

Справочник по проектированию

для проектирования, строительства и эксплуатации водопроницаемых систем укрепления грунта из элементов TTE® производства компании HÜBNER-LEE

Экопарковки

и сооружения внешнего благоустройства по революционной немецкой технологии укрепления поверхности почвы

- Высокая несущая способность благодаря распределению нагрузки
- Экологичная распределенная система инфильтрации
- Сохранение верхнего «живого» слоя почвы
- Очистка стекающих дождевых вод



ЭКОПАРКОВКА

технология природы

Введение

Технология TTE® – это инновационный и очень экологичный способ укрепления поверхности почвы. «Строительство в гармонии с природой» – это не просто рекламный слоган, это наша философия. Концепция TTE®, в отличие от обычных методов «экологичного» строительства, не предполагает сколь-нибудь значительного вмешательства в природный баланс.

Верхний слой почвы, как правило, сохраняется и даже улучшается, а его ценные экологические функции интегрируются в систему. Наряду с охраной воды и почвы технология TTE® гарантирует защиту населяющих почву микроорганизмов (до 200 млн на квадратный метр), которые, в свою очередь, обеспечивают очистку загрязненных дождевых вод путем разложения растворенных в них вредных веществ.

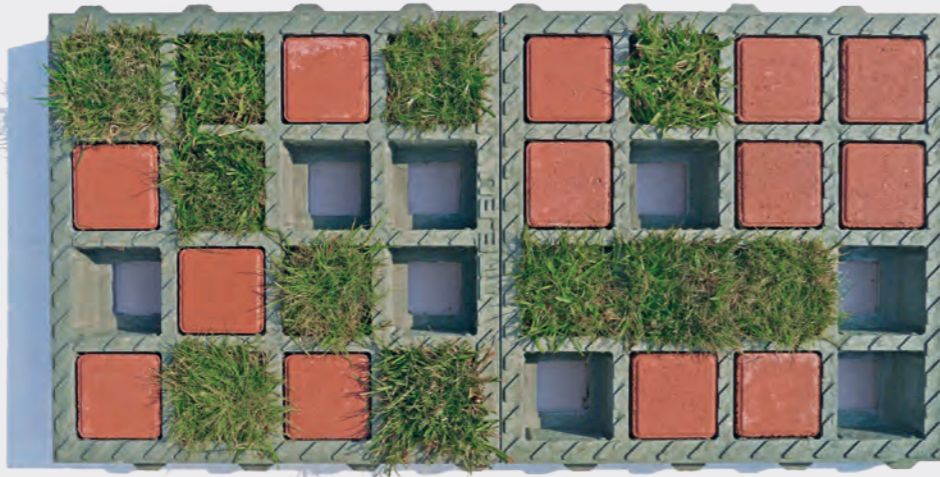
Теперь такая очистка возможна не только на озелененных, но и на брусчатых площадках TTE®. Благодаря отсутствию необходимости сильного уплотнения почвы и несущего слоя поверхность площадки остается водопроницаемой, хорошо удерживает влагу, а технология TTE® задает новые масштабы экологичности и инфильтрационной способности брусчатых и зеленых

площадок. Другая особенность метода TTE® – создание благоприятных условий для роста растений, о чем свидетельствуют многочисленные отзывы клиентов. Растения, охлаждая воздух, повышая его влажность и связывая пыль, оказывают положительное влияние на микроклимат.

Поддержание естественного почвенного, водного и воздушного баланса осуществляется без чрезмерного вмешательства в природу. Благодаря впитыванию влаги всей своей поверхностью, системы TTE® предотвращают затопление территории, поддерживают уровень грунтовых вод, а также позволяют избежать расходов на дополнительные дренажные сооружения и платежей за отведение дождевых вод.

Наводнения, изменения климата, загрязнение почвы и грунтовых вод ясно показывают крайнюю необходимость использования экологических технологий строительства площадок. Должна произойти перемена во взглядах: прочь от безоглядного запечатывания поверхности земли, курс на водопроницаемые площадки с функцией биологической очистки воды. Концепция TTE® предлагает для этого экологичные и экономичные решения.

Справочник по проектированию представляет собой практическое дополнение к брошюре «Строительство в гармонии с природой». Подробные технические сведения, наглядные иллюстрации и описания типичных ошибок помогут Вам в правильном строительстве и эффективной эксплуатации системы TTE®



Технология строительства TTE® задает новые масштабы в экологичности и функциональности впитывающих брусчатых и зеленых площадок.

Информация для пользователя

Представленные в справочнике указания по проектированию отражают состояние наших знаний и нашего опыта на момент составления и печати справочника. Поэтому воспользуйтесь его последним изданием: www.huebner-lee.de/downloads/. В случае сомнений обращайтесь к нам.

Справочник по проектированию – важный источник знаний и руководство к действию в стандартных ситуациях. Он не претендует на полноту и не в состоянии охватить всевозможные особые случаи, при которых необходимы дополнительные мероприятия. На этом основании наши рекомендации не предполагают никакой ответственности с нашей стороны. Тем не менее, они являются ориентиром надлежащего технического поведения.

Факт использования справочника по проектированию HÜBNER-LEE ни с кого не снимает ответственности за его собственные действия.

В этом отношении каждый действует на свой страх и риск. Мы несем ответственность за консультации, указания по проектированию и инструкции по строительству только в том случае, если мы выдали их в письменном виде для конкретного, известного нам строительного проекта по Вашему письменному запросу. Включая в свой проект нашу продукцию Вы каждый раз обязаны самостоятельно убедиться в том, что она пригодна для использования в предусмотренных Вами целях.

Если Вы обнаружили в настоящем справочнике ошибки или несоответствия, которые могут привести к неправильным действиям, просим безотлагательно сообщить нам об этом, чтобы мы могли при первой возможности устранить недостатки.

Оглавление

Информация для пользователя	3
Основы проектирования Технические инструкции, использование, уплотнение	4
Технологии TTE® Классификация, обзор, пример проекта	8
Грунтовое основание / земляное полотно Требования, подготовка	15
Растительный несущий слой Требования, подготовка	16
Минеральный несущий слой Требования, подготовка	22
Балластный слой Требования, подготовка	26
Инструкции по укладке Типы перевязки, примыкания, оформление поворотов	28
Выделение парковочных мест	33
Засыпка Субстрат, брусчатка	34
Посев травы Смесь семян, приготовление	35
Покрытия из минеральных материалов Площадки из гальки, водосвязные покрытия	36
Дренаж Очистка загрязненных дождевых вод Плоскостные и канавные системы инфильтрации с элементами TTE®	39
Примеры оформления	48
Испытания и методы испытаний	48
Уход и поддержание в рабочем состоянии Стрижка, полив, подготовка к зиме	49
Список первоисточников	50

Основы проектирования

В настоящем справочнике описывается и разъясняется технология строительства TTE®, а также концепция экологичной системы укрепления поверхности почвы и распределенной инфильтрации дождевых вод с функцией распределения нагрузки. Инновационная технология TTE® не упоминается в действующей нормативной документации, она отличается от типовых методов строительства и стоит особняком. Поэтому перед началом создания проекта необходимо тщательно изучить содержащиеся в справочнике указания по проектированию.

Технологию TTE® отличают такие особенности, как хорошие условия для растительного покрова, химическая и биологическая очистка стекающих дождевых вод, распределение нагрузки на большую

площадь и, самое главное, высокая дренажная способность. Все это можно обеспечить только путем укладки элементов TTE® по технологии TTE® с учетом указаний по проектированию и строительству. Добросовестное выполнение указаний поможет также полностью использовать ресурсосберегающий потенциал новой технологии.

В настоящем справочнике представлена вся необходимая информация для проектирования, строительства и эксплуатации водопроницаемых систем укрепления почвы TTE® с распределенной инфильтрацией воды.

Содержащиеся в нем технические данные будут полезны как проектировщикам, так и строителям. Они помогут правильно реализовать систему TTE® со всей ее функциональностью.

Использование элементов TTE® в качестве просто покрытия, выполненного по обычным строительным правилам и методам, сводит на нет все преимущества технологии TTE®. Это ведет к функциональным потерям со всех точек зрения, и прежде всего в части инфильтрации и вегетации растений.

В настоящем справочнике представлена вся необходимая информация для проектирования, строительства и эксплуатации водопроницаемых систем укрепления почвы TTE® с распределенной инфильтрацией воды. Содержащиеся в нем технические данные будут полезны как проектировщикам, так и строителям. Они помогут правильно реализовать систему TTE® со всей ее функциональностью.

Представленные рекомендации опираются на многочисленные научные исследования и заключения независимых институтов и экспертов (см. сертификат и протокол испытаний), а также на постоянный обмен информацией со специалистами и опытными данными, полученными в ходе многолетней эксплуатации экологичных систем укрепления почвы.

Технические предписания

Данные указания по проектированию были составлены с учетом «Директивы по проектированию, строительству и эксплуатации систем укрепления зеленых площадок» Научно-исследовательской организации ландшафтного планирования и ландшафтного строительства (FLL), а также рабочего листа A 138 «Проектирование, строительство и эксплуатация систем инфильтрации дождевых вод» Немецкого объединения по проблемам водного хозяйства, сточных вод и отходов (DWA). Эти нормативные документы (с определенными ограничениями) необходимо учитывать при проектировании наряду с указаниями настоящего справочника.

В качестве основы для проектирования и строительства систем TTE® следует использовать (с необходимыми корректировками) следующие технические регламенты в действующей редакции:

- DIN 18915 Техника озеленения при ландшафтном строительстве – земляные работы
- DWA-A 138 Проектирование, строительство и эксплуатация систем инфильтрации дождевых вод
- DWA 153 Рекомендации по обращению с дождевыми водами
- Директива FLL по проектированию, строительству и эксплуатации систем укрепления зеленых площадок
- ZTV E-StB 94 Дополнительные технические условия договора и нормативные документы по земляным работам в дорожном строительстве
- ZTV E-StB 04 Дополнительные технические условия договора и нормативные документы по слоям без вяжущих средств в дорожном строительстве

- Дополнительные директивы и предписания (в алфавитном порядке):
- DIN 18318 Работы по строительству путей сообщения – Брусчатые и плиточные покрытия в несвязанном исполнении, бордюры
- DIN 483 Бетонные бордюры (национальное дополнение к стандарту DIN EN 1340)
- DIN EN 1340 Бетонные бордюры – требования и методы испытаний
- Рекомендации FLL по лесонасаждениям – часть 2
- Специальный доклад FLL по проектированию, строительству и эксплуатации водосвязных путей
- Правила FLL по составлению смесей семян газонных трав (RSM)
- Памятка по уплотнению грунтов и оснований в дорожном строительстве, 2003
- RStO 01 / RStO 12 Директивы по стандартизации надземной части транспортных площадок
- TL Gestein-StB 04 Технические условия поставки дробленых структурных материалов в дорожном строительстве
- TL SoB-StB 04 Дополнительные технические условия поставки смесей строительных материалов и грунтов для укладки слоев без вяжущих средств в дорожном строительстве
- ZTV Pflaster-StB 06 Дополнительные технические условия договора и предписания по выполнению брусчатых покрытий, плиточных покрытий и бордюров в дорожном строительстве

*) далее сокращенно: Директива FLL по системам укрепления зеленых площадок



Директивы FLL, кроме прочего, послужили основой для настоящего справочника по проектированию

Основы проектирования

Использование

ТТЕ® – это больше, чем просто газонная решетка для зеленой парковочной площадки и подъездного пути **для пожарных машин**. Это экологичное решение как для зеленых, так и для брусчатых систем укрепления почвы всех типов. Водопроницаемые системы ТТЕ® находят применение на общественных и частных территориях в качестве промышленных, вспомогательных, складских, транспортных и дворовых площадок, а также в качестве покрытия проселочных дорог и подъездных путей для пожарных машин. Типичные примеры применения систем ТТЕ® приводятся на страницах 12 и 13.

Благодаря своей способности хорошо распределять нагрузку, а значит нетребовательности к грунту, системы ТТЕ® являются оптимальным решением при строительстве на плохих грунтах. В таких тяжелых условиях их можно использовать в качестве несущей конструкции для всегда водопроницаемого брусчатого или плиточного покрытия. Кроме того, индивидуальные решения ТТЕ® выполняют важную эстетическую функцию.

Ограничения в использовании

Требования к использованию технологий строительства ТТЕ® аналогичны или ниже требований для класса нагрузки Bk 1,8 по RStO 12, который дополняет прежний строительный класс III/IV по RStO 01. Таким образом, транспортную нагрузку на площадке ТТЕ® следует ограничить значением 1,8 млн проездов 10-тонных осей за весь период эксплуатации.

Технологию ТТЕ® можно использовать для строительства только тех площадок и дорог, скорость движения по которым не превышает 30 км/ч (за исключением сельских дорог). После консультации значение скорости может быть повышено до 50

Незначительная толщина систем ТТЕ® делает их идеальными для укрепления дорожного покрытия. Низкая масса позволяет не предъявлять повышенных требований к грунтовому основанию. Обеспечиваются прекрасные условия для растительного покрова. Системы можно использовать для озеленения крыш с крутыми скатами

Благодаря незначительному вмешательству в природные процессы, поддержанию почвенного и водного баланса системы ТТЕ® отлично подходят для укрепления поверхности площадок и дорог в заповедниках и водоохранных зонах.

Их можно быстро уложить при создании временной площадки для какого-нибудь мероприятия и так же быстро убрать. В этом случае система укладывается прямо на ровный растительный слой почвы.

Условия и варианты использования в качестве дорожного покрытия с распределенной инфильтрацией воды описываются в разделе, посвященном дренажу.

км/ч. При строительстве автомобильных шоссе системы ТТЕ® можно использовать для обустройства подъездных и прилегающих дорог.

Для строительства в общественных местах принципиально следует выбирать технологию, как минимум, ТТЕ® 2 (исключая тротуары и велосипедные дорожки, а также площадки, по которым движется только легковой автотранспорт).

Системы ТТЕ® можно без проблем использовать на уклонах до 10%. При больших значениях уклона требуется консультация.

Уплотнение

Степень уплотнения грунта играет решающую роль при строительстве систем ТТЕ®. Постоянная водопроницаемость, высокая водоудерживающая способность и экологическая функциональность могут быть гарантированы только при соблюдении предписанной степени уплотнения грунта. Поэтому выбору уплотняющего снаряда необходимо уделить особое внимание. Для уплотнения минерального несущего слоя мы рекомендуем использовать легкую или среднюю виброплиту, а для уплотнения растительного слоя почвы и грунтового основания – легкие валики.

По сравнению с обычными типовыми методами строительства, требования к несущей способности

и плотности грунта, предъявляемые технологией ТТЕ®, могут показаться недостаточными. Однако на самом деле, благодаря высокой способности элементов ТТЕ® к распределению нагрузки, даже незначительного уплотнения достаточно для обеспечения необходимой несущей способности и ровности площадки (см. сертификат и протокол испытаний).

При необходимости подтверждения несущей способности можно провести испытание вдавливанием штампа согласно DIN 18134.

Для стран, в которых привыкли работать со значением E_{v1} , можно руководствоваться требованиями следующей таблицы:

Табл. 1: Требования к несущей способности (для стран, в которых используют значение E_{v1})

Грунтовое основание	Несущий слой / растительный несущий слой	Технология ТТЕ®
$E_{v1} = 7 \text{ МН/м}^2$	несущий слой не требуется	Технология ТТЕ® 1
$E_{v1} = 7 \text{ МН/м}^2$	$E_{v1} = 10 \text{ МН/м}^2$	технология ТТЕ® 2
$E_{v1} = 7 \text{ МН/м}^2$	$E_{v1} = 15 \text{ МН/м}^2$	Технология ТТЕ® 3

Экологическая безопасность и утилизация отходов

Элементы ТТЕ® изготавливаются из смеси вторично переработанных пластмасс (Duales System Deutschland). Они экологически нейтральны (доказано исследованиями) и очень стойки к ультрафиолету. Кроме того, они отличаются большим сроком службы, превосходя по этому показателю многие другие обычные изделия, например бетонные. Поэтому по истечении периода использования или при изменении условий использования элементов следует проверить, нельзя ли их использовать вторично, пусть даже под меньшей нагрузкой и при меньшей интенсивности движения.

Мы ориентируемся на принцип cradle to cradle (дословно «от колыбели – до могилы»), согласно которому продукты ТТЕ® с истекшим сроком службы могут начать новый жизненный цикл. Их либо сдают в переработку или используют повторно в другом месте.

При этом учитываются требования в части экологической безопасности охраны здоровья и утилизации отходов Директивы FLL по системам укрепления зеленых площадок.



Технологии строительства TTE®

Классификация технологий строительства

Конкретная технология TTE® выбирается при проектировании в зависимости от числа (млн) проездов 10-тонных осей за весь период эксплуатации, от нагрузки и от интенсивности движения. Толщина слоев определяется местом грунта в классификации

грунтов по склонности к промерзанию (согласно ZTV E-StB). Следующие критерии оценки были разработаны на базе Директивы FLL по системам укрепления зеленых площадок и RStO 12.

