängliga Google Maps, men fortfarande lägre än vad drönarteknologin kan producera. Det betyder att, konstaterar Kullman, en drönare med lämplig mjukvara kan skapa ortofoton med en geometrisk upplösning som är 14 gånger högre än motsvarande från flyg (tjänsten nämnd ovan) och 625 gånger högre än Google Maps[6].

[5] Förk. på eng. av ground sampling distance
[6] Google uppdaterar frekvent sina kartor och når sannolikt en högre GSD idag

Fig. 5. Fotomontage. En jämförelse av GSD på ortofoton i skala 1:400. Överst: utsnitt från figur 4 som är en ortomosaik med bilder från drönarflygning på en höjd av 105 m, fotat med drönarens inbyggda kamera (12MP) vilket resulterar i en GSD på ~3cm/pixel. Nederst: senaste tillgängliga ortofoto från lantmäteriet, med en GSD på 16cm/pixel. Senaste ortofotot före lövsprickning hos lantmäteriet fotades 2010, med en GSD på 50cm/pixel, en upplösning och med en kvalitet är irrelevant i denna skala. Ortofoto (2020) © Lantmäteriet.

I Sverige erbjuder bland andra Lantmäteriet rikstäckande ortofoton från flygbilder. Enligt deras webbplats har dessa en GSD på 16 respektive 40 cm/pixel från de allra senaste bilderna, vilket är lägre än motsvarande exempel ovan från USA (flygfotobaserade alternativet). Stora ytor av landet fotades dock innan 2019 då upplösningen var ännu något lägre. Det betyder att ortomosaiker från drönare med en geometrisk upplösning på 2 cm/pixel ger 64 respektive 400 gånger högre upplösning än lantmäteriets senaste versioner. Vidare, kan man läsa, att enligt flygfotoförsörjningsplanen uppdateras ortofotona med nya flygningar på en tredjedel av Sveriges yta årligen. Av detta fotas 20 % av landet (södra Sverige, längs Norrlandskusten samt över städer och tätorter i Norrlands inland) i den högre upplösningen; och 10%, (resten av landet), i den lägre. Men fördelningen i hur ofta informationen uppdateras är även den asymmetrisk och skiljer sig åt över landet. I praktiken betyder det att, i exempelvis Norrlands inland, kan det dröja upp till 10 år mellan flygningarna medan det i södra Sverige flygs vart annat år – omväxlande före respektive efter lövsprickning (Lantmäteriet 2022).

Yt- och höjdmodeller

Liksom ortofoton kan SfM-fotogrammetri–mjukvara även generera digitala höjdmodeller eller DEM[7]:er. Dessa är, likt ortomosaiker, i rasterformat. Fast istället för ett färg-värde har varje punkt i rastret ett höjdvärde, det kan visserligen *visas* i färg eller vanligen i gråskala (som en depth map). Det två vanligaste typerna är DSM[8], ytmodell och DTM[9], terrängmodell. DSM inkluderar hus och byggnader, tät vegetation eller annat som döljer marken, medan DTM sorterar bort sådant och redovisar endast terrängen (Lantmäteriet 2022). Förutom rasterdata kan programvaran som genererar dessa ofta även skapa vektorbaserade konturlinjer, för både DSM och DTM och med ett antal olika ekvidistanser. Om det alternativet inte skulle finnas går det att utifrån DEM:er skapa konturlinjer med hjälp av GIS-program. Både konturlinjer och DEM kan vara bra i representationssyfte för planer. Konturlinjer kan läggas in som underlag och DEM går att göra lite mer subtilt eller framträdande med så kallad terrängskuggning.

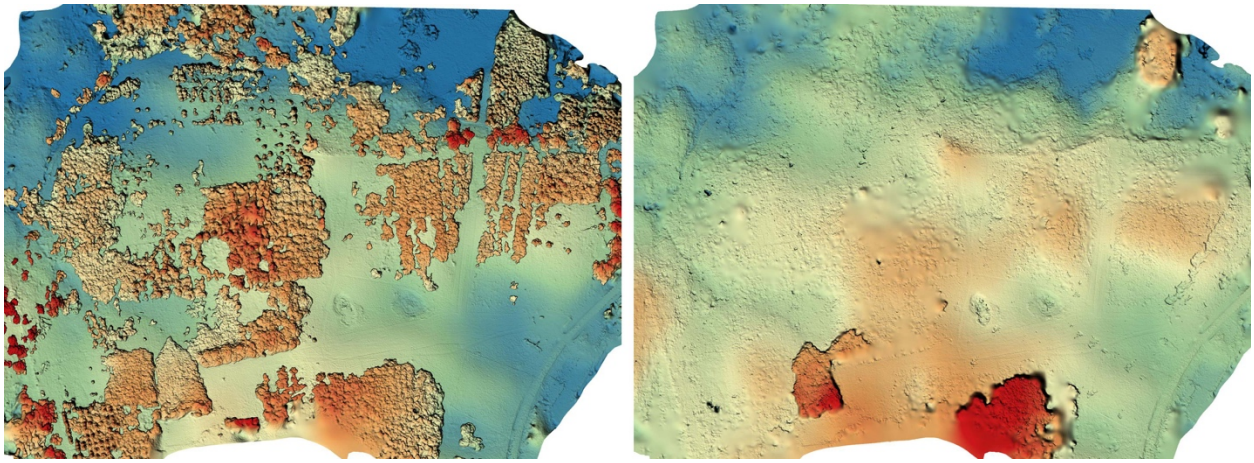


Fig. 6. Skillnad mellan ytmodell (DSM) och terrängmodell (DTM). Exempel på vad som kan gå fel, i bilden t.v. saknas träd som borde inkluderats, i bilden t.h. har mjukvaran inte sorterat bort allt den borde. Det som ”sticker upp” är vegetation, eftersom detta är en DTM ska det inte vara med. Då det huvudsakligen är fel i kanterna, skulle man kunna dra slutsatsen att det inte funnits tillräckligt med data. Fotona är tagna nadir, dvs rakt nedåt. Datasetet bearbetades med DroneDeploy, efterbehandling i QGIS. Platsen är samma som i fig. 4 och 5. och området är cirka 35 hektar stort och mäter 650 m öst-västlig riktning, norr rakt uppåt. Skala 1:8000.

[7] Förk. på eng. av digital elevation model
[8] Förk. på eng. av digital surface model
[9] Förk. på eng. av digital terrain model

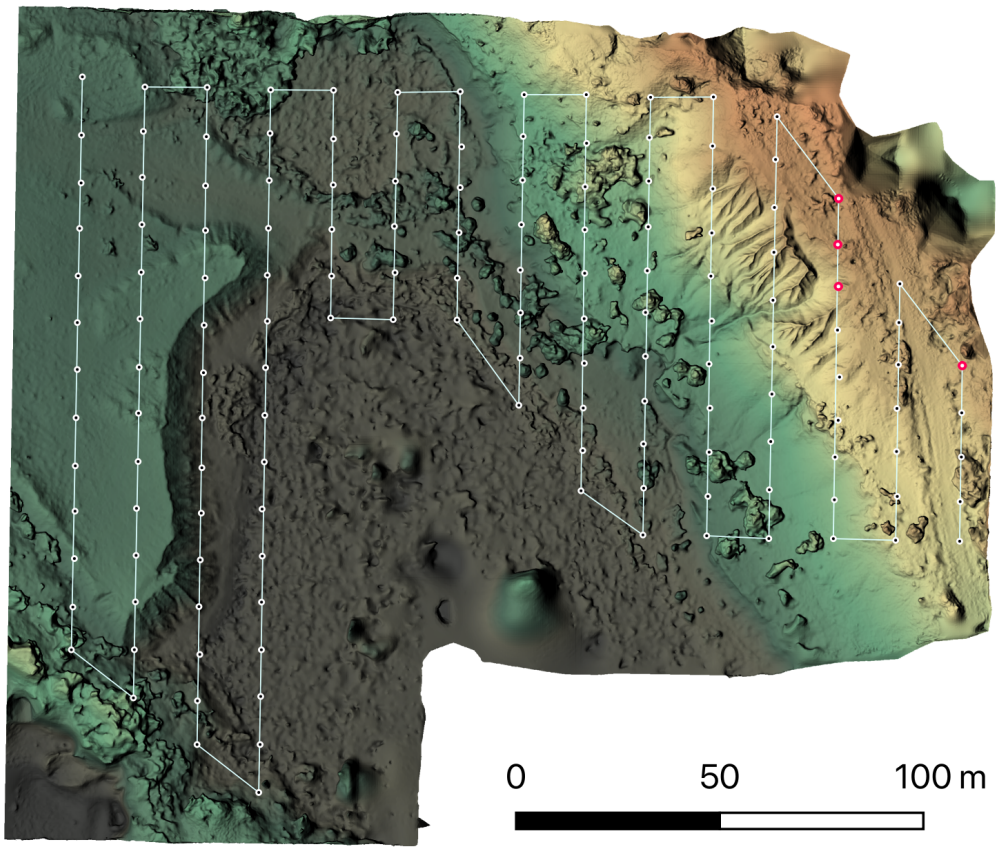


Fig. 7. DSM med flygrutten utmärkt, röda markeringar anger foton inte kunnat användas. Totalt fångades 147 foton i nadir, från en höjd av 60 m ovanför startpunkt, under ca 15 minuters tid. Det går att se hur återskapandet av området under där foton saknas, har stora variationer. I detta fallet är det täckt med vatten, vilket generellt inte rekommenderas att försöka lappa samman. Skala 1:2000. Eriksdals kvartsbrott, Sjöbo kommun. Flygruttplanering med Pix4Dcapture, databearbetning med DroneDeploy och vidare behandling i QGIS.

