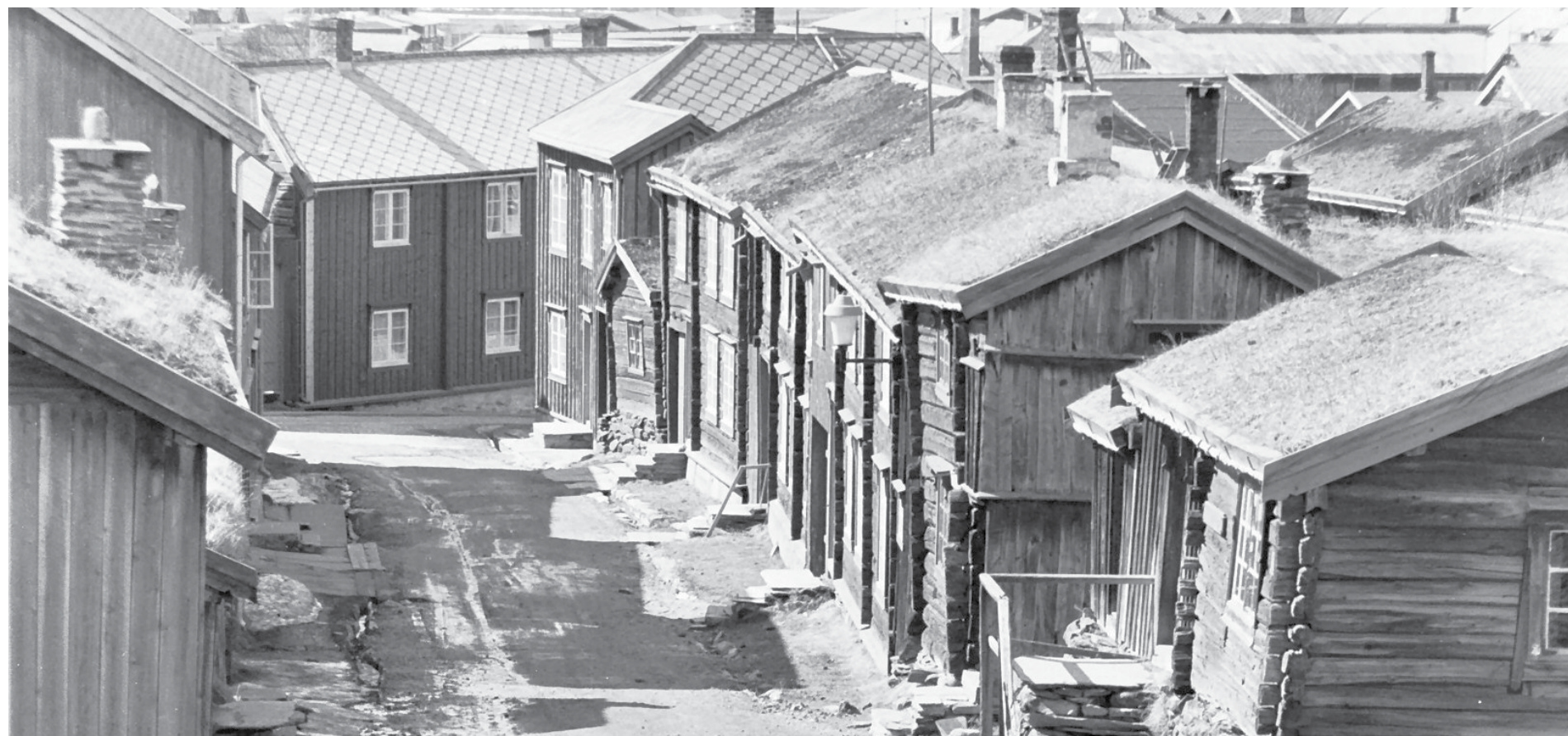


COURS DE TOIT BIO SOLAIRE

TABLE OF CONTENTS

Introduction: Ecosystème et services rendus par les toitures végétalisées en ville	02
PART ONE GREEN ROOF BASICS	
Chapitre 1 Principes généraux	06
Bébéfices des toitures végétalisées	07
Les différents types de Toitures végétalisées	07
Principes de base de toitures	07
Chapitre 2 Les différents composants	10
Végétation	10
Substrat	12
Drainage and membranes d'étanchéité	16
Etanchéité	18
Chapitre 3 Pre-installation (planning, pré-évaluation du site, logistique, prévention)	20
Plannification du site	21
Précaution incendie	22
Chapitre 4 Installation (Santé et sécurité, processus & création)	24
Santé et sécurité	24
Outils requis	25
Préparation du toi	26
Installation	27
Implantation de la végétation	29
Transport et manipulation du matériel et des végétaux	32
Irrigation	32
Précautions environnemenales et gestion des déchets	32
Chapitre 5 Maintenance	34
Maintenance and soins	34
PART TWO BIOSOLAR ROOFS	
Chapitre 6 Biodiversité, toits biodiversifiés et pollinisateurs	38
Facteurs physiques et biotiques gouvernant la biodiversité	40
Services par l'écologie et and les écosystèmes	41
Pollinisateurs	46
Services écologiques et écosystémiques	49
Chapitre 7 Production d'énergie - différets types, installation et usage	50
Panneaux solaires	51
Plannification du site	55
Chapitre 8 Toits Bio Solaires - Bénéfices de la combinaison & Interface entre éléments	58
Bénéfices de la combinaison	58
Interface et iinstallation des élément	61
Chapitre 9 Installation - Conception, installation and suivi des toits Bio Solaire	66
Conception	66
Logistique	67
Installation	68
Chapitre 10 Maintenance	74
Maintenance de la végétation	75
Maintenance des panneaux solaires	75
Maintenance de l'équilibre biodiversité	76
Santé et sécurité	79
References	80

INTRODUCTION: SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES DANS LES VILLES AVEC TOITURES VÉGÉTALISÉES



Les toitures végétalisées ont une longue histoire avec les toits jardins antiques en Europe méditerranéenne et les traditionnels toits de motte / gazon scandinaves en Europe du Nord. Les toits de gazon et en motte ont été construits en utilisant de l'écorce de bouleau ou de la paille et étaient ensuite recouverts de motte. L'objectif était d'améliorer l'effet isolant et de créer l'imperméabilisation d'un cottage ou d'une maison. Jusqu'entre 1800 – 1850 la technique était toujours utilisée même dans les villes mais elle a petit à petit disparu malgré ses avantages. Un des premiers architectes modernes à avoir préconisé les toitures végétales était le fameux Le Corbusier. Il a déclaré en 1926 dans son manifeste "Cinq points de l'architecture moderne" que "les toits jardins signifient pour une ville le rétablissement de toute la zone de développement" et déclara qu'un toit jardin améliorait la gestion de l'eau de pluie et ceci étant l'un de ces nombreux avantages – ce que nous appelons aujourd'hui un service écosystémique, fournit par la toiture végétale.

La plupart de la population mondiale vit en ville et on s'attend à atteindre 70% en 2050. Bien qu'elles occupent seulement 2% de la surface terrestre, les zones urbaines utilisent

déjà 75% des ressources naturelles mondiales ce qui conduit à un épuisement des ressources, une perte de biodiversité, de la pollution et à un changement climatique. De plus, en raison du grand nombre de surfaces sombres, dures et imperméables les zones urbaines sont souvent plus chaudes que les zones rurales des alentours – connues sous le nom de « effet d'îlot de chaleur urbain » - et ont de grands risques d'inondation après une forte tempête. Les zones urbaines souffrent aussi souvent d'un niveau élevé de pollution, et de bruit, dans le sol et dans l'air. Par conséquent des écosystèmes sains et diversifiés biologiques sont vitaux pour les villes afin de fonctionner correctement puisqu'elles réduisent efficacement beaucoup des effets négatifs de l'urbanisation. On peut augmenter et renforcer les écosystèmes urbains en augmentant la verdure dans les villes – ce que l'on appelle infrastructure verte. Les éléments de l'infrastructure verte sont les parcs publics, les jardins, les arbres urbains, les éléments d'eau comme les canaux et les étangs et la verdure sur les immeubles avec des murs verts et des toitures végétales. Les toitures végétales ont un grand potentiel, sont abordables et apportent beaucoup d'avantages en utilisant les surfaces des toits.

INFRASTRUCTURE VERTE, ÉCOSYSTÈME ET SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES

L'infrastructure verte dans les villes fait référence au réseau des éléments verts. Une infrastructure verte bien planifiée et entretenue avec des investissements innovants comme des toitures végétales améliorent la santé et la résistance de l'écosystème urbain – la capacité à récupérer des dérangements ou changements. Le concept de services écosystémiques est fondamental pour la compréhension de l'importance majeure de l'infrastructure verte. Elle reconnaît la dépendance aux sociétés humaines sur les systèmes basés sur la nature.

Un écosystème est une communauté d'organismes vivants (plantes, animaux et microbes) conjointement avec les composants non-vivants de leur environnement. L'ensemble de la biosphère peut être considéré comme un écosystème unique ainsi que comme une zone donnée comme une forêt ou un lac. Les écosystèmes comprennent différents types d'habitats. Un habitat fait référence à une zone où vit un organisme – le lieu de vie ou « maison ». Les écosystèmes fournissent beaucoup de services et matériels vitaux pour nous les humains.

Les services écosystémiques comprennent les services de mise à disposition, réglementaires et culturels. Les soi-disant « services de support » sont nécessaires pour maintenir les autres services. Ainsi les services écosystémiques peuvent être divisés en 4 catégories différentes :

Services de mise à disposition: produits obtenus à partir d'écosystèmes incluant la nourriture et la fibre, le carburant, les ressources génétiques, les ressources biochimiques, ornementales, l'eau fraîche.

Services culturels: Avantages non matériels que les gens obtiennent des écosystèmes à travers un enrichissement spirituel et religieux, des valeurs d'éducation, des loisirs, des expériences esthétiques, d'un héritage culturel et d'une diversité culturelle.

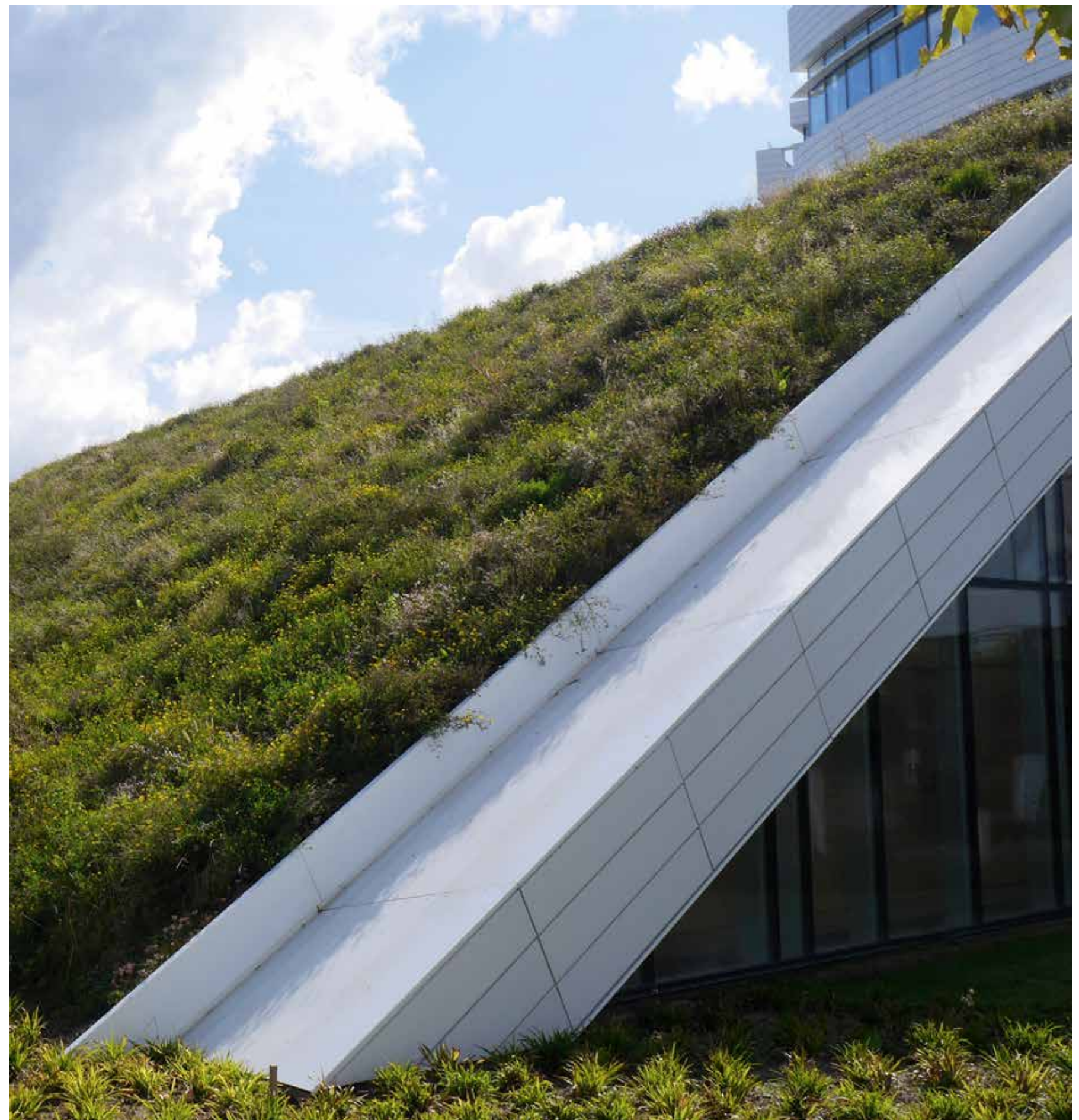
Services réglementaires: Avantages obtenus à partir de la réglementation des processus écosystémiques (qui modèrent les conditions environnementales et la qualité). Cela comprend la gestion de la qualité de l'air, la réglementation climatique, la réglementation sur l'eau, le contrôle de l'érosion, la purification de l'eau et le traitement des déchets, la réglementation des maladies humaines, le contrôle biologique des nuisibles, la pollinisation et la protection contre les orages.

Les services de support: ils sont nécessaires pour la production de tous les autres services écosystémiques. Alors que les changements dans les autres services ont plutôt des impacts directs et à court terme sur l'humanité, les impacts des services de support sont soit indirects ou apparaissent sur une très longue période. Les services de support comprennent la production primaire, la réglementation climatique, la production de l'oxygène atmosphérique, la formation et la conservation du sol, le recyclage des nutriments et de l'eau, la mise à disposition de l'habitat.



1ÈRE PARTIE

LES FONDAMENTAUX D'UNE TOITURE VÉGÉTALE



1

AVANTAGES, TYPES ET PRINCIPES FONDAMENTAUX DES TOITURES VÉGÉTALES



AVANTAGES DES TOITURES VÉGÉTALES

Les toitures végétales offrent une grande variété d'avantages et de services écosystémiques, aidant plein d'autres problèmes associés à l'urbanisation, comme la perte de la biodiversité, l'inondation urbaine, l'effet d'îlot de chaleur urbain et les impacts négatifs du changement climatique. Les principaux avantages d'une toiture végétale sont les suivants:

- *Les toitures végétalisées peuvent aider à atténuer l'effet d'îlot de chaleur urbain:* le développement coordonné de toitures végétales urbaines réduit de façon significative les températures locales ambiantes. L'évapotranspiration de la végétation et du substrat conduit à une réduction des flux de chaleur, du refroidissement de la température de l'air environnant, de la température ambiante et du bâtiment lui-même.
- *Améliorer l'environnement climatique:* les toitures végétales refroidissent et humidifient l'air environnant créant un microclimat qui a des effets bénéfiques dans la zone proche
- *Réduction de la pollution:* la végétation des toitures végétales aide à éliminer la poussière et les particules de pollution. Les nitrates et autres matériaux nocifs sont absorbés dans l'air et les précipitations et particules dans le sol.
- *Usage de l'espace:* la transformation et la conception des zones de toit normalement non utilisées en toitures végétales, particulièrement pour un usage récréatif ou sportif fait à la fois usage d'espaces onéreux et économise également le coût d'achat de terrain additionnel. Les toitures végétales aident souvent à gagner un consentement de la planification.



- *Habitats à la biodiversité riche pour les animaux et les plantes:* Les habitats de toitures végétales et les environnements naturels peuvent être répliqués et supporter la biodiversité urbaine.
- *Améliorer l'espérance de vie du toit:* une toiture végétale protège l'imperméabilisation des climats extrêmes, la radiation et les dommages mécaniques. Cela augmente considérablement l'espérance de vie de l'imperméabilisation.
- *Recyclage:* les toitures végétales peuvent faire un usage important de produits recyclés et recyclables, économisant d'autres ressources précieuses.
- *Réduire les niveaux sonores:* les toitures végétales réduisent le son réfléchi et améliorent l'isolation sonore. Ceci est plus efficace avec des bâtiments près des aéroports, ou des discothèques bruyantes ou des usines.
- *Réduire les émissions de CO2:* les effets du refroidissement estival de la couche de la toiture végétale réduit significativement la consommation d'énergie des systèmes de climatisation.
- *La gestion des eaux pluviales:* comme les fortes pluies et les inondations urbaines ont beaucoup de chance d'avoir lieu dans le future, la rétention d'eau est un soulagement pour les égouts. En fonction de la conception de la toiture végétale, l'écoulement immédiat de l'eau peut être réduit de 50% à 90%, réduisant significativement les taux du flux de drainage. Cela permet au système de gestion des eaux de pluie d'être réduit en capacité, réduisant ainsi significativement les coûts de construction.

TYPES DE TOITURES VÉGÉTALES

Il existe beaucoup de types différents de toitures végétales et généralement les toitures végétalisées sont classées en 3 catégories: extensive, semi-extensive et intensive. Les principales distinctions entre les 3 catégories sont au niveau du besoin d'entretien, de la profondeur du substrat et du type de végétation.

EXTENSIVE

Une toiture végétale extensive est très légère, a un substrat relativement fin allant de 20 mm à environ 150 mm et le niveau d'entretien est faible. Il existe différents types de toitures végétales extensives:

Toiture légère de sedum

Le sedum préfabriqué et les tapis de mousse/sédum sont livrés avec une fine profondeur de substrat de 20 – 40 mm. Les plantes, souvent du sedum, vivront sous de dures conditions et les tapis de sedum offrent un petit support à la biodiversité. Les tapis de sedum sont souvent installés soit sur un tissu de rétention d'eau ou préférablement au-dessus d'une couche de substrat préinstallée d'environ 40 – 60 mm. Les toitures de sedum légères peuvent aussi être installées avec des systèmes de plateaux pré-végétalisés.

Toitures de sedum basées sur du substrat

Les toitures végétales qui sont installées avec du substrat minéral et des boutures de sedum peuvent varier de 60 – 80 mm en fonction du système. Ces de toitures végétales installées “in situ” contiennent généralement une couche de drainage en plastique sous le substrat.

Toiture sedum à faible entretien et toitures de fleurs sauvages

Avec une profondeur de substrat d'en général 80 – 120 mm, un faible entretien du sedum et une toiture de fleurs sauvages peuvent supporter une plus grande diversité de plantes, qui en retour supportent une plus large variété de vie sauvage. Beaucoup des plus grands fournisseurs de toitures végétales offrent ce type de solution avec un mélange de sédum et de fleurs sauvages tolérantes à la sécheresse.

Toitures biodiversifiées extensives

Avec une profondeur de substrat de 100 – 150 mm, ces toitures végétales offrent une flore plus diversifiée et supporte la vie sauvage plus que de fines toitures végétalisées. Les toitures à la biodiversité riche sont typiquement conçues avec une profondeur de substrat variée et de caractéristiques à la biodiversité riche.



Un toit biodeiversifié à Basel Switzerland. ©Jonatan Malmberg

SEMI-INTENSIVE

Un système de toiture semi-intensif est composé de petites plantes herbacées, de couvre-sol, d'herbes et de petits arbustes, nécessitant un entretien modéré et une irrigation occasionnelle. La profondeur d'un milieu de culture typique pour une toiture végétale intensive est de 150 – 300 mm. Bien qu'ayant besoin de plus d'entretien qu'une toiture extensive, ce système de toiture végétale fournit également un potentiel pour l'effet d'un jardin formel et/ou potentiellement de meilleurs avantages écologiques, est un système plus résistant et est capable de mieux retenir l'eau de pluie. Il y a plusieurs approches possibles pour les toitures végétales semi-intensives. En fonction du choix et de la sélection des plantes, la matière organique et par conséquent la fertilité peuvent aussi être plus grandes. Les jardins de toitures végétales semi-intensives peuvent inclure un large mélange de plantes incluant des plantes annuelles, les bulbes, les gazons et les plantes vivaces.



Une toiture végétale à biodiversité riche semi-intensive à Budapest. ©Jonatan Malmberg

INTENSIVE

Les toitures végétales intensives sont une extension d'un jardin terrestre avec des bordures fleuries, des arbres massifs et des éléments de paysages durs comme du dallage, terrasse en bois, des statuettes, des éléments rocheux et d'eau et de gazon. En substance la différence principale entre un jardin de toiture intensif et un jardin de toiture extensif est la profondeur du substrat et le niveau d'entretien ce qui détermine quelle plante peut ou ne pas pousser. Les jardins intensifs typiques ont plus de 30 cm de profondeur de substrat. Ce type de jardin de toiture a tout le potentiel esthétique d'un jardin conventionnel mais nécessite aussi un haut niveau d'entretien. Une irrigation peut être nécessaire. La fertilité et les propriétés de drainages du milieu de culture auront besoin d'être bien choisis pour convenir aux plantes. La plupart des toitures végétales intensives se trouvent au niveau du sol au-dessus des places de parking mais peuvent aussi être créées sur de très hauts immeubles en tant que parcs sur les toits dans des villes denses.



Un jardin de toiture végétale intensif dans un paysage de toiture à Vienne. ©Jonatan Malmberg

PRINCIPES FONDAMENTAUX DES TOITURES VÉGÉTALES

En fonction du type de toiture végétale que vous installez, du système, des produits et des méthodes que vous utilisez – les couches de toitures végétales et les matériaux peuvent énormément varier d'une toiture végétale à une autre. Cependant, il y a certains principes pour les toitures végétales qui couvrent toutes les toitures végétales – allant de toitures végétales extensives à intensives. Ces principes fondamentaux vous donnent une idée des fonctions principales et des besoins de système qu'une toiture végétale doit remplir.

- 1 Le toit doit résister à la charge de la toiture végétale: l'aspect essentiel et décisif pour qu'une toiture végétale soit fonctionnelle est lié à la construction du toit qui doit être assez solide pour porter la charge supplémentaire de la toiture végétale.
- 2 Pas de fuite: En aucune circonstance, l'eau ne pourra s'infiltrer dans le bâtiment puisque cela mène à un dégât sévère sur le toit lui-même ou sur la maison. Une membrane avec une bonne qualité d'étanchéité est toujours obligatoire sous une toiture végétale.

- 3 Water retention: Drought is a potential problem on 3. Rétenion d'eau: la sécheresse est un problème potentiel sur les toitures végétales et la capacité à retenir ou à stocker l'eau est cruciale.
- 4 Drainage de l'eau: avec un drainage insuffisant ou l'accumulation d'eau a lieu sur la toiture végétale, quelques plantes peuvent souffrir et il y a un risque que le toit puisse devenir surchargé. Une bonne balance entre un bon drainage et le besoin d'eau pour les plantes choisies est essentiel.
- 5 Milieu de culture approprié: toutes les plantes ont besoin d'eau, d'air et de nutriments. Dans des systèmes naturels, une balance entre ces paramètres est communément maintenue à travers des processus naturels – généralement, à moins que le système soit dérangé par des activités humaines. Dans les toitures végétales, nous avons besoin d'installer un milieu de culture, la substrat de la toiture végétale, avec une bonne balance entre ces paramètres. Le substrat doit également avoir un bon drainage et des propriétés conservatrices d'humidité (en ligne avec les principes 3 et 4).

Points principaux

Il existe trois grandes catégories de toitures végétalisées: extensives, semi-intensives et intensives.

Parmi les nombreux produits et systèmes existants, cinq principes de base résument les principales fonctions que toutes les toitures végétalisées doivent remplir; une toiture végétalisée doit respecter une limite de poids pour la toiture; le bâtiment ne doit avoir aucun problème d'étanchéité; la toiture végétalisée doit retenir l'eau, mais doit aussi drainer l'excès d'eau; le substrat et sa profondeur doit être adapté à la végétation désirée.

Questions

- Quel sont les avantages apportés par les toitures végétalisées?
- Décrire et comparer les trois toitures de type de toitures végétalisées.

2

VÉGÉTATION, SUBSTRAT, COUCHES & ISOLATION

VÉGÉTATION

Etant donné qu'il existe de nombreuses variétés d'espèces de plantes avec des évolutions et constructions différentes, ces dernières demandent différents besoins. Toutes les plantes ne conviennent pas à toutes les toitures végétales. Il est malgré tout possible de répliquer différents environnements dans toutes les régions d'Europe. Ce sont les végétations souhaitées et l'environnement du toit qui déterminent quelles caractéristiques et fonctions le substrat sous-jacent, les couches et la construction du toit doivent avoir. La profondeur du substrat est un facteur clé et quelques différences changent le type de végétation qui survivra.

Les plantes qui tolèrent la sécheresse avec peu de besoins en nutriment conviennent pour des toitures végétales extensives comme des sedums, différentes espèces de phorbes (herbacés) et de l'herbe qui tolère la sécheresse.

GROWTH FORM ON AN EXTENSIVE GREEN ROOF



Apparence / Phenotype	Rocky steppes (unclosed vegetation covering)	Flower meadow (unclosed vegetation covering)	Flower meadow-like, with an increase of grass species	Flower meadow with grass, lawn, shrubs
Substrate height (after subsidence)	≥ 80mm	≥ 100mm	≥ 120mm	≥ 150mm
Vegetation type	Species of sedum, moss, small amount of herbs	Species of sedum, herbs, small amount of grass	Grass, herbs	Grass, small amount of herbs

Corrélation entre profondeur du substrat et développement de la végétation. ©Zürich University of Applied Sciences ZHAW



Sédum et mousse. ©Jonatan Malmberg



Fleurs sauvages. ©Jonatan Malmberg



Ciboulettes. MEC Green Roof by veggiefrog © (CC BY 2.0) Source: Flickr

Sédum et mousse

Le sedum et le Phedimus sont des plantes grasses qui sont incroyablement tolérantes à la sécheresse, appropriées pour des toitures végétales fines et sont faciles à mettre en place. Les toitures de sédum survivront à des conditions relativement dures et fournissent un toit vivant qui restera généralement vert. Elles fleurissent pendant l'été et offrent du nectar et du pollen, mais seulement pour une courte période de temps. Les mousses ne pèsent pas lourd et sont à la fois à feuilles persistantes et extrêmement tolérantes à la sécheresse. La mousse se trouve souvent dans des couvertures de sédum légères et peut dominer la zone végétale si le toit est en mauvais état. Le sédum offre des ressources alimentaires pour les pollinisateurs mais fleurissent seulement sur une courte période – spécialement les toits de sédum avec un petit nombre d'espèces.