Табл. 2: Расчетно-релевантное требование В – число проездов эквивалентных 10-тонных осей в млн:

до 0,3 Вк	технология TTE® 2
до 1,8 Вк	Технология TTE® 3

Интенсивность движения

- продолжительность использования
- частота использования
- промежутки между случаями использования
- Частота использования

Табл. 3: Транспортная нагрузка (нагрузка на ось и разрешенная полная масса транспортного средства):

Легковые автомобили, кемперы, небольшие фургоны с разрешенной ПМ* до 3,5 т	технология TTE® 1
Эпизодический проезд грузовых автомобилей с разрешенной ПМ* до 40 т (до 10 т на одну ось), пожарные машины с разрешенной ПМ* до 16 т	технология TTE® 2
Грузовые автомобили с разрешенной ПМ* до 40 т (до 11,5 т на одну ось)	технология TTE® 3

*) полная масса



Прочно и надолго: Парковочные места TTE® и проезжая часть после 10 лет ежедневного использования (технология TTE® 1)

Три категории технологии строительства

- Технология TTE® 1 только для легковых автомобилей с разрешенной полной массой до 3,5 т
- Технология TTE® 2 для легковых автомобилей и нечастого проезда тяжелого транспорта (соответствует RStO 01 строительного класса V/VI или, соответственно, RStO 12 Bk 0,3)
- Технология TTE® 3 для проезда тяжелого транспорта массой до 40 т (соответствует RStO 01 строительного класса III / IV или, соответственно, RStO 12 Bk 1,8)

Нагрузки на растительный покров при технологии строительства TTE® Grün:

Нагрузки на растительный покров при технологии строительства TTE® зависят от следующих факторов:

- Сжимающая и срезающая нагрузка (при плохом заполнении элементов TTE® субстратом и, таким образом, недостаточном внимании к защите растительного покрова ребрами элементов)
- Затенение
- Сухость и жара под автомобилями

Разделение на TTE® Grün и TTE® Pflaster

- TTE® Pflaster: для высокой интенсивности движения и больших нагрузок (например: автомобильные дороги, проезжие части с интенсивным движением, часто посещаемые стоянки)
- TTE® Grün: для средней интенсивности движения и нагрузки на растительный покров (например: проезды для пожарных машин, проезжие части и стоянки с низкой интенсивностью движения)

При интенсивном движении можно использовать покрытия TTE® Grün, состоящие на 50 % из брусчатки, расположенной в шахматном порядке.



Технология TTE® 2: общественная стоянка с участками TTE® Pflaster и TTE® Grün (одновременно защита для корней деревьев)

Технологии строительства TTE®

TTE® Grün

Рис. 1: TTE® Grün 1

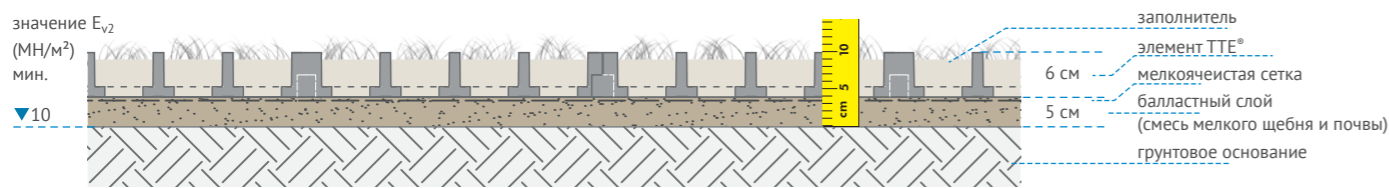


Рис. 2: TTE® Grün 2

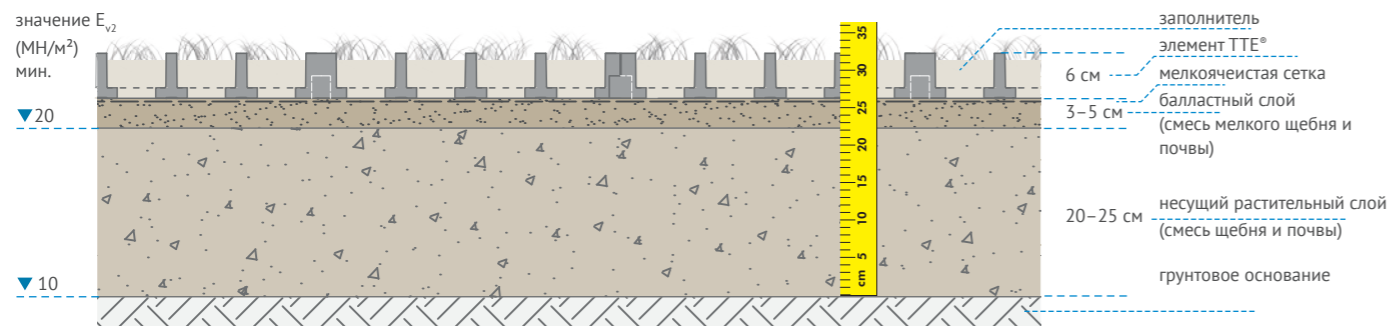
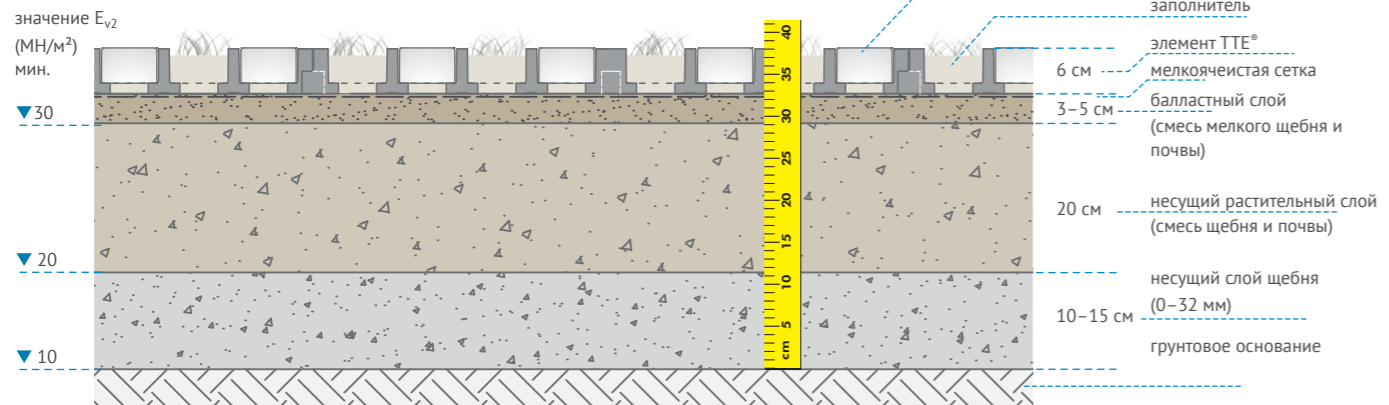


Рис. 3: TTE® Grün 3



TTE® Pflaster

Рис. 4: TTE® Pflaster 1

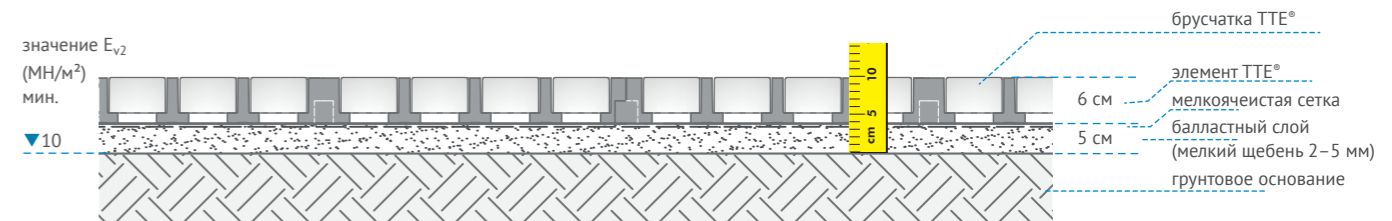


Рис. 5: TTE® Pflaster 2

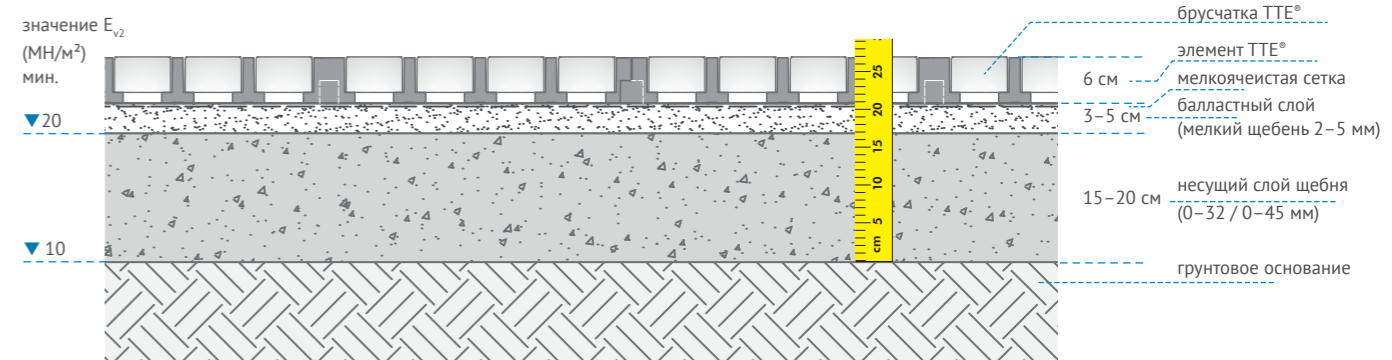


Рис. 6: TTE® Pflaster 3

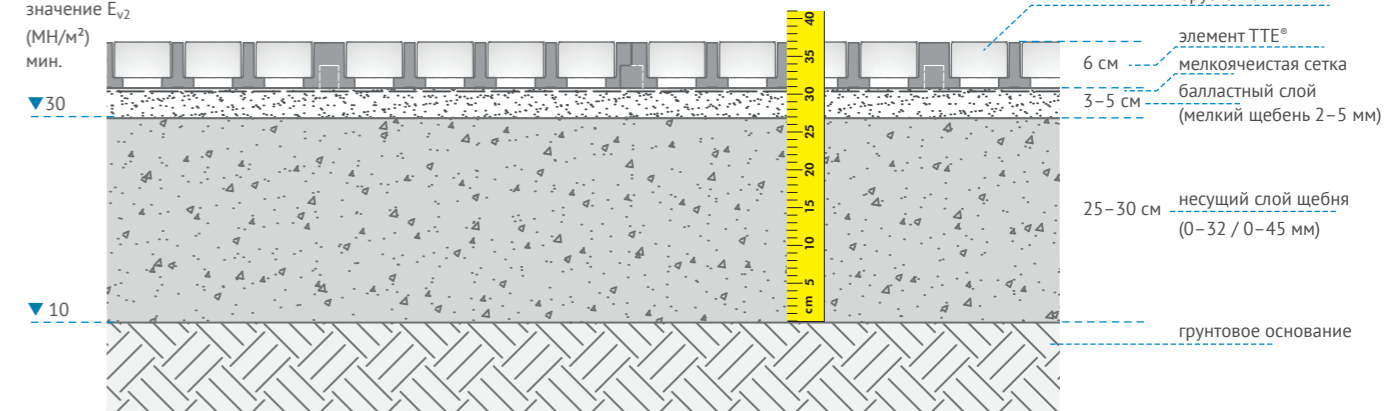


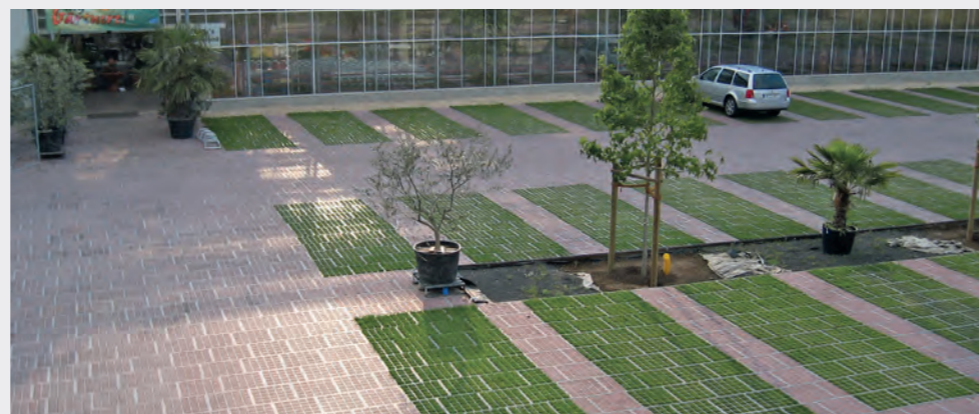
Табл. 4: Технологии ТТЕ® вкратце

Система ТТЕ®	Использование	Области применения	Несущий слой и значение Ev2*	Несущий слой по условиям промерзания	Балластный слой	Заполнение ячеек элементов	Экологическая значимость	
1	Grün	нечастая ежедневная смена автомобилей, например, частная стоянка; разрешенная полная масса автомобилей: до 3,5 т	<ul style="list-style-type: none"> частные стоянки для грузовых автомобилей подъезды к гаражам кемпинги велосипедные стоянки тротуары и велосипедные дорожки экологичный несущий слой для террас и тротуаров с покрытием брусчаткой или плиткой 	грунт мин. 10 МН/м ²	несущий слой не требуется	40 % мелкого щебня 2/5 мм 30 % просеянной почвы 20 % лавы 2/4 мм 10 % созревшего компоста	очень высокая вмешательство в природные процессы минимально, натуральная почва не уплотняется и ничем не закрывается, экологический баланс почти не меняется, функции фильтрации и очистки остаются	
	Pflaster			грунт мин. 10 МН/м ²	несущий слой не требуется	мелкий щебень 2/5 мм, слой около 5 см		брусчатка ТТЕ®
2	Grün	частая ежедневная смена автомобилей, автомобили коммунальных служб, очень редкий проезд тяжелого транспорта; например, общественные парковки разрешенная полная масса автомобилей: до 3,5 т (изредка до 40 т)	<ul style="list-style-type: none"> общественные парковки парковочные места для автомобилей сотрудников и посетителей предприятий укрепление поверхности частных дворовых территорий и подъездных путей подъездные и объездные пути для пожарных машин, с озеленением и без него сельскохозяйственные дороги прилегающие дороги экологичный несущий слой для покрытий из брусчатки и плитки 	грунт мин. 10 МН/м ² растительный несущий слой ¹⁾ мин. 20 МН/м ²	растительный несущий слой ¹⁾ F1: 20 см, F2/F3: 25 см	см. Grün 1	см. Grün 1	от высокой до очень высокой вмешательство в природные процессы минимально, уплотнение почвы незначительно, функция фильтрации остается с растительным несущим слоем: функция очистки остается, верхний слой почвы используется по прямому назначению, экологический баланс сохраняется
	Pflaster			грунт мин. 10 МН/м ² несущий слой щебня ²⁾ мин. 20 МН/м ²	несущий слой щебня (0/32 мм) ²⁾ F1: 15 см, F2/F3: 20 см	мелкий щебень 2/5 мм слой 3–5 см	брусчатка ТТЕ®	
3	Grün	частая ежедневная смена автомобилей, интенсивное движение тяжелого транспорта; разрешенная полная масса автомобилей: до 40 т	<ul style="list-style-type: none"> складские площадки и подъездные пути на территории предприятий стоянки для автобусов и легковых автомобилей служебные дороги при закусочных с заправками экологичные несущие слои транспортных площадок с покрытием из брусчатки или плитки временные площадки для проведения мероприятий 	грунт мин. 10 МН/м ² несущий слой щебня мин. 20 МН/м ² растительный несущий слой ¹⁾ мин. 30 МН/м ²	растительный несущий слой ¹⁾ 20 см несущий слой щебня (0/32 мм) F1: 10 см, F2/F3: 15 см	см. Grün 1 на 50 % брусчатка ТТЕ® в шахматном порядке ³⁾	от средней до высокой вмешательство в природные процессы минимально, уплотнение почвы незначительно, функция фильтрации остается с растительным несущим слоем: функция очистки остается, верхний слой почвы используется по прямому назначению, экологический баланс сохраняется	
	Pflaster			несущий слой щебня ²⁾ мин. 30 МН/м ²	несущий слой щебня (0/32 мм) ²⁾ F1: 25 см, F2/F3: 30 см	мелкий щебень 2/5 мм слой 3–5 см		брусчатка ТТЕ®

* 1) МН/м² = МПа (единица измерения МПа используется за границей и согласно RStO 12)
¹⁾ Растительный несущий слой: 60 % щебня (например 2/32), 40 % почвы группы 2 или 4 по DIN 18915

²⁾ Для повышенной экологической функциональности можно альтернативно использовать очищающий несущий слой (в соответствии с выбранной технологией ТТЕ® Grün)

³⁾ Заполнение элементов ТТЕ® брусчаткой ТТЕ® и субстратом в шахматном порядке



Пример строительства парковки в аэропорту Берн Бельп

ТТЕ® Grün 2 (растительный несущий слой, приготовленный путем внесения материала непосредственно в почву)



Снятие дерна; насыпка щебня для несущего слоя



Насыпка песчано-щебеночной смеси непосредственно на имеющийся верхний слой почвы с последующим выравниванием



Внесение песчано-щебеночной смеси в верхний слой почвы в соотношении 60:40 путем боронования



Черновая планировка участка



Насыпка и выравнивание балластного слоя (смесь почвы и мелкого щебня)



Укладка элементов на мелкоячеистую сетку, служащую вспомогательным средством и разделителем



Брусчатка ТТЕ® в качестве элементов разметки парковочных мест и пешеходных дорожек



Засыпка субстрата (смесь почвы и песка) в качестве заполнителя ячеек элементов; посев травы и окончательная отделка



Растения защищены высоко расположенными ребрами элементов

Грунтовое основание / земляное полотно

Технология строительства ТТЕ® 1

При этой технологии несущий слой не требуется. Грунтовое основание образуется находящейся сверху почвой, если она соответствует требованиям. Сохраняются экологические функции почвы и ее естественное состояние. Для поддержания достаточной очищающей способности «живого» слоя почвы при планировке участка следует предусмотреть как можно меньшую ее выемку.

Технология строительства ТТЕ® 2+3

Верхний слой почвы, если она соответствует требованиям, снимают при планировке участка, отвозят в сторону и ссыпают в кучи для последующего использования в несущем биоактивном растительном слое. Лишний материал утилизируют.