Varje pixel i en DEM har förutom x- och y-värde som sagt även ett z-värde, ett höjdvärde. Är modellen georefererad är x och y koordinater i förvalt koordinatsystem. Z får ett värde angiven i en längdenhet i meter eller fot beroende på inställningar i drönaren respektive programmet som genererar modellen. Utgångsläget kan vara relativt drönarens startpunkt som får värdet 0, alla punkter under den får då ett negativt värde. Z kan också få ett absolut värde mätt i meter över havet eller motsvarande. Har varken kontrollpunkter eller kompletterande utrustning för att höja mätnoggrannheten använts bör ingen större vikt läggas vid detta värde eftersom det är allmänt känt att positioneringssystem som GPS har en betydligt lägre precision i höjd-ledet vilket alltså gäller slutresultatet såväl som enskilda foton. Det går att kontrollera och georeferera i efterhand om koordinaterna inte stämmer.

DEM:er från drönare håller generellt en hög kvalitet och når en hög precision (Carbonneau & Dietrich 2016). Det finns tecken på att data för att producera DTM, terrängmodeller, insamlas med bäst resultat på höst och vår (Salach et al. 2018) och när det är mulet enligt Mårtensson & Reshetyuk (2017). Mårtensson och Reshetyuk visar även i sin studie *Height uncertainty in digital terrain modelling with unmanned aircraft systems* att det med kontrollpunkter, GCP[10]:er, går att nå en förhållandevis låg mätosäkerhet för grus- och gräsytor med drönare.

[10] Förk. på eng. av ground control point

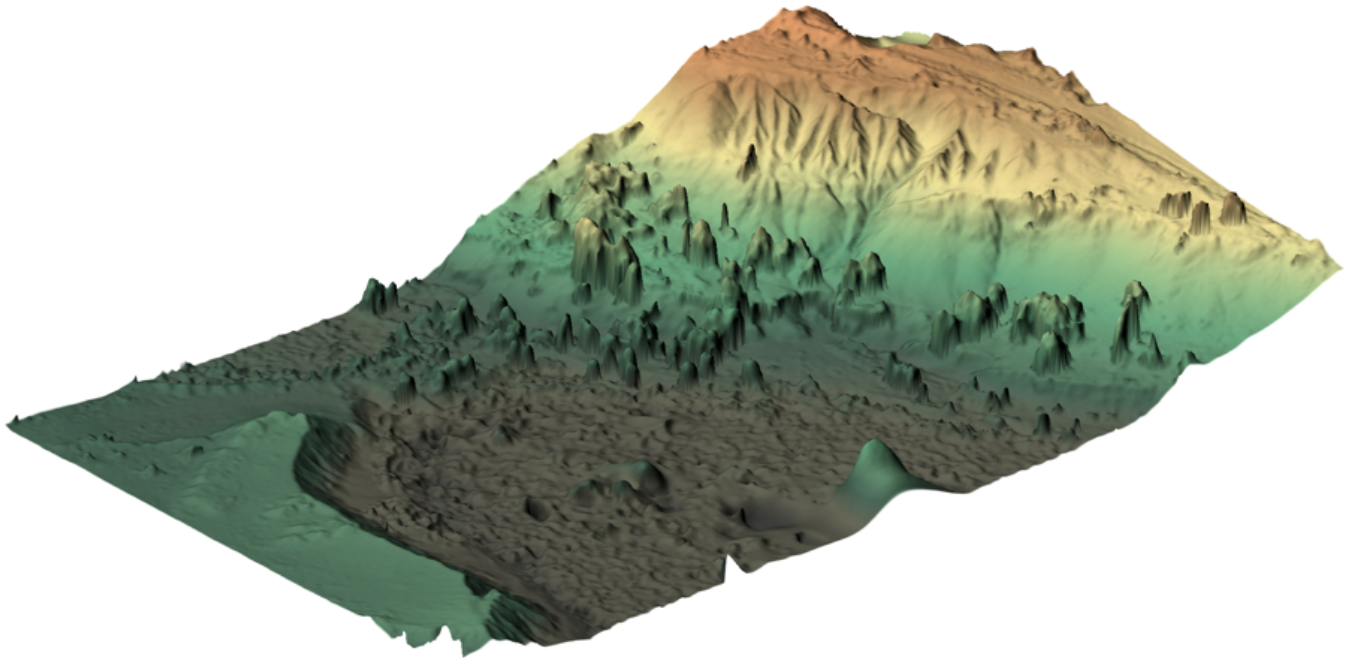


Fig. 8. Samma data som fig. 7, fast ytmodellen är här beskuren och visualiserad i tre dimensioner. Exemplet tydliggör skillnaden mellan 2.5D och ”riktig” 3D. En DEM kan aldrig vara i full 3D sådana här visualiseringar är snarare som ett draperi över landskapet. Träden, som är smalare vid stammen, får en bas som är lika bred eller bredare det som befinner sig över, ett träd kan alltså aldrig visualiseras med en stam som är smalare än kronan.

Har man lyckats skapa en tillförlitlig DEM går det sedan att med dessa göra vidare analyser. Utöver att visualisera med bland annat hillshade-verktyg för att göra skuggningar, lägga till färggradienter för att förtydliga höjdskillnaderna eller en kombination (se fig. 6 och 7), finns en uppsjö av andra möjliga användningsområden. Det är inte denna uppsats avsikt att på igenom dessa men det kan vara intressant att nämna[11] några som kan vara relevanta för landskaps-arkitekter.

- **Aspect** visar åt vilket väderstreck en yta vänder sig mot angett i ett värde (0–360) och kan färgkodas (se bilaga 1.), kan ligga till grund för växtval i olika områden på en plats.
- **Slope** visar lutning angett i grader (0–90) eller stigning i procent.
- **Viewshed** även isovist, ett sätt att från en utgångspunkt uppskatta vad som kommer att vara synligt, lämplig för att välja t ex plats för rast eller utsikt.
- **Basin, Flow och Watershed m. fl.** hydrologiska verktyg för att uppskatta hur vatten kommer bete sig vid t ex höga flöden av regn eller vid översvämningar.
- **Least-cost-path** relaterat till *slope*, kan användas för att hittar vägar som undviker för stora höjdskillnader eller andra parametrar.

3D-modeller och punktmoln

Kanske det mest fascinerande med drönarteknologin, åtminstone enligt mig, är möjligheterna med 3D. I avsnittet ovan undersöktes hur ”2.5D” går att använda för att *simulera* 3D-miljöer. Men SfM-fotogrammetri kan även återskapa ”riktiga” 3D-kopior av platsen som fotograferats. Det var en synnerligen märklig upplevelse, att efter första gången ha flugit, några timmar senare på datorn kunna se och undersöka platsen i 3D.

[11] Dessa verktyg kallas olika beroende på programpaket, men resultatet och syftet är detsamma