Fleurs sauvages

Les fleurs sauvages originaires sont excellentes pour les toitures végétales puisqu'elles supportent les pollinisateurs et augmentent leur valeur écologique. Plusieurs fleurs sauvages poussent bien dans un environnement sec et pauvre en nutriment. Les phorbes – vivaces, bi annuelles et annuelles – peuvent être plantées ou semées. Lorsqu'il s'agit de plantes vivaces, les espèces qui ont une croissance lente et qui ont un système racinaire peu profond conviennent en tant que plantes de toits végétales. Avec plus de profondeur de substrat, d'autres plantes vivaces avec des racines plus profondes peuvent être installées. Dans les premiers jours d'une prairie, les phorbes et les fleurs sauvages vivaces ont besoin de développer un système racinaire et de feuillage adéquat, et donc peuvent ne pas fleurir la première année. Beaucoup de plantes sont appropriés pour les toitures végétales puisqu'elles sont tolérantes à la sécheresse, par exemple le thym, l'origan et la ciboulette.

Bulbes

Plusieurs bulbes poussent bien dans un milieu de culture sec et pauvre en nutriment, cependant un substrat fin ne supporte pas de plus gros bulbes. Mais il existe plusieurs espèces qui peuvent être mises en place sur une toiture végétale, par exemple quelques ciboulettes (image), jacinthes et crocus. Puisque beaucoup de ces plantes fleurissent au printemps, elles offrent une importante source de nourriture pour beaucoup de pollinisateur.

2

Herbe

Afin de pousser de façon satisfaisante, la végétation herbacée nécessite souvent une plus grande profondeur et/ou une capacité accrue à retenir l'eau parfois avec une irrigation supplémentaire sur les toitures végétales semi-intensives. Sur les toitures végétales extensives trop de végétation herbacée peuvent éclipser les fleurs sauvages et réduire la variété de plantes, c'est pourquoi il est avantageux de garder une faible végétation herbacée. Les espèces adaptées aux toitures végétales extensives sont les herbes courtes qui poussent comme des plantes distinctes qui grandissent au fil du temps, comparé aux herbes qui se propagent en créant de nouvelles plantes.



Grass garden on a semi-intensive green roof.
©Jonatan Malmberg

Arbustes

Les arbustes à faible croissance et tolérantes à la sécheresse ou sous-arbustes conviennent aux toitures végétales semi-intensives et extensives. Pour quelques plantes le substrat de la toiture végétale a besoin d'être légèrement acide (pH 5 à 6) pour répliquer les conditions de l'herbe acide et d'une terre saine.

Toitures végétales intensives

Comme les toitures végétales intensives sont similaires à un jardin terrestre ou à un parc, une variété de plantes – arbres, arbustes, plantes horticoles, jardin végétal, gazon et cetera – peuvent y pousser. D'autres éléments durs peuvent rentrer dans la conception et être installés sur un jardin de toiture.



Lavender/Lavandula by TANAKA Juuyoh
© (CC BY 2.0) Source: Flickr

SUBSTRAT

Le substrat est nécessaire pour faciliter l'ancrage de la plante et pour supporter la végétation avec de l'oxygène, de l'eau et des nutriments. En fonction des caractéristiques du substrat, l'eau et les nutriments vont être fournis en quantité variable.

Capacité de rétention d'eau: A cause des limitations de capacité de charge du toit à l'installation de la plupart des toitures végétales, les plantes poussent en faible quantité dans un milieu de culture avec une faible capacité totale de stockage d'eau. Par conséquent il est important de choisir un substrat qui a une bonne capacité de rétention d'eau.

Bonnes propriétés de drainage: La perméabilité de l'eau est importante puisque la plupart des plantes tolérantes à la sécheresse ne peuvent pas tolérer de l'eau plate stagnante. Un substrat granuleux aura une plus grande perméabilité à l'eau qu'un substrat moins granuleux. Selon le FLL; des composants de limon et d'argile dans un substrat de toitures végétales extensives ne doivent pas excéder 15% de la masse de substrat puisque les fines particules pourraient partir avec un excès d'eau et boucher les gouttières. Les particules d'argile sont cependant importantes lorsqu'il s'agit de la capacité d'échange des nutriments.

Résistance à la décomposition et à la compression: le substrat doit supporter les racines avec de l'oxygène. Il est donc important de choisir des matériaux de substrat qui ne vont pas souffrir de la compression. Lorsque l'on calcule la profondeur du substrat, on doit garder à l'esprit qu'un substrat va rétrécir, un rapport de compression d'à peu près 10-15%. Ceci montre qu'il est important de trouver un substrat qui sera stable avec le temps. Après l'installation le substrat va s'installer lui-même en raison de différents facteurs externes et les composés organiques vont se décomposer.

Poids léger: En raison de la charge du toit, il est préférable de choisir des matériaux légers en tant que substrat. Mais gardez à l'esprit que des composants extrêmement légers peuvent facilement s'envoler durant la construction s'ils ne contiennent pas d'eau.

Nutriments de soutien et une valeur pH stable: beaucoup de types de milieu de cultures bénéficient d'un ajout de matières organiques comme des déchets ou compost de plantes bien pourries. Les toitures extensives, de biodiversité et de fleurs sauvages nécessitent peu de valeur nutritionnelle dans le substrat. Une valeur nutritionnelle excessive encourage les mauvaises herbes et une croissance légère prolongée. Par conséquent en fonction d'un pH et de l'analyse de la texture du sol vous pourriez avoir besoin d'ajouter un engrais équilibré avec des éléments traces.

Les principaux nutriments comme le Nitrogène, le phosphate et le potassium sont les plus grandes valeurs nutritionnelles pour la croissance des plantes. Les éléments traces sont des nutriments comme le fer et le manganèse et bien qu'ajoutées en petite quantité, ils sont malgré tout essentiels pour une croissance saine de la plante. Si la plante ne reçoit pas assez de tous les nutriments, on parle de carence en nutriment. La plante ne va pas pousser correctement et va montrer différents symptômes. Il est important de s'assurer que la teneur en sel ne soit pas trop élevée.

Attention!: ajouter des engrais produits industriellement (NPK) n'est pas l'option la plus durable puisque leurs productions sont très énergivores et les phosphores sont considérés comme étant des produits non-renouvelables (plus d'infos sur les ressources renouvelables et non-renouvelables en page XXX). De plus il y a un risque que les engrais qui causent un excès de nutriments – qui ne sont pas absorbés par la végétation – soient déversés dans les containers d'eaux urbaines et plus tard atteignent des lacs ou océans générant ainsi une sur fertilisation ce qui endommage les écosystèmes marins. Si les engrais doivent être utilisés sur une toiture végétale, c'est bénéfique sur une période de 6-12 mois avec des engrais à lente libération de nutriments.



Typiquement le substrat est basé sur un mélange de granulats écrasés, de terreau et de matière organique. Le composant granulé peut comprendre des briques écrasées, recyclées et de la céramique, de la matière volcanique, de l'ardoise expansée, du béton cellulaire et de l'argile expansée. Le terreau sera une combinaison de sable, de limon et de particules d'argile liée avec une proportion de matière organique, généralement du matériel végétal composté. Les tailles des particules et les proportions des différents composants granulés sont variées pour s'adapter à la capacité de rétention d'eau, des caractéristiques de drainage et de la densité vrac du substrat. Dans une moindre mesure les proportions relatives de terreau peuvent être ajustées pour influencer le développement de la plante. Le contenu organique variera entre les différentes toitures végétales / jardins de toiture. Généralement le volume et la majorité du substrat est fait de granulats écrasés.

DIFFÉRENTS CHOIX DE SUBSTRAT

Pierre ponce, scorie et autres matières volcaniques

Beaucoup de substrats de toitures végétales contiennent de la matière volcanique non organique utilisée pour leur structure très poreuse – interne comme externe. Ces matières sont très légères, ont une grande capacité de stockage d'eau et une distribution d'eau lente. La pierre ponce et la scorie sont des matières produites naturellement, en partie issues de la gelée poreuse et mécaniquement écrasées en différentes fractions. La vermiculite et la perlite sont des matières volcaniques qui ont été étendues en utilisant une haute température qui nécessite beaucoup d'énergie.



Agrégats d'argile légèrement expansés

Les LECA (Agrégats d'argile légèrement expansés, de l'anglais « Light expanded clay aggregates ») n'ont pas de capacité de rétention d'eau à moins d'être écrasés pour faire apparaître leurs pores internes, et sont sinon résistants au gel, résistants à la pression, protègent contre le feu, et sont non-inflammables.



Substrats recyclés

Les produits recyclés sont constitués principalement de briques ou de céramiques subdivisées qui soit n'ont pas de morceaux en béton (comme les tuiles, les éléments de salle de bains: lavabo, baignoire, toilettes, etc.) ou bien ont été nettoyées des contaminants propres au béton. Les briques concassées et certaines céramiques ont une bonne capacité de stockage d'eau, sont également stables dans la structure et sont relativement légères.



Argile, limon, sable, pierres

Les Ardoise expansées et les agrégats de schiste légers ont de bonnes qualités de stockage d'air et d'eau et peuvent être produits à partir de matériaux recyclés.

D'autres matériaux peuvent aussi être utilisés comme le sable de silice, l'argile, le limon, l'ardoise et d'autres matériaux en pierre tels que les cailloux, les graviers et le sable des carrières de cailloux.



Matière organique

Les matières organiques ont à la fois des nutriments et de bonnes capacités de rétention d'eau, une structure dense et un faible stockage d'ir. Les substrats de toitures végétales ne doivent pas contenir trop de matière organique en raison de la décomposition et trop de nutriments qui peuvent entraîner de la végétation et de l'herbe luxuriante, sensible à la sécheresse et non-résistante, qui peut supplanter d'autres espèces végétales. La teneur en matière organique sera différente en

fonction du type de toiture végétale. Le compost (compost stérile, le compost des eaux usées) est principalement utilisé comme composant organique ajouté et il est important qu'il ne contienne pas de mauvaises herbes. D'autres matériaux peuvent aussi être utilisés comme le chanvre, le roseau et la paille – en particulier pour les structures légères.

Selon le FLL le contenu organique pour une écologisation extensive sera de ≤ 65 g / litre et pour les toitures végétales intensives ≤ 90 g / litre.

Certains matériaux sont classés comme n'étant absolument pas appropriés pour les substrats de toitures végétales ;

- L'Hydrogel et le gazon ne sont absolument pas appropriés.
- Le béton et les déchets de béton doivent aussi être évités, du moins en grande quantité.
- La couche arable est dans certains pays mélangée dans les substrats de toitures végétales et dans d'autres, elle est considérée comme non appropriée comme substrat de toiture végétale. Si les couches arables sont utilisées vous devez connaître leurs caractéristiques et leur contenu. Dans les zones urbaines, l'excavation du sol peut par exemple être contaminée avec des polluants toxiques et n'est donc pas appropriée pour être utilisée.



DRAINAGE ET COUCHES DE DRAINAGE

La fonction d'une couche de drainage est de drainer les quantités excessives d'eau du toit. Une accumulation d'eau n'est pas bonne pour une végétation tolérante à la sécheresse, de plus cela ajoute une charge élevée sur le toit qui peut dépasser la statique du bâtiment. La conception du drainage dépend de nombreux facteurs tels que la pente, la taille de la toiture, l'emplacement des sorties, la végétation et même les caractéristiques du substrat. En général pour la préparation d'une toiture végétale, une couche de drainage est installée entre le substrat de la toiture végétale et la membrane imperméable à l'eau. Il y a une variété de différents produits de drainage sur le marché pour les toitures végétales extensives et intensives. Le drainage peut également être réalisé à partir de différents matériaux - synthétiques ou naturels. Les systèmes de drainage doivent être planifiés à l'avance, ce qui signifie qu'ils sont montrés dans le plan technique de la toiture végétale. Le toit doit se drainer selon la réglementation en vigueur. La partie de base du drainage se compose du drainage sous la couche de substrat qui est réalisé soit par des matériaux de drainage ou des panneaux de drainage.

Matériel de drainage

Le matériel de drainage est souvent un matériau minéral fractionné, mais cela peut aussi être une construction recyclée et des matériaux synthétiques. Les caractéristiques qui influent sur le choix du bon matériel sont ses:

- Taille du grain
- Poids
- Volume des pores
- Capacité de stockage d'eau
- Résistance à la pression
- Valeur pH

Il est important de s'en tenir à la hauteur minimale requise de la couche pour garantir ses effets drainants. Le drainage minéral peut stocker moins d'eau et avoir plus de poids que les planches de drainage.

Planches de drainage

Les planches de drainage sont faites en plastique et la plupart des produits disponibles sur le marché ressemblent à la forme d'une boîte à œufs. Il y a deux façons de les installer. Ils peuvent être utilisés soit non remplis, ensuite ils ont besoin d'un tissu filtrant de séparation appliqué sur eux, ou ils peuvent être remplis de substrat dans les «tasses» de la planche.

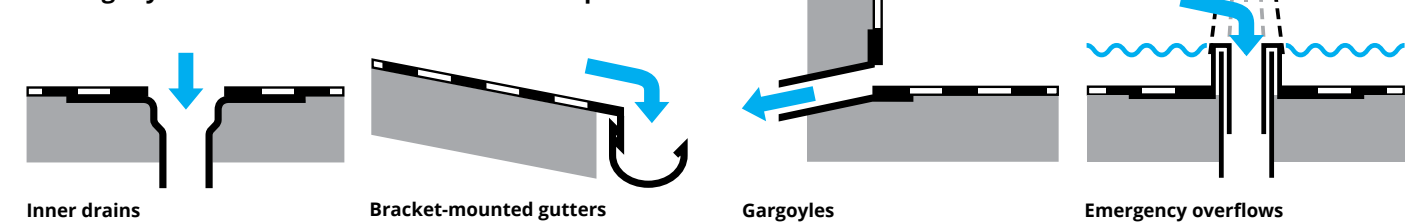


En ce qui concerne les planches de drainage non remplies avec un tissu filtrant de séparation. Il a été considéré que lorsqu'elles sont remplies avec de l'eau, les racines vont s'installer dans les tasses. S'il y a assez d'eau stockée il n'y a aucun problème. Mais en s'asséchant avec le temps chaud, il peut arriver que l'eau restante s'évapore complètement et l'air stocké à l'intérieur de ces trous peut atteindre des températures élevées qui pourraient être un danger pour la santé des plantes.

Plaque de drainage ©Jonatan Malmberg



Drainage systems on Green Roofs can be made up of



Le drainage des toitures végétales peut aussi contenir divers équipements et éléments importants comme:

- Rigole et panneau de commande (métal ou plastique)
- Gouttière
- Débordements d'urgence
- Canaux de collection
- Profils de décharge
- Drainage intérieur
- Gargouilles

Imperméabilisation et protection de l'imperméabilisation

La couche la plus importante sous une toiture végétale est la membrane imperméable de haute qualité - s'assurer qu'il n'y ait pas d'eau à entrer dans le bâtiment. Une couche imperméable à l'eau est toujours installée sur tout type de toit et doit être installée et testée par un installateur professionnel d'étanchéité, avant que le travail d'un couvreur spécialisé dans les toitures végétales commence.

Il existe plusieurs types de membranes d'étanchéité, les plus courantes sont les membranes bitumineuses, le caoutchouc synthétique tels que les membranes EPDM ou thermoplastiques. Toutes les sortes d'imperméabilisation doivent être soigneusement protégées des dommages mécaniques lors de l'installation d'une toiture végétale et pendant la durée de vie de la toiture végétale quand elle est entretenue. Une fuite sous une toiture végétale signifie qu'il y a des problèmes à la fois par rapport à la localisation de la fuite et la réparation. L'étanchéité doit également être protégée contre les racines. Certaines membranes protègent contre les racines, mais de nombreuses membranes d'étanchéité ne protègent pas contre les racines et une couche de protection supplémentaire contre la racine, ou «barrière de racine» doit être ajoutée.

Les membranes thermoplastiques passent d'un état solide à semi-solide lorsqu'elles sont chauffées et une membrane monolithique en feuille continue est créée et peuvent donc ne pas avoir besoin d'une couche supplémentaire de protection contre les racines. Cela doit toujours être l'installateur de l'étanchéité qui confirme que leur étanchéité protège contre les racines. Pour garantir la protection et la norme de qualité, la protection contre les racines selon la norme FLL est indispensable. Les racines peuvent pénétrer dans d'autres matériaux qui ne sont pas approuvés par le FLL, même si elles semblent très résistantes en raison de leurs caractéristiques (par exemple les couches bitumineuses).

Il y a des barrières contre les racines qui se composent de produits chimiques inhibants pour le toit qui peuvent entraîner le déversement des substances éco-toxiques dans le système des eaux usées. Certains de ces produits chimiques sont interdits dans les pays européens. Toujours être conscient de l'impact environnemental des matériaux que vous utilisez.

Des couches de protection contre les racines qui sont ajoutées au-dessus d'une membrane imperméable à l'eau sont généralement constituées de matériaux plastiques tels que le polyéthylène haute densité (PEHD), le polyéthylène basse densité (PEBD) ou le caoutchouc éthylène-propylène (tel que EPDM). Les coutures et les chevauchements des bords sont scellés ou installés avec des chevauchements de la matière (environ 1,5 à 2 mètres). Cependant, il est recommandé que tous les joints et les chevauchements soient scellés, avec de la colle ou à la chaleur. Les différents matériaux peuvent varier en épaisseur de 20 à 40 mm, plus l'épaisseur est élevée plus l'élasticité est forte et mieux est la résistance à la pression hydrostatique, aux crevaisons et aux déchirures.

Tout comme la membrane d'étanchéité qui doit être protégée contre les dommages mécaniques lors de l'installation et pendant la durée de vie de la toiture végétale, le même principe important s'applique aux membranes de protection contre les racines. Un tissu de protection est en général toujours disposé au-dessus avant l'installation du drainage et des composants du substrat.



Tissu de protection et géotextiles

Les géotextiles sont des tissus perméables qui, lorsqu'ils sont utilisés en association avec de la terre ou des substrats, ont la capacité de se séparer, de filtrer, de renforcer ou de protéger. Ces textiles sont généralement fabriqués à partir de polypropylène ou de polyester ; des matériaux recyclés sont aussi appliqués dans certains tissus. Les géotextiles sont importants pour protéger la membrane du toit, comme un voile de protection et / ou la membrane de protection contre les racines de la tension physique et des dommages mécaniques (par exemple des pierres tranchantes ou des frottements habituels).



Géotextile sur la couche d'étanchéité. ©Jonatan Malmberg

Notez que le tissu utilisé comme un voile de protection doit remplir certaines caractéristiques de base afin d'assurer que sa protection soit suffisante. La recommandation est d'utiliser un voile de protection avec une épaisseur de $\geq 500 \text{ g / m}^2$



Les textiles sont également utilisés pour séparer les différentes couches dans le développement de la toiture végétale, avec une diminution des risques de pertes de petites particules du substrat et de réduire les risques d'encrassement des systèmes de drainage. Habituellement un textile sépare la couche de drainage du substrat. Certains textiles ont aussi une capacité de rétention d'eau qui est un peu plus épaisse.

ISOLATION

Il existe différentes solutions d'isolation sous le développement de la toiture végétale. Il y a des toitures froides, chaudes et inversées.

- Une toiture froide a de l'espace vide ventilé et froid pour équilibrer la pression de la vapeur qui se dégage en raison des différences de température. L'isolation est disposée entre les solives du toit. Pour éviter l'humidité dans la construction, un pare-vapeur est utilisé. Ce type de construction n'est pas recommandé si vous voulez que votre toiture végétale ait un but d'isolation importante ; due au vide ventilé les effets d'isolation de la toiture végétale ne peuvent pas évoluer correctement. Si l'accent n'est pas mis sur cet effet, la construction de la toiture froide répond parfaitement aux conditions pour une toiture végétale.
- Une toiture chaude a l'isolation positionnée directement sous la couche d'étanchéité externe, qui sert dans le cas d'une toiture végétale ainsi que dans le cas d'une membrane

de barrière contre les racines. L'espace vide ventilé est manquant, par conséquent une barrière de vapeur au-dessous de l'isolation est nécessaire. Certaines constructions peuvent inclure des technologies de vapeur d'ouvertures supplémentaires, qui permettent la «respiration» du bâtiment dans le but d'éviter les effets de condensation dans les mauvaises couches. Une toiture chaude est la construction d'isolation la plus couramment utilisée. D'un point de vue économique ce type est recommandé comme utilisant tous les avantages d'une toiture végétale.

- Une toiture inversée est une variante de la toiture chaude: l'isolation est positionnée directement sous les couches de la toiture végétale et au-dessus de la membrane d'étanchéité. Pour cette technologie, l'isolation a besoin de qualités spéciales telles que la protection contre l'eau et les racines. Ce concept de toiture inversée empêche la membrane d'étanchéité de plusieurs facteurs nocifs tels que les impacts climatiques et mécaniques.

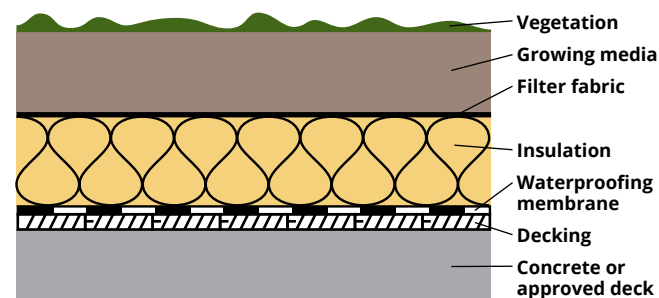


Diagramme schématique d'une couche de toiture extensive inversée

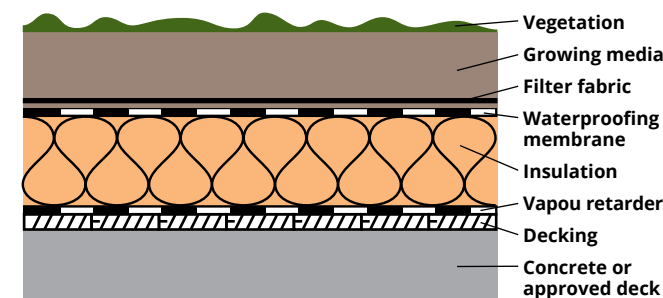


Diagramme schématique d'une couche de toiture chaude extensive.

Les préoccupations environnementales lors du choix des matériaux et des substrats de la toitures végétales

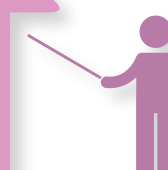
Chaque produit fabriqué par l'homme est composé de ressources naturelles renouvelable et non-renouvelable. Les ressources sont classées comme renouvelables seulement aussi longtemps que le taux de récupération est supérieur à celui de la vitesse de consommation. Cependant, la grande majorité des ressources sont inépuisables, ce qui signifie qu'elles ont une quantité limitée. Les ressources non renouvelables se forment soit lentement ou ne se forment pas naturellement dans l'environnement. Les combustibles fossiles sont dans cette catégorie parce que leur taux de formation est extrêmement lent (potentiellement des millions d'années) ils sont donc considérés comme non-renouvelables car ils ne pourront plus exister après l'épuisement de plusieurs milliers de générations humaines.

Utilisation durable des ressources

L'industrie du bâtiment est l'un des plus gros consommateurs des ressources naturelles, en utilisant en moyenne 40% de tous les matériaux extraits à l'échelle mondiale et est responsable de la production, en moyenne, 40 à 50% des déchets solides urbains locaux. La plupart de ces matériaux ont une durée de vie requise par les normes de construction qui pourraient normalement atteindre un minimum de 20 à 50 ans. Cependant les composants de la construction, comme dans d'autres domaines industriels, sont souvent conçus avec peu ou presque pas de préoccupation pour leurs cycles de vie, la toxicité et l'extraction des ressources naturelles nécessaires à leur production. Les choix des matériaux existants applicables à la construction qui prennent en compte la diminution des ressources non renouvelables aujourd'hui sont encore limités sur le marché. C'est également le cas pour les produits des toitures végétales bien que certains existent tels que les planches de drainage issues de bioplastique renouvelable.

Empreinte carbone et berceau au berceau

Une empreinte carbone est historiquement définie comme étant «l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre causées par une organisation, un événement, un produit ou une personne.» La façon la plus commune pour réduire l'empreinte carbone de l'homme est de Réduire, Réutiliser, Recycler, Refuser. En terme de toiture végétale cela peut être fait en limitant l'utilisation de produits non durables (réduire), en choisissant des produits de recyclage qui existent soit sur le marché tels que le plastique recyclé et des agrégats minéraux ou recyclés dans le substrat (réutilisation et recyclage) ou en excluant les produits non-environnementaux et du matériel au service de meilleures solutions (refuser). La prochaine étape dans l'avenir est potentiellement d'utiliser des produits qui sont conçus avec une approche «berceau au berceau». Le concept de berceau au berceau est qu'un produit devrait pouvoir être réutilisé indéfiniment et ainsi faire partie du cycle naturel de matières organiques et non-organiques.



Points principaux

La végétation sur une toiture végétalisée extensive varie en fonction de la profondeur du substrat. Beaucoup de plantes supportant la sécheresse peuvent être utilisées sur une toiture végétalisée extensive. De façon générale, une profondeur de 100 à 150 mm de substrat est nécessaire pour ce type de végétation.

Le substrat d'une toiture végétalisée doit apporter aux plantes de l'oxygène, de l'eau et des nutriments. Il est généralement composé de granulats concassés, terreau et matière organique.

Questions

- Expliquez pourquoi la végétation herbacée peut être problématique?
- Listez les caractéristiques des matériaux pouvant composer le substrat d'une toiture végétalisée.
- Quel type de matériau ne devrait pas être utilisé comme substrat?
- Décrire les couches sous-jacentes d'une toiture végétalisée, les matériaux, et le rôle et la fonction des différents éléments.

3

PRÉ-INSTALLATION (PLANIFICATION, ÉVALUATION DU SITE, LOGISTIQUE, INCONVÉNIENTS DU FEU)



PLANIFICATION DU SITE

Lors de la planification d'une toiture végétale il y a plusieurs aspects que vous devez prendre en considération. Les conditions spécifiques du site varieront ainsi que les détails spécifiques et caractéristiques de la toiture.

STATIQUE/CHARGE

La statique d'une toiture est calculée par un constructeur ou un ingénieur du bâtiment. Les calculs sont nécessaires pour une nouvelle installation de toiture végétale ainsi que pour le réaménagement d'une toiture – qui est l'installation d'une toiture végétale sur un bâtiment existant. Certaines des charges comprises dans le calcul sont les charges dues au vent, à la neige et au trafic – des gens pouvant marcher sur la toiture (toitures extensives) ou vivre et jouer sur elle (toitures intensives). Les charges qui varient avec le temps sont appelées « charges vivantes ». Lorsque toutes les charges vivantes sont prises en considération il y a une certaine quantité restante de capacité de « charge morte » pour la construction de la toiture végétale même. La charge morte, aussi appelée charge statique, inclut des charges qui sont relativement constantes dans le temps. Pour un installateur de toiture végétale il est extrêmement important de ne pas dépasser la valeur de charge morte qu'on vous demande et autorise à utiliser. Le calcul du poids d'une toiture végétale doit toujours être fait avec la toiture végétale étant dans un état complètement saturé. Certaines toitures végétales peuvent avoir un poids de 100 kg par mètre carré dans un état sec, mais de 130 kg lorsqu'elle est saturée.