При создании растительного несущего слоя для системы ТТЕ® 2 путем внесения минерального структурного материала непосредственно в имеющуюся почву, грунтовое основание подготавливается, как описано для технологии ТТЕ® 1.

Подготовка

Грунтовое основание (земляное полотно) должно отвечать расширенным требованиям ZTV E-StB. Отклонения от этих требований перечислены в таблице 5. Нужно ли уплотнять грунт для получения необходимой несущей способности, следует определить заранее. Если несущая способность грунтового основания изначально выше, количество материала в несущем слое можно уменьшить (после консультации). Необходимо убедиться в достаточной водопроницаемости. Чрезмерного уплотнения грунта нужно, по возможности, избегать. По этой причине для планировки участка лучше использовать гусеничные машины.

Улучшение грунтового основания

Благодаря невысоким требованиям к несущей способности грунтового основания, его улучшение при строительстве по технологиям ТТЕ® не требуется. Если это все-таки необходимо, можно воспользоваться георешетками, заменить грунт или насыпать подходящий материал. Вяжущие средства использовать нельзя.

Средняя плотность нетронутой почвы достаточна для строительства. Ее не следует дополнительно повышать, так как это ухудшит впитывающую способность поверхности

Для обеспечения впитывающей способности грунтового основания и всей системы, необходимо проследить за тем, чтобы в ходе строительства не произошло случайного уплотнения грунта из-за динамических или статических перегрузок, например при проезде тяжелой техники или складировании материалов.

Табл. 5: Требования к грунтовому основанию / земляному полотну

Параметр	Требования	Проверка согласно
модуль деформации E_{v2}	$\geq 10 \text{ MN/m}^2$	DIN 18134
водопроницаемость k_f	$\geq 1,0 \times 10^{-6} \text{ м/с}$	DIN 18130-1
согласно ZTV E-StB		
уклон	достаточный для эффективного стока уклон $\geq 1 \%$ и $\leq 5 \%$; в зависимости от грунтового основания	нивелирование
высота расположения	предельное отклонение от расчетной высоты $\pm 2 \text{ см}$	нивелирование
ровность	предельное значение стрелы прогиба $\leq 2 \text{ см}$ при расстоянии между точками измерения 4 м	DIN 18202

Растительный несущий слой

Структурный материал

В качестве минеральных структурных материалов нужно использовать дробленые структурные материалы по TL Gestein-StB. Для этого подходят морозостойкие, прочные на сжатие, дробленые материалы с открытыми порами. При использовании дробленых структурных материалов толщину растительного несущего слоя следует увеличить для достижения достаточной несущей способности. Смеси из гальки не годятся на роль структурного материала (Директива FLL по системам укрепления зеленых площадок).

Грунт

Для приготовления растительного несущего слоя можно использовать грунты групп 2 и 4 по DIN 18915. По экономическим и экологическим причинам следует брать имеющуюся на площадке почву,

если она соответствует требованиям. Если для засыпки растительного несущего слоя на площадку завозится готовая смесь, это должна быть почва, просеянная через сито с размером ячейки 20 мм.

Опыт показал, что для этого подходят крупнопористые смеси из щебня от 2/16 до 2/45 мм в соответствии с тенденцией при (мелкозернистых) грунтах группы 4. Щебеночные смеси зернистостью от 0/16 до 0/45 мм с незначительной долей мелких фракций < 0,063 мм ($\leq 5\%$ мас.) можно смешивать с (крупнозернистыми) грунтами группы 2.

Зернистость материала при его внесении непосредственно в почву (с боронованием) ≤ 32 мм.

Улучшители почвы

Необходимых свойств субстрата (по DIN 18915) достигают путем добавления в почву органических и минеральных материалов с открытыми порами.

Для улучшения водоудерживающей способности подходит лава, пемза и кирпичный щебень, а также созревший компост в соответствии с FLL или со знаком качества RAL.

Кроме того, согласно «Рекомендациям FLL по лесонасаждениям – часть 2» для поддержания жизнедеятельности почвенных организмов, улучшения корнеобразования и связывания вредных веществ можно добавить гумус, альгинаты и другие подобные вспомогательные материалы.



Табл. 6: Гранулометрический состав растительного несущего слоя от 0/16 до 0/45 мм

(Директива FLL по системам укрепления зеленых площадок)

Смесь строительных материалов	Прохождение в % мас. через сито (мм)								
	0,063	0,5	1	2	4	8	16	31,5	45
от 0/16 до 0/45	5–10	16–36	20–45	25–50	30–55	37–63	47–100	73–100	100

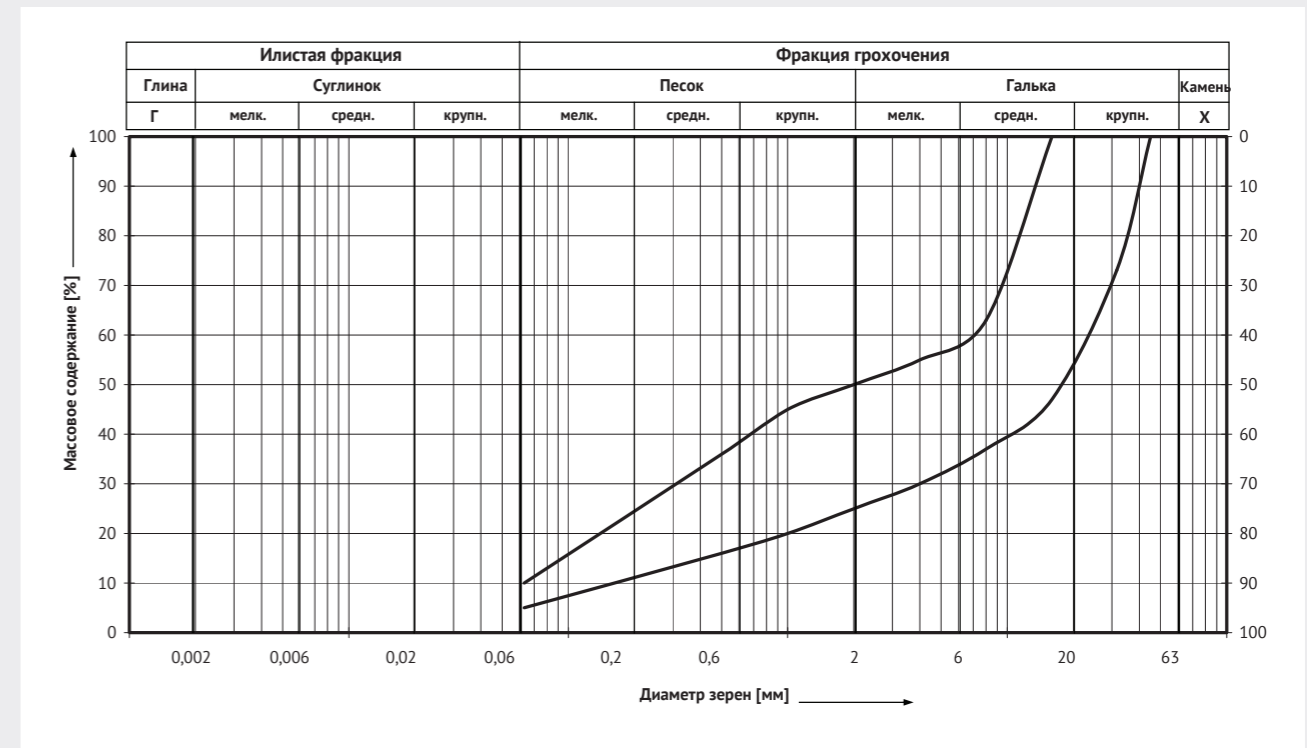


Рис. 7: Диапазон кривых просеивания от 0/16 до 0/45 (Директива FLL по системам укрепления зеленых площадок) Смесь должна находиться в нижней области рекомендованной полосы линий просеивания. Приоритет имеют функциональные требования.

Растительный несущий слой

Табл. 7: Требования к растительному несущему слою

Параметр	Требования	Проверка согласно
зернистость	от 0/16 до 0/45 мм	DIN 18123 или DIN EN 933-1 DIN EN 933-4 DIN EN 932-3
модуль деформации E_{v2}	см. табл. 9	статическая по DIN 18134
степень уплотнения D_{pr}	$\geq 93 \leq 95 \%$	DIN EN 13286-2
водопроницаемость k_f	$\geq 1,0 \times 10^{-5}$ м/с	DIN 18130-1
уклон	$\leq 2 \%$	нивелирование
согласно FLL		
влажность грунта при укладке	содержание воды в грунте, как правило, от 0,5 до 0,7 W_{Pr}	DIN 18121
водоудерживающая способность	$\geq 20 \%$ об. и $\leq 40 \%$ об.	Рекомендации FLL по лесонасаждениям – часть 2 (но со средним испытательным цилиндром из стали)
органическая субстанция	массовая доля от 1 до 3 %	DIN 18128
содержание солей	≤ 150 мг на 100 г	VDLUFA A 10.1.1
значение pH	5–9	DIN ISO 10390
высота расположения	предельное отклонение от расчетной высоты ± 2 см	нивелирование
ровность	предельное значение стрелы прогиба ≤ 2 см при расстоянии между точками измерения 4 м	DIN 18202

Табл. 8: Толщина слоя в зависимости от класса грунта по промерзанию

Технология TTE°	Грунт F1	Грунт F2/F3
TTE° Grün 1	несущий слой не требуется	несущий слой не требуется
TTE° Grün 2	растительный несущий слой 20 см	растительный несущий слой 25 см
TTE° Grün 3	растительный несущий слой 20 см на несущем слое щебня (0/32 мм) 10 см	растительный несущий слой 20 см на несущем слое щебня (0/32 мм) 15 см

Табл. 9: Несущая способность и плотность грунта в зависимости от технологии

Технология TTE°	Модуль деформации E_{v2}	Плотность грунта по методу Проктора D_{pr}
TTE° Grün 1	несущий слой не требуется	несущий слой не требуется
TTE° Grün 2	растительный несущий слой минимум 20 МН/м ²	$\geq 93 \leq 95 \%$
TTE° Grün 3	растительный несущий слой минимум 30 МН/м ² несущий слой щебня минимум 20 МН/м ²	$\geq 93 \leq 95 \%$

Не следует уплотнять несущие слои больше рекомендованного, так как это приведет к ухудшению дренажной и очищающей способности покрытия.

Указания по подготовке

Способ подготовки растительного несущего слоя выбирается с учетом местных условий, а также наличия необходимых машин и материалов. Процесс смешивания материалов может происходить непосредственно на поверхности площадки, за пределами площадки или на месте работ может завозиться смесь, приготовленная на специальном предприятии. Выбор варианта зависит от технологии строительства. Решение должно быть принято заранее, еще на стадии проектирования. Для получения однородной смеси потребуется специальная техника.

Указанные компоненты смеси, их соотношение, диапазон кривых просеивания – это ориентировочные данные. В каждом конкретном случае они могут корректироваться с учетом используемых материалов. Мерилом оценки являются только функциональные требования.

Засыпка смеси осуществляется в соответствии с Директивой FLL по системам укрепления зеленых площадок. Особое внимание нужно обратить на оптимальную влажность смеси (она должна быть от 0,5 до 0,7 w_{Pr}), равномерность ее насыпки и защиту от влаги. Смесь не должна разделяться на компоненты и содержать комки.

Растительный несущий слой должен отвечать общим требованиям TTE° и FLL (табл. 7), требованиям к толщине (табл. 8) и плотности (табл. 9). Нужная плотность достигается под статической нагрузкой.

Почва берется только из верхнего слоя, она должна быть «живой». Это главное условие успешной приживаемости растений и хорошей экологической функциональности растительного несущего слоя.

Указания по подготовке растительного несущего слоя

Вариант А – внесение материала непосредственно в почву с последующим боронованием

Необходимые условия

- технология ТТЕ® 2
- отсутствие больших изменений топографии и высоты насаждений
- соответствие имеющейся почвы всем требованиям
- зернистость используемого структурного материала в пределах 32 мм (обусловлено машинной технологией)

Преимущества

- невысокая стоимость строительства → минимальное разрушение почвы, не требуется ее складирование, выпадают платежи за доставку и утилизацию почвы
- внесение минеральных структурных материалов непосредственно в имеющуюся почву без ее предварительного снятия (при необходимости, для планировки поверхности по высоте)
- в отдельных случаях почва вносится в существующий щебеночный несущий слой (например, дороги на строительных площадках, санирование укрепленных площадок с обычным несущим слоем)

- самый экономичный метод подготовки растительного несущего слоя
- смесь получается очень гомогенной

Подготовка

- Снимите дерн и выровняйте поверхность
- Для приготовления растительного несущего слоя смешайте: 60 % об. щебня 2/32 мм, 40 % об. имеющейся почвы группы 2 или 4 по DIN 18915, толщина слоя 20–25 см (измеряется насыпанный и уплотненный слой)
- Поверх насыпьте смесь щебня зернистостью от 2/16 до 2/32 мм и выровняйте ее.
- Пробороните насыпанные слои подходящей ротационной бороной (или почвенной фрезой) на глубину прикл. 25–30 см (щебеночная смесь 15–18 см (ок. 60 % об.) + почва 10–12 см (ок. 40 % об.))

Для смешивания компонентов лучше использовать ротационную борону, чем почвенную фрезу. Процесс смешивания бороной более щадящий к почве и почвенным организмам.

Вариант В – внесение материала непосредственно в почву (mixed-in-place)

- Уплотните растительный несущий слой, степень уплотнения $D_{pr} \geq 93 \leq 95 \%$, модуль деформации $E_{v2} \geq 20$ МН/м²
- Выполните планировку участка (желательно гусеничными машинами)

Необходимые условия

- технология ТТЕ® 2, альтернативно, если внесение материала непосредственно в почву невозможно из-за отсутствия нужных машин
- технология ТТЕ® 3
- соответствие имеющейся почвы всем требованиям

Преимущества

- повторное использование снятой почвы
- отсутствие затрат на доставку и утилизацию почвы

Подготовка

- Снимите верхний слой почвы, складируйте его в стороне и выполните планировку участка
- Только для технологии ТТЕ® 3: Для получения двойного несущего слоя (слой щебня 10–15 см и растительный слой) гомогенно смешайте (например, мешалкой принудительного действия), насыпьте и уплотните: 60 % об. щебня 2/32 или 0/32 мм, 40 % об. складируемой ранее почвы группы 2 или 4 по DIN 18915. Общая толщина несущего слоя должна быть 20–25 см (измеряется насыпанный и уплотненный слой)
- Уплотните растительный несущий слой, степень уплотнения $D_{pr} \geq 93 \leq 95 \%$, модуль деформации – согласно технологии
- Выполните планировку участка (желательно гусеничными машинами)

Вариант С – насыпка готового растительного несущего слоя

Этот альтернативный способ используется в том случае, когда внесение материала непосредственно в верхний слой почвы невозможно из-за непригодности почвы для приготовления смеси или из-за отсутствия соответствующих машин. Смесь

с заданными параметрами готовится на специальном предприятии, затем доставляется на место работ и насыпается на площадку. Готовые смеси, предлагаемые поставщиками, можно использовать, если они отвечают требованиям FLL.

Подробное описание см. на сайте www.tte.eu

Внесение материала непосредственно в почву. Подготовка растительного несущего слоя на примере парковки в коммуне Бетцигау (технология Grün 2)



1. В данном случае пришлось только скосить траву (ровность площадки оказалась достаточной)



2. Нанесение и выравнивание минерального структурного материала



3. Смешивание компонентов путем боронования (60 % об. щебня и 40 % об. имеющейся почвы)



4. Уплотнение и окончательная планировка поверхности

Минеральный несущий слой

Строительные материалы

Для насыпки несущих слоев подходят дробленые структурные материалы, отвечающие требованиям TL Gestein-StB. Кроме того, можно использовать смеси материалов по TL SoB-StB. Согласно Директиве FLL по системам укрепления зеленых площадок после эколого-технической и строительной экспертизы можно использовать морозостойкие, прочные на сжатие, в том числе несортированные материалы с открытыми порами (например, материалы после вторичной переработки).

Наряду с рекомендованными смесями 0/32 и 0/45 мм по FLL для насыпки несущих слоев толщиной 20 см и более можно использовать смеси 0/56 мм с гранулометрическим составом согласно Директиве FLL по системам укрепления зеленых площадок. Номинальная зернистость должна быть меньше 1/3 толщины слоя.

Для упрощения строительства при комбинированной поверхности TTE® Pflaster и TTE® Grün можно делать сквозной растительный несущий слой. Однако балластный слой под каждым участком выполняется согласно технологии строительства участка.

Подготовка

Внесение смеси осуществляется в соответствии с ZTV SoB-StB. Для толщины слоя (табл. 12), плотности (табл. 13) и других параметров (табл. 14) берутся значения из соответствующей технологии TTE®. Следует избегать расслоения смеси на компоненты.

Ориентировочный гранулометрический состав смесей представлен на рисунке 8 и в таблице 10. Это только рекомендации, мерилom для оценки служат указанные функциональные требования.

Очищающий несущий слой

По экологическим соображениям и для защиты грунтовых вод несущий слой из минерального материала по технологии TTE® Pflaster 2+3 можно заменить биологически активным очищающим несущим слоем. Этот слой «живой» почвы обеспечит очистку просачивающейся воды от загрязняющих ее веществ.

По своим параметрам, толщине и способу подготовки очищающий несущий слой должен соответствовать растительному несущему слою (при необходимости – с меньшим содержанием почвы). Балластный слой в любом случае делается из минерального материала. Это нужно для того, чтобы трава не прорастала в стыках между брусчаткой.

