



Permeabla hårdgjorda markmaterial i urban miljö

En studie om funktion, tillämpning och hållbarhet

Permeable surface materials in urban environments -a study on function, application and sustainability

Thomas Björnfors, Simon Franzon

Examensarbete/Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institution för landskapsarkitektur
Landskapsingenjörsprogrammet
Alnarp 2025



Permeabla hårdgjorda markmaterial i urban miljö

En studie om funktion, tillämpning och hållbarhet

Permeable surface materials in urban environments -a study on function, application and sustainability

Thomas Björnfors, Simon Franzon

Handledare:	Åsa Bensch, SLU, institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Examinator:	Frida Andreasson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Omfattning:	15 hp
Nivå och fördjupning:	Grundnivå, G2E
Kurstitel:	Självständigt arbete i landskapsarkitektur.
Kurskod:	EX0841
Program/utbildning:	Landskapsingenjörsprogrammet
Kursansvarig inst.:	Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Utgivningsort:	Alnarp
Utgivningsår:	2025
Omslagsbild:	Thomas Björnfors
Upphovsrätt:	Alla bilder och illustrationer har använts med tillstånd från respektive upphovsrättsinnehavare
Nyckelord:	Permeabla markmaterial, hårdgjorda permeabla ytor, genomsläppliga markmaterial, urbana miljöer, förtätning, klimat, dagvattenhantering, hårdgjorda ytor, infiltration.

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakultet för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap
Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Sammanfattning

Klimatförändringarna medför ökade nederbörds mängder och ställer allt högre krav på dagvattenhantering i urbana miljöer. Hårdgjorda och ogenomsläppliga ytor av konventionell asfalt förhindrar naturlig infiltration i marken, vilket vid intensiv nederbörd kan leda till översvämningar och stora ekonomiska konsekvenser för samhället. Den här studien undersöker funktion, tillämplighet och hållbarhet för permeabla material som alternativa ersättare till konventionell asfalt i förtätade miljöer. Därtill undersöktes även vilken typ av information och forskning som finns att tillgå relaterade till de permeabla materialen och anläggningarna. Litteraturstudien kompletterades med en intervjustudie som undersökte generella tankar och erfarenheter gällande permeabla material i stadsmiljöer med sakkunniga respondenter från kommunerna Lund, Helsingborg och Malmö samt representant från skötselbranschen.

I studien framkommer flera utmaningar för de permeabla ytorna, såsom felaktig skötsel, för hög belastning och trafik utöver vad ytan är avsedd för. Det kan orsaka sättningsskador samt riskera att porstrukturerna täpps igen av sediment och smutspartiklar. Även ökade kostnader för anläggning, skötsel och underhåll är några av de utmaningar som finns. Kompetensen rörande permeabla material upplevs som bristfällig, eftersom forskning samt beprövade och lyckade exempel och metoder inte når ut till beställare, projektörer eller anläggare. I studien betonas även vikten av att anpassa både ytskiktet och överbyggnaden för platsens specifika förutsättningar. Före anläggning av hårdgjorda permeabla slitlager bör även det som finns under slitlagret beaktas. En genomsläpplig terrass, med exempelvis sandigt material och stora porer fungerar bra för snabb infiltration, medan en lerig terrass som är tätare i sin porstruktur snabbt blir mättad och har begränsade infiltrationsmöjligheter. Dock finns det, oavsett terrassens infiltrationskapacitet, olika system som kan anläggas för att hantera den platsspecifika situationen. Det går exempelvis att leda dagvattnet via dräneringsrör i bärlagret till andra dagvattenlösningar såsom dagvattenmagasin, dagvattenkassetter eller liknande under markytan om infiltration ner i terrassen inte är möjlig eller önskvärd.

Resultatet av studien visar att permeabla hårdgjorda material med rätt förutsättningar har goda möjligheter att fördröja och infiltrera stora mängder dagvatten och kan bidra med att minska belastningen på städernas dagvattenledningar. För att uppnå bästa effekt behöver de permeabla ytorna kombineras med andra typer av dagvattenlösningar såsom grönytor, svackdiken och regnbäddar.

Abstract

Climate change is leading to increased precipitation, placing growing demands on effective stormwater management in urban environments. Hard, impermeable surfaces made of conventional asphalt prevent natural infiltration in the ground, which, during heavy rainfall, can result in flooding and significant economic consequences for the society. This study aims to investigate the function, applicability, and durability of permeable materials as potential alternatives to conventional asphalt in dense urban areas. In addition to improving infiltration and stormwater management, these materials must withstand the stress and loads found in urban settings. Through a literature review, the study highlights differences, as well as advantages and disadvantages, between conventional asphalt and permeable alternatives. It also examines the availability of research and practical information related to permeable materials and construction methods. The literature review was supplemented with interviews exploring general views and experiences regarding permeable materials in urban environments, conducted with experts from the municipalities of Lund, Helsingborg and Malmö, as well as a representative from the maintenance sector.

The study identifies several challenges, such as improper maintenance, excessive load, and traffic beyond the surface's intended capacity, which may cause structural damage and clogging of the pores by sediment and debris. Higher installation, maintenance and operating costs are also recognized as key obstacles. The study notes a general lack of knowledge within the industry, as research and successful case studies do not sufficiently reach contractors, planners, or developers. It also emphasizes the importance of adapting both the surface layer and the substructure to site-specific conditions. If infiltration into the subgrade is limited, stormwater can be directed through drainage pipes to the other solutions such as sedimentation basins or stormwater crates beneath the surface.

The results show that, under the right conditions, permeable hard surfaces have great potential to delay and infiltrate large volumes of stormwater, thereby reducing pressure on urban drainage systems. For optimal effect, these surfaces should be combined with other sustainable stormwater solutions such as green areas, swales and rain gardens.

Keywords: permeable surface materials, hardened permeable surfaces, permeable ground materials, urban environments, urban densification, climate, stormwater management, impervious surfaces, infiltration.

Innehållsförteckning

1. Inledning.....	1
1.1 Mål och syfte.....	2
1.2 Frågeställningar.....	3
1.3 Metod.....	3
1.5 Avgränsningar.....	5
2. Litteraturstudie.....	6
2.1 Klimatförändringar i Europa.....	6
2.2 Klimatförändringar i Sverige.....	9
2.3 Hårdgjorda ytor.....	12
2.4 Vanligt förekommande hårdgjorda ytor i våra städer.....	13
2.5 Asfalt, ett vanligt men tätt markmaterial.....	16
2.6 Vad är permeabla ytor?.....	18
2.7 Överbyggnad och terrassens betydelse för infiltrationen.....	19
2.8 Permeabla markmaterial som kan ersätta konventionell asfalt.....	24
3. Intervjustudie.....	35
4. Diskussion och slutsats.....	39
6. Källförteckning.....	44
Publicerade källor.....	44
Muntliga källor.....	53
Figurförteckning.....	54
Tabellförteckning.....	55

1. Inledning

Andelen hårdgjorda ytor ökar allt mer i takt med att städer växer och förtätas (Boverket, 2021). Det leder bland annat till försämrat lokalklimat, ogynnsamma miljöer för träd och vegetation, minskad infiltration av dagvatten i marken samt minskning av naturliga rinnvägar och avrinningsområden (Boverket, 2021; SMHI u.å.). Den ständigt ökande andelen hårdgjorda ytor i kombination med klimatförändringar kan komma att leda till fler och mer omfattande översvämningar i våra städer (Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut, SMHI, u.å.). Hanteringen av dagvatten är en stor utmaning och blir en allt större växande fråga för Sveriges invånare och politiker.

Majoriteten av ytorna i våra städer består i dagsläget av hårdgjorda ytor av asfalt och betong (Stahre, 2004, kap. 1). Hårdgjorda ytor har historiskt sett anlagts för att dagvatten snabbt ska rinna av och vidare ner i ledningsnät under marken, vilket starkt begränsar den naturliga infiltrationen av dagvattnet i marken. Detta kan leda till överbelastade ledningssystem (Europeiska kommissionen (EK), 2022, s 27-28 & s. 153-170; Stahre, 2004, s. 67; Boverket, 2021). Hellman (2017) beskriver i sin rapport att de befintliga VA-system som finns i våra städer inte är dimensionerade för att hantera den typen av dagvattenflöden. Överbelastade ledningssystem och översvämningar kan komma att leda till stora kostnader för samhället. Vidare beskriver Stahre (2004) vikten av nya och "breda" systemlösningar som kommer behövas för att förbättra det lokala klimatet samt hantera de större klimatförändringarna med den förväntade ökningen av nederbörd. Höga krav ställs på konstruktionerna, som måste klara av stora laster från exempelvis busstrafik och varutransporter, samtidigt som de ska vara hållbara och effektiva gällande infiltration samt billiga i drift och underhåll (ibid, 2004, kap.1).

Hårdgjorda ytor försämrar även möjlighet och tillvaron för vegetationen i städerna. I naturliga miljöer kan växternas rotsystem utnyttja både utrymme och de resurser som finns att tillgå i marken. Några av de faktorer som är viktiga för att vegetation ska må bra är tillgången till syre, vatten och näringsämnen (Palojärvi, 2022). Vegetationen, i synnerhet träden, får i dagsläget mycket begränsat utrymme i och mellan de hårdgjorda ytorna som anläggs. I de fall där växtbäddar anlagts historiskt har de ofta varit underdimensionerade, hårt packade och med olämpliga val av stenfraktioner. Det leder till brist på vatten, näring, möjlighet för tillväxt och gasutbyte (Stockholms stad, 2022). En rik och frodig vegetation kan bidra med flera viktiga ekosystemtjänster, såsom minskad effekt av global uppvärmning, förbättrad luftkvalitet, ökning och främjande av biologisk mångfald samt upptag och fördröjning av dagvatten vid nederbörd och skyfall (ibid, 2022; Erling, 2021).

Genomsläppliga beläggningar såsom permeabel asfalt, grus och dränerande markstensbeläggningar möjliggör infiltration och rening av dagvatten direkt i marken. Detta kan leda till minskad belastning på ledningsnät, bättre påfyllning av grundvattenreserver, minskad vattenförorening samt bättre mikroklimat genom att fånga in värme och reglera temperaturerna i området (EK, 2022, s. 18-20).

Permeabla ytor möjliggör även bättre förutsättningar för grönska och biologisk mångfald (Boverket, 2019). För att gynna vegetationen krävs rätt typ av överbyggnad vilket beskrivs mer ingående i kapitel 2.7. Trots bevisade fördelar är användningen av sådana material fortfarande begränsad (EK, 2022, s. 155-166). Europeiska kommissionen (2022, s. 155-166) listar även några av de faktorer som kan hindra användningen av permeabla markbeläggningar. Faktorerna innefattar områden såsom bristande kunskap, höga kostnader, lagstiftning, höga bullernivåer, underhålls krav och osäkerhet kring den långsiktiga hållbarheten.

Sammanfattningsvis finns det ett växande behov av lösningar som kombinerar de tekniska kraven på hållbarhet och belastning men samtidigt syftar till att förbättra de ekologiska funktionerna. Anläggning av fler permeabla ytor i stadsmiljö har potential att hantera flera av dessa utmaningar genom minskad avrinning, förbättrad infiltration och genom att skapa bättre förutsättningar för vegetationen - samtidigt som de kan uppfylla de tekniska kraven om hållbarhet och bärighet i trafikerade miljöer.

1.1 Mål och syfte

Studien syftar till att undersöka både behov av och egenskaper hos permeabla markmaterial i urbana miljöer med särskilt fokus på dagvattenhantering i avseende för både nuvarande och framtida behov.

Undersökningen baseras på jämförande studier av fyra olika ytor: torgytor, parkeringsytor samt gång- och cykelbanor. Ytorna anläggs med permeabla markmaterial istället för konventionell asfalt. Genom att analysera för- och nackdelar med de permeabla materialen i relation till asfalten, kan en bättre förståelse skapas för både tekniska och praktiska tillämpningar samt potentialen till att kunna förbättra dagvattenhanteringen på och gynna vegetationen angränsande till de fyra olika ytorna i urban miljö.

Målet är även att undersöka om anläggningsbranschen och beställare föredrar något markmaterial framför andra, samt vilka faktorer som påverkar dessa beslut. Genom att förstå vad som styr valet av genomsläppliga markmaterial kan eventuellt bättre rekommendationer och riktlinjer för hållbar dagvattenhantering utvecklas.

Syftet med studien är en fördjupning i det valda ämnet och att öka kunskapen hos oss som genomför studien samt andra studenter och läsare. Målet är att ta fram en översiktlig studie som kan användas av personer inom SLU och yrkesverksamma i branschen som söker kunskap inom området. Studien bidrar med data som är både intressanta och relevanta och som kan utgöra ett värdefullt underlag vid diskussioner och projektering av permeabla hårdgjorda ytor.

1.2 Frågeställningar

- Finns det behov av att öka andelen hårdgjorda ytor som kan infiltrera dagvatten i urbana miljöer?
- Vilka möjligheter finns det att byta ut asfaltsbeläggningen på parkeringsytor, torg och gång- och cykelvägar till ett genomsläppligt material med bibehållen funktion?
- Vad har beställare och anställda inom drift och skötsel för erfarenheter av och tankar kring användningen av permeabla hårdgjorda ytor? Vilka för- och nackdelar finns och vad är det som påverkar val av olika markmaterial?
- Vilka aspekter talar för eller emot användandet av genomsläppliga, hårdgjorda material i dagsläget?

1.3 Metod

För att besvara frågeställningarna i studien har en kombination av litteraturstudier och intervjuer valts som metod. Varje metod bidrar till en bredare förståelse i användningen av genomsläppliga markmaterial i urbana miljöer, såväl i teorin som i praktiken.

Studien visar på ett neutralt sätt informativa resultat och slutsatser som är kopplade till studiens frågeställningar kopplade till permeabla markmaterial och kommer att organiseras under rubriker i texten för att skapa en tydlig röd tråd för läsaren. Genom att kombinera olika metoder kan en mer heltäckande bild skapas av hur dessa material kan bidra till hållbar dagvattenhantering i urbana miljöer. På detta sätt kan vi använda oss av trianguleringsmetoden (utforska en punkt från flera olika metoder och perspektiv) för att nå ett stabilare och mer trovärdigt resultat.

Litteraturstudie

Litteraturstudien bidrar med kunskap och kartläggning om hur permeabla material har använts historiskt samt hur, var och när de används idag och deras potential i framtiden. Empiriska data från tidigare studier, erfarenheter och forskning analyseras för att identifiera vilka faktorer som begränsar eller främjar användning av permeabla markmaterial på de utvalda ytorna, torg, parkering, gång- och cykelvägar. Dokument och arkivmaterial gällande genomsläppliga material, infiltration, vegetation samt nederbörd- och skyfallsplaner hämtades huvudsakligen från svenska källor, men även relevant data och rapporter från länder inom Europeiska unionen granskades.

För att säkerställa att det insamlade materialet är relevant och kontextuellt anpassat till nordiska klimatförhållanden, regelverk och urbana planeringsprinciper, inkluderar källorna bland annat offentliga myndigheter, forskningsinstitut, kommunala planer och tekniska handböcker. Litteraturen består till stor del av vetenskapliga artiklar som samlats in digitalt via relevanta sökningar om ämnet via sökmotorer för vetenskapliga publikationer såsom Google Scholar, Scopus, med flera. De organiserades sedan under avsedda rubriker i studien. Materialet har jämförts och analyserats baserat på resultat och granskning av flera källor, tidigare studier, litteratur, dokument, forskning och artiklar inom samma ämnesområde. Informationen från källorna har granskats och tolkas kritiskt med hänsyn utifrån utgivarens agenda, exempelvis försäljning och distribution av eventuella produkter och material.

Intervjustudie

En del av datamaterialet som samlats in för att besvara arbetets frågeställningar är baserade på tre semistrukturerade intervjuer med totalt fyra representanter och ämnesexperter från de utvalda kommunerna, Malmö, Helsingborg och Lund. Urvalet av respondenter planerades i ett tidigt skede med målet att få så många relevanta perspektiv som möjligt på arbetets frågeställningar, se kapitel 3. Målsättningen var att inkludera minst en sakkunnig inom respektive område: projektering, miljöfrågor, skötsel samt asfaltsbeläggning. Samtliga deltagare gav sitt samtycke till att intervjuerna spelades in och användes som muntliga källor i studien. De har även erbjudits att få ta del av det färdiga arbetet vid studiens slutförande, samt gett sitt medgivande till att deras fullständiga namn och yrkestitlar redovisas.

Respondenterna i studien är: Alfred Nerhagen, landskapsarkitekt och klimatstrateg på Helsingborg kommun, Jonni Gend, landskaps- och driftingenjör på Lund kommun, Per Persson, bygg- och driftingenjör på Lund kommun och slutligen Pajtim Sulejmani, doktor inom asfalt och civilingenjör på park- och gatumiljöenheten på Malmö kommun. För att kunna följa vem som uttrycker sig i texten kommer de intervjuade fortsättningsvis att nämnas vid efternamn.

Easterby-Smith et al. (2021) beskriver att semistrukturerade intervjuer möjliggör att utifrån förutbestämda frågor kunna genomföra en flexibel men medveten strukturering av intervjuerna. Metoden blir därför lämplig för att kunna styra undersökningen i rätt riktning och besvara forskningsfrågorna på ett effektivt sätt. Enligt författarna Easterby-Smith et al. (2021) är en av de största fördelarna med semistrukturerade intervjuer att det fritt går att ändra frågeställningens innehåll och ordning under intervjuens gång vilket leder till bättre diskussioner och förståelse för ämnet. Detta var användbart i intervjustudien då utförligheten i svaren från de medverkande skulle visa sig mycket varierande. Valet av semistrukturerade intervjuer för studien var en självklarhet då vi var ute efter en mer personlig dialog och flexibiliteten att anpassa frågeställningen under intervjuens gång för att bibehålla relevansen för studien. Easterby-Smith et al. (2021) beskriver dock risker med partiskhet i semistrukturerade intervjuer.