Le poids des éléments structurels installés sur le toit ainsi que le poids de la végétation doivent être aussi pris en compte dans les calculs. Le poids des grandes plantes telles que les arbres et les buissons augmentent leur poids dans les étapes ultérieures de croissance. Ces considérations sont importantes surtout lors de la planification d'une toiture végétale intensive.

Éléments qui devraient être pris en considération:

- Gravier/béton pour les bords et les zones sans végétation
- Charge due à la neige
- Charge due au vent
- Plantes et substrat
- Eau stockée dans le substrat/drainage (+ système d'irrigation supplémentaire)
- Éléments de structure (bois mort, rochers, etc)
- Modules solaires + système de montage
- Personnes : personnel d'entretien, utilisateur privé, etc.

CLIMAT ET EAU

Pendant l'étape de planification l'eau est l'un des facteurs clé car la quantité d'eau que le toit sera capable de stocker et sa capacité de drainage sera le facteur le plus important de la performance de la toiture végétale. Dans les chapitres précédents nous avons discuté de la composition d'un bon substrat, ci-dessous quelques éléments clés de comment un substrat, un bon drainage et la gestion d'eau peuvent être planifiés.

Habituellement sur les toits plats la capacité de stockage d'eau dans le substrat d'une toiture végétale extensive est en équilibre, assumant que la profondeur appropriée de substrat a été choisie pour le climat local et la végétation désirée. Mais des données locales fiables sur le climat ex. la précipitation annuelle est difficile à interpréter dans des périodes de

changement climatique, augmentant le risque d'événements extrêmes : pluie forte ou vagues de chaleur. Une planification intelligente doit créer des toits qui peuvent gérer les deux extrêmes.

Toujours garder à l'esprit que les conditions climatiques peuvent varier beaucoup dans le même pays ou la même région. Dans certaines zones une certaine profondeur de substrat peut être suffisante pour supporter une famille de plantes tandis que dans d'autres endroits celles-ci se dessècheront.



Un autre facteur affectant le propre climat du toit est ce qui entoure la toiture. Les arbres à proximité et d'autres bâtiments peuvent couvrir le toit et augmenter son humidité générale, tandis que les reflets du soleil venant de grandes surfaces ou vitrages réfléchissants à côté ou près de la toiture végétale pourraient la chauffer.

Si la pente de l'ensemble de la surface du toit est inférieure à 2%, un drainage correctement dimensionné et hydrauliquement efficace doit être implémenté. Si la pente dépasse 9%, la protection d'imperméabilisation/de la racine doit être protégée contre les glissades. En outre le drainage doit être dimensionné correctement et le siphon de sol doit être installé à la bonne profondeur pour éviter des remous excessifs et des flaques d'eau comme conséquence. L'excès d'eau est une charge additionnelle dangereuse qui ne doit pas être sous-estimée – planifier à l'avance la végétation ciblée et le type / profondeur du substrat aidera à ne pas sous-estimer la charge due à l'eau ou même la charge de la neige.

Le drainage doit également être planifié en tenant compte de la taille de la toiture. Pour les grands toits plats le risque d'accumulation d'eau peut être plus grand. Souvent le drainage interne est utilisé sur des grandes toitures et les sorties du drainage doivent être protégées soigneusement, généralement avec une barrière de bardeau.

Plans à l'échelle du site

Les aménagements paysagers sont généralement planifiés sur ordinateur ou dessinés directement sur papier par l'architecte. Lorsque la conception est terminée, une copie sera fournie avec toutes les informations dont vous avez besoin pour marquer le site. Ces plans détaillés et complets sont utilisés par les paysagistes pour les premières étapes de la construction. Généralement ce qui suit est le stade de la plantation, ce qui est connu comme un plan de plantation ; qui donne les noms des plantes, les numéros et les densités de la plantation.

LOGISTIQUE

Planifier la livraison des matériaux sur le site

Assurez-vous qu'il y a un accès large vers et depuis le site afin que les véhicules de livraison de substrat, plantes et matériaux puissent se rapprocher de l'endroit où ils sont nécessaires. Ceci peut être planifié bien à l'avance, de sorte que la fermeture de la route avec les autorités compétentes avant une grosse livraison soit possible. Si les matériaux doivent être stockés assurez-vous qu'ils sont sans danger et sécurisés sur place donc qu'il n'y a aucune chance de blessure (surtout pour les enfants). Si les matériaux sont stockés sur le toit au moment de la livraison, il faut prendre en considération que les matériaux stockés sur une zone augmentent énormément le poids sur cette partie du toit (répartir le poids sur tout le toit réduit les zones de stress localisées).

Transport et stockage des matériaux des toitures végétales et substrat

Les matériaux utilisés pour construire une toiture végétale sont relativement délicats. Surtout, le matériel pour établir une couche de végétation précise doit être transporté et stocké comme recommandé pour garantir la santé des plantes.

Couches de drainages, tissus perméables, protections d'étanchéité et contre les racines: Généralement les composants d'une toiture végétale résistent suffisamment à l'eau. Cela signifie qu'ils peuvent être stockés à l'air libre. Au cas où l'installation est retardée ou prend beaucoup de temps les composants ne doivent pas être exposés au soleil extrême (UV) ou au gel. S'ils doivent être stockés pendant une longue période, toujours les protéger contre des conditions météorologiques extrêmes.

La protection d'étanchéité et contre les racines ainsi que les tissus perméables seront livrés généralement sous forme de rouleaux. Ces rouleaux peuvent être lourds entre 40 kg et 80 kg (en fonction de la taille). Si le toit est léger, ils devront être stockés, ainsi que les autres matériaux lourds, sur les endroits qui peuvent porter le poids. Vous pouvez consulter votre gestionnaire de projet pour avoir des informations sur la statique avant de stocker des matériaux sur le toit.

Les substrats peuvent être livrés de différentes manières, ex. dans des grands sacs, camions à plateau, silos de soufflage, etc. Comme tous les autres composants, le substrat doit être stocké de préférence dans un endroit sec et protégé du soleil. En fonction de l'emplacement du toit, sa hauteur et sa taille, l'utilisation d'une grue peut-être nécessaire. En outre, la méthode de verdissement peut être différente des méthodes utilisées sur un toit de petite taille. Il peut être convenable d'utiliser des brouettes pour transporter le substrat et les autres matériaux ou de les soulever avec la grue ou de travailler avec les deux. Parfois, les substrats sont même soufflés sur la toiture.

Effectuer le contrôle du site

- 1 Evaluer la sureté, la sécurité, la facilité d'accès du site.
- 2 Evaluer l'intégrité du toit pour l'imperméabilisation, le drainage et la propreté générale.
- 3 Evaluer et vérifier les sous-couches, dont la couche de drainage et du réservoir, la couche de filtrage.
- 4 Contrôler et évaluer l'état, la profondeur et la consolidation du substrat, assurez-vous qu'il est dans un état convenable pour recevoir des plantes.
- 5 Vérifier et évaluer les limites du ballast autour du périmètre et autour des sorties de drainage.
- 6 Regardez les conditions climatiques.

Le contrôle du site doit être validé par le gestionnaire du projet avant de déplacer tout matériel sur le toit. Il faut passer du temps pour vérifier les matériaux contre leurs spécifications, si possible ceci doit être fait la veille au cas où des changements sont nécessaires.

PRÉCAUTIONS CONTRE L'INCENDIE

Le risque d'incendie sur les toitures végétales est causé par l'utilisation et la manipulation de matériel organique, à la fois dans le substrat et la végétation. Le risque d'incendie n'est pas souvent considéré comme un risque majeur sur les toitures végétales extensives car il faut les irriguer. Sur les toitures végétales extensives la petite quantité de contenu organique (65g / litre = maximum 20% en volume) réduit le risque d'incendie du substrat et le feu est très, très rarement un problème sur les toitures végétales correctement conçues.

Le gravier ou simple peuvent être posés sur une couche d'environ 40 mm d'épaisseur et 500 mm de largeur. Il peut être préférable d'utiliser des pierres arrondies car cela diminue le risque d'endommager l'étanchéité lors de l'installation. Le risque d'incendie et le test d'incendie incluent tous les matériaux placés sur la toiture végétale. Il existe des tests standards en EU pour le matériel inclus dans les toitures végétales, comme des tissus filtrants et des couches de drainage, à côté des substrats de la toiture végétale.

Le FLL allemand clarifie les caractéristiques et précautions contre l'incendie sur les toitures végétales:

La végétalisation extensive est considérée comme suffisamment résistante aux étincelles et à la chaleur irradiée lorsque les propriétés ci-dessous peuvent être prouvées.

- La couche de support de la végétation a une composition minérale spécifique et pas moins de 3 cm de profondeur;
- Les formes de végétation utilisées constituent un faible risque d'incendie;
- S'il y a une bordure de cailloux, de gravier ou de pavés qui permet d'avoir au moins 50 cm entre la zone de végétation et les ouvertures dans le toit (puits de lumière, fenêtres de toit) ou les éléments verticaux comme un mur avec des fenêtres, si leur balustrade est moins de 80 cm au-dessus le niveau du substrat de la végétation.
- Tous les 40 m il y a une barrière de 30 cm d'hauteur constituée de matériel non-inflammable ou une bande solide d'une largeur de 1 m formée de pavés, de gravier ou de cailloux, si le pare-feu ne doit pas être prolongé au-dessus du niveau du toit. »



Bandes de cailloux pour des raisons de sécurité incendie. ©Jonatan Malmberg

Points principaux

Planifier une toiture végétalisée exige la prise en compte de plusieurs aspects; la statique de la toiture, l'impact sur le climat et l'eau, la logistique et les cas d'incendie.

Questions

- Listez les éléments pris en compte lors du calcul de la statique du toit.
- Décrire les conséquences des conditions climatiques, des arbres et des bâtiments sur une toiture végétalisée?
- Qu'est-ce qui peut occasionner un risque d'incendie?

4

INSTALLATION (SANTÉ ET SÉCURITÉ, PROCESSUS & CRÉATION)

SANTÉ ET SÉCURITÉ

Comme la plupart des travaux est effectuée en hauteur, la santé et la sécurité sur le lieu de travail est d'une importance capitale. Les risques pour toutes les personnes présentes sur le lieu de travail dépendront de la tâche et où elle est effectuée. Les évaluations des risques doivent toujours être complétées pour mettre en évidence des risques et la façon de les traiter. En vertu de la directive-cadre 89/391 de l'EU une évaluation des risques doit être effectuée dans la zone où vous allez travailler. Une évaluation des risques peut être résumée par les étapes suivantes :

- Étape 1** Identifier les risques et celles qui sont à risque
- Étape 2** Évaluer et prioriser les risques
- Étape 3** Décider de l'action préventive
- Étape 4** Prendre action
- Étape 5** Surveiller et réexaminer

Les causes les plus fréquentes d'accidents sur les toits sont :

- Tomber du toit
- Tomber à travers le toit
- Tomber à travers une ouverture
- Tomber d'une échelle

Cette liste rend évident le fait que tout en travaillant sur le toit on doit faire attention et porter un système de protection contre les chutes. Lors de l'installation, les mesures générales de sécurité dépendantes de la hauteur de chute, de la pente du toit, de la portée du travail, des considérations du toit (comme des bords coupants) et des conditions météorologiques.

Étant donné qu'il y a un danger pour le public dû aux machines et à la chute de débris, le site devra toujours être solidement clôturé. En fonction de la hauteur du bâtiment même des petits objets comme des clous peuvent se transformer en projectiles et les effets peuvent être fatals si quelqu'un au sol est frappé par l'objet. Il faut toujours prendre soin de l'équipement et d'autres objets qui pourraient accidentellement tomber ou être poussés du toit ; conservez-les dans un endroit sûr ! Assurez-vous de ne pas tomber sur des outils ou de marcher sur des clous car une perforation de l'étanchéité peut vite arriver.

Des panneaux d'avertissement doivent être affichés pour informer le public que des travaux de construction sont en cours et pour indiquer également que les personnes non-autorisées sont interdites d'entrer. Pendant les enquêtes et le processus d'obtention du permis pour la planification, il faut prendre en compte les risques pour les opérateurs et les personnes exposées aux déchets dangereux sur un site de récupération. C'est la responsabilité de l'entrepreneur que tout le travail soit effectué conformément aux réglementations nationales d'une manière qui assure la sécurité de tous. C'est toujours la responsabilité de l'employeur de ne pas mettre les employés en danger et de fournir tout l'équipement de sécurité nécessaire.



D'autres conseils pour éviter les dégâts et les dangers :

Fer à souder: comme il peut être encore chaud après l'avoir utilisé, choisir soigneusement un endroit sûr pour le poser car il peut faire fondre la protection d'étanchéité / contre les racines, les câbles ou brûler vos vêtements !

Cigarettes: ne doivent pas être jetées car il y a beaucoup de matériaux inflammables !

Contrôler la semelle de vos chaussures – il pourrait y avoir des objets pointus, par exemple des éclats métalliques ou des clous.

Contrôler votre protection contre les chutes avant de l'utiliser! Après la charge mécanique causée par une chute, les composants doivent être contrôlés et certains doivent être remplacés (par exemple, les pinces) !

S'assurer que la protection contre les chutes n'est pas endommagée et ajustée à vos besoins.

Pour garder l'hygiène et l'ordre lors de la construction d'une toiture végétale, elle doit être rangée à la fin de la journée/ du travail réalisé en s'assurant que rien n'est laissé derrière qui peut causer des blessures aux autres personnes ou aux animaux attirés par la toiture végétale. Les toits sont souvent des endroits venteux, donc n'oubliez pas de récupérer dans un endroit sûr les matériaux et outils qui sont éparpillés, et de placer les déchets dans les bons bacs de recyclage.

Outre le mécanisme de protection nécessaire pendant le processus de travail, il sera nécessaire d'installer des systèmes de protection permanents qui seront nécessaires pour les opérations sur la toiture végétale terminée, par exemple pour l'entretien. Au cas où vous ne connaissez pas ces systèmes, il sera nécessaire que vous appreniez comment les appliquer et les utiliser correctement. Cela peut nécessiter un cours de base ou un enseignement mené par un professionnel, un collègue ou un employeur. Si ceci ne vous est pas donné dans votre travail, vous devriez le demander car il s'agit de votre santé et de celle de vos collègues !

- Cordes
- Dispositifs d'ancrage, crochets
- Balustrades ou clôtures
- Echafaudage
- Filet de sécurité
- Revêtements

Eurocodes importants selon ce sujet:

- EN 13374 Garde-corps périphériques temporaires**
- EN 1496 Équipement de protection individuelle contre les chutes**
- EN 4426 Dispositifs pour l'entretien des bâtiments - Exigences de sécurité pour les lieux de travail et accès - Planification et exécution**
- EN 795 Protection contre les chutes de hauteur - Dispositifs d'ancrage**

Outils nécessaires

Outils, équipements et matériaux nécessaires – ceci peut inclure quelques uns ou tous les éléments suivants:

- Équipements de Protection Individuelle (EPI) – Chaussures de sécurité, gants, lunettes de protection, vêtement à haute visibilité, vous pourriez avoir besoin d'un harnais d'arrêt, d'un cordon –
- Mousquetons etc.
- Sable de marquage.
- Mètre à ruban.
- Disqueuse avec un disque en diamant, fioul et outils pour changer le disque.
- Un couteau aiguisé avec des lames supplémentaires.
- Truelle, plantoir & fourche.
- Planches de contreplaqué ou bois pour mettre sous tous les matériaux qui ont besoin d'être découpés pour protéger ainsi la membrane imperméable à l'eau.
- Plaque pour poser les genoux.
- Brouette avec des pneus non rigides (à l'air).
- Seaux – pour transporter du substrat supplémentaire pour couvrir les joints ouverts, pour transporter des petits outils, etc.
- Râteau.
- Matériaux d'irrigation – principalement de l'eau avec une pression suffisante pour transporter de l'eau jusqu'à la hauteur que vous voulez pour irriguer.
- Assez de tuyaux d'arrosage, de connecteurs et de gicleurs pour couvrir l'arrosage de l'ensemble de la zone en cours d'installation.
- Brosse et pelle.
- Sacs pour la collecte des déchets de des restes non nécessaires.
- Des bennes-skips/conteneurs séparés pour les déchets recyclables et non-recyclables.
- Polymère retenant l'eau (polymère hydrophile).
- Systèmes de soutien pour les arbres et plantes grimpants.



4

PRÉPARATION DE LA TOITURE

Toutes les toitures doivent être dégagées et balisées avec précision, et la position des services ou des dangers potentiels doit être identifiée et enregistrée. Il est impératif que la membrane d'étanchéité soit intacte et certifiée pour être étanche (testée par l'imperméabilisant ou un expert, avec un protocole tamponné et signé). Pour minimiser le risque de dommage de la membrane d'étanchéité lors de l'installation de la toiture végétale, le site doit être débarrassé des débris

et laissé propre avant l'installation et toujours protégé. Par exemple : lors de la mise des planches sur l'étanchéité (protection contre les racines) ou sur le parapet pour pouvoir marcher dessus ou pour utiliser une brouette, vous devez placer un tissu de protection sur l'étanchéité (protection contre les racines) et sur les matériaux du parapet pour éviter de le rayer et peut-être de le perforer.

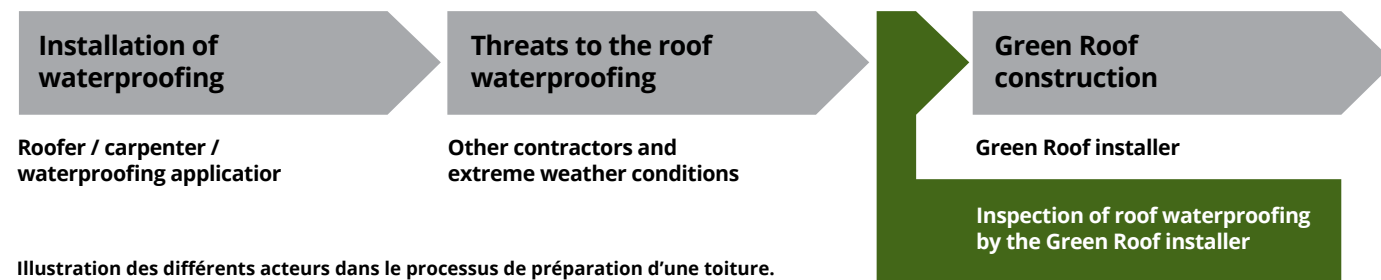


Illustration des différents acteurs dans le processus de préparation d'une toiture.



S'il y a d'autres parties qui travaillent encore sur le toit en parallèle (couvreur, installateur de panneaux solaires, charpentier, etc.) vous devez garder un œil sur leurs actions, leur rappeler de ne pas nuire à l'étanchéité. Vous serez responsable pour garder l'étanchéité non-endommagée parce que vous êtes la dernière profession dans la chronologie à installer la toiture végétale et probablement le premier qui sera tenu comme responsable dans le cas où une fuite apparaît.

Avant l'installation d'une toiture végétale, l'installateur doit vérifier la membrane imperméable et il est conseillé de suivre la check-list suivante:

- Avant d'entrer sur la surface du toit s'assurer qu'il n'y ait pas d'éléments tranchants sur la semelle de vos chaussures !
- Assurez-vous que la membrane imperméable choisie réponde aux normes. Si la membrane imperméable a aussi le rôle de protection contre les racines alors elle doit avoir le certificat approprié « résistant aux racines » (par exemple, selon FLL)
- Vérifier si la surface de la membrane d'étanchéité n'a pas de dommages ou de défauts visibles (comme des fissures, des cloques, des perforations).
- Vérifier l'intégrité des joints à recouvrement de la membrane d'étanchéité sur tout le toit, les coins et les bords. Aussi, les portes XXX et les sorties de drainage sont particulièrement sensibles.
- Si l'étanchéité a été réalisée dans les semaines/mois précédents, le plafond de l'étage supérieur peut être inspecté pour l'humidité.
- Une documentation photographique de l'état du toit et des potentielles zones à risque est conseillée.
- Rapporter à votre chef de projet.

PROCESSUS D'INSTALLATION

Une fois que la membrane d'étanchéité a été vérifiée, une feuille géotextile peut être placée sur la membrane d'étanchéité. Après cela, sont installés les plaques de drainages emboîtées et les composants de stockage d'eau. Il y a une variété de tailles, de designs, de formes qui détermineront les caractéristiques de stockage/drainage du toit. Le tissu de filtrage est le plus souvent placé sur le drainage dans le but de filtrer et d'arrêter le substrat de bloquer les éléments de drainage de la toiture, y compris les sorties de drainage.

Le substrat est installé selon la bonne spécification, il est uniformément réparti et distribué sur le toit et nivelé à la bonne profondeur et consolidé pour créer l'inclinaison nécessaire. Le substrat ne doit pas être étalé trop près des bords et les sorties de drainage, dans cette zone il faut disposer des cailloux pour assurer le drainage, le ballast et la stabilité de la toiture végétale. La limite du ballast peut être posée autour du périmètre et des sorties de drainage en utilisant 50 mm de cailloux jusqu'à une longueur d'environ 30cm ce qui permettra d'éviter que les plantes de colmatent le drainage et d'être endommagées par des tourbillons de vent.

Le soulèvement dû au vent peut déjà causer des inconforts lors de l'installation de la toiture végétale, surtout lorsque le substrat fournit une charge pour les couches posées et non fixées (drainage, géotextile, etc.). Pour sécuriser la toiture végétale du soulèvement dû au vent pendant sa durée de vie, les bords et les coins de la toiture doivent être protégés contre le vent avec du gravier rempli ou avec des dalles de béton ainsi une zone sans végétation d'environ 0,5m doit être inclus dans la planification (ceci offre également une protection préventive contre l'incendie).

Autour des bords des toitures végétales, il peut aussi avoir des butées. Celles-ci doivent être protégées contre les précipitations et potentiellement aussi des racines des plantes (si le substrat devait être installé à côté de celles-ci). Il y a différentes règles et recommandations dans différents pays européens sur la hauteur que la couche imperméable doit avoir à partir du toit.

Assurez-vous qu'il y ait toujours une bande de séparation de gravier allant jusqu'à 500 mm de largeur qui crée une zone libre de végétation. Une règle empirique est de s'assurer qu'il y a aussi entre 10 à 15 cm d'« air » entre la couche de gravier et l'endroit où se termine l'étanchéité. Soyez prudent avec ces parties, comme montré sur les photos.



Installation de la membrane d'étanchéité. ©Jonatan Malmberg

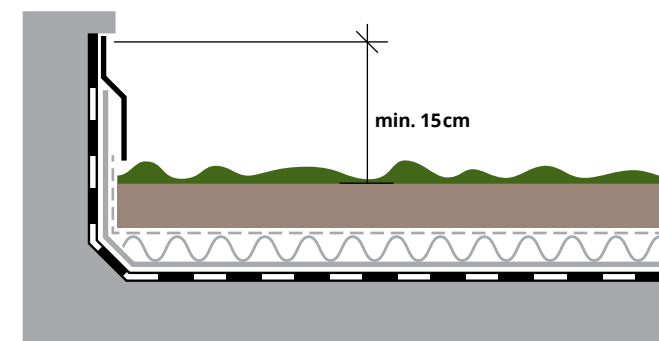


Ajout de substrat . ©Jonatan Malmberg

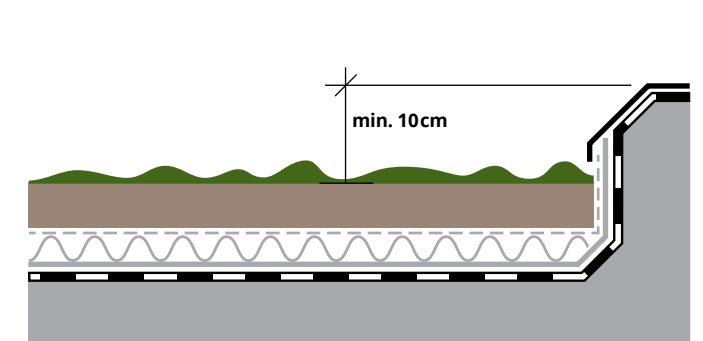


Zones sans végétation tout au long des bords pour empêcher le soulèvement dû au vent. ©Vera Enzi

Wall abutment



Roof edges





Division des différentes zones et matériaux avec des stabilisateurs/diviseurs de gravier. ©Eva Robausch

Il est également bien de séparer les zones qui sont différentes en conception et utilité avec une zone libre de végétation. Il est avantageux d'utiliser des stabilisateurs de gravier ou d'autres solutions de séparation/division pour éviter le mélange des matériaux.

Lors de l'installation d'un système de drainage sur une toiture végétale, il est très important d'inspecter attentivement le plan de celle-ci et ensuite inspecter et comparer la situation de la toiture. Bien que ceci semble très simple, c'est très important car il arrive qu'il y ait des différences entre le plan et la situation réelle sur le toit. Vous devez savoir ce que le planificateur veut faire et où les systèmes seront installés, et vous devez contrôler si l'installation peut être effectuée comme indiquée sur le plan compte tenu de la situation réelle sur le site. Est-ce que les dessins du plan reflètent et correspondent à la situation réelle du site de construction- les endroits bas, les endroits hauts ?

Sur les toitures extensives il est toujours mieux pour la végétation d'avoir moins de drainage et plus lent mais pour les constructions légères et en cas des fortes pluies le drainage doit fonctionner correctement. Est-ce que le drainage du toit est trop rapide ou trop lent pour le système que vous allez y installer ? L'exemple suivant d'un siphon de sol sert à signaler la signification de ces considérations :

Est-ce que le siphon de sol est placé sur le plan au même endroit que sur le toit ou il est à l'autre bout du toit, peut-être 20 mètres plus loin ? Une autre erreur très commune : le siphon de sol est situé au point le plus haut du toit ou il sera installé du mauvais côté du toit

Il peut effectivement arriver que le plan ne correspond pas avec la situation réelle. Par conséquent il est de la plus haute importance de toujours penser à ce que vous allez faire et de

poser des questions pour éviter de mettre en place des installations complètement erronées.

Exigences + porter particulièrement attention sur :

- Pente : Vers quelle direction coule l'eau ? Besoin des corrections ?
- Siphon de sol : Correctement situé ? Un est suffisant ou plusieurs sont nécessaires ?
- Respecter la zone sans végétation en utilisant du gravier : 30-50cm autour des siphons de sol, des gouttières et d'autres sorties d'eau, des ouvertures et
- Dispositifs électriques /câbles: Aucun danger si un excès d'eau s'accumule ?

