

Prozessoptimierung: Planung Solaranlagen mittels Drohnenaufnahmen

Gegenstand dieser Technikerarbeit ist eine Prozessoptimierung für die Planung von Solaranlagen mittels Drohnenaufnahmen. Optimiert werden sollen die Schritte zur Erstellung des Dachplans. Die Grundlagendaten werden dabei mit Drohnenaufnahmen erfasst. Durch die hohe Genauigkeit dieser Aufnahmen kann die Dachfläche optimal ausgenutzt werden. Dazu werden aufgrund der Fläche und der Form des Daches die einzelnen Solarmodule möglichst platzsparend auf dem Dach eingepasst. Im bestehenden Prozess wird als Erstes eine Flugplanung erstellt; auf deren Basis löst die Drohne während des Fluges automatisch am optimalen Standort die Bildaufnahme aus. Die Drohnenbilder werden anschliessend in die Software «PIX4Dcloud» importiert und zu einer Punktwolke ausgewertet. Aus dieser Punktwolke können die Masse des Daches erhoben werden. In «SketchUp Make», einer weiteren Software, wird die für die Solaranlage zur Verfügung stehende Dachfläche anschliessend in 2D gezeichnet; danach wird die genaue Position der Solarmodule in der Dachfläche festgelegt. Der daraus entstehende Plan zeigt die Kapazität und das Aussehen der Solaranlage und wird zusammen mit der Offerte abgegeben. Mit einer alternativen Software können die Prozessschritte zum Ausmessen und dem Zeichnen des Daches eliminiert werden. Voraussetzung ist dabei, dass in der Software direkt mit der Punktwolke gearbeitet werden kann. In der vorliegenden Untersuchung wurden die Programme «Trimble Business Center» und «SketchUp Pro» getestet. Ein Vergleich der Auswertungszeiten zwischen dem alten und neuen Prozess zeigt eine deutliche Zeitersparnis mit der neuen Variante.

J. Buess

Ausgangslage

Drohnenaufnahmen liefern die Grundlagendaten, mit denen weitergearbeitet wird. Eine hohe Genauigkeit dieser Daten ist Voraussetzung dafür, dass die Dachfläche optimal ausgenutzt werden kann. Damit nach dem Flug die bestmöglichen Aufnahmen eines Objekts vorliegen, wird vorgängig eine Flugplanung erstellt.

Aktueller Prozess

Im Prozess zur Erstellung des Dachplans steht der Drohnenflug ganz am Anfang. Farblich markiert sind die Schritte, die von der Prozessoptimierung betroffen sind.

Aktuelle Software

Die Drohnenaufnahmen werden in «PIX-4Dcloud» hochgeladen und die Prozes-

sierung gestartet. Wenn die Punktwolke fertig berechnet ist, werden in «PIX4Dcloud» das Dach und alle darauf befind-

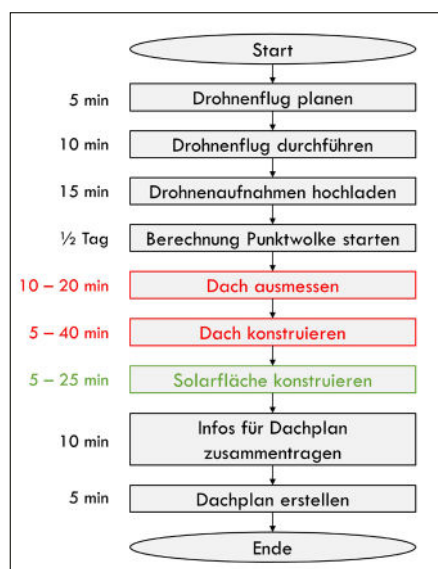


Abb. 1: Prozess zur Erstellung eines Dachplans.

lichen Objekte ausgemessen. Anhand dieser Masse wird in «SketchUp Make» die Dachfläche konstruiert und danach die Solarfläche darauf gezeichnet. Infos zum Dach und der Solaranlage werden zusammengetragen und in Powerpoint zusammen mit einem Screenshot des gezeichneten Daches eingefügt.

Dachplan

Zur Abgabe an den Kunden sowie als Arbeitsgrundlage für die ausführenden Monteure wird ein Dachplan erstellt. Darauf soll in erster Linie sichtbar sein, wie viele Solarmodule auf dem Dach Platz finden, wie die Anlage am Schluss aussieht und welche Maximalleistung sie liefern kann. Bei einem Flachdach können die Solarmodule nicht flach montiert werden, da sie sonst nur einen geringen Ertrag liefern und die Verschmutzung der Module sehr hoch ist. Deshalb werden sie auf einer Unterkonstruktion in einem Winkel von 10 Grad aufgestellt.

