

Zeitschrift: Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement =
Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire =
Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio

Herausgeber: geosuisse : Schweizerischer Verband für Geomatik und
Landmanagement

Band: 120 (2022)

Heft: 11-12

Artikel: Auswirkungen der Sonneneinstrahlung auf die Strassenmöbilierung und
daran montierte Fixpunkte = Impact du rayonnement solaire sur le
mobilier urbain et les points fixes = Impatto dell'irradiazione solare
sull'arredo urbano e sui punti fissi ivi installati

Autor: Müller, Andreas

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1036563>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 01.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Auswirkungen der Sonneneinstrahlung auf die Strassenmöblierung und daran montierte Fixpunkte

In der Vermessung werden häufig lokale und zweckmässige Fixpunkte gebraucht. Hier kommen sogenannte Strassenmöbel wie z. B. Kandelaber, Masten und Verkehrstafeln ins Spiel. Diese bieten sich an, um daran temporäre Fixpunkte in beliebiger Höhe und Richtung zu montieren. Diese Vorgehensweise hat sich etabliert, da sie viele Vorteile aufweist: Diese Strassenmöbel stehen meistens zahlreich und in regelmässigen Abständen auf öffentlichem Grund und sind frei zugänglich. Somit sind Sichthindernisse wie Bauwände, Autos, Hecken usw. kein Problem und die freie Sicht vom Tachymeter zu den Fixpunkten ist gewährleistet. Als Vermesser ist man dadurch bei wiederkehrenden Messeinsätzen ausreichend flexibel. Der Nachteil ist jedoch, dass solche Strassenmöbel relativ instabil sind. Im Alltag als Geomatiker konnte ich beobachten, dass sich Fixpunkte an Kandelabern, Masten usw. stärker bewegen, je höher sie montiert sind. Ausserdem stellte ich mehrmals fest, dass sie sich in die entgegengesetzte Richtung, aus der die Sonne schien, bewegten.

A. Müller

Ziele

Mithilfe von tachymetrischen Messungen wollte ich untersuchen, wie stark sich diese metallischen Objekte unter Einfluss der Sonneneinstrahlung bewegen können. Ziel war es, bei den einzelnen Messpunkten die Verschiebungen in der Lage auf 1–2 Millimeter genau zu erfassen. Als Testobjekte dienten neun typische Strassenmöbel, die auch in der Bau- und Ingenieurvermessung als Träger von Fixpunkten genutzt werden. Bei der Auswahl war darauf zu achten, dass es keine Schattenwürfe auf die Strassenmöbel geben konnte. Diese hätten die Resultate verfälschen können. Grundsätzlich wurde bei jedem Objekt von unten nach oben im Abstand von einem Meter ein Messpunkt bis max. 5 m über Boden definiert. Die Nullmessung musste ohne Sonneneinstrahlung erfolgen, also in den frühen Morgenstunden und am besten bei Bewölkung. Mithilfe von zwei Folgemessungen zu unterschiedlichen Tageszeiten und

somit bei verschiedenen Sonnenständen wurden die Verschiebungen gemessen. Die Erkenntnisse sollten Klarheit schaffen und bei künftigen Vermessungsprojekten helfen, die Fixpunkte entsprechend den Genauigkeitsanforderungen richtig zu platzieren.

Umsetzung

Diese Messpunkte wurden im Optimalfall in Form einer Halterung für Rundprismen und Bireflex-Targets (Folienhalter) an den Masten befestigt (Abb. 1). Ich beschränkte mich auf insgesamt sechs solche Masthalterungen, da der Aufwand sonst zu gross gewesen wäre. Alternativ verwendete ich selbstklebende Zielmarken dort, wo die Montage einer Prismenhalterung nicht möglich oder sinnvoll war. Als letzte Option erfolgten die Messungen reflektorlos direkt auf die Objekte. Diese Methode kam hauptsächlich zum Zug, da sie am schnellsten und einfachsten war. Die Standpunkte des Instruments sowie die Anschlusspunkte wurden am Boden mit Nägeln versichert. Bis auf die reflektorlosen Messungen habe ich alle Punkte

in zwei Fernrohrlagen und von zwei unterschiedlichen Standorten gemessen, um die Genauigkeit und die Zuverlässigkeit zu erhöhen.