Ces questions doivent toujours être résolues avant de commencer l'installation étant donné que des mauvaises installations peuvent avoir des effets mortels :

L'excès d'eau ne coule pas correctement > accumulation d'eau > la végétation meurt + charge élevée sur le toit (problèmes avec la statique)

Comme pour les bords du toit, le siphon de sortie pour le drainage doit être séparé avec une zone sans végétation avec du gravier ou des galets. Les pierres rondes sont importantes car elles endommagent potentiellement moins la membrane d'étanchéité.



Siphon de sortie avec un profil de décharge placé sur une planche de drainage ; au-dessous un tissu de protection et un siphon de sortie après une couche de gravier. ©Eva Robausch

MISE EN PLACE DE PLANTES SUR UNE TOITURE VÉGÉTALE

Planter, semer et dispersion des boutures

Les toitures végétales peuvent être plantées avec des plants en mottes, dispersés avec des boutures ou semés – de préférence en combinant ces méthodes pour une couverture de végétation rapide. Avril- Juin et Septembre- Octobre sont des mois d'établissement conseillés avec une météo plus fraîche, Mars-Avril et mi-Septembre- Novembre pour une météo sèche et chaude. Dans des conditions sèches l'arrosage peut être nécessaire et surtout après la semence ou la plantation. L'utilisation des boutures en tant que méthode de plantation est limitée aux espèces de sédum car elles retiennent l'humidité assez longtemps pour que de nouvelles racines puissent bien s'établir.

Graines: Les grandes surfaces du toit sont semées avec un applicateur calibré, les zones plus petites peuvent être ensemencées à la volée. Les graines peuvent être appliquées sous forme de gel connu sous le nom d'ensemencement hydraulique, un mélange de pâte de cellulose, d'eau et de graines qui est ensuite pompé et appliqué sur le substrat. Lors de l'ensemencement à la volée, mélanger les graines avec du sable pour empêcher les graines de s'envoler du toit et ceci rend aussi plus facile de les disperser uniformément sur toute la surface du toit. Les graines de gazon se propagent facilement par le vent et n'ont donc pas besoin d'être incluses dans un mélange de graines. Pour s'assurer qu'une quantité suffisante de graines germent dans un environnement sec, dur et venteux, utiliser une grande quantité de graines. Par exemple, le taux d'application des graines sèches : 4-10 grammes / m².



Graines de fleurs sauvages. ©Nathalie Baumann

Certains mélanges de semences contiennent des – champignons – Mycorhiziennes actifs dans le sol qui travaillent en faveur de la végétation, en développant une vie saine dans le sol (dans notre cas, le substrat).



Les Boutures de sédum sont des petites sections de tiges coupées à partir d'une plante en croissance. Une caractéristique de nombreuses espèces de sédum est la capacité à produire des racines adventives même dans des conditions relativement sèches. Les boutures sont ensemencées directement sur la surface du substrat et elles vont naturellement s'enraciner sur une période de quelques semaines. Un taux d'application de boutures = 50-75 grammes/m², est le minimum recommandé. Pour couvrir plus rapidement la végétation, 100 grammes ou plus/m² peuvent parfois être appliqués.



©Jonatan Malmberg

*Les boutures de sédum peuvent avoir besoin d'un approvisionnement en eau et de la colle organique ainsi que des engrais pour la croissance des racines.





Usines de brancher un plateau. ©Nathalie Baumann

Les Mottes sont des petites plantes pré-cultivées disponibles dans une variété de tailles et de différentes espèces de plantes. Si la toiture végétale est à la fois en train d'être plantée et ensemencée, la recommandation est de planter 5-10 plants en mottes (d'espèces) de plantes/m². Optez pour 10-20 plants en mottes (de préférence des espèces différentes) /m², si uniquement des plants en mottes sont utilisés, les plantes vivaces sont mieux plantées au printemps et au début de l'été lorsque le substrat se réchauffe et la nouvelle pousse émerge.

Des recherches ont montré que les plantes survivent mieux si elles poussent dans un milieu de culture qui ressemble à leur lieu de plantation final. Une aide à la croissance des plantes est donc d'utiliser dans la pépinière le même substrat qui a été utilisé pour la toiture végétale. Le paillis (copeau de bois organique, copeaux d'écorce, des cailloux non organiques) peut aussi améliorer les conditions de croissance en aidant à conserver l'eau et supprimer les mauvaises herbes.



Les Bulbes doivent être plantés généralement à une profondeur de trois fois leur taille avec le nez pointant vers le haut et les bulbes ne doivent pas se toucher entre eux. Les bulbes florissant au printemps doivent être plantés à la fin de l'été/début de l'automne. Les bulbes florissant en été, automne et hiver doivent être plantés au printemps. Plantez les bulbes en tas et en groupes, entre les plantes vivaces, les arbuste boisés et sous les arbres.

Les plantes en pots: peuvent être plantées toute l'année si elles sont bien établies. Évitez de planter en cas de gel très froid. Arrosez bien avant de planter et plantez à la bonne profondeur de la pépinière/de la plante. Le trou de plantation doit être 2/3 fois la taille de la motte pour permettre un bon développement des racines. Remplissez et affermissez (sans compacter) pour éliminer les poches d'air et donner suffisamment de stabilité. Libérez et/ou taillez les racines congestionnées.

Pour les toitures végétales intensives: Tous les arbres plantés sur le toit auront besoin d'un soutien par ancrage souterrain, qui a été installé avant de commencer à planter. Des méthodes d'haubanage souterraines sont souvent utilisées pour sécuriser des arbres qui ont été plantés dans des espaces paysagers durs où des systèmes au sol ne sont pas appropriés et une méthode similaire doit être utilisée sur un toit. Tout travail lourd d'aménagement paysager devrait être achevé avant que l'aménagement paysager de finition soit fait pour éviter d'endommager les plantes.



Les plantes en pots. ©SGRI

La profondeur de la plantation est importante pour les toits avec une profondeur de substrat >20cm. Planter trop profondément va étouffer les plantes ce qui peut causer une faible croissance ou même la mort de la plante. Planter trop superficiellement peut causer l'assèchement des racines, en plus la plante pourrait facilement se détacher et se perdre du toit. Cependant, vous serez confrontés à cette situation sur les toitures végétales extensives de seulement 10 cm de profondeur. Utilisez des guides et des plans de plantation pour espacer correctement les plantes. Idéalement le travail se réalise sur des planches pour poser les genoux (en cas de plants en mottes) et il est organisé de manière à ce qu'il commence au point le plus éloigné de l'accès au toit pour minimiser les perturbations et le compactage du substrat. Lorsque la plantation est terminée, il est recommandé d'arroser les plantes suffisamment pour atténuer le stress et pour permettre un tassement correct des racines. Les plantes pré-cultivées dans des jardinières doivent par ailleurs être arrosées à l'avance. Certains plants en mottes peuvent être déjà plus développés que les autres espèces que vous plantez. Si c'est le cas coupez tout simplement la moitié des feuilles de ces plants en mottes. Cela aidera ces plantes à mieux se développer car elles n'au-

ront pas besoin de beaucoup d'eau au début (avant que leurs racines soient bien établies). Avec cette technique les plantes s'assimileront mieux grâce à l'état développé des feuilles – elles auront aussi des conditions de départ moins stressantes.

Toute croissance végétale endommagée, des branches qui se croisent, des pousses non-typiques et tout tissu mort doivent être enlevés. Tout le matériel végétal doit être sain, c'est pourquoi il est recommandé de vérifier les feuilles, les bourgeons et les tiges. Les racines doivent être vérifiées et les zones mortes découpées pour garantir une bonne croissance.



Souvenez-vous de planter les végétaux à une profondeur correcte. ©Nathalie Baumann

MÉTHODES CORRECTES DE MANIPULATION ET DE TRANSPORT DU MATÉRIEL À PLANTER

Le matériel à planter viendra dans une variété de formes et la manipulation et le transport dépendra de celles-ci. Il faut faire attention que les plantes soient traitées avec soin. Les graines ne sont pas super sensibles et sont habituellement livrées dans des sacs en tissu perméables à l'air pour éviter le moulage. S'il est nécessaire de les stocker, placer les graines dans un endroit sec et protégé contre le gel. Les boutures et les plantes doivent être installées juste après la livraison. Les boutures de sédum peuvent être livrées dans des sacs plastiques perméables à grandes mailles ou dans une boîte ventilée. Si la plantation est retardée, sortez les boutures et étalez-les sur une surface sèche pour prévenir la pourriture. Dans cet état elles peuvent être conservées jusqu'à 2 ou 3 jours lorsqu'elles sont gardées fraîches et sèches. Si elles viennent en rouleaux, ceux-ci doivent être ouverts si la plantation ne peut pas se produire immédiatement. Le matériel à planter en pot peut avoir besoin d'un arrosage supplémentaire pendant le stockage. Il est recommandé que vous couvriez les pots dans le substrat, créant ainsi un stockage temporaire.

Là où les plantes ont besoin d'être remplacées, particulièrement sur certaines toitures végétales intensives, elles doivent être portées par la base de la plante. Vérifiez également pour chaque remplacement de plantes les mauvaises herbes, les insectes nuisibles et/ou les maladies. Pour la biosécurité; soyez informé de votre environnement de sorte que vous n'apportez pas d'organismes non-bénéfiques sur la toiture végétale.

EXIGENCES D'IRRIGATION

Le manque d'eau provoque le stress des plantes – qu'elles peuvent tolérer jusqu'à un certain niveau. Mais quand un certain stade est passé, les plantes peuvent souffrir de dommages irréversibles. Il est coûteux et cela prend du temps pour remplacer la végétation morte. Une végétation complètement sèche peut être une charge calorifique (charge combustible) et doit être retirée correctement pour éviter tout danger. Il peut s'avérer nécessaire d'irriguer durant les périodes chaudes, sèches et venteuses et surtout pendant la phase de mise en place. L'irrigation peut être nécessaire dans les régions méditerranéennes ou les régions très sèches et venteuses où le taux d'évapotranspiration est élevé et où l'unique utilisation de planches de drainage remplies d'eau est insuffisante.

Les facteurs suivants peuvent déterminer la quantité d'irrigation nécessaire:

- 1 La demande en eau des couches de plantation.
- 2 Le type et la quantité de stockage d'eau, c'est-à-dire le milieu de culture, la couche de drainage.
- 3 Les modèles de précipitations.
- 4 Beaucoup de plantes qui sont tolérantes à un certain niveau de perturbation de la racine, ne toléreront aucune interruption dans l'approvisionnement d'eau jusqu'aux racines.

Le choix de la méthode d'irrigation est très important et affecte directement l'intensité de la maintenance car il répond automatiquement aux besoins en eau des plantes. Normale-

ment vous avez besoin d'experts pour calculer ceci et pour avoir une irrigation précise – pas des quantités insuffisantes d'eau, et pas de trop.

Plusieurs systèmes sont disponibles et comprennent ; des tuyaux d'arrosage, des arrosages au goutte à goutte, de l'irrigation par aspersion ou souterraine et des systèmes automatisés. Si un système d'irrigation souterrain est installé, il doit être correctement marqué où il est placé pour éviter de l'endommager, par exemple pendant l'entretien. Pour des raisons d'économie d'espace il est possible de prévoir un tunnel de câble où tous les types de câbles et de lignes sont intégrés. Réfléchissez aux types de câbles et lignes pouvant être placés ensemble, en termes d'interactions techniques et chimiques. Envisagez aussi que les conduites d'eau « transpirent » due à la condensation de l'eau lorsque la température ambiante est plus élevée que la surface plus fraîche des conduites.

L'eau d'irrigation peut provenir d'un système existant d'approvisionnement en eau du bâtiment ou d'une citerne posée sur le toit. Dans les deux cas, il doit y avoir une pression d'eau suffisante à l'intérieur des tuyaux. L'utilisation d'une citerne est bénéfique à la fois écologiquement et économiquement parlant et elle a plusieurs avantages comme ; l'utilisation de l'eau de pluie ; le soulagement du système d'égouts ; la conservation de l'eau potable et elle pourrait permettre la réutilisation des eaux usées filtrées.

Si vous utilisez des systèmes souterrains, les plantes devraient peut-être être arrosées manuellement lors de la mise en place en raison du système de la racine encore en développement qui n'aurait pas encore atteint le niveau d'irrigation. Le substrat peut également être d'une capillarité insuffisante. L'irrigation pour la mise en place peut être arrêtée une fois que la couverture végétale a été établie.

DOMMAGE ENVIRONNEMENTAL ET TRAITEMENT DES DÉCHETS

Minimising of environmental damage can be achieved. La minimisation des dommages environnementaux peut être obtenue en travaillant dans des conditions météorologiques appropriées, en recyclant / réutilisant des objets, en utilisant des alternatives à la tourbe / produits à base de tourbe et en prenant soin de ne pas répandre de mauvaises herbes vivaces. Tous les déchets produits doivent être retirés du site (par mesure de précaution pour les collègues, le public et vous-même) et éliminés correctement. Lors de l'élimination contrôlée des déchets, il doit être pris en considération où de l'élimination doit se faire, les coûts, les procédures et quels sites des autorités locales acceptent les types de déchets tels que le pétrole / les filtres, etc. Les gravats, la ferraille et le plastique doivent être emmenés dans une installation de déchets commerciaux. Les méthodes de traitement peuvent comprendre; le recyclage, la réutilisation, l'ensachage, la mise à la poubelle, évitez d'avoir un système de traitement loué ou privé avec un entrepreneur agréé. Les déchets organiques tels que les gazons, les racines et le bois peuvent être compostés, généralement emmenés dans une installation de déchets verts qui accepte les déchets commerciaux, et / ou en copeaux et utilisés comme paillis. Des informations sur la façon de recycler ou de jeter les déchets est généralement disponible auprès du fournisseur.



Irrigation sur une toiture végétale extensive à la biodiversité riche. ©Vera Enzi

Points principaux

Il est strictement nécessaire de respecter les règles de santé et sécurité sur un toit. Les causes les plus fréquentes d'accidents sont: glissade, chute à travers le toit, chute d'une échelle ou à travers une ouverture. Toujours utiliser un équipement de protection.

Lors de l'installation d'une toiture végétalisée, il est très important d'éviter d'endommager l'étanchéité de la membrane. Il faut garder le site exempt de débris et utiliser une protection polaire sur la membrane d'étanchéité pour sa protection.

Questions

- Décrire le processus d'installation.
- Quand une irrigation peut-elle être nécessaire? Citer quelques systèmes d'irrigation possibles et utiles.

5

ENTRETIEN

ENTRETIEN ET SUIVI

Avant que toute opération de maintenance soit effectuée sur un site, une évaluation des risques doit être faite. Les types de problèmes qui peuvent être rencontrés sont les nids d'oiseaux, les souris, les ruches, les nids de guêpes, etc. Les travaux d'entretien peuvent être affectés comme par exemple l'entretien ne devrait pas avoir lieu lorsque les oiseaux font leur nids - seulement quand les poussins ont fait leur envol. Il est bon de prendre connaissance des insectes présents car ils peuvent être pollinisateurs ou des guêpes et ne devraient pas être dérangés. Toutes les étapes sur le toit doivent être faites très soigneusement et tranquillement, en étant conscient qu'il peut y avoir une certaine activité animale autour.



Erosion du substrat sur une toiture de sedum et de mousse. ©Jonatan Malmberg

Le plan de maintenance d'une toiture végétale se compose des étapes suivantes:

Entretien d'achèvement: Un aspect de la prise en charge d'une toiture végétale est d'atteindre la couverture du sol correspondante après l'installation. L'arrosage peut être exigé.

Entretien de développement: Après l'entretien d'achèvement vient une période d'entretien de développement pour supporter la végétation, qui dure généralement de 1 à 2 ans.

Entretien récurrent et inspection: Un objectif à long terme d'une toiture végétale est l'entretien.

TOITURES VÉGÉTALES EXTENSIVES

Un toit de sédum avec un niveau acceptable de la couverture végétale aura besoin d'un faible niveau d'entretien. Les opérations principales sont le désherbage et l'alimentation occasionnelle au printemps.

Un engrais à libération lente évite le déversement rapide, toujours garder à l'esprit que des quantités excessives vont déverser des nutriments dans le drainage et les eaux souterraines. La recommandation classique pour les sites d'écologisation de sédum extensifs sont de 5g d'azote (N) / m². D'autres nutriments importants sont le Phosphore (P) et le Potassium (K).

Il est très important de considérer que les engrais à libération lente peuvent ne pas être bon pour la biodiversité d'une toiture avec des oisillons et autres animaux / insectes se nourrissant des capsules de nutriments.

Les plantes de Sédum devraient être en mesure de faire face aux précipitations naturelles seules en supposant que le substrat soit suffisamment profond et possède les bonnes spécifications. Les sédums ne sont pas sujettes à d'importants problèmes d'insectes nuisibles et de maladies, mais les petits mammifères et les oiseaux peuvent déraciner de jeunes plantes de sédum ou les plants en mottes (qui devront être replantés). Pour les toits de sédum fins, la végétation peut comprendre plus d'une douzaine d'espèces de sédum lors de l'installation, mais au fil du temps les espèces les plus agressives viendront généralement dominer le mélange. Ajouter plus de substrat sur tout le toit est une solution, mais gardez à l'esprit la statique de la toiture - combien de poids supplémentaire la construction du toit peut assumer. S'il y a une restriction il y a encore beaucoup d'autres possibilités. Vous pouvez peut-être augmenter la profondeur du substrat au-dessus des piliers ou



Les pousses d'arbre doivent être enlevées. ©Jonatan Malmberg



Assurez-vous que les sorties de drainage soient débarrassées de toute végétation. ©Jonatan Malmberg

L'entretien sur une toiture végétale intensive doit être assimilée avec l'entretien des zones vertes et plantées au niveau du sol. Cela comprend l'entretien du gazon, l'élagage des arbres et des arbustes, l'entretien des éléments d'eau tels que les étangs et statuettes (si cela est installé), le désherbage normal, la fertilisation, le paillage et l'arrosage.



Points principaux

La maintenance des toitures végétalisées doit être planifiée à son achèvement, pendant son développement, et en continu.

L'entretien sur un toit de sedum comprend le désherbage, un apport nutritif occasionnel et la vérification et desobstruction des sorties de drainage. Du substrat et des plantes peuvent être ajoutés.

Questions

- De quoi faut-il s'assurer avant de pénétrer dans une toiture végétalisée?
- Que faut-il considérer lors de l'utilisation d'engrais?
- Quel type de toits ne devraient pas recevoir d'engrais?

2ÈME PARTIE **TOITURES BIOSOLAIRES**



6

BIODIVERSITÉ, TOITURES VÉGÉTALES À LA BIODIVERSITÉ RICHE ET POLLINISATEURS



La diversité biologique, la biodiversité raccourci, est la diversité et la variété des organismes vivants et joue un rôle essentiel pour assurer la survie de la vie sur terre. La définition officielle de la biodiversité a été déterminée durant la Convention sur la diversité biologique par les Nations Unies et les États:

« 'Diversité biologique' fait référence à la variabilité parmi les organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces et celle des écosystèmes. »

Cette déclaration indique la signification du terme biodiversité; il contient non seulement tous les êtres vivants et la richesse des plantes et des animaux et comprend aussi les variations génétiques, les relations entre les espèces et la connexion à l'environnement non vivant. Le concept de la biodiversité souligne l'importance de la diversité à beaucoup de différents niveaux. Par exemple des groupes séparés d'une même espèce peuvent s'adapter à différents environnements et climats. Ces adaptations modifient les gènes au sein du groupe pour devenir un peu différents des gènes d'autres groupes au sein de la même espèce.

Il existe trois niveaux de biodiversité:

Diversité génétique: les variations entre différents individus ou populations de la même espèce. Si de petits groupes d'animaux ou de plantes deviennent isolés les uns des autres, cela peut conduire à la consanguinité. Cela diminue la diversité génétique et limite la résistance contre les maladies et l'adaptation à de nouvelles conditions.

Diversité des espèces: La diversité des différentes espèces dans un écosystème. La perte d'espèces devient une perte de fonctionnalité en raison du fait que la plupart des espèces jouent leur propre rôle important dans les écosystèmes.

Diversité écosystémique: La diversité des écosystèmes tels que les forêts, les étangs et zones humides, les prairies, le désert, les montagnes, etc. La diversité des écosystèmes est d'une grande importance car elle donne des habitats pour de nombreuses espèces différentes et maintient d'importantes fonctions.

La biodiversité est essentielle à la santé des écosystèmes et par conséquent aux services écologiques de nos villes. Il existe plusieurs variétés de plantes, insectes, champignons et microbes interagissant de plusieurs manières : certains se nourrissent d'autres espèces ou d'espèce en décomposition, certains sont des parasites tandis que d'autres peuvent tirer bénéfice d'espèce sans leur causer aucun mal. Ce réseau d'interactions est ce que nous appelons un écosystème.

De quelle manière le nombre d'espèces contribue-t-il à la durabilité d'un écosystème?

L'aspect le plus important du réseau est que la force de liaison de ses interactions est variable. En fait, chacune des interactions devient moins capitale au fonctionnement de l'entière de l'écosystème lorsque le nombre d'espèce au sein du celui-ci augmente ; ce qui est une bonne chose ! À l'inverse, dans un réseau ayant un faible nombre d'interaction, chacune devient cruciale et par conséquent peut être facilement perturbée si une espèce vient à disparaître pour cause de maladie ou d'une activité humaine. Ainsi, au plus la richesse spécifique sera importante, au plus le nombre d'interactions assureront la stabilité et la résilience écologique du réseau (écosystème). Le fait que la richesse spécifique renforce la stabilité est applicable à un écosystème indépendamment de sa taille (l'écosystème d'un grand lac ou une toiture végétale de taille moyenne).



Biodiversité sur une toiture végétalisée à Basel. ©Jonatan Malmberg

FACTEURS PHYSIQUES ET BIOTIQUES GOUVERNANT LA RÉPARTITION DE LA BIODIVERSITÉ

Toute espèce possède un environnement de vie qui lui est propre, son habitat et l'ensemble des conditions lui permettant de se procurer sa nourriture, d'avoir un nid et de se reproduire. Ces préférences se sont développées au travers de l'évolution où différentes stratégies se sont mises en place pour survivre et bénéficier des facteurs physiques et biotiques (vivants) du milieu environnant.

Facteurs Physiques : il s'agit du climat, des variations de température, le niveau de précipitation et le taux d'humidité. Le « micro climat » est un facteur important pour de nombreuses espèces pour lesquelles un changement sensible de leur environnement vivant ou non vivant les affecte directement. Une légère variation de la topographie et d'éléments structurels changent le microclimat considérablement.

Une pierre noire absorbe la chaleur et va générer un microclimat sensiblement différent d'une pierre de couleur claire. Cette légère variation peut avoir un impact important sur la végétation environnante. Un autre exemple est la création de différents microclimats en variant la taille et la forme des pierres utilisées : des pierres de gravier arrondis n'augmenteront pas la condensation et la formation de rosée

Les nutriments contenus dans le sol, le PH et la structure du sol sont d'autres facteurs physiques ayant un effet sur le type de plantes pouvant pousser.

Facteurs Biotiques : ou « vivants » influencent directement la vie d'autres espèces. Au sein de l'écosystème, on trouve de la compétition, de la coopération et du parasitisme. Le vivant affecte également le non vivant, le rendant plus habitable pour les autres espèces en offrant un abri ou en altérant la structure du sol pour le rendre plus fertile ; comme peuvent le faire les lombrics.

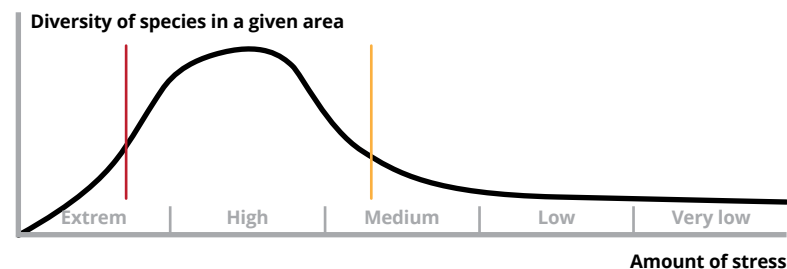
Les espèces s'étant développées en premier dans un environnement rude et hostile comme des éboulis ou une terre brûlée par un incendie sont appelées espèces pionnières. Elles jouent un rôle important dans la nature, assurant le renouvellement de la vie et la reconquête de terres après un incendie ou autre désastre. Malheureusement elles perdent actuellement du terrain face aux zones d'agriculture ou d'industrie forestière modernes. Certaines d'entre elles peuvent trouver un nouvel habitat sur les toitures végétales.



PAUVRE EN NUTRIMENTS MAIS RICHE EN FLEURS

Au premier abord un sol riche en nutriment avec un bon taux d'humidité semble être un environnement parfait pouvant subvenir à un large éventail d'espèces. Le contact avec l'azote augmente la biomasse. Il s'agit là des conditions utilisées lorsque nous exploitons nos cultures agricoles en assurant un faible niveau de 'stress' pour les plantes. Cependant lors de conditions favorables, de nombreuses espèces concurrentes ont tendance à prendre l'ascendant diminuant ainsi la richesse des espèces. Dans l'intervalle, un environnement pauvre en nutriments favorise des plantes non dominantes ainsi que la collaboration entre espèces pour palier à ce manque.

Il existe une corrélation générale entre le stress issu de facteurs physiques que les plantes subissent (comme l'accès aux nutriments) et la richesse spécifique d'une région. Si le niveau de stress est faible, la richesse spécifique tend à diminuer en faveur de plantes compétitives ayant une forte production en biomasse. Si le niveau de stress est élevé, il y a en général une biodiversité plus importante.



Cependant, un niveau de stress trop élevé comme dans une zone désertique à très faible taux d'humidité et accès à l'eau diminuera fortement la diversité d'espèce.

Autre exemple : le phosphore et l'azote sont communément faibles dans les prairies de fleurs sauvages saines. Un taux élevé de phosphore et d'azote dans le sol des prairies et pâturages européens constitue parfois un cas de pollution par les nutriments. La pollution par les nutriments en combinaison avec la diminution de prairies et pâturages dans les zones rurales et semi naturelles entraîne une perte sérieuse du nombre d'espèce. Un exemple unique au monde de conservation de la nature (initialement involontaire) est le toit végétal situé sur une usine de filtration à Wollishofen près de Zurich. Le réservoir d'eau de l'usine a été couvert en 1914 de gravier et de terres locales pour créer un effet de refroidissement évitant ainsi la croissance de bactéries dans l'eau chaude. Lentement la végétation a recouvert le bâtiment de

Wollishofen – avec le type de végétation environnante ; graines et plantes étant restées dans la terre transportée. Aujourd'hui ce toit a 100 ans et est resté intact avec une couche de terre d'environ 20cm recouvrant une couche de gravier absorbant. Neuf variétés d'Orchidée, en voie de disparition dans cette région, ont réussi à survivre dans une population saine (groupe d'organisme) sur ces toits. Ces différentes variétés d'Orchidées coopèrent avec des espèces de mycorrhiza fungi pour atteindre les nutriments dans le sol. Les toits de Wollishofen et ses 175 variétés de plante sont non seulement les toits végétaux les plus biodiversifiés d'Europe mais aussi un fantastique exemple d'écosystème isolé. Le seul entretien mis en place à ce jour est de couper la végétation une fois par an après la période de floraison-assurant que la biomasse du toit et le faible taux de nutriment reste stable.