Medveten om detta, påbörjades varje intervju med en genomgång av studiens huvudområden, att frågeställningen var öppen för bredare svar, samt information om att följdfrågor kunde ställas baserat på dessa svar. Varje intervju inleddes på samma sätt.

Intervjuerna genomfördes via Microsoft Teams och Zoom Workplace och spelades in med inbyggda funktioner i plattformarna samt via mobiltelefon. Inspelningarna transkriberades sedan via google workplace samt på traditionellt sätt genom att lyssna och anteckna. Intervjuerna pågick mellan 50 och 90 minuter. Syftet med intervjuerna är att få en djupare förståelse för praktiska tillämpningar, utmaningar, komplikationer och möjligheter i samband med användandet av permeabla material i urbana miljöer. Stort fokus lades på val av markmaterial, funktion, underhåll samt de faktorer som kan påverka beslutsfattare inom både den privata och offentliga sektorn. Intervjupersonerna valdes utifrån deras erfarenhet och expertis inom branschen och ämnet som studerades. Intervjuerna analyserades, sammanfattades och presenterades sedan under rubriken *intervjustudie* i avsnitt 3, där de mest centrala delarna och diskussionerna lyftes fram för att belysa respondenternas olika perspektiv.

1.5 Avgränsningar

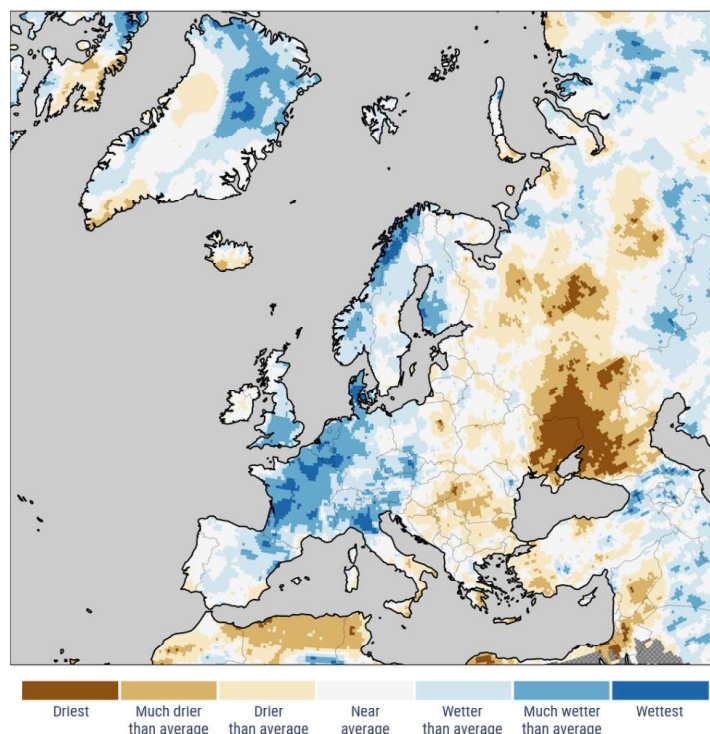
Intervjustudien avgränsas geografiskt till västkusten i södra Sverige och fokuserar på urbana miljöer i städerna Malmö, Helsingborg och Lund. Samtliga städer ligger inom klimatzon 1, vilket innebär att de delar liknande klimatförutsättningar som påverkar dagvattenhanteringen och valet av markmaterial.

Miljöerna som granskas i studien består i dagsläget av hårdgjorda ytor och inkluderar fyra vanliga typer av stadsrum: torg, parkeringsytor samt gång- och cykelvägar. I studien antas det att samtliga ytor i dagsläget är belagda med asfalt, men att de inom en snar framtid byts ut till markmaterial som kan infiltrera dagvatten. Genom att avgränsa studien till dessa specifika platser och material skapas en tydligare analys av hur genomsläppliga markmaterial kan påverka dagvattenhantering och funktion i urbana miljöer med liknande förutsättningar.

2. Litteraturstudie

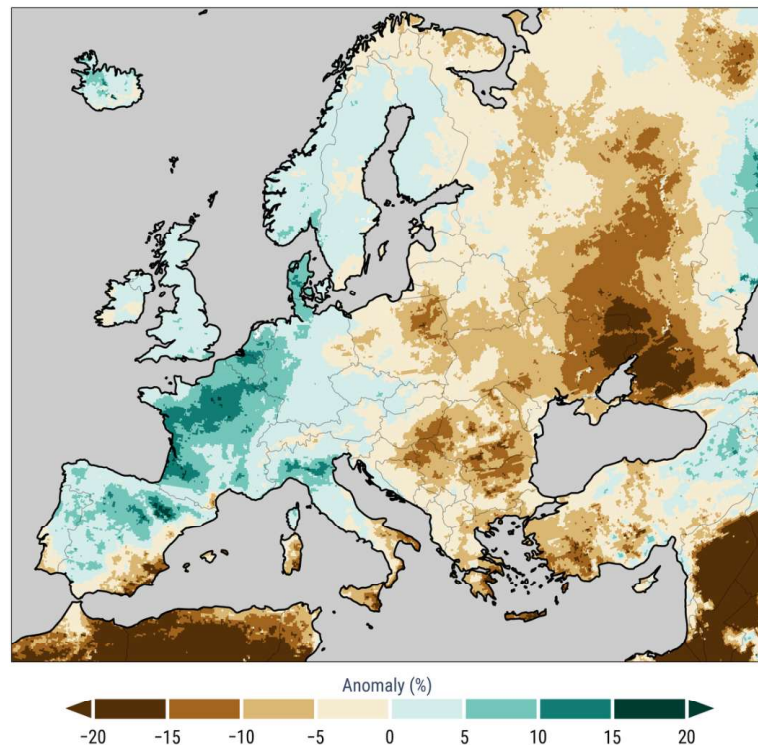
2.1 Klimatförändringar i Europa

Klimatförändringar är idag ett centralt ämne på Förenta Nationernas (FN:s) agenda för hållbar utveckling fram till år 2030. Agendan som skrevs under 2015 innehåller sjutton globala mål som ska uppnås till år 2030. Bland dessa mål ingår bland annat hållbar energi, hållbar industri, infrastruktur, hållbara städer, bekämpning av klimatförändringar samt bevarande av ekosystem och biologisk mångfald (United Nations Development Programme, UNDP, 2015b). Dokumentet visar en påtaglig ökning av temperaturer och förändrade nederbördsmonster (Se figur 1), samt extrema väderförhållanden som kan bli ett hot mot att nå mål 13, *Bekämpa klimatförändringarna*.



Figur 1. Avvikande nederbördsmonster i Europa mellan 1991 och 2020. (Copernicus Climate Change Service och European Centre For Medium-Range Weather Forecasts, 2024a)

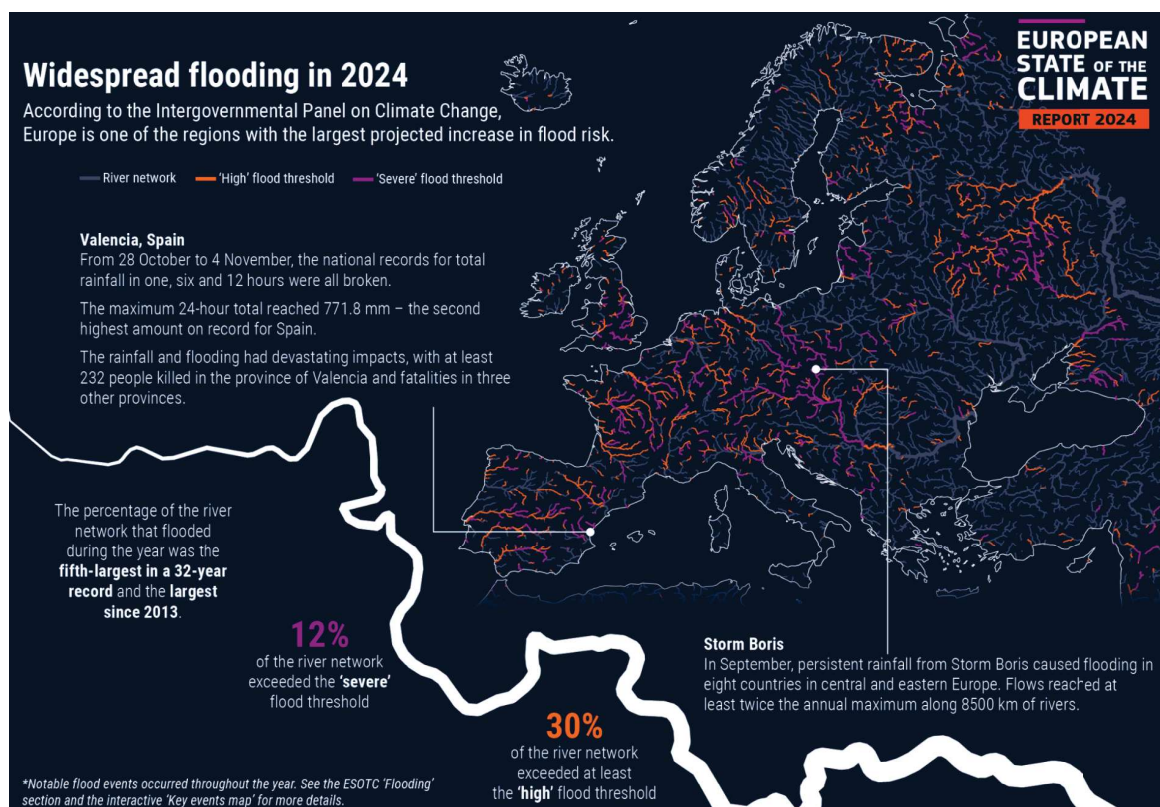
Den ökade nederbörden i Europa under 2024 har inneburit en ökning av fukthalt i marken för områden i Europa. Klimatförändringarna har även medfört en tydlig förändring genom fler och mer omfattande torrperioder i vissa regioner, se figur 1. Enligt Copernicus Climate Change Service (C3S) och World Meteorological Organization (WMO) (2024), visar mätningar att markfuktigheten i flera västeuropeiska regioner som drabbats av hög nederbörd låg över det normala genomsnittet. I länder som Nederländerna och Frankrike ledde detta till mättad jord (Se figur 2), vilket ökar risken för översvämning (C3S och WMO, 2024).



Figur 2. Avvikande halter av jordfuktighet i europeiska länder under 2024. (Copernicus Climate Change Service & European Centre For Medium-Range Weather Forecasts, 2024b)

Enligt European Centre For Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) klimatstrategiska ledare Samantha Burgess sker uppvärmningen i Europa dubbelt så snabbt som det globala genomsnittet. Det beror bland annat på den snabba temperaturökningen i Arktis som bidrar till den upptrappade avsmältningen av isarna. En direkt konsekvens av detta är att översvämningar blir vanligare och större inom de europeiska länderna, vilket resulterade i 335 dödsfall under år 2024 (C3s och WMO, 2025). Chen's studie från 2024 visar även att den ökade luftfuktigheten har en direkt koppling till avsmältningen av den Arktiska havsisen. För varje miljon kvadratkilometer is som smälter i Arktis ökar mängden vatten som avdunstar från havet, detta leder i sin tur till 16% mer nederbörd över landområden (Chen, 2024).

Särskilt utsatta blir kustnära områden och geografiska lågpunkter där den ökade nederbörden och stora regnmängder under kort tidsintervall leder till större risk för översvämningar (se figur 3), jordskalv och erosion, vilket hotar både infrastruktur och biologisk mångfald (UNDP 2015a). Havsnivåerna har ökat med cirka 20 cm sedan slutet av 1800-talet och beräknas fortsätta öka mellan 30-120 cm till år 2100. Åtgärder krävs för att stabilisera uppvärmningen av planeten och en av åtgärderna är minska utsläppen av växthusgaser med 100% från 2010 till 2050 (UNDP, 2015a).



Figur 3. Omfattande översvämningar i Europa under 2024. (Copernicus Climate Change Service & World Meteorological Organization, 2025)

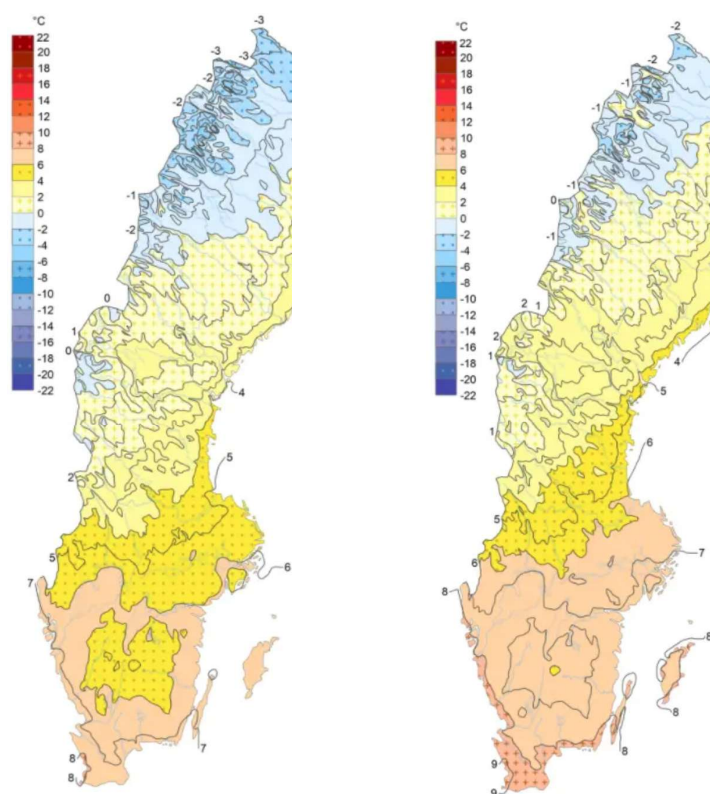
FN:s utvecklingsprogram släpper årligen en offentlig rapport, “*Hur går det för Globala målen*”, som visar hur långt man kommit i dessa mål. Tanken är att tydliggöra vad som har åstadkommit under varje år och visa vilka hinder som har uppstått på vägen. I 2024 års rapport understryker UNDPN att det finns många och stora utmaningar kvar för att uppnå målen. Några av utmaningarna som uppdagades av rapporten år 2024 var att hinna nå de delmål som satts upp mot klimatförändringar och biologisk mångfald.

Exempelvis att minska ekonomiska bistånd till fossila bränslen och att se en uppbromsning inom den globala uppvärmningen. En positiv utveckling hade dock skett inom hållbar energi, huvudsakligen på grund av storsatsning inom eldrivna fordon och solenergi. Klimatfinansieringen mellan år 2021 och 2022 ökade med 30% och omfattade 116 miljarder amerikanska dollar, varav 60% gick till att motverka klimatförändringar. Temperaturerna år 2023 uppmättes till det varmaste året som någonsin som har registrerats och forskare varnar för närmande av den kritiska punkt av planetens uppvärmning som är irreversibel och kommer lämna permanenta skador (UNDP, 2024).

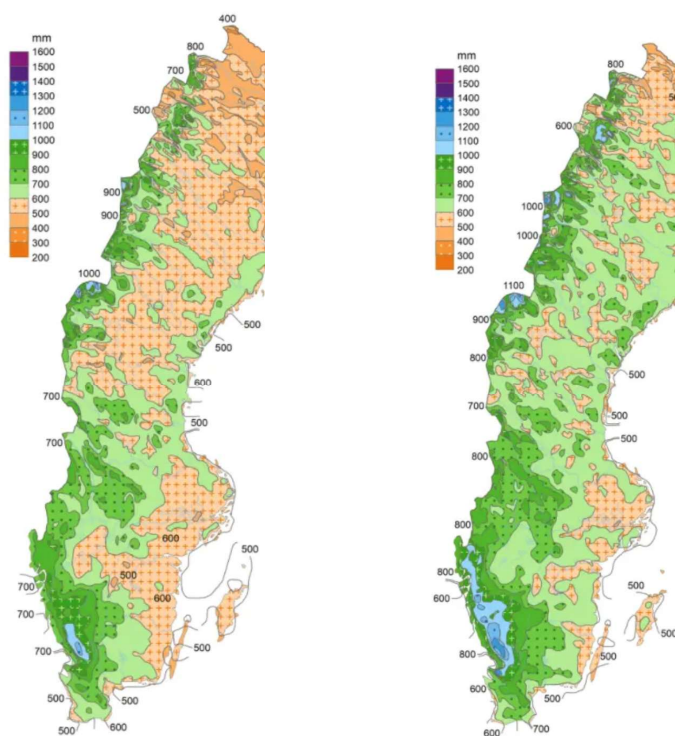
2.2 Klimatförändringar i Sverige

Till följd av klimatförändringar har medeltemperaturen ökat även i Sverige under de senaste decennierna, se figur 4. Under 1960-1990 var medeltemperaturen i södra Sverige runt 6-8 °C (Celsius) och norra Sverige -3°C till 0°C. Under 2020 hade medeltemperaturen ökat och ligger nu på 7°C till 9°C i södra delarna av Sverige och -2 till 1°C i de norra delarna (se figur 4). Stigande temperaturer leder till att andelen vattenånga i atmosfären ökar, vilket leder till ökad nederbörd framförallt i sydliga städer och kustregioner i landet (se figur 5). Sverige ser redan resultaten av den ökande nederbörden, men även ökad torka under perioder, framförallt i östliga och högre belägna delar av landet (SMHI, 2021).

Uppföljning av förändringar sker genom att jämföra insamlad data från samma punkt vid upprepade tillfällen. För att säkerställa datans relevans, samlas värden in under en lång tidsperiod, eftersom klimatförändringarna sker gradvis samt att väderförhållanden naturligt fluktuerar från år till år. För att kunna följa förändringarna nationellt använder SMHI sig av flertalet väder-, havs- och vattenstationer runt om i Sverige (SMHI, 2025).



