

L'ECONOMIE CIRCULAIRE ITALIENNE APPLIQUEE AU SECTEUR MAROCAIN DE LA CONSTRUCTION

La facilitation de l'utilisations de granulés recyclés: le cas de la Municipalité de Bologne

Dr. Geol. Luca Grillini

Casablanca, 6 juillet 2023



LA FACILITATION DE L'UTILISATIONS DE GRANULES RECYCLES: LE CAS DE LA MUNICIPALITE DE BOLOGNE



LA FACILITATION DE L'UTILISATIONS DE GRANULES RECYCLES: LE CAS DE LA MUNICIPALITE DE BOLOGNE



LA FACILITATION DE L'UTILISATIONS DE GRANULES RECYCLES: LE CAS DE LA MUNICIPALITE DE BOLOGNE

La municipalité de Bologne offre un exemple intéressant de la manière dont la planification urbaine et territoriale peut fournir des réglementations visant à accroître l'utilisation de granulats recyclés dans les travaux de construction.



LA FACILITATION DE L'UTILISATIONS DE GRANULES RECYCLES: LE CAS DE LA MUNICIPALITE DE BOLOGNE

2009 : Approbation du Plan Structurel Municipal (P.S.C.) et Règlementation de la construction urbaine (R.U.E.)

Dans le cadre de cette réglementation, des fiches techniques détaillées ont été fournies:

- pour définir les prescriptions et les exigences techniques pour les travaux de construction,
- introduisant de nouvelles exigences environnementales pour les bâtiments,
- avec des niveaux de performance différenciés, liés à des systèmes visant à encourager les économies d'énergie, l'entretien écologique et la perméabilité du sol, les économies d'eau et la réutilisation des matériaux de construction



LA FACILITATION DE L'UTILISATIONS DE GRANULES RECYCLES: LE CAS DE LA MUNICIPALITE DE BOLOGNE

Les niveaux de performance sont de deux types :

- obligatoires et
- volontaires.

Les niveaux de performance volontaires sont des incitations visant à améliorer la durabilité des bâtiments et sont divisés en :

- **amélioration**
- **excellence**



LA FACILITATION DE L'UTILISATIONS DE GRANULES RECYCLES: LE CAS DE LA MUNICIPALITE DE BOLOGNE

Afin d'encourager la réalisation d'interventions qui permettent d'améliorer les caractéristiques de durabilité du bâtiment, les interventions directes de démolition et de reconstruction (pour la rénovation et le remplacement de bâtiments) avec un agrandissement du terrain à bâtir (résultant en une surface de bâtiment plus grande) sont autorisées. L'agrandissement maximum est fixé:

- 10% du volume total existant dans le cas de l'adoption de solutions de conception permettant d'atteindre des niveaux de performance améliorés;
- 20% dans le cas de l'atteinte des niveaux de performance d'excellence fixés par les mêmes conseils.



LA FACILITATION DE L'UTILISATIONS DE GRANULES RECYCLES: LE CAS DE LA MUNICIPALITE DE BOLOGNE

Toutes les interventions d'expansion qui bénéficient de l'incitation sont soumises à un contrôle et à une vérification de la réalisation des niveaux d'amélioration ante et post-operam.

Dans le cas de la réutilisation de granulats recyclés, il convient de se référer au contenu de la fiche technique détaillée pour l'exigence **E 10.2 "Réutilisation de matériaux de construction et de démolition inertes"**.



LA FACILITATION DE L'UTILISATIONS DE GRANULES RECYCLES: LE CAS DE LA MUNICIPALITE DE BOLOGNE

La fiche technique est organisée selon le schéma suivant:

- définition des **niveaux de performance et des exigences spécifiques**
- détermination des **niveaux d'amélioration**

LA FACILITATION DE L'UTILISATIONS DE GRANULES RECYCLES: LE CAS DE LA MUNICIPALITE DE BOLOGNE

- **Définition des niveaux de performance et des exigences spécifiques**

Les granulats de démolition/construction produits doivent être réutilisés en priorité sur le site; pour la partie non réutilisée sur le site, ils doivent être envoyés à des installations de valorisation autorisées.