LA BIODIVERSITÉ URBAINE

La biodiversité n'est pas seulement bénéfique pour la nature vierge mais au contraire cela concerne tous les environnements créés par l'homme : comme les champs, les plantations de pins, les parcs, les animaux domestiques, les plantes et les différentes zones urbaines. En effet, la diversité biologique des plantes et des animaux est parfois plus forte dans les zones urbaines en comparaison à surface égale d'une zone de campagne ; ceci étant dû à la grande variété des espaces de ville face à la monotonie d'un paysage agricole. Différents aspects de la nature se retrouvent dans différents segments d'une ville ; ainsi les plantes et les animaux peuvent y retrouver de nouveaux habitats semblables à leur habitats d'origine. Par exemple, les nids sur une façade peuvent être assimilés à des nids sur un rocher pour un martinet à ventre blanc. Les espaces gravillonnés par des machines peuvent également permettre à certaines variétés de fleurir comme sur la berge d'une rivière.

Les infrastructures vertes comme les toitures végétales, les murs verts, jardins de pluie contribuent à la biodiversité en zone urbaine. Elles sont renforcées au travers d'actions stratégiques et coordonnées visant à maintenir, restaurer, améliorer et connecter des zones vertes existantes mais aussi à en créer de nouvelles. L'ensemble constituant un espace de connexions. La qualité des connexions détermine l'étendue du déplacement d'une espèce animale ou une variété de plante. La connexion d'une espèce va dépendre du nombre d'habitat approprié mais également de sa capacité à se déplacer dans la nature. Ainsi, la connectivité du paysage est un concept important lors de l'entretien et de la planification de la biodiversité urbaine.



Un des toits de biodiversité les plus avancés RhyPark à Basel Suisse. ©Jonatan Malmberg



Un des toits de biodiversité les plus avancés RhyPark à Basel Suisse. ©Jonatan Malmberg

Infrastructure verte et Connexion des espaces de Zurich

Cette carte montre les couloirs de Transport de la ville de Zurich en Suisse. En noir = les lignes de train, Bleu=zone d'eau ; Premier vert = surface vertes ; second vert = campagne ; Troisième vert = colline ; ligne verte à trait épais =corridor biologique existant et ligne rouge =non existant/altéré



©GrünStadt Zürich

TOITS BIODIVERSIFIÉS

Les toitures Biodiversifiées peuvent servir d'habitat au cœur de structure urbaine apportant la faune sauvage dans nos villes. Ils jouent le rôle de corridors biologiques ou îlots de refuge permettant la migration de la faune et la flore. Ces connexions offrent d'importants services écologiques aux personnes et autres organismes vivants. En ville, les toitures Biodiversifiées peuvent être source de nourriture, lieux de repos ou servir à la construction d'habitat pour les animaux, plantes et microorganismes.

Les toitures Biodiversifiées procurent tous les bénéfices d'une toiture végétale tout en augmentant la durabilité de l'écosystème urbain et en renforçant les services écologiques grâce à la richesse de sa biodiversité. Ces toits ayant généralement une végétation plus dense, une couche de substrat plus épaisse et un peu plus de biomasse que les toitures végétales en sedum, les particules polluantes contenues dans l'air ou dans l'eau de pluie sont efficacement filtrées par le substrat et les plantes. La végétation dense et l'épaisse couche de substrat diminue également la pollution sonore. De plus, une toiture Biodiversifiée pourra, grâce à sa polyvalence, survivre à des conditions climatiques extrêmes et atténuer les changements climatiques.

Composition des toitures Biodiversifiées

Une toiture Biodiversifiée est essentiellement composée d'un toit végétal classique comportant : une protection étanche anti-racine, une natte de protection stockant l'eau, une couche de drainage, un siphon de sol, un substrat, une végétation, des graviers recouvert de pavés en béton pour les rebords, des éléments structurels et autres additionnels.

Éléments structurels

Climat, microclimat, humidité, topographie ainsi que les caractéristiques propres au substrat représentent les paramètres qui vont déterminer quelle plante, animal, insecte, micro organisme ou champignon pourra trouver sa place dans l'habitat. Par exemple de nombreux pollinisateurs (ex : papillons) ont besoin de plantes spécifiques pour reproduction.



Toit biodiversifié avec variation de qualité et hauteur de substrat, végétation, etc. ©Jonatan Malmberg



Pépinière ©Jonatan Malmberg

Espèces exotiques, indigènes et envahissantes

Une espèce exotique est une espèce transférée par l'homme de son habitat naturel vers une zone où elle n'est naturellement pas présente. On pourrait penser qu'introduire de nouvelles espèces favoriserait la biodiversité puisque cela augmente la richesse spécifique. Cependant, l'introduction d'espèce n'est pas une simple addition. Les espèces exotiques sont à l'opposé des espèces indigènes. Certaines espèces n'auront aucun impact négatif sur la faune et la flore indigène mais certaines autres ont de forts atouts compétitifs et se retrouvent dans un environnement sans sélection naturelle (prédateur, parasite ou maladie). Une fois qu'une espèce exotique prend le contrôle au dépens d'une espèce indigène, elle est qualifiée d'envahissante. Elle peut perturber le fonctionnement écologique de tout un écosystème.



Voici plusieurs éléments structurels:

- Les roches, pierres, bois mort servent de refuge contre les prédateurs, de protection contre le vent mais ils impactent aussi le microclimat. De plus les roches et les morceaux de bois peuvent servir de corridor biologiques ou d'îlots de refuge.
- Les zones dans lesquelles le substrat est peu profond ou contenant des pierres, chauffent rapidement. Ceci peut être très utile pour tout insecte aimant la chaleur. Les terrains en pleine terre avec peu ou pas de végétation, un grand nombre de pierre ou un substrat peu profond, bénéficient également aux prédateurs comme les araignées.
- L'ombre issue de végétations hautes ou d'ailleurs peut servir de refuge aux coccinelles, araignées et autres espèces.
- Les zones humides créent un microclimat et offrent des emplacements permettant aux espèces de boire, de se nourrir, de se reproduire et profitent aux insectes, araignées et oiseaux. Ces zones peuvent être fabriquées avec un container plastique usagé peu profond ou un revêtement isolant (recyclé si possible).
- L'utilisation de différents éléments structurels et de variations dans la taille des particules utilisées dans le substrat va profiter à une variété encore plus large d'espèces.

Principe de base pour un toit biodiversifié à végétation variée

Au delà des éléments structurels, pour favoriser le développement d'espèces différentes, il faut varier l'épaisseur du substrat (de 3-4 cm jusqu'à 15-20cm) et utiliser différents types de substrat. Il s'agit là du principe le plus important pour un toit biodiversifié. Différentes épaisseurs de substrat, différentes granularités et une composition de substrat variée conduiront au développement de végétations diverses, les unes pouvant s'épanouir sur quelques centimètre de substrat et d'autres nécessitant plus de profondeur pour germer. Par ailleurs, les besoins en eau diffèrent selon la taille des plantes : une petite plante sèchera plus rapidement qu'une grande capable de stocker plus d'eau et de nutriment.

Les zones à substrat plus profondes et humides peuvent supporter une végétation haute et dense. Les tiges des plantes permettent aux araignées de tisser leurs toiles, aux invertébrés de survivre pendant l'hiver ainsi qu'une augmentation de la biomasse procurant plus de nourriture aux oiseaux et chauve-souris.

Concernant le choix de la végétation, il n'existe pas de solution unique ou de mélange type de plantes car tout dépendra des caractéristiques du climat local. Choisir des plantes locales sera toujours une bonne idée car elles sont par défaut adaptées aux critères locaux. Cela permettra également de mieux préserver la flore locale et sa composition unique. Ce choix garantit aussi l'utilisation de plantes qui sont vitales aux pollinisateurs et autres animaux vivants dans la région. Choisir un fournisseur de plantes

local fera diminuer les contraintes de transport et promeut l'économie durable de la région. Cependant assurez-vous que ces producteurs travaillent sur des bases écologiques (bio ou biodynamiques) sans utilisation de fertilisants industriels, pesticides et herbicides.

Les Plantes et leurs exigences spécifiques sur leur lieu de vie

Toute plante n'est pas adaptée pour être sur une toiture végétale. Selon le type de toit végétal, il est nécessaire de faire le bon choix de végétation. Reproduire les habitats naturels tels que les prairies, des dunes, habitats rocheux, etc. peut servir de bon principe de base. Les facteurs suivants doivent être considérés lors du choix de la végétation souhaitée :

Exposition: La plante a-t-elle une autoprotection contre le rayonnement du soleil et les dommages d'ordre mécaniques ? par exemple le vent.

En raison de leur hauteur et de leur inclinaison, les toitures végétales sont souvent plus exposées qu'au sol et doivent donc être plus résistantes aux conditions atmosphériques.

Besoins Nutritionnels: Les toits biodiversifiés sont souvent constitués d'espèces végétales exigeant de faibles apports en éléments nutritifs et viendraient à dépérir si certains nutriments leur sont ajoutés. Il faut donc prendre en considération ce qui est durable, ce qui est nécessaire et enfin l'investissement que le propriétaire souhaite faire.

Besoins en eau: De combien d'arrosage a besoin la plante ? Comment réagit-elle face à la sécheresse ? Certaines espèces végétales peuvent recueillir l'eau de la rosée et l'humidité contenue dans l'air, mais une bonne irrigation reste parfois nécessaire.

Résistance au gel: Les toitures vertes sont très exposées au gel. Les racines, et le substrat ont donc de grands risques d'être endommagés par ce dernier.

Concurrence: Certaines espèces de plantes ne vivent pas à proximité ou en concurrence d'autres. Certaines peuvent être très compétitives, en particulier les pionniers et les néophytes, éliminant d'autres espèces.

PH et Tolérance au sel: Les toitures végétales sont des habitats isolés et créés artificiellement. Par conséquent, les composants du substrat peuvent changer au cours du temps ou lorsque des changements imprévus surviennent. De ce fait, les critères de choix des plantes doivent en tenir compte.



Fleur avec étamines et pistils. © Jonatan Malmberg

POLLINISATEURS ET POLLINISATION

Qu'est ce que la pollinisation?

La pollinisation est cruciale pour les plantes car essentielle à la production de semences et donc aux générations futures. Le transfert du pollen des anthères au stigmate d'une même espèce est une condition préalable à la fécondation. Des graines peuvent se développer par autofécondation ce qui signifie que le pollen et le pistil proviennent de la même plante et parfois de la même fleur. La plupart des plantes ont besoin de pollinisation croisée ; ceci signifiant que le pollen et pistil doivent provenir de plantes différentes. Un des avantages de la pollinisation croisée est qu'elle permet d'obtenir des plantes plus fortes, sans oublier l'importance de la diversité génétique.

La plupart des plantes sont aidées par le transport du pollen, effectué par le vent ou les animaux. Les plantes pollinisées par des animaux ont souvent des fleurs très colorées avec une forte odeur attirant les pollinisateurs. Ils pour collecter le nectar et / ou le pollen des fleurs répondant à leurs besoins en énergie. Le nectar est une source d'énergie concentrée et le pollen est riche en protéine, utilisé pour nourrir leur progéniture.



Collecting nectar. Mosca de la Flores by Ramon Portellano ©(CC BY 20) Source: Flickr



Abeille au travail dans un hotel à abeille. ©Jonatan Malmberg

Pollinisateurs

Les animaux connus pour être de bons pollinisateurs sont les abeilles (abeilles sauvages, bourdons), les papillons, les mites, les syrphes, les guêpes, les colibris et les chauves-souris se nourrissant de nectar. Le pollen est fixé par les pollinisateurs lorsqu'ils se frottent accidentellement contre les étamines pendant leur alimentation. Passant d'une fleur à l'autre pour se nourrir, un peu du pollen se dépose sur le stigmate de la plante. Certains pollinisateurs sont dits généralistes ce qui signifie qu'ils rassemblent du pollen et du nectar de plantes différentes. D'autres sont dits spécialisés et collectent le nectar et le pollen d'un ou de quelques espèces végétales bien spécifiques. Chaque types possèdent ses avantages et inconvénients pour les plantes et pollinisateurs.

Chaque plantes est liée à des syndromes de pollinisation qui reflètent le type de pollinisateur qu'elle attire. Il s'agit de caractéristiques tels que: la taille globale de la fleur, sa couleur, ses motifs - parfois seulement visible à la lumière ultraviolette - la profondeur et la largeur de la corolle, le parfum, la quantité et la composition de nectar etc. Lorsque ces caractéristiques sont expérimentalement modifiés par exemple modification de couleur, de la taille, l'orientation, la visite des pollinisateurs peut stopper.

Espèces pollinisatrice

Abeille solitaire, bourdons et Abeilles à miel

Les pollinisateurs les plus reconnues sont les différentes espèces d'abeilles, qui sont clairement adaptées à la pollinisation. Leur corps porteur de charges électrostatiques et généralement poilus aident les grains de pollen à adhérer à leur corps. Ils possèdent une structure favorisant le transport du pollen. Les abeilles Eusociales (abeilles vivant en organisation sociales) telles que les abeilles à miel ont besoin d'une source de pollen abondante et régulière pour se multiplier. En frottant les anthères, le pollen est recueilli sur les pattes postérieures, dans un membre dénommée la «corbeille à pollen». L'abeille à miel est une des espèces domestiquées d'Europe, *Apis mellifera*. Toutes les autres abeilles en Europe sont des abeilles sauvages comme les nombreuses espèces de bourdons et d'abeilles solitaires. Les abeilles sauvages sont en général plus performantes en tant que pollinisateurs que l'abeille à miel, à la fois dans les zones rurales et urbaines. Seulement au Royaume-Uni il y a 254 espèces d'abeilles sauvages. 25% de ces abeilles sauvages sont dans le Livre Rouge des espèces menacées !

Le cycle de vie d'une abeille sauvages : le pollinisateur le plus important

Les bourdons

Au printemps la reine des bourdons réveillée de son hibernation recherche un site de nidification. La reine pond 10 à 20 œufs et commence immédiatement la collecte de pollen et de nectar destinée à la première génération d'ouvrière. Puisque la reine élève seule la première génération, il est extrêmement important qu'une abondance de plantes à floraison précoce soit localisée près de la ruche. Lorsque les premières larves d'ouvrières ont éclos; la reine reste dans le nid pour pondre. Après que de nouvelles reines et mâles aient vu le jour, la colonie commence à se dégrader et au début de l'automne, elle disparaît. Les reines et les mâles s'accouplent. Après quoi les mâles meurent avant l'hiver tandis que les reines recherchent un site humide pour hiberner.

Les abeilles solitaires

Les abeilles solitaires ne font pas parti de la communauté d'ouvrières. Au lieu de cela, chaque femelle construit son propre nid, où les œufs sont pondus. L'abeille femelle recueille la nourriture (pollen) qu'elle stock à côté des œufs de telle sorte que les larves trouveront à manger lorsqu'elles sortent de l'œuf. A la fin de l'été ou début de l'automne l'abeille femelle meurt. Pendant l'hiver, les abeilles solitaires survivent dans le nid soit sous forme de larves ou d'insectes pleinement formés à l'intérieur d'une chrysalide. Les nouvelles abeilles sortent de leurs nids au printemps ou en l'été, selon les espèces auxquelles elles appartiennent. Après la période d'accouplement, les femelles commencent à construire leurs nids - souvent près du lieu où elles ont-elles même éclos si il y a suffisamment d'espace. La plupart des abeilles solitaires butinent seulement aux environs 500 mètres autour du nid.

Environ les deux tiers des abeilles solitaires construisent leurs nids dans le sol, tandis que le reste utilise des cavités. Leur habitations peuvent être des branches creuses et des brindilles, des vieux tunnels d'insectes au cœur de troncs d'arbres morts, des passages construits dans une terre meuble ou des trous dans les murs de briques et mortier. Le choix de la nourriture varie également entre les espèces et il y a à la fois ceux qui ont un régime ciblé sur une seule variété de plante et ceux qui peuvent varier considérablement leur alimentation .





Papillon Monarque (danaus plexippus) sur Echinacea purpurea violette par Joshua Mayer© (CC BY SA 2.0) Source: Flickr.

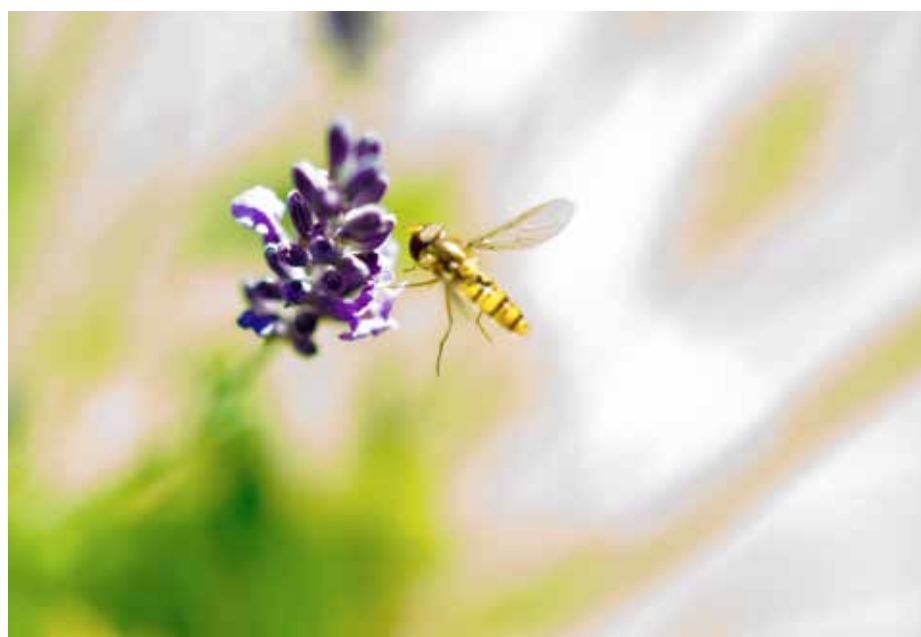
Les autres insectes

De nombreux insectes autres que les abeilles pratiquent la pollinisation. Soit accidentellement soit parce que dans une certaine partie de leur cycle de vie, ils deviennent « spécialisés » et développent des comportements nouveaux. Par exemple les guêpes mâles utilisent des fleurs comme territoires de rencontre avec des femelles fertiles. Beaucoup de vol d'abeilles et de certains diptères et mouches sont particulièrement adaptées à la pollinisation des plantes fynbos et Karoo, ayant des tubes de la corolle étroits et profonds. Une partie de leur adaptation a consisté à développer une longue trompe.

Les papillons et mites (lépidoptères) pollinisent aussi des plantes à différents degrés. Ils ne sont pas les principaux pollinisateurs des champs de cultures liés à l'agroalimentaire, mais pour d'autres cultures commerciales comme le tabac et des fleurs sauvages. Un des exemples spectaculaires est celui de l'orchidée dépendant d'un type de papillon sphinx.

Certaines espèces de coléoptères se nourrissant de pollen, de nectar ou fleurs, sont importantes pour la pollinisation croisée de certaines plantes telles que les membres de la famille des Arum qui produisent des quantités prodigieuses de pollen.

Les syrphes sont souvent considérés comme les pollinisateurs le plus important après les abeilles sauvages. Bien que les syrphes dans leur ensemble soient généralement considérés comme pollinisateurs non sélectifs, certaines espèces ont des interactions plus spécialisées avec certaines plantes.



Syrphes et brin de lavande par Thomas Tolkien© (CC BY 2.0) Source: Flickr

Certaines plantes, généralement des orchidées, produisent des combinaisons remarquablement complexes de phéromones attractives et de mimétisme qui attirent les abeilles ou les guêpes mâles à tenter de s'accoupler, transportant ainsi le pollen dans le processus.



SERVICES ÉCOLOGIQUES ET ÉCOSYSTÉMIQUES

La pollinisation des plantes à fleurs par les animaux représente un service écosystémique de grande valeur pour l'humanité en termes monétaires et non monétaires. On estime que l'avantage économique mondial de la pollinisation s'élève à quelques 265 milliards de dollars par an, bien qu'étant seulement la valeur des cultures dépendantes de la pollinisation naturelle. Les abeilles contribuent à la production d'environ 80% de la nourriture que nous trouvons en supermarchés.

Les systèmes de pollinisation sont sous menace croissante de l'activité humaine. La fragmentation de l'habitat, les changements dans l'utilisation des terres, les pratiques agricoles modernes, l'utilisation de produits chimiques tels que les pesticides et les herbicides et les invasions de plantes et d'animaux non indigènes, en sont quelques-unes des raisons. Comme déjà mentionné, de nombreux pollinisateurs sauvages sont considérés comme étant dans un état de déclin placés en liste rouge et donc en danger d'extinction. Bien que l'apiculture se développe dans le monde entier, cela ne peut pas compenser entièrement la perte de pollinisateurs sauvages. 80% des espèces végétales de la planète exige une pollinisation pour la formation de graines comme les pommes, les myrtilles, le cacao, le café, les melons, les pêches, citrouilles etc.

CONSERVER LES POLLINISATEURS

Des moyens de promouvoir et de protéger les pollinisateurs pourrait être de : planter et cultiver des plantes indigènes fournissant du nectar et de la nourriture aux larves des pollinisateurs ; installer des « hôtels » ou construire des nids près d'un site de fourrage pour les abeilles indigènes, les syrphes, les papillons; utiliser du sel, des blocs à lécher ainsi que de l'eau pour la faune ; réduire l'utilisation des pesticides et enfin substituer la pelouse aux parterres de fleurs. Plusieurs de ces actions peut être appliquées à une toiture végétale biodiversité et un toit Biosolaire. Il existe un large éventail de fleurs sauvages tolérant la sécheresse, approprié aux toitures végétales extensives fournissant de la nourriture pour de nombreuses espèces de pollinisateurs. Les monticules de sable

ou autres matériaux en vrac mis dans des endroits ensoleillés peuvent être utilisés par les abeilles et les guêpes solitaires pour établir leurs nids. Les hôtels à insectes et les murs de l'habitat peuvent être fabriqués à partir de bois non traité, palettes, bambous, des tiges et des matériaux de construction recyclés pour créer des zones d'abri pour les invertébrés durant l'hiver ou pour la construction d'un nid.



Hotel à insect installé sur une toiture végétale biodiversité à Budapest. ©Jonatan Malmberg

Points principaux

La biodiversité est divisé sur trois niveaux: les gènes, les espèces et les écosystèmes. Dans un cadre naturel, où les conditions sont pauvres en éléments nutritifs et de l'approvisionnement en eau est faible, on trouve souvent une grande variété de la flore et de la faune en raison de....

Les toitures végétales offrent plusieurs avantages écologiques et économiques, les toitures végétales bio diversifiées offrent une variation de biodiversité des habitats qui est bénéfique pour la flore et la faune.

Pour créer un toit bio diversifié, la variation est un concept clé. variation de la profondeur du substrat, de type de substrat, du type de végétation, du taux d'humidité et l'ajout d'éléments structurels bio diversifiés.

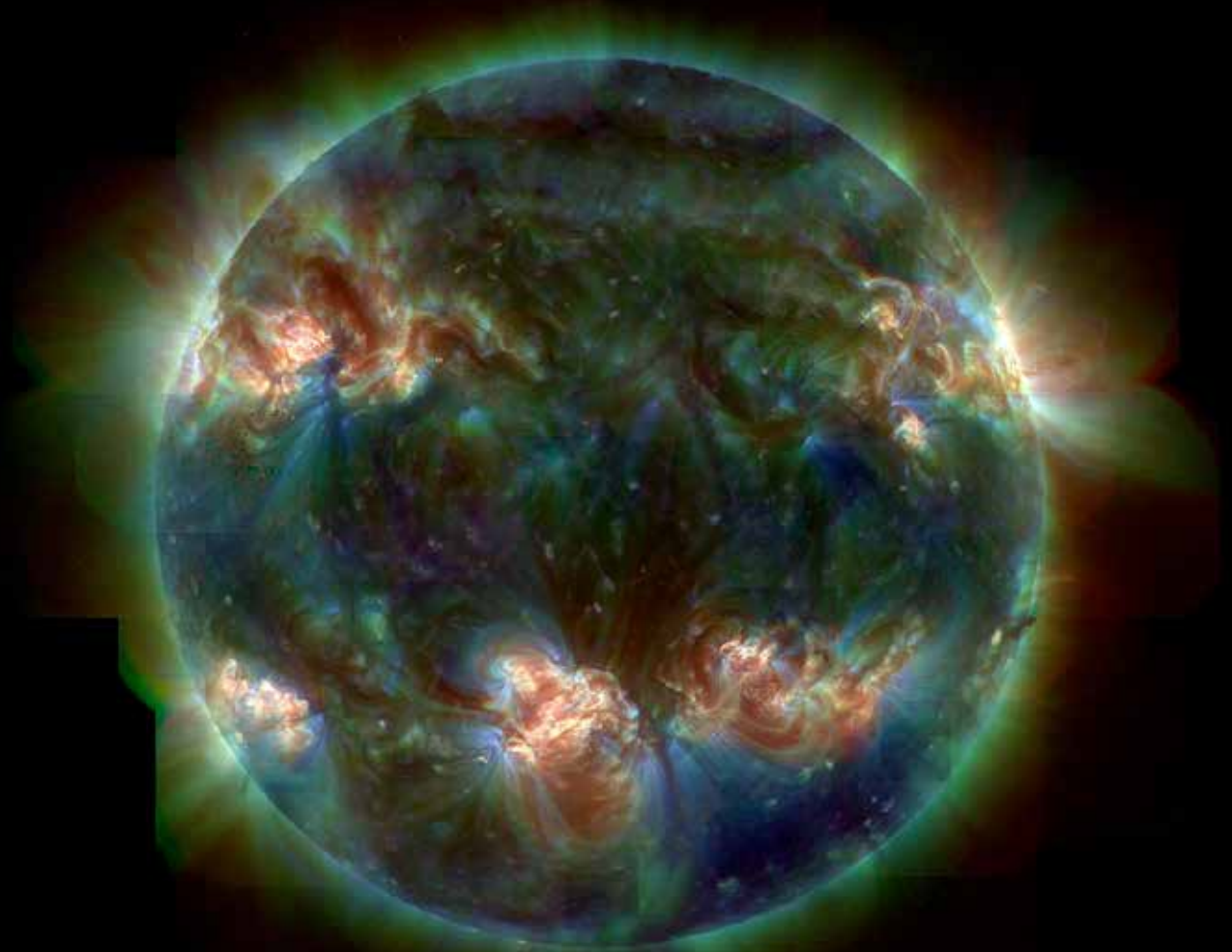
Les pollinisateurs peuvent être aidés par la culture du nectar des plantes indigènes et de pollen- par une source suffisante de sel d'eau et de minéraux, en réduisant l'utilisation de pesticides et en offrant des abris et des zones pour la construction de nids, comme par exemple des hôtels à insectes.