Die Nullmessungen fanden in den frühen Morgenstunden bei Bewölkung ohne Einfluss der Sonne statt. Auch andere Einflüsse wie Wind oder die Einwirkung mechanischer Kräfte konnte ich ausschliessen. Die Temperaturen lagen zwischen 0 und 10 Grad.

Für die Bestimmung der Verschiebungen machte ich an zwei schönen Tagen mit genügend Sonneneinstrahlung je eine Folgemessung. So konnte ich jedes Testobjekt zu zwei unterschiedlichen Tageszeiten und somit Sonneneinstrahlungen aus unterschiedlichen Richtungen untersuchen. Bei der ersten Folgemessung lagen die Temperaturen ganztägig unter null, bei der zweiten bei 10 bis 15 Grad. Der grosse Temperaturunterschied hatte dabei keinen sichtlichen Einfluss auf die Ergebnisse.

Die Messungen konnte ich danach mittels Excel auswerten und die Ergebnisse numerisch und grafisch darstellen. Um bei der Auswertung die Richtung der Sonneneinstrahlung zum jeweiligen Zeitpunkt der Messung zu beachten, verwendete ich die Azimutangaben der Webseite «www.sonnenverlauf.de». So konnte ich für jedes Testobjekt die Differenzen von der Null- zu den beiden Folgemessungen vergleichen.

Ergebnisse

Als erstes Objekt wählte ich einen rechteckigen Mast mit Ausleger aus (Abb. 2). Die beiden Folgemessungen zur Mittagszeit und am Nachmittag zeigten dasselbe eindeutige Bild: Trotz der stabil wirkenden Form neigte sich dieser Mast immer genau von der Sonne weg. In 5 m Höhe machte das dann 7 mm Bewegung in der Lage aus.

Das nächste Objekt ist eine 3 m hohe Verkehrstafel. Wieder gab es Messungen zu unterschiedlichen Tageszeiten. Das Ergebnis fiel nicht so eindeutig aus, dennoch ist der Trend erkennbar. In 3 m Höhe ergab das 2 mm Verschiebung in Richtung Schatten.

Bei einem grossen und massiven runden Masten sah die erste Folgemessung um die Mittagszeit wie beim ersten Objekt aus: 7 mm Bewegung in 5 m Höhe. Die zweite Folgemessung konnte ich kurz vor Sonnenuntergang durchführen. Die Verbiegung des Kandelabers war zu dem Zeitpunkt nur noch halb so stark. Im Umkehrschluss heisst das, sobald die Sonne nicht mehr darauf scheint, können sich die Strassenmöbel schnell wieder in ihre ursprüngliche Position ausrichten. Bei einem runden Mast mit Seilauflhängung für die Fahrleitung der VBZ zeigte sich am Mittag eine Bewegung von 5 mm in 5 m Höhe, beim Sonnenuntergang war es gerade noch 1 mm. Möglicherweise bremste die Seilauflhängung diese Bewegung im Vergleich zu den anderen Masten. Nun kommen wir zu einem klassischen Kandelaber, wie er überall anzutreffen ist (Abb. 3). Das Ergebnis ist 9–11 mm Differenz auf 4 m Höhe am Mittag (Abb. 4). Bei keinem anderen Testobjekt gab es einen höheren Wert. Bei der Folgemessung kurz vor Sonnenuntergang zeigte sich dann wieder ein markanter Rückgang der Werte. Erstaunlich waren die Messungen bei einer Fahnenstange aus Aluminium. Bis



Abb. 2: Rechteckiger Mast mit Ausleger.
 Fig. 2: Mât rectangulaire avec potence.
 Fig. 2: Palo a sezione rettangolare con braccio.