Getestete Software

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden die Anwendungen «Trimble Business Center» und «SketchUp Pro» anhand der Daten von vier Musterobjekten getestet.

Grundlagendaten

Zum Testen der Software wurde in «PIX-4Dcloud» die Punktwolke als LAS- bzw. LAZ-Datei heruntergeladen. Die vier verwendeten Beispieldatensätze decken fast jeden Anwendungsfall ab – Flachdächer und Schrägdächer, einfache Dachflächen und nicht rechtwinklige Grundrisse sowie Dächer mit vielen Einschnitten, Ausparungen und hervorstehenden Dachelementen.

«Trimble Business Center» und «SketchUp Pro»

Das Vorgehen in beiden Programmen war ähnlich. Zur Auswertung diente der bestehende Dachplan als Vorlage. Da direkt mit der Punktwolke gearbeitet wurde, musste die Form des Daches nicht extra konstruiert werden. Bei den Flachdächern konnte somit direkt ein erstes Solarmodul anhand der Masse des Herstellers konst-

PV-Anlage alte Anglikerstrasse 21, 5610 Wohlen



Abb. 2: Beispiel eines Dachplans, wie er an Kunden und Monteure abgegeben wird.

ruiert, ausgerichtet und kopiert werden. Zum Schluss wurde die Solarfläche mit einer Schraffur eingefärbt.

Bei den Schrägdächern gab es unterschiedliche Auswertungsmethoden. In «Trimble Business Center» musste zuerst eine Schnittebene erstellt werden, danach öffnete sich ein separates Ansichtsfenster. In diesem konnten die Module wie beim Flachdach gezeichnet werden und waren dann direkt auf die Dachfläche ausgerichtet. Drehen und Kopieren der Module war wie beim Flachdach möglich; eine Schraffur konnte jedoch nicht erstellt werden. In «SketchUp Pro» mussten die Zeichnungsachsen zuerst auf die Dachfläche angepasst werden. Danach konnte das erste Modul auf die Dachfläche ausgerichtet gezeichnet werden. Drehen, Kopieren und Einfärben der Module war genau wie beim Flachdach möglich.

Neuer Prozess

Mit dem neuen Prozess wurden die beiden Schritte zum Ausmessen und Konstruieren des Daches eliminiert. Das Konstruieren der Solarfläche ist direkt auf der importierten Punktwolke möglich.

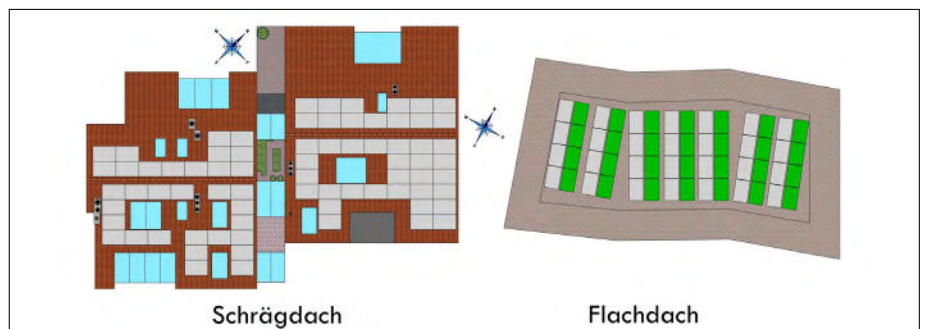


Abb. 3: Dachpläne zweier Testobjekte.

Vergleich Software

Um beurteilen zu können, ob auch eine zeitliche Prozessoptimierung erreicht wird, wurden die Auswertungszeiten gestoppt und mit der bisherigen Auswertungsvariante verglichen. Eine Auswertung mit

«SketchUp Make» setzt voraus, dass Massangaben aus «PIX4Dcloud» vorhanden sind; die Erstellung dieser Masse wurde deshalb bei der Auswertungszeit mit einberechnet.

Objekt	SketchUp Make 2017 (bisher)	Trimble Business Center	SketchUp Pro
Flachdach, Oberwil-Lieli	19 min	11 min	9 min
Schrägdach, Horgen	1 h 25 min	33 min (ohne Schraffur)	23 min
Flachdach, Wohlen	48 min	30 min	20 min
Schrägdach, Wohlen	38 min	10 min (ohne Schraffur)	8 min

Tab. 1: Vergleich Auswertungszeiten.