Questions

- Expliquer l'approche écologique en fonction de la méthode végétale choisie? Pensez à la biodiversité, la gestion et protection des ressources et à la diversité génétique.
- Donnez des exemples de différents aspects de la biodiversité ainsi que leur rôle leur fonction.
- Donnez des exemples de types de substrat appropriés pour une toiture végétale
- Décrire la fonction et le rôle de la pollinisation mais aussi le rôle et la fonction de certains pollinisateurs?.

7

PANNEAUX SOLAIRES, ÉNERGIE SOLAIRE THERMIQUE : – DIFFÉRENT TYPES ET DIFFÉRENTES POSSIBILITÉS D'INSTALLATIONS



L'ÉNERGIE SOLAIRE

Dans notre monde moderne la croissance de population nous conduit à élargir considérablement nos villes et notre consommation d'énergie. Une manière possible de contrecarrer l'utilisation excessive et destructrice d'énergie est d'utiliser ce qu'on appelle les énergies propres renouvelables. Les énergies renouvelables sont sans carbone ce qui signifie qu'elles ne rejettent aucun carbone dans l'atmosphère et qu'elles peuvent exister aussi longtemps que la terre et le soleil existent. Les énergies non renouvelables sont basées sur les ressources épuisables, comme le charbon, le pétrole ou le gaz naturel. Les énergies renouvelables durables protègent également les ressources naturelles et les terres qui sont impactées par l'industrie pétrolière et du charbon. Les trois principaux groupes d'énergie durable, sont aujourd'hui l'énergie éolienne, l'énergie hydraulique (centrales hydroélectriques) et des centrales thermiques et photovoltaïques. Toutes ces technologies se développent et deviennent de plus en plus efficaces. L'énergie solaire possède un grand potentiel en tant que source d'énergie renouvelable.

Chaque seconde de chaque jour de l'année le soleil émet des rayonnements dans l'univers et sur la terre (rayonnement global). Ce type d'énergie est appelé rayonnement électromagnétique. La quantité de rayonnement solaire qui frappe l'atmosphère est appelée constante solaire et a une valeur de $1,367 \text{ W / m}^2$. Ceci est la composante de rayonnement sans aucune perte. Cependant le rayonnement est réduit en étant dispersé et absorbé par les aérosols ou autres particules atmosphériques. Puis il touche la surface de différents pays à valeurs d'intensité différentes. Pour comprendre la quantité d'énergie liée au rayonnement électromagnétique solaire plus clairement, imaginez ce qui suit: en Allemagne, par exemple, chaque mètre carré reçoit en moyenne $1\ 000 \text{ kWh / m}^2$ de l'énergie solaire par an. Ce qui est égal à 100 litres d'énergie fossile!

Place	Energie solaire en kWh/m ² a	Lieu	Total energie en kWh/m ² a
London	945 * = 945 000 W	Rome	1680
Hamburg	980	Kairo	2040
Berlin	1050	Arizona	2350
Paris	1130	Sahara	2350



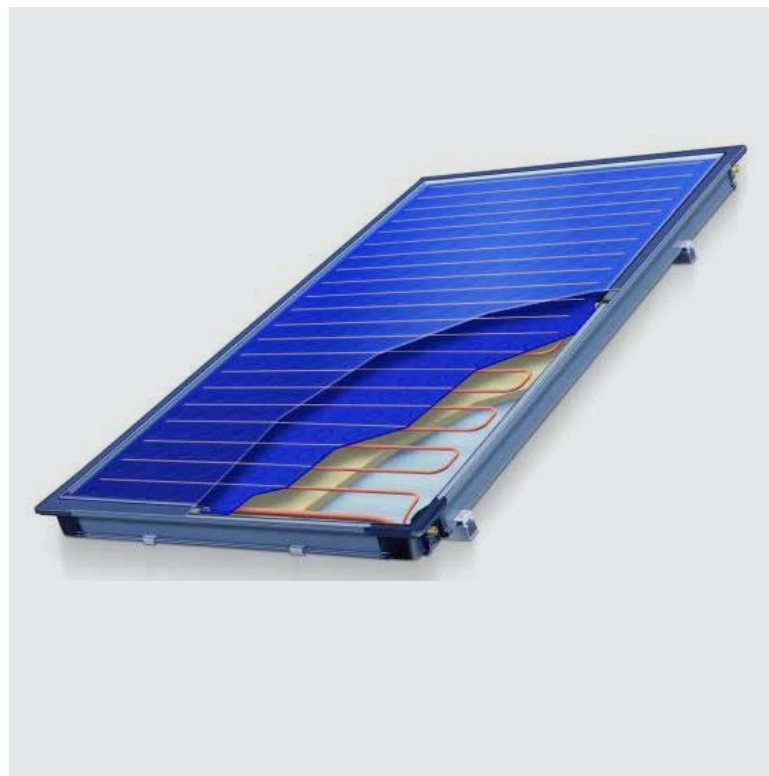


Panneaux solaires installé sur une toiture végétale

ENERGIE SOLAIRE THERMIQUE ET PHOTOVOLTAÏQUE

L'énergie du soleil peut être utilisée pour générer de la chaleur ou d'électricité selon le système utilisé : technologies thermiques solaires ou des panneaux solaires photovoltaïques. Le solaire thermique, également connu sous le nom de chauffe-eau solaire, convertit l'énergie solaire en énergie thermique qui est utilisée pour chauffer de l'eau ou produire de la chaleur. Dans ce procédé, la température d'un certain liquide circulant dans les panneaux augmente. Il existe des solutions de structure différentes, mais les principes restent les mêmes: le liquide chauffé transfère sa température à l'eau contenue dans un réservoir par convection et est ensuite renvoyé vers les panneaux à l'aide d'une pompe.

L'énergie photovoltaïque est un procédé d'utilisation de l'énergie du soleil comme source d'énergie électrique. Dans cette procédure, le rayonnement électromagnétique est converti en courant électrique. Le résultat est la production d'un courant continu (CC) mais peut être préparé par un convertisseur pour l'utilisation d'un courant alternatif (CA). Les panneaux solaires standards et les tuiles solaires thermiques peuvent varier de forme et de couleur. Des panneaux solaires souples fabriqués à partir de cellules solaires à couches minces existent sur le marché et leur technologie se développe rapidement, par exemple, les cellules solaires organiques et les cellules solaires à colorant qui offrent toutes deux une semi-transparence



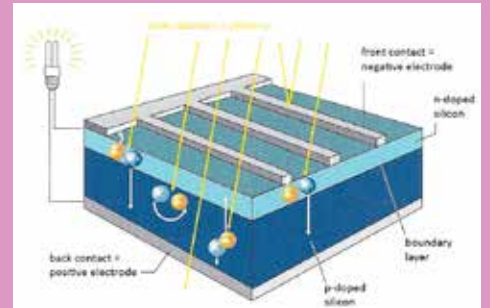
Plaque d'énergie thermique solaire plate. ©Bosch Thermotechnik GmbH

Composants d'un panneau solaire photovoltaïque

Une cellule photovoltaïque est la pièce maîtresse d'une unité de production photovoltaïque. La plupart sont faites de silicium ou de variations de silicium, mais il existe une importante variété de cellules:

- cellules de silicium monocristallin
- cellules de silicium polycristallin
- couche mince: CIS, CdTe, cellule amorphe
- cellules tandem micromorphe
- (cellules organiques et cellule à pigment photosensible)

La production de cellules solaires cristallines implique le dopage des cellules sous haute température pour moduler leurs propriétés électriques. Dans ce procédé, des atomes d'impuretés sont intégrés dans la cellule, communément de bore ou de phosphore, pour créer deux couches ayant chacune une charge électrique différente. La couche est constituée par le dopage de type p et le dopage de type n du silicium générant un champ électrique (région d'appauvrissement). Frappés par les photons, les charges électriques se séparent, résultant ainsi en tension de courant continu (CC) d'environ 0,5 V. Une fois que le circuit est fermé, le courant électrique circule. La structure principale d'un panneau solaire cristallin se compose d'un module solaire formé de couches de protection contre les intempéries (verre, EVA, PVF), de cellules solaires interconnectées (chaînes) et d'un cadre (en fonction du module).



© Antony Falk (2009): Photovoltaik für Profis (solarpraxis.de) Beuth / Alterations de Eva Robausch



LES FACTEURS DE PERFORMANCE

La performance des cellules photovoltaïques dépend de deux facteurs principaux:

- 1 L'éclairement lumineux d'entrée
- 2 La température du module

La dépendance à la température est d'environ $-0,4\% / ^\circ\text{C}$, ce qui signifie une réduction du rendement de 4% par 10°C d'augmentation de température.

Tous les modules solaires ont des valeurs spécifiques qui doivent être mentionnés dans le cahier des charges du fabricant (le contenu de la fiche technique est réglementée par la norme «EN 50380»). Son objectif est d'informer sur la qualité et l'efficacité attendues. Les fabricants de panneaux solaires indiquent le rendement optimal de leurs cellules en Wc (Watt crête) dans des conditions de test standards. Les conditions d'essai normalisées sont mises à $1000\text{W} / \text{m}^2$ et une température de 25°C - mais ces conditions se produisent rarement sur le terrain. La température ordinaire d'un module varie entre $40^\circ - 70^\circ\text{C}$ Celsius!

En d'autres termes: les modules photovoltaïques solaires fonctionnent plus efficacement sous de faibles températures, mais en plein soleil un jour d'été ils pourront surchauffer. Cela entraîne une augmentation de la productivité sur une journée d'hiver dégagée par rapport à une journée de forte chaleur

en été! De plus, les modules mal ventilés à l'arrière sont susceptibles de surchauffer d'autant plus.

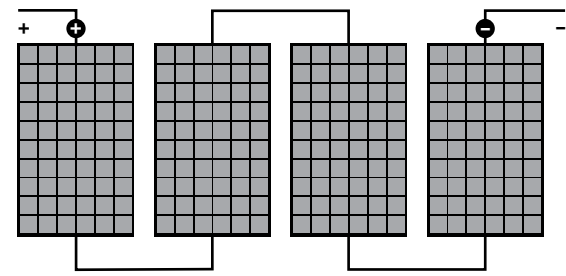
La réduction de leur puissance peut être aussi causée par d'autres facteurs. Ceci se produit essentiellement lorsque une cellule est endommagée ou certaines pièces des panneaux sont à l'ombre, mais également si l'installation est incorrecte ou le convertisseur est inapproprié au système. L'ombre peut être causée par des obstacles sur le toit, par exemple une protection contre la foudre, des obstacles à côté du bâtiment, taining, ou de la végétation. Les dommages peuvent être causés par une tension électrique excessive, la foudre et d'autres dommages mécaniques. Une cas particulier existe lorsque les panneaux solaires photovoltaïques sont installés avec un système doté d'un onduleur solaire string traditionnel, connecté en circuits parallèles.

Un onduleur string traditionnel et les panneaux solaires photovoltaïques se connectent en série, et le module le moins performant détermine la performance de l'ensemble de la série. Dans un tel système, même si un seul panneau est impacté par des facteurs environnementaux, tels que l'ombre, la poussière et les parties ombragées, la résistance mise en place va augmenter dans le panneau endommagé et affecter tous les autres panneaux qui diminueront également leur efficacité.

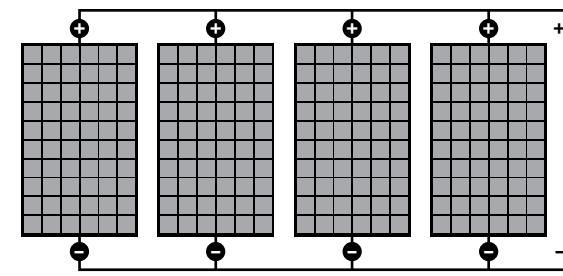
Dans un système connecté en parallèle cet effet est évité car la dispersion ne dépend pas d'une seule chaîne à l'inverse d'un circuit parallèle, il sera capable de marcher même si un panneau est ombragé.

Il existe différentes solutions disponibles sur le marché, une bonne solution pour à la fois les circuits en série et parallèle est les panneaux solaires avec système de micro-inverseur avec un onduleur placé à l'arrière de chaque panneau solaire. Un système de micro inverseur offre une flexibilité de design et offre la possibilité de contrôler les performances du système en détail car chaque onduleur fournit des données pour la production d'énergie solaire

String series



Parallel circuit



Pour l'installation de toit biosolaire il est important d'éviter tout ombrage qui pourrait être causé par la manque d'espace entre les modules ou une plante de grande taille placée au mauvais endroit- L'espace libre ainsi préalablement déterminée, l'emplacement des modules doit être considéré avec précaution pour la végétation même grandissante pourra y trouver sa place. Les modules solaires étant présents sur votre toit, vous devez prendre soin de ne pas les endommager ou de salir la surface du panneau en aucune façon!

BASE JURIDIQUE ET NORMES

Lorsque la planification et installation des systèmes photovoltaïques, un large éventail de certifications doit être considéré. Ces certifications sont importantes à prendre en compte, par exemple, la sécurité, la haute qualité des composants et les aspects environnementaux sont associés à des normes minimum. Il existe des normes mise en place dans l'Union européenne et complétées par les normes propres à chaque pays de l'Union. La liste suivante expose les normes importantes dans le domaine de la technologie solaire et de la construction dans l'Union européenne:

- EN 61215 Modules photovoltaïques (PV) au silicium cristallin pour application terrestre - Qualification de la conception et homologation de type (IEC 61215: 2005) valide après 01.04.2006
- EN 61646 Modules photovoltaïques (PV) en couches minces pour application terrestre - Qualification de la conception et homologation de type (IEC 61646: 2008) valide après 2009.05.01
- EN 61730-1 Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV) - Partie 1: Exigences pour la construction (IEC 61730-1: 2004 + A1: 2011)

- EN 60904-1 Mesures des caractéristiques courant-tension des dispositifs photovoltaïques- Partie 1: Mesure des caractéristiques courant-tension photovoltaïques (IEC 60904-1: 2006) valide après 1.9.2007
Normes citées (17): EC 60891; IEC 60904-2; IEC 60904-3; IEC 60904-5; IEC 60904-6; IEC 60904-7; IEC 60904-9; IEC 60904-10; ISO/IEC 17025; EN 60891:1994; EN 60904-2:1993; EN 60904-3:1993; EN 60904-5:1995, EN 60904-6:1994; EN 60904-7:1998, EN 60904-10:1998; EN ISO/IEC 17025:2005
EN 50380 Spécifications particulières et informations sur les plaques de constructeur pour les modules photovoltaïques Normes citées 4): EN 61215:1995; EN 60904-1:1993; EN 60904-3:1993; IEC 60904-9:1995

- 2014/35/EG Sécurité électrique: Directive «Basse tension» (DBT)

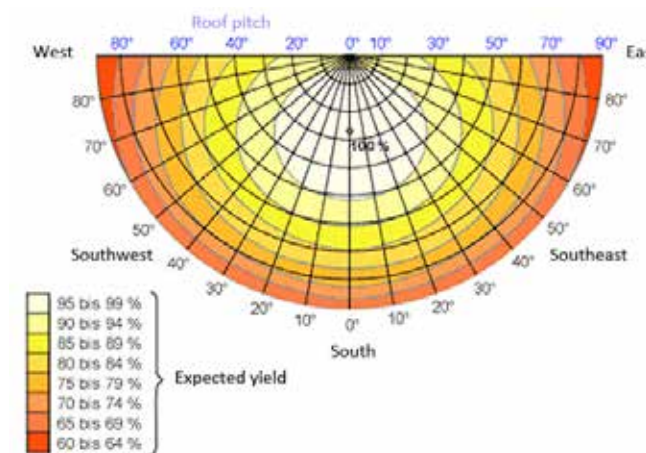
Ces normes sont généralisées et représentent des investissements faibles. Il existe des organismes de normalisation pour l'essai des produits et l'assurance qualité. Rappelez-vous que d'autres normes et directives de sécurité liées à la protection contre la foudre, la prévention des incendies et ainsi de suite demandent d'être examinées également.

PLANIFICATION DU SITE D'ÉNERGIE SOLAIRE

Il existe de nombreux types de toits différents, principalement classés en cinq groupes de base. Lors de la planification d'installation d'une unité de production solaire ou d'une toiture végétale, il est important de déterminer le type de toit, sur lequel l'unité sera installée et en particulier la pente. La pente est en relation directe avec les unités de production solaires placées sur les toitures végétales plats. Les effets de synergie de la combinaison de panneaux solaires et des toitures végétales sont plus efficaces sur les toits plats et restent la solution la plus répandue.

Les kits de production solaires sont installés différemment selon leur emplacement: Etant donné que les toits des maisons sont exposés au soleil sous différents angles et orientations dépendants de leur situation géographique ainsi que le toit de type, il faudra ajuster l'inclinaison et l'orientation du panneau pour obtenir un rendement optimal. Cet aspect est très important pour assurer l'efficacité et la production d'énergie. Les obstacles créant de l'ombre doivent être également pris en considération – à la fois les éléments d'ombrage potentiels sur le toit et les bâtiments de grande taille environnants. Pour cette raison, le site potentiel doit être évalué dans son ensemble ainsi que des objets autour de la zone pouvant causer des zones d'ombre et donc diminuer son l'efficacité.

L'angle d'inclinaison des modules solaires doit être compris entre 15 ° et 30 ° dans la plupart des régions d'Europe. Dans les pays plus au nord comme la Scandinavie, il est conseillé d'ajuster à 30 ° - 60 ° à cause d'une exposition solaire plus faible. Un bénéfice de cette inclinaison plus forte dans les pays du Nord est que la neige glissera plus facilement des panneaux solaires. Pour de meilleurs résultats les panneaux doivent faire face au soleil dans un angle perpendiculaire (qui est de 90 °), même si cet ajustement spécifique dépend des caractéristiques de la région ou vous allez installer une toiture végétale solaire.



L'équilibre des coûts et le retour sur investissement, sont habituellement meilleurs sur les toits plats. Même si cela dépendra de la capacité du toit, presque tous peuvent servir à un emploi d'énergie solaire et écologique.



Certains outils pour mesurer et analyser les paramètres importants et les conditions ont déjà été mentionnés. Le tableau suivant contient des équipements supplémentaires à rajouter à la liste.

4.3 Outils

- GHm (Irradiation globale horizontale) Carte de la région spécifiée.
- Inclinomètre, boussole: suivi et contrôle de l'orientation.
- Ruban à mesurer: l'allocation d'espace, autorisations, etc.
- Appareil photo : documentation des dommages ou autres problèmes.
- Liste de contrôle, bloc-notes et un stylo.
- (Solarimetre, torche, etc.)



Côté gauche: panneaux maintenus par le poids du béton © <http://www.energieagentur.nrw.de>, côté droit: système de support couvert et maintenu par le poids du substrat

Pour plusieurs raisons, une solutions de toiture et de porteurs plats sont préférables pour profiter de tous les avantages de la combinaison d'unités PhotoVoltaïques et les toitures végétales.

- l'échange d'air nécessaire + plantes / substrat sous les panneaux: Le refroidissement de la température du module.
- Le piédestal du montage ne perfore pas le toit
- Les principes de toits verts semi-intensifs sont valorisés
- Les éléments de structure et la végétation spécifique + \diamond soutenir biodiversité toit vert

Attention: Le poids de ballast ne suffit pas aux tapis de sedum minces et au substrat peu profond (d'environ 2-4 cm). elles sont trop légères - et n' aide pas non plus la diversité que nous cherchons sur une toiture végétale solaire.



Lors du choix des modules photovoltaïques appropriées en combinaison avec une toiture végétale, il existe deux facteurs principaux influençant le processus de décision du type d'installation:

- Pente du toit: Un montage sol est-il nécessaire? Si oui, pourquoi et comment?
- Le but d'une couche de végétation (intensif, extensif)

Il existe différents systèmes de montage pour différents types de toit relatifs à la production d'énergie solaire. Sur les toits en pente, les panneaux sont généralement installés directement sur la surface du toit ou intégrés. Il existe des crochets de fixation pour toit ou tuiles pouvant être combinés avec rails. Pour l'installation sur toit plat des systèmes de montage au sol sont utilisés, principalement en aluminium ou en matières synthétiques étanches.

Les toits plats sont parfaits pour la combinaison de modules solaires et les toitures végétales. Cependant en raison de la pente minimale d'un toit plat, il est nécessaire soit d'utiliser un système de fixation au sol soit un système de support de charge pour ajuster l'inclinaison et l'orientation des panneaux vers le soleil. La différence entre ces deux différents systèmes est la manière dont ils sont fixés sur le toit (pour garder les panneaux solaires en place dans des conditions météorologiques difficiles telles qu'un vent fort).

Le système de fixation au sol est monté sur la surface du toit et sur ces constructions. Une fois cette étape terminée, une membrane imperméable devra être fixée - parfois plusieurs fois. Chaque fois qu'une membrane étanche et ses joints d'étanchéité sont fixés il existe un risque de fuite d'eau.

Un autre facteur de risque avec les montages au sol est un risque de pont thermique où la perforation des toits mène à la diminution de l'isolation.

Le système de support ne fait pas parti du montage proprement dit et n'est pas physiquement attaché à la terrasse, mais il s'agit plutôt d'un ballast qui stabilise le système et empêche les perturbations liées aux vents forts. Aucune perforation de la couche imperméabilisante n'est donc nécessaire grâce aux systèmes de support. Les toitures vertes sont parfaites comme système de charge puisque que la toiture jouera elle-même le rôle de ballast.

Actuellement, il y a beaucoup de systèmes de support proposés sur le marché par différents fabricants. Beaucoup peuvent être combinés avec un toit vert. Pour tout type de système il y a plusieurs points auxquels il faut prêter une attention particulière :

- Assurez-vous que le système est constitué de matériaux tolérant sles UV
- Le système devrait être évalué par calcul statique (par exemple selon la norme DIN 1055; Eurocode)
- Performance au vent
- Endurance aux fluctuations de température et d'humidité

Points principaux

Les panneaux solaires photovoltaïques utilisent l'énergie du soleil et la convertissent en énergie électrique. L'installation solaire est utilisée pour produire de l'eau chaude ou en chaleur lorsque l'énergie solaire est transformée en énergie thermique

La performance des cellules photovoltaïques dépend de la densité de rayonnement lumineux d'entrée et la température du module. Le module fonctionne plus efficacement en basse température. Une augmentation de température de 10 ° C signifie une réduction de rendement de 4%.

L'angle d'inclinaison des modules solaires doit être compris entre 15 ° et 30 ° dans la plupart des parties de l'Europe et un peu plus élevé dans les pays du Nord.

Questions

- Comparer fixation au sol et système de support. Discuter des avantages et des inconvénients des différents systèmes.
- Sauf augmentation de la température, quels événements peuvent diminuer l'efficacité des panneaux solaires?

8

LES TOITS BIO SOLAIRES -AVANTAGES SYMBIOTIQUES ET ÉLÉMENTS D'INSTALLATION INTERFACÉS

AVANTAGES SYMBIOTIQUES

Il existe beaucoup de raisons pour lesquelles nous devrions combiner les toitures végétales et les panneaux solaires. Non seulement nous recevons les avantages d'un toit vert et l'énergie renouvelable à partir de panneaux solaires de la même surface, mais des effets de synergie peuvent aussi être créés. Comme décrit dans le chapitre précédent, la performance des cellules solaires dépend de deux facteurs; entrée de rayonnement lumineux et la température du module. Comme les cellules photovoltaïques sont plus efficaces à basse température et les températures d'un module durant l'été peuvent varier entre 40 à 70 degrés Celsius, le panneau sera bénéfique si le système prévoit le refroidissement des panneaux. La végétation et les substrats aident à refroidir le module - bien que leur hauteur et leur densité doivent être considérés.

Comment cela fonctionne : Les plantes évapotranspirent : d'abord, cela se produit lorsque l'eau s'évapore passivement de la surface des plantes. Deuxièmement, la plante transpire activement à travers ses stomates, qui sont de petites ouvertures à sa surface pour alimenter les échanges gazeux. Cependant; le choix des plantes et le type de végétation ont leur importance. Par exemple, les plantes grasses tels que le sedum ne transpirent pas aussi efficacement que les herbes et les arbustes en raison de leur faculté d'adaptation à la chaleur et à la sécheresse qui a conduit la plante au cours de son évolution à épaissir son feuillage pour diminuer les pertes d'eau. Durant une chaude journée, les plantes grasses referment leurs stomates. Par conséquent, si vous souhaitez bénéficier de l'efficacité des modules photovoltaïques par la végétation, vous pourrez choisir un groupe spécifique de végétation (par exemple, herbes, gazon et d'arbustes).



Mais est-ce qu'une membrane de toit blanc créant un effet d'albédo ne serait-il pas aussi bon ou même meilleur? Une couverture végétale réagit complètement différemment au rayonnement par rapport à une surface minérale simple, transmettant de l'énergie sous forme différente (évapotranspiration). En comparaison aux surfaces minérales blanches (transmettant des radiations vers une énergie stockée, de manière lente mais en émettant constamment de l'énergie sous forme de chaleur au urban fabric), la surface de la plante est réactive. Au cours d'une vague de chaleur, la plante va refroidir le bâtiment. Ces effets sont mesurés et prouvés par un certain nombre d'institutions universitaires reconnues dans le monde entier. Un autre facteur montrant que les toitures végétales sont de meilleurs outils pour refroidir un bâtiment est que les toits blancs qui vont après quelques d'années virer de plus en plus au gris à cause de la pollution.



Les panneaux solaires ne sont pas les seuls à bénéficier d'une toiture végétale, les panneaux PV améliorent également les performances de la végétation. Les modules créent des échanges d'air et des petites turbulences établissant une circulation de l'air. Cela conduit à l'évapotranspiration et à la création de différents niveaux de températures. Divers microclimats émergent servant les besoins d'une végétation bio diversifiée. Les mêmes effets se produisent en raison de l'ombrage des modules conduisant à des différences de lumière importantes pour la végétation et les habitats des animaux. Les modules influencent également la gestion de l'eau et de sa disponibilité sur le toit. Tous ces effets se traduisent par la création d'un habitat hétérogène et donc diversifié ayant le potentiel d'offrir un abri à une large gamme des espèces végétales et animales.