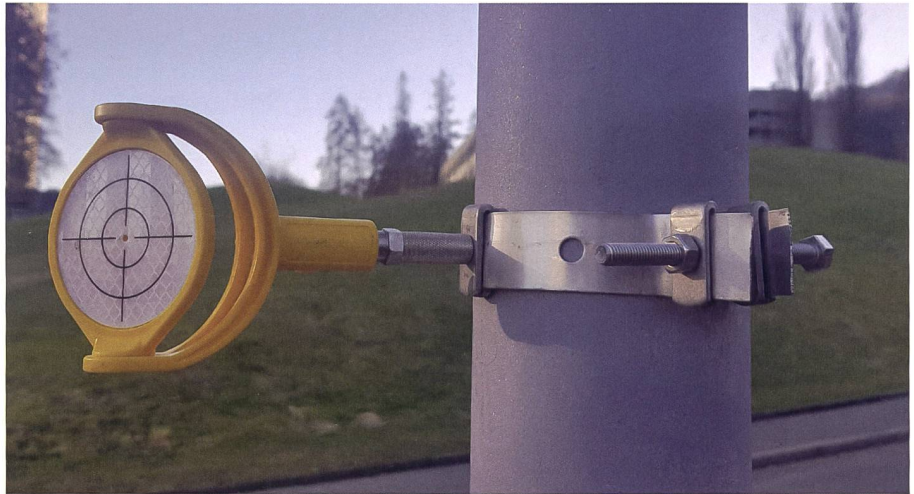


Abb. 1: Bireflex-Target mittels Halterung an Kandelaber befestigt.
 Fig. 1: Cible Bireflex fixée au candélabre à l'aide d'un support.
 Fig. 1: Bi-reflex target fissato con supporto al candelabro.

auf 5 m Höhe traten keine erkennbaren Bewegungen auf. Vermutlich wegen der viel besseren Wärmeleitfähigkeit von Aluminium gegenüber Stahl fand keine einseitige, sondern eine gleichmässige Erwärmung durch die Sonne statt. Somit konnte es vermutlich keine messbare Verformung geben.

Bei einem Infoständer der VBZ konnte ich in 3 m Höhe eine Verschiebung um bis zu 7 mm messen (Abb. 5). Nebenan steht eine solide 2.3 m hohe Wartehalle. Wie erwartet, tat sich bei diesem Objekt nicht viel, wobei mit 1.4 mm Bewegung eine Tendenz erkennbar war.

Das letzte Testobjekt war ein Kandelaber im Schatten. Er diente mir zum Vergleich mit den Kandelabern in der Sonne. Unter Berücksichtigung der Messgenauigkeit traten bis auf 5 m Höhe keine Verschiebungen auf.

Fazit und Schlussfolgerungen

Die verschiedenen Messmethoden an unterschiedlichen Testobjekten zeigen ein klares Bild. Auch massive Stahlmasten bewegen sich unter dem Einfluss der Sonne. Dabei zeigen die Verschiebungen immer in die entgegengesetzte Richtung, aus der die Sonne scheint. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die einseitige Erwärmung der Strassenmöbel durch die

Sonne eine Verbiegung ebenjener verursachen kann. Denn die Temperaturdifferenzen zwischen den Sonnen- und Schattenseiten der metallischen Masten führen zu nicht gleichmässigen Längenausdehnungen. Nach meinen Erfahrungen spielt die Sonneneinstrahlung wohl eine bedeutende Rolle bei den Schwankungen von metallischen Strassenmöbeln und daran montierten Fixpunkten.

Für die Praxis bedeutet das: Wenn möglich auf die Montage von Fixpunkten an Strassenmöbeln verzichten, ausser sie müssen nicht besonders stabil sein. Ansonsten sollten die Punkte möglichst tief angebracht werden, die Schwankungen können $\pm(0.5\text{--}2.5\text{ mm})$ pro Meter über Boden betragen.

Nach Abschluss meiner Projektarbeit im Winter machte ich im Sommer bei 20 bis 25 Grad noch eine dritte Folgemessung. Die gemessenen Verschiebungen waren nur etwa halb so gross wie im Winter. Offenbar ist der untersuchte Effekt bei hohen Temperaturen weniger stark ausgeprägt.