Табл. 10: Гранулометрический состав несущих слоев без вяжущего средства 0/32 (Директива FLL по системам укрепления зеленых площадок)

Смесь материалов	Прохождение в % мас. через сито (мм)								
	0,063	0,5	1	2	4	8	16	31,5	45
0/32	3-7	7-26	11-33	18-40	26-51	40-64	58-80	90-99	100

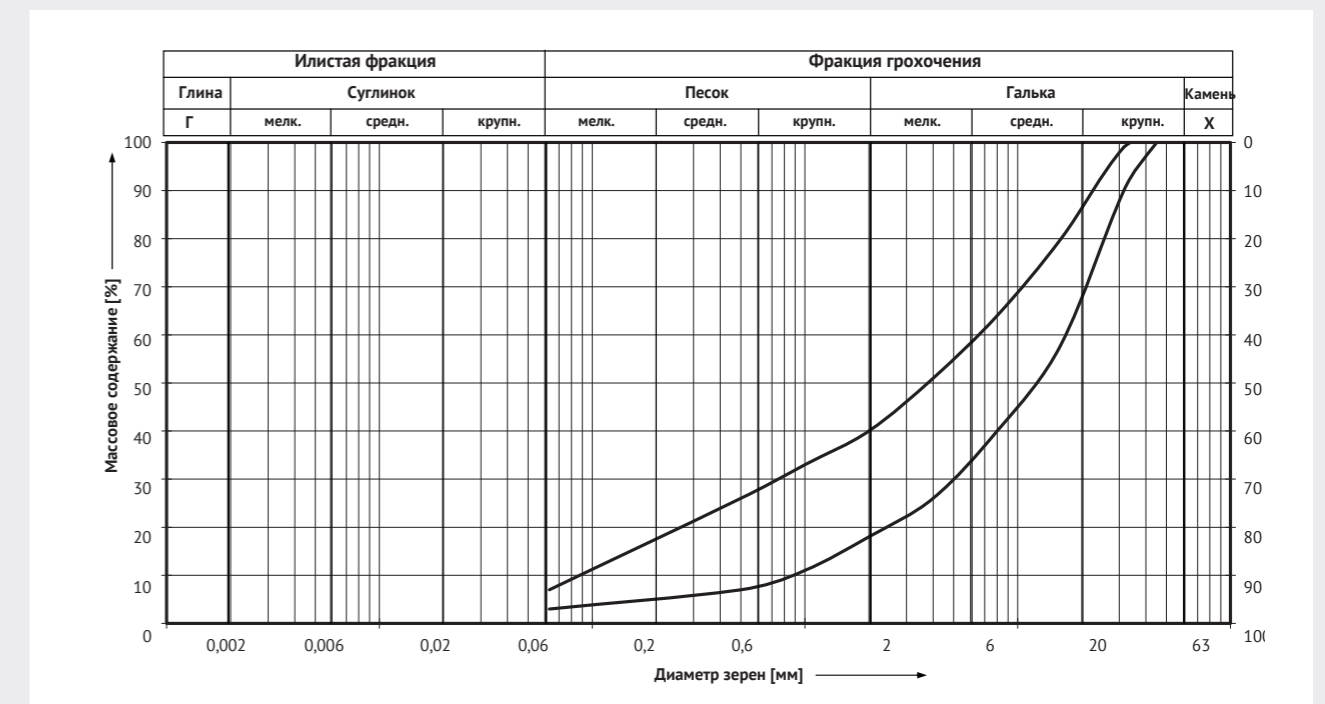


Рис. 8: Диапазон кривых просеивания 0/32 (Директива FLL по системам укрепления зеленых площадок). Смесь должна находиться в нижней области рекомендованной полосы линий просеивания. Приоритет имеют функциональные требования.

Минеральный несущий слой

Табл. 11: Гранулометрический состав несущих слоев без вяжущего средства 0/45
(Директива FLL по системам укрепления зеленых площадок)

Смесь материалов	Прохождение в % мас. через сито (мм)								
	0,063	0,5	1	2	5,6	11,2	22,4	45	63
0/45	3-7	7-27	10-33	16-40	28-52	40-64	58-81	90-99	100

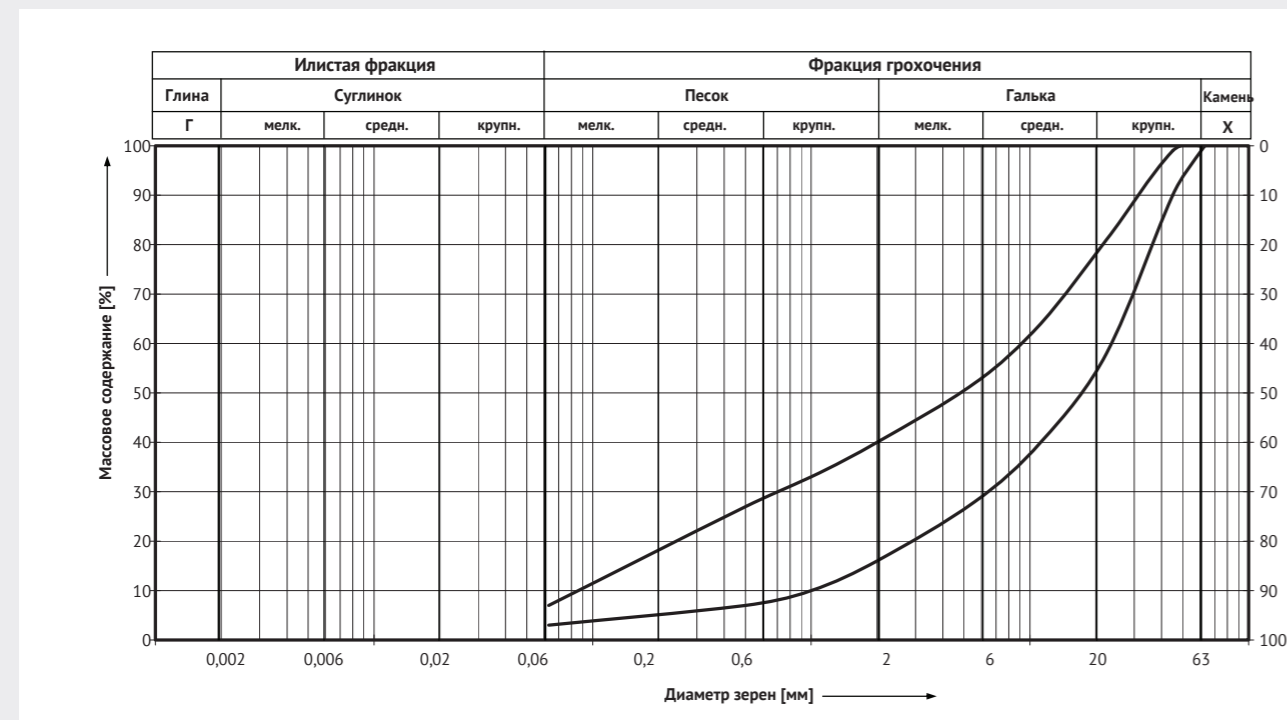


Рис. 9: Диапазон кривых просеивания (Директива FLL по системам укрепления зеленых площадок). Смесь должна находиться в нижней области рекомендованной полосы линий просеивания. Приоритет имеют функциональные требования.

Табл. 12: Толщина несущего слоя в зависимости от класса грунта по промерзанию

Технология TTE®	Грунт F1	Грунт F2/F3
TTE® Pflaster 1	несущий слой не требуется	несущий слой не требуется
TTE® Pflaster 2	несущий слой щебня 15 см	несущий слой щебня 20 см
TTE® Pflaster 3	несущий слой щебня 25 см	несущий слой щебня 30 см

Табл. 13: Степень уплотнения и несущая способность

Технология TTE®	Модуль деформации E_{v2}	Плотность грунта по методу Проктора D_{pr}
TTE® Pflaster 1	несущий слой не требуется	несущий слой не требуется
TTE® Pflaster 2	несущий слой щебня минимум 20 МН/м ²	прибл. 95%
TTE® Pflaster 3	несущий слой щебня минимум 30 МН/м ²	прибл. 95%

Табл. 14: Требования к несущему слою без вяжущих средств

Параметр	Требования	Проверка согласно
зернистость	от 0/32 до 0/45 мм	DIN EN 933-1
Модуль деформации E_{v2}	см. табл. 13	DIN 18134
степень уплотнения D_{pr}	прибл. 95 %	DIN EN 13286-2
водопроницаемость k_f	$\geq 1,0 \times 10^{-5}$ м/с	Рекомендации FLL по лесонасаждениям – часть 2 (но со средним испытательным цилиндром из стали)
уклон	≤ 2 %	нивелирование
согласно TL SoB-StB		
относительное значение E_{v2}/E_{v1}	$\leq 2,5$	
высота расположения	предельное отклонение от расчетной высоты ± 2 см	нивелирование
ровность	предельное значение стрелы прогиба ≤ 2 см при расстоянии между точками измерения 4 м	DIN 18202

Балластный слой

Строительные материалы

Для приготовления балластного слоя используются дробленые структурные материалы, отвечающие требованиям TL Gestein-StB, и грунт группы 2 и 4 по DIN 18915. Для целенаправленного улучшения

качеств субстрата можно использовать упомянутые выше материалы (стр. 16). Необходимо подтверждение фильтровальной стабильности смеси согласно ZTV Pflaster-StB.

TTE® Pflaster

Опыт показал, что при этой технологии для балластного слоя подходят смеси из щебня 2/5 или 0/5 мм (содержание мелких фракций < 0,063 мм 5 % мас. и меньше). При необходимости можно использовать также смеси из щебня до 4 или 8 мм.

Использование смесей из мелкого щебня без нулевой составляющей в качестве материала для балластного слоя при строительстве площадок TTE® Pflaster в противоположность обычным брусчатым или плиточным площадкам не представляет никакой проблемы, благодаря связи отдельных элементов TTE® и распределению нагрузки. Хорошая проницаемость этого материала обеспечивает всегда высокую впитывающую способность поверхности.

Требование к водопроницаемости $k_f \geq 1,0 \times 10^{-5}$ м/с действует и при минеральном балластном слое.

Приготовление субстрата для балластного слоя

Субстрат для балластного слоя должен поставляться на место работ в виде готовой смеси. Его укладка осуществляется в соответствии с Директивой FLL по системам укрепления зеленых площадок. При этом особое внимание нужно обратить на оптимальную влажность смеси (она должна быть от 0,5 до 0,7 wPr), равномерность ее насыпки и защиту от влаги. Смесь не должна разделяться на компоненты и содержать комки.

Рекомендованные FLL значения параметров субстрата для балластного слоя представлены в табл. 16.

Использование при подготовке балластного слоя для озеленяемых площадок TTE® чисто минеральных смесей настоятельно не рекомендуется, так как они не обеспечивают достаточное питание и водоснабжение растений. Водопоглощающая способность сильно снижается из-за разрушения капилляров.

TTE® Grün (для примера)

- 40 % об. мелкого щебня 2/5 мм
- 30 % об. просеянной почвы (размер ячейки 5 мм)
- 20 % об. лавы 2/4 мм
- 10 % об. высокопитательного созревшего компоста

Альтернативно

- 60 % об. мелкого щебня 2–5 мм
- 40 % об. просеянной почвы (размер ячейки 5 мм)
- 50 г/м² азотных удобрений перед укладкой

Ориентировочный гранулометрический состав смесей представлен на рисунке 10 и в таблице 15. Указанные компоненты смеси, их соотношение, диапазон кривых просеивания — это ориентировочные данные. В каждом конкретном случае они могут корректироваться с учетом используемых материалов. Мерилом оценки являются только функциональные требования.

Табл. 15: Гранулометрический состав балластного слоя / засыпки для площадки с озеленяемым покрытием от 0/4 до 0/8 мм

Смесь материалов	Прохождение в % мас. через сито (мм)								
	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	5,6	8
0/45	5–15	10–20	15–28	22–51	42–76	72–95	87–100	94–100	100

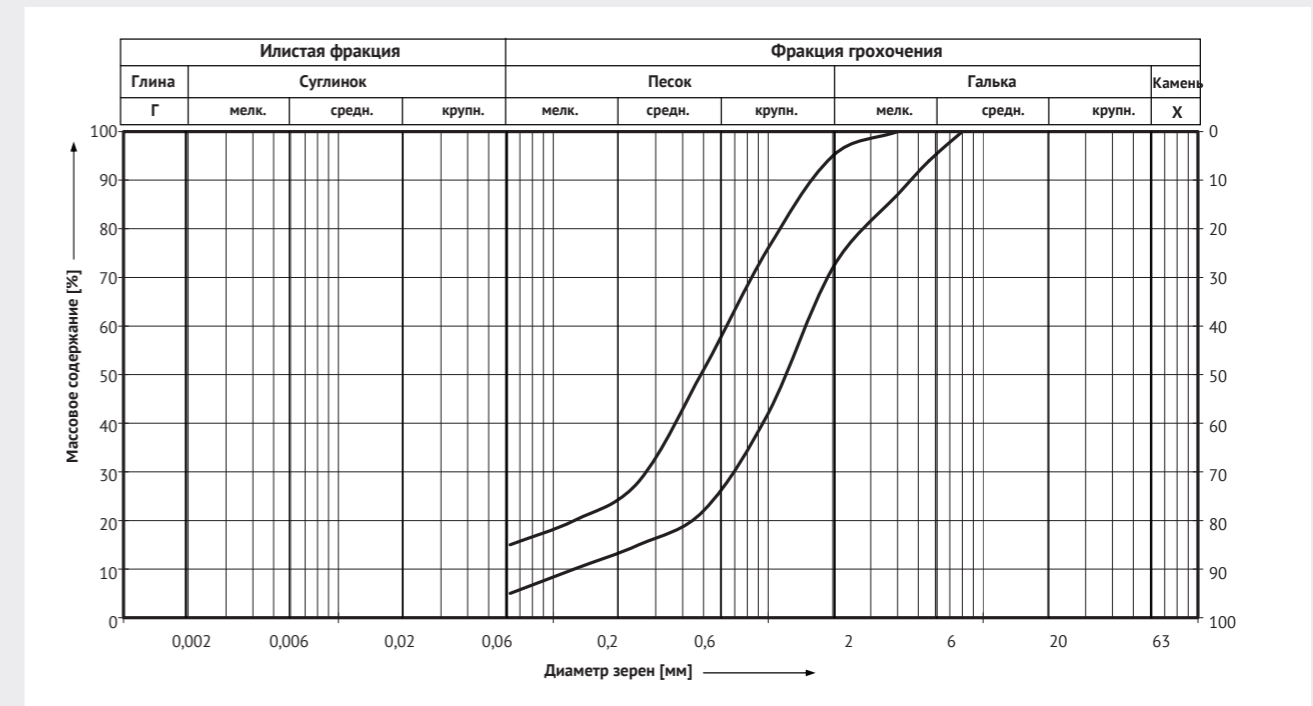


Рис. 10: Рекомендованный диапазон кривых просеивания для растительного несущего слоя / засыпки при строительстве озеленяемых площадок. Смесь должна находиться в нижней области рекомендованной полосы линий просеивания. Приоритет имеют функциональные требования.

Табл. 16: Требования к субстрату для балластного слоя и к засыпке

Параметр	Требования	Проверка согласно
зернистость засыпки	от 0/2 до 0/4 мм	DIN EN 933-1
согласно FLL		
зернистость материала для балластного слоя	от 0/4 до 0/8 мм	DIN EN 933-1
органическая субстанция	массовая доля от 1 до 3 %	DIN 18128
водопроницаемость k_f	$\geq 1,0 \times 10^{-5}$ м/с	Рекомендации FLL по лесонасаждениям — часть 2 ¹⁾
влажность грунта при укладке	содержание воды в грунте, как правило, от 0,5 до 0,7 wPr	DIN 18121
водоудерживающая способность	≥ 20 % об. и ≤ 40 % об.	Рекомендации FLL по лесонасаждениям — часть 2 ¹⁾
содержание солей	≤ 150 мг на 100 г	VDLUFA A 10.1.1

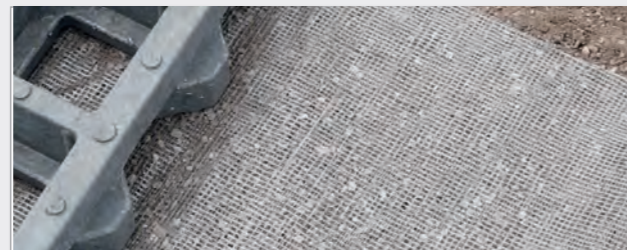
¹⁾ но со средним испытательным цилиндром из стали

Указания по укладке

Общие указания по укладке:

- Ширину укладки следует по возможности согласовать с шагом элементов ТТЕ® при учете зазоров между элементами и деформационных швов.
- Начиная укладку, вставьте между плитками и бордюрами распорные прокладки, чтобы предотвратить смещение элементов и неравномерность швов
- Элементы ТТЕ® укладывайте широкой опорной поверхностью вниз на одной высоте, соединяя их надлежащим образом
- Направление укладки перпендикулярно направлению автомобильного движения
- Быстроту и чистоту укладки обеспечит мелкоячеистая сетка (обычное нетканое полотно здесь не годится)
- В процессе укладки работник должен находиться на уже уложенной поверхности, наступать на балластный слой запрещается
- Сложенные на поддоне элементы ТТЕ® по ходу работы периодически перемещают к актуальному месту укладки
- Следует по возможности избегать интенсивного движения строительной техники на еще не полностью уложенных, заполненных и обработанных вибратором поверхностях
- Высота укладки на 15–20 мм выше высоты примыкания (перед виброобработкой поверхности)

- Укладка рядом с бордюрами выполняется с использованием распорных элементов для деформационных швов (например, реек)
- Необходимо регулярно проверять прямолинейность и ширину стыков; при необходимости внося исправления с помощью молотка и бруска
- По уложенным и заполненным элементам ТТЕ® следует пройти легким вибратором



Мелкоячеистая сетка: Она препятствует проникновению материала балластного слоя в стыки между элементами ТТЕ®, облегчает укладку и служит прослойкой. Отрезки сетки укладываются с перекрытием 30–50 см.
Характеристики: удельная масса 24 г/м², размер ячейки ≤ 4 мм, ширина рулона 3,20 м, материал: полиэтилен

Один рабочий укладывает за час прибл. 20–25 м² элементов ТТЕ® (без брусчатки)

Расширение

Заполненные брусчаткой или (особенно) растительностью элементы ТТЕ® расширяются незначительно. Узких (1–2 мм) стыков вполне достаточно для компенсации этих расширений, так что дополнительные деформационные швы в пределах площадки не нужны. Такие швы оставляются только вдоль бордюров для предотвращения их смещения.