Abb. 4: Beispiel eines Dachplans aus «SketchUp Pro».

Dieses Resultat zeigt, dass eine deutliche Zeitreduktion (10–62 min) durch die Konstruktion direkt auf der Punktwolke erreicht wird. Am effizientesten konnte mit «SketchUp Pro» gearbeitet werden – Schraffierung ausgewählter Flächen inklusive. Neben der Zeitreduktion bietet

das Zeichnen direkt auf der Punktwolke einen weiteren Vorteil: Der Zeichner befasst sich genauer mit der Punktwolke. Dadurch werden Details besser wahrgenommen und es ist wahrscheinlicher, dass der Plan ohne Korrekturen während der Montage umgesetzt werden kann.

Fazit

«SketchUp Pro» bietet alle notwendigen Tools für ein effizientes Arbeiten und ist ausserdem sehr einfach zu bedienen. Da in der Unternehmung zudem bereits Kenntnisse von «SketchUp»-Produkten vorhanden sind und somit die Gewöhnungszeit an eine neue Software kürzer ist, wird empfohlen, künftig diese Software für die Erstellung von Dachplänen zu verwenden.

Janine Buess
Luca Dastoli
IBW Installationen AG
Steingasse 31
CH-5610 Wohlen
buess.janine@ibw.ag
dastoli.luca@ibw.ag

Optimisation des processus: planification d'installations solaires à l'aide de prises de vue effectuées par drone

Ce travail a pour objet l'optimisation des processus de planification d'installations solaires à l'aide d'informations collectées par drone. L'amélioration vise avant tout la création du plan de toiture. À cette fin, on collecte les données terrestres de base par drone. L'extrême précision de ces prises de vues garantit l'utilisation idéale de la surface du toit. Les différents panneaux solaires sont ajustés à la surface et à la forme du toit, puis implantés de manière à occuper le moins d'espace possible. Le processus actuel de travail prévoit en premier lieu l'établissement d'un plan de vol. Il servira de base au drone pour déclencher automatiquement la saisie à l'emplacement optimal pendant le vol. Les images capturées par drone sont ensuite importées dans le logiciel «PIX4Dcloud», puis transformées en nuage de points. Ce nuage de points sert ensuite à calculer les mesures du toit. «SketchUp Make», un autre programme de modélisation, permet ensuite de dessiner en 2 D la superficie du toit disponible pour accueillir l'installation solaire. Puis la position exacte des différents éléments est déterminée sur la surface du toit. Il en résulte un plan qui indique la capacité et l'apparence de l'installation solaire. Ce plan est joint au devis. On peut éliminer les étapes de mesure et de croquis du toit en utilisant un programme alternatif, à condition de pouvoir travailler directement sur le nuage de points dans le logiciel. Pour la présente étude, les tests ont porté sur «Trimble Business Center» et «SketchUp Pro». En comparant les durées d'évaluation respectifs de l'ancien et du nouveau processus, il apparaît que l'emploi de ces nouveaux logiciels offre un gain de temps considérable.

J. Buess

Contexte

Les données de terrain livrées par les drones servent de base de travail. Elles doivent donc être extrêmement précises pour permettre l'utilisation optimale de la surface du toit. Pour garantir la meilleure capture possible d'un objet, un plan de vol est établi au préalable.

Processus actuel

Le vol du drone constitue la toute première étape de l'élaboration du plan de toit. Dans le schéma suivant, les différentes étapes visées par l'optimisation des processus apparaissent en couleur.

Logiciel actuel

Les clichés aériens réalisés par drone sont chargés dans «PIX4Dcloud», puis le traitement est lancé. Une fois que le nuage de points a été calculé, les mesures du toit et de tous les objets sont effectuées avec «PIX4Dcloud». On modélise la surface du toit dans «SketchUp Make». La surface solaire du toit est ensuite dessi-

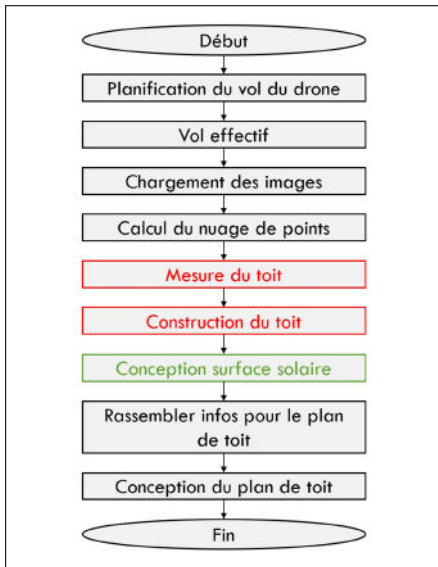


Fig. 1: Etapes de conception du plan de toit.

née. Les informations relatives au toit et à l'installation solaire sont rassemblées puis insérées avec une capture d'écran du toit dessiné dans un document PowerPoint.