Andreas Müller
 Geomatiktechniker FA
 geometrie plus ag
 Mühlezelgstrasse 15
 CH-8047 Zürich
 mueller@geometrieplus.ch

Impact du rayonnement solaire sur le mobilier urbain et les points fixes

Dans le domaine de la mensuration, on recourt souvent à des points fixes montés localement de manière ciblée. À cet égard, les éléments de mobilier urbain (candélabres, mâts ou panneaux routiers) peuvent s'avérer très utiles: on peut y installer temporairement des points fixes à n'importe quelle hauteur et dans n'importe quelle direction. Cette pratique est très répandue, car elle présente plusieurs avantages: généralement nombreux, ces éléments de mobilier se trouvent à intervalles réguliers dans l'espace public et sont accessibles librement. Le géomètre dispose donc d'une flexibilité suffisante pour ses missions de mesures récurrentes, car les voitures, murs ou autres haies n'entravent plus la saisie des points fixes par le tachéomètre. Néanmoins, ces éléments de mobilier sont relativement instables. Dans mon travail de géomaticien, j'ai ainsi pu observer que plus les points fixes sont montés en hauteur sur des candélabres ou des mâts, plus ils bougent. En outre, j'ai maintes fois constaté qu'ils bougeaient dans la direction opposée à celle d'où le soleil brillait.

A. Müller

Objectifs de l'étude

Je souhaitais évaluer l'impact du rayonnement solaire sur le mouvement de ces éléments métalliques en m'appuyant sur des mesures tachymétriques. L'objectif était de saisir les déplacements avec une précision d'un à deux millimètres pour les différents points de mesure.

J'ai sélectionné neuf éléments typiques de mobilier urbain, souvent utilisés comme support de points fixes dans les relevés de construction et d'ingénierie, pour servir d'objets-tests en veillant à ce qu'aucune ombre ne puisse tomber sur ces éléments, car les résultats auraient pu être faussés. Pour chaque objet, un point de mesure a été défini, de bas en haut, à un 1 m d'intervalle, jusqu'à 5 m maximum au-dessus du sol.

La mesure initiale (réglage de zéro) devait se faire sans rayonnement solaire, donc tôt le matin, et de préférence par temps nuageux. Deux mesures consécutives à différents moments de la journée avec une position du soleil variable devaient permettre de calculer les décalages.

Les connaissances acquises devraient apporter plus de clarté et aider les opérateurs à placer les points fixes conformément aux exigences de précision lors de futurs projets de mensuration.

Réalisation

Dans le meilleur des cas, les points de mesure fixés aux mâts avaient la forme de supports pour les prismes ronds et les cibles Bireflex (supports de feuilles) (Fig. 1). Au total, je me suis limité à six supports de mât de ce type. En choisir plus m'aurait demandé trop de temps. Quand le montage du support de prisme était impossible ou ne présentait aucun intérêt, j'ai utilisé des cibles réfléchissantes auto-adhésives. En dernier recours, les mesures ont été effectuées sans réflecteur, directement sur les objets. C'était le scénario le plus fréquent, car les mesures sans réflecteur sont les plus rapides et les plus simples.

Le trépied de l'instrument ainsi que les points de connexion étaient fixés au sol avec des clous. Sauf pour les mesures sans réflecteur, tous les points ont été mesurés de deux endroits différents et dans deux positions de lunette pour gagner en précision et en fiabilité.

La mesure initiale a été exécutée tôt le matin, par temps nuageux et sans aucune influence du soleil. J'ai également exclu d'autres facteurs comme l'impact du vent ou l'effet de certaines forces mécaniques. Les températures se situaient entre zéro et dix degrés.

Pour calculer les déplacements, j'ai consacré deux belles journées ensoleillées à faire le suivi en effectuant un relevé par jour. J'ai ainsi pu observer chaque objet-test à deux moments de la journée, avec des rayons de soleil provenant de différentes directions. Lors du premier relevé de suivi, les températures sont restées négatives toute la journée; lors du second, elles oscillaient entre dix et quinze degrés. Cette forte différence de température n'a eu aucun impact notable sur les résultats.

J'ai ensuite intégré ces mesures dans un tableur Excel et représenté les résultats sous forme numérique et graphique. Pour connaître la direction du rayonnement solaire au moment de la mesure, j'ai exploité les azimuts figurant sur le site «www.sonnenverlauf.de». Ainsi, pour chaque objet-test, j'ai comparé les différences entre la mesure initiale et les deux mesures successives.