Деформационные швы:

Деформационные швы заполняются до верхнего края решетки. Их ширина зависит от размеров площадки. Суммарная ширина швов **1 см на каждые 10 м** площадки (например при длине площадки 30 м ширина шва с каждой стороны должна составлять 1,5 см). расстояние измеряется от внешней точки крайней плитки (соединительные зубцы: 1,5

см) до бордюра. Швы создаются в начале укладки с помощью распорных элементов. В качестве последних можно использовать, например, рейки.

- ТТЕ® Grün: Деформационные швы заполняются субстратом.
- ТТЕ® Pflaster: Деформационные швы заполняются сыпучим гранулятом из EPDM-каучука или промытым песком 0/2 мм.

Строительство при температуре воздуха 20 °С и выше:

При работе в условиях повышенной температуры необходимо укладывать элементы ТТЕ® как можно плотнее друг к другу и соединять их, как описано в указаниях по укладке. Ширину деформационных швов в этом случае следует уменьшить в два раза.

Примыкания

Бордюры

Укрепленные площадки систем ТТЕ® нуждаются в бордюрах, как правило, только с тех сторон, которые параллельны продольной стороне плиток, потому что поперечные стороны фиксируются от смещения трехсторонними соединениями. Бордюры нужны в местах примыкания площадки к другим покрытиям, где на поверхности действуют повышенные срезающие и сдвигающие усилия.

Длина бордюров по возможности должна быть согласована с шагом элементов ТТЕ®, чтобы избежать лишних трудозатрат на резку бордюров. При этом необходимо учесть ширину деформационных швов от внешней точки крайней плитки до бордюра и ширину зазоров (1–2 мм) между элементами ТТЕ®. Деформационные швы выполняются согласно описанию на странице 28. На брусчатых площадках ТТЕ® можно срезать соединительные зубцы элементов вдоль бордюров для визуального уменьшения деформационных швов.

Тип и размеры элементов обрамления площадки выбираются в зависимости от используемой технологии строительства. Элементы должны соот-

ветствовать стандартам DIN EN 1340 и DIN 483. Бордюры и другие элементы обрамления устанавливаются согласно стандарту DIN 18318.

На площадках, к которым не предъявляются жесткие требования, роль обычных бордюров могут выполнять крайние плитки, фиксируемые не трехсторонним соединением, а грунтовыми гвоздями в отдельных точках. Гвозди, по соображениям безопасности, должны иметь округлые шляпки и возвышаться над верхним краем решетки минимум на 3 см. Их длина должна быть не меньше 50 см.

Повороты

На крутых поворотах элементы ТТЕ® удерживаются от смещения ограничительными элементами, установленными, как минимум, с одной стороны (рис. 16). При пониженных требованиях к площадке или больших радиусах поворотов, особенно если планируется озеленение или фиксация крайних плиток, роль ограничительных элементов могут выполнять бордюры.

Подгонка



При взаимной подгонке элементов ТТЕ® им можно быстро и легко придать любую форму путем резки (стр. 32).



Прекрасного эстетического эффекта можно достичь без резки элементов ТТЕ®, замостив оставшееся пространство между плитками и бордюрами.

Места переходов

В местах проезжих переходов, к которым предъявляются повышенные требования и в которых отсутствует соединение элементов со стороны бордюра, несущий слой должен иметь повышенную плотность. При технологии строительства ТТЕ® 1 ровность поверхности поможет сохранить несущий слой клиновидной формы (рис. 11). Высота укладки элементов до их виброобработки должна составлять 15–20 мм над высотой примыкания.

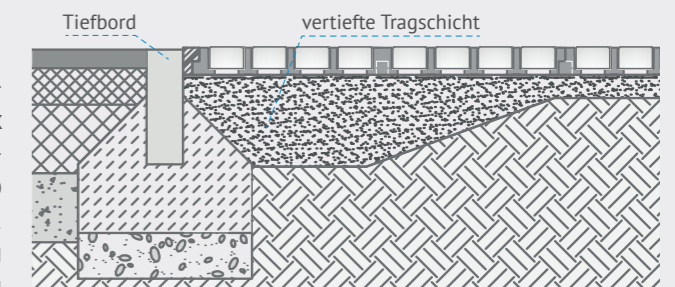


Рис. 11: Технология строительства ТТЕ® 1: несущий слой клиновидной формы на проезжем краю площадки для сохранения ровной поверхности

Типы перевязки

Рис. 12: Перевязка «ёлочкой»

Самофиксирующееся соединение, с низким/высоким бортиком или с фиксацией крайних плиток

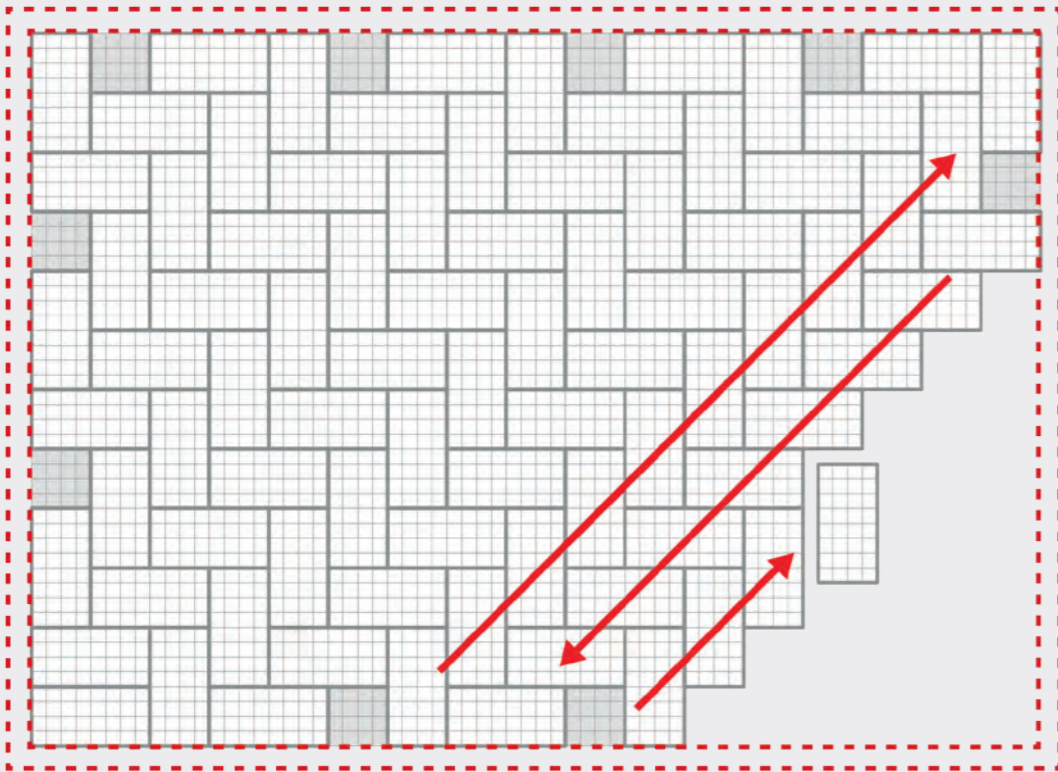


Рис. 13: Ложковая перевязка

С низким или высоким бортиком, альтернативно – с фиксацией крайних плиток

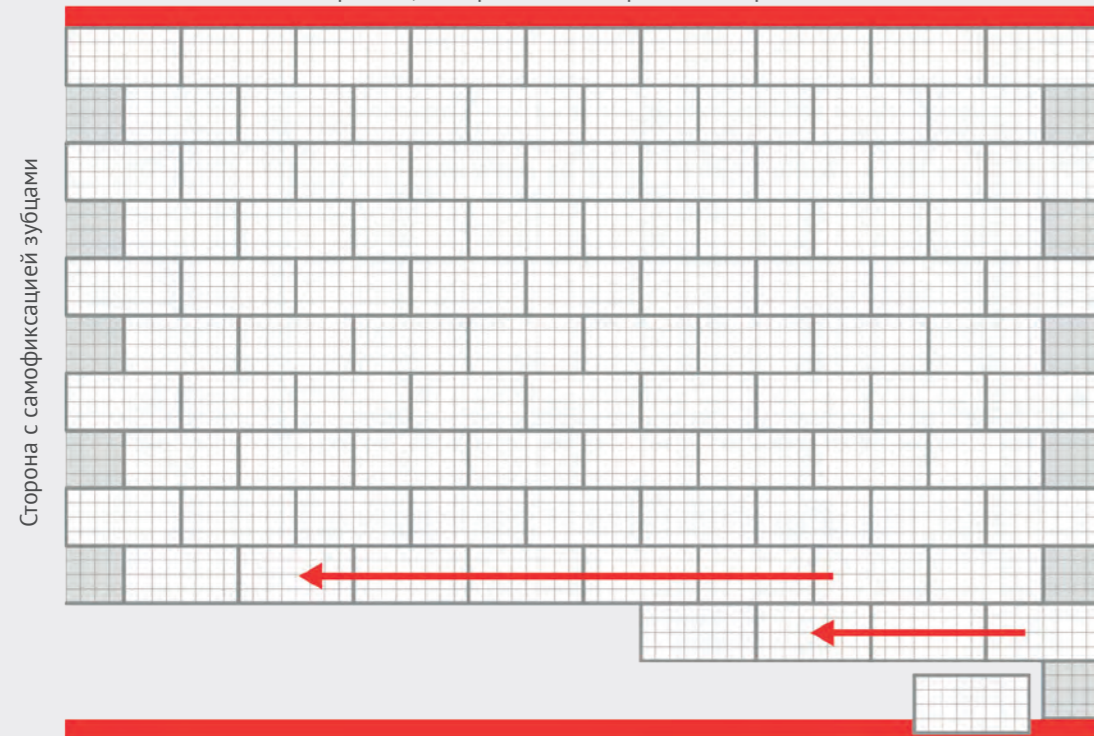
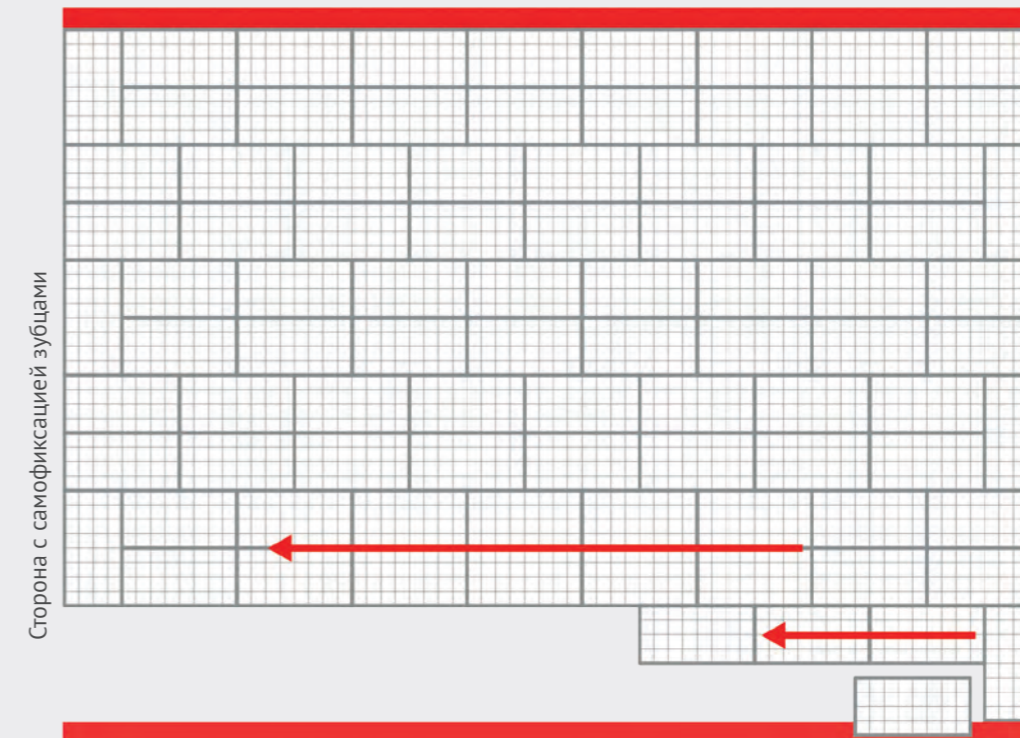


Рис. 14: Перевязка со смещением блоков

С низким или высоким бортиком, альтернативно – с фиксацией крайних плиток



Типы перевязки и их выбор

Перевязка «ёлочкой»

В стандартных случаях применяется перевязка «ёлочкой». Она обеспечивает оптимальное равномерное распределение нагрузки во всех направлениях, поэтому хорошо подходит для мощения путей движения тяжелой техники, заводских территорий и складских площадок. Благодаря самофиксации со всех четырех сторон площадки отпадает необходимость в бордюрах. Специально фиксировать нужно только угловые плитки.

Ложковая перевязка

Отдельные элементы смещены относительно друг друга на половину (минимум на четверть) длины плитки. Нагрузка распределяется преимущественно поперек направления укладки, поэтому данный способ перевязки больше подходит для укрепления поверхностей с одним направлением движения – дорог, парковочных мест, улиц.

По причине невысокого распределения нагрузки не рекомендуется использовать этот тип перевязки, тем более, без смещения, на перекрестках.

Перевязка со смещением блоков

Смещение блоков позволяет заполнять пробелы на краях площадки без резки плитки пополам. Кроме того, это один из декоративных вариантов перевязки. Из-за наличия крестообразных стыков распределение нагрузки не самое лучшее, поэтому такую перевязку используют на площадках с небольшой нагрузочной способностью (макс. до ТТЕ® 2 при невысоких нагрузках).

Укладка элементов ТТЕ® на поворотах

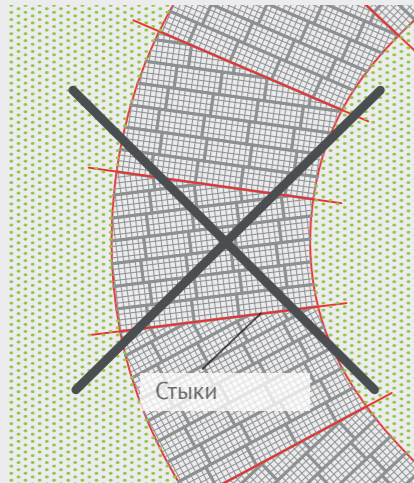


Рис. 15: Разрезанные элементы не соединяются друг с другом, поэтому не могут распределять нагрузку. Срезание краев, как правило, не требуется.



Рис. 16: На крутых поворотах можно менять направление укладки. В зависимости от нагрузки может потребоваться бордюр с одной стороны.

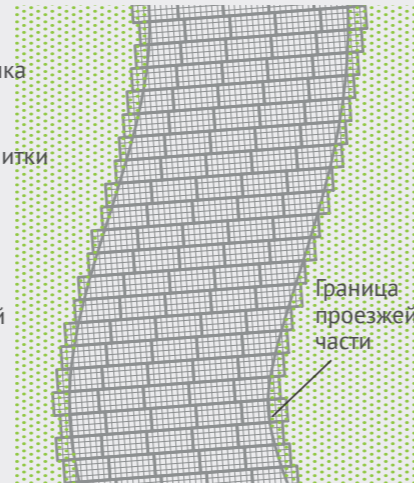


Рис. 17: Выступающие из проезжей части края плитки скрыты от взгляда растительностью на прилегающей территории.

Резка

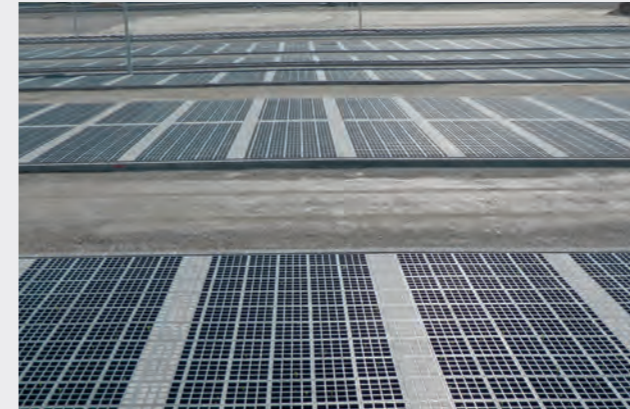
При подгонке элементы можно легко резать подходящей пилой. В общем случае следует избегать разрезов в пределах площадки, они приводят к потере функции распределения нагрузки (рис.15). На крутых поворотах можно менять направление (рисунок) укладки на 90° (рис.16). В качестве альтернативы можно применить перевязку «ёлочкой». В области проезжих примыканий также лучше избегать разрезов. Резка краев, поперечных направлению укладки, как правило, не требуется, они скрыты зеленью с прилегающей территории. Края, выступающие из проезжей части или укрепленной области, скрыты зеленью, фиксация крайних элементов со временем только улучшается (рис.17). В дальнейшем переезд границы проезжей части не приводит к повреждению обочины, а значит повышается безопасность движения.



Подходящие для резки инструменты:
круглые: циркулярная пила с твердосплавным диском
прямые: электролобзик (с учетом высоты элементов)

Выделение парковочных мест, въездов, выездов и проездов

Парковочные места, въезды, выезды, проезды легко и просто обозначаются вставленной в элементы ТТЕ® брусчаткой.