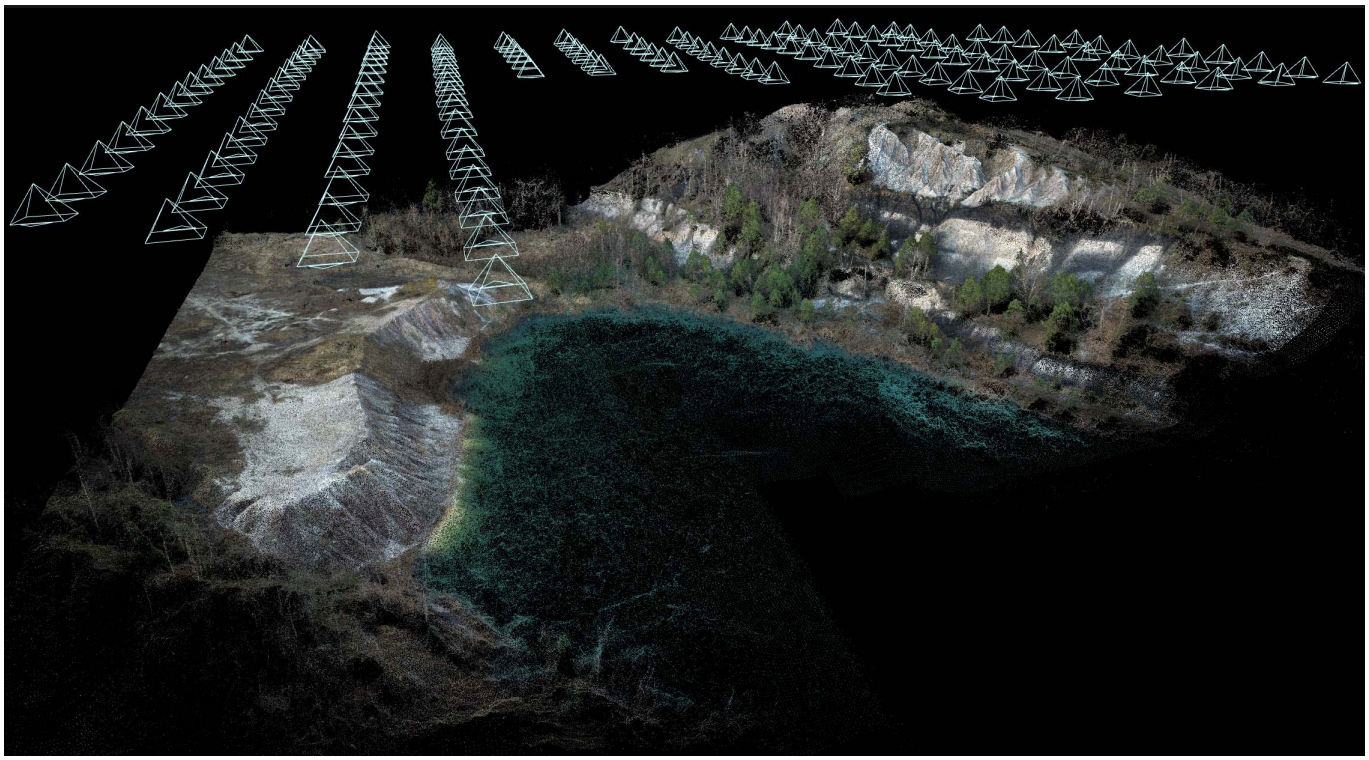


Fig. 9. Punktmoln från samma plats som fig. 7-8. Vy söderifrån med markeringar för ”kameror”. Här syns också avsaknaden av punkter från området med vattenyta som återspeglar det undermåliga resultatet från DSM.

Piero Toffanin (2019) beskriver i korthet hur SfM-fotogrammetri och den underliggande tekniken fungerar. Processen (för OpenDroneMap), förklarar han, kan ses som en serie delmoment som alla bygger vidare på föregående steg. I det tidiga skedet, när programmet har sorterat bilderna och satt dem i relation till varandra (själva SfM-processen) är nästa steg att bygga ett så kallat, kompakt punktmoln[12]. Ett punktmoln är en mängd (ofta miljontals) datapunkter i en definierad rymd. Punkterna bär på information, såsom färg (RGB), och hur de förhåller sig (till varandra) i ett givet koordinatsystem. Dessa punktmoln kan sedan konverteras till 3D-modeller, även benämnt 3D-mesh eller polygonyta, och sedan DEM:er samt ortofoton.

Många känner säkert till Google Earth och liknande tjänster, i vilka det går att utforska många platser i 3D. Men på samma sätt som satellitkartor saknar den detaljrikedom som ibland önskas, kan det vara på samma sätt även för 3D-kartor. Ofta erbjuds dessa också bara i större städer eller tätorter. De kan dessutom vara, likt satellitbildkartor, några år gamla. Genom att flyga med drönare och fotografera, går det alltså att med dessa program, återskapa en komplett kopia av en plats. Det är naturligtvis ingen exakt kopia, men med rätt flygteknik och lite tålamod går det komma övertygande nära.

Förutom att studera rumsligheter och detaljer som inte syns från ovan, kan 3D-kartor till exempel vara till nytta för att undersöka siktlinjer eller landskapets topografi i allmänhet. Det kan vara omöjligt eller minst sagt missvisande i 2D, en plats kan se helt plan ut från ovan när den i själva verket har stora variationer som blockerar sikten.

[12] På eng. dense point cloud

Av samma anledning kan det vara problematiskt att mäta i plan. Ytan, eller snarare ”avtrycket” från ovan, av en slänt blir mer missvisande ju brantare den är. Ponera att det ska beställas markduk i metervara för en slänt som ska planteras, ju större yta det handlar om desto mer komplicerat blir det att räkna på åtgång. Detsamma gäller sträckor, behövs ett tvärsnitt mellan två (eller flera) specifika punkter går det också att ta fram. Det är inte ovanligt att mjukvaruleverantörerna erbjuder möjligheter att ta fram sådan information direkt i programmen (även i molnet), ofta går det då också att räkna på volym.

Volymberäkningar har, som ett exempel, stenkrossindustrin nytta av vid lagerinventeringar eller för att undersöka ett dagbrotts kapacitet. Landskapsarkitekter skulle kunna på liknande sätt ha nytta av det i projekt där massbalans är en faktor. Sådana möjligheter skulle även kunna uppskattas av beställare såväl som av entreprenörer.

Punktmoln kan, beroende på program, konverteras eller exporteras till ett flertal olika 3D-format. Det blir då möjligt att öppna dessa konverterade modeller i de flesta 3D-modellerings eller -ritprogrammen såsom AutoCAD, Revit, Rhino, SketchUp, Blender för att bara nämna några (Tal & Altschuld 2021). Likt matchningstekniken nämnt under foto- och videoavsnittet, går det att placera in designförslag i den miljö de är tänkta att stå i, fast i 3D. På så vis kan man testa både hur det ser ut men också, till viss mån, hur det kommer att passa eller fungera på platsen. Finns tillgång till 3D-skrivare går det också att skriva ut modellerna, antingen färdiga förslag, för att undersöka platsen eller för att arbeta med som skissmodeller.

Fig. 10. Samma punktmoln som i fig. 9. Vidare bearbetat i CloudCompare och Photoshop.

Att gå från verklig plats och drönarfoto, till punktmoln och sedan, en 3D-mesh, är inte alltid en enkel och tydlig process. Det är flera steg, moment och program involverade och det är min uppfattning kan lätt bli fel på vägen. Komplexa strukturer kan vara svåra att återskapa och resultatet kan behöva ”städas” under processens gång innan vidare bearbetning (se fig. 10).

VR och AR, 360-vyer

Åt temat på detta avsnitt har dessvärre väldigt lite tid ägnats åt att utforska just det ämnet och tillämpningsområdet. Eftersom mina kunskaper om detta är kraftigt begränsade är de tankar som framförs nedan högst spekulativa, en bedömning gjordes ändå att det är bra att göra ett försök till att ge en lite större bredd. Jag kommer kort gå igenom några tankar och möjliga tillämpningar i detta spännande område som är under ständig utveckling.

Jämfört med film- och tv-spelsvärlden, som kanske ligger först med detta, går det att konstatera att den enkla tillämpning som undersökts i detta arbete inte kan mäta sig med de just nämnda. Men om man tillåter sig att öppna för lite mer resurser i utrustning, tid och infrastruktur än den generella nivån som löpt genom arbetet, kanske det kan se lite annorlunda ut. Om mer tid läggs på att ta fler foton från fler vinklar i mycket högre upplösning liksom att datorkraft och lagringskapacitet inte är en faktor, skulle jag kunna tänka mig att det då går att skapa långt mer trovärdiga kopior av verkligheten. Med hjälp av VR[13], skulle det vara möjligt att besöka dessa kopior. Vad man ska göra i denna ”back-up” av en plats, står inte riktigt klart för mig. Men kanske det är tillräckligt i sig, att kunna spara en plats för framtiden, som dokumentation som skulle gå att besöka eller undersöka med VR-teknik.

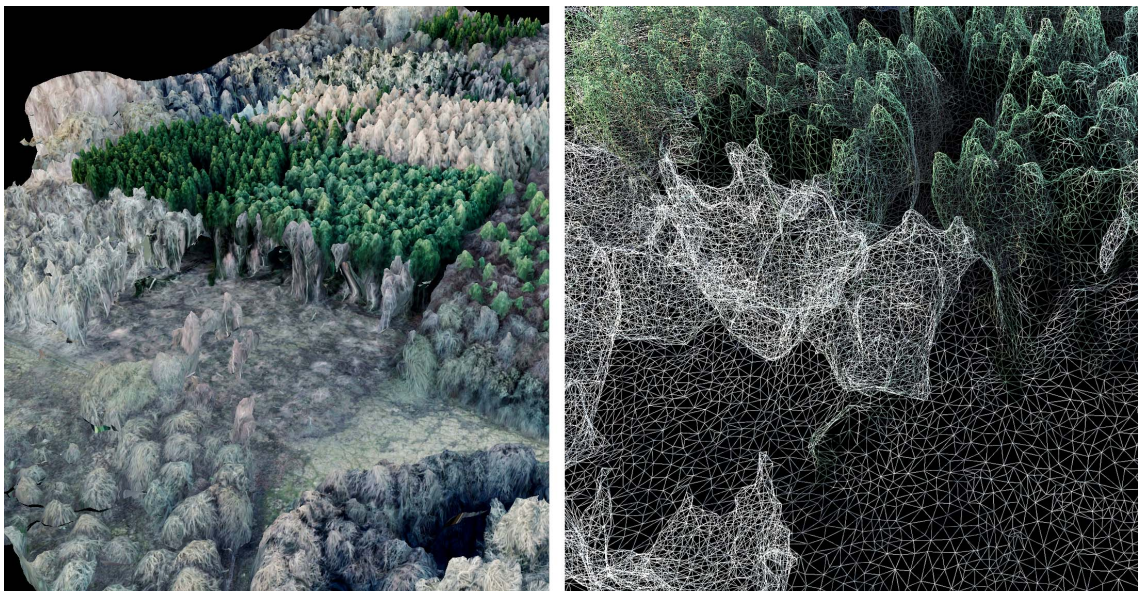


Fig. 11. Exempel på 3D-modell av en plats skapad med drönare och SfM. Träd med sin komplexa grenstruktur kan vara svåra att återskapa men det kan hjälpa att fota mer från sidan. Under denna flygning vinklades kameran upp till -8° från nadir för samtliga bilder. Det är möjligt att det bidrog till ett bättre när det gäller 3D. Förbättringar syntes mot tidigare, endast nadir-dataset, när det gäller DSM/DTM och i punkmolnet (omslagsbild). Det går dock inte att dra några slutsatser med så få försök men det stämmer med studier som nämns nedan. T.v. syns en del av 3D-modellen och t.h. 3D-modellens ”wireframe”, dvs dess strukturella uppbyggd. I detta fallet är den uppbyggd av trianglar och det går att urskilja hur ”klumpiga” komplexa objekt kan bli.