Un toit plat avec des solutions support (voir toit bio solaire Chapitre 2. Panneaux solaires et solaire thermique) où les toitures végétales sont utilisées comme ballast comprenant tous les avantages de la combinaison d'unités PV- et d'un toit vert



Toit bio solaire offrant différentes nuances d'ombrage pour la végétation ©Zürich Université des Sciences Appliquées ZHAW

Des panneaux solaires et leurs bénéfices sur l'environnement:	Bénéfices pour la végétation:
Réduction des performances des PV de 4% tout les 10°C	Améliore les échanges d'air
Les toitures vertes permettent une plus grande efficacité des cellules solaires	Crée des zones ombragées
Le socle de support du panneau solaire ne pénètre pas dans le toit	Température variée à la surface du toit
Zone tampon contre les canicules (bâtiment et microclimat)	Diversité d'approvisionnement d'eau
Coûts énergétiques économisés (chauffage, refroidissement) Energy cost saving qualities (Heating, Cooling)	Divers une végétation riche en biodiversité et les habitats pour les animaux

Module Photovoltaïque intégré

62 il existe plusieurs types de panneaux PV qui peuvent être intégrés au même niveau que les tuiles ou des panneaux PV ressemblant à des tuiles, et pouvant même les remplacer. Des solutions sont disponibles pour tous types de toits. Malgré qu'une toiture végétale peut avoir une pente raide, il est évident qu'en utilisant des systèmes tels que des panneaux intégrés les effets synergiques seront perdues. Une première raison est le manque d'espacement entre le toit et les panneaux. Cela conduit à un manque de renouvellement de l'air et l'espace manque à la croissance du substrat et des plantes. D'autre part les effets de refroidissement causés par les plantes et le substrat ne peuvent

pas se produire. Bien sûr les couches de végétation environnantes seront toujours refroidies par l'air et serviront les intérêts écologiques, mais ils n'auront pas d'effets bénéfiques sur les panneaux PV. Ainsi, un coût potentiel d'investissement supérieur doit être pris en compte.



ÉLÉMENT D'INSTALLATION D'INTERFACE

Le concept de toits Bio solaires peut être appliqué à des toits verts extensifs et semi-intensifs en utilisant une hauteur de substrat approximative de 15 cm. Voici une liste d'éléments techniques et des aspects qui diffèrent de toits verts extensifs et semi-intensifs «normaux».

Gestion de la lumière

Un facteur important affectant la végétation est la lumière. Il y a beaucoup de nuance de luminosité, de zones exposition possibles et les exigences diffèrent d'une plante à l'autre. Les modules photovoltaïques et les panneaux solaires thermiques peuvent être délibérément placés pour influencer les conditions sur le toit. Considérant que les modules PV ont une ombre continue en dessous et derrière eux, les tubes sous vides thermiques offrent un ombrage moins dense mais plus varié étant indépendant de l'altitude de la lumière solaire. Certaines parties des toits ne seront ombragés que pour certaines parties de la journée et le microclimat sera différent pour la partie ombragée et les parties du toit vert qui sont exposées en plein soleil.

Ombrage causés par des objets:

- Panneaux photovoltaïques, Modules solaires thermiques
- Structure des bâtiments environnants
- Protection contre la foudre, sur le toit et à côté du bâtiment
- Les cheminées et autres installations sur le toit
- Grenier, parapet autour de la toiture

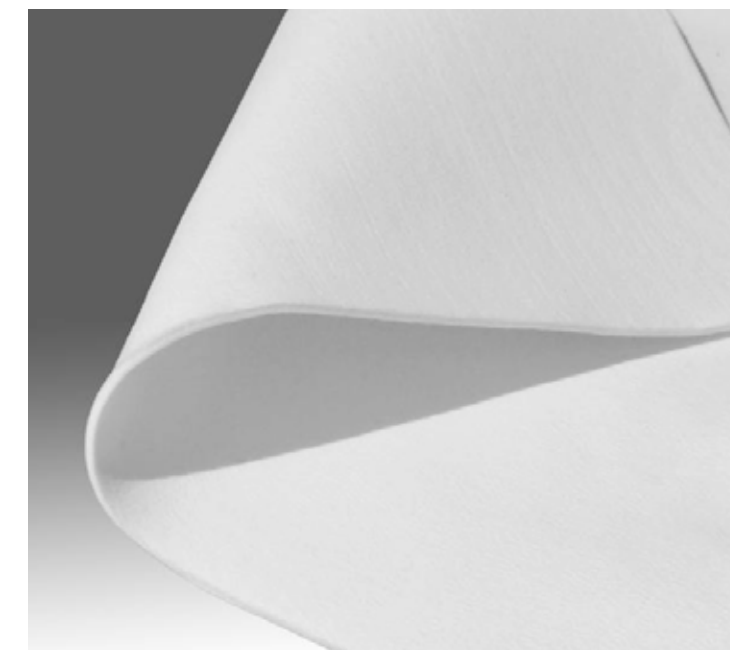
Toutes les nuances d'ombrage sont liées à l'altitude solaire et les différentes situations de lumière et d'ombrage permettent à différentes espèces végétales de s'installer. La plupart des espèces de plantes tolèrent l'ombrage temporaire, mais ne peuvent pas se développer correctement sous une ombre permanente. De plus, certaines espèces auront besoin de la protection partiel de l'ombre ne pouvant pas supporter lumière directe du soleil toute la journée.

La gestion de l'eau

Les modules photovoltaïques et les systèmes solaires thermiques fonctionnent comme des boucliers réduisant le rayonnement de lumière atteignant le sol. En raison de cet effet de protection des panneaux, une certaine quantité de l'eau de pluie reste bloquée. Bien que l'eau soit transmise par le substrat (capillarité!) une accumulation d'eau se produit au niveau des bords inférieurs des modules. Cette eau peut être utilisée de différentes manières. Une solution conduit à l'utilisation de cette eau de pluie sous les panneaux photovoltaïques. Dans certain cas, la répartition de l'humidité dans le substrat lui-même est suffisante pour soutenir la croissance des plantes sous les panneaux. Une façon d'assurer la distribution d'eau sur les toits plats est de mettre en place une toison capillaire sous les modules. Grâce à la capillarité, l'eau est transportée jusqu'à la zone en manque. Cela garantit à l'eau environnante contenu dans le substrat d'être amenée au cœur de la zone dans laquelle l'eau de pluie n'arrivait plus. L'efficacité de la distribution d'eau au-dessous des panneaux sera également fonction de la pente du toit.

Malgré la présence du substrat et des planches de drainage cet effet peut conduire à un manque d'eau pour la végétation située sous les panneaux. Pour éviter cela, les toisons capillaires ou une autre solution appropriée pour la distribution de l'eau sous les panneaux photovoltaïques devraient être mise en place. Assurez-vous que suffisamment d'humidité et d'eau sont distribuées aux plantes placées au-dessous des panneaux.

Comme pour tout autre toit vert le drainage doit être pris en considération. Si la pente de l'ensemble de la surface du toit est inférieure à 2%, un drainage hydraulique doit être mis en œuvre. Si la pente est supérieure à 9%, la protection d'étanchéité / protection des racines doit être mise en place contre les écoulements. Les mesures de drainage doivent être proportionnées ; un siphon de sol doit être installé à la bonne profondeur pour éviter des remous excessifs et les flaques d'eau. Un volume d'eau excessif est une charge supplémentaire dangereuse qui ne doit pas être sous-estimée.



Capillaire polaire

Outre le stockage de l'eau dans le substrat lui-même, d'autres systèmes d'irrigation peuvent être installés, selon les ressources, les besoins et la région. Une solution d'irrigation automatique peut être intégrée, sur les toits de petite superficie une conduite d'eau et un simple tuyau de jardin pourrait faire l'affaire.

Alternatives innovantes: Il existe une technologie spécialisée pour toiture végétale appelée «toit staunch», elle n'est applicable que sur les bâtiments ayant des capacités statiques élevées. Le principe est comparable à celui d'une baignoire avec un certain niveau de débordement. Ces toits peuvent stocker, nettoyer, évaporer une énorme quantité d'eau. Même dans les périodes de sécheresse, la végétation haute peut se nourrir de la dernière de la dernière pluie. Pour les climats arides et en période de changement climatique, cette technologie durable devrait être examinée comme une option intéressante.



La statique d'un toit solaire: La principale différence entre un toit Biosolaire et d'autres toits verts extensifs est bien sûr le fait que les panneaux photovoltaïques (ou panneaux thermiques) doivent être pris en compte dans le calcul statique. Les panneaux photovoltaïques eux-mêmes sont également conçus contre les actions du vent et de la charge supplémentaire de vents violents peut être considérable. Sur les toits biodiversité différents monticules ou éléments structurels de bois mort doivent également être pris en compte. Les monticules supplémentaire de matière ou le substrat peuvent être placés sur des zones ou servir de piliers dans la structure du toit.

Toujours consulter un ingénieur en bâtiment pour le calcul de l'impact possible et la charge.

Protection contre la foudre: Les modules solaires n'augmentent pas les cas d'impact de foudre aussi longtemps que leurs hauteurs totales ne dépassent pas ou juste légèrement la hauteur du bâtiment. Communément les modules solaires sur les toits plats dépassent cette limite en raison des systèmes de montage. Il est donc nécessaire d'installer une protection contre la foudre. Généralement, les bâtiments ont une protection contre la foudre sur la base des règles de construction. Le système de protection pour les modules solaires peut être intégré soit dans au système existant ou a besoin d'une protection contre la foudre additionnelle.

Une protection efficace et correctement planifiée contre la foudre dépend de divers facteurs et doit toujours être déterminée et dimensionnée par un expert!

Plus d'informations sur la protection contre la foudre:

La mise à la terre est un moyen fondamental de donner à la foudre une voie directe vers le sol. Pour cela toutes les constructions et les boîtiers métalliques doivent être reliés à ce chemin de décharge et se terminer en prise de terre paratonnerre enterrés dans le sol. Cela protégera le système contre les dégâts de la foudre en le contournant. Néanmoins, cela n'arrête pas la charge excessive et beaucoup d'autres protections doivent être installées.

Les paratonnerres sont des tiges conductrices montées sur le bâtiment ou à côté de celui-ci pour capturer la foudre à son point d'impact. Il est nécessaire que les paratonnerres dépassent la hauteur du bâtiment et les modules solaires sinon il n'y aura pas de zone protégée. En outre, il doit y avoir une distance de séparation prédéterminée entre l'unité de production solaire et le système de protection (barres, le chemin de décharge). Si ce n'est pas possible (par exemple, en raison des dimensions des modules solaires) le générateur du système PV doit être interconnecté au système de protection par un conducteur capable de transmettre la totalité du courant.

Les parafoudres absorbent les pointes de tension et donc protègent le système contre les surtensions. Des parafoudres doivent être placés à chaque extrémité des fils connectés au système.

Le respect des normes est nécessaire pour garantir la sécurité et la qualité: l'Eurocode EN 62305 la protection contre la foudre est composé de quatre parties:

Partie 1: Principes généraux

Partie 2: Evaluation du risque

Partie 3: dommages physiques sur les structures et risques humains

Partie 4: réseaux de puissance et de communication dans les structures



Sécurité incendie sur les toits Bio solaires: Pour commencer, il est une nécessité absolue, que tous les types de toitures végétales soient bien entretenues afin de garantir leur pleine fonction en tant qu'élément de construction, suivant les règlements et les normes de sécurité incendie. La végétation morte, et les toitures végétales endommagées sont comparables aux matériaux de construction de qualité inférieure et inappropriées. Ils ont perdu leur fonction de base comme toiture végétale et leur rénovation ou leur retrait est un besoin urgent pour ne pas causer un risque d'incendie!

Comme toiture vertes extensifs biodiverses peuvent se dessécher durant des étés chauds, il est nécessaire d'éviter toute négligence au contact de substances inflammables, d'outils générant des étincelles, le verre (par exemple bouteilles) ou mégots sur le toit. Le risque de propagation du feu par le vent (combustion de la plante) est très faible, car la végétation vaste ne contient pas d'énormes quantités de biomasse et la végétation sera enfumée en dans le pire des cas. La couche de substrat minéral est plus un élément favorisant la prévention des incendies qu'un risque potentiel.

Les toits d'herbe en monoculture sont exceptionnels en ce qui concerne le risque d'incendie. Les herbes sèches peuvent s'enflammer très vite, la biomasse brûle très rapidement et de façon intense, se propageant rapidement. Par conséquent, les toits d'herbe ou les toits biodiversité contenant beaucoup d'herbe sont contraint à un entretien rigoureux et des soins spéciaux afin de minimiser les risques d'incendie. Ils sont considérés comme le seul risque sérieux d'incendie liés aux toits verts.

Comparé à d'autres techniques, les systèmes photovoltaïques ne présentent pas un risque d'incendie élevé! Incendies sont souvent liés à des connecteurs incompatibles ou l'utilisation du mauvais outillage, par exemple les pinces universelles à la place d'outils spécialisés. La foudre provoque rarement un incendie sur les toitures végétales ou toits avec panneaux solaires.

Important: En cas d'incendie, il faut rester conscient du fait qu'un système photovoltaïque produit du courant continu aussi longtemps que la lumière du soleil est présente sur les modules. Parfois, un arc électrique se forme pouvant provoquer un incendie. Comme pour toute autre installation électrique, on peut éteindre un incendie avec de l'eau à une distance de un à cinq mètres, en fonction du type d'arc électrique. En cas d'incertitude, la mousse extinctrice pour haute et basse tension doit être utilisée à une distance de cinq mètres. Lorsque les composants du système PV sont endommagés, les zones inondées ne doivent pas être piétinées au risque de choc électrique. N'essayez pas d'éteindre un feu par vous-même, toujours faire appel aux pompiers en premier!



PROTECTION CONTRE LES CHUTES D'UN TOIT BIO SOLAIRE

Basées sur l'utilisation de câbles, des solutions variées sont disponibles. Les principales différences sont issues de la méthode de fixation au toit utilisé.

- Simple ancrage: fixé sur un crochet qui est installé sur une plaque de sécurité par des chevrons
- Câble de retenue guidée: longeant le bord du toit, croché sur un panneau de sécurité
- Ancrage sur le module PV: crochets étant intégrés au montage

Le choix d'un système de protection contre les chutes avec un câblage approprié dépend de la répartition spatiale des modules. Il doit être pris en compte que les modules sont des obstacles dans lesquels les cordes peuvent s'enchevêtrer. Cela peut causer des dommages sur des modules et le câblage. Dans le pire des cas, il peut créer un risque direct sur la santé. Le même problème peut se produire avec des plantes. Il est possible que le câble coupe ou enfonce la végétation ou empêche de faire la maintenance correctement comme la personne responsable doit passer du temps à démanteler la corde autour des plantes. Ceci souligne que le placement correct de crochets ou de câbles guidés ou rambarde évite d'endommager la végétation, les modules, les éléments de protection ainsi que minimise l'effort pendant l'entretien et les coûts d'investissement. Les meilleures méthodes pour les toits bio solaires sont les systèmes de garde-corps ou de sécurité sur les panneaux photovoltaïques. Selon l'installation de l'ancrage / crochets, il est important de prendre soin de l'étanchéité, et de ne pas perfore.



Toit bio solaire à Lausanne. © Jonatan Malmberg

PLANIFICATION GÉNÉRALE

Considérant deux systèmes différents - le toit vert et une unité de production solaire - qui vont être installés sur le même toit, il est d'une importance capitale de déterminer la chronologie correcte des étapes de travail et de se tenir à cet ordre. Cela commence déjà au moment du transport et du stockage de matériaux. En résumé, il y a plusieurs paramètres et les principes de planification qui doivent être respectés pour garantir un toit bio solaire efficace dans la production d'énergie, les prestations d'entretien et d'approvisionnement performante et une richesse spécifique.

Ci-dessous les principales conclusions des paramètres, les considérations et les exigences répertoriées:

Examiner et mettre en œuvre les conditions du site, qui sont:

- Les aspects climatiques
- Les types de substrats (mélanges) - choix selon le type de végétation voulu et la capacité de charge du toit.

Déterminer / améliorer la construction toit / bâtiment:

- Statique: capacité de charge totale, auto-poids, charge de vent
- Etanchéité et protection des racines

Points Importants

La combinaison de deux technologies vertes offrent de multiples avantages;

Pas de concurrence entre un toit vert biodiversité et l'énergie solaire

Moins de perte d'énergie en raison de l'effet de refroidissement offert par le toit végétalisé

Pas besoin de fixer des modules de panneaux solaires dans la construction du toit, ils endommagent l'étanchéité. Le toit vert agit comme un ballast maintenant les panneaux en place.

Les panneaux solaires offrent des habitats variés pour le support de la biodiversité et encore plus.

Questions

- Donner l'exemple de choses qui peuvent constituer une charge supplémentaire pour un toit Bio solaire.

- Lister les risques potentiels d'incendie sur toit Bio solaire.

- Quel type d'équipement de protection existe-t-il contre les chutes?

- Drainage
- Exposition du toit - vent, soleil, pluie, ombrage

Soutenir la biodiversité

- Utilisation d'espèces de plantes locales / régionales, sources biologique ou de d'une transplantation directe de l'habitat. Réfléchir à ce type de végétation par exemple prairie sèche, végétation alpine, végétation en espace ouvert, et comment la végétation réagira avec les panneaux solaires.
- Période de floraison étendue pour les pollinisateurs (du début du printemps jusqu'à l'automne) et chercher des listes de plantes d'espèces indigènes qui attire différents insectes.
- Les communautés de plantes: mélange de sedum - herbe - herbes - fleurs (niveau bas) de prairie, plantes vivaces, bisannuelles (arbustes). La meilleure saison pour la plantation et l'établissement est à partir de septembre-Octobre / Novembre jusqu'à la fin février-à début Avril / début mai (climat nordique) en fonction des conditions météorologiques.
- La hauteur moyenne de substrat peut aller de 8 10 à 15 cm pour atteindre des hauteurs entre 7-20 cm incluant des supports.
- Distribution régulière de la granularité (fin à moyen) + substrats modifié en augmentant la granularité, substrats divers sur un même toit (mélange aussi possible), la diversité du substrat = la diversité de l'habitat.
- Structurer les éléments afin d'améliorer la biodiversité: établir plusieurs habitats différents afin d'obtenir un habitat bio diversifié.
- Accès et infrastructure d'irrigation.

Paramètres pour l'utilisation efficace de l'énergie solaire:

- Rayonnement touchant le toit
- Ombrage
- Allocation de l'espace

Mettre en place d'une durabilité optimale et de d'effets de synergie

- Gestion de l'eau intelligente (réutilisation, rassemblé, distribué) - gestion des eaux pluviales
- Copie des habitats naturels (biodiversité)
- Améliorer les effets du microclimat
- Respect des périodes d'établissement des plantes
- Soutenir les processus de maintenance intelligente
- Respecter la protection des ressources et la notion de cycle de vie (systèmes circulaires)



Santé et Sécurité Biosolar Roof. ©Optigreen International AG

9

INSTALLATION – CONCEPTION, INSTALLATION ET POST-INSTALLATION DE TOITS SOLAIRES

CONCEPTION DU TOIT BIO SOLAIRE

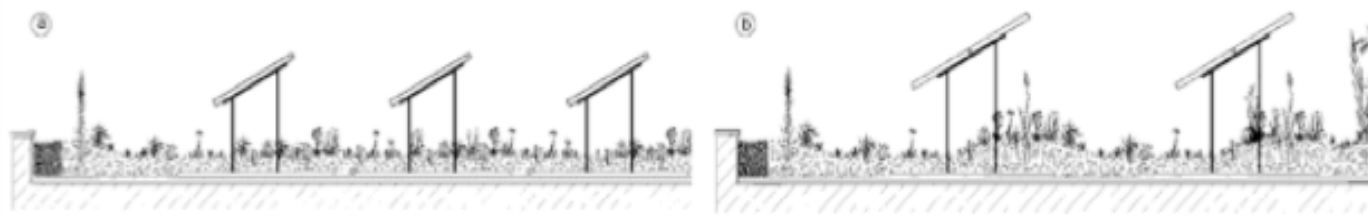
Les toitures végétales bio diverses couplées de panneaux solaires consistent en créer différents paysages afin de mettre en place une grande variété d'habitats. Lorsqu'il s'agit de concevoir un toit Bio solaire, un aspect très important à considérer est la distance entre les rangées de panneaux solaires. Plus la distance entre les rangées est élevée (supérieure à 80 cm entre deux) plus la profondeur du substrat sera tolérée. Les niveaux de profondeur du substrat varient moins lorsque la distance entre les rangées est plus faible. À l'avant des panneaux, une bande de 50 cm de large est placée lorsque la profondeur du substrat est à 7 cm (5 cm environ dans les régions à fortes précipitations). Au-dessous et à l'arrière des panneaux, la profondeur du substrat peut être augmentée à 15 cm, diminuant progressivement jusqu'à atteindre la profondeur de substrat du panneau suivant. La profondeur du substrat peut être assez élevée aux emplacements sans panneaux solaires.

Il existe différentes possibilités pour créer des habitats de plantes au sein d'une infrastructure comportant des panneaux solaires: ombragé-humide (sous les panneaux), semi-ombragé semi humide (derrière les panneaux) et ensoleillé-sec (face aux panneaux). Avant d'y définir les espèces végétales, il faut tenir compte de la hauteur maximale pouvant être atteinte par les plantes. Les plantes de grande taille peuvent ombrager les panneaux et ont moins capacité de résister aux vents forts. Dans une prairie riche en biodiversité, on peut trouver environ 20 espèces différentes par m² ce qui n'est pas possible d'atteindre

sur un toit Bio solaire. Si possible, le but serait d'avoir entre 6 à 10 espèces différentes par m². La végétation d'un toit bio solaire devrait également attirer les pollinisateurs et subvenir à leur besoin en nourriture, lieux de nidification et les sites de reproduction.

Concevoir différents habitats peut par exemple ressembler à ceci: les parties vert foncées ont été installées avec le substrat plus profond de 15cm et plantées avec des arbustes. Les parties jaunâtres ont une profondeur plus faible de substrat de 10 cm et donc une végétation de plus petite taille avec plus d'herbes. Les surfaces rougeâtres ont la profondeur la plus faible de substrat (6-8 cm) avec une couverture végétale composée pour la plupart de mousse et de sedum. Les surfaces grises sont à la fois des surfaces ouvertes et des zones de drainage sans végétation fonctionnant comme un habitat composé de gravier. Le substrat utilisé pour cette zone de toiture végétale est un sol d'excavation et est un mélange de sable-gravier provenant d'une gravière à l'extérieur de la ville de Bâle.

Certaines espèces de faune et de flore sont assez mobiles et / ou peuvent dériver et atteindre les surfaces plus exposées à l'air. La survie de l'organisme après «atterrissage» dépendra des conditions trouvées sur ces surfaces. Une phase critique est la période sèche, normalement la période estivale. Le substrat du toit vert peut sécher en grande partie et peut causer la mort d'un nombre important d'organismes. Les espaces humides situés en retrait peuvent être créés par des éléments structurels tels que des bois morts et des rochers.



Distance entre les rangées de panneaux solaires et variation de profondeur du substrat. ©Zürich Universität des Sciences Appliquées ZHAW



Variété de végétation grâce à des variations de profondeur de substrats. ©Nathalie Baumann

ASPECTS LOGISTIQUES

Conscient que les modules solaires sont des dispositifs de haute technologie délicats pour certaines parties, ils ont une grande valeur monétaire. Pour cette raison, un emballage, une manutention et un déballage approprié sont très importants afin d'éviter des dommages qui pourraient survenir durant le transport sur le toit. Les vibrations ou collisions qui pourraient causer des fissures dans le verre doivent être évitées. De plus ne jamais transporter un module en le tenant par la boîte de jonction ou les câbles de connexion et ne jamais tirer sur eux. Si un système de support ou une solution point d'ancrage est installée, certaines parties du montage sont situées sous la

couche de substrat. Cela signifie que les systèmes de montage (et le rail de section) doivent être livrés avant ou en même temps que les composants de la toiture végétale (en dépit des plantes elles-mêmes) mais après la protection contre les racines + membranes de capillarité polaire qui seront placés dessus. Les panneaux solaires seront fixés sur les rails eux-mêmes fixés sur le montage. Cela permettra une livraison plus tardive. Cependant il faut encore prendre en considération qu'il est plus facile de les installer avant les plantations. Tous les composants doivent être stockés dans une zone sèche, protégée du sol.

Répartition des responsabilités

Il est très probable que vous allez rencontrer des personnes de différentes professions sur le toit. De plus votre travail aura certainement besoin de coups de main, ce qui signifie que vous aurez aussi besoin d'aider vos collègues. Pour cela, une répartition claire de vos responsabilités doit être faite. En d'autres termes, vous avez besoin de savoir clairement quelles tâches vous êtes censé effectuer aussi bien que la gamme des décisions qui vous sont propres. Vous ne devez pas effectuer des travaux pour lesquels vous n'êtes pas autorisé, par exemple, construction de modules d'altération ou allocation d'espace. De l'autre côté, il peut arriver qu'il y ait de petits obstacles sur le toit qui ne sont pas indiqués dans le plan de mise en œuvre de sorte que vous devrez ajuster le placement d'un module. Cela ne sera possible que sous l'autorité de votre conseiller ou si inclus dans votre domaine de compétence. Cependant, vous devez toujours documenter les changements que vous effectuez.



INSTALLATION

Ce chapitre portera sur l'installation de système de montage pour les panneaux et l'installation, de substrats et de dispositifs solaires bios diversifiés. Un bon nombre des préparatifs et des procédures d'installation sont identiques à ceux utilisés pour une toiture végétale, comme discuté dans la partie « principes fondamentaux de toiture végétale » du chapitre 1, « couches de drainage » lors du chapitre 2 et « et la partie « Installation » du chapitre 4. Vous trouverez également des informations sur la sécurité personnelle.

L'important est que tout doit être chronométré et organisé avec soin afin de ne pas avoir de longues périodes de d'attente en ayant les bonnes surfaces de stockage; en particulier pour les plantes. Le système d'irrigation et de drainage sont prévues à l'avance, ce qui signifie qu'ils sont présents sur le plan technique de la toiture. Lors de l'installation d'un système de drainage et d'irrigation vous aurez besoin d'inspecter le plan, de le comprendre, et de comparer la situation des travaux sur le toit.

Mise en place de système de montage de support

Les méthodes faciles et relativement rapides sont les solutions les plus porteuses. Certains systèmes ont plusieurs composants

préfabriqués. Lorsque tous les composants ont été livrés sur le chantier de construction (sauf les panneaux eux-mêmes qui peuvent être installés plus tard) un ordre précis d'enchaîne des tâches doit être respecté.

Comme la plupart porteurs systèmes de montage sont faits de plastique, il est important de les garder dans un endroit sec, à basse température dans des zones de stockage protégées des UV. Ceci évitera les déformations des matériaux se produisant lorsque les températures plus de 60 ° Celsius! En outre, durant l'installation, les supports de montage doivent être recouverts de substrat immédiatement (UV, stabilité au vent).