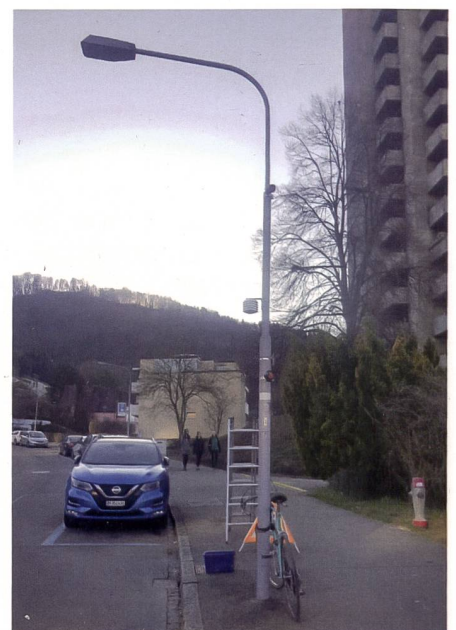


Fig. 3: Candélabre.
Abb. 3: Kandelaber.
Fig. 3: Candelabro.

Résultats

Pour le premier objet, j'ai choisi un mât rectangulaire à potence (Fig. 2). Les deux mesures successives, effectuées à midi et dans l'après-midi, indiquaient clairement la même tendance : malgré la forme apparemment stable du mât, ce dernier s'inclinait toujours exactement dans la direction opposée au soleil. À 5 m de hauteur, la variation s'élevait à 7 mm par rapport à sa position initiale.

L'objet suivant était un panneau de signalisation installé à 3 m de hauteur. De nouvelles mesures ont été effectuées à différents moments de la journée. Le résultat, même s'il n'était pas aussi flagrant, a tout de même confirmé la tendance : à 3 m de hauteur, un déplacement de 2 mm en direction de l'ombre apparaissait.

Avec un grand mât rond et massif, la première mesure de suivi effectuée vers midi a donné les mêmes résultats que pour le premier objet : un mouvement de 7 mm à 5 m de hauteur. Pour la deuxième mesure de suivi, réalisée juste avant le coucher du soleil, la courbure du candélabre était alors deux fois moins marquée qu'avant. On peut en déduire que les éléments de mobilier urbain reprennent rapidement leur position initiale dès qu'ils ne subissent plus le rayonnement solaire. Pour un mât rond avec suspension par câble utilisé pour les lignes de contact de l'entreprise de transports publics de Zurich (Verkehrsbetriebe Zürich VBZ), le mouvement était de 5 mm à 5 m de hauteur. Peu avant le coucher du soleil, il n'était plus que d'un millimètre. Il est probable que cette suspension par câble ait atténué le mouvement par rapport aux autres mâts. Ensuite, nous avons étudié un candélabre classique, comme on en trouve partout (Fig. 3). Le résultat varie entre 9 et 11 mm à 4 m de hauteur à midi (Fig. 4). Aucun autre objet ne présentait de valeur aussi élevée. La mesure suivante, effectuée peu avant le coucher du soleil, met elle aussi en évidence une baisse notable des valeurs.

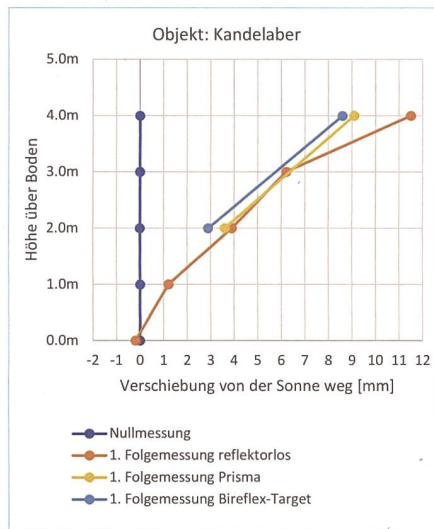


Fig. 4: Candélabre, valeurs de la première mesure successive.