Plan de toit

Un plan de toit est créé et remis au client. Il servira également de document de

travail au monteur. Ce document vise avant tout à faire apparaître le nombre de panneaux solaires que le toit peut accueillir, l'apparence finale de l'installation et la puissance crête qu'elle peut délivrer. Il est impossible d'installer des panneaux solaires tels quels sur un toit plat: le rendement serait très faible et les modules se saliraient beaucoup. C'est pourquoi on les pose sur un châssis (inclinaison à 10 degrés).

Logiciels testés

Deux solutions de CAO, «Trimble Business Center» et «SketchUp Pro», ont été testées sur quatre objets échantillons.

Données de base

Pour tester le logiciel, le nuage de points a été téléchargé dans «PIX4Dcloud» au format LAZ et LAS. Les quatre jeux de données utilisées comme exemples couvrent presque tous les cas d'application: toits plats, toits inclinés, surfaces de toit simples et plans non rectangulaires ainsi que les toits qui comportent de nombreuses découpes, ouvertures et autres éléments saillants.

«Trimble Business Center» et «SketchUp Pro»

Le procédé est similaire pour les deux programmes. Dans les deux cas, le plan de toit existant a servi de modèle pour l'évaluation. Le travail ayant été effectué directement à partir du nuage de points, l'étape de conception du toit devenait superflue. Pour les toits plats inclinés, un premier panneau solaire a ainsi été construit, aligné et copié directement à partir des mesures du fabricant. Pour finir, la surface disponible pour la surface solaire a été matérialisée par des hachures. Pour les toits inclinés, différentes méthodes d'évaluation ont été appliquées. Dans «Trimble Business Center», il a d'abord fallu créer un plan sécant, puis une fenêtre séparée s'est ouverte. Les modules ont été dessinés dans cette fenêtre. Ils étaient orientés directement sur la surface du toit comme pour un toit plat et il était possible de faire pivoter et de copier les modules. En revanche, insérer des hachures ne l'était pas. Dans «SketchUp Pro», les axes de dessin ont d'abord dû être ajustés à la surface du toit. Une fois l'ajustement effectué, le premier module a pu être dessiné en l'orientant