L'utilisation de matériaux inertes recyclés provenant d'installations de valorisation, en tant qu'alternative à l'utilisation de matériaux issus de l'exploitation de ressources non renouvelables, doit être évaluée en termes de faisabilité technique, économique et environnementale.



LA FACILITATION DE L'UTILISATIONS DE GRANULES RECYCLES: LE CAS DE LA MUNICIPALITE DE BOLOGNE

- **Détermination des niveaux d'amélioration**

Dans la construction d'ouvrages et de structures liés à de nouvelles constructions ou à des travaux de démolition, de construction ou de rénovation, une quantité de granulats provenant d'installations de récupération ou d'activités de réutilisation sur site, égale à au moins :

- **15% (niveau d'amélioration)**
- **35% (niveau d'excellence)**



LA FACILITATION DE L'UTILISATIONS DE GRANULES RECYCLES: LE CAS DE LA MUNICIPALITE DE BOLOGNE

La quantité de granulats recyclés doit être calculée comme **le rapport en pourcentage entre le volume de granulats recyclés utilisé et le volume total de granulats requis pour les travaux prévus.** En principe, au niveau de la conception, les éléments suivants doivent être déterminés:

- Les types et les quantités de granulats naturels nécessaires pour les travaux de construction (fondations, béton structurel et non structurel, remblais, etc;)
- Les utilisations dans lesquelles les granulats recyclés peuvent être utilisés pour remplacer les granulats naturels;
- Pourcentage entre le volume recyclé et le volume total;
- Vérification de l'atteinte des niveaux d'amélioration ou d'excellence.