Première étape lors de l'installation d'un système de charge: préparation de la surface

Le toit doit être balayé proprement. Toutes les imperfections doivent être corrigées, pour que l'espace soit le plus plat possible et que les bords supérieurs des panneaux soient alignés. Ce recouvrement doit être placé sur tous les éléments de construction sur une hauteur atteignant celle du substrat. Les bosses visibles peuvent être ajustés avec un sable de faible granulométrie



Un type de panneau solaire pour toiture végétale.
©Optigreen International AG



©Optigreen International AG



Membranes Capillaire. ©Svenska NaturTak

Montage et ajustement des modules

1 Placement les supports

Chaque module unique bénéficie d'un emplacement prédéterminé où il doit être placé. Respecter l'allocation d'espace selon le plan de mise en œuvre. Tous les paramètres sont prédéfinis afin d'ajuster les modules en fonction de ces paramètres. En exécutant cette étape, il est nécessaire de s'assurer de l'exactitude des données, par exemple, l'inclinaison et l'orientation, à l'aide d'une boussole. Dans certains cas, les plaques de montage ne seront pas en contact direct l'une de l'autre. Si cela est prévu, il n'y aura pas de problème et les lacunes devraient être recouvertes par la planche de drainage. Ses bords doivent se chevaucher et être placés au-dessous des plaques de montage. Pour cela, les planches de drainage peuvent être coupées au besoin. Maintenant les rails profilés vont être fixés sur chaque module.

2 Connecter les supports

Lorsque les modules sont alignés correctement les modules peuvent être connectés sur la longueur avec les rails. La méthode d'installation correcte et le matériel nécessaire (p.ex. crochets, pinces) sont mentionnés et répertoriés dans le manuel spécifique. Il s'agit de la dernière étape de travail où vous pouvez ajuster avec précision les fixations. Pour éviter des dommages, prenez soin de ne pas laisser tomber des outils et des équipements pointus.

3 Découpes

Si de petits composants se mettent au travers des supports, les supports peuvent être coupés pour autant que les coupes soient de forme ronde afin d'éviter les fissures. Utilisez une scie cloche à cet effet. La coupe maximale dans chaque montage peut aller jusqu'à 30 x 30, mais noter toujours les conseils du fabricant! Prenez soin de ne pas couper les parties du bâtiment.

4 Membranes capillaire

Si une membrane capillaire est utilisée, placer la sur toutes les zones qui seront protégées par les panneaux. C'est grâce à effet capillaire des membranes, que l'eau sera distribuée sous les modules.



Les modules solaires avec point d'ancrage ou les systèmes au sol monté combiné avec une toiture végétale

Comme déjà mentionné, il existe d'autres systèmes possibles, par exemple des systèmes à points d'ancrage aux blocs de béton ou des panneaux solaires montés directement sur le toit avec un système de fixation au sol. Certains principes fonctionnent de la même manière que les solutions de support de charge, mais il existe encore quelques facteurs d'attention :

- Montage contenant du béton: le béton absorbe très facilement l'eau. Cette solution nécessite une gestion de l'eau spécifique, ainsi qu'une membrane capillaire.
- Le béton pourrait causer différente valeur du pH au environ du substrat.
- Ajustement automatique de l'inclinaison : hauteurs de panneaux différent toute la journée -> différentes conditions spatiales .
- Probablement une augmentation de joints d'extrémité en raison des points d'ancrage-> attention un travail d'étanchéité est requis! Considérez également les risques accrus de pénétration des racines et les fuites à cause du nombre important de joint..

Selon les critères de la localisation où vous allez installer une toiture végétale, vous aurez des éléments spécifiques pour ajuster les modules. Toujours respecter l'inclinaison / l'orientation et travailler en fonction du plan de mise en place.



LE SUBSTRAT

La couche suivante, le substrat, peut être ajouté lorsque chaque composant est à sa place propre. L'exécution peut se faire de trois façons différentes:

- Remplir la couche de drainage directement avec le substrat ou les minéraux de drainage.
- Installer la membrane de filtrage et placer les minéraux de drainage ou le substrat sur la couche de drainage.
- Placer le substrat directement sur les minéraux de drainage.

Les mélanges de substrat peuvent soit être déplacés à l'aide de grue et Big Bags ou via des camions pompe. Un choix est à faire lors de la planification et l'organisation déterminant quelle sera la méthode la plus efficace et facile en fonction du choix du substrat. Lors de la mise à niveau de la profondeur du substrat selon les plans, n'oubliez pas que la profondeur du substrat peut varier. Les panneaux peuvent être fixés sur les rails lorsque le substrat est installé sur le toit. Cela devrait être la dernière étape puisque le danger de les endommager est moindre quand vous ne travaillez sans pelles, brouettes ou autres outils lourds.



AJOUT DE FONCTIONS BIODIVERSIFIÉS

Tout type d'éléments de structure doit être considéré à l'avance puisque ils représentent un poids supplémentaire qui ne devrait pas être sous-estimé, en particulier lors de l'usage de pierre. Les matériaux utilisés peuvent être: Roches, pierres, cailloux; bois mort; Abeille ou hôtels pour insectes; rive de sable; petits plans d'eau; plantes; foin ou autre matière organique; D'autres matières minérales; ou matériaux de conteneurs.

Assurez-vous que le parapet ou l'étanchéité ne sont pas endommagés lors du chargement des matériaux de structure à l'aide d'une bâche de protection. Placer les structures biodiversité comme planifié. Si une information est manquante, l'ensemble des mesures doivent être prise en considération lors de leur installation par exemple la localisation et la distance entre composants et installations sur le toit. Vérifiez également qu'aucun élément n'ombrage les PV ou d'autres composants sur le toit et la bonne fixation des éléments structurels le cas échéant. Les hôtels à insectes ne doivent pas être exposés à la pluie et au vent, pensez alors aux protections. Le détail de l'approvisionnement en eau et le système de drainage doivent également être réfléchis (par exemple les éléments de drainage ne doivent pas être bloqués par un banc de sable ou un l'habitat en matériaux fins).



ENSEMENCEMENT ET PLANTATION

La végétation d'un toit bio solaire sera composée de graines, de plantes mâles, de plantes en pot, de boutures de Sedum et peut-être également de tapis de sedum pré-cultivées, de préférence en utilisant différentes méthodes. Commencez par l'ensemencement de la toiture avant la plantation qui permettra aux semences pour d'être bien mélangées dans le substrat. Les plantes mâles sont ensuite plantées à leur emplacement prédéfini sur le plan. Une forte irrigation pourrait être nécessaire pendant la période de mise en place.

Les Informations sur la façon de semer et planter une zone de végétation peuvent être trouvées dans la première partie; Principes fondamentaux de la toiture végétale Chapitre 4. Installation.



Plantes mâles plantés avec délicatesse ©Nathalie Baumann

APRÈS L'INSTALLATION

Prenez le temps de vérifier le toit fini et contrôler que tout est bien planté et positionné. Un bon contrôle est un signe de confiance et de qualité pour tous les clients; et ceci est ni inutile ni une perte de temps. Évaluer cette fois les étapes nécessaire à clôturer l'installation correctement. Après un contrôle des contrats, il s'agit d'échanger le contrat de maintenance qui sera active pendant les années à suivre jusqu'à ce que le système ait atteint une certaine stabilité et niveau de croissance. Il est attendu la première année que la couverture végétale soit d'environ 40%, la deuxième année 60% et la troisième année 80%. Cela dépendra de la période de plantation / saison et la méthode utilisée.

Make sure plugs and potted plants can develop naturally, some plants may need cut back in autumn and some evergreens may need water during winter frost dry out danger.

Assurez-vous que les pouces et les plantes en pot peuvent se développer naturellement, certaines plantes peuvent réduire leur besoin en automne et quelques conifères peuvent avoir besoin d'eau pendant le gel de l'hiver due au danger d'assèchement.



Technique du paillis de foin

Apporter du foin fraîchement coupé directement sur le site (sans stockage) est une méthode utilisée en Suisse pour les toitures végétales. La technique permet l'apport de biomasse sur le toit, donne de la hauteur au substrat et permet de conserver plus d'humidité, ce qui est crucial pendant la phase de mise en place. Couper l'herbe d'une prairie sèche, faire des réserves (si permis !!), permettra l'amélioration de la diversité des toits et de maintenir les espèces appropriées à l'habit du toit vert.

Conservation naturelle des prairies sèches. Normalement les couper 1 à 2 fois par an. Si possible, organiser votre travail de telle sorte que vous pourrez obtenir de la matière organique.



PROBLÈMES ET SOLUTIONS

Travailler avec des matériaux vivants (pouces, paillis, etc.) exige de planifier soigneusement la logistique d'arrivée des matériaux: où les placer, combien de temps vont-ils être là (arrosage, ombre, etc.) et bien sûr les conditions saisonnières et météorologiques. Les oiseaux, surtout les corneilles et les pies peuvent être un problème suite à la plantation et l'ensemencement. Les oiseaux étant intelligents, il sera difficile de s'en débarrasser. Les filets anti oiseau placés au-dessus des plantes peuvent les stopper. Ces filets peuvent être trouvés dans n'importe quel magasin de jardinage.

IRRIGATION

Voir Partie 1 Principe fondamentaux des toitures végétales Chapitre 4. Installation for information on irrigation.

Les modules solaires peuvent être utilisés comme éléments permettant de créer de l'ombre et des zones d'approvisionnement en eau (effet de bouclier!) C'est au planificateur de trouver la meilleure méthode pour soutenir la biodiversité. N'oubliez pas: l'eau de pluie est importante non seulement pour l'irrigation mais aussi pour nettoyer les panneaux solaires ainsi que la végétation en éliminant la poussière qui pourrait dégrader la capacité de photosynthèse ou de production d'énergie.



Points importants

Les étapes de travail couches sous-jacentes sont sensiblement les mêmes pour une toiture végétale que pour un toit Bio Solaire. La différence est l'installation de systèmes de montage pour les modules de panneaux solaires.

Les précautions de santé et sécurité sont toujours importants. Utiliser des EPI appropriées lorsque d'un travail en altitude! Soyez prudent lorsque du transport de matériaux sur le toit, les composants de modules solaires ont une grande valeur monétaire, la membrane imperméable ne doit pas être endommagée et la végétation doit être traitée de façon appropriée.

Questions

- Comment la distance entre les panneaux solaires aura une incidence sur la végétation?
- Décrire les différentes étapes de travail lors de l'installation d'un toit Bio Solaire
- Quand et où devrait une couche protection doit être utilisée?
- Expliquer l'importance de substrat nivelé (en accord avec le plan).
- La couche de protection contre les racines a été coupée trop courte et ne couvre pas la surface nécessaire. Est-ce que cela a un impact?

10

MAINTENANCE D'UN TOIT BIO SOLAIRE



MAINTENANCE D'UN TOIT BIO SOLAIRE

Ce cours vous procure les principes de base, aperçu de la planification, de l'installation d'une toiture verte bio solaire ainsi que l'importance de comprendre la maintenance de modules solaires et d'un toit biodiversité. Une toiture végétale extensive ou bio diversifiée est facile à maintenir, ainsi que des centrales solaires lorsque elles sont installés correctement. Les avantages obtenus grâce à l'entretien des deux en même temps, sont l'économie de temps et d'argent ainsi que la limitation de perturbation de la faune. Toujours effectuer une évaluation des risques avant que toute opération de maintenance soit effectuée.

En général, les modules solaires photovoltaïques ont une durée de vie allant jusqu'à 20 ans ou plus. Cette durabilité est affectée par divers facteurs tels que sa bonne installation, l'utilisation de matériel approprié (stabilité aux UV, résistance au gel, étanchéité), l'entretien annuel et les dommages (par exemple après une tempête). Une toiture végétale extensive peut avoir une durée de vie de 40 ans et plus, ce qui est directement liée la durée de vie de l'étanchéité et la protection contre les racines, si cette fonction n'est pas intégrée dans la couche d'étanchéité. Grâce à des procédures planifiées et appliquées et sans aucun événement de dévastation due aux catastrophes naturelles comme le feu ou les tempêtes, un toit vert peuvent vivre pendant plusieurs dizaines d'années. Sa durabilité ou la résilience dépend de facteurs similaires à ceux des panneaux solaires; une planification et l'installation précises, l'utilisation de matériel approprié pour la membrane du toit, la couche de végétation et son entretien correct permettant le bon développement de la végétation. Cet entretien est une «assurance» implicite pour les propriétaires puisque un professionnel contrôle une à deux fois par an et peut détecter des problèmes à venir avant qu'ils ne deviennent compliqués ou trop coûteux et tardif de les traiter.

MAINTENANCE DES PANNEAUX SOLAIRES

Les modules solaires, le convertisseur et tout autre équipement technique sont couramment vérifiés une fois par mois. Les données produites par les unités sont analysées. Les



grandes unités de production seront contrôlées par le propriétaire ou le personnel du fournisseur solaire. Ces types de contrôle et de maintenance sont basés sur les données et les statistiques produites. En cas de diminution de l'efficacité causée par des problèmes sur le toit, une deuxième inspection du site est nécessaire. Pour cela et pour l'entretien général, un personnel qualifié et compétent doit évaluer la situation des modules sur le toit. Cette inspection visuelle consiste en la recherche de montages incorrects, d'éléments d'ombrage (plantes de grande taille, fientes d'oiseaux) ou d'autres polluants sur la surface des modules, des dommages ou d'autres obstacles apportés par le vent.

Généralement, une unité de production solaire doit être inspecté visuellement et nettoyé une fois par an. La meilleur période est au début du printemps ou avant la période de grand ensoleillement (Mai, Juin, par exemple). Les polluants ordinaires tels que de la poussière ou le pollen sur la surface du module sont habituellement éliminées par la pluie lorsque l'inclinaison est $\geq 15^\circ$. Dans les régions sèches avec moins de pluie (ou avec polluants plus persistants), il peut être nécessaire de nettoyer les surfaces des panneaux à la main. Seules les substances appropriées au nettoyage qui ne sont pas nocifs pour ni les panneaux solaires, ni la faune sont autorisés à être utilisés! Veillez à ne pas endommager / rayer les modules avec des éléments pointus ou des grains pendant le nettoyage. S'il y a des dommages sur certaines parties des modules, informer un électricien professionnel ou le fabricant du panneau solaire. Ne pas toucher les pièces brisées car elles pourraient transporter du courant électrique. Les installations techniques relatives au drainage et au ruissellement doivent être inspectées; enlever pour identifier les raisons d'éventuels blocages par exemple des quantités excessives de matières fines, les oiseaux nicheurs. La hauteur de la végétation à l'avant, sur ou entre les panneaux solaires peut être réduit ou supprimé pour éviter l'ombrage et la présence de végétation inflammable. Déposez ou transporter du matériel végétal pour palier à l'installation de déchets.

Marchez avec soin sur le toit en raison de câbles et de fils. Ne pas perturber les plantes et les animaux plus que nécessaire.



MAINTENANCE DES TOITURES BIO DIVERSIFIÉES

Les toitures végétalisées extensives ont généralement des besoins de maintenance réduits. Le maintien d'un toit biodiversité exige des connaissances sur la restauration et le développement de l'habitat ciblé. Le principe dit: qui peut le plus peut le moins donc éviter des interventions inutiles. Les documents de concept et conseils pour l'entretien sont généralement déjà développés lors de la planification du projet. Récupérer et suivez les documents puisque vous représentez l'unité de maintenance. Un point particulier sur le développement de biodiversité, des structures de végétation autonomes se doit d'être fait dans la période dite d'établissement. La durée de cette période peut varier en fonction du projet du pays et du climat. Notamment en termes de développement des habitats (de toitures végétales), l'entretien doit être effectué régulièrement et en harmonie avec la végétation ciblée. Une fois par an est suffisant, au maximum deux fois par an étant donné que la toiture sera perturbé le moins possible.

Plantes indésirables seront gérés avec 1-2 contrôles par an. Gardez le propriétaire informé de la mise en place et développement de la végétation, ainsi que des prochaines étapes afin d'assurer une bonne communication.

Les zones non végétalisées

Les sorties de drainage (avec chambres d'inspection) et les espèces de gravier / bardeaux doivent être inspectés deux fois par an et débarrassés de toute végétation car ils ont besoin de rester intacte. Vérifiez si le toit est en généralement en bon état. Après une tempête, les substrats peuvent avoir besoin d'être redistribués ou bien des pièces détachées doivent être remplacées ou encore des structures fixes réparées.

Les zones végétalisées

Les plantes indésirables - en particulier les espèces envahissantes et des plants d'arbres - devraient être supprimés. Soyez prudent avec les mauvaises herbes, car elles peuvent se propager rapidement - retirer les espèces envahissantes de préférence avant qu'elles commencent à se propager. Dans la base de données DAISIE, vous trouverez des informations sur les mauvaises herbes envahissantes pour chaque pays européen. Si l'herbe est trop vigoureuse, il peut être bénéfique d'incorporer (semis) une plante semi parasite comme le Rhinanthus minor ou Petit Rhinanthé - une plante à floraison annuelle qui gagne certains de ses éléments nutritifs par les racines des plants d'herbe voisine. Le Petit Rhinanthé augmente considérablement la biodiversité en limitant la croissance de l'herbe et permettant ainsi à d'autres espèces de prospérer. Dans un habitat naturel, le processus de pourrissement génère terreau et autres éléments nutrition. Le changement de couleur peut indiquer un manque de nutriment et / ou d'approvisionnement en eau, une solution serait d'ajouter des nutriments ou améliorer l'irrigation (cependant, cela peut être très difficile à déterminer et nécessite beaucoup d'expérience).



Toiture végétalisée légère à Malmö, Sweden. ©Jonatan Malmberg



Sortie de drainage obstruée par la végétation et le substrat. ©Eva Robausch

Les Fleurs sauvages exigent un niveau faible en nutriments ne rendant pas la fertilisation généralement nécessaires. Certains toits de biodiversité périeraient si on leur incorpore des engrais et en particulier dans les emplacements ou les espèces indigènes sont encouragés à reproduire habitats indigènes. Un niveau élevé de nutriments peut favoriser les mauvaises herbes qui remplacerait la végétation de fleurs sauvages. Pour maintenir le niveau faible en nutriments, retirer la matière végétale séchée afin d'éviter de nattes et l'accumulation de l'humus et, si nécessaire, remplacer les plantes perdues. En général, une toiture végétale ne nécessitera pas d'être tondue, lorsqu'il est nécessaire de tondre les herbes, celles à floraison printanière sont coupées après que la période de floraison soit terminée et que les graines ont éclos. Habituellement la tonte se produit après l'été. Laissez la végétation coupée quelques jours sur le toit pour permettre la propagation de végétation. L'herbe coupée ou les feuilles mortes à la fin de l'automne peuvent rester sur le toit ou être enlevé pour réduire les nutriments. Les niveaux de pH peuvent augmenter ou baisser mais il est possible de les influencer. Pour diminuer les niveaux de pH ajouter des acides naturels et utiliser des engrais de calcium pour les augmenter. Pourtant, vous devriez éviter au maximum cette situation car il peut être difficile de piloter les niveaux de pH.



Bleuets sur une toiture végétale biodiversifiée ©Jonatan Malmberg



Branches serves as biodiverse features. © Jonatan Malmberg

Ne pas accepter le maintien d'un toit vert, sans accès à un approvisionnement en eau

Le système d'irrigation automatique a besoin d'une vérification de fonctionnalité deux fois par an (printemps, automne). Assurez-vous, que le calendrier d'arrosage est correctement réglé. Si vous travaillez avec un capteur de gel ou une méthode différente pour l'irrigation d'hiver, vérifier à temps que cela fonctionne correctement. Si l'on prévoit une période de sécheresse ou de vague de chaleur préparer le toit en réglant l'arrosage, installez des sources d'eau supplémentaires temporaires ou arrosez manuellement. Si il n'y a pas d'irrigation permanente sur le toit: assurez-vous d'utiliser les réserves d'eau nécessaires lorsque des forts impacts climatiques sont attendus ou apporter l'équipement d'irrigation adéquate.

Vérifiez que les caractéristiques de biodiversité soient en place et fonctionnent. La végétation couverte se développe-t-elle comme planifiée dans son habitat ? Sinon, il pourrait être nécessaire de replanter. Si des actions sont nécessaires contre les maladies ou des organismes nuisibles, la première étape est toujours d'identifier le problème et de ses impacts et les effets secondaires. Toutes les maladies ou parasites n'ont pas besoin d'un traitement, mais le cas échéant, utiliser des solutions biologiques et ne jamais utiliser des herbicides ou des insecticides sur un toit vert.

Selon la végétation initiale et l'habitat ciblé, le développement naturel de l'habitat peut prendre différents chemins de développement. En fait, il est important, que vous compreniez les processus et que vous soyez en mesure de repérer les évolutions dangereuses, retarder ou même la dégénérescence votre habitat. En général, vous devez chercher à soutenir la richesse des espèces et éviter les lacunes pour les espèces envahissantes. Certaines espèces de plantes peuvent être prises en charge par la nutrition ou les additifs de terreau. Certaines peuvent donner de l'ombre à d'autres, afin qu'elles puissent germer. Certains trouveront leur espace protégé à côté d'un rocher. Les abeilles sauvages et autres insectes vont vous aider dans votre travail de manière à toujours les soutenir. L'étude de l'écologie végétale et des plantes indigènes de votre région / pays, vous apprendra à créer leurs habitats.





SANTÉ ET SÉCURITÉ LORS DE L'ENTRETIEN D'UN TOIT SOLAIRE

Comme mentionné dans la deuxième partie; Toits solaire Chapitre 3. L'installation nécessite, pour votre sécurité, une protection contre les chutes sur le toit. Selon la hauteur du toit et les règles de sécurité que vous pourriez avoir à entrer sur le toit à l'aide de mécanismes extérieurs. Surtout, il y aura plusieurs sortes de protection à l'aide de corde. Cette corde peut être fixée soit avec un ancrage unique, un système de retenue de câble guidée ou fixé directement sur les modules. Pour la dernière solution, il doit y avoir un crochet spécial intégré dans le châssis du module. Ne jamais essayer de placer votre corde sur un module si ça n'a pas été conçu dans ce but! Ces images montrent que la corde peut se relâcher sur la végétation ou se tendre au-dessus. Vous devez prendre soin que la corde ne s'emmêle pas soit avec les modules soit avec la végétation. Sinon, vous pourriez causer des dommages. Les plantes ont surtout le risque de s'enfoncer ou dans le pire des cas de se couper. En outre, les éléments de structure placés sur le toit au profit de la biodiversité peuvent être des obstacles. La corde peut les détruire ou de les desserrer. Si vous sentez qu'il y a un problème avec la corde, cela pourrait signifier qu'elle est empêtrée. Autres obstacles: les protections contre les incendies, les pare-feu, cheminées, installations de centrale solaire et votre propre matériel. En résumé, toujours prendre garde où vous marchez et regarder si la corde derrière ou à côté de vous ne s'emmêle pas.

Dans le cas où vous avez besoin de retirer la végétation coupée, prévoyez soigneusement votre voie de sortie avant de commencer à travailler. Faites attention aux éléments de l'installation solaire, les règles de sécurité et les installations de sécurité, ainsi que la sortie de l'immeuble (dommage ou saleté à l'intérieur du bâtiment). Assurez-vous, votre transport est accessible et garer au bon emplacement. Évitez les longues distances ou même des rues se croisant.



Points importants

Effectuer la maintenance des centrales solaires et la toiture végétale en même temps est bénéfique car cela provoque moins de perturbations pour la faune et permet à la fois un gain de temps et argent. L'entretien des panneaux solaires sera composé, de vérifier par exemple qu'il n'y a pas d'éléments d'ombrage à l'avant ou entre les panneaux dues à la pollution, la végétation, des éléments de biodiversité ou les fientes d'oiseaux ainsi qu'aucun dommage sur les modules ou panneaux n'est à signaler.

Les tâches de maintenance effectuées sur le toit seront constituées de l'extraction de la végétation morte, de la végétation créant de l'ombrage, les mauvaises herbes et plants d'arbres, de mettre en place de la végétation dans les zones dénudées, éventuellement d'arroser et de vérifier que les zones non plantées sont sans végétation. Rappelez-vous; éviter les actions inutiles!

Questions

- Quels facteurs influencent la durée de vie des panneaux solaires et des toits verts?
- Que doit être considéré lors de l'utilisation d'une corde comme protection contre les chutes lors de travaux de maintenance?
- Comment le pH du substrat peut-il être influencé et comment ses variations devraient-elles être menées?
- Liste les points d'attention lors de l'entretien sur le toit.
- Qu'est-il important de prendre en compte lors de travaux d'entretien des panneaux solaires?
- Des nutriments doivent-ils être donnés à un toit vert? Pourquoi ou pourquoi pas?

RÉFÉRENCES

Austrian Standard Institute. 2010. ÖNORM L 1131: Horticulture and landscaping – Green area on roofs and ceilings of buildings – Directives for planning, building and maintenance. Vienna: Austrian Standard Institute.

Brenneisen, S. 2007. Skript Dachbegrünung - Unterricht für Bachelor - StudentInnen und professionelle KursteilnehmerInnen der Weiterbildung Dachbegrünung. ZHAW, IUNR Fachstelle Dachbegrünung

Group members of the project soil bioengineering and land construction (2014) Gründächer. Vienna: Institute of soil bioengineering and land construction

Fægri, K. & van der Pijl, L. 1979. Principles of pollination ecology. Oxford: Pergamon

Francis, R. A. & Chadwick, M. A. 2013. Urban Ecosystems – Understanding the Human Environment. London: Routledge

Kadas, G. 2010. Green Roofs and Biodiversity. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing

Kearns, C. A et al. 1998. Endangered Mutualism's: The conservation of Plant-Pollinator Interaction. Annual Review of Ecology and Systematics. Vol 29. Pp: 83-112.

Millenium Ecosystem Assessment. 2005a. Ecosystems and human well-being: health synthesis. Washington, DC, World Resources Institute.

Zemp, M. & Brenneisen, S. 2003. Naturschutz auf Dachbegrünungen in Verbindungen mit Solaranlagen. Baudepartement des Kantons Basel-Stadt, Amt für Umwelt und Energie, Stadtgärtnerei und Friedhöfe (guideline).

WEBPAGES

Convention on biological diversity. n.d. Article 2 Use of terms. United Nations. <http://www.cbd.int/convention/articles/default.shtml?a=cbd-02>

Fraunhofer Institute für solare Energiesysteme ISE. 2013. Fire protection in photovoltaic systems – Facts replace fiction – Results of expert workshop [WWW] Fraunhofer ISE. <http://www.ise.fraunhofer.de/en/press-and-media/press-releases/presseinformationen-2013/fire-protection-in-photovoltaic-systems>

International Green Roof Association. 2014. Construction Engineering. http://www.igra-world.com/engineering/construction_engineering.php

London Wildlife Trust. A buzz up top - Encouraging the conservation of invertebrates on living roofs and walls. <http://www.wildlondon.org.uk/sites/default/files/files/A%20buzz%20up%20top%20-%20encouraging%20the%20conservation%20of%20invertebrates%20on%20living%20roofs%20and%20walls.pdf>

Renewable energy concepts. n.d. Solar Technology. <http://www.renewable-energy-concepts.com/solarenergy/solar-technology.html>

The Renewable Energy Hub. n.d. Renewable energy information. <https://www.renewableenergyhub.co.uk/>

RÉFÉRENCES