Figur 4. Redovisning av årsmedeltemperaturen i Sverige mellan 1961-1990 (vänster), samt mellan 1991-2020 (höger). (SMHI, 2025)



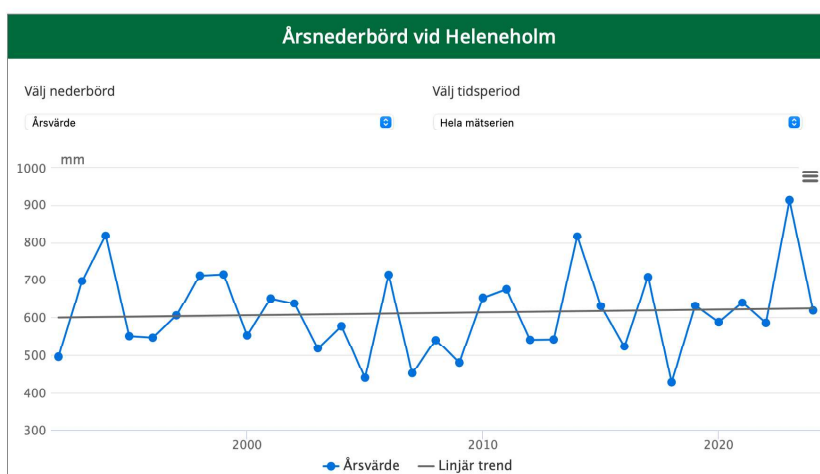
Figur 5. Redovisning av årsnederbörden i Sverige mellan 1961-1990 (vänster) jämfört med år 1991-2020 (höger). SMHI, (2025)

Klimatförändringar i södra Sverige

Under år 2014 drabbades Malmö av ett stormoväder, det kraftigaste uppmätta regnet i stadens historia. Under en period på sex timmar föll nästan 100mm regn, samma mängd som normalt faller under två sommarmånader. Stormen som döptes till Arvid påverkade livet för tusentals invånare då det förde med sig enorma mängder vatten och översvämmande stora delar av staden. Kollektivtrafiken i hela staden ställdes in och över 2000 fastigheter behövde repareras och pumpas för att bli fria från vattenmassorna (Malmö stad, 2024a).

Enligt en rapport från Mitt Skånevatten (2021) har flera åtgärder vidtagits efter stormen Arvid. Åtgärderna handlar framför allt om planering för att förstå var och hur dagvattnet kan ledas vidare vid översvämningar. Målet är att leda dagvattnet till en plats där det gör så lite skada som möjligt, det går inte att räkna med infiltration av den totala mängden dagvatten som tillkommer. Satsningar på exempelvis utbyggnad av separerade vattensystem som enbart leder spillvatten och inte dagvatten till reningsverken sker fortlöpande. På så vis avlastas systemet vid eventuell överbelastning, vilket samtidigt minskar risken för översvämningar i bland annat byggnader och källarlokalerna (Mitt Skånevatten, 2021).

Malmö stad presenterar ett alternativ som innebär att man leder vattnet till skyfallsanpassade parker, exempelvis parker som är nedsänkta för att fungera som fördröjnings- och vattenmagasin. Ett exempel är den nyanlagda dagvattenparken i Hyllie, en 23 000 kvadratmeter stor gräsyta som beräknas kunna ta hand om nästan 7000 liter dagvatten, vilket motsvarar ett 50-årsregn (Malmö stad, 2024a). År 2023 var ännu ett år där nederbörden i Malmö var högre än vanligt. I en datastyrd studie som samlar data från Heleneholm, som är ett industri-, bostads- och affärsområde i Malmö, jämförs nederbördsdata från tidigt 90-tal med dagens data. 2023 uppmättes årsnederbörden till 913 mm och var den högsta uppmätta sedan mätningens början. Året därefter uppmättes 619 mm (se figur 6). Studien indikerar att årsnederbörden i Malmö kommer att fortsätta stiga under framtida mätningar (Malmö stad, 2024b).



Figur 6. Ökning av årsnederbörd i Heleneholm, Malmö, mellan 1992 och 2024. (Malmö Stad 2024, Årsnederbörd)

2.3 Hårdgjorda ytor

Urbaniseringen som skedde i Sverige under tidigt 1900-tal krävde utbyggnad av vägnät och byggnader för smidigare transport-, import- och exportmöjligheter. Eftersom målet var att bygga ut ytorna så snabbt som möjligt, prioriterade man hårdgjorda ytor som kräver minimal skötsel och som har en billigare konstruktion (Simonsen & Junghage, 2019). Dessa ytor bestod oftast av asfalt, sten- och betongplattor samt grusytor. Asfalt, vilket beskrivs mer ingående i avsnitt 2.4 är nästan helt ogenomträngligt för vatten, vilket innebär att infiltration av dagvatten genom asfaltytor inte är möjlig (Grund & Mark, 2025).

Ytor som är hårdgjorda, exempelvis asfalts- eller betongytor, är ofta mycket stabila och hållbara mot påfrestningar såsom trafikering och skötsel, samtidigt som de bidrar med god tillgänglighet.

Grusytor, samt ytor med olika markstensbeläggningar anläggs ofta genom att blanda in små fraktioner i överbyggnaden som sedan packas hårt (Simonsen & Junghage, 2019). Markstenen anläggs med små fogavstånd som fylls med stenmjöl eller liknande material med små porer som försämrar infiltrationen. Detta kan leda till lägre grundvattennivåer, syrebrist i marken och stora svårigheter för vegetationen att utveckla sina rotsystem. Dessutom minskar möjligheterna för marklevande organismer att överleva i dessa ytor (Boverket, 2021b).

Majoriteten av de hårdgjorda ytorna är inte utformade för att efterlikna de infiltrationsprocesser som sker för dagvattnet på naturlig mark (Stahre, 2004, kap. 1). Det mesta av dagvattnet i städer avleds ytligt genom lutning från ytorna, ner i brunnar som är kopplade till städernas ledningssystem. Dagvatten som avleds till ledningssystemen kan bidra till en ökad risk för översvämning, särskilt vid stora nederbördsmängder då vattenflödet blir för stort för ledningssystemen som inte mår med att transportera bort de stora volymerna dagvatten (ibid, 2004, kap. 1).

Översvämning av brunnar och gator är en vanlig konsekvens av ledningssystem som inte kan hantera kraftig och intensiv nederbörd. Vid dessa händelser görs en så kallad bräddning där allt vatten i systemet flödar fritt till utloppen (VA SYD, 2025). Till följd av bräddningar kan dagvatten som samlats på sig föroreningar och skadliga partiklar från gator, tak, avlopp, industrimarker och liknande, transporteras vidare till åar, hav och sjöar utan någon form av reningsprocess på vägen. Detta kan bland annat leda till förorening, övergödning och skador på marina organismer (Naturvårdsverket, 2024).

2.4 Vanligt förekommande hårdgjorda ytor i våra städer

Hårdgjorda ytor fyller många funktioner i våra städer: stabilitet, tålighet, estetik och lång livslängd är några av de betydelsefulla faktorer hårdgjorda ytor bidrar med för stadernas infrastruktur (Boverket, 2021a).

Torg

Torget är en stor och viktig del av urbana miljöer och fungerar som en samlingsplats där människor har möjlighet att mötas och samspela med varandra. Historiskt sett har torg varit, och är än idag, en viktig plats för social interaktion och handel. Lilla torg i Malmö anlades redan under sent 1500-tal och var en plats som folk kunde besöka för att köpa sina dagliga matvaror i form av säd, kött, fisk och grönsaker (Malmö stad, 2023).

För att kunna klassa ytan som ett torg behöver platsen bemöta vissa krav och förutsättningar. Kraven bestäms beroende på läge, historia, omkringliggande arkitektur, kultur samt behov av brukare (Boverket, 2023b). Om torget ligger i en modern del av staden bör gestaltningen av torget också följa det moderna formspråket. Finns det en historisk koppling till platsen är det viktigt att torgytan återspeglar detta i detaljutförandet, vilket generellt är uppskattat av besökare (ibid, 2023b). Det bör även finnas plats för olika typer av verksamheter, såsom eventytor, kiosker och marknadsstånd (ibid, 2023b). Det bör även vara tillgängligt och tryggt att komma fram på torget för alla som vill besöka platsen. Det är viktigt att beakta vilken trafikklass ytan ska hålla för, minimikraven är att ha plats och framkomlighet samt klara av belastningar för renhållningsfordon, räddningstjänst, varuleveranser och snöröjningsfordon (Göteborgs stad, 2023).

Torgytor anläggs vid vissa tillfällen med täta slitlager av olika typer av marksten, hårt packad överbyggnad samt smala fogar med små fraktioner. Oftast när man inte har behov av direkt infiltrering av dagvatten via slitlagret. Man lägger då fokus på att vattnet istället infiltreras ner till förstärkningslagret via brunnar eller rännor (RISE- Research Institutes of Sweden u.å.). Detta innebär låg porositet och genomsläpplighet i fogarna och begränsar därför platsens infiltration av dagvatten (Stahre, 2004, s. 30-32). Enligt anläggare på Grund & Mark (2025) är några av anledningarna till asfaltsbeläggning på torg att materialet har en lång hållbarhet om det underhålls på rätt sätt, ger en snabb installation och är kostnadseffektiv jämfört med många andra material. Skulle sprickor eller skador uppkomma är det dessutom smidigt att laga dessa direkt på plats med asfaltsfyllning. Asfalt hårdar betydligt snabbare än betong och minskar därför risken för driftstopp i projekteringsschemat (Grund & Mark, 2025).

Parkeringsplats

Under 1900-talet blev privat biläggande allt vanligare, redan år 1950 utgjordes ca 70% av transportmetoderna i Sverige av bilresande (Neergard & Karttu, 2019). För att minska antalet parkerade bilar på gatorna rekommenderades bostadsägare att anlägga parkeringsplatser på sina tomter. Sakta byggdes ett behov upp även utanför affärer, köpcentrum, fabriker och kontor eftersom populationen sökte sig till stadens kärna för arbete och handel (ibid, 2019). År 1967 hade vetenskapliga arbeten genomförts genom en statlig utredning som visade att andelen hårdgjorda ytor inte räckte till och skapade därför riktlinjer som underlättade för stadsplanerare att uppskatta behovet av antalet parkeringsplatser som behövdes i städerna (Neergard & Karttu, 2019). År 1990 uppskattades bilägandet till 500 bilar per 1000 invånare och under 2019 beräknas det istället till cirka 470 bilar per 1000 invånare (ibid, 2019).

Enligt plan - och bygglagens (PBL) 8 kap. 9§ och 4 kap. 8§ bör det finnas lämpligt utrymme för parkering, lastning och lossning av fordon på parkeringsytan. Det är kommunen som bestämmer hur allmänna platser ska användas och utformas (PBL, 2025). Standardmått på parkeringsrutor är 2,5 x 5 meter med reservation för undantag där bredden kan minskas ner till 2,3 meter. Handikappanpassade parkeringsrutor har dimensionerna 3,5 meter x 5 meter. Då fordonet ska kunna köra in och ut från platsen skall det finnas minimum 6 meter fri yta bakom fordonet (Vägmarkeringar, 2025). Detta innebär att parkeringsplatser ofta tar upp stora ytor i anspråk även om själva parkeringsrutan är relativt liten. De stora hårdgjorda ytorna som utgörs av parkeringsplatser bidrar till snabb, ytlig avledning av dagvatten till dagvattenbrunnar. Detta kan leda till överbelastade dagvattenledningar vid kraftig nederbörd (Stahre, 2004, kap. 1). Grund & Mark (2025) menar att asfalt ofta väljs som slitlager till parkeringsytor då de klarar av belastningen från stående fordon med hjälp av en stabil överbyggnad. Ofta läggs en lite finare struktur av asfalt på parkeringsplatser för att bidra med ett estetiskt intryck av platsen. Asfalten ger en jämn yta med bra grepp som förebygger risker för halka (Grund & Mark, 2025).

Gångbana

Under 1800-talets Sverige samsades samtliga resenärer på de utbredda gatorna i städerna, fotgängare, vagnar och hästar tog sig alla över samma stråk. I mitten av 1800-talet började separata gångbanor byggas för fotgängare i samband med anläggning av vägar under utbyggnaden av Paris (Eden sidewalk repair, 2025). I juli 2025 satte Boverket nya normer och krav på nyproducerade gångbanor. Kraven innefattar till stor del att gångbanorna ska kunna användas och vara tillgängliga för personer med nedsatt rörelse eller funktionsvariation. Dessa brukare ska kunna nå fram till entréer och byggnader runt omkring gångbanan utan hinder eller onödigt risktagande för olyckor (Boverket, 2024). För tillgänglighet ska gångbanorna vara minst 2 meter breda. Banan kan göras mindre, dock minimum 1,5 meter i bredd, i dessa fall ska det även finnas ett jämnt förekommande av vändplatser med en bredd på minst 2 meter (Malmö stad, 2024f).

För att möta dessa kraven väljs ofta asfaltsbeläggning eftersom en asfaltsyta har en lång livslängd på 15-30 år beroende på påfrestningar, en gångbana har bättre chans till lång livslängd eftersom den ofta slipper belastning från trafik. Att slitlagret slipper höga vikter bidrar också till smidighet eftersom ytan kan beläggas med lite tunnare asfaltslager (Grund & Mark, 2025).

För att bemöta de olika kraven som ställs på gångbanor väljs ofta asfaltsbeläggning. Asfaltsytor har lång livslängd, cirka 15-30 år beroende på påfrestningar. Gångbanor har goda förutsättningar till lång livslängd eftersom de inte utsätts för trafikbelastning på samma sätt som en bilväg. Minskad belastning innebär också att slitlagret kan beläggas med ett tunnare och slätare ytskikt (Grund & Mark, 2025).

Cykelbana

I takt med att biltrafiken ökade på städernas gator, sammansattes gång- och cykelbanor till trottoarer eller sidospår för att till största möjliga mån undvika olyckor. Även cykelbanor och gångbanor brukar idag separeras för att undvika olycksfall eftersom cyklister färdas betydligt snabbare än fotgängare. Enligt svensk lag får personer färdas upp till 30 km/h på en cykelbana och har alltid väjningsplikt om cykelbanan lämnas eller vid möte av biltrafik (Transportstyrelsen, 2024). Eftersom cyklister färdas i högre hastighet, är det viktigt med en slät och jämn yta som slitlager för att öka både komforten och säkerheten. Även om cykelbanor och gångbanor separeras, anläggs de oftast med samma asfaltsmaterial, vilket blir mer kostnadseffektivt. Dubbelriktade cykelbanor ska vara 2,5 meter breda för att ge plats till omkörning. Lyktstolpar och skyltar får inte vara närmare än 30 cm från cykelbanan, står de närmare kan de påverka komforten och trafikflödet för cyklister negativt. Vid sammanslagna gång- och cykelbanor ska bredden vara minst 3 meter och om möjligt ska en tydlig visuell separering i form av vägmarkeringar dela upp gång- och cykelvägarna (Malmö stad, 2024c).

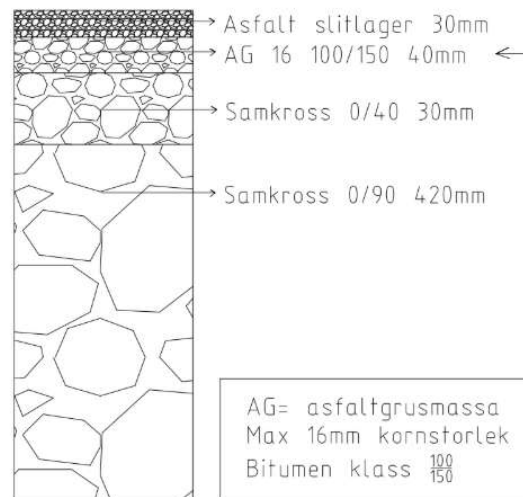
2.5 Asfalt, ett vanligt men tätt markmaterial

Asfalt är ett gammalt material som kan dateras tillbaka till 3200 [f.Kr.](#), då som tätning- och byggnadsmaterial. För vägar och promenadstråk började dock asfalten användas så sent som på 1800-talets första hälft. Den första vägen som asfalterades i Sverige var Stora Nygatan i Stockholm år 1876 (Asfaltskolan, 2020).

Asfaltmassa består idag av 94% ballast (krossad sten) och binds ihop av bitumen (bindemedel) (Svevia u.å.). Bitumen är en produkt av raffinering (kemisk reningsprocess) av råolja. I Sverige har det tillverkats fem till sju miljoner ton asfalt per år och ses som ett normalt tal i jämförelse med resten av Europa. Ungefär 1% av hela Sveriges yta idag består av asfalterade vägnät. Livslängden för asfalt som slitlager är beräknad till cirka 20 år inklusive skötsel. Asfaltens bitumenblandning bidrar med en flexibel beläggning och är det främsta valet för vägar på planeten (Asfaltskolan, 2020). Nationella MarktäckeData (NMD) redovisar att ca 3% av hela landets yta, 970 000 hektar, är hårdgjorda material i form av hårdgjorda ytor, såsom vägar och byggnader, varav majoriteten bedöms vara vägar. 970 000 hektar motsvarar till ytan ungefär tre stycken Gotland (NMD, 2025; Gustafsson, 2022).