Парковка с четырехрядной маркировкой стояночных мест требует 40 брусков на один погонный метр. Маркировка обеспечивает удобство въезда и выезда (снимок сделан на стадии строительства).



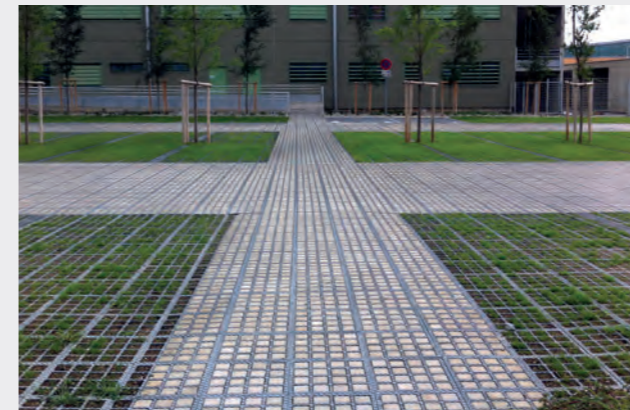
Сквозные двойные ряды парковочных мест визуально разделены полосами брусчатки на торцах (снимок сделан на стадии строительства).



Проезды и парковочные места легко и просто обозначаются брусчаткой ТТЕ®. Растровая структура поверхности позволяет без проблем реализовать самое разное оформление площадки.



Расширенные маркировочные полосы одновременно служат прочными и проезжими в любую погоду колеями для въезда на парковочное место и выезда с него.



Тротуары и беговые дорожки по технологии ТТЕ®. Мощные и озелененные поверхности в одной комбинированной системе.



Колес для въезда и выезда смотрятся тем лучше, чем они короче (максимум 4 м) и шире (минимум 4 ширины шины).

Засыпка

TTE® Grün

Субстрат-заполнитель (примерный состав)

40 % об. просеянной почвы (размер ячейки 5 мм)
20 % об. промытого песка 0/2 мм
20 % об. лавы 2/4 мм
10 % об. высокопитательного созревшего компоста

Альтернативно

40 % об. просеянной почвы (размер ячейки 5 мм)
30 % об. промытого песка 0/2 мм
50 г/м² основного удобрения

TTE® Grün 3: перед засыпкой субстрата заполнить 50 % ячеек брусчаткой в шахматном порядке

Строительные материалы

Для приготовления субстрата-заполнителя используются дробленые структурные материалы, отвечающие требованиям TL Gestein-StB, и грунт группы 2 и 4 по DIN 18915. Качество субстрата можно улучшить добавлением вспомогательных материалов (стр. 16). Необходимо подтверждение фильтровальной стабильности смеси согласно ZTV Pflaster-StB.

Для снижения затрат при заполнении ячеек элементов можно использовать также балластный материал. Однако рекомендованный субстрат-заполнитель обеспечивает лучшие условия жизнедеятельности растений и лучше подходит для засыпки швов.



Для защиты и лучшего развития растений после заполнения ячеек элементов их нужно вымести подходящей подметальной машиной на 1,5–2 см ниже верхнего края решетки.

количество необходимого материала [м³] ≈ площадь [м²] × 0,03 м

На подъездных путях для пожарных машин и на площадках TTE® с очень низкой интенсивностью движения ячейки элементов могут быть слегка переполнены.

Подготовка

Субстрат изготавливается на специальном предприятии. Его засыпка осуществляется в соответствии с Директивой FLL по системам укрепления зеленых площадок. При этом особое внимание нужно обратить на оптимальную влажность смеси (она должна быть от 0,5 до 0,7 wPr), равномерность ее насыпки и защиту от влаги. Смесь не должна разделяться на компоненты и содержать комки.

Смеси материалов по большинству параметров должны соответствовать требованиям FLL к балластным материалам и заполнителям (стр. 27, таб. 16)

Ориентировочный гранулометрический состав смесей представлен на рисунке 10 и в таблице 15. Указанные компоненты смеси, их соотношение, диапазон кривых просеивания – это ориентировочные данные. В каждом конкретном случае они могут корректироваться с учетом используемых материалов. Мерилем оценки являются только функциональные требования.

Так как субстрат однородный и рыхлый, для его внесения в решетчатые элементы особенно хорошо подходит отделочная дорожная машина. Альтернативно можно использовать малые и компактные погрузчики массой до 7,5 тонн с ковшом без зубьев. При этом элементы TTE® следует, по возможности, заполнять с избытком. Нужно избегать резких движений строительной техники на незаполненной решетке и больших нагрузок. Маркировку парковочных мест лучше чем-нибудь накрыть, чтобы избежать ее последующего зарастания.

TTE® Pflaster:

Брусчатка поставляется трех цветов: светло-серая, рубиново-красная и антрацитовая.

Масса: 610 г/штука

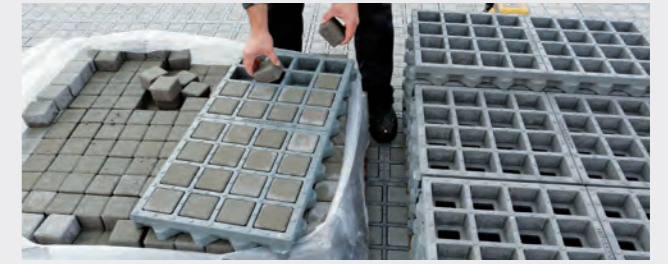
Материал: упрочненный небьющийся бетон

Размеры: 74 × 74 × 48 мм

100 брусков на квадратный метр

Указания по укладке

Для оптимизации процесса работы рекомендуется параллельно укладке элементов TTE® производить их заполнение брусчаткой. По мере продвижения, поддоны с элементами и брусчаткой следует регулярно перевозить ближе к текущему месту работ на погрузчике или тележке с подъемным механизмом. Машины должны двигаться по готовой поверхности.



Поверхности из брусчатки TTE® не надо засыпать песком или мелким щебнем. Подвижность брусков препятствует засорению зазоров и способствует таким образом постоянной водопроницаемости. В крайнем случае (если, например, предполагается движение транспорта по площадке со скоростью выше 30 км/ч) брусчатку можно зафиксировать, слегка присыпав ее мелким щебнем.

Посев травы при технологии строительства TTE® Grün:

Смеси семян должны соответствовать требованиям стандарта DIN 18917 «Техника озеленения при ландшафтном строительстве – газоны и их засеивание» или, соответственно, «Правилам составления смесей семян газонных трав (RSM)» от FLL.

Рекомендуемый посевной материал:

RSM 5.1 Parkplatzrasen;

RSM 7.2 Landschaftsrasen (для сухих мест)

Подготовка

Согласно Директиве FLL по системам укрепления зеленых площадок посев надо производить при температуре почвы минимум 8 °C и достаточной влажности (обычно с мая по сентябрь).

Посев выполняется в соответствии с DIN 18917. Количество вносимых в почву семян – по правилам RSM. Согласно Директиве FLL по системам укрепления зеленых площадок смесь семян равномерно вносят в почву «мокрым» или «сухим» способом, не смешивая с почвой и не разделяя на составляющие. При посеве «мокрым» способом руководству-

Для большей экологичности и разнообразия видов можно использовать смеси семян засухоустойчивых низкорослых трав. Такие травы являются хорошим дополнением к газонным травам в местах с низкой интенсивностью движения и небольшими нагрузками. Для площадок с очень невысокими требованиями, прежде всего сухих, подойдут смеси семян RSM 2.4 Gebrauchsrassen и RSM 6.1 Extensive Dachbegrünung.

ются стандартом DIN 18918 «Техника озеленения при ландшафтном строительстве – инженерно-биологические методы укрепления укрепления путем создания растительного покрова, технологии строительства с использованием живых и неживых материалов и элементов, комбинированные технологии строительства». В семена трав рекомендуется добавить песок.

Покрытия из минеральных материалов

Применение элементов TTE® дает значительное повышение функциональности и нагрузочной способности минеральных покрытий. В качестве армирующего и разделяющего слоя они гарантируют постоянную ровность поверхности, а также

препятствуют повреждению и смешиванию слоев материала. Значительно уменьшается толщина всей конструкции, снижаются расходы на эксплуатацию и ремонт площадки.

Площадки из щебня, гальки и песка по технологии TTE®

Несвязанные покрытия с элементами TTE® отличаются всегда высокой впитывающей способностью. Они не требуют обслуживания, прочны, имеют достаточную нагрузочную способность и естественный внешний вид.

нему виду можно использовать также декоративные щебень и гальку.

Строительные материалы

Подойдет крупнопористый щебень и галька 16/32 мм (оптимально 18/22 мм), а также песок с содержанием мелких фракций (< 0,063 мм) до 5 % мас. Дробленые структурные материалы по TL Gestein-StB. При повышенных требованиях к внеш-

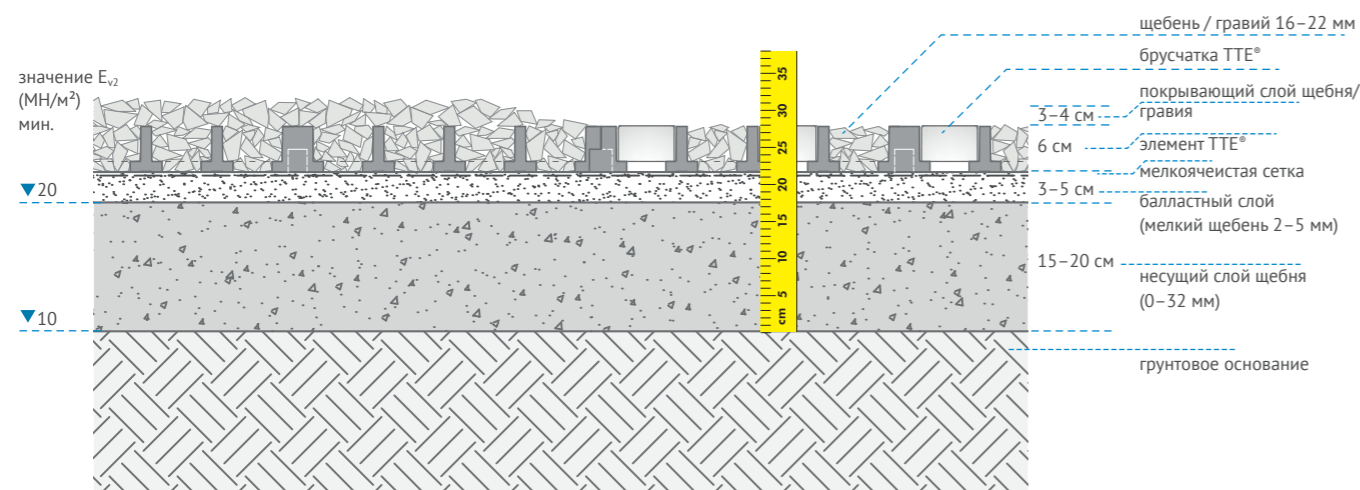
Подготовка

Засыпьте материал в ячейки элементов TTE® «с верхом». Смесь материалов должна выступать над верхним краем решетки на 3–4 см. Уплотните материал легким вибратором. Если площадка предназначена для интенсивного движения и высоких нагрузок (например, для проезда тяжелого транспорта) 50 % ячеек элементов TTE® заполните брусчаткой.

Неподходящие материалы

Минеральные материалы, содержащие фракции зернистостью 2–16 мм, подходят для использования в качестве заполнителя только условно. Они могут забиваться в стыки между плитками, мешая тепловому расширению элементов. Переполнение элементов TTE® не мешает их расширению.

Рис. 18: Система TTE® со щебеночным покрытием (на примере технологии TTE® 2)



Водосвязные покрытия с элементами TTE®

При наличии водосвязного покрытия впитывающая способность системы TTE® проявляется только в малой степени, так как осадки просачиваются преимущественно сквозь покрытие. Однако, благодаря хорошей водопроницаемости, функциональность получается выше, чем при обычных методах строительства, потому что покрытие не склонно к размоканию.

Материалы для покрытия

Для TTE® подходят смеси зернистостью от 0/3 до 0/8 мм с содержанием мелких фракций (< 0,063 мм) от 8 до 21 % мас.

Требования к смесям материалов для покрытий можно найти в специальном докладе FLL по проектированию, строительству и эксплуатации водосвязных путей.

Из-за этого, а также благодаря армирующему динамическому действию такие площадки TTE® подходят для проезда велосипедов и движения легкового транспорта с невысокой интенсивностью. Технология идеально подходит для строительства спортивных и токовых площадок. Комбинируя ее с брусчаткой и плиткой TTE® можно строить недорогие беспороговые дорожки для пешеходов и велосипедов.

Подготовка

За основу можно взять систему TTE® 1 с минеральным балластным слоем (рис. 19). Для площадок с более интенсивным движением легкового транспорта несущий слой выполняется по технологии TTE® 2.

Затраты на эксплуатацию и ремонт связанных покрытий с элементами TTE® очень незначительны.

Насыпьте заполнитель в ячейки элементов «с верхом» (1,5–2 см), при необходимости поверните поверхность виброобработке и прокатайте. Покрытие готовится в соответствии со специальным докладом FLL по проектированию, строительству и эксплуатации водосвязных путей. Насыпьте материал покрытия (он должен иметь влажность почвы) и уплотните его катком до устойчивого состояния. Толщина слоя в уплотненном состоянии должна быть 3–4 см.

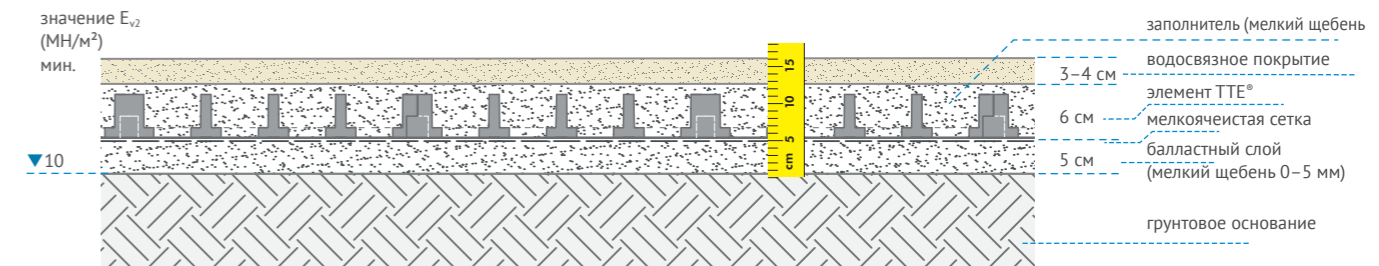
По функциональности и нагрузочной способности водосвязные покрытия, выполненные по технологии TTE®, можно сравнить с трехслойными обычными покрытиями.

Материал для балластного слоя и заполнителя

На эту роль хорошо подойдет смесь мелкого щебня от 0/3 до 0/5 мм с содержанием мелких фракций (< 0,063 мм) до 7 % мас.. Материалы нужно выбирать согласно требованиям FLL к динамическим слоям.

При больших площадях для насыпки и выравнивания заполнителя и материала покрытия используйте отделочную дорожную машину.

Рис. 19: Система TTE® с водосвязным покрытием (на примере технологии TTE® 1)



Покрытия из минеральных материалов



Уложенные и заполненные элементы TTE® перед нанесением водосвязного покрытия.



Готовое водосвязное покрытие в качестве системы укрепления дорожек, всепогодный зоопарк в Мюнстере



Не требующее ухода и всегда ровное водосвязное покрытие дорожек по технологии TTE®. Оно удобно также для прогулок на велосипеде в любую погоду.



Покрытие TTE® с брусчаткой и гравием: всегда ровное и водопроницаемое



Парковка фирмы Hans Ihro GmbH с логотпом из брусчатки TTE® (элементы заподлицо заполнены щебнем).



Прочная галечная площадка выглядит очень естественно. Ровность и удобство движения обеспечивают находящиеся под галькой элементы TTE®.

Дренаж

Системы естественной распределенной инфильтрации воды с элементами TTE®

Общие сведения

Инновационная технология обработки дождевой воды с использованием элементов TTE® сочетает в себе преимущества систем укрепления поверхности и распределенных плоскостных/канавных систем инфильтрации. Таким образом, получаются естественные, широкие, распределенные системы инфильтрации воды с функцией очистки и вододержания, которые одновременно используются как транспортные площадки.

Большие площади не оказываются потерянными для активного использования, как это бывает при строительстве обычных плоскостных или канавных систем инфильтрации. Водосборные поверхности замещаются или минимизируются. Так как несущий слой одновременно выполняет роль канавы в системе инфильтрации TTE®, благодаря уменьшенной толщине всей системы удается сократить и без того низкое потребление материала. Являясь системой инфильтрации с плоскими канавками, система TTE®, благодаря функциям распределенного впитывания и вододержания, может эффективно использоваться даже при низкой впитывающей способности грунта. В стандартных случаях от обычных дренажных систем можно отказаться.

Как правило, полностью выпадают платежи за канализацию. Так как условия предоставления услуг канализации и процедуры их оплаты в разных коммунах могут различаться, их нужно выяснить заранее.

Исключается вмешательство в природу, ландшафт и природный баланс меняются незначительно. Этого удается добиться благодаря инфильтрации воды по всей поверхности площадки (§ 14 федерального закона об охране окружающей среды).

Необходимые условия

Инфильтрующая способность площадки подлежит обязательной проверке ответственным ведомством по водному хозяйству. Согласно § 7 Закона о водном балансе для направления стоков в водоемы требуется разрешение органа водного надзора. Перед обращением в орган водного надзора необходимо удостовериться, что подключение к канализации не требуется.