LA FACILITATION DE L'UTILISATIONS DE GRANULES RECYCLES: LE CAS DE LA MUNICIPALITE DE BOLOGNE

Exemple d'étude pour l'utilisations de granulats recyclés



bâtiment faisant l'objet de la démolition

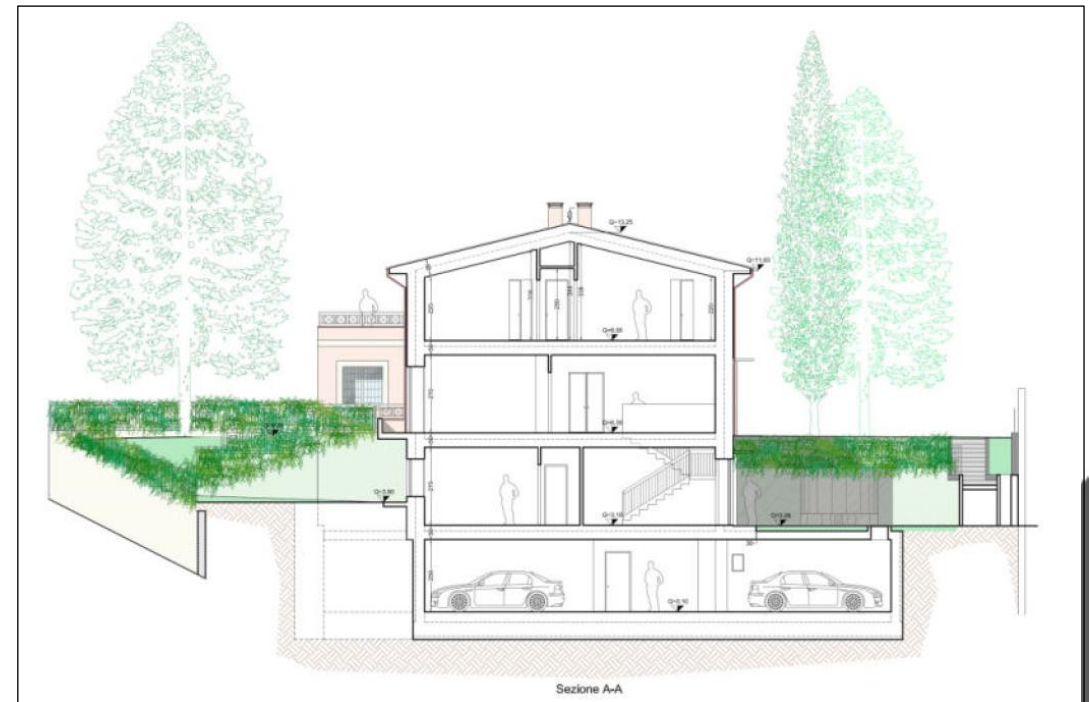


Simulation 3D du projet du nouveau bâtiment

LA FACILITATION DE L'UTILISATIONS DE GRANULES RECYCLES: LE CAS DE LA MUNICIPALITE DE BOLOGNE



Vue et section du nouveau immeuble



LA FACILITATION DE L'UTILISATIONS DE GRANULES RECYCLES: LE CAS DE LA MUNICIPALITE DE BOLOGNE

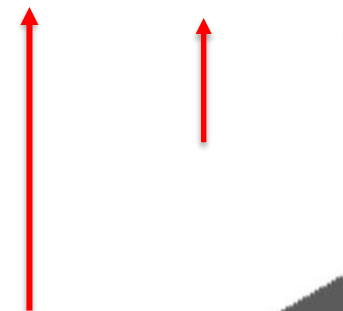
La quantité totale d'agrégats nécessaires à la réalisation de l'intervention a été calculée sur la base des éléments suivants :

- **Granulats pour la fabrication du béton**, déterminés sur la base des mix design fournis par le fabricant;
- **Granulats pour le drainage et le remplissage**, estimés sur la base d'un calcul de volume dont les résultats ont été comparés (à la fin des travaux) avec les quantités de granulats recyclés achetés.