Tidigare användes tjära av stenkol som byggnadsmaterial i asfalt. Stenkolstjära innehåller ofta flera ämnen som går under klassningen polycykliska aromatiska kolväten (PAH). Många av dessa ämnen är hälsorisker och cancerframkallande (Malmö stad 2024d). PAH är en grupp med hundratals kemiska ämnen och bildas ofta i industriprocesser eller egen uppvärmning av bostäder, förbränning av fasta biobränslen som ved och pellets. Utsläppen har minskat med 81% sedan 1990-talet tack vare tydligare regelverk för industriutsläpp (Naturvårdsverket 2025). Vid rivning eller fräsning av asfaltsytor som är byggda innan år 1974 ska därför fältanalys genomföras där utredare sprayar med vit sprayfärg och lyser med UV-lampa för att se om ytan innehåller stenkolstjära (Malmö stad 2024e). I dagens samhälle är asfalt en snabb och effektiv metod för att täcka stora ytor med ett slitlager som är slitstarkt och har lång hållbarhet. Asfalt har relativt låga underhållskrav och det räcker oftast med att sopa eller spola av ytan. Som slitlager är asfalt till största delen helt vattentät och möjliggör därför ingen infiltration, vilket innebär att dagvattnet istället leds vidare till förbestämda platser, såsom grönytor, diken eller liknande. (Veidekke, u.å.).

Det primära syftet med anläggning av hårdgjorda asfaltsytor är att sprida lastvikter från trafik över en större yta och på så sätt minimera slitage, sättningar och skador på ytans slitlager och överbyggnad. Bärlagret för asfaltsytor kan vara uppbyggda på olika sätt, med relativt stor variation i tjocklek beroende på geografiska förutsättningar och krav på trafikklass. I regel byggs en hårdgjord yta med asfalt upp av ett förstärkningslager, bärlager, bundet bärlager/bindlager och ett slitlager, se figur 7.



Figur 7, Illustration för asfaltsyta med trafikklass 4, körbana. Illustration: Simon Franzon.

Förstärkningslagret består av de grövsta fraktionerna såsom samkross 0/90. Bärlagret består av mindre fraktioner, exempelvis samkross 0/40 som läggs och packas ovanpå förstärkningslagret. Eftersom skillnaden i kornstorlek mellan bärlagret och slitlagret ofta är stor, adderas ett bindlager in mellan dem för att förhindra att de grövre fraktionerna tränger upp och påverkar ytskiktet. Bindlagret hjälper även till att överföra spänningar från slitlagret till bärlagret. Asfaltsytan ska vara jämn, slät, säker och bekväm att röra sig eller köra på, utan risk för ansamling av vatten som kan påverka framkomlighet och säkerhet, detta uppnås genom att ha lutningar för avrinning och en jämn yta för att undvika gropar, se figur 8 (Wiman & Tholén, 1999; Boverket, 2021).



Figur 8, Slitlager av konventionell asfalt. Foto: Thomas Björnfors

2.6 Vad är permeabla ytor?

Permeabla beläggningars huvudsakliga syfte är att minska och fördröja avrinningen inom ett område innan de når ut till recipient eller avloppssystem. På naturlig mark sker fler fördröjningar av dagvatten i flera led: evaporation som sker när vattnet avdunstar från mark och ytvatten med hjälp av värme; guttation, när vattendroppar utsöndras från växterna; interception, då nederbörd fastnar på växtdelar och avdunstar innan det når marken; samt transpiration som är avdunstning via växternas klyvöppningar (Grip & Rodhe, 1988; SMHI, 2025). Resterande vatten infiltreras långsamt ned i marken, fyller på grundvattennivåerna, rinner ut i bäckar, åar och våtmarker innan de slutligen når antingen sjöar eller hav (Boverket, 2021; Länsstyrelsen Östergötland, 2021).

Permeabla ytor fungerar som infiltrationsytor med möjlighet till fördröjning, rening och flödesutjämning samt håller grundvattennivåerna i balans (Östersunds kommun, 2025). Genom att använda permeabla ytor kan mängden ytlig avrinning minskas i våra städer och på så sätt även minska mängden förorenat vatten samt belastningen av ledningssystemen (EK, 2022, s. 174-175; Stahre, 2004, s. 20; Boverket, 2021). Med framtidens prognostiserade ökning av nederbörd kan permeabla ytor spela en viktig roll för att förhindra översvämningar till följd av bland annat vattenmättnad i marken och överbelastade ledningssystem (Stahre, 2004, s. 67; SMHI, u.å).

Det ställer dock en hel del krav på ytorna som är känsliga mot igensättning och kan kräva kostsam och specialanpassad skötsel med exempelvis högtryckstvätt och vakuumsugning (EK, 2022). För att infiltrationen av ytan ska fungera optimalt behöver även överbyggnaden vara genomsläpplig vilket ställer högre krav på anläggningen då ytorna även ska hantera den planerade och beräknade belastningen (Östersunds kommun, 2025).

2.7 Överbyggnad och terrassens betydelse för infiltrationen

För att kunna uppnå den fulla potentialen av en permeabel yta är terrassens egenskaper en viktig aspekt att ta hänsyn till enligt Sveriges geologiska undersökning (SGU, 2022). Rolf Larssons rapport *Jords egenskaper* (2008), utgiven av Sveriges geotekniska institut (SGI) visar att infiltrationsförmågan på permeabla ytor varierar beroende på terrassens jordegenskaper. Om terrassen består av ett tätt och kompakt material, som lera, sker endast begränsad infiltration. Om terrassen består av ett sandigt material som har större porer än leriga jordar, fungerar infiltrationen bättre och underlättar vattnets väg ner till grundvattnet.

Larsson (2008) beskriver att skillnaderna beror på markens kohesionskrafter - som nästan är obefintliga i sand, men betydligt starkare i lerjordar vilket innebär att vattnets rörelse fördröjs. Kohesionskrafter innebär att vattenmolekyler attraherar och binder fast till varandra utan kemisk bindning. Om en por är liten, som i lerjordar, trycker fler vattenmolekyler ihop sig tack vare kohesionskrafter och de fastnar längre i marken innan de infiltreras. Om en por är större, i exempelvis sand, är vattnets "korridor" bredare, molekylerna binder sig inte lika hårt och vattnet får en fri passage att infiltrera vidare ner mot grundvattnet (Skogsencyklopedin, 2000).

I tabell 1 nedan redovisas jordarternas genomsläpplighet baserat på jordartstyper.

Tabell 1. Genomsläpplighet för olika jordarter. (SGU, 2018)

Jordart	Permeabilitet m/s	Klass
Moräner (månggraderad jord)		
Grusig morän	10^{-5} - 10^{-7}	3 Hög genomsläpplighet
Sandig morän	10^{-6} - 10^{-8}	2 Medelhög genomsläpplighet
Siltig morän	10^{-7} - 10^{-9}	2 Medelhög genomsläpplighet
Lerig morän	10^{-8} - 10^{-10}	1 Låg genomsläpplighet
Moränlera	10^{-9} - 10^{-11}	1 Låg genomsläpplighet
Sediment (ensgraderad jord)		
Fingrus	10^{-1} - 10^{-3}	3 Hög genomsläpplighet
Grovsand	10^{-2} - 10^{-4}	3 Hög genomsläpplighet
Mellansand	10^{-3} - 10^{-5}	3 Hög genomsläpplighet
Finsand	10^{-4} - 10^{-6}	2-3 Hög/Medelhög genomsläpplighet
Grovsilt	10^{-5} - 10^{-7}	2 Medelhög genomsläpplighet
Mellansilt-finsilt	10^{-6} - 10^{-8}	1 Låg genomsläpplighet
Lera	$<10^{-9}$	1 Låg genomsläpplighet

Tabell 2. Kornstorlekar för olika jordarter. (SGU, 2018)

Ler		Mjåla		Mo		Sand		Grus		Sten		Block	
Fin- mjåla	Grov- mjåla	Finmo	Grovmo	Mellan- sand	Grov- sand	Fin- grus	Grov- grus	Fin- sten	Grov- sten	Mellan- block	Grov- block		
Kornstorlek 0,002		0,006	0,02	0,06	0,2	0,6	2	6	20	60	200	600	2000 mm
Fin- ler	Ler	Fin- silt	Mellan- silt	Grov- silt	Fin- sand	Mellan- sand	Grov- sand	Fin- grus	Mellan- grus	Grov- grus	Mellan- sten	Grov- sten	Block
Ler		Silt		Sand		Grus		Sten		Block			

Baserat på SGU:s tabeller 1 och 2 går det att utläsa följande:

Grus och grovsandig terrass

En terrass bestående av grus och grovsand innehåller stora partiklar med god porstruktur, vilket möjliggör hög genomsläpplighet (SGU, 2018). Den här typen av terrass är väl lämpad för permeabla ytor, särskilt på platser där snabb och effektiv dagvattenhantering förespråkas (Eisenberg et al. 2015, s. 25-37).

Finsand och siltig terrass

En terrass bestående av blandat material av finsand och silt har varierande porstorlekar, vilket ger en medelhög genomsläpplighet (SGU, 2018). En sådan terrass kan vara lämplig för permeabla ytor och fördröjande dagvattenhantering. Om ytan däremot är avsedd att hantera stora mängder dagvatten, kan komplettering med dräneringssystem behövas för att säkerställa tillräcklig dränering (Eisenberg et al. 2015, s. 25-37).

Morän och lera

En lerig terrass innehåller många små porer, ofta bestående av lera och grus med små och finfördelade partiklar, vilket medför låg genomsläpplighet (SGU, 2018). Detta begränsar markens infiltrationsförmåga och anläggning av genomsläppliga markbeläggningar på en sådan terrass bör göras med försiktighet och noggrann planering för att undvika problem, såsom vattenansamlingar, tjälskador, skred och sättningar (SGU 2021). Vid anläggning av permeabla markmaterial på lerjordar eller liknande jordar med låg genomsläpplighet behöver överbyggnaden kompletteras med dräneringsrör som transporterar bort dagvatten för att förhindra vattenmättnad i överbyggnaden (Eisenberg et al. 2015, s. 25-37).

Överbyggnadens konstruktion och material

Vid anläggning av dränerande markbeläggningar används samma stenmaterial i fogarna som i sättlagret. Detta material består av krossat, obundet bergmaterial som inte vittrar eller nöts vid belastning. Fogmaterialet ska enligt handboken *Fördröjning av dagvatten med dränerande markstensbeläggningar* bestå av fraktionen 2/5 mm och ha en porositet på 35 procent. På ytor som utsätts för trafik bör fogarean ligga på cirka 10 procent medan ytor med låg eller ingen belastning kan utökas till cirka 20 procent för att maximera infiltrationen. Större fogar innebär alltså sämre bärighet och lastspridning men bättre infiltration (Simonsen & Junghage 2019).

Bärlagret konstrueras med krossat obundet material i fraktionen 4/32 mm, med porositet på över 25%. Mängden finmaterial med kornstorlekar mindre än 8 mm har stor påverkan på materialets dräneringsförmåga och den maximala andelen fyller bör därför vara 2 procent (Stahre, 2004, s. 30-32).

I förstärkningslagret för system (I) och system (II) som beskrivs i figur 9 och 10, rekommenderas fraktionen 4/90 mm i system (I) och antingen 4/90 mm, alternativt 16/90 mm i system (II) beroende på trafikbelastning (Simonsen och Junghage, 2019).

Exempel på olika system för hårdgjorda ytor med infiltration

Simonsen och Junghage (2019) har tagit fram en handbok som behandlar dagvattenfördröjning med hjälp av dränerande markbeläggningar. I handboken beskrivs två huvudtyper av konstruktioner:

- System (I) dränerande obunden markbeläggning, där dagvatten infiltreras genom hela systemet samt genom terrassen.
- System (II) dränerande bitumenbunden konstruktion, där dagvattnet inte kan infiltreras genom terrass och måste kompletteras med dräneringsrör.

Valet av system beror på faktorer som trafikklassning, markens genomsläpplighet, grundvattennivå, föroreningsrisk samt en övergripande riskbedömning, se tabell 1.

Båda systemen är utformade på liknande sätt men med olika förutsättningar i slitlager eller terrass. Syftet med systemen att möjliggöra infiltration genom markbeläggningen samtidigt som de bidrar till rening, dränering, fördröjning av dagvatten och grundvattenbildning. Systemen har utvecklats och validerats inom ramen för det svenska forskningsprojektet *Klimatsäkrade Systemlösningar för Urbana Ytor*.

System (I) och (II) delas vidare in i tre infiltrationsklasser:

- (F) - Full infiltration
- (P) - Partiell infiltration
- (I) - Ingen infiltration

Full infiltration (F)

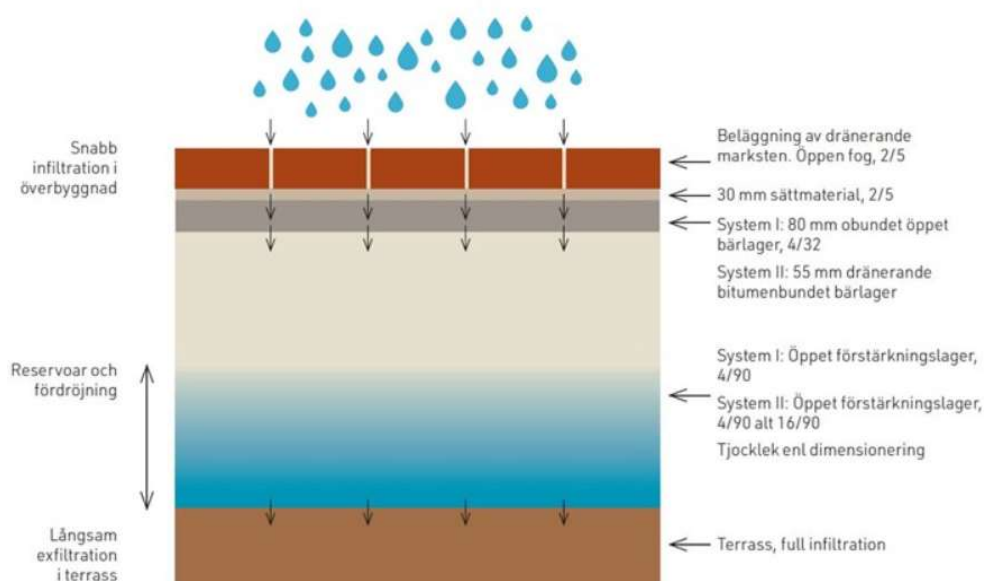
I system (I) och (II) med full infiltration leds dagvatten genom fogarna i markstensbeläggningen, vidare ner i överbyggnaden, och infiltreras slutligen ner i den underliggande terrassen, se figur 9.

Den mängd dagvatten som kan infiltreras beror på förstärkningslagrets tjocklek, medan fördröjningskapaciteten påverkas av terrassens hydrauliska konduktivitet (vattnets förmåga att transportera sig genom jorden), se tabell 3. Om magasinet är underdimensionerat kan jorden bli mättad och ytavrinning förekomma.

Systemet beskrivs som kostnadseffektivt då det inte kräver dräneringsrör eller andra tekniska lösningar som kan vara kostsamma (Simonsen och Junghage, 2019).

Tabell 3. Rekommendationer och förklaringar för val av typkonstruktion ur tekniska aspekter. (Simonsen och Junghage, 2019)

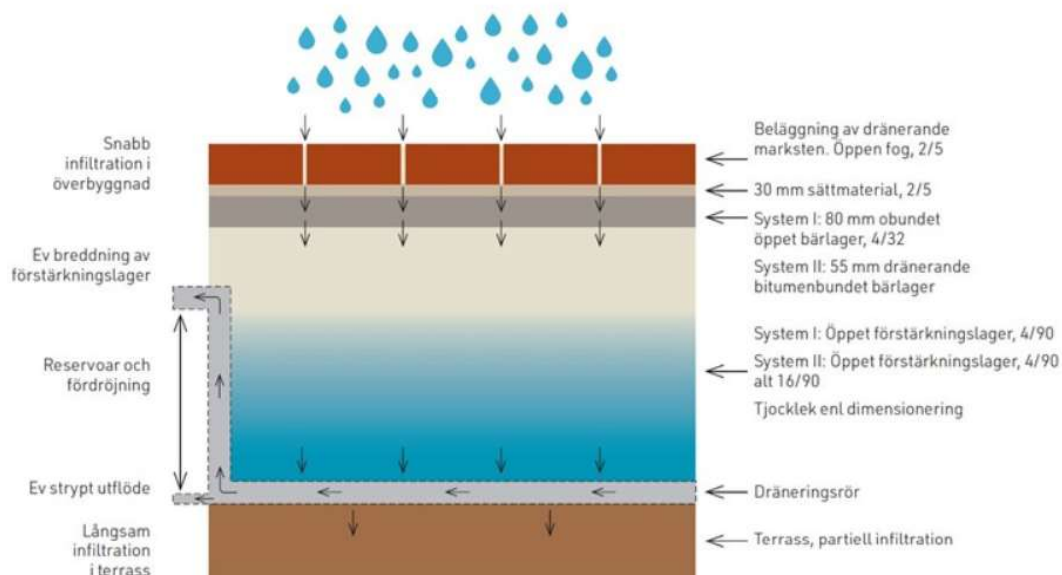
System		I			II		
Beteckning		DO(F)	DO(P)	DO(I)	DB(F)	DB(P)	DB(I)
Hydraulisk konduktivitet i terrass, k (m/s)	$10^{-6} - 10^{-3}$	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
	$10^{-8} - 10^{-6}$	Nej	Ja	Ja	Nej	Ja	Ja
	$10^{-10} - 10^{-8}$	Nej	Nej	Ja	Nej	Nej	Ja
Högsta grundvattennivå närmare än 0,6-1,0 m från befintlig terrass		Nej	Nej	Ja	Nej	Ja	Ja
Föroreningar i undergrund/ närhet till vattentäkt		Nej	Nej	Ja	Nej	Nej	Ja
Trafikklass G - 2		Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Trafikklass 3 - 4		Nej	Nej	Nej	Ja	Ja	Ja
System I	DO(F): Dränerande Obunden överbyggnad, Full infiltration i terrass						
	DO(P): Dränerande Obunden överbyggnad, Partiell infiltration i terrass						
	DO(I): Dränerande Obunden överbyggnad, Ingen infiltration i terrass						
System II	DB(F): Dränerande Bitumenbunden överbyggnad, Full infiltration i terrass						
	DB(P): Dränerande Bitumenbunden överbyggnad, Partiell infiltration i terrass						
	DB(I): Dränerande Bitumenbunden överbyggnad, Ingen infiltration i terrass						