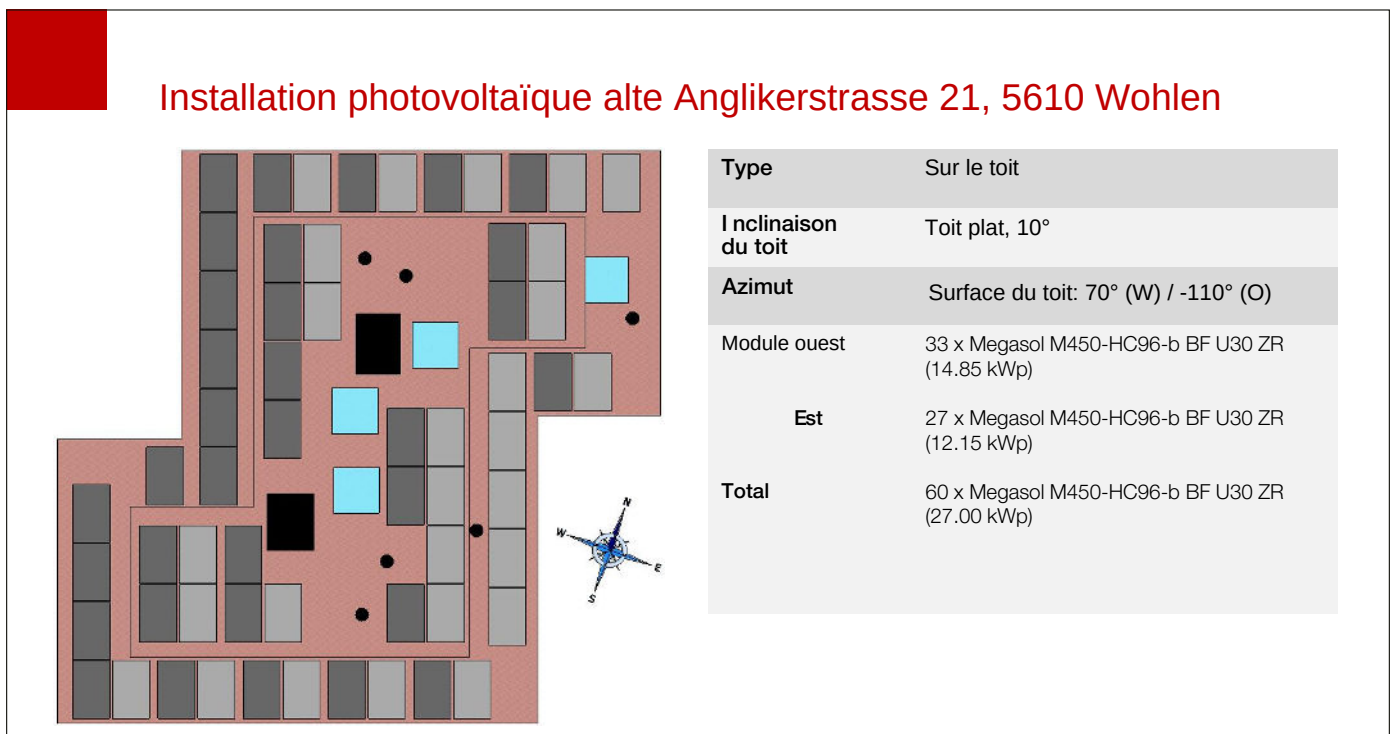


Fig. 2: Exemple de plan de toit transmis au client et aux monteurs.

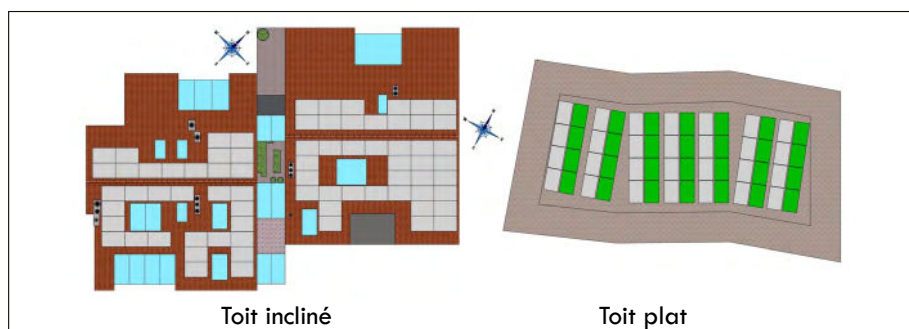


Fig. 3: Plans de toit de deux objets échantillons.



Fig. 4: Exemple de plan de toit avec «SketchUp Pro».

Objet	SketchUp Make 2017 (version gratuite)	Trimble Business Center	SketchUp Pro
Toit plat, Oberwil-Lieli	19 min	11 min	9 min
Toit incliné, Horgen	1 h 25 min	33 min (sans hachures)	23 min
Toit plat, Wohlen	48 min	30 min	20 min
Toit incliné, Wohlen	38 min	10 min (sans hachures)	8 min

Tab. 1: Comparaison des temps d'évaluation.

sur la surface du toit. Là aussi, il est possible de faire pivoter, copier et colorer les modules exactement comme pour le toit plat.

Nouveau processus

Le nouveau processus a permis d'éliminer deux étapes: la prise de mesures et la

construction du toit. En outre, la construction de la surface solaire peut se faire directement sur le nuage de points importé.

Comparaison des deux logiciels

Afin d'évaluer l'éventuel gain de temps, les temps d'évaluation ont été arrêtés afin de les comparer avec les variantes d'ana-

lyse connues jusqu'ici. Pour effectuer une évaluation avec «SketchUp Make», les dimensions doivent être disponibles dans «PIX4Dcloud». Cette étape de création a donc été intégrée dans le temps global d'évaluation.

Ce résultat montre que l'intervention directe sur le nuage de points réduit considérablement le temps d'évaluation (10–62 min). C'est avec «SketchUp Pro» que le travail est le plus efficace – y compris pour les hachures de certaines surfaces. Outre le gain de temps, la possibilité de dessiner directement sur le nuage de points présente un autre avantage: le dessinateur porte plus d'attention au nuage de points. Il perçoit mieux les détails, ce qui accroît les chances de pouvoir mettre en œuvre le projet sans corrections au moment du montage.