Abb. 4: Kandelaber, Ergebnisse der ersten Folgemessung.

Fig. 4: Candelabro, risultati della prima misurazione successiva.

À l'inverse, les résultats obtenus avec un mât à drapeau en aluminium nous ont étonnés : jusqu'à 5 m de hauteur, aucun mouvement significatif n'a été enregistré. La conductibilité thermique de l'aluminium étant nettement supérieure à celle de l'acier, il est probable que la chaleur du soleil se soit répandue sur la structure et non sur le seul côté exposé au soleil. C'est vraisemblablement la raison pour laquelle il ne pouvait y avoir de déformation mesurable.

Sur un présentoir d'information de la VBZ, le décalage pouvait atteindre 7 mm à 3 m de hauteur (Fig. 5). À côté de ce présentoir se trouve un solide abri bus de 2,3 m de hauteur. Comme prévu, le travail sur cet objet n'a pas été très probant, bien qu'une tendance ait pu être observée avec un mouvement de 1,4 mm.

Le dernier objet-test était un candélabre situé à l'ombre que j'ai pu comparer avec les candélabres exposés au soleil. En tenant compte de la précision des mesures, jusqu'à une hauteur de 5 m, aucun déplacement n'a été constaté.

Conclusions

Les différentes méthodes de mesure appliquées aux objets-tests donnent des résultats clairs : même les lourds mâts en acier subissent l'influence du soleil. Les déplacements sont toujours orientés dans la direction opposée à celle du soleil. On peut en conclure que le réchauffement unilatéral d'un élément de mobilier urbain par le soleil peut entraîner une courbure de ce dernier. En effet, sur des mâts métalliques, les écarts de température entre le côté ombragé et exposé au soleil entraînent des dilatations linéaires non uniformes. Toutes ces expériences me permettent d'affirmer que le rayonnement solaire a un impact significatif sur les fluctuations du mobilier urbain métallique et les points fixes qui y sont installés.

Dans la pratique, il serait donc préférable de renoncer à monter des points fixes sur des éléments de mobilier urbain, sauf si la stabilité n'est pas un critère impératif. Dans tous les autres cas, il convient de placer les points le plus bas possible, les variations peuvent varier de $\pm(0,5-2,5)$ mm par mètre au-dessus du sol. Après avoir terminé mon travail de diplôme en hiver, j'ai effectué une troisième mesure additionnelle en été, à une température variable de vingt à vingt-cinq degrés. Les décalages constatés étaient environ deux fois moins élevés qu'en hiver ce qui tendrait à confirmer que l'effet étudié est moins marqué quand les températures sont élevées.

Andreas Müller
Technicien en géomatique BF
géométrie plus ag
Mühlezelgstrasse 15
CH-8047 Zurich
mueller@geometrieplus.ch

Impatto dell'irradiazione solare sull'arredo urbano e sui punti fissi ivi installati

Nella misurazione si utilizzano spesso dei punti fissi montati localmente in modo mirato. È qui che svolge un ruolo determinante l'arredo urbano come, p. es., i candelabri, i pali e i cartelli di segnaletica stradale su cui è possibile piazzare dei punti fissi temporanei all'altezza e nella direzione desiderata. Questa prassi è ormai entrata nella quotidianità poiché presenta innumerevoli vantaggi: infatti, l'arredo urbano è onnipresente, è collocato a distanza regolare sul suolo pubblico ed è liberamente accessibile. Di conseguenza, gli ostacoli della visuale – come i muri degli edifici, le auto, le siepi, ecc. – non costituiscono più un problema ed è garantita la libera visuale dal tacheometro ai punti fissi. Questo offre una certa flessibilità all'operatore catastale quando deve allestire set di misurazione ripetuti. Questo modo di procedere presenta tuttavia l'inconveniente che l'arredo urbano è relativamente instabile. Nella quotidianità di geomatico ho osservato che i punti fissi collocati su candelabri, pali, ecc. si spostavano nella direzione opposta da cui splendeva il sole.

A. Müller

Obiettivi

Con l'aiuto delle misurazioni con il tacheometro ho rilevato a quanto ammontasse il movimento di questi elementi metallici sotto l'influsso delle radiazioni solari. L'obiettivo consisteva nel rilevare con una precisione di 1–2 millimetri gli spostamenti di posizione.