Figur 9. Principskiss för system (I) och (II) med full infiltration DO(F) & DB(F). (Simonsen & Junghage, 2019)

Partiell infiltration (P)

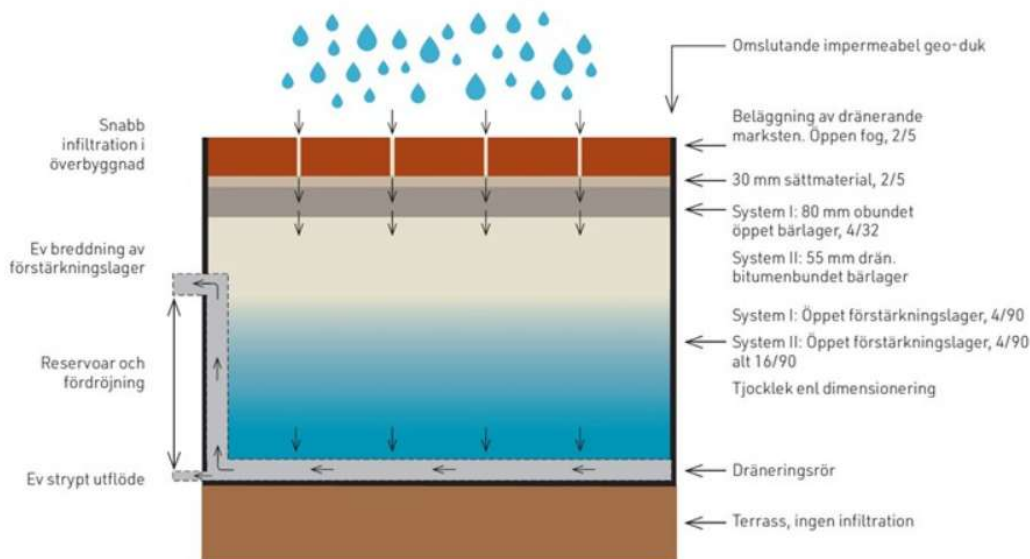
System med partiell infiltration används när terrassen har begränsad förmåga att infiltrera dagvatten. För att säkerställa att anläggningen töms inom de enligt handboken *Fördröjning av dagvatten med dränerande markstensbeläggning's* föreskrivna 48 timmar, installeras dräneringsrör i förstärkningslagret. Det överskott som då inte hinner infiltrera leds vidare till dagvattenledningar eller recipient (Simonsen och Junghage, 2019). Se figur 10.



Figur 10. Principskiss för system (I) och (II), obundna och bitumenbundna konstruktioner med partiell infiltration DO(P) & DO(P). (Simonsen och Junghage, 2019)

Ingen infiltration (I)

Vid förhållanden där infiltration inte är möjlig eller önskvärd genom terrassen, används system som saknar kontakt med terrassen. I detta system samlas vattnet i ett vattentätt magasin, omslutet av en vattentät duk. Systemet kan användas vid låg bärighet eller risk för föroreningar av grundvattnet. Dräneringsrör kan installeras för att leda bort vattnet, men magasinet kan även nyttjas för vattenlagring, exempelvis till bevattning (Simonsen och Junghage, 2019). Se figur 11.



Figur 11. Principskiss för system (I) och (II), obundna och bitumenbundna konstruktioner med ingen infiltration DO(I) & DB(I). (Simonsen och Junghage, 2019)

2.8 Permeabla markmaterial som kan ersätta konventionell asfalt

Permeabel asfalt

Permeabel asfalt, även kallad dränerande asfalt (ABD), är en variant av traditionell asfalt med porös struktur som möjliggör att dagvatten infiltrerar ner i marken istället för att rinna av ytligt. Historiskt sett ökade användandet och utvecklingen av permeabel asfalt under 1980-talet, då med syfte att minska bullernivåer och motverka vattenplaning (Wågberg, 2004).

I den permeabla asfalten filtreras de finaste fraktionerna i ballasten bort, vilket leder till att den permeabla asfaltsmassan innehåller större partiklar än den konventionella asfalten, se figur 12, mellan vilket dagvatten lättare kan passera genom (Hamzah et al. 2004). Traditionell asfalt består av en tätare kornstruktur där små partiklar fyller ut hålrummen mellan de större stenfraktionerna, vilket skapar ett tätt och nästintill ogenomträngligt skikt som hindrar dagvatten från att tränga igenom. Konstruktionen av permeabel asfalt kräver noggrann planering och undersökning av underliggande marklager för att kunna säkerställa tillräcklig stabilitet och dränering (Woods-Ballard et al. 2011).



Figur 12, Slitlager av permeabel asfalt. Foto: Asrar Emad

Några av fördelarna med användandet av permeabel asfalt är bland annat att hantera vattnet från kraftiga regn och skyfall, minska belastningen på dagvattensystem, fylla på grundvattennivåer, minska buller, minska uppkomsten av värmeöar genom evaporering av vatten genom den porösa asfalten, samt förebygga sättningar och grundvattensänkningar som riskerar att skada byggnader och infrastruktur (Wang et al. 2015, s. 19-29; Gelashvili, 2006, s. 401-408; Weiss et al. 2019, s. 143-162). Enligt Kuruppu (2019) är en annan fördel med permeabel asfalt är att det i kombination med överbyggnaden kan filtrera och absorbera suspenderade partiklar, tungmetaller, kolväten och näringsämnen. Vid optimala förhållanden kan upp till 98% olja, 80% av kväve och sediment, 70% tungmetaller samt 60% fosforföroreningar reduceras i dagvattnet och en genomsläpplig terrass kan bidra med ännu större naturliga filtreringsmöjligheter (Kuruppu et al. 2019, s. 187-204).

Den permeabla asfaltsytan tål oftast mindre belastning än konventionell asfalt då överbyggnaden inte kan packas lika hårt eller innehåller samma mängd finmaterial (Hellman, 2017). Beroende på vilken typ av yta som anläggs bör bär- och förstärkningslager anpassas, stora hålrum och porer innebär sämre bärighet och större risk för sättningar och spårbildning, stora hålrum skapar dock bättre förutsättningar för infiltration (ibid, 2017).

Vid tung trafik och hög belastning bör stora fraktioner utan finmaterial användas, såsom 2/32 i bärlager och 2/90 i förstärkningslager. På platser där träd, vegetation och hög infiltration prioriteras, bör skelettjordskonstruktioner användas, alternativt anläggas med fraktioner som innehåller stora hålrum såsom 16/32 respektive 16/90 (Hellman, 2017). Konventionella skelettjorदार skapas genom att schakta ut en grop och sedan fylla upp gropen med grov stenkross blandad med jord eller annat substrat och slutligen ett luftigt bärlager av mindre fraktioner, vilket skapar bättre miljöer för växternas rötter samt rening och fördröjning av dagvatten (VA-guiden, u.å.).

Nackdelarna med permeabel asfalt beskrivs oftast med höga kostnader och risker för igensättning av porerna med sand, smuts, salt eller organiskt material som försämrar infiltrationsförmågan (Kuruppu, et al. 2019, s. 187-204; Stahre, 2004, kap.3) För att bevara den infiltrerande funktionen krävs regelbunden och kostsam sopning, spolning och vakuumsugning (Al-Rubaei et al. 2012, s. 1-6). I Danmark har Nordic Construction Company (NCC) utvecklat en sopmaskin som är specialanpassad för permeabla ytor, utrustad med vakuumsug och högtryckstvätt. Användandet av den specialanpassade sopmaskinen genererar en lägre skötselfrekvens än traditionella metoder (NCC, u.å.). Kostnaden för permeabel asfalt är generellt högre än för traditionell asfalt, både vid anläggning och i drift. Dock kan kostnader tillgodoräknas genom minskat behov av dagvattenbrunnar och ledningar, framförallt på de platser där kompletterande dräneringssystem inte krävs (Stockholm vatten och avfall, u.å.; NCC, 2024). Kostnaden för driften är direkt kopplad till storleken på området samt investeringskostnader för driftmaskinerna (Sveriges kommuner och regioner, 2019).

I Thorsells och Granaths (2016) rapport genomfördes experiment på en permeabel asfaltsyta utan underhåll, som anlades 1992. Asfaltsytan rengjordes under försöket 2016, först genom vakuumsugning och högtryckstvätt, varefter infiltrationskapaciteten testades med en enkelringinfiltrationsmeter som är ett instrument för att kunna undersöka infiltrationskapaciteten på utvalda platser inom området. Med hjälp av en mätsticka och ett tidtagarur kunde infiltrationskapaciteten mätas på platserna både före och efter rengöring. Innan rengöring var den högsta uppmätta infiltrationskapaciteten 9mm/h, medan den lägsta var 0mm/h. Efter rengöring mätte samma punkters infiltrationskapacitet till 1500mm/h respektive 120mm/h. Ett skyfall i Sverige räknas som 50mm/h (SMHI, u.å.).

Gräsytor armerade med betongmarksten

Gräsarmering finns i flera olika mönster och utformningar men samtliga fyller samma funktion, se figur 13 & 14. Enligt produktinformation från tillverkaren S:t Eriks är gräsarmering ett bra alternativ på ytor som ska klara trafikbelastning och samtidigt vara gröna. De passar bra att användas på exempelvis parkeringsytor och brandgator som genomgår vardaglig trafikering (S:t Eriks, 2025). Gräsarmering bidrar inte bara till effektiv dagvattenhantering utan hjälper även till att bevara grönytor i urbana miljöer. Gräsarmerade ytor kan även minska den urbana värmeö-effekten och förbättra luftkvaliteten i våra städer (Markarbetenare, 2024). Gräsarmering är marksten som läggs i mönster med stora hålrum som fylls med sand eller grus med fraktioner större än 2mm som sås med gräs (Ferguson, 2005, s. 70-84). Utformningen av gräsarmeringen skyddar fyllnadsmaterialet mot packning och erosion samt hindrar stenarna från att röra på sig genom att de låses fast mot varandra (Stahre, 2004).

För att infiltration ska fungera på dessa ytor krävs det en överbyggnad med kornstorlekar som är stora nog att släppa igenom dagvatten, kornstorlekar mindre än 8 millimeter bör inte användas (Stahre, 2004). Vidare beskriver Stahre (2004, kap.7) att överbyggnaden fungerar som ett temporärt magasin där dagvattnet både transporteras vidare till grundvattnet, men även kan avdunsta genom markbeläggningen och de översta lagren av överbyggnaden. Om terrassen inte möjliggör vidare infiltration bör dräneringsrör anläggas i överbyggnaden för att leda överskottsvattnet vidare till dagvattennätet eller annat dagvattensystem såsom regnbädd, damm, svackdike eller liknande (ibid, 2004, kap.7).

Enligt Simonsen (2011) är inköpskostnaden för gräsarmering hög på grund av kraven som ställs på överbyggnaden, som måste vara större för att klara av vattenmängderna som ska infiltreras. Detta medför större material och anläggningskostnader (ibid, 2011). Stahre (2004, kap.8) beskriver att skötsel av gräsarmerade ytor generellt sett är enkel och kostnadseffektiv. Gräsklippning och sopning är de vanligaste underhållsåtgärderna, men vid hög belastning, slitage eller nedsatt funktion kan mer omfattande åtgärder som påfyllnad av matjord och gräsfrön samt vakuumsugning, högtryckstvätt och påfyllning av fogmaterial för att bibehålla ytans infiltrationsförmåga.

Ferguson (2005, kap. 1) beskriver en studie som utfört mätningar på ytor belagda med gräsarmering respektive asfalt, där resultaten visade att ytorna med gräsarmering bidrog till ökad evaporation- som innebär att vatten övergår från fast eller flytande form till gasform (Brown, 2024). Detta resulterar i en kylande effekt på omgivningen, till skillnad från asfalten, som bidrog till ett betydligt varmare lokalklimat - även kallat urban heat island effekten (Ferguson, 2005, s. 10-15). Urban heat island effekten beror till största del av mängden hårdgjorda ytor som alstrar värme i kombination med avsaknaden av träd och vegetation som kan ge skugga och naturligt kyla ner våra städer (ibid, s. 10-15).



Figur 13 & 14, Till vänster: Infiltrerande gräsyta armerad med betongmarksten. Till höger: infiltrerande grusyta armerad med betongmarksten. Foto: Simon Franzon & Thomas Björnfors.

Infiltrerande ytor armerade med betongmarksten

Grusytor förstärkta med marksten i betong som är lämpade för trafikbelastning kan också användas som ett dräneringssystem för att öka infiltrationen. I sin bok *Transport* från 2010 förklarar Hassani och Mohammad, civilingenjörer inom transport, att detta är möjligt genom att låta dagvattnet infiltrera mellan stenarna med breda fogar, och fortsätta ner till överbyggnaden där det bidrar med fördröjning genom att vattnet långsamt rinner ner till grundvattnet. För att optimera infiltrationsmöjligheten i fogarna är det viktigt att tänka på vilken typ av stenmaterial som ska användas i dem, även fraktionsstorlek på stenen i sätt, bär och eventuellt förstärkningslager samt bredden på fogen är faktorer som spelar roll för infiltrationskapaciteten. Ju större fraktioner som används i fogmaterialet och ju bredare fogar, desto mer infiltration är möjligt från ytan (Hassani & Mohammad 2010, s 183-190). Se figur 15.

Medan Hassani och Mohammad (2010) beskriver fogarnas inverkan för infiltrationen, lyfter Stahre snarare fram överbyggnaden som en viktig faktor för att markstensbeläggningarnas infiltration ska fungera. Stahre beskriver att det krävs en överbyggnad med kornstorlekar som är stora nog att släppa igenom dagvatten. Vidare beskriver Stahre (2004, s. 30) att överbyggnaden fungerar som ett temporärt magasin där dagvattnet både transporteras vidare till grundvattnet, men även kan avdunsta genom markbeläggningen och de översta lagren av överbyggnaden. Om terrassen inte möjliggör vidare infiltration kan infiltrationsrör anläggas i överbyggnaden för att leda överskottsvatten vidare (ibid, 2004).

Simonsen och Junghage (2019) beskriver i den tekniska handboken för svensk markbetong, att plattor och marksten av betong utgör robusta och hållbara beläggningsmaterial, tillverkade av naturmaterial och är i stort sett underhållsfria. Med tiden påverkas dock beläggningsens utseende av naturligt slitage som väder och vind. Den översta ytan av cementpastan nöts ner vilket framhäver underliggande material samt att färgnyansen tonas ner. För att beläggningsen ska åldras på ett funktionellt sätt är det viktigt att arbetet från början görs på rätt sätt. Det innebär bland annat välfyllda fogar, stabila kantstöd samt en väl konstruerad överbyggnad. Om dessa förutsättningarna tillämpas kan markstensbeläggningar i betong uppnå en lång livslängd.

Med tiden kommer infiltrationskapaciteten hos beläggningsen gradvis att minska till följd av igensättning av fogarna med bland annat organiskt material, smuts och partiklar från biltrafik. Vid försämrade infiltrationskapacitet bör beläggningsen och sättmaterialet avlägsnas alternativt sopas och vakuumsugas (Simonsen och Junghage, 2019).



Figur 15, Betongmarksten med infiltrerande fogar. Foto: Simon Franzon

Marktegeltytor

I södra Sverige har det genom historien varit vanligt med tegelbruk på grund av den lerrika marken. Redan för 4000 år sedan använde man tegel i dåvarande Mesopotamien, teglet torkades då med hjälp av värmen från solen. På 1100-talet tog tegelproduktionen i Skåne fart och leran brändes istället för att självtorka i solen, detta resulterade i ett fukt- och stryktåligt material som lämpade sig väl för husbyggnader. Tillverkning och byggande med tegel var ett kostsamt hantverk som främst tillfördes kungligheter och kyrkan (Helsingborg Museum, u.å). Tillverkningen skedde genom tre steg: slagning, torkning och bränning. Efter utbyggnaden av den svenska järnvägen på 1800-talet kunde tegeln transporteras längre sträckor än tidigare vilket ökade både tillgängligheten och efterfrågan av materialet (ibid, u.å.).

Som markmaterial är tegelstenen inte genomsläpplig då det vid bränningsprocessen sammanfogas till en hård och kompakt massa (sintra), vilket reducerar porstorlekarna och på så sätt även genomsläppligheten i stenarna. Ska marktegel användas vid anläggning av en permeabel yta bör de sättas med breda och öppna fogar av grovkornigt material (Bhusal et al. 2024 s. 35-42). Tegelstenar kan läggas i många olika mönster och antingen med ligg- eller löpsida upp, se figur 16. Stenarna är relativt små, vilket innebär att fogarean på tegelytorna blir större. Fogarna främjar infiltrationen av dagvatten på beläggningen och vid behov kan fogarna breddas ytterligare (Wienerberger u.å.).



*Figur 16, Marktegelyta med löpsida uppåt.
Foto: Martin Möller.*

Naturstensytor

I utomhusmiljöer kan de vanligaste natursten sorterna delas in i två huvudgrupper: silikatstenar, exempelvis granit och skiffer samt karbonatstenar, såsom kalkstenar och marmor. Natursten beskrivs i *En handbok om - Natursten* som ett hållbart material med mycket lång livslängd. Den tekniska livslängden för silikatstenar och karbonatstenar bedöms vara över 100 år respektive över 50 år om stenen är av god kvalitet (Sveriges stenindustriförbund, 2020; Naturstenskompaniet, 2025). Materialen har en mängd olika egenskaper beroende på vilken stengrupp de tillhör, där silikatstenarna framförallt har god beständighet och är tåliga, medan karbonatstenarna är känsliga för syror, har sämre nötningstålighet och är känsliga för salter (Sveriges stenindustriförbund, 2020).