Conclusion

«SketchUp Pro» offre toutes les fonctionnalités nécessaires pour travailler efficacement. Il est par ailleurs très simple d'utilisation. Comme l'entreprise connaît déjà l'environnement «SketchUp» et ses produits, l'adoption d'un nouveau logiciel est plus rapide. À l'avenir, il est donc recommandé d'utiliser ce logiciel de modélisation pour les plans de toit.

Janine Buess
Luca Dastoli
IBW Installationen AG
Steingasse 31
CH-5610 Wohlen
buess.janine@ibw.ag
dastoli.luca@ibw.ag

Ottimizzazione dei processi: progettazione degli impianti solari tramite le riprese effettuate con droni

L'oggetto di questo lavoro di diploma consiste nell'ottimizzazione dei processi per la progettazione di impianti solari tramite le riprese effettuate con droni. Concretamente si tratta di ottimizzare le fasi di approntamento del piano di copertura. I dati di base sono raccolti tramite le riprese realizzate dai droni. Grazie all'elevata precisione di queste riprese, la superficie del tetto può essere sfruttata in modo ottimale. Inoltre, a dipendenza della forma e dell'estensione del tetto, i pannelli solari sono posizionati in modo da occupare meno spazio possibile. Nel processo attuale si procede dapprima a creare un piano di volo in base al quale il drone attiva automaticamente l'acquisizione dell'immagine nella posizione ottimale durante il volo. Le immagini del drone sono in seguito importate nel software PIX4Dcloud e valutate in una nuvola di punti da cui, in un secondo tempo, si determinerà la massa del tetto. Ricorrendo a un altro software (SketchUp Make) si disegna in 2D la superficie del tetto disponibile per l'impianto solare e si provvede a determinare la posizione esatta dei pannelli solari sulla superficie del tetto. Insieme all'offerta si allega quindi il piano risultante che illustra la capacità e la conformazione dell'impianto solare. Un software alternativo permette di eliminare le fasi relative alla misurazione e all'allestimento grafico del tetto. Al riguardo, va soddisfatto il prerequisito che il software lavori direttamente con la nuvola di punti. In questo lavoro di diploma sono stati testati i programmi Trimble Business Center e SketchUp Pro. Un confronto dei tempi di valutazione tra il vecchio e il nuovo processo mostra un notevole risparmio di tempo con la nuova variante.

J. Buess

Situazione di partenza

Le riprese effettuate con i droni forniscono i dati di base su cui sono improntate le fasi successive. L'elevata precisione di questi dati è un prerequisito per ottimizzare lo sfruttamento della superficie del tetto. La pianificazione del volo avviene all'inizio del processo per avere le migliori immagini possibili di un oggetto.

Processo attuale

Il processo di stesura del piano generale prevede che il volo dei droni sia la primissima cosa da fare. Le parti a colori rappresentano le fasi toccate dall'ottimizzazione del processo.

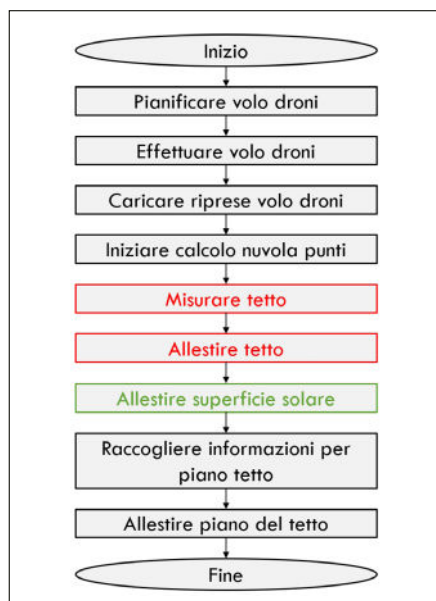


Fig. 1: Processo di approntamento di un piano per il tetto.

Software attuale

Le immagini dei droni sono caricate su PIX4Dcloud e il processo viene lanciato. Una volta calcolata la nuvola di punti, si provvede a misurare in PIX4Dcloud il tetto e tutti gli oggetti collocati su di esso. Utilizzando queste misure, la superficie del tetto è allestita in SketchUp Make e in seguito vi si disegna sopra la superficie dei pannelli solari. Infine si aggregano le informazioni relative al tetto e all'impianto solare e le si inseriscono in un PowerPoint insieme a uno screenshot del tetto disegnato.