Come oggetto di test ho preso 9 elementi tipici dell'arredo urbano che venivano utilizzati come supporti per i punti fissi nella misurazione edile e ingegneristica. Durante la selezione ho dovuto prestare attenzione al fatto che non ci fossero residui di ombra sull'arredo urbano perché avrebbero potuto alterare i risultati. In sostanza, per ogni oggetto a una distanza di un metro dal basso all'alto si è definito un punto di misura che si trovava al massimo a 5 metri dal suolo.

La misurazione di riferimento doveva essere eseguita senza l'influsso dei raggi del sole, quindi al mattino presto e preferibilmente con un cielo annuvolato. Le variazioni sono state misurate ricorrendo a due misurazioni successive rilevate in momen-

ti diversi della giornata e quindi con esposizioni diverse al sole.

I risultati delle misurazioni avrebbero chiarito la situazione e aiutato, durante progetti futuri di misurazione, a collocare nella posizione giusta i punti fissi secondo i requisiti di precisione.

Attuazione

Questi punti di misurazione sono stati fissati in modo ottimale ai pali tramite un supporto per prismi rotondi e bi-reflex target (supporto per riflettore) (Fig. 1). Mi sono limitato a testare solo sei di questi supporti per pali perché altrimenti l'esercizio sarebbe stato troppo complesso. In alternativa, dove il supporto dei prismi risultava impossibile o insensato, sono ricorso a segnali di mira adesivi. Come ultima opzione le misurazioni sono avvenute, senza riflettore, direttamente sugli oggetti. Sono ricorso a questo accorgimento perché era risultato essere il metodo più semplice e rapido.

I punti di stazionamento dello strumento e i punti di collegamento sono stati fissati al terreno con dei chiodi. Tranne per le misurazioni senza riflettore ho provveduto a misurare tutti i punti in due posizioni

da cannocchiale e da due posizioni diverse per incrementare la precisione e l'affidabilità.

Le misurazioni di riferimento sono state eseguite il mattino presto, con un cielo annuvolato e senza l'influsso del sole. Sono anche riuscito a escludere l'impatto del vento o altri influssi riconducibili alle forze meccaniche. Le temperature si aggiravano tra 0 e 10 gradi.

Per determinare gli spostamenti ho effettuato delle misurazioni successive durante due giorni di bel tempo con un'irradiazione solare sufficiente. Questo mi ha consentito di ottenere per ogni oggetto del test delle misurazioni in orari diversi della giornata e quindi di verificare l'effetto dei raggi del sole provenienti da direzioni diverse. Durante le prime misurazioni successive le temperature erano tutto il giorno al di sotto dello zero, mentre nelle seconde le temperature oscillavano tra i 10 e i 15 gradi.

In un secondo tempo ho fatto una valutazione Excel delle misurazioni e ho rappresentato i risultati sia numericamente che graficamente. Per l'analisi della direzione dell'irradiazione solare nel rispettivo momento della misurazione sono ricorso ai dati azimutali della pagina web «www.sonnenverlauf.de». Questo mi ha consentito di confrontare, per ogni oggetto del test, le differenze tra la misurazione di riferimento e le due misurazioni successive.

Risultati

Come primo oggetto ho scelto un palo a sezione rettangolare con un braccio (Fig. 2). Le due misurazioni successive eseguite sul mezzogiorno e nel pomeriggio hanno presentato la stessa immagine univoca: malgrado la forma apparentemente stabile, questo palo si inclinava sempre lontano dal sole, cioè a un'altezza di 5 m questo significava 7 mm di spostamento dalla sua posizione.

L'oggetto successivo era un cartello segnaletico stradale collocato a 3 m di altezza. Ho di nuovo effettuato delle misurazioni a orari diversi nel corso della giornata. Il risultato non è stato così inequivocabile,

ma la tendenza è stata confermata: a 3 m di altezza si è registrato uno spostamento di 2 mm in direzione dell'ombra.