I dagsläget används både svensk och importerad natursten. Ofta är den importerade naturstenen betydligt billigare än den svenska och kopplas till större utsläpp och sämre arbetsvillkor för de som bryter stenen (Naturstenskompaniet 2025, u.å). Natursten från svensk stenindustri kan både brytas och förädlas i Sverige vilket innebär lägre utsläpp till följd av kortare transportsträckor och ingen import av tillsatsmaterial (Sveriges stenindustriförbund, 2020).

Granit som är det vanligaste naturstenen för markbeläggningar i utemiljöer kan bearbetas beroende på ändamål och funktion, vanligast är råkilning, sågning eller klippning för smågatsten beläggningar i utemiljöer, se figur 17, medan större markstensblock oftast sågas (Sveriges stenindustriförbund, 2020). Beroende på estetik och funktion sker olika typer av ytbearbetning. Krysshamring och flamning ger sträva och halksäkra ytor, flamningen bidrar med mer lyster och textur än krysshamrade ytor. Råkilade ytor bidrar med grova och ojämna ytor som ger en naturligt farddämpande effekt på grund av buller och vibrationer (ibid, 2020). Som beskrivet tidigare i avsnittet är valet av material i överbyggnad och fog avgörande även för naturstensytans hållbarhet och permeabilitet, samt för att motverka skador på beläggningen, vilket även understryks av NCC (2025) samt Johansson (2011).



Figur 17, Naturstensytta med bred och infiltrerande fog. Foto: Simon Franzon.

Skötsel av natursten-, tegel- och betongsmarkstenstyor innefattar bland annat påfyllnad av fogmaterial, ogrärensning, ersätta skadade stenar och borstning för hand. Maskinell sopning och högtryckstvätt bör undvikas de första två åren då det riskerar att spola bort eller suga upp fogmaterialet. Detta kan resultera i sättningar på ytan samt att den lastspridande förmågan försämras då stenarna lossnar (Sveriges Stenindustriförbund, u.å.).

Grus- och stenkrossyor

Grusvägar är en av de mest traditionella formerna av genomsläppliga ytor som anläggs, ofta används bergkross (krossad sten) istället för naturgrus (naturresurs). Bergkross är mer “flisigt” och binder samman bättre än naturgrus som tenderar att rulla ut i kanterna av vägytan (NCC, u.å.). Grusvägar används framförallt som gångvägar i urbana miljöer, se figur 18 & 19, men förekommer också på lågtrafikerade vägar och parkeringsplatser. Vanliga grusvägar har låga anläggningskostnader men ställer en hel del krav på underhåll för att bevara sin funktion och estetik (EK, 2022). Grusvägarna anläggs i olika lager med fraktionsstorlekar som ökar med djupet, genomsläppligheten är direkt kopplad till tätheten och storleken på gruspartiklarna, framförallt i de översta skiktet. Därför bör bergkross användas, där de finaste partiklarna filtreras bort för att bevara porstrukturer som kan transportera luft och gaser i de anlagda ytorna (Boverket, 2019; EK, 2022).

Enligt Boverkets (2022) föreskrifter om tillgänglighet på allmänna platser så rekommenderas det att nya ytor ska utformas för att bli så tillgängliga som möjligt. Detta innebär att besökare som med funktionsvariationer ska kunna ta sig fram på ytan utan större ansträngning. Under rubriken Gångytor §7 i Boverkets (2022) rapport, ska *“Gångytor utformas så att personer med nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga kan ta sig fram och så att personer med rullstol kan förflytta sig utan hjälp”*. Detta kan göra grusytor till ett mindre attraktivt val i exempelvis parker eftersom det, beroende på fraktionsstorlek, kan bli svårt att ta sig fram i exempelvis rullstol utan assistans (Boverket, 2022). Wennblom (2017) belyser även han i sin artikel *Tungt att köra rullstolar på grusgång* problemen med framkomligheten för äldre och funktionsnedsatta på grusytor i parkmiljöer. För att öka tillgängligheten packas ofta grusytor hårt. Packade grusytor i kombination med små kornstorleksfraktioner ger bättre tillgänglighet men avsevärt sämre infiltrationsmöjligheter och vattnet kan behöva avledas via brunnar eller rännalar (Ulinder [m.fl.](#), 2019; Lundberg & Seiler, 2018).



Figur 18 & 19, infiltrerande grusyta med stenkross. Foto Thomas Björnfors.

Grusgräs

Grusgräs, som till utseendet liknar en konventionell gräsmatta, har kapacitet att absorbera upp till 100% av regnvattnet (EK, 2022). Tekniken kallas även förstärkt gräs med grus och enligt EK (2022) är det en av de mest lovande lösningarna för parkeringsytor och lågtrafikerade vägar i urbana miljöer. Grusgräset har låga anläggningskostnader, ungefär hälften av vad en asfalterad yta skulle kosta och underhållskraven är låga. Konstruktionen ställer höga krav på kompetens och byggteknik för att anläggas på bästa möjliga sätt för att förhindra sättningar och minskad infiltrationskapacitet (EK, 2022).

Enligt EKs (2022) direktiv för anläggning av grusgräsytor med olika belastning:

Låg frekvens (gångtrafik).

Ett bärlager på 30 cm för ökad stabilitet anläggs med grusblandad kompost i fraktionerna 0/32 till 0/64. Gräs sås ovanpå med 10-20g gräsfrön per m².

För ytor med låg frekvens krävs inget förstärkningslager eller frostskydd.

Medium till hög frekvens (mindre trafik och brandgator).

Ett bärlager på 30 cm för ökad stabilitet anläggs med grusblandad kompost i fraktionerna 0/32-0/45. Gräset sås ovanpå med 10-20g per m².

På ytor med större belastning adderas 20 cm förstärkningslager med grus för stabilitet och tjälskydd, i fraktionerna 0/45-0/64.

Grusgräset beskrivs enligt EK (2022) som en av få genomsläppliga ytor som kan anläggas utan separat dräneringssystem. Grusgräsytorna lämpar sig bäst på parkeringsytor med låg eller tillfällig belastning, samt för ytor som används sporadiskt, exempelvis räddningsvägar. Ytan underhålls som en vanlig gräsmatta och kräver omkring två till tre klippningar per år. Under vintern bör man undvika vägsalt på ytorna samt att snöröjningen bör utföras med snöplog som lämnar ett 3 cm snölager för att skydda ytorna.

3. Intervjustudie

Nedan presenteras en sammanfattning av diskussioner utifrån frågeformuläret från samtliga intervjuer kopplade till studiens frågeställningar;

- *Hur ser användning och planeringen ut i dagens och kommande projekt angående hårdgjorda permeabla ytor i stadsmiljöer? Vilka material används vanligtvis vid anläggning av dessa ytor och varför?*

Persson betonar att det är få permeabla hårdgjorda material i dagsläget som kan tävla med konventionell asfalt. Mycket har det att göra med att traditionella asfalt är billigare att anlägga, har en längre livslängd än permeabel asfalt, samt att det är lättare att utföra skötsel på vanlig asfalt eftersom att man inte behöver tänka på sediment som sätter igen porerna.

Gend understryker vikten av att redan från början planera för långsiktigt underhåll och att kombinera olika tekniker, där ytlig avledning och öppna dagvattenlösningar kompletterar de permeabla ytorna. Han menar att fokus på enbart infiltration inte räcker, utan att helhetslösningar behövs för att klara framtidens ökande nederbörd.

Den vanligaste permeabla ytan att anlägga i dagens läge är permeabel asfalt. Här finns det även mer data gällande livslängd eftersom ytan testas regelbundet och jämför den permeabla kapaciteten över en tidshorisont enligt Sulejmani.

- *Finns det någon ambition att öka åtgärderna för dagvattenhantering genom infiltration med hänsyn till det ökade behovet av klimatanpassning?*

Nerhagen säger att det alltid finns en vilja att göra bättre. I kuststäder längs med västkusten är detta extra viktigt eftersom man ser en förhöjning av havsnivån och ökat nederbördsmonster. I Helsingborgs stad jobbar man hårt genom att redan nu arbeta med ett anpassningsarbete för extrema regn. Exempelvis säger Nerhagen att man tittar höjden på kajerna i Norra hamnen och om de bör anpassas för att klara av ett 100-års högvatten. Allt samspelar och varje del räknas, även permeabla markmaterial eftersom Helsingborgs stad har flera geografiska lågpunkter som annars riskerar att svämma över.

- *Vilka är de främsta orsakerna till att inte använda genomsläppliga material inom nyplanerade områden?*

Materialvalen påverkas inte bara av funktion utan också av krav på till exempel de estetiska kvaliteterna som efterfrågas samt tillgängligheten och klimatpåverkan. I Malmö pågår exempelvis en utveckling mot att ställa högre krav på asfaltens klimatavtryck. Permeabla asfaltsytor och markstensbeläggningar både diskuteras och testas, men valet av lösning måste anpassas till platsens specifika förutsättningar, belastning och skötsel aspekter. Sulejmani påpekar att permeabel asfalt är ca 25% dyrare än traditionell asfalt på grund av osäkerheten i mängden som beställs, ju mindre som beställs, desto dyrare blir det.

Han menar dock att både anläggning och driftskostnader kan hållas låga om förutsättningarna är de rätta. Han radar upp flera exempel på lågtrafikerade ytor som är mycket kostnads- och funktionseffektiva även efter 30 års användning där det finns permeabel asfalt. Han nämner även att fler och fler tar gaturummet i anspråk och att bygga gator och vägar multifunktionellt kommer att vara nödvändigt i framtiden.

- *Hur brukar beställaren ställa sig till val av genomsläppligt material? Hur når nyheter, forskningsstudier och annan viktig information beställare och projektörer och vilka underlag saknas för att testa nya material i urbana miljöer?*

Persson uttrycker att beställarorganisationen måste bli bättre på att ställa krav redan i projektens tidiga skeden för att få fram hållbara och effektiva lösningar som kan hantera både dagens och framtidens utmaningar.

Persson uppmärksammar även vikten att vara kritisk till viss data som sprids om permeabla material. Det saknas ofta underlag över en längre tidshorisont för att se hur ett permeabelt material anpassar sig till den miljö den är projekterad för. Den data som finns är ofta från en kontrollerad miljö som visar materialet från sin bästa sida. Här saknas enligt Persson faktorer som väder, smuts och en mer realistisk livslängd på slitlagret.

Gend menar också på att kunskapen om permeabla material sprids främst genom leverantörer, säljare eller tillverkare, snarare än via forskning. Han påpekar också behovet av bättre intern kunskapsöverföring inom kommunen och till de externa aktörerna såsom byggherrarna. Projekten styrs till stor del av andra målsättningar, där dagvattenhantering och skyfallsåtgärder ofta måste arbetas in i efterhand och kan uppfattas som både dyra och tidskrävande tillägg.

- *Hur ser ni på framtiden? Är det möjligt att nå en norm för att få in mer genomsläppliga material i projekteringsfasen? Om inte, finns det alternativa lösningar att ta hand om vattnet lokalt, bortsett från infiltration?*

Persson påpekar att det är klimatkraven som kommer att påverka vilka material som kan komma att användas i våra städer framöver. Cement- och asfaltprodukter måste ha lägre klimatavtryck än i dagsläget, vilket kommer leda till nya innovationer, eventuellt permeabla lösningar, som är bättre anpassade för klimat och dagvattenhantering.

Både Nerhagen och Sulejmani ser positivt på utvecklingen av permeabla material men lyfter fram utmaningar kring långsiktig drift, underhåll och ombyggnad av ytorna. De menar att rätt lösning måste användas på rätt plats, att det finns tillräcklig kunskap hos aktörerna men att de måste våga satsa på nya material och tekniker för att arbeta fram en hållbar helhetssyn på städernas gröna och blå infrastrukturer.

- *Hur jobbar ni med att säkra dagvattenhanteringen på hårdgjorda ytor om det inte är möjligt att använda genomsläppliga material?*

Nerhagen menar att fokuset ligger på att skapa öppna vägar och säkra ytor dit vatten kan ledas utan att orsaka skador eller utgöra risker för människor. Kombinationen av lösningar med öppna grönytor, underjordiska magasin och permeabla ytor är och kommer att vara centrala delar i dagens och framtidens dagvattenstrategier. Gend påpekar att det måste finnas en plan för om en av lösningarna sätts igen - då måste det finnas alternativ för att leda bort dagvatten på ett säkert sätt.

Sammanfattning intervjuer

Användningen av permeabla hårdgjorda ytor ses i intervjuerna som en nödvändighet för att möta klimatförändringar med ökad nederbörd och skyfall i våra städer. Det traditionella sättet att enbart leda bort dagvatten i ledningar och brunnar har till stor del övergivits till förmån för lösningar som kombinerar infiltration, fördröjning och öppen dagvattenhantering. Trädgropar, svackdiken, regnbäddar och magasin under marken har blivit allt vanligare inslag i stadsutvecklingen. Samtidigt så har det även blivit vanligare att anlägga skelettjordar, med exempelvis, biokolblandningar för att fördröja dagvatten och gynna vegetationen.

Permeabla material har i dagsläget inte slagit igenom brett på alla typer av hårdgjorda ytor i våra städer ännu, särskilt inte på ytor och gator där underhåll och driftskostnader upplevs som stora utmaningar i frågan. Samtliga intervjudeltagare påpekar problemen med att permeabla ytor på fel plats i stadsrummen kan sättas igen redan efter några år, vilket riskerar att förstöra deras funktion. Skötsel av ytorna med högtryckstvätt och vakuumsug förekommer, men kan orsaka andra problem, exempelvis stenmjöl och finare fraktioner i fogar försvinner, vilket påverkar både stabilitet och genomsläpplighet av ytorna. Kostnaden för driften är dessutom hög och sker i praktiken oftast på de mest centrala ytorna.

4. Diskussion och slutsats

Syftet med studien var att undersöka nutida och framtida behov av och egenskaper hos permeabla markmaterial i urbana miljöer med särskilt fokus på dagvattenhantering. Utöver detta, vägs även hållbarhet, tålighet, tillgänglighet och estetiska värden in. Resultatet visade att i takt med de rådande klimatförändringar som SMHI (2021) och UNDP (2015) beskriver, kommer Sverige att drabbas av fler extremväder med ökande nederbördsmängder i framtiden. Stahre (2004, kap.1) belyser att ledningssystemen i våra svenska städer inte har kapacitet att hantera dessa volymer av dagvatten, vilket kan leda till översvämningar (ibid, 2004). För att minska belastningen på ledningssystemen och förmildra konsekvenserna av ökad nederbörd i framtiden, behöver förändringar ske i sättet att hantera och tänka vid planering och anläggning av ytor urbana miljöer. Enligt respondenterna i intervjun har man kommit en bit på vägen och olika system såsom regnbäddar, svackdiken, dagvattendammar och översvämningssytor anläggs och testas runt om i landet med goda resultat. De påpekar dock även att det finns platser i våra städer där dessa anläggningar inte är möjliga eller behöver kompletteras på grund av underdimensionering till följd av platsbrist i tätbebyggda områden. Litteraturstudien visar att permeabla ytor kan komma att spela en central roll i hantering av dagvatten framöver (EK, 2022; Boverket, 2021; Stahre, 2004, kap.1). Man bör dock ha i åtanke att det inte är tillräckligt med enbart en permeabel ytbeläggning i sig självt, hela överbyggnaden behöver konstrueras så att ytan ska bli effektiv på att hantera och infiltrera dagvatten (Simonsen & Junghage, 2019). Utöver konstruktionen så spelar även platsen, terrassen, belastning och syftet med ytan roll för vilken typ av permeabel ytskiktbeläggning som bör väljas (ibid, 2019).

För grusbelagda ytor gäller enligt Europeiska kommissionens direktiv (2022) att generellt sett bör permeabla grusytan anläggas på lågtrafikerade platser med lätt till medelhög belastning, såsom gångvägar, parkeringar eller brand- och räddningsvägar. Permeabla grusytan kan ha begränsad tillgänglighet då fraktionerna är stora och kan innebära svårigheter att ta sig fram, för exempelvis personer i rullstol eller med rullator (Boverket 2022).

En rapport av Europeiska kommissionen visar dock att permeabla grus- och grusgräsytor kan under rätt förutsättningar absorbera och infiltrera upp till 100% av nederbörden samt att de är relativt billiga i anläggning, drift och underhåll (EK, 2022, s. 153-170).

Permeabel asfalt är en beprövad markbeläggning som använts länge med blandade resultat. Tidigare forskning visar att permeabel asfalt i kombination med en korrekt konstruerad överbyggnad kan infiltrera stora mängder vatten och även filtrera bort suspenderade partiklar, tungmetaller, kolväten och näringsämnen (Kuruppu et al. 2019, s. 187-204; Weiss et al. 2019, s. 143-162). Den har även positiv effekt för urban heat island effekten eftersom vatten kan evaporera genom det porösa materialet och kyla ner omgivningen, vilket är motsatsen till den konventionella asfalten (Weiss et al. 2019, s. 143-162).