Piano del tetto

A questo punto si allestisce un piano del tetto da consegnare al cliente che funge anche da documento di lavoro per gli installatori. Su tale piano devono essere specificati il numero di pannelli solari che saranno posati sul tetto, la configurazione finale dell'impianto e la potenza massima erogabile. Nel caso di un tetto piano, i pannelli solari non vanno installati orizzontalmente poiché questo porterebbe a una resa limitata e grande imbrattamento degli stessi. Di conseguenza, li si posizionano su una sottostruttura con un angolo di 10 gradi.

Software testati

Per questo lavoro di diploma si sono testate le applicazioni Trimble Business Center e SketchUp Pro in base ai dati di quattro oggetti campione.

Dati di base

Per testare il software si è scaricata la nuvola di punti in PIX4Dcloud come file LAS o LAZ. I quattro set di dati utilizzati come campione coprono quasi ogni applicazione: tetti piani e tetti a falda, superfici del tetto semplici e planimetrie non perpendicolari, nonché tetti con molti incavi e rientranze oppure elementi del tetto sporgenti.

Trimble Business Center e SketchUp Pro

Il processo in entrambi i programmi era simile. Il piano del tetto esistente è stato

Impianto fotovoltaico alte Anglikerstrasse 21, 5610 Wohlen

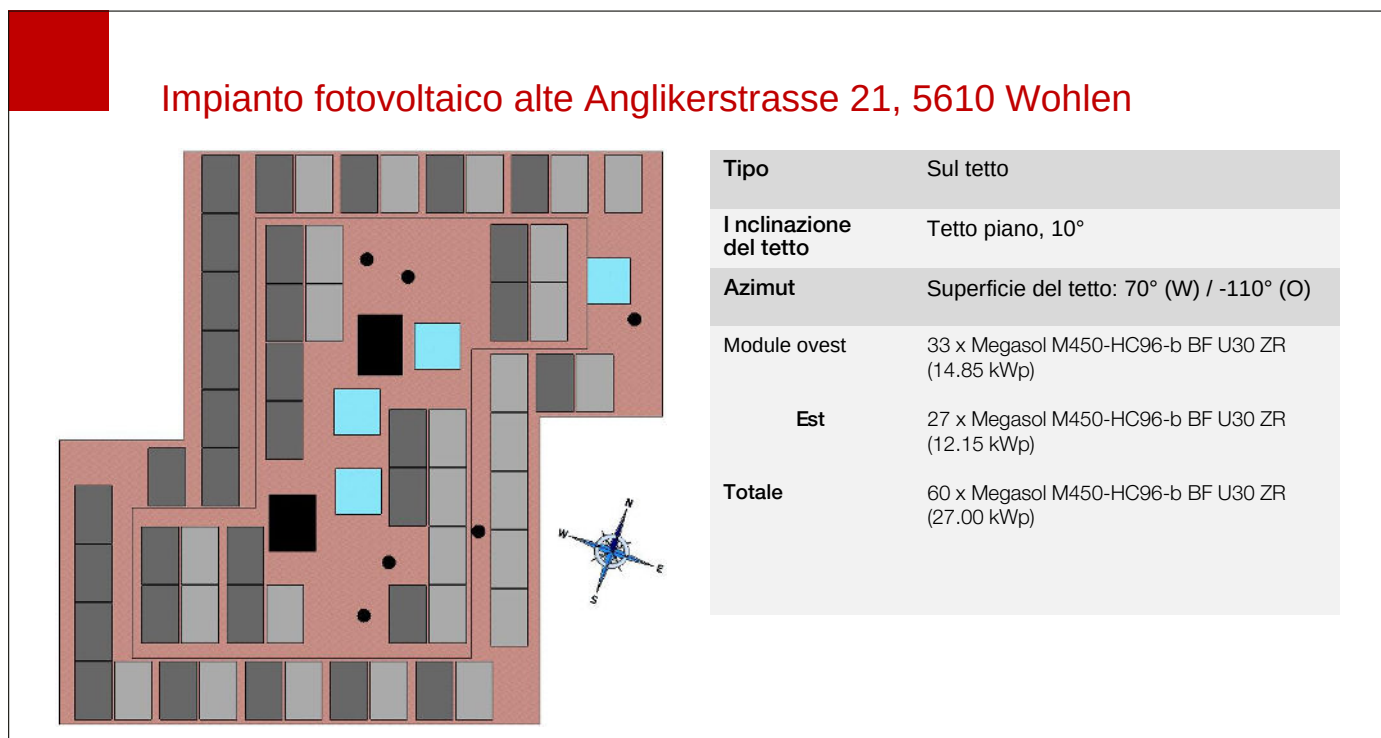


Fig. 2: Esempio di un piano del tetto consegnato a clienti e installatori.