Когда речь идет о системах инфильтрации, в первую очередь следует помнить об охране почвы и водоемов. Инфильтрация воды допускается только за пределами водоохраных зон I и II при условии отказа от применения соли для посыпки дорог в зимний период. Инфильтрующие системы должны удовлетворять требованиям DWA-A 138. В соответствии с этими требованиями, если здание не имеет гидроизоляции для защиты от напорных вод, то расстояние от системы инфильтрации до котлована должно быть равно полуторной глубине котлована. Необходимо учитывать другие ограничивающие поверхности.

При проверке гидрогеологических условий нужно изучить воздействие топографических факторов, а также расположение водоносных слоев, ключей, подпорных, грунтовых вод и их влияние.

Загрязнение дождевых вод

При целенаправленной инфильтрации дождевых вод следует оценить стоки согласно DWA-A 138, 3.1.2, табл. 1 на предмет концентрации в них различных веществ и влияния последних на грунтовые воды. Загрязняющие вещества делятся на три категории (см. табл. 17).

Табл. 17: Загрязнение дождевых вод

Категория	Оценка	Пригодность
A	вредные вещества отсутствуют – допускается инфильтрация вод без предварительной обработки	все технологии TTE®
B	содержание вредных веществ в допустимых пределах – допускается инфильтрация вод после достаточной предварительной обработки	как правило, все технологии TTE® (TTE® Pflaster 2 + 3 только с очищающим несущим слоем)
C	содержание вредных веществ выше допустимого – воды, как правило, подлежат направлению в канализацию	–

Дренаж

Очистка загрязненных стекающих дождевых вод

В зависимости от гидравлической нагрузки ($A_u : A_s$) площадки TTE® бывают «с инфильтрацией по всей поверхности» и «с распределенной плоскостной и канавной инфильтрацией».

Для площадок второй категории из-за большего загрязнения воды, поступающей с крыш и проезжей части может потребоваться качественная и количественная оценка стекающих дождевых вод и определение мер по их предварительной обработке согласно DWA-M 153 (см. DWA-A 138, 3.1.2, табл. 1). Это может быть необходимо, например, для парковок с частой сменой легковых автомобилей, при наличии вблизи металлических крыш без покрытия или дорог с интенсивностью движения более 15 000 машин в день.

Если качество почвы под площадкой или использованного субстрата отвечает требованиям DWA-A 138/M 153, по согласованию с ведомством по водному хозяйству можно выполнить верх-

При технологии 2 + 3 с растительным несущим слоем рекомендуется толщину слоев брать с запасом 5 см.

нюю часть площадки TTE®-как чистящую согласно DWA-M 153, табл. А.4а (см. табл. 18).

Растительный покров верхнего слоя почвы гарантирует защиту от эрозии, аэрацию и водопроницаемость поверхности (DWA-A 138). Эти функции на брусчатых площадках TTE® с очищающим несущим слоем в известной степени обеспечиваются их покрытием. Однако по сравнению с растительным слоем почвы его очищающую способность можно оценить как невысокую.

По возможности надо стремиться к тому, чтобы вода очищалась растительным слоем почвы. Хорошим компромиссом между повышенной интенсивностью использования и хорошей очищающей способностью может стать система TTE® Grün в которой 50 % ячеек заполнены брусчаткой TTE®-.

Табл. 18: Степень проницаемости в зависимости от технологии строительства TTE®

Технология TTE®	Слой	Толщина	Категория
TTE® Grün	Степень проницаемости, в зависимости от суммарной толщины слоев системы (существующий слой почвы или растительный несущий слой + балластный слой + субстрат-заполнитель) в соответствии с толщиной слоя «заросшего слоя почвы»	≥ 30 см	D1
		≥ 20 см	D2
		≥ 10 см	D3
TTE® Pflaster 1	верхний слой почвы	≥ 30 см	D2
		≥ 20 см	D3
TTE® Pflaster 2 + 3	с очищающим несущим слоем	≥ 25 см	D3

Необходимые условия

При загрязнении категории В (в допустимых пределах) необходимым условием инфильтрации является предварительная очистка стекающих дождевых вод. Несущий субстрат готовится с учетом требований DWA-A 138/M 153 к верхнему слою почвы. Получившаяся в результате верхняя часть покрытия TTE®-по своим функциям и свойствам соответствует заросшей «живой» почве. Поэтому **допуск DIBt для системы TTE® не требуется.**

Даже при повышенной нагрузке из-за приема дождевых вод с крыш и проезжей части стоки могут укладываться в соответствующие нормы и дирек-

тивы по инфильтрации. Инфильтрация по всей поверхности при технологии TTE® благоприятствует высокой очищающей способности.

Требуемые при технологии строительства TTE® значения несущей способности и степени уплотнения грунта сильно отличаются от аналогичных значений при обычных методах строительства (10–30 МН/м² вместо 100–150 МН/м²) и соответствуют показателям натурального грунта. Физические, химические и биологические процессы очистки в почве не нарушаются.

Требования к грунту и субстратам для обеспечения соответствующих мероприятий по предвари-

тельной очистке согласно DWA могут отличаться от общих требований, представленных в настоящем справочнике. Последние служат только для соблюдения необходимых инженерно-строительных параметров и характеристик растительного покрова.

Согласно релевантным требованиям **DWA-A 138**, 3.1.3 при выборе почвы, субстрата и дренажных полей нужно учитывать следующее:

- в зоне действия гидравлических процессов не должно быть никаких загрязнений (в том числе старых)
- используемые при строительстве материалы не должны негативно влиять на инфильтрационные и грунтовые воды
- релевантный в части технического обезвоживания диапазон k_f должен составлять от 1×10^{-3} до 1×10^{-6} м/с (зона ненасыщения)
- дренажное поле должно быть минимум на 1 м выше максимального среднего уровня грунтовых вод
- толщина слоя почвы должны быть минимум 10 см

Крупный песок и галька не соответствуют требованиям DWA. Тем не менее, по своей водопроницаемости они соответствуют нетронутому рыхлому грунту (DWA-A 138, рис. 1). Из-за уплотнения рекомендованных смесей TTE® до средней плотности нетронутого грунта инфильтрующая способность, как правило, опускается в область технического обезвоживания.

В случае сомнений крупнопористые составляющие можно заменить или дополнить подходящим (желательно карбонатным) песком, зернистостью, например, 0/4 мм

При достаточной толщине слоя почвы или растительного несущего слоя достаточно подтвердить водопроницаемость только этого слоя.

Улучшение связывания вредных веществ

DWA-A 138 предлагает различные меры по повышению фильтрующей и сорбирующей способности грунта. Необходимо учитывать факторы, влияющие на водопроницаемость, значение последней следует ограничить значением $\geq 1,0 \times 10^{-5}$ м/с.

Согласно **DWA-M 153** завозные почва или субстрат, а также используемый местный грунт должны обладать следующими характеристиками:

- значение pH 6–8
- содержание гумуса 1–3 % мас.
- содержание мелких фракций (< 0,063 мм) менее 10 % мас.
- общее значение $k_f > 1 \times 10^{-6}$ м/с, для инфильтрации в боковых областях системы укрепления поверхности $> 2 \times 10^{-5}$ м/с

Повышение связывающей способности путем добавки бентонита или глинистого материала ограничивается содержанием мелких фракций 10 % мас.

Для получения нужного значения pH можно использовать известь. Легко растворимая известь для этого не подойдет. Для повышения водопроницаемости грунта рекомендуется карбонатный песок.

Долю органической субстанции можно повысить добавкой гумуса или компоста. Их содержание должно составлять 1–3 % мас.

Согласно «Рекомендациям FLL по лесонасаждениям – часть 2» для поддержания жизнедеятельности почвенных организмов и связывания вредных веществ можно добавить гумус, альгинаты и другие подобные вспомогательные материалы.

Коэффициент стока

Если система TTE® используется только для укрепления поверхности, коэффициент стока покрытия может составлять $C = 0,15$. Однако независимые исследования показали, что высокая водопроницаемость систем TTE® позволяет осадкам быстро проникать в поверхность без сколь-либо заметного растекания по ней (см. доклад LWG: Вайтсхехаймер, доклад 115 (2008), Шансы и риски озелененных парковок, Юрген Эппель)

Уклон поверхности и стоки

Так как поверхностные стоки практически отсутствуют, надобность в дополнительных дренажных системах отпадает. Если, предусмотрен уклон с переменным углом для поверхностного отведения дождевых вод в дополнительную дренажную систему, его можно легко реализовать за счет небольшой подвижности (как в шарнирах) элемен-

Дренаж

тов ТТЕ® в соединениях. Резка элементов не требуется. При формировании укрепленной поверхности требуется небольшое смещение элементов. В верхних точках наклонной площадки элементы нужно укладывать без зазоров. Разрезы не допускаются.

Для полного впитывания воды поверхностью ее уклон не должен превышать 2 %. Делать большой уклон имеет смысл лишь при недостаточной впитывающей способности площадки и интеграции в нее канавок или в случае присоединения к дренажной системе. Уклон балластного, несущего и покровного слоев, как правило, одинаков.

Согласно **DWA-A 138** можно, как правило, очень просто подтвердить, что рассмотренная инфильтрующая поверхность остается бессточной (стр. 43).

Если направление стоков непосредственно в систему инфильтрации ТТЕ® невозможно, следует предусмотреть наличие открытых желобов или покрытых травой канавок. При необходимости отведения воды по подземным трубам их пропускная способность выбирается с учетом ожидаемого количества осадков.

Отведение воды через края площадки

Возможность стекания инфильтрационных вод через края площадки на естественные прилегающие поверхности благоприятно сказывается на инфильтрующей способности площадки. Поэтому при проектировании следует избегать образования на площадке «чаши» из-за замкнутого бордюра по всему периметру. Зубчатые соединения элементов позволяют делать в некоторых местах разрывы в окаймлении площадки (длиной максимум 1 м).

Использование площадки ТТЕ® в качестве распределенной плоскостной системы инфильтрации с функцией водоудержания возможно только в том случае, если поверхность площадки и грунтовое основание не имеют уклона.

Водопроницаемость

При использовании системы ТТЕ® для распределенной инфильтрации воды ее поверхность должна иметь проницаемость $\geq 5,0 \times 10^{-5}$ м/с.

Водопроницаемость покрытий ТТЕ® с балластным слоем:

- ТТЕ® Grün + субстрат в балластном слое (мелкий щебень 2/5 мм + почва): 31200 л/с × га
- ТТЕ® Pflaster + балластный слой из щебня 2/5 мм: 328000 л/с × га

*) ориентировочные значения, определенные LWG – см. протокол испытаний и сертификат

После попадания на поверхность площадки ТТЕ®- дождевые воды должны просачиваться в грунтовое основание с задержкой по времени. Чтобы гарантировать всегда высокую впитывающую способность и водопроницаемость, нужно соблюдать рекомендованную степень уплотнения грунта и несущего слоя.

Следует по возможности отказаться от использования разделительного и фильтрующего нетканого полотна, так как оно может ухудшить дренирующую способность системы. Если это невозможно (например в системе с плоскими канавками ТТЕ®), необходимо произвести расчет фильтра согласно «Памятке по применению геопластмасс при земляных работах в дорожном строительстве» (M Geok E).

Определение размеров

ТТЕ® в качестве распределенной плоскостной системы инфильтрации

Систему ТТЕ® 1, а также площадки ТТЕ®, образующие уклон, можно с полным правом считать плоскостными системами инфильтрации согласно DWA-A 1381. Плоскостные системы инфильтрации особенно эффективны при хорошей проницаемости грунтового основания.

Технологию ТТЕ® отличает бережное отношение к почве, ее незначительное уплотнение, а следовательно высокая степень впитывания, что позволяет с успехом использовать системы ТТЕ® в целях инфильтрации воды.

Чтобы эффективно использовать дренажный потенциал систем ТТЕ® 2 + 3, они должны проектироваться как плоскостные системы инфильтрации.

Определение размеров по DWA-A 138 (плоскостная система инфильтрации)

Определение необходимой площади инфильтрующей поверхности

Необходимую площадь инфильтрующей поверхности A_S согласно DWA-A 138 можно рассчитать по следующей формуле для расчетного количества осадков $r_{D(0,2)}$ с их продолжительностью $D = 10-15$.

$$A_S = \frac{A_u}{\frac{k_f \times s_f \times 10^7}{2 \times r_{D(n)}} - 1}$$

A_u = примыкающая укрепленная поверхность (м²)
 k_f = коэффициент проницаемости насыщенной зоны (м/с)

$r_{D(n)}$ = образцовая норма дождевых осадков (л/с × га)
 s_f = доля стыков (ТТЕ® = 1)

Подтверждение отсутствия переподпора и поверхностного стока

Необходимое условие для расчета: интенсивность выпадения осадков не превышает имеющуюся инфильтрующую способность грунтового основания и покрытия площадки, возникновение переподпора невозможно. Должно выполняться следующее уравнение:

$$k_f \geq 2 \times r_{D(n)} \times 10^{-7}$$

Если выполнить это условие невозможно, необходимо повысить водопроницаемость соответствующих слоев подходящими мероприятиями или предусмотреть наличие дренажных канавок (рис. 18).

Приведенную формулу можно использовать, даже если к площадке не примыкает водонепроницаемая поверхность. Этим подтверждается, что сама рассмотренная инфильтрующая поверхность остается бессточной.

Дренаж

ТТЕ® в качестве распределенной плоскостной системы инфильтрации

Благодаря незначительному уплотнению грунтового основания и поверхности, дренирующую способность систем ТТЕ® 2 + 3 можно сравнить с аналогичным показателем системы канав, несмотря на то, что первые представляют собой плоскость с незначительной долей пор. По этой причине размеры систем нужно определять на основании DWA-A 138 для дренажных канав.

Необходимые накопительные объемы достигаются выбором высоты (растительного) несущего слоя. Таким образом, несущий слой выполняет роль канавы. Водоудерживающий потенциал пор покрытия и балластного слоя не учитывается. Он остается в запасе на случай возможного последующего уплотнения материала в ходе эксплуатации системы. Коэффициент запаса, в зависимости от используемой технологии составляет 1,3–1,6 водоудерживающей способности (растительного) несущего слоя.

Табл. 19: Количество осадков и норма осадков, 83224 Грассау

(KOSTRA-DWD-2000, период наблюдений: 1951 – 2000 годы)

Продолжительность	Периодичность (лет) 5	
	N	R
5 мин	14,2	472,6
10 мин	20,4	340,4
15 мин	24,7	274,8
20 мин	28,0	233,1
30 мин	32,5	180,7
45 мин	36,9	136,8
60 мин	40,0	111,2
90 мин	43,5	80,6

N = количество осадков, мм
R = норма осадков, л/с га

Если инфильтруются только осадки, выпавшие на самую площадку ТТЕ®, (растительного) несущего слоя систем ТТЕ® 2 + 3, как правило, достаточно для водоудержания. В экстремальном случае при $k_f = 1,0 \times 10^{-6}$ м/с (минимальные требования к водопроницаемости) грунтового основания и низком коэффициенте водоудержания 0,2 (растительный) несущий слой **в состоянии принять максимальное количество осадков, зарегистрированное в Германии (83224 Грассау)***. Так получается необходимая высота несущего слоя при норме осадков 80,6 л/(с × га) с продолжительностью 90 мин (= 43,5 л/м² общего количества осадков) **прибл. 20,4 см.**

* Определено Германской метеослужбой (DWD), см. табл. 19

Коэффициент водоудержания

Коэффициент водоудержания (s) соответствует доле водоудерживающих пор в определенной смеси материалов. Он существенно зависит от гранулометрического состава и степени уплотнения материала.

Эффективный объем пор определенного материала можно определить как разность объема всех пор и связанной воды. Это делается с помощью больших сосудов с известным значением объема. Определяется объемная или весовая разница (Сикер Ф., отв. ред.): Естественная обработка дождевой воды. Берлин: Analytica, 1998).

Коэффициент водоудержания для растительного несущего слоя можно определить в ходе расчета водоудерживающей способности (макс. влагоемкости) согласно «Рекомендациям FLL по лесонасаждениям – часть 2, приложение А» соответственно объему воздуха при максимальной влагоемкости.

Следующие значения являются ориентировочными (см. табл. 20).

Для систем ТТЕ® со щебеночным несущим слоем можно считать, что их коэффициент водоудержания превышает 0,2, благодаря низкой степени уплотнения несущего слоя. Исходя из опыта можно сказать, что коэффициент водоудержания для растительного несущего слоя также не меньше 0,2.