Med lite enklare modeller, som de som nämnts i föregående avsnitt, med syfte att ”testa” en plats, borde det gå att med VR göra det i förstapersonsperspektiv, FPV[14]. Det skulle kunna vara designern själv eller intressenter som upplever och utvärderar platsen. För designern skulle det kunna var en slags skissmetod, likt en mock-up.

[13] Förk. på eng. av viritual reality
[14] Förk. på eng. av first person view

En så kallad 360-kamera[15] är en kamera som fotar i alla riktningar samtidigt, det kan den eftersom den är sammansatt av flera kameror. Resultatet är ett foto som är mycket deformerat och för sig självt kanske inte har så stort värde. Men de går att importera, ibland även video, till program som gör bilderna läsbara och rätar ut dem till en ”vanlig” vinkel. Det är samma princip som Googles ”Street View” vari man kan, från ett gatunivåperspektiv, välja vilken riktning ”kameran” ska peka åt. Det är alltså interaktiva bilder, eller filmsekvenser, som är navigerbara där användare själva kan välja vilken del bilden som de vill se. Det är sällan drönare har en sådan typ av sensor inbyggd, men de flesta har kapacitet att lyfta mer, så kallad *nyttolast*, än själva ”tjänstevikten”. Genom att montera en sådan kamera på en drönare kan man fånga hela omgivningen på en och samma gång.

360-vyer skulle kunna vara användbart, likt Street View, för att titta på specifika detaljer. Det skulle kunna vara ett sätt att dokumentera platser, för att snabbt fånga så mycket som möjligt eftersom det då kan räcka med bara några få foton för att fånga ett större område. Men även det skulle kunna vara ett sätt för kontor att visa färdiga projekt. Det kan också vara till platsbesök på distans eller som orientering inför ett besök. Fördelen med 360-vyer är att en person kan titta på vad den själv är intresserad av hellre än att fotografen i förväg har valt ett utsnitt.

Övriga tillämpningar

Delar av skogsindustrin och jordbruket har varit tidiga att dra nytta av möjligheterna med drönare. I det sammanhanget används de till att övervaka grödors och träds hälsa och vitalitet. En vanligt förekommande metod är med ett index förkortat NDVI[16], rådata är då flygfoton tagna med en speciell kamera, en RGB + NIR[17]-sensor, vilka kan göras till ortomosaiker för vidare bearbetning. Men det finns en uppsjö av olika index och vissa går att kalkylera med vanliga RGB-bilder. VARI[18], är ett vanligt alternativ när det endast finns RGB-data, en studie pekade på att ExG-ExR[19] gav goda resultat som ett index i syfte att identifiera vegetation (Bassine et al. 2019), liksom NGRDI[20], om än lite mer volatilt. Man bör inte använda dessa index (från RGB-data) för att dra några slutsatser om vegetations hälsa. Ett scenario i vilket det dock kan tänkas vara användbart, skulle vara för att mäta täckningsgrad av vegetation inom ett område. Ett annat scenario skulle kunna vara till att kartlägga spridningen av en viss invasiv art längs ett vattendrag (Arneson 2021).

[15] På eng. omnidirectional camera
[16] Förk. på eng. normalized difference vegetation index
[17] Förk. på eng. av near-infrared
[18] Förk. på eng. av visible atmospherically resistant index
[19] Förk. på eng. av excess green minus excess red
[20] Förk. på eng. av normalized green-red difference index

Ytterligare en tillämpning, där drönare kan vara till nytta, är till mikroklimatmodellering. Duffy et al. (2021) menar att det på en mindre skala är viktigt med högupplöst data. De lyfter även i samma artikel, starkt fram demokratiseringsaspekten med drönare. Att ha tillgång till data som är någorlunda samtida, som är ofta nödvändigt för att kunna göra dessa modelleringar. Men det kan vara svårt om data kommer från olika källor. Genom att använda drönare för datainsamling behöver det inte längre vara ett problem. För att göra mikroklimatmodelleringar krävs dock ofta också annan data än RGB-foton, men redan idag finns drönare tillgängliga på marknaden med flera olika typer av sensorer monterade, visserligen för andra tillämpningar. En utveckling med mer specifika drönaralternativ skulle möjliggöra att olika data kan insamlas simultant, värdefullt i en tillämpning som denna. Men Duffy et al. ser också utmaningar, de menar att mjukvara idag kan göra träffsäkra uppskattningar för vissa aspekter av miljön (topografi och trädhöjd), medan det på andra områden finns potential för förbättringar. De nämner att kunna uppskatta lövtäckning som ett exempel, något som landskapsarkitekter skulle kunna ha nytta av i andra sammanhang också.

Med hjälp av artificiell intelligens och djupinlärning[21], går det också att från bilder göra aritmetiska beräkningar. I skogsbruk till exempel kan detta användas för att räkna antal träd, men det går att med sådana typer av algoritmer att även räkna exempelvis fordon, människor, får eller andra objekt som är av intresse. Klassificeringsalgoritmer sorterar information och kan skilja på vad som är väg, vatten eller byggnader, med hjälp av dessa är det möjligt att låta program ta fram färdiga CAD-underlag eller motsvarande (JSON, shapefile etc.). Än så länge har jag bara sett ett exempel på en sådan tjänst, Tal och Altschuld (2021) visar några fler, men huruvida konceptet fungerar i praktiken ligger utanför detta arbete att svara på. Poängen är att eftersom sådana tillämpningar börjar synas på marknaden kan det ge en fingervisning om vart teknologin är på väg. Ju högre upplösning på det ingående materialet desto högre detaljeringsgrad borde det kunna gå att få på ett sådant underlag. Beroende på tillgång till baskartor och vilket arbetssätt som tillämpas finns med sådana applikationer potentiellt betydande ekonomiska liksom tidsmässiga vinster att göra.

I och med den snabba utvecklingen inom AI idag, så är det mitt intryck att det egentligen inte finns någon begräsning för vilka typer av analyser som kan göras. Kanske kommer det att gå att göra beräkningar av människors upplevelse av en plats, eller dra andra slutsatser om användarna. Det lär åtminstone gå att göra olika typer av stadslivsanalyser, flöde etc. Men det är viktigt att fråga sig om det är etiskt försvarbart eller om det går att lita på sådan data.

[21] På eng. deep learning, en typ av maskininlärning

Begränsningar och risker

Mätosäkerhet

Det finns två begrepp som är viktiga att känna till, *absolut lägesosäkerhet* och *relativ lägesosäkerhet*[22] (Lantmäteriet 2017). För att lättare föreställa sig dessa kan man tänka sig en ortomosaik vi skapat efter en flygning. Absolut lägesosäkerhet innebär relationen till omvärlden eller närmare bestämt, ett koordinat- eller referenssystem. Om en punkt i ortofotot har en koordinat som inte stämmer överens med var den ligger i verkligheten enligt samma referenssystem kan man säga att ortofotot har en hög absolut lägesosäkerhet (inte eftersträvansvärt). Relativ lägesosäkerhet, å andra sidan, tar hänsyn endast till inbördes förhållanden. Om två punkter i det tänkta ortofotot, har ett avstånd som stämmer väl överens med hur det faktiskt förhåller sig på den avbildade platsen, är det sannolikt att den har en låg relativ lägesosäkerhet, vilket är vad som eftersträvas. Dessa två tillstånd, är med andra ord delvis oberoende av varandra. Det betyder att vi i detta tankeexperiment har tur, eftersom det i ett sådant scenario kan vara ganska enkelt att i efterhand, i synnerhet om det finns kontrollpunkter, GCP:er, med kända koordinater, åtgärda felet så att ortofotot ligger rätt.

GCP:er, kan se ut på lite olika sätt men det bukar var en bricka, stor nog att se tydligt från vald flyghöjd, och med fyra fält – två svarta och två vita som kontrasterar mot varandra och i mitten bildar ett kors, en mittpunkt. Denna punkt har en känd koordinat, som tagits fram på ett eller annat sätt men det ligger utanför denna uppsats att djupare gå in på hur det går till. Om bilder som ska bearbetas saknar geotaggning är det högst rekommenderat att åtminstone använda sig av GCP:er (Pix4D 2021).