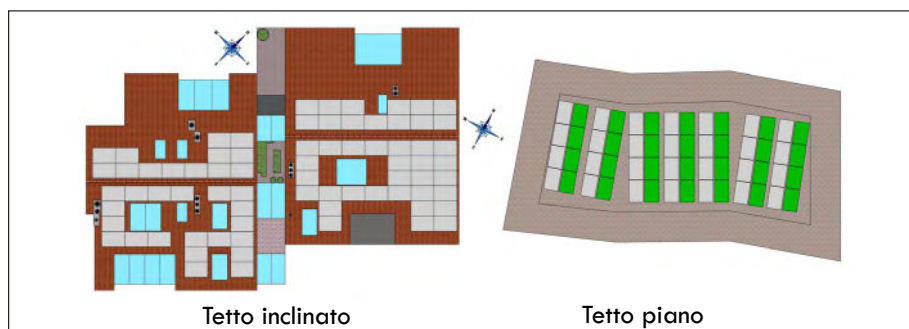


Fig. 3: Piani del tetto di due oggetti campione.



Fig. 4: Esempio di un piano del tetto tratto da SketchUp Pro.

utilizzato come modello per la valutazione. Lavorando direttamente sulla nuvola di punti, non si è rivelato necessario alle-

stire additionally la forma del tetto. Per quanto riguarda i tetti piani, è stato quindi possibile progettare, allineare e

copiare direttamente un primo pannello solare in base alle dimensioni del produttore. Infine, la superficie dei pannelli solari è stata colorata con un tratteggio.

Per i tetti a falda si disponeva di diversi metodi di valutazione. In Trimble Business Center è stato dapprima necessario creare un piano di sezione, dopodiché si è aperta una finestra di visualizzazione separata. In quest'ultima i moduli sono stati disegnati come per il tetto piano e quindi allineati direttamente alla superficie del tetto. È stato possibile ruotare e copiare i moduli allo stesso modo del tetto piano, senza pertanto riuscire a creare un tratteggio.

In SketchUp Pro gli assi del disegno dovevano prima essere adattati alla superficie del tetto. Successivamente è stato possibile realizzare il primo modulo allineato alla superficie del tetto. I moduli potevano essere ruotati, copiati e colorati esattamente come si era fatto con il tetto piano.

Nuovo processo

Il nuovo processo ha consentito di eliminare le due fasi di misurazione e allesti-

mento del tetto. La superficie dei pannelli solari è realizzabile direttamente sulla nuvola di punti importata.

I software a confronto

Per verificare se è stata ottenuta un'ottimizzazione nella tempistica di realizzazione del processo, i tempi di valutazione sono stati misurati e confrontati con quelli della variante precedente. Una valutazione con SketchUp Make presuppone che si disponga dei dati di misurazione presenti su PIX4Dcloud e quindi l'allestimento di questa misurazione è stata inclusa nel tempo di valutazione.

Questo risultato dimostra che lavorando direttamente nella nuvola di punti si arriva a una significativa riduzione del tempo (tra 10 e 62 minuti). Si è riusciti a lavorare più efficientemente con SketchUp Pro, compreso il tratteggio delle superfici selezionate. Oltre alla riduzione del tempo, il disegno direttamente sulla nuvola di punti offre un altro vantaggio: il disegnatore si occupa in modo più dettagliato della nuvola di punti. Di conseguenza, i dettagli sono percepiti meglio e così aumenta la probabilità che il piano possa essere realizzato senza correzioni durante la posa.

Conclusione

SketchUp Pro offre tutti gli strumenti necessari per un lavoro efficiente ed è anche molto semplice da usare. Visto che in azienda si conoscono già i prodotti SketchUp sarà quindi necessario meno tempo per familiarizzare con il nuovo software. Di conseguenza, in futuro si raccomanda di utilizzare questo software per la creazione dei piani dei tetti.

Oggetto	SketchUp Make 2017 (finora)	Trimble Business Center	SketchUp Pro
Tetto piano, Oberwil-Lieli	19 min	11 min	9 min
Tetto a falda, Horgen	1 h 25 min	33 min (senza tratteggio)	23 min
Tetto piano, Wohlen	48 min	30 min	20 min
Tetto a falda, Wohlen	38 min	10 min (senza tratteggio)	8 min

Tab. 1: Confronto dei tempi di valutazione.

Janine Buess
 Luca Dastoli
 IBW Installationen AG
 Steingasse 31
 CH-5610 Wohlen
 buess.janine@ibw.ag
 dastoli.luca@ibw.ag