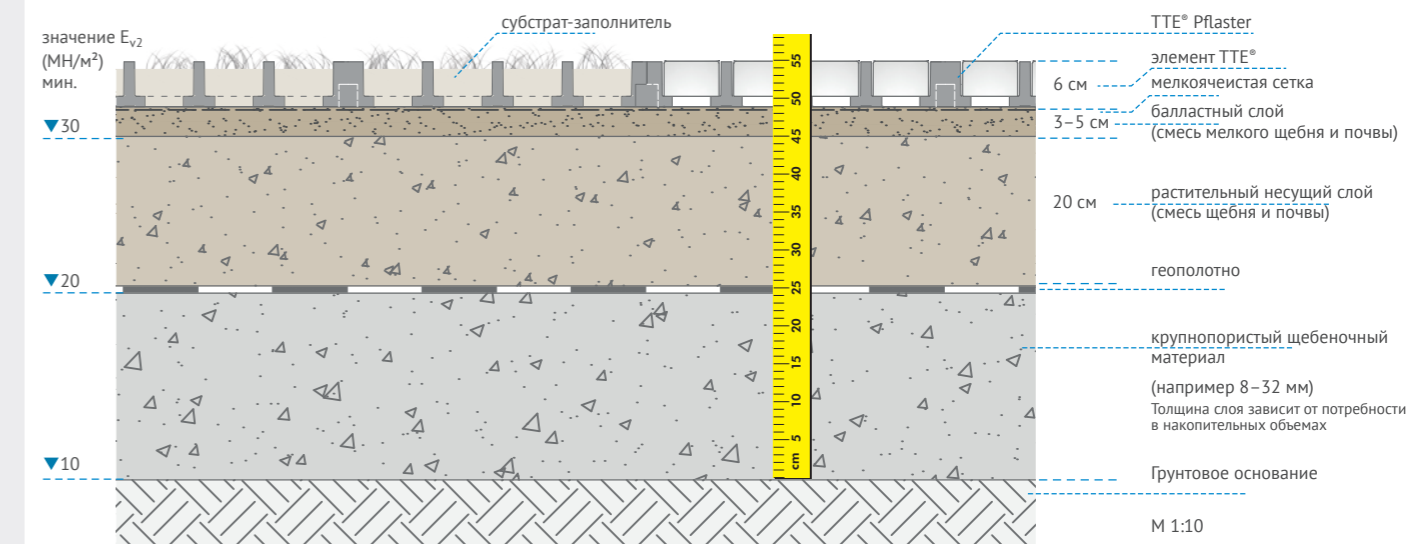
Табл. 20: Коэффициенты водонаколения различных материалов

Материал	Коэффициент водоудержания (s)
щебень 0/32 или 0/45 мм при $D_{Pr} 100\%$ ¹⁾	прибл. 0,2
галька 8/16 ²⁾	прибл. 0,28
галька 16/32	прибл. 0,4
серый рваный камень 8/56 ²⁾	прибл. 0,38

¹⁾ Согласно опыту

²⁾ Сикер Ф. (отв. ред.): Естественная обработка дождевой воды. Берлин: Analytica, 1998

Рис. 20: Дренажная плита



При высоких требованиях к водоудерживающей способности можно предусмотреть наличие в системе плоских канавок ТТЕ® с геополотном и щебнем 8/32 мм с открытыми порами 8/32. Если брусчатая площадка ТТЕ® используется в качестве плоскостной системы инфильтрации для безвредных стоков согласно DWA-A 138, материал несущего слоя для большей водоудерживающей способности можно заменить на щебеночную смесь 2/32 или 8/32 мм.



Дренажная полоса ТТЕ® выдерживает проезд транспорта массой до 40 т (Франция)

Определение размеров по DWA-A 138 (для канав)

Определение необходимой высоты несущего слоя или, соответственно, канавок

При определении размеров по DWA-A 138 вычисляется необходимая длина канавок l_R . Для технологии TTE® была разработана формула итеративного определения высоты несущего слоя (канавки). Площадь поверхности системы TTE® следует прибавить к площади непроницаемой поверхности, так как она сама нагружается расчетными осадками. Инфильтрация по бокам системы здесь не учитывается, в отличие от формулы DWA.

Необходимую высоту несущего слоя можно пошагово вычислить по формуле, вставляя в нее разные значения продолжительности. Расчетное количество осадков определяется согласно DWA-A 138 с $r_{D(0,2)}$ для $D = 10/20/30/45/60/90$ с использованием коэффициента запаса $f_Z = 1,2$.

$$h_R = \frac{[(A_u + A_s) \times 10^{-7} \times r_{D(n)}] - (l \times b \times k_f / 2) \times D \times 60 \times f_Z}{b \times l \times s}$$

Интенсивность местных осадков не должна превышать инфильтрующую способность системы TTE®. Поэтому для расчетного количества осадков $r_{10(0,2)}$ должно выполняться следующее уравнение:

$$k_f \geq 2 \times r_{D(n)} \times 10^{-7}$$

A_u : заиленная водонепроницаемая площадь (m^2)

A_s : площадь впитывания (площадки TTE®) (m^2)

k_f : коэффициент водопроницаемости насыщенной зоны (м/с) по DWA A 138 (Приложение B)

$r_{D(n)}$: образцовая норма дождевых осадков (л/(с × га))

D : продолжительность расчетного дождя (мин)

f_Z : коэффициент запаса прочности согласно DWA-A 117 ($f_Z = 1,2$)

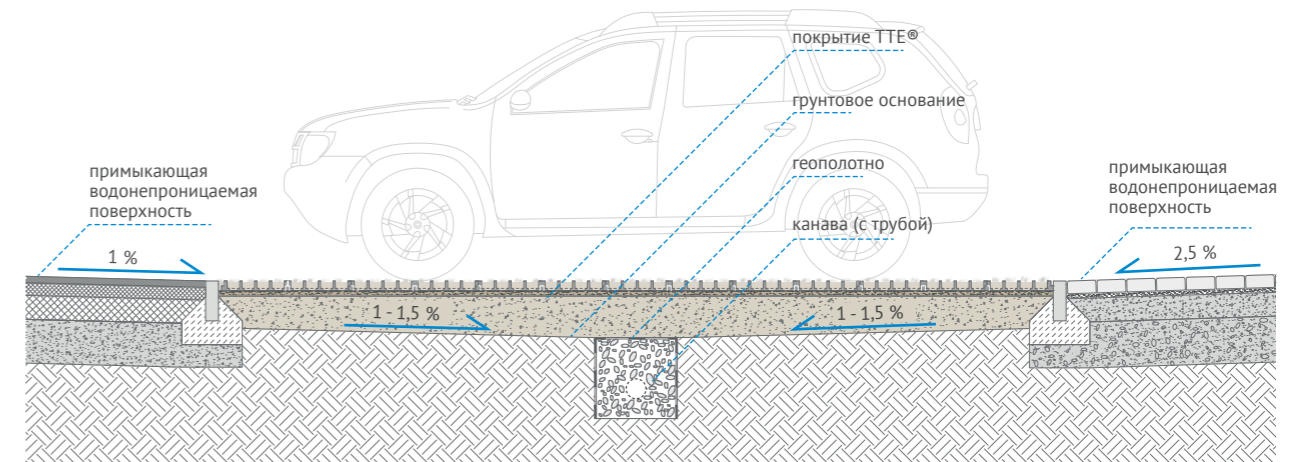
l : длина слоя (м)

b : ширина слоя (м)

h_R : требуемая высота дренажной полосы (м)

s : Коэффициент водоудержания материала

Рис. 21: Комбинация TTE® и системы канав



Комбинация с системой обычных канав

Технология TTE® предлагает различные комбинации элементов распределенной инфильтрации. Так, например, под поверхность системы TTE® могут быть проложены трубы или канавы (рис. 21). Осадки просачиваются в грунт естественным путем. Они проходят предварительную очистку в «живом» слое почвы. Когда нетронутый грунт уже не в состоянии принимать инфильтрационные воды, они накапливаются в канавках и в системе TTE®. Вместо стекания в низины стоки собираются по всей поверхности и направляются в канавы. Если вода стекает через непосредственное примыкание к площадке TTE®, длина канавы должна, по возможности, соответствовать области примыкания, чтобы обеспечить равномерное стекание воды. Размеры канавы определяются согласно DWA-A 138. Ширина канавы должна быть как можно меньше. Перевязку рекомендуется выполнять «ёлочкой».

Эксплуатация систем инфильтрации

Системы инфильтрации должны подвергаться регулярному контролю. При их эксплуатации согласно DWA-A 138 необходимо обращать внимание на следующее:

Чтоб водопроницаемость поверхность всегда оставалась на должном уровне, с нее необходимо регулярно удалять состриженную траву и опавшую листву.

Если в результате долгого усиленного загрязнения верхний слой системы не в состоянии выполнять

Для заполнения канавы подходит галька с гранулометрическим составом 8/32.

Комбинация системы TTE® с канавой хорошо подходит для удержания воды, даже если площадка имеет уклон.

Функциональная и эстетическая интеграция системы TTE®

Дренаж TTE® может быть выполнен отдельно в виде дренажных поверхностей, чтобы осадки направлялись непосредственно в область инфильтрации.

Одновременно система такой формы может использоваться в качестве средства оформления зеленых насаждений, улучшающего внешний вид и структурирующего поверхность.

функцию очистки и расщепления вредных веществ, его необходимо снять. Верхний слой меняется вместе с заполнителем и (при необходимости) балластным слоем. В зависимости от прежнего срока и интенсивности эксплуатации снятые элементы, как правило, можно использовать вторично. Снятый материал утилизируется в надлежащем порядке.

Обновленную систему инфильтрации следует проверить на качество функционирования.

Примеры оформления



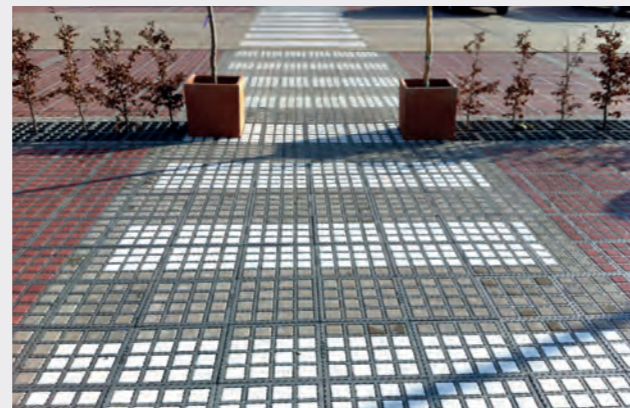
Технология TTE® открывает новые возможности комбинирования зелени и брусчатки. Зеленые живые структуры очень просто можно сочетать с брусчатыми поверхностями.



Приствольный круг с четкой границей между зеленой и засыпанной поверхностью.



Элементы TTE® в качестве несущей конструкции для брусчатки и плитки. Всегда хорошая водопроницаемость. Инновационное решение для плохих грунтов.



Цветная брусчатка делает разметку территории очень простой задачей.

Испытания и методы испытаний

Необходимые свойства материалов подтверждаются согласно специальным директивам и памяткам.

Рекомендуется заранее выполнить профессиональную экспертизу пробных смесей, прежде всего для растительного несущего слоя. Таким образом, к началу проектирования будут известны все релевантные показатели (степень проницаемости, коэффициент водоудержания и т. д.) — это обеспечит свободу маневра.

При реализации одинаковых проектов можно пользоваться результатами прежних экспертиз, если они проводились не более двух лет назад.

При этом нельзя менять типы и характеристики материалов и их смесей, иначе экспертизу придется проводить заново.

Согласно «Дополнительным техническим инструкциям по подготовке и применению растительных несущих слоев» (ZTV Vegtra-Mü) значительно увеличено время испытаний для определения водоудерживающей способности. Для экономии времени от этих испытаний при необходимости можно отказаться.

Уход и поддержание в рабочем состоянии

Общие сведения

Сдача готовой площадки в эксплуатацию, прием рекламаций, уход за площадкой на всех стадиях ее жизни осуществляется согласно Директиве FLL по системам укрепления зеленых площадок. Наряду с вышеперечисленным для ухода за системами TTE® необходимы следующие мероприятия:

Зимнее обслуживание

Следует, по возможности, отказаться от посыпки поверхности солью — это отрицательно сказывается на растительности, почве и грунтовых водах. Вместо соли лучше использовать щебень. На площадках TTE® щебень применяется в очень ограниченном количестве. Весной насыпанный за зиму материал нужно удалить.

Для уборки снега должны применяться машины без цепей на колесах, с резиновой или пластиковой рабочей поверхностью снегоуборочного ножа. Максимальная масса уборочной машины — согласно технологии строительства площадки. При очистке озелененных площадок снегоуборочный нож должен быть установлен выше, чтобы не повредить растения. Когда дерн покрыт слоем снега 5–10 см, он лучше защищен от мороза.

Пригодность для проезда

Пригодность для проезда зависит от технологии строительства площадки:

TTE® 1: транспортные средства массой до 3,5 т

TTE® 2: транспортные средства массой до 16 т и нагрузкой на ось до 10 т, эпизодически — до 40 т (нагрузка на ось до 10 т)

TTE® 3: транспортные средства массой до 40 т и нагрузкой на ось до 10 т

Указания по уходу за системой TTE® Pflaster

Следует своевременно удалять грубые загрязнения, чтобы сохранить водопроницаемость покрытия. Как правило, при нормальном автомобильном движении такие загрязнения не появляются. При необходимости стыки между элементами можно обрабатывать очистителем высокого давления.

Указания по уходу за системой TTE® Grün

При эксплуатации систем TTE® необходимо учитывать изменения условий их использования и воздействие погодных факторов. Для поддержания неизменного качества требуется регулярный уход. Рекомендуется проинформировать заказчика об этом.

Подсевание трав

В некоторых случаях возникает необходимость дополнительного посева травы. Весной, после первой зимы внесите в почву использованную ранее смесь трав согласно RSM в количестве 15–20 г/м².

Полив

При долгом отсутствии дождей необходимо использовать искусственное орошение. На парковках с продолжительным пребыванием автомобилей поливайте парковочные места, когда они не используются, чтобы предотвратить засыхание травы, заслоняемой от осадков автомобилем.

Удобрение

Удобрение почвы осуществляется на конечной стадии строительства согласно Директиве FLL по системам укрепления зеленых площадок. В дальнейшем это делается в зависимости от состояния зеленого покрова. Рекомендуется вносить в почву удобрение длительного действия каждой весной. Это необходимо, чтобы обеспечить растения полным набором питательных веществ. Указания по свойствам удобрений можно найти в каталоге FLL «Описательный каталог минеральных удобрений для ландшафтного строительства и спортивных площадок».

Стрижка

Траву следует стричь до высоты 4 см минимум 2–4 раза в год. Периодичность стрижки зависит от режима эксплуатации площадки и цели озеленения.

Срезанную траву нужно удалять чтобы избежать свойлачивания дерна. Раз в год, весной необходимо подходящей уборочной машиной удалять с площадки отмершие остатки растений. Это предотвратит свойлачивание и прорастание дерна.

Список первоисточников

DIN 18121:	Исследование образцов грунта – содержание влаги – часть 1: определение путем сушки в печи	DIN EN 933-4:	Методы испытаний для определения геометрических характеристик дробленых структурных материалов – часть 4: Определение формы зерен; параметры формы зерен
DIN 18123:	Строительный грунт; исследование образцов грунта – определение гранулометрического состава	DIN ISO 10390:	Характер грунта – определение значения pH
DIN 18124:	Строительный грунт; исследование образцов грунта – определение плотности зерен – пикнометр с капиллярной трубкой, пикнометр с широким горлом, газовый пикнометр	DWA-A 138:	Проектирование, строительство и эксплуатация систем инфильтрации дождевых вод
DIN 18125-1:	Строительный грунт; исследование образцов грунта – определение плотности грунта – часть 1: лабораторные исследования	DWA-M 153:	Рекомендации по обращению с дождевыми водами
DIN 18128:	Строительный грунт; исследование образцов грунта – определение потерь при прокаливании	FLL:	Рекомендации по лесонасаждениям – часть 2
DIN 18130-1:	Строительный грунт; исследование образцов грунта – определение коэффициента водопроницаемости – часть 1: лабораторные исследования	FLL:	Специальный доклад по проектированию, строительству и эксплуатации водосвязных путей
DIN 18134:	Строительный грунт; испытания и испытательные приборы – испытание вдавливанием штампа	FLL:	Правила составления смесей семян газонных трав (RSM)
DIN 18202:	Допуски в надземном строительстве – сооружения	FLL:	Директива по проектированию, строительству и эксплуатации систем укрепления зеленых площадок
DIN 18299:	Общие правила строительных работ всех видов	M Geok E:	Памятка по применению геопластмасс при земляных работах в дорожном строительстве
DIN 18300:	Земляные работы	RStO 12:	Директивы по стандартизации надземной части транспортных площадок
DIN 18315:	Работы по строительству путей сообщения – надземные слои без вяжущего средства	TL Gestein-StB 04:	Технические условия поставки дробленых структурных материалов в дорожном строительстве
DIN 18318:	Работы по строительству путей сообщения – брусчатые и плиточные покрытия в несвязанном исполнении, бордюры	TL SoB-StB 04:	Дополнительные технические условия поставки смесей строительных материалов и грунтов для укладки слоев без вяжущих средств в дорожном строительстве
DIN 18320:	Работы по ландшафтному строительству	VDLUFA:	Союз немецких научно-исследовательских институтов сельского хозяйства, A10.1.1, Определение содержания солей в грунтах, садовых почвах и субстратах
DIN 18915:	Техника озеленения при ландшафтном строительстве – земляные работы	ZTV E-StB 94:	Дополнительные технические условия договора и нормативные документы по земляным работам в дорожном строительстве
DIN 18917:	Техника озеленения при ландшафтном строительстве – газоны и их засеивание	ZTV Pflaster-StB 06:	Дополнительные технические условия договора и предписания по выполнению брусчатых покрытий, плиточных покрытий и бордюров в дорожном строительстве
DIN 18918:	Техника озеленения при ландшафтном строительстве – инженерно-биологические методы укрепления укрепления путем создания растительного покрова, технологии строительства с использованием живых и неживых материалов и элементов, комбинированные технологии строительства	ZTV SoB-StB 04:	Дополнительные технические условия договора и нормативные документы по слоям без вяжущих средств в дорожном строительстве
DIN 18919:	Техника озеленения при ландшафтном строительстве – обустройство и эксплуатация зеленых площадок	ZTV Vegtra-Mü:	Дополнительные технические инструкции по подготовке и применению растительных несущих слоев
DIN 483:	Бетонные бордюры (национальное дополнение к стандарту DIN EN 1340)		
DIN EN 13286-2:	Несвязанные и гидравлически связанные смеси – часть 2: лабораторное определение сухой плотности и содержания влаги по методу Проктора		
DIN EN 1340:	Бетонные бордюры – требования и методы испытаний		
DIN EN 932-3:	Методы испытаний для определения общих характеристик дробленых структурных материалов – часть 3: Терминология и выполнение упрощенного петрографического описания		
DIN EN 933-1:	Методы испытаний для определения геометрических характеристик дробленых структурных материалов – часть 1: Определение гранулометрического состава – способы просеивания		