

B. Càlculs dels col·lectors en alta i del sistema de bombeig.

Sumari

SUMARI	39
B.1. XARXA DE COL·LECTORS EN ALTA PROJECTADA.	40
B.2. CÀLCULS HIDRÀULICS PEL COL·LECTOR D'IMPULSIÓ.	40
B.2.1. Teoria aplicada.....	40
B.2.2. Càlculs hidràulics	42
B.2.2.1. Dades	45
B.2.2.2. Resultats.....	45
B.2.3. Elecció de les bombes.	45
B.3. CÀLCULS HIDRÀULICS PEL COL·LECTOR DE GRAVETAT	46
B.4. CÀLCULS MECÀNICS DELS COL·LECTORS.	53
B.4.1. Càlcul mecànic de canonades soterrades de polietilè.....	53
B.4.1.1. Comprovació de la màxima ovalització	53
B.4.1.2. Verificació del màxim esforç tangencial.....	54
B.4.1.3. Comprovació de la pressió crítica de col·lapsat	55
B.4.1.4. Canonada de gravetat.	56
B.4.1.5. Canonada d'impulsió	57



B.1. Xarxa de col·lectors en alta projectada.

En el present annex es té per objecte definir la xarxa de col·lectors en alta necessària per portar el conjunt de les aigües residuals del nucli d'Els Límits (La Jonquera), des de l'últim pou de registre del sistema de sanejament en baixa existent fins a la parcel·la on es realitzarà la depuració de l'aigua residual. En aquest annex es definirà també l'emissari de sortida de la planta que conduirà les aigües tractades des de l'arqueta de sortida fins a un pou de registre, situat a la meitat del Carrer Doctor Subirós. Des d'aquesta arqueta l'aigua s'envia a la llera pública, concretament al torrent de La Comtessa.

La xarxa de col·lectors es divideix en dos trams: un primer tram de gravetat que porta les aigües residuals des del pou de registre fins a l'estació de bombejament, i un segon tram d'impulsió des de l'estació de bombejament fins a la depuradora. El tram de gravetat fins el bombejament té una longitud de 94 metres i consta d'una canonada de polietilè protegit amb sorres de 300 mm de diàmetre.

A l'estació de bombejament s'eleva l'aigua des de la cota 63,6 fins a la cota 104,5 fent-la desembocar al desbast de fins ja dins de la parcel·la de la depuradora. L'aigua es porta a través d'una canonada de polietilè de 160 mm de diàmetre. La longitud d'aquest tram de col·lector és de 420 m.

L'emissari de sortida consta d'una canonada de 300 mm de diàmetre i de 260 metres de longitud.

Els col·lectors projectats aniran soterrats, respectant el recobriment mínim de terres sobre la clau del col·lector, superior a 0,80 m.

Els criteris utilitzats per al càlcul dels col·lectors són:

- $Q_{\text{admissible}} = \text{Cabal punta del pretractament en m}^3/\text{h.} = \text{Cabal de dilució} = 100.5 \text{ m}^3/\text{h}$

(Taula 4.4. Cabals de disseny, de la Memòria)

B.2. Càlculs hidràulics pel col·lector d'impulsió.

B.2.1. Teoria aplicada

Per al càlcul de la pèrdua de càrrega a la circulació de les impulsions del projecte s'utilitza la fórmula general de Darcy-Weisbach amb el coeficient de fricció de Colebrook.



El sistema de Darcy-Weisbach i Colebrook-White és el següent:

$$J = f * \frac{v^2}{2 * g * D} * L$$

essent: J = pèrdua de càrrega a la canonada (mca)

v = velocitat de circulació (m/s)

g = acceleració de la gravetat (m/s^2)

D = diàmetre interior (m)

L = longitud de la canonada (m)

f = Coeficient de fricció, que es calcula mitjançant iteracions amb

la fórmula següent:

$$\frac{1}{f^{1/2}} = -2 * \log \left(\frac{2.51}{Re * f^{1/2}} + \frac{K}{3.71 * D} \right)$$

essent:

K = la rugositat absoluta, es pren un valor de 0.0001 a 0.001 per fosa dúctil (segons estat), 0.0002 a 0.0005 per formigó i acer, i 0.00007 per les canonades de PVC i de PE.

Re = nombre de Reynolds, que es calcula com

$$Re = \frac{v * D}{\nu}$$

essent:

ν = viscositat cinemàtica (cm^2/s), que varia depenent de la temperatura, es pren el valor corresponent a la temperatura de 12 °C que és 0.0124 cm^2/s

A partir d'aquestes formules es calcularà les pèrdues de càrrega lineals. Per calcular les pèrdues de càrrega singulars dels diferents elements que es troben en la impulsió s'utilitzaran els següents valors constants K , a aplicar a la fórmula:

$$J' = K * \frac{v^2}{2 * g}$$

ELEMENT	FACTOR K
Colze 45°	0,24
Colze 60°	0,47
Colze 90°	1,13
Te	3,51
Vàlvula de comporta	0,81



Vàlvula de retenció	1,50
Vàlvula de papallona	1,70
Arribada a dipòsit	1,00
Sortida de dipòsit	1,00
Altres vàlvules	0,75

Les pèrdues de càrrega per canvi de secció són.

$$J' = K * \frac{v1^2 - v2^2}{2 * g}$$

Les pèrdues de càrrega totals es calcularan a partir de la suma de les lineals i les singulars, amb un desnivell geomètric de 41,9 m.