Kostnader kopplade till skötsel av permeabla asfaltsytor är den del som under arbetet utmärkt sig att vara mest problematisk. De flesta argumenten baseras på att ytorna snabbt sätts igen av organiskt material, partiklar från fordon, sand och vägsalt och att de snabbt tappas sin infiltrationsförmåga. Skötseln beskrivs som kostsam då man behöver speciella maskiner som kan sopa, högtryckstvätta och vakuumsuga ytorna regelbundet (Al-Rubaei et al. 2012, s. 1-6), ytor som ofta är ganska små till ytan. Under intervjun med Sulejmani från Malmö stad gav han sitt perspektiv och erfarenhet av permeabel asfalt, där han gav exempel på ytor som legat över 30 år utan några skötselinsatser. Ytornas infiltrationsförmåga testades nyligen och de var fortfarande fullt kapabla till att infiltrera ett skyfall. Han understryker dock att trafikbelastningen på vägarna är väldigt låg och att de aldrig saltas. Kostnaderna för anläggandet av permeabel asfalt är ungefär 25% högre än konventionell asfalt, det beror dock inte på tekniska aspekter, tvärtom, borde det vara billigare då det innehåller mindre bitumen.

Sulejmani påpekar att kostnaderna snarare handlar om osäkerheten kring mängderna som beställs, variationen i prissättning per kvadratmeter skiljer sig stort mellan entreprenörerna. Permeabel asfalt är slitstarkt och kan användas som ytmaterial för de flesta trafikklassningar med goda resultat. Dock behöver överbyggnaden justeras om ytan är ämnad för tung trafikbelastning, alternativt för att öka infiltrationen och gynna vegetation, vilket innebär något försämrad stabilitet och ökad risk för sättningar (Hellman, 2019). Med belägg från både intervju- och litteraturstudien kan det konstateras att permeabel asfalt har stor potential och har sannolikt den bredaste användningen av de olika ytmaterial som jämförts i den här studien (Wang et al. 2015, s. 19-29; Gelashvili, 2006, s. 401-408; Weiss et al. 2019, s. 143-162). Men likt de andra materialen är kraven på överbyggnad, skötsel och platsens förutsättningar viktiga aspekter att ha i åtanke vid planering och utförande (EK, 2022).

Gällande markstensbeläggningar av betong, natursten och tegel, är fogarean och fogmaterialet tillsammans med överbyggnaden faktorer som påverkar hur väl ytan kan ta hand om- och infiltrera dagvatten. Samtliga ytor har som slitmaterial mycket lång livslängd, naturstenen utmärker sig dock som överlägsen med sina uppskattade 180 år (Naturstenskompagniet, 2025). Under samma förutsättningar med ordentliga fogar och överbyggnad skulle alla tre ytor kunna lämpa sig som bra alternativ för ökad infiltration på platser med medelhög trafik och belastning, såsom torg och gång- och cykelvägar. De fungerar även att anlägga på skelettjordar som utöver infiltration, skapar bättre förutsättningar för träd och vegetation samt på platser där man av olika anledningar vill magasinera vatten under marken (Simonsen och Junghage, 2019). Markstensbeläggningar kräver regelbunden och kontrollerad skötsel för att ytorna ska bibehålla sin infiltrerande förmåga och stabilitet, vanliga skötselmetoder med maskinell borstning samt saltning under vintersäsong kan leda till bortfall och igensättning av fogmaterialet och ytorna kan då behöva läggas om inom ett par år (Stahre, 2004, kap.8).

Gräsarmering visade sig vara något av en vattendelare mellan litteraturstudien och intervjuerna. Enligt litteraturen är gräsarmering ett välbeprövat och fungerande markmaterial för parkeringsytor, brandgator och andra ytor med vardaglig trafikering. De kan gynna biologisk mångfald, förbättra miljökvaliteten, minska urban heat island-effekten genom evaporation samt kunna infiltrera dagvatten (Ferguson, 2005, s. 382-388); Stahre, 2004, kap.4). Respondenterna från intervjuerna var försiktigt kritiska och menade på att gräsarmering i bästa fall kan fungera på ytor med mycket låg belastning och trafikering då materialet mellan stenarna snabbt sätter igen och inte alls bidrar med någon växtlighet och biologisk mångfald. De kan enligt respondenterna även bidra med driftproblem och lägre tillgänglighet på grund av ojämnheter på ytan.

Hantering av dagvatten och klimatförändringarna är aktuell debatt som väcker både frågor och intresse. Samtliga av respondenterna från kommunerna Lund, Helsingborg och Malmö förklarade att de har skyfallsplaner som ständigt utvecklas men respondenterna menar på att det behövs göras mer. Att planera och hantera skyfall genom dagvattenlösningar är svårt eftersom att den höga intensiteten av regnet innebär att dagvattnet oftast inte hinner infiltrera genom ytorna. Trots det skulle sådana lösningar fortfarande kunna bidra avsevärt, då stora volymer av dagvattnet kan fördröjas och magasineras under mark samt ledas vidare till de olika anläggningarna som finns. Det skulle innebära avlastning för städernas ledningsnät och på så vis även minska riskerna för översvämningar.

Metoddiskussion

I det här arbetet har AI-verktyget ChatGPT använts som stöd för olika delar i processen, framförallt för språklig uppbyggnad, strukturering av text, synonymer och översättning av textstycken. Vi som författare har noggrant granskat och reviderat all text med koppling till AI för att säkerställa korrekthet och akademisk kvalitet och samtliga texter har granskats kritiskt. AI har inte använts till källor, analyser eller empirisk data i arbetet. Analyser och slutsatser är helt baserat på våra egna tolkningar efter bearbetning av litteratur- och intervjustudien.

Tidigt in i studien hade vi en målsättning att få till intervjuer med fler yrkesverksamma inom ämnet, såsom beställare, utförare samt drift- och skötselpersonal. Syftet var att fånga in så många perspektiv och åsikter som möjligt om lämplighet, möjligheter, effektivitet samt kostnader för både anläggning och långsiktig drift för permeabla ytor i våra städer. Dels för att det hade varit intressant att jämföra men även för ökad relevans till studien och opartiskhet. Det visade sig dock vara svårt att hitta personer och få till ett möte med personer från utförarsidan inom tidsramen, vi fick därför hålla oss till de som svarade och visade intresse av att delta i studien. Uteblivande intervju och diskussioner med entreprenörer innebär att viktiga aspekter kan ha missats i studien, såsom praktiska erfarenheter, samarbetet med beställare, tekniska utmaningar, risker, kostnader och underhåll. Vilket inte har fångats upp så som vi önskade.

För att begränsa studiens omfång fokuserades undersökningen geografiskt till Skåne i södra Sverige och begränsades till att jämföra ytor belagda med konventionell asfalt med några av de vanligaste permeabla alternativ som finns på marknaden idag. Resultaten i studien kan därför inte generaliseras till hela Sverige då klimat och markförhållanden varierar kraftigt regionalt och studien återspeglar framförallt det sydsvenska klimatet.

Vidare innebär den begränsade analysen att hela omfånget av markbeläggningar och permeabla markbeläggningar inte täcks av studien. Att endast inkludera urvalet av konventionell asfalt som ställs mot vanligt förekommande permeabla markmaterial, såsom permeabel asfalt, grusytor, och olika markstensbeläggningar innebär att andra tillämpningar och potentiella material inte inkluderas i studiens omfång, vilket begränsade analysens bredd och möjligheten till att hitta andra alternativa lösningar och system.

Under arbetets gång uppstod det stundom svårigheter med att hitta relevant data om några av de markmaterial som undersöktes. Detta har inneburit att vi varit tvungna att vända oss till tillverkare och återförsäljare av vissa produkter. Eftersom tillverkare och återförsäljare har av intresse att marknadsföra sina produkter finns det risk för partiskhet i det material som publiceras i studien. Informationen framställer produkternas fördelar medan nackdelarna och problem inte redovisas i samma utbredning. Av den anledningen har vi försökt granska källorna kritiskt till den mån vi varit kapabla och försökt styrka informationen med forskning och opartiska källor.

Slutsats

Syftet med den här litteraturstudien var att svara på följande frågeställningar:

- *Finns det behov av att öka andelen hårdgjorda ytor som kan infiltrera dagvatten i urbana miljöer?*

Studien visar att behovet att öka mängden hårdgjorda permeabla ytor i våra städer har en direkt koppling till klimatförändringarna med ökande nederbördsmängder och risk för översvämningar. För att avlasta det befintliga dagvattennätet i våra städer och förhindra översvämningar är permeabla markmaterial en viktig del av framtidens urbana infrastruktur.

- *Vilka möjligheter finns det att byta ut asfaltsbeläggningen på parkeringsytor, torg och gång- och cykelvägar till ett genomsläppligt material med bibehållen funktion?*

Det finns flera möjligheter att ersätta den konventionella asfaltsbeläggningen i våra städer. Alternativen som presenteras i studien är permeabel asfalt, grus och olika typer av marksten med fog.

- *Vad har beställare och anställda inom drift och skötsel för erfarenheter av och tankar kring användningen av permeabla hårdgjorda ytor? Vilka för- och nackdelar finns och vad är det som påverkar val av olika markmaterial?*

Beställarnas erfarenheter redovisar att permeabla ytor kan fungera väl om förutsatt att platsens förhållanden är rätt samt att ytan och materialet anläggs korrekt. Kostnader kopplat till skötsel och drift beskrivs som höga och svårt att få budget till, vilket är en bidragande orsak till att permeabla material ofta väljs bort.

- *Vilka aspekter talar för eller emot användandet av genomsläppliga, hårdgjorda material i dagsläget?*

Aspekter som talar för användandet av permeabla material är bland annat förbättrad dagvattenhantering, minskad risk för översvämningar, ökad infiltration samt bättre förutsättningar för växter och biologisk mångfald i urbana miljöer. Motargumenten är bland annat ökade underhålls- och anläggningskostnader, risk för försämrad infiltration vid igensättning av porer samt begränsad kunskap och erfarenheter inom permeabla beläggningar.

Förslag till vidare forskning

Det vore intressant att få ett större omfång på användandet av permeabla material, bland annat med fler regioner samt utifrån utförarperspektivet.

En annan intressant studie vore att undersöka hur väl ytor med genomsläpplig fog hanterar ett skyfall på 50mm/h eller mer, bör de kompletteras med andra dagvattenlösningar eller utgör de en fullgod infiltrationsförmåga?.

Att studera möjligheter, fördelar och nackdelar med dagvattenmagasin. Både för infiltrerande och slutna system.

6. Källförteckning

Publicerade källor

- Al-Rubaei, A., Stenglein, A. L., Blecken, G. T. & Viklander, M. (2012), s. 1-6. *Can vacuum cleaning recover the infiltration capacity of a clogged porous asphalt?*
Melbourne Cricket Ground, Melbourne. Luleå University of Technology. Vol. 7 [Vetenskaplig artikel]
https://www.researchgate.net/publication/259894400_Can_vacuum_cleaning_recover_the_infiltration_capacity_of_a_clogged_porous_asphalt
- Asfaltskolan. (2020.) *Asfaltteknik* [Hemsida]
<https://asfaltskolan.se/asfaltteknik/>
- Bhusal, G., Koirala, B., Kharbuja, S., Duwal, R. (2024) Vol 11. s. 35-42
Comparative Analysis of Water Infiltration Potential: A Study of Precast Permeable Blocks, Precast Impermeable Blocks, and Traditional Bricks. Journal of science engineering [Vetenskaplig artikel]
DOI:[10.3126/jsce.v11i01.73527](https://doi.org/10.3126/jsce.v11i01.73527)
- Boverket. (2019). *Vad kan man göra för att bevara, utveckla eller skapa ekosystemtjänster på hårdgjorda ytor?*. [Hemsida]
https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/platser/hardgjorda/starka_hardgjort/ [Hämtad 2025-03-25]
- Boverket. (2019). *Parker och grönområden reglerar vatten vid skyfall och översvämning*. [Hemsida]
<https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/naturen/betydelse/reglerar/> [Hämtad 2025-03-26]
- Boverket. (2021a). *Fördröjning och minskning av dagvatten*. [Hemsida]
<https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/verktyg/rakna/dagvattenhantering/> [Hämtad 2025-04-01]
- Boverket. (2021b). *Hårdgjorda ytor*. [Hemsida]
<https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/platser/hardgjorda/> [Hämtad 2025-03-26]

Boverket. (2022). *Tillgänglighet på allmänna platser och områden för andra anläggningar*. [Hemsida]
<https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/krav-pa-byggnadsverk-tomter-mm/allmanna/tillganglighet/>

Boverket. (2023a). *Användning av allmän plats*. [Hemsida]
<https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/planbestamelser/anvandning-av-allman-plats/Torg/> [Hämtad 2025-04-01]

Boverket. (2023b). *Hänsyn till omgivningen*. [Hemsida]
<https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/kulturvarden/kulturvarde-n-i-plan---och-bygglagen/krav-pa-byggnadsverk-och-tomter/hansyn-till-omgivningen/> [Hämtad 2025-04-03]

Boverket. (2024). *Tillgängliga, användbara och säkra gångvägar* [Hemsida]
<https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/tomter/gangvaggar/>

Brown, T. (2024) National Geographic Society. (2024). *Evaporation*. [Populärvetenskaplig artikel]
<https://education.nationalgeographic.org/resource/evaporation/>
[Hämtad 2025-05-19]

Chen, D. (2024). *Melting arctic sea ice affects precipitation patterns*. [Nyhetsartikel]
<https://www.gu.se/en/news/melting-arctic-sea-ice-affects-precipitation-patterns>
[Hämtad 2025-04-14]

C3S och ECMWF. (2024). *European State of the Climate 2024*. [Rapport]
<https://climate.copernicus.eu/esotc/2024/soil-moisture> [Hämtad 2025-05-03]

C3S och WMO. (2025). *European State of the Climate 2024*. [Rapport]
<https://climate.copernicus.eu/esotc/2024> [Hämtad 2025-05-03]

Eden Sidewalk Repair. (2025). *From ancient footpaths to modern sidewalks: A history of sidewalks*. [Hemsida]
<https://www.edensidewalkrepair.com/blog/from-ancient-footpaths-to-modern-side-walks-a-history-of-sidewalks> [Hämtad 2025-04-27]

Eisenberg, B., Lindow, K.C., Smith, D.R. (red). (2015) s. 25-37. *Permeable pavements*. American Society of Civil Engineers. Knovel Library. [Litteratur]

Europeiska kommissionen. (2022). s 27-28 & s 153-170. *Report on best practices for limiting soil sealing and mitigating its effects* (Environmental Agency Austria, 2011) [Rapport]
<https://circabc.europa.eu/ui/group/54d2e010-4fc4-4962-9113-1e7d574f4a46/library/4ad28d4c-c80b-4d4c-adfc-73f65bcc540a/details> [Hämtad 2025-03-26]

Erling M, A. (2021) *Vad av trädarter har stor betydelse för insektslivet i en stad*. Lund: biologiska institutionen, Lunds universitet. [Rapport]
<https://www.biologi.lu.se/artikel/val-av-tradarter-har-stor-betydelse-insektslivet-i-en-stad> [Hämtad 2025-04-23]

Ferguson, B.K. (2005). s. 10-15, 70-84, 382-388. *Porous pavements*. Boca Raton: CRC press. [Litteratur]

Gelashvili, G. (2006). s.401-408. Hydrogeology and Geology of the 'Sleeping District' (Varketili) of Tbilisi, Georgia. In: Tellam, J.H., Rivett, M.O., Israfilov, R.G., Herringshaw, L.G. (eds) *Urban Groundwater Management and Sustainability. NATO Science Series*, vol 74. Springer, Dordrecht. [Vetenskaplig artikel]
DOI:https://doi.org/10.1007/1-4020-5175-1_33

Grip, H & Rodhe, A. (1988) *Vattnets väg från regn till bäck*. 3 uppl., Hallgren & Fallgren studieförlag AB. [Studentlitteratur]
https://uu.diva-portal.org/smash/record.jsf?faces-redirect=true&aq2=%5B%5B%5D%5D&af=%5B%5D&searchType=SIMPLE&sortOrder2=title_sort_asc&query=&language=sv&pid=diva2%3A1047230&aq=%5B%5B%5D%5D&sf=all&aqe=%5B%5D&sortOrder=author_sort_asc&onlyFullText=false&noOfRows=50&dswid=-7115

Grund&Mark. (2025). *Asfalt och asfaltering - En komplett guide* [Hemsida]
<https://www.grundomark.se/blogg/asfalt-och-asfaltering---en-komplett>

Gustafsson, M. (2022) *De porösa stadsmiljöernas revansch*. [Artikel]
[2025-05-20]
<https://www.hallbarstad.se/de-porosa-stadsmiljoernas-revansch/>

Göteborgs Stad. (2023). *3 Utformning, 3A Gatutyper, 3AG Torgyta*. [Hemsida]
<https://tekniskhandbok.goteborg.se/3-utformning/3a-gatutyper/3ag-torgyta/>
[Hämtad 2025-04-01]

Hassani, A., Mohammad, S. (2015), s. 183-190. Runoff infiltration through permeable block pavements. *Transport*, vol 163, issue 4 [Vetenskaplig artikel]
DOI: <https://doi.org/10.1680/tran.2010.163.4.183>

Hellman, F. (2017). *Accelererad provning av dränerande markstensytor med HVS - utrustning*. [Rapport]
https://www.ri.se/sites/default/files/2023-02/HVS-rapport-Hellman-m-bilagor_0.pdf

Helsingborg Museum. (u.å.). *Tegel som byggnadsmaterial*
<https://helsingborgsmuseum.se/kunskap/byggnadsvard/tegel/tegel-som-byggnadsmaterial/>

Johansson, K. (2011). *Natursten som bygg- och anläggningsmaterial* [Kompendium]
<https://media.sten.se/2016/01/Allm%C3%A4nt-revsept29-2011.pdf>

Kuruppu, U., Rahman, A., Rahman, M.A. (2019) Permeable pavement as a stormwater best management practice: a review and discussion. s. 187-204. *Environmental Earth Sciences*, vol 78, article 327. DOI. [Vetenskaplig artikel]
<https://doi.org/10.1007/s12665-019-8312-2>

Larsson, R. (2008). *Jords egenskaper*. Statens geotekniska institut. [Rapport]
<https://www.sgi.se/globalassets/publikationer/info/pdf/sgi-i1.pdf>