LA FACILITATION DE L'UTILISATIONS DE GRANULES RECYCLES: LE CAS DE LA MUNICIPALITE DE BOLOGNE

Granulats naturel pour la fabrication du béton

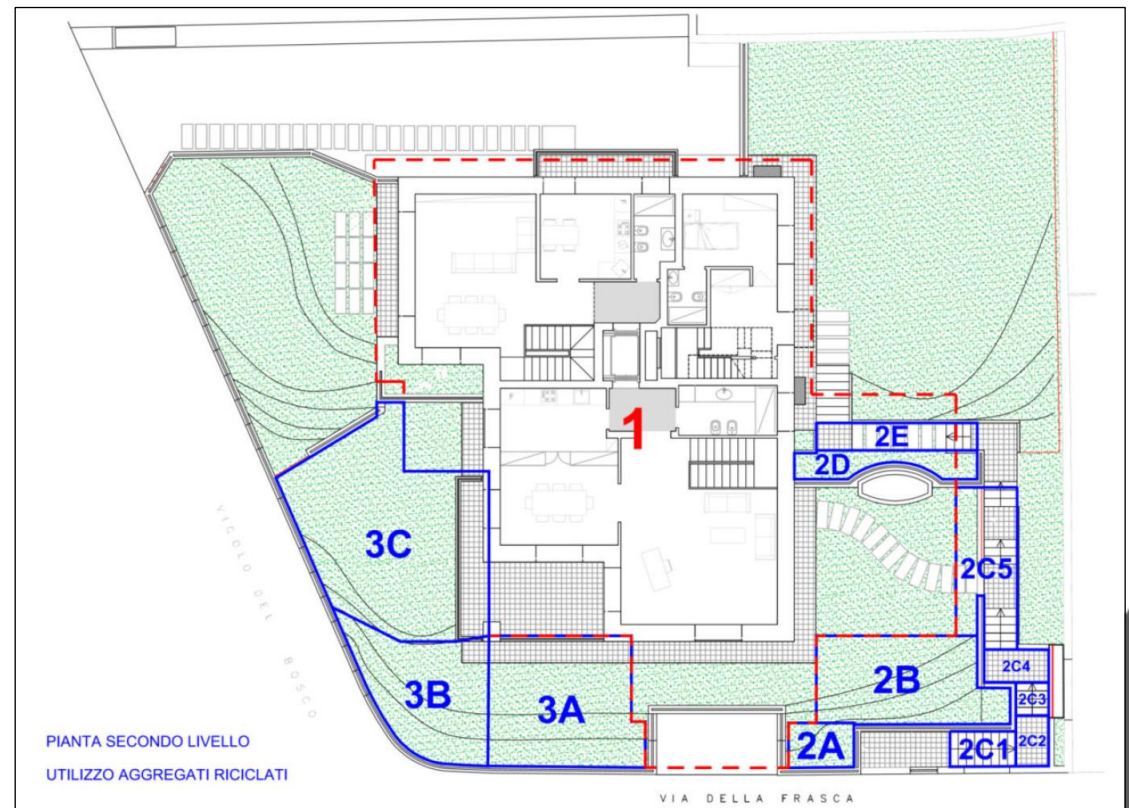
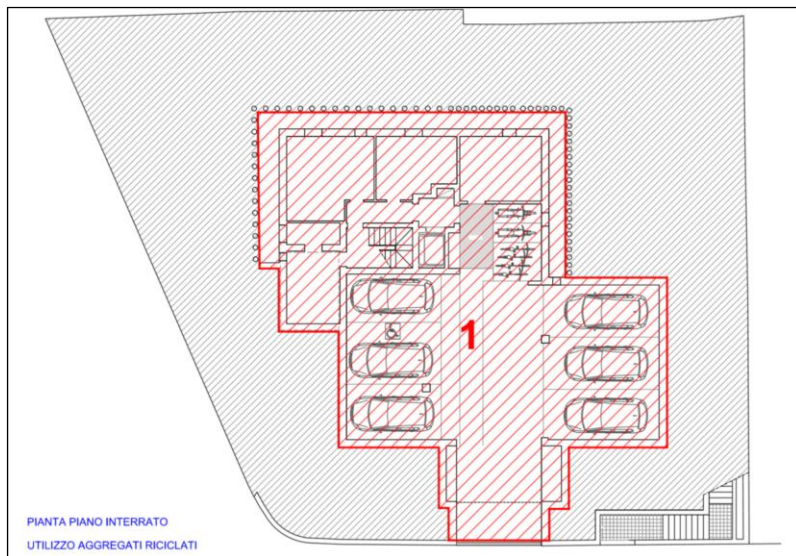
Tipologia calcestruzzo	Aggregati Dmax	Sabbia 0/4 (kg)	Misto 0/25 (kg)	Totale Aggregati (kg)	Sabbia 0/4 (% su inerti)	Misto 0/25 (% su inerti)	Peso totale CLS (kg)	Aggregati (% sul totale)	Sabbia 0/4 (% sul totale)	Misto 0/25 (% sul totale)
XC1 - RcK 30 - C25/30 - S4	25	210	1.700	1.910	10,99	89,01	2.422	78,86	8,67	70,19
XC1 - RcK 35 - C28/35 - S4	16	200	1.640	1.840	10,87	89,13	2.393	76,89	8,36	68,53
XC1 - RcK 35 - C28/35 - S4	25	200	1.690	1.890	10,58	89,42	2.418	78,16	8,27	69,89
XC3 - RcK 35 - C28/35 - S4	25	200	1.690	1.890	10,58	89,42	2.418	78,16	8,27	69,89
XC2 - RcK 35 - C28/35 - S5	25	200	1.670	1.870	10,70	89,30	2.412	77,53	8,29	69,24
Media		202,50	1.680,00	1.882,50	10,76	89,24	2.412,75	78,02	8,39	69,63