Ytterligare ett sätt att minska lägesosäkerhet är att använda sig av tekniker som RTK[23] eller PPK[24], detta kräver visserligen att drönaren har stöd för det och dessutom är en del annan utrustning nödvändig, bland annat en basstation. Basstationer är numera högteknologiska precisionsmätinstrument och att införskaffa en för att enbart använda till drönarflygning finns det troligen ingen ekonomi i, så länge inte verksamheten bygger på att kunna ta fram kartmaterial med låg lägesosäkerhet i stor omfattning. RTK har ett lite mer omfattande upplägg än PPK, dock sker korrektionerna av positioner i efterhand med det sistnämnda förfarandet. Fördelen med RTK är att den platsdata som genereras stämmer omgående efter avslutad flygning, samtidigt är RTK känsligare för störningar och mer beroende av god tillgång till satelliter. Har drönaren stöd för ett av alternativen är det högst troligt att det finns stöd för det andra också.

Ekonomi samt mjuk- och hårdvara

När det gäller SfM-fotogrammetri kan bearbetningen, i synnerhet vid stora datamängder, vara tidskrävande. Dessutom ställs höga krav på hårdvaran som ska köra programmen, dessa krav är oftast mycket högre än motsvarande de som ställs för mer ”typiska” arbetsuppgifter på ett arkitektkontor. Beroende på maskin kan det för stora dataset handla om flera timmar om inte dagar. Dessutom finns alltid en risk att resultatet, av någon anledning, inte blir som det var tänkt eller att bearbetningen avbryts eller misslyckas och måste därför tas om från början. Ett alternativ är då att förlita sig på molnbaserade tjänster, av vilka det finns en uppsjö. Här kan det vara på sin plats att påminna om att enligt lagen om skydd för geografisk information och dess nuvarande tolkning, räknas molnlagring som spridning och kräver således spridningstillstånd.

[22] På eng. absolute resp. relative accuracy på sv. ibland även noggrannhet
[23] Förk. på eng. av real-time kinematic positioning
[24] Förk. på eng. av post-processed kinematic

Min uppfattning är, att det i litteraturen inte problematiseras särskilt mycket, om ens alls, skillnaden i utfall mellan olika mjukvarupaket. Det verkar som att oftast är en mjukvara given, troligen det som författarna haft tillgång till eller av en eller annan anledning valt. Det har vid enstaka tillfällen, nämnts att en eller annan programvara valdes för att det specifikt gav användaren större kontroll över processen. Det kan vara något att ha i åtanke i fråga om val av programvara. Men mer valmöjlighet lär också ge en högre komplexitet och troligen en brantare inlärningskurva. Allra enklast är troligtvis de molnbaserade tjänsterna som har inga eller få inställningar, bilderna laddas upp och bearbetas omgående. Sammanfattningsvis kan man säga att det finns många programpaket att välja mellan, Tal och Altschuld (2021) menar att det är en god idé att inte ”gifta sig” med varken mjukvaru- eller drönartillverkare då marknaden ständigt förändrar sig.

För mjukvaran finns olika typer av licenser, vanligt förekommande är prenumerationer, eller SaaS[25], ofta där man kan välja mellan olika paket. Men det finns även mer ”traditionella” engångsköp. Prenumerationskostnaderna ligger ofta i par med Autodesks AutoCAD eller Revit snarare än Adobe Creative Cloud även om det finns i den nivån också. Det finns även leverantörer som erbjuder ”kredit”-system, dvs att du bara betalar när du behöver processera ett projekt, ofta räknas priset då ut efter antal bilder eller för arean på området i fråga. Det finns även lösningar som bygger på öppen källkod, dessa har en låg eller ingen kostnad. De är dock mycket mer komplicerade och kräver ofta kunskap om hur man använder kommandotolk eller till och med programmering. Det är med andra ord kanske inte något för nybörjaren, fördelen är att användaren får full kontroll över processerna. Dessutom, eftersom källkod är öppen, kan användaren vara med att utveckla egna lösningar och innovationer, antigen för att bidra till projektet eller ha till eget eller kommersiellt bruk. Tal och Altschuld (2021) menar dessa tekniker som mest används i liten skala i forskningssyfte eller liknande, nu blir tillgänglig för gemene man och med det följer innovationer. Under arbetet har olika leverantörer testats men materialet som presenterats i arbetet har huvudsakligen processerats med DroneDeploy, en molnbaserad tjänst.

Kapitelsammanfattning samt författarens kommentarer och insikter

Det har konstaterats att drönarteknologin demokratiserar tillgången till rumslig och geografisk data och ger i princip vem som helst tillgång till avancerad teknik med stor potential. Det är användaren som har kontroll – men till vilket pris? Det finns en risk att resultaten ***ser*** bra ut men det betyder inte nödvändigtvis att det är tillförlitlig data. Detta är särskilt viktigt att tänka på om materialet ska spridas och visas annat än för internt bruk. Vi har också konstaterat att när det gäller spridning av geodata generellt så finns det lagar och regler som styr hur det får eller inte får gå till. Det finns även lagar och regler som bestämmer vem som får flyga vad, var och hur.

Stort fokus har legat på att utforska SfM-fotogrammetri och dess följdprodukter, men som poängterats, finns det som tekniken kan generera ofta redan tillgängligt. Google erbjuder till exempel, förutom satellitkartor, vad de kallar Earth och Street View, som i princip är exakt det som det drönarteknologin möjliggör och bygger på samma underliggande tekniker. Den stora skillnaden är dock att det är du som användare som har kontrollen över var och när datan insamlas; den mycket högre upplösningen på datan; samt att de resulterande produkterna kan bearbetas på ett sätt som andra tjänster inte ger möjlighet till.

[25] Förk. på eng. av software as a service

Om att flyga drönaren

Att lära sig flyga drönare, vill jag påstå, är efter lite träning ganska enkelt – men kan samtidigt vara mycket svårt att bemästra. Att planera automatiserade rutter för att samla in användbar data kräver som vi konstaterat en viss kunskap, men själva flygningen sköter sig självt efter lyft och några knapptryck. När det handlar om foto och video å andra sidan, ställs högre krav på fjärrpiloten. Då behövs finess som jag har svårt att se går att läsa sig till. Drönare styrs ofta med två joysticks, är man inte van att använda sådana lär manövrarna bli lite klumpiga. Det kan bli tydligt när det gäller att fånga video eller vid live-streaming. Men med vissa funktioner och inställningar kan dessa effekter mildras, till exempel har gimbalen, anordningen som håller kameran, inställningar som göra att den rör sig långsammare i början av en rörelse. Ett annat är ”attityd-läge”, drönaren agerar då likt en curling-kägla, när drönaren rör sig mot en riktning, fortsätter den dit åt med samma hastighet, trots att piloten inte aktivt styr drönaren med joystick. I början av kapitlet lyftes det även att flyga drönare kräver en viss attityd och inställning. Det krävs planering och lugn, flygningar ska ske utan distraktioner och piloten måste vara medveten om sin omgivning, så kallad situationsmedvetenhet.

Om SfM-fotogrammetri och mjukvara

SfM-fotogrammetri sammanfattar de tillämpningar som uppsatsen särskilt vill lyfta fram. I detta kapitlet har mycket fokus lagts på att ge en kort överblick över vad som kan fås ut av en och samma process. Med tillgång till nödvändig infrastruktur (mjuk- och hårdvara), lokal eller via molnet, går det skapa ett flertal intressanta produkter. Från ett enda platsbesök, en väl planerad flygning och en lyckad bearbetning av insamlad data går det, sammanfattningsvis, att ta fram:

- **Ortomosaik:** en ”karta” av flygfoton likt Google Maps eller Lantmäteriets MinKarta (GeoTIFF, GeoPDF, jpg m.fl.)
- **Digital höjdmodell (DEM):** terräng- (DTM) eller ytmodell (DSM) liksom vektoriserade konturlinjer (GeoTIFF respektive shape-fil, .dwg/.dxf m.fl.)
- **3D:** punktmoln och 3D-mesh (.las/.laz, .ply m.fl. respektive polygon-mesh, NURBS m.fl.)

Det är viktigt att ifrågasätta tillförligheten på dessa, men å andra sidan har Carbonneau & Dietrich (2016) visat att går att uppnå en, för många tillämpningar, tillräckligt hög precision även med drönare i konsumentklassen. Men för att lyckas med det, konstaterar de, får man bäst resultat med en korrekt kalibrerad kamera[26] och en väl planerad flygrutt. Högst precision fick de med en flygning i två ”nivåer” på 80 respektive 60 meters höjd kombinerat med ett antal snedbilder från 60 m med en vinkel på mellan 45° och 20° från nadir. Metoden förutsätter att bilderna är geotaggade och bör vara positionerade med åtminstone två GNSS[27] som GPS i kombination med GLONASS och/eller Galileo. En annan studie genomförd av Meinen och Robinson (2020) som också försöker svara på vilken datafångststrategi som fungerar bäst, landade i ett liknande resultat. Med GCP:er, blev precisionen högst av att uteslutande fota i nadir, dvs rakt uppifrån. Vid avsaknad av GCP:er, fick de bäst resultat men en kombination av nadir-foton och snedbilder med i 15° vinkel från nadir.