Lundberg, D., Seiler J. (2018). *Skötsel av historiska trädgårdar. Grusgångar*. Stockholm: Riksantikvarieämbetet. [Publikation]
<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1234616/FULLTEXT01.pdf>

Länsstyrelsen Östergötland. (2021). *Dagvatten och åkermark*. [Broschyr/folder]
<https://www.lansstyrelsen.se/download/18.1b1d393819324610c374a28e/1732519147478/Dagvatten%20och%20%C3%A5kermark%20-%20Tips%20och%20r%C3%A5d.pdf>

Malmö stad. (2023). *Lilla Torg*. [Hemsida]
<https://malmo.se/Uppleva-och-gora/Arkitektur-och-kulturarv/Malmos-historia/Platser-och-byggnader/Malmos-torg/Lilla-torg.html> [Hämtad 2025-04-01]

Malmö stad. (2024a). *Tio år efter skyfallet Arvid*. [Artikel]
<https://malmo.se/Aktuellt/Artiklar-Malmo-stad/2024-08-27-Tio-ar-efter-skyfallet-Arvid.html>

Malmö stad. (2024b). *Miljöbarometern, årsnederbörd*. [Hemsida]
<https://miljobarometern.malmo.se/klimat/klimat-och-vaderstatistik/nederbord/%C3%A5rsv%C3%A4rde#mbContentMenu>

Malmö stad. (2024c). *Cykel*. [Teknisk handbok]
<https://malmo.se/Teknisk-handbok/Gatubyggnad/Cykel.html>

Malmö stad. (2024d). *Asfalt - Hälsofarlig asfalt* [Teknisk handbok]
<https://malmo.se/Teknisk-handbok/Miljo/Asfalt.html>

Malmö stad. (2024e). *Hantering av asfalt* [Teknisk handbok]
<https://malmo.se/Teknisk-handbok/Miljo/Hantering-av-asfalt.html>

Malmö stad. (2024f). *Gatusektioner* [Teknisk handbok]
<https://malmo.se/Teknisk-handbok/Gatubyggnad/Gatusektioner.html>

Markarbetenare. (2024). *Vad är gräsarmering?* [Hemsida]

<https://markarbetenare.se/vad-ar-grasarmering/>

Mitt Skånevatten. (2021). *Separering av dag- och spillvatten.* [Hemsida]

<https://www.mittskanevatten.se/wp-content/uploads/2021/04/separering-dag-spillvatten.pdf>

Nationella Trafiksäkerhetsförbundet. (u.å.) *Gemensam gång- och cykelbana.*

[Hemsida]

<https://ntf.se/fragor-och-svar/cyklar/lagar-och-regler/gemensam-gang-och-cykelbana/>

Naturstenskompaniet. (u.å). Handbok för Granithällar. [Teknisk handbok]

<https://www.naturstenskompaniet.se/produkter/hallar/granit/?pdf>

Naturstenskompaniet. (2025). *Helsvensk natursten.* [Hemsida]

<https://www.naturstenskompaniet.se/>

Naturvårdsverket. (2024). *Hållbar dagvattenhantering.* [Hemsida]

<https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/avlopp/hallbar-dagvattenhantering/>

Naturvårdsverket. (2025) Nationella Marktäckedata (NMD) [Verktyg]

<https://www.naturvardsverket.se/verktyg-och-tjanster/kartor-och-karttjanster/nationella-marktackedata/> [2025-05-20]

Naturvårdsverket. (2025). *PAH, utsläpp till luft* [Hemsida]

<https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/luft/utslapp/pah-utslapp-till-luft/>

NCC. (u.å.) Så här anlägger du bäst en grusväg. [Teknisk handbok]

<https://sten.ncc.se/guider/sa-har-anlagger-du-bast-en-grusvag/> [Hämtad 2025-05-12]

NCC. (2025). *Guide till uteplats med natursten*

<https://sten.ncc.se/guider/anlagga-en-altan-med-natursten/>

Neergaard, K. & Karttu, J. (2019). *Planera för attraktiv parkering.* [Rapport]

Avdelningen för regional utveckling. Region Skåne. (2019).

https://utveckling.skane.se/siteassets/publikationer/temapm_attraktivparkering_web.pdf

[Hämtad: 2025-04-14]

Palojärvi, A. (2022) *Markhälsa*. [Hemsida] Livsmedelsverket
<https://www.ruokavirasto.fi/sv/stod/jordbruk/biologisk-mangfald-pa-garden/guide-r-for-jordbruksnaturens-mangfald/maaperan-hyvinvointi/markhalsa/> [Hämtad 2025-04-23]

Riksdagen. (2025). *Plan- och bygglag*. [Hemsida]
https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/plan-och-bygglag-2010900_sfs-2010-900/#K8 [Hämtad: 2025-04-15]

RISE - Research Institutes of Sweden. (u.å.). *Hårdgjorda ytor* [Hemsida]
<https://www.ri.se/sv/klimatsakrad-stad/klimatsakrade-konstruktioner/hardgjorda-ymtor?utm> [Hämtad: 2025-07-15]

SGU. (2018). *Produkt: Genomsläpplighet* (visningstjänst. Sveriges geologiska undersökning. [Rapport]
<https://resource.sgu.se/dokument/produkter/genomslapplighet-wms-beskrivning.pdf>.

SGU. (2021). *Naturgrus, morän och berg*. [Hemsida] Sveriges geologiska undersökning.
<https://www.sgu.se/anvarandastod-for-geologiska-fragor/geologi-i-oversiktsplanering/byggande-och-infrastruktur/kostnader-och-resurseffektivitet-for-byggnation-pa-olika-markforhallanden/naturgrus-moran-och-berg/> [Hämtad 2025-05-08]

Simonsen, E. (2011) *Dränerande markstensbeläggningar för förbättrad miljö*. Stockholm: MinBaS II (Rapport nr 2.1.5) [Rapport]

Simonsen, E. & Junghage, A. (2019). Fördröjning av dagvatten med dränerande markstensbeläggningar. Svensk Markbetong. Med bidrag från Lang, J., Rydberg, K., Sandgren, J., Fridell, K., Sjöholm, H., Hellman, F., Rahman, S., Schouenborg, B. & Larsson, J. [Teknisk handbok]
<https://www.svenskmarkbetong.se/bocker/fordrojning-av-dagvatten-med-dranerande-markstensbelaggningsar/omslag/> [Hämtad 2025-12-11]

Skogensencyklopedin. (2000). *Kohesion*. [Hemsida]
<https://www.skogen.se/glossary/kohesion/>

SKR. (2019). *Tysta gatan: om bullerdämpande beläggningar*. Sveriges kommuner och regioner. [Rapport]
<https://skr.se/skr/tjanster/rapporterochskrifter/publikationer/tystagatanombullerdampandebelaggningsar.65656.html>

SMHI. (u.å). *Ett förändrat klimat*. [Hemsida]
<https://www.smhi.se/forskning/amnen/ett-forandrat-klimat>
[Hämtad 2025-03-26]

SMHI. (u.å). *Nederbördsintensitet*. [Hemsida]

<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/nederbord/nederbordsintensitet>
[Hämtad 2025-04-01]

SMHI. (2021). *Jämförelser av normalperioder*. [Hemsida]
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/normaler/jamforelse-av-normalperioder> [Hämtad: 2025-03-18]

SMHI. (2025). *Klimatindikationer - klimatets utveckling i Sverige*. [Hemsida]
<https://www.smhi.se/klimat/klimatet-da-och-nu/klimatindikatorer>

Stahre, P. (2004). *En långsiktig dagvattenhantering - planering och exempel*.
Klippan: Ljungberg tryckeri. [Litteratur]

Stenmagasinet. (2024). *Natursten*. [Återförsäljare]
https://stenmagasinet.se/utemiljo/natursten/?srsltid=AfmBOoqAaFtDLyV-LQvsceuy2Mw6L61ocwFkJewKp6jJ_HMBBWM87IF3

Stockholms stad. (2025) *Växtbäddar*. [Hemsida]
<https://parker.stockholm/vaxter-djur/trad/vaxtbaddar/> [Hämtad 2025-04-26]

Sveriges stenindustriförbund. (u.å.) *Skötsel utomhus*. [Teknisk handbok]
<https://www.naturstenskompaniet.se/assets/skotsel-utomhus.pdf>

Sveriges stenindustriförbund. (2020). *Utemiljö*. Reviderad oktober 2020. [Teknisk handbok]
https://www.sten.se/wp-content/uploads/2020/10/Utemilj%C3%B6_2020_okt.pdf
[2025-05-19]

Svevia. (u.å). *Hur gör man asfalt*. [Hemsida]
<https://www.svevia.se/vart-erbjudande/asfalt/tillverkning-och-asfaltprodukter/hur-fungerar-ett-asfaltverk>

S:T Eriks AB. (2025). *Gräsarmering/infiltrationssten*. [Hemsida]
<https://steriks.se/produktsortiment/mark/marksten/grasarmeringinfiltrationssten/>
[Hämtad 2025-04-08]

Thorsell, A & Granath, M., (2016). *Infiltrationsförsök genomsläpplig asfalt*. WRS AB. [Rapport]
https://wrs.se/wp-content/uploads/2017/10/Infiltrationsf%C3%B6rs%C3%B6k-genomsl%C3%A4pplig-asfalt_WRS-AB_2016.pdf

Transportstyrelsen. (2024). *Trafikregler för dig som cyklar*. [Hemsida]
<https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/trafikregler-och-vagmarken/trafikregler/trafikregler-for-dig-som-cyklar/> [Hämtad 2025-04-28]

Ulinder, E., Englund, M., Döse, M., Eveborn, D., Göransson, M., Nilsson, P. & Wallman, S. (2019). *Kvalitetssäkring av bergkross och naturgrus som filtermaterial i markbäddar*. RISE rapport 2019:92. RISE Research Institutes of Sweden. [Rapport]
<https://www.havochvatten.se/download/18.5b3194f816e1e7bd6bc262e6/1708695560678/slutrapport-kvalitetssakring-bergkross.pdf>

United Nations Development Programme. (2015a) *Climate Action*. [Hemsida]
<https://www.undp.org/sustainable-development-goals/climate-action>
[Hämtad 2025-05-03]

United Nations Development Programme. (2015b). *The Sustainable Development Goals, SDGs*. [Hemsida]
<https://www.undp.org/sustainable-development-goals>
[Hämtad 2025-05-03]

United Nations Development Programme. (2024). *Hur går det för globala målen?* [Rapport]
<https://www.globalamalen.se/wp-content/uploads/2024/09/Hur-g%C3%A5r-det-f%C3%B6r-Globala-m%C3%A5len-2024.pdf>

VA-guiden, u.å. Nedsänkt växtbädd. [Hemsida]
<https://vaguiden.se/dagvatten/anlaggningswiki/nedsankt-vaxtbadd/> [Hämtad 2025-07-06]

VA SYD, 2025. *Vad är bäddning och när bräddar vi?* [Hemsida]
<https://www.vasyd.se/Artiklar/Avlopp-och-rening/Braddning>

Veidekke. (u.å.). *Tips och råd till dig som ska asfaltera privat*. [Populärvetenskaplig artikel]
<https://www.veidekke.se/tjanster/asfalt/tips-nar-du-ska-asfaltera/> [Hämtad 2025-05-08]

Vägmarkeringar. (2025). *Måla parkeringsrutor, parkeringslinjer och p-rutor* [Hemsida]
<https://www.vagmarkeringar.se/vagmarkeringar/parkering/>
[Hämtad 2025-05-03]

- Wang, X., Gu, X., Dong, Q., Wu, J., Jiang, J. (2018). Evaluation of permanent deformation of multilayer porous asphalt courses using an advanced multiply repeated load test. *Construction and building materials*. 160, s. 19-29.
[Vetenskaplig artikel]
DOI:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.11.028>
- Weiss, P. T., Kayhanian, M., Gulliver, J. S., & Khazanovich, L. (2017). Permeable pavement in northern North American urban areas: research review and knowledge gaps. *International Journal of Pavement Engineering*, 20(2), s. 143-162.
[Vetenskaplig artikel] DOI:<https://doi.org/10.1080/10298436.2017.1279482>
- Wennblom, L. (2017) *Tungt att köra rullstolar på grusgång*. Skaraborgs Allehanda, 2017-07-13 [Dagstidning]
<https://www.sla.se/2017/07/13/tungt-att-kora-rullstolar-pa-grusgangen-i-parken-92b8c/> [Hämtad 2025-05-11]
- Wienerberger. (u.å). *Permeabel beläggning; Effektiv vattenavledning*
https://www.wienerberger.se/produkter/marktegel/marktegel_teknisk-information/permeabel-belaegning-leder-vandet-vaek.html
- Wiman G, L & Tholén, O. (1999), *Asfaltshandboken, Vägens uppbyggnad*.
[Teknisk handbok]
<https://asfaltboken.se/vagens-uppbyggnad/> [Hämtad 2025-04-01]
- Woods-Ballard, B., Kellagher, R., Martin, P., Jefferies, C., Bray, R., Shaffer, P. (2007). *The SudS manual* C697. CIRIA. [Rapport]
https://www.researchgate.net/publication/230887903_The_SuDs_Manual
- Wågberg, L.G. (2004) *Genomgång av europeisk litteratur om dränerande asfalt. Väg- och transportforskningsinstitutet*. Projektnummer: 80567: s. 5-54.
[Rapport]
<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:670220/FULLTEXT01.pdf>
- Östersunds kommun. (2025). *Infiltrerbara ytor*. [Teknisk handbok]
<https://tekniskhandbok.ostersund.se/dagvatten/exempel-pa-dagvattenatgarder/infiltrerbara-ytor/>
[Hämtad 2025-05-07]
- Östersunds kommun. (2025). *Skelettjordar*. [Teknisk handbok]
<https://tekniskhandbok.ostersund.se/dagvatten/exempel-pa-dagvattenatgarder/skelettjordar/>
[Hämtad 2025-05-26]

Muntliga källor

Följande personer har intervjuats muntligt inom ramen för arbetet. Samtliga har givit sitt medgivande till att delta och att deras namn, titel och organisation anges. De har även erbjudits möjlighet att ta del av det färdiga arbetet.

Nerhagen, A., Muntlig källa. Intervju, 2025-04-15, Landskapsarkitekt och klimatstrateg på Helsingborg stad.

Gend, J., Muntlig källa. Intervju, 2025-04-22, Landskapsingenjör och driftingenjör i Lunds kommun.

Sulejmani, P., Muntlig källa. Intervju, 2025-04-24, doktorand inom asfalt och civilingenjör på park- och gatumiljöenheten i Malmö.

Persson, P., Muntlig källa. Intervju, 2025-04-22, byggingenjör och driftingenjör i Lunds kommun.

Figurförteckning

- Figur 1, sidan 6. Avvikande nederbördsmonster i Europa mellan 1991-2020. (C3S & ECMWF, 2024a)
- Figur 2, sidan 7. Avvikande halter av jordfuktighet i europeiska länder under 2024. (C3S & ECMWF, 2024b)
- Figur 3, sidan 8. Omfattande översvämningar i Europa under 2024. (C3S & WMO, 2025)
- Figur 4, sidan 10. Redovisning av årsmedeltemperaturen i Sverige. (SMHI, 2025)
- Figur 5, sidan 10. Redovisning av årsnederbörden i Sverige (SMHI, 2025)
- Figur 6, sidan 11. Ökning av årsnederbörd i Heleneholm, Malmö (Malmö Stad, 2024)
- Figur 7, sidan 17. Exempelskiss för asfaltsyta med trafikklass 4, körbana. (Simon Franzon, 2025)
- Figur 8, sidan 18. Slitlager av konventionell asfalt. (Thomas Björnfors, 2025)
- Figur 9, sidan 23. Principskiss för system (I) och (II) (Simonsen & Junghage, 2019).
- Figur 10, sidan 23. Principskiss för system (I) och (II) (Simonsen & Junghage, 2019).
- Figur 11, sidan 24. Principskiss för system (I) och (II) (Simonsen och Junghage, 2019)
- Figur 12, Sidan 25. Slitlager av permeabel asfalt. (Asrar Emad, 2025)
- Figur 13, sidan 28. Infiltrerande gräsyta armerad med betongmarksten. (Simon Franzon, 2025)
- Figur 14, sidan 28. Infiltrerande grusyta armerad med betong. (Thomas Björnfors 2025)
- Figur 15, sidan 29. Betongmarksten med infiltrerande fogar. (Simon Franzon, 2025)
- Figur 16, sidan 30. Marktegelyta med löpsida upp. (Martin Möller, 2025)
- Figur 17, sidan 32. Naturstensyta med bred och infiltrerande fog. (Simon Franzon, 2025)
- Figur 18, sidan 33. Infiltrerande grusytor med stenkross. (Thomas Björnfors, 2025)
- Figur 19, sidan 33. Infiltrerande grusytor med stenkross. (Thomas Björnfors, 2025)

Tabellförteckning

Tabell 1, sidan 19. Genomsläpplighet för olika jordarter. (SGU, 2018)

Tabell 2, sidan 19. Kornstorlekar för olika jordarter. (SGU, 2018)

Tabell 3, sidan 22. Rekommendationer för val av typkonstruktion (Simonsen
& Junghage, 2019)

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU kan publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver i sådana fall godkänna publiceringen. I samband med att du godkänner publicering kommer SLU även att behandla dina personuppgifter (namn) för att göra arbetet sökbart på internet. Du kan närsomhelst återkalla ditt godkännande genom att kontakta biblioteket.

Du hittar länkar till SLU:s publiceringsavtal och SLU:s behandling av personuppgifter och dina rättigheter på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>

☒ JA, jag, Thomas Björnfors har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

☒ JA, jag, Simon Franzon har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse till att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.