LA FACILITATION DE L'UTILISATIONS DE GRANULES RECYCLES: LE CAS DE LA MUNICIPALITE DE BOLOGNE

Granulats pour le drainage et le remplissage

1. Identification des domaines d'utilisation des granulats (sous-couches et remplissages)



LA FACILITATION DE L'UTILISATIONS DE GRANULES RECYCLES: LE CAS DE LA MUNICIPALITE DE BOLOGNE

2. Détermination des épaisseurs des couches de granulats

CALCOLO SPESSORI				
Tipologia		Quota base	Quota top	Spessore riciclati
1	SOTTOFONDO PLATEA DI FONDAZIONE	-0,60	-0,30	0,30
2A	A FIANCO DELL'INGRESSO PEDONALE	0,00	2,00	1,00
2B	GIARDINO LATO VIA DELLA FRASCA	0,00	2,50	1,50
2C1	ZONA SCALA	0,00	0,55	0,55
2C2	ZONA SCALA	0,00	1,10	1,10
2C3	ZONA SCALA	0,00	1,50	1,50
2C4	ZONA SCALA	0,00	1,90	1,90
2C5	ZONA SCALA	varie	varie	0,30
2D	ZONA RETRO FONTANA	2,80	5,00	1,80
2E	ZONA MARCIAPIEDE FONTANA	2,80	5,00	2,10
3A	LATO VIA DELLA FRASCA (escluso serbatoio da 40 mc)	varie	varie	vario
3B	ZONA ANGOLO STRADALE	0,00	2,50	1,50
3C	LATO VIA DEL BOSCO	0,00	3,90	2,50

LA FACILITATION DE L'UTILISATIONS DE GRANULES RECYCLES: LE CAS DE LA MUNICIPALITE DE BOLOGNE

3. Détermination des quantités totales de granulats nécessaire

FABBISOGNO INERTI												
Tipologia		Superficie (m ²)	Spessore (m)	Volume (mc)	% INERTI	Volume INERTI (mc)	% SABBIA	% GHIAIA	Volume SABBIA (mc)	Volume GHIAIA (mc)	INERTI PER CLS (mc)	INERTI PER RIPIEPIENTI (mc)
-	PLATEA DI FONDAZIONE	-	-	154,87	78,02	120,83	8,39	69,63	12,99	107,84	501,63	-
-	STRUTTURE IN ELEVAZIONE	-	-	203,92	78,02	159,10	8,39	69,63	17,11	141,99		
-	MURI DI CONFINE	-	-	125,86	78,02	98,20	8,39	69,63	10,56	87,64		
-	SCALA ESTERNA	-	-	73,30	78,02	57,19	8,39	69,63	6,15	51,04		
-	STRUTTURE LATO VIA DEL BOSCO	-	-	85,00	78,02	66,32	8,39	69,63	7,13	59,19		
1	SOTTOFONDO PLATEA DI FONDAZIONE	323,90	0,30	97,17	100,00	97,17	0,00	100,00	0,00	97,17	-	330,00
2A	A FIANCO DELL'INGRESSO PEDONALE	3,85	1,00	3,85	100,00	3,85	0,00	100,00	0,00	3,85		
2B	GIARDINO LATO VIA DELLA FRASCA	20,47	1,50	30,71	100,00	30,71	0,00	100,00	0,00	30,71		
2C1	ZONA SCALA	3,07	0,55	1,69	100,00	1,69	0,00	100,00	0,00	1,69		
2C2	ZONA SCALA	2,21	1,10	2,43	100,00	2,43	0,00	100,00	0,00	2,43		
2C3	ZONA SCALA	1,44	1,50	2,16	100,00	2,16	0,00	100,00	0,00	2,16		
2C4	ZONA SCALA	2,82	1,90	5,36	100,00	5,36	0,00	100,00	0,00	5,36		
2C5	ZONA SCALA	12,29	0,30	3,69	100,00	3,69	0,00	100,00	0,00	3,69		
2D	ZONA RETRO FONTANA	5,47	1,80	9,85	100,00	9,85	0,00	100,00	0,00	9,85		
2E	ZONA MARCIAPIEDE FONTANA	5,86	2,10	12,31	100,00	12,31	0,00	100,00	0,00	12,31		
3A	LATO VIA DELLA FRASCA (escluso serbatoio da 40 mc)	25,74	VV	24,35	100,00	24,35	0,00	100,00	0,00	24,35		
3B	ZONA ANGOLO STRADALE	19,22	1,50	28,83	100,00	28,83	0,00	100,00	0,00	28,83		
3C	LATO VIA DEL BOSCO	44,84	2,40	107,62	100,00	107,62	0,00	100,00	0,00	107,62		
TOTALI		-	-	972,95	-	831,63	-	-	53,94	777,68	501,63	330,00
TOTALE											831,63	