[26] Kamerakalibrering har utelämnats i uppsatsen
[27] Satellitnavigationsystem

I handboken för OpenDroneMap, som är det största programpaketet med öppen källkod, introducerar Piero Toffanin (2019) ett bra sätt att se på frågan, han skriver att datafångst är ibland lite mer av en konst än vetenskap. Toffanin lyfter höjden som en viktigt faktor och rekommenderar att flyga högt. Ju högre man flyger, skriver han, desto mer får man med i bild vilket underlättar datorns arbete med att lappa samman bilderna, Det är dock på bekostnad av den geometriska upplösningen, GSD. Även han menar att kombinera nadir- och snedbilder samt att flyga på olika höjder (i ett rutnät) är den bästa strategin. Vidare skriver han, att det är bäst att flyga mellan kl. 10 och 14 på dagen samt när det är mulet och vindstilla. Dessutom är det alltid bra att öka överlappningen mellan bilderna samt att ha koll på kamerainställningarna, menar han.

Det finns en stor bredd i programmen och tjänsternas användarvänlighet, från en total avsaknad av användargränssnitt till molnbaserade tjänster som inte kräver någon installation eller större datorvana över huvud taget. För en större nytta och användning av produkterna, krävs ofta andra även program, ibland flera stycken för ett och samma ändamål. Särskilt nytta har man av att kunna använda 3D-mjukvara såväl som GIS-program.

Utsikter och betydelse landskapsarkitekturen

Intervju med praktiker

Som ett komplement till litteraturen, som mestadels har ett internationellt perspektiv, gjordes för detta arbete en intervju med en verkarsam inom branschen i Sverige. Syftet var att dels bredda min egen syn på ämnet men framför allt för att få kommentarer från någon som kan se både fördelar och nackdelar såväl som möjligheter och utmaningar. Jag talade med ”Daniel”, född i mitten av 1980-talet, som fått sitt namn utbytt i uppsatsen. Han jobbar på ett väletablerat landskapsarkitektkontor, där han har en ledande position, med uppdrag i hela landet såväl som utomlands. Daniel är utbildad ingenjör men har sedan examen jobbat med eller mycket nära landskapsarkitektur i både Sverige och Danmark.

Egna erfarenheter och spontana tankar på ämnet

Där Daniel arbetar idag använder de inte drönare, men hos tidigare arbetsgivare, berättar han, att de antigen haft en drönare på kontoret eller tillgång till en. Användningsområdet då var i första hand som ett verktyg för dokumentation och inventering på plats inför ett projekt. Jag gör bedömningen att Daniel såg det som ett värdefullt verktyg i detta syfte och att han antyder att det skulle vara bra att ha en drönare även på nuvarande arbetsplats.

Vidare säger han att vissa konsultföretag de anlitar erbjuder tjänster relaterade till inmätning som involverar drönare och att det har förekommit att de använt sig av dessa vid några enskilda tillfällen. Dessutom, poängterar han, att en tillämpning som skulle kunna vara intressant är fotomontage, att utgå från ett drönarfoto och lägga in ett gestaltningsförslag däri. Han säger att det är en metod som de använder idag, men inte nödvändigtvis med drönarbilder.

Som en tjänst som köps in?
Daniel förklarar hur han ser på, vad jag tolkar som en eventuell, implementering. Enklare tillämpningar som för foto och video för inventering och presentationsmaterial är något han ser att de faktiskt skulle kunna ha nytta av. Men när det gäller lite mer avancerade tillämpningsområden, finns det en poäng med att låta en specialist, som kan ta ansvar för kvaliteten, utföra dessa jobb. Han tillägger dock att, skulle det finnas någon på arbetsplatsen, som har kunskap och intresse för tekniken, är det en annan sak. Men generellt tar det tid att utbilda sig, tid som skulle gå att lägga på andra arbetsuppgifter.

Detta stämmer också överens med egna funderingar som dykt upp under arbetets gång. Att, åtminstone till en början, är det troligt att många av det användningsområden som har en lite högre tröskel, är det troligt att i alla fall mindre kontor kan köpa in som tjänster snarare än att utföra dem själva. Men samtidigt, om kunskapen finns och ett platsbesök sker, samt om molnbaserad bearbetning snabbar på och underlättar arbetsflödet är det inte så stor extra insats att utföra en flygning som också resulterar i alla de produkter som SfM-fotogrammetri kan ge.

Efter att ha berättat om några av de användningsområden som undersökts i detta arbete har Daniel ytterligare några insiktsfulla kommentarer. Ny teknik är superbra, säger han, och det finns mer möjligheter än vad de flesta förstår, men det krävs nya arbetssätt och nya människor. En personlig tolkning, möjligen övertolkning, av detta är att landskapsarkitekturen står inför ett slags paradigmskiften när det kommer till teknologisk utveckling och troligen hänger det på att en ny generation landskapsarkitekter visar vägen.

Sammanfattning
Personen som har intervjuats i detta arbete är alltså ganska väl bekant med hur drönare kan användas i praktiken och har även direkt erfarenhet. Mot bakgrund av det lyfter han viktiga frågor och bekräftar samtidigt några av de aningar jag själv haft, nämligen:

- det är i första hand foto och video, i ett tidigt skede (för inventering och analys) samt efter ett projekt är färdigt (för att visa resultat och utvärdera) som verktyget kan tänkas vara relevant för *yrkesverksamma själva*, vilket betyder att
- mer avancerade tillämpningar kanske helst lämnas åt andra.

Samtidigt är intervjun möjligen ett bevis på att min uppfattning, om att drönares potential förfarande är förhållandevis okänt bland praktiserande landskapsarkitekter, inte stämmer. Men eftersom endast en person intervjuats går det inte att göra några generaliseringar eller antagande om detta. Däremot är det sannolikt, att någon som är benägen att delta i en intervju om ämnet har mer kännedom och är mer intresserade av det än andra som inte velat delta, men även det går inte att säkerställa.

Implikationer av en vidare användning

Det är inte omöjligt, menar jag, att drönarteknologi på sikt kan ha en omstörtande effekt på praktiken, må hända inte helt på egen hand men tillsammans med andra innovationer; både vad gäller arbetssätt för landskapsarkitekter såväl som konsekvenserna av en större användning av drönare i allmänhet. Med nya verktyg finns alltid en risk att en typ av estetik bildas eller att nya förhållningsätt till design och gestaltning följer. Determinismen, som kom av data-driven design, vilken Ian McHarg lade grunden för och som senare späddes på av implementeringen av GIS, menar Kullman (2018), skulle ta mer plats igen. Men, tillägger han, sådant kan komma att neutraliseras i takt med att vi blir mer bekanta med tekniken.

Fågelperspektivet

Karl Kullman resonerar i artikeln *The drone's eye: applications and implications for landscape architecture* (2018) huruvida fågelperspektivet, i och med etableringen av drönarfotografi, skulle kunna få en renässans. Under just renässansen var det inte ovanligt, snarare norm, att kartor och planer inte var som vi ofta ser dem idag, från rakt ovan utan perspektivförkortning, utan som sedda som från en hög höjd vid sidan av: i fågelperspektiv[28]. Man kan tänka sig att, i och med det kartesiska koordinatsystemets entré, blev fördelarna med mätbarheten och noggrannheten så stora och uppenbara att det inte fanns någon anledning att göra representationer på något annat sätt än i plan som vi är vana vid idag. Men frågan är om inte vi kastade ut barnet med badvattnet genom att helt anamma planvyn. Fågelperspektivet ger på sätt och vis det bästa två av världar, en överblick, samtidigt som det visar mycket av det vi faktiskt ser här nerifrån. Bilder från marken kan inte ge en sådan överblick och planvyer visar delar av objekt som vi aldrig skulle se om vi inte själva befinner oss i ett luftfartyg. Från ovan kan det dessutom att vara svårt att beskriva landskapets topografi; konturlinjer, plushöjder och färggradienter fungerar men frågan är om dessa metoder är särskilt intuitiva eller läsbara för ett otränat öga?

Fig. 12. Zamość, Polen. Avbildad i fågelperspektiv. (Georg Braun & Frans Hogenberg 1617)

Allmänhetens inverkan

Allmänhetens och amatör-drönarflygarens intresse, resonerar Karl Kullman (2018), av att använda drönaren som ett verktyg för att betrakta sig själv i tredje person kan få implikationer för synen på landskapet men möjligen även landskapsarkitekturen i stort. Han skriver att, inledningsvis ser huvudsakligen konsumenterna sig själva i bilderna men i takt med att deras fåfänga mättas, kommer fokus att riktas mer mot det som täcker det mesta av bilden, landskapet vari de befinner sig. Till skillnad från selfien – som på motsvarande sätt möjliggjordes genom ny teknik – där landskapet är av en mer statisk karaktär och fungerar som en starkt avgränsad bakgrund, så väcker drönarens fågelperspektiv vår fantasi i vilken vi kan föreställa oss alternativa scenarier och tänka oss en annan framtid. Möjligen, skriver Kullman, öppnar det för att rollen och yrket landskapsarkitekt kan få en starkare förankring hos allmänheten. Skulle det kunna betyda att landskapets gestaltning och utformning kommer bli av större betydelse framöver?