Un rilevamento ulteriore su un grosso palo rotondo molto massiccio ha dimostrato che la prima misurazione successiva sul mezzogiorno presentava un risultato simile al primo oggetto misurato: 7 mm di movimento a 5 m di altezza. La seconda misurazione successiva l'ho effettuata poco prima del tramonto. In quel momento la piegatura del candelabro è risultata essere solo della metà rispetto a prima. Da questo si può dedurre che appena il sole non irradiava più dell'arredo urbano, questo si riposizionava nuovamente nella sua posizione originaria.

Su un palo con sospensione a fune per la linea di contatto della VBZ a mezzogiorno si è registrato un movimento di 5 mm a 5 m di altezza, mentre al momento del tramonto il movimento era solo di 1 mm. Probabilmente la sospensione a fune bloccava questo movimento rispetto alle altre tipologie di pali esaminati.

Ora passo all'esame di un classico candelabro riscontrabile ovunque (Fig. 3). Il risultato presenta una differenza di 9–11 mm a 4 m di altezza a mezzogiorno (Fig. 4). Nessun altro oggetto ha presentato un valore così alto. Nella misurazione successiva prima del tramonto si è di nuovo registrata una contrazione significativa dei valori.

Per contro, sono state del tutto stupefacenti le misurazioni su un'asta in alluminio di una bandiera: fino a 5 m di altezza non si segnava nessun movimento. Presumibilmente questo era riconducibile a una conduzione del calore di gran lunga migliore dell'alluminio rispetto all'acciaio che faceva in modo che il riscaldamento da parte del sole non avvenisse unilateralmente ma uniformemente. Di conseguen-

za, si può partire dal presupposto che questo sia il motivo per cui non si è registrata una deformazione misurabile.

Su un cartello informativo della VBZ collocato a 3 m di altezza si è misurato uno spostamento fino a 7 mm (Fig. 5). Accanto al cartello c'è una solida pensilina alta 2,3 m. Come prospettato anche quest'oggetto ha rivelato uno spostamento minimo di 1,4 mm che ha confermato la tendenza.

L'ultimo oggetto esaminato era un candelabro situato all'ombra che è stato scelto per fare un confronto con il candelabro esposto al sole. Considerata la precisione di misurazione, fino a 5 m non si è rilevato nessuno spostamento.

Conclusioni

Le diverse metodologie di misura utilizzate sui diversi oggetti testati delineano una chiara tendenza: anche i solidi pali in acciaio si spostano sotto l'influsso del sole. Gli spostamenti avvengono sempre nella direzione opposta rispetto a dove splende il sole. Motivo per cui si può concludere che il surriscaldamento unilaterale del sole sull'arredo urbano genera una curvatura di tale arredo. Infatti, le differenze di temperatura tra le superficie in ombra e quelle esposte al sole dei pali metallici comportano un'espansione verticale disuguale. In base alle esperienze fatte sono indotto ad affermare che l'irradiazione solare svolge un ruolo fondamentale nelle fluttuazioni dell'arredo urbano in metallo e dei punti fissi montati su di esso. Per la pratica questo significa che sarebbe meglio rinunciare a installare dei punti fissi sull'arredo urbano, tranne se non si ricerca grande stabilità. In tutti gli altri casi è meglio collocare i punti in una posizione il più bassa possibile: le variazioni



Fig. 5: Cartello informativo VBZ.

Abb. 5: VBZ-Infoständer.

Fig. 5: Panneau d'information de la société de transports zurichois VBZ.

possono essere di $\pm(0,5-2,5 \text{ mm})$ per ogni metro al di sopra del terreno.

Il mio lavoro di diploma è stato ultimato in inverno; perciò con l'avvento dell'estate ho eseguito una terza misurazione addizionale con una temperatura che variava tra i 20 e i 25 gradi. Gli spostamenti misurati erano solo della metà rispetto all'inverno, il che sta a dimostrare che i movimenti degli oggetti testati sono meno marcati quando si è in presenza di temperature elevate.

Andreas Müller
Tecnico in geomatica CF
geometrie plus ag
Mühlezelgstrasse 15
CH-8047 Zurigo
mueller@geometrieplus.ch