Quantités totales de granulats nécessaire : **831,63 mc**

LA FACILITATION DE L'UTILISATIONS DE GRANULES RECYCLES: LE CAS DE LA MUNICIPALITE DE BOLOGNE

Quantités totales de granulats nécessaire : **831,63 mc**

Quantité minimale de granulats recyclés à utiliser

pour atteindre **le niveau d'excellence:**

831,63 mc x 0,35 = 291,07 mc (~465,71 t)

LA FACILITATION DE L'UTILISATIONS DE GRANULES RECYCLES: LE CAS DE LA MUNICIPALITE DE BOLOGNE

4. Vérification en fin de travaux du respect du niveau d'excellence

A. Vérification en fin de travaux en fonction du calcul préliminaire:

Utilisations seulement dans les remplissages

INERTI RICICLATI UTILIZZATI				
Tipologia		Fabbisogno inerti (mc)	% inerti riciclati utilizzati (mc)	Volume inerti riciclati utilizzati (mc)
1	SOTTOFONDO PLATEA DI FONDAZIONE	97,17	100,00	97,17
2A	A FIANCO DELL'INGRESSO PEDONALE	3,85	100,00	3,85
2B	GIARDINO LATO VIA DELLA FRASCA	30,71	100,00	30,71
2C1	ZONA SCALA	1,69	100,00	1,69
2C2	ZONA SCALA	2,43	100,00	2,43
2C3	ZONA SCALA	2,16	100,00	2,16
2C4	ZONA SCALA	5,36	100,00	5,36
2C5	ZONA SCALA	3,69	100,00	3,69
2D	ZONA RETRO FONTANA	9,85	100,00	9,85
2E	ZONA MARCIAPIEDE FONTANA	12,31	100,00	12,31
3A	LATO VIA DELLA FRASCA	24,35	100,00	24,35
3B	ZONA ANGOLO STRADALE	28,83	100,00	28,83
3C	LATO VIA DEL BOSCO	107,62	100,00	107,62
TOTALE INERTI RICICLATI UTILIZZATI				330,00
PERCENTUALE INERTI RICICLATI UTILIZZATI				39,68
VERIFICA SODDISFACIMENTO REQUISITO RUE E 10.2				Verifica positiva

LA FACILITATION DE L'UTILISATIONS DE GRANULES RECYCLES: LE CAS DE LA MUNICIPALITE DE BOLOGNE

B. Vérification en fin de travaux en fonction de la réelle fourniture de granulats: Utilisations seulement dans les remplissages

Fornitore	Prodotto	DOP	QUANTITA' (t)	Peso volume γ (t/mc)	QUANTITA' (mc)
L.M. s.r.l.	Misto macinato edile	001/2017	167,80	1,60	104,88
CAVE NORD s.r.l.	Frantumato di pietriccio	11/2	118,70	1,60	74,19
CAVE NORD s.r.l.	Frantumato fino	12/2	33,40	1,60	20,88
CASTIGLIA INERTI s.r.l.	Macinato misto da demolizione 0/60	10/2019	130,76	1,60	81,73
ECOFELSINEA s.r.l.	Frantumato misto 0/70	FM0070-2-19	27,70	1,60	17,31
F.M. di Franceschi Mirko	Frantumato pietriccio 0/80	3/2018	42,38	1,60	26,49
F.M. di Franceschi Mirko	Frantumato pietriccio fine 0/8	4/2018	20,25	1,60	12,66
TOTALE			540,99	1,60	338,12

LA FACILITATION DE L'UTILISATIONS DE GRANULES RECYCLES: LE CAS DE LA MUNICIPALITE DE BOLOGNE

Sur la base des deux contrôles effectués (théorique et réel),

le niveau d'excellence est atteint :

- cas théorique : 330 mc > 291,07 mc (39,68% > 35%)
- cas réel : 338,12 mc > 291,07 mc (40,65% > 35%)

LA FACILITATION DE L'UTILISATIONS DE GRANULES RECYCLES: LE CAS DE LA MUNICIPALITE DE BOLOGNE

La Municipalité de Bologne a aussi publié en 2011 les *“Linee guida per la progettazione di interventi su strade, piazze ed infrastrutture ad esse connesse”* (Lignes directrices pour la conception des interventions sur les routes, places et infrastructures pour les raccords).