[28] På eng. birds-eye-view

Diskussion och avslutande reflektioner

Framtiden med drönare

Personligen är jag lika övertygad, om inte mer, att detta verktyg har en roll att fylla i handen på en landskapsarkitekt såväl som för relaterade professioner. Men med det sagt är det kanske inte något för *varje* landskapsarkitekt, precis som med mycket annat handlar det om intresse. Är en enskild intresserad av till exempel teknik, foto eller 3D-modellering är den personen troligen mer benägen att ta till sig drönarteknologin. Det sägs ofta att landskapsarkitekter är generalister, samtidigt tror jag att det finns många som samtidigt är specialister. Alla kanske inte *behöver* kunna flyga drönare eller använda sig av tekniken, precis som alla inte *behöver* kunna 3D-modellering, GIS eller ens gestalta. Men jag tror åtminstone det kan vara bra att känna till vilka möjligheter som finns.

Åtminstone till en början verkar det troligt att mer avancerade tillämpningar kan bli allt vanligare men att de, om kompetensen inte finns internt, köps in som en tjänst. Även ”enklare” saker som fotografi, i synnerhet om det handlar om att visa projekt för potentiella kunder, skulle även kunna lejas ut. Ofta fotas projekt i detta syfte av professionella fotografer och att det skulle vara någon skillnad med en ”kamera i luften” finns ingen anledning att tro. Man kan då tänka sig, att om det handlar om luftfoton tagna i syfte att användas i fotomontage eller annat material som sedan presenteras, kommer krav ställas och en proffsfotograf anlitas även då. Men det finnas ett mycket stort värde, tror jag, att i samband med platsbesök att kunna dokumentera från ovan. Ett intressant resonemang Kullman (2018) för, är huruvida användandet av drönare kan leda till att landskapsarkitekter tar sig ”tillbaka” ut i fältet. Givet då, att drönare inte skickas ut på uppdrag från kontoret.

En fråga om skala

I en större skala finns kanske inget behov av skicka ut en drönare, med en större yta som ska kartläggas följer en högre komplexitet i logistik. Men för att leka med tanken kan vi tänka på några begränsningar som försvårar sådana företag. Först och främst måste man se till att man är behörig, andra hinder rör räckvidd, både i termer av batteritid och signal mellan markstation och UAV. Med förberedelser och kunskap behöver det inte vara omöjligt eller nödvändigtvis mer komplicerat än en andra drönarflygningar, förutom att det kräver mer planering och framför allt mer tid. Man kan dock fråga sig, att om det i sådana fall inte lönar sig att anlita en pilot i ett bemannat luftfartyg som kan utföra flygningen. Ett annat alternativ skulle vara en drönare med fasta vingar som är anpassad för större områden. Poängen är att det någonstans finns en gräns för vad som är rimligt att åta sig med en drönare.

Flygfotot som kommunikationsverktyg

Det kan vara svårt att prata om landskapet i bara ord, arkitekter har ofta en välutvecklad förmåga att genom skisser och illustrationer träffande beskriva platser. Men i vissa fall behövs det nog fotografier för att prata om en specifik omständighet eller plats, ibland är det helt enkelt för komplext beskriva på något annat sätt. I detta syfte kan en översiktsbild eller video vara till stor hjälp för att underlätta kommunikationen. Som ett verktyg för dialog kan drönarbilder användas för landskapsarkitekter sinsemellan liksom mellan landskapsarkitekter och beställare. Men särskilt värdefullt, tror jag, kan drönarfoton vara i kommunikation med intressenter och framtida brukare, allmänheten. Bildmaterialet kan kompletteras med annotationer eller konkreta förslag.

Fortsatta studier

Det skulle vara intressant med en bredare studie i huruvida landskapsarkitekter känner till möjligheterna med teknologin eller i vilken utsträckning den faktiskt används. Ett sätt att nå ut till fler skulle kunna vara enkäter, en sådan studie skulle kunna inkludera hela norden. En fråga som ligger nära och som väckts under detta arbete är den om landskapsarkitekters benägenhet att anamma eller inte anamma ny teknologi. Jämfört med närliggande yrkesområden så tycker jag mig se att landskapsarkitekter verkar vara lite mer konservativa med sin verktygslåda. Skulle det visa sig vara så, att det är skillnad, vad beror då det på? Är nya verktyg inte anpassade? Har det något med arbetsgivarna att göra, eller kanske undervisningen? Det kan dock vara svårt att dra slutsatser om det, då olika yrken skiljer sig åt, men en lämplig referensgrupp skulle möjligen kunna vara byggnadsarkitekter.

Detta arbete har, föga förvånande, inte upptäckt eller presenterat några helt nya tillämpningar. Men med lite mer tid och försök inom forskningsprojekt torde det finnas potential. Ett område som endast kort berörts är fjärranalys, mikroklimatkartering och -modellering nämndes som ett exempel, men mer specifikt skulle det vara intressant att titta på till exempel värmeöar[29] liksom att utforska vidare hur det går att studera vegetationsegenskaper.

Jag vill här också passa på att tillägga, att trots att denna uppsats mest har behandlat praktiskt utövande av landskapsarkitektur, tror jag att även forskning inom landskapsarkitektur kan ha stor nytta av drönare. Dels erbjuder potentialen som nämnts ovan med fjärranalys spännande möjligheter men kanske skulle även miljöpsykologi kunna ha nytta av drönare för att göra till exempel beteendestudier. För studier som berör vegetation och dess utveckling skulle det kunna spara tid och möda när det gäller att mäta trädhöjder eller kronutbredning men fler möjligheter lär komma och det som händer inom teknologin för skogsbruket kan ju vara av intresse. Men störst nytta, tror jag, skulle studier som undersöker landskapets förändring ha. Det skulle kunna röra sig om kartläggning av erosion eller vattnets inverkan på en specifik plats liksom studiet av vatten och hydrologiska förhållanden generellt. Undersökningar över tid är ett ämne som jag inledningsvis ville studera mer, men kanske på grund av detta arbetes tidsbegränsning, fanns det inte utrymme för det.

Författarens reflektioner

Med det här arbetet har jag försökt täcka det mest grundläggande delarna med drönare. Men trots att jag tycker att avgränsningen varit snäv så finns det så oerhört mycket mer att utforska och skriva om. En generös uppskattning skulle vara, att jag har skrapat lite på ytan, men någonstans behöver man dra en gräns. Jag uppmanar alla som läser detta att på egen hand utforska möjligheterna med drönare. Jag uppmanar också till att prata om dem, och dela eventuella erfarenheter men andra, särskilt drönarflygare.

När detta skrivs pågår fruktansvärda saker i östra Europa såväl som på många andra platser i världen. Landskap förändras plötsligt och på ett smärtsamt sätt när katastrofer drabbar oss – oavsett om de är orsakade av människor eller av naturens nycker. Det får mig att fundera på vilken roll landskapsarkitekter har i samband med sådana händelser. När det som förstörts ska byggas upp igen måste vi först förstå vad som har hänt och göra bedömningar om hur man bäst går vidare. En lämpligare kandidat än en landskapsarkitekt med en drönare att leda ett sådant arbete tror jag blir svårt att finna.

[29] På eng. ”heat island effect”

Referenslista

Bassine, Fatima Z., Errami, Ahmed, Khaldoun, Mohammed. (2019). Vegetation Recognition Based on UAV Image Color Index. *2019 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering*. Genua, Italien. DOI:10.1109/EEEIC.2019.8783830

Carbonneau, Patrice E. & Dietrich, James T. (2016). Cost-effective non-metric photogrammetry from consumer-grade sUAS: implications for direct georeferencing of structure from motion photogrammetry, *Earth Surface Processes Landforms*, 42, ss. 473–486. DOI:10.1002/esp.4012

Duffy, J. P., Anderson, K, Fawcett, D., Curtis, R. J., Maclean, I. M. D. (2021). Drones provide spatial and volumetric data to deliver new insights into microclimate modelling, *Landscape Ecology*, 36, ss. 685–702. DOI:10.1007/s10980-020-01180-9

Holmqvist, T. (2021). *Oklart rättsläge kring det nya drönarkörkortet*, SVT nyheter öst, 16 januari, Tillgänglig: https://www.svt.se/nyheter/lokalt/ost/inte-olagligt-att-flyga-dronare-utan-det-nya-korkortet [15-02-22]

Kommissionens geonomförandeförordning (EU) 2019/947 antagen den 24 maj 2019 om regler och förfaranden för drift av obemannade luftfartyg (EUT L 152, 11.6.2019, s. 45–71).

Kullmann, Karl. (2018). The drone's eye: applications and implications for landscape architecture, *Landscape Research*, 43:7, ss. 906-921. DOI:10.1080/01426397.2017.1386777

Lantmäteriet. (2017). Geodatakvalitet 2017, *Handbok i mät- och kartfrågor, HMK,* Tillgänglig: https://www.lantmateriet.se/globalassets/om-lantmateriet/var-samverkan-med-andra/hmk/handbocker/geodatakvalitet-2017.pdf [2022-02-11]

Lantmäteriet. (2022). *Ortofoto*, Tillgänglig: https://www.lantmateriet.se/sv/Kartor-och-geografisk-information/geodataprodukter/produktlista/ortofoto/ [2022-02-22]

Luftfartsverket. (2022). *LFV Drönarkartan (RPAS, UAS, UAV)*, Tillgänglig: https://daim.lfv.se/echarts/dronechart/ [2022-03-06]

Meinen, Benjamin U. & Robinson, Derek T. (2020). Mapping erosion and deposition in an agricultural landscape: Optimization of UAV image acquisition schemes for SfM-MVS, *Remote Sensing of Environment*, 293:3. DOI:10.1016/j.rse.2020.111666

Milligan, Brett. (2019). Making terrains: Surveying, drones and media ecology, *Journal of Landscape Architecture*, 14:2, ss. 20-3. DOI:10.1080/18626033.2019.1673565

Mårtensson, S-G. & Reshetyuk, Y. (2017) Height uncertainty in digital terrain modelling with unmanned aircraft systems, *Survey Review*, 49:355, ss. 312-318. DOI:10.1080/00396265.2016.1180754

Pix4D. (2021). *Getting GCPs on the field or through other sources,* Tillgänglig: https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/202557489-Step-1-Before-Starting-a-Project-4-Getting-GCPs-on-the-field-or-through-other-sources-optional-but-recommended [2022-03-04]

Skydd för geografisk information (2013). *Betänkande av Utredningen om skydd för geografisk information* (SOU 2013:51). Stockholm: Försvarsdepartementet

Salach, A., Bakuła, K., Pilarska, M., Ostrowski, W,. Górski, K. & Kurczynski, Z. (2018). Accuracy Assessment of Point Clouds from LiDAR and Dense Image Matching Acquired Using the UAV Platform for DTM Creation, *International Journal of Geo-Information*, 7:342 DOI:10.3390/ijgi7090342

Tal, Daniel & Altschuld, Jon. (2021). *Drone Technology in Architecture, Engineering and Construction: a strategic guide to unmanned aerial vehicle operation and implementation,* Hoboken, NJ: Wiley

Toffanin, Piero. (2019). *OpenDroneMap: The missing guide*, UAV4GEO.

Transportstyrelsen. (2021) *Drönare – utbildningsmaterial: A2*. Tillgänglig: https://transportstyrelsen.se/globalassets/global/luftfart/dronare/utbildningsmaterial/dronare-a2-utbildning.pdf [2022-03-07]

Transportstyrelsen. (2022:a). *Drönare,* Tillgänglig: https://transportstyrelsen.se/sv/luftfart/Luftfartyg-och-luftvardighet/dronare/ [2022-02-22]

Transportstyrelsen. (2022:b). *Flyga drönare i luftrummet*, Tillgänglig: https://transportstyrelsen.se/sv/luftfart/Luftfartyg-och-luftvardighet/dronare/flyga-dronare-i-luftrummet/ [2022-03-04

Ullman, S (1979) The interpretation of structure from motion. *Proceedings of the Royal Society of London*. 203:1153, ss. 405–426.

Figurförteckning

Samtliga figurer andra än nedan listade är producerade av författaren, Philip Wingård, i 2022.

Braun, Georg & Hogenberg, Frans. (1617). *ZAMOSCIUM, Nova Poloniae civitas*. [illustration]. Tillgänglig: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Braun_and_Hogenberg_Zamość.jpg [2022-03-10]

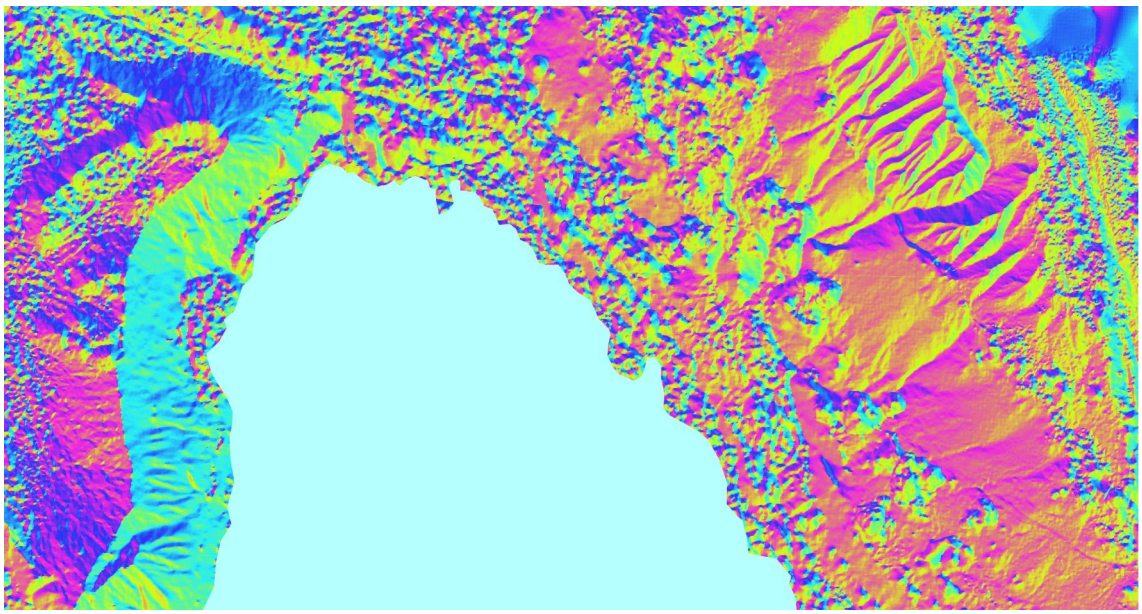
Honoré Daumier. (1863). *Nadar élevant la Photographie à la hauteur de l'Art*. [litografi]. Tillgänglig: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Brooklyn_Museum_-_Nadar_Élevant_la_Photographie_à_la_Hauteur_de_l%27Art_-_Honoré_Daumier.jpg [2022-03-10]

jimmy desplanques. (2021). Drönarbild från Haute-Normandie, Frankrike. [Fotografi] Tillgänglig: https://unsplash.com/photos/yt5sOD8Yw9I [2022-03-23]

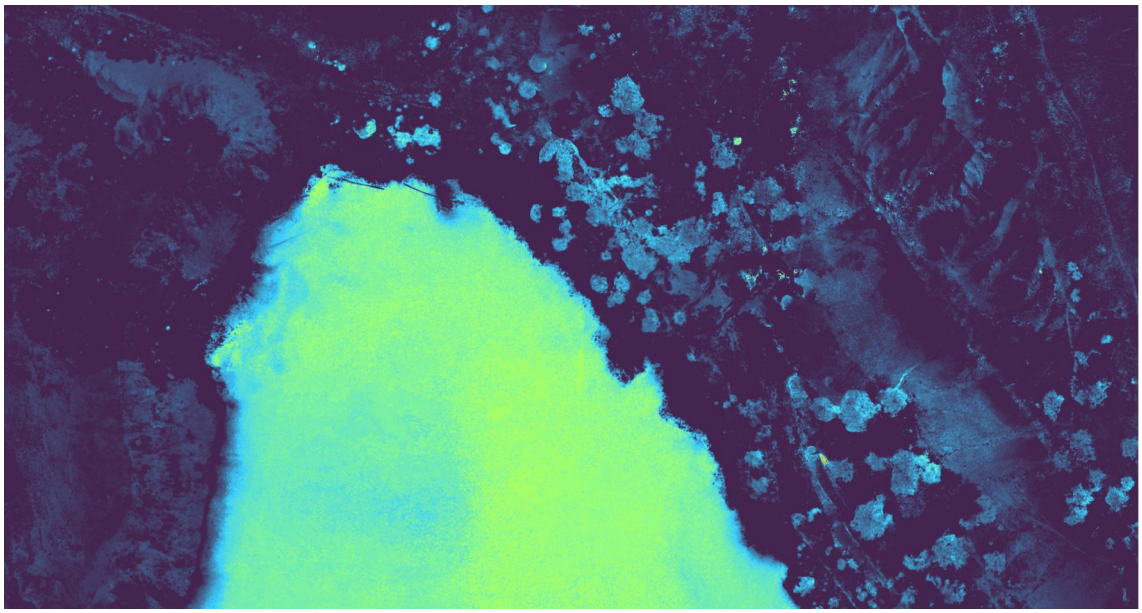
Lantmäteriet. (2020). *Otrofoto*. Landskapslabratoriet i Snogeholm strövområde, Sjöbo kommun. SWEREF 99 TM, RH 2000. Flygfoto [Kartografiskt material] Tillgänglig: https://minkarta.lantmateriet.se [2022-03-10]

Bilaga 1. Eriksdal skala 1:1500

Ortomosaik



Aspect (GDAL) av DSM. Mörkt blå: N, turkos: Ö, grön: S, cerise: V.



Vegetationsindex beräknat från ortomosaik, NGRDI: (GRÖN – RÖD) ÷ (GRÖN + RÖD)