Dans ce document, des indications spécifiques sont données sur les caractéristiques des matériaux qui composent les sous-couches routières, différenciées en fonction de l'utilisation de la chaussée.

En particulier, les stratigraphies sont différenciées en fonction du volume de trafic (léger et fort); des indications sont également données pour les zones de ronds-points et de carrefours.



LA FACILITATION DE L'UTILISATIONS DE GRANULES RECYCLES: LE CAS DE LA MUNICIPALITE DE BOLOGNE



2009 COMUNE DI BOLOGNA

GUIDA

PROGETTUALE

PLATE-FORME ROUTIERE A FORT TRAFIC (NOUVELLE REALISATION)

	[cm]	
Couche de roulement en enrobé bitumineux modifié (0-12)	4	A
Couche de liaison en enrobé bitumineux (0-25)	7	B
Couche de base en enrobé bitumineux (0-32)	10	C
Couche de fondation en mixte granulaire stabilisé	35	D
Couche de forme en granulats recyclés	35	E
Géotextile		F
Epaisseur totale	91	

PLATE-FORME ROUTIERE A TRAFIC LEGER (NOUVELLE REALISATION)

	[cm]	
Couche de roulement en enrobé bitumineux modifié (0-12)	4	A
Couche de base en enrobé bitumineux modifié (0-32)	10	B
Couche de fondation en mixte granulaire stabilisé	25-30	C
Couche de forme en granulats recyclés	30	D
Géotextile		E
Epaisseur totale	69-74	

CORPO STRADALE piattaforma stradale in conglomerato

A.1.1

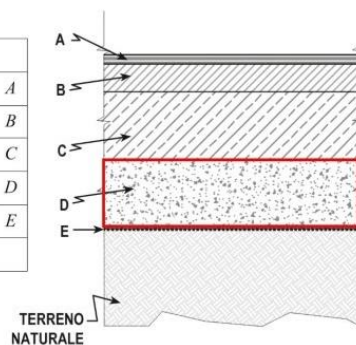
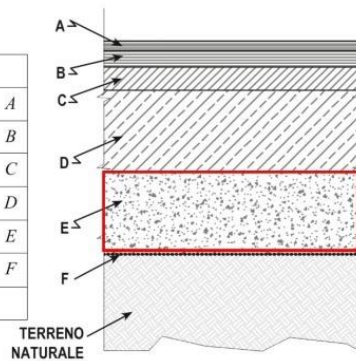


PLATE-FORME POUR ROND-POINTS ET RACCORDS ROUTIERS (NOUVELLE REALISATION)

	[cm]	
Couche de roulement en enrobé bitumineux modifié (0-12)	4	A
Couche de base en enrobé bitumineux modifié (0-32)	10	B
Mixte cimenté	20	C
Couche de fondation en mixte granulaire stabilisé	25	D
Couche de forme en granulats recyclés	30	E
Géotextile		F
Epaisseur totale	91	

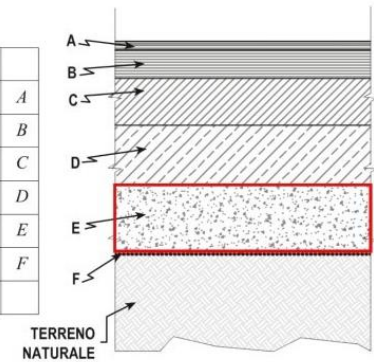
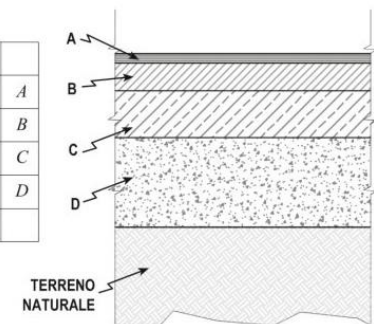


PLATE-FORME POUR ROND-POINTS ET RACCORDS ROUTIERS (EXISTANTS)

	[cm]	
Couche de roulement en enrobé bitumineux modifié (0-12)	4	A
Couche de base en enrobé bitumineux (0-32)	10	B
Mixte cimenté	20	C
Couche de fondation en mixte granulaire stabilisé	VAR.	D
Epaisseur totale		



REV.

STRADE



LA FACILITATION DE L'UTILISATIONS DE GRANULES RECYCLES: LE CAS DE LA MUNICIPALITE DE BOLOGNE

Ces stratigraphies représentent des indications contraignantes, mais la nature des matériaux utilisés (qu'ils soient d'origine naturelle ou recyclés) peut faire l'objet de variations dans le cadre du projet routier, sur la base d'études spécifiques et toujours en tenant compte des facteurs d'amélioration de l'environnement et des performances.

L'utilisation de granulats recyclés dans les autres couches peut donc également être envisagée, sous réserve d'une preuve de compatibilité géotechnique et environnementale



LA FACILITATION DE L'UTILISATIONS DE GRANULES RECYCLES: LE CAS DE LA MUNICIPALITE DE BOLOGNE

L'application du règlement de 2009:

- a permis une plus grande utilisation de granulats recyclés dans les travaux de construction;
- a également favorisé la connaissance par les entreprises de construction des possibilités techniques d'utilisation de granulats recyclés.



LA FACILITATION DE L'UTILISATIONS DE GRANULES RECYCLES: LE CAS DE LA MUNICIPALITE DE BOLOGNE

Suite au succès significatif de cette réglementation, la municipalité de Bologne a décidé de transformer la prescription "volontaire" de 2009 en une obligation; en fait, dans l'article 28 du règlement urbain du Plan d'Urbanisme Général de 2021, (P.U.G.) les niveaux de performance ont été modifiés, identifiant:

- un niveau de base obligatoire;
- un niveau d'amélioration volontaire.



LA FACILITATION DE L'UTILISATIONS DE GRANULES RECYCLES: LE CAS DE LA MUNICIPALITE DE BOLOGNE

En détail, les spécifications des niveaux de performance deviennent les suivantes :

- **NIVEAU DE BASE (obligatoire)**: la quantité d'agrégats récupérés doit représenter **au moins 10% du volume total d'agrégats** requis pour la réalisation des nouveaux travaux prévus.
- **NIVEAU AMÉLIORÉ (volontaire)**: la quantité d'agrégats récupérés doit représenter **au moins 35% du volume total d'agrégats** nécessaire à la réalisation des nouveaux travaux prévus.

LA FACILITATION DE L'UTILISATIONS DE GRANULES RECYCLES: LE CAS DE LA MUNICIPALITE DE BOLOGNE

La version actualisée de cette norme donne un aperçu de l'état actuel de l'utilisation des granulats recyclés dans la municipalité de Bologne, puisque une première phase au cours de laquelle il était nécessaire d'introduire des incitations économiques (correspondant à la plus grande surface de construction pouvant être autorisée si les niveaux de performance requis sont atteints) a été suivie d'une deuxième phase caractérisée par l'obligation d'utiliser au moins 10% de granulats recyclés, reconnaissant ainsi la banalisation de cette activité.

Il convient de souligner que, même dans la version actualisée, **le niveau de 35% a été envisagée**, ce qui correspond à une augmentation de la surface de construction.



LA FACILITATION DE L'UTILISATIONS DE GRANULES RECYCLES: LE CAS DE LA MUNICIPALITE DE BOLOGNE

On peut donc affirmer que l'introduction d'un règlement prévoyant des incitations à l'utilisation de granulats recyclés est un moyen d'intervention efficace pour les pouvoirs publics.



Merci de votre attention.....



Dr. Geol. Luca Grillini