B.2.2. Càlculs hidràulics

RÈGIM DE FUNCIONAMENT	Q mig	Q dilució
Núm. de bombes en funcionament	1	3

Pèrdues de càrrega lineals

Desnivell geomètric	41,9	41,9	m
---------------------	------	------	---

CANONADA - PANTALÓ DE DIÀMETRE 100

Cabal	33,5	33,5	m ³ /h
Diàmetre	100	100	mm
Longitud	3	3	m
Velocitat	1,18	1,18	m/s
Tipus de canonada	Acer	Acer	
Rugositat	0,3	0,3	mm
Viscositat	0,000001	0,000001	m ² /s
Reynolds	118.482	118.482	
Rugositat relativa	0,003	0,003	
f, n ^a Poiseville	0,0275	0,0275	
Pèrdua de càrrega lineal. h1	0,0591	0,0591	m



CANONADA DE POLIETILÈ DN-160

Cabal	33,5	100,5	m ³ /h
Diàmetre interior	141	141	mm
Longitud	420	420	m
Velocitat	0,60	1,79	m/s
Tipus de canonada	PEHD	PEHD	
Rugositat	0,07	0,07	mm
Viscositat	0,000001	0,000001	m ² /s
Reynolds	84.030	252.089	
Rugositat relativa	0,0005	0,0005	
f, n ^a Poiseville	0,026	0,026	
Pèrdua de càrrega lineal. H2	1,403	12,630	m
Pèrdues de càrrega lineal total	1,4625	12,6895	m

Pèrdues de càrrega singulars

Unió en T (canvi brusc)

Número	1	1	
Cabal d'entrada 1	33,5	100,5	m ³ /h
Cabal d'entrada 2	0	0	m ³ /h
Cabal de sortida	33,5	100,5	m ³ /h
Diàmetre	141	141	mm
Velocitat	0,60	1,79	m/s
CL1	0,91	0,91	
CL2	0,6	0,6	
CL	3,51	3,51	
Pèrdua de càrrega	0,064	0,572	m

Colze

Número	3	3	
Angle	90	90	°
Diàmetre	141	141	mm



Velocitat	0,60	1,79	m/s
Radi	0,4	0,4	m
R/D	2,84	2,84	
CL	1,13	1,13	
Pèrdua de càrrega	0,061	0,553	m
Vàlvules de retenció			
Número	1	1	
Velocitat	0,60	1,79	m/s
CL	1,5	1,5	
Pèrdua de càrrega	0,03	0,24	m
Vàlvules de comporta			
Número	1	1	
Velocitat	0,60	1,79	m/s
CL	0,81	0,81	
Pèrdua de càrrega	0,015	0,132	m
Desguàs en dipòsit			
Número	1	1	
Velocitat	0,60	1,79	m/s
CL	1	1	
Pèrdua de càrrega	0,018	0,163	m
Pèrdues de càrrega singulars totals	0,185	1,665	m
Pèrdues de càrrega totals	1,65	14,35	m
Altura manomètrica de les bombes	43,55	56,25	m

Les canonades utilitzades per la impulsió són de 100 i 160 mm de diàmetre, d'acer inoxidable en el pou de bombejament i de polietilè llis des del pou de bombant fins el



desbast de fins de l'EDAR.

Pel cabal mig en aquest trajecte són d'esperar unes pèrdues de càrrega de 1,33 m per la impulsió. Pel cabal de dilució les pèrdues de càrrega augmenten fins a 11,49 m. Per tant l'altura manomètrica de les bombes ha d'ésser de 56,5 m per un cabal unitari de 33,5 m³/h.

El càlcul s'ha realitzat per tres bombes funcionant amb un cabal punta d'operació de 100,5 m³/h, que és el cabal de dilució. En regim normal, la tercera bomba restarà en reserva, segons els criteris de dimensionament de la planta depuradora.

B.2.2.1. Dades

Longitud (m)	420
Cabal (l/seg).....	27,9 (dilució)
Diàmetre Nominal (mm)	160
Pressió Nominal (atm).....	10
Altura geomètrica (m).....	41,9
Tipus de canonada	PE100

B.2.2.2. Resultats

Velocitat abans de tancament (m/s).....	1,7894
Celeritat (m/s).....	233.1804
Temps de tancament (seg)	3.8820
Temps crític d'ona (seg)	3.6024
Tancament	Lent
Longitud crítica (m)	452,6055
Longitud	Curta
Sobrepessió (mca).....	39,5106
Pressió mínima (mca)	2,3894
Pressió màxima (mca)	81,4106

Gruix mínim necessari en depressió a curt termini (mm) 0

Gruix mínim necessari en depressió a llarg termini (mm) 0

Gruix de canonada (mm)

9,5

No hi ha risc d'efecte buit.

Per amortir l'efecte del cop d'ariet, es preveu instal·lar un variador de freqüència per els equips de bombejament. Aquest variador també s'utilitzarà com a laminador del cabal d'entrada a l'EDAR.

B.2.3. Elecció de les bombes.

Per escollir les bombes a instal·lar en el bombejament de la depuradora s'han tingut en



compte les pèrdues de càrrega, calculades a l'apartat anterior, i el cabal que arribarà a l'estació.

El model escollit és aquell en el qual el punt de funcionament del sistema és proper al punt òptim de la corba rendiment - cabal i amb un consum de potència moderat.

A la Fig. B.1 s'inclou la corba rendiment - cabal de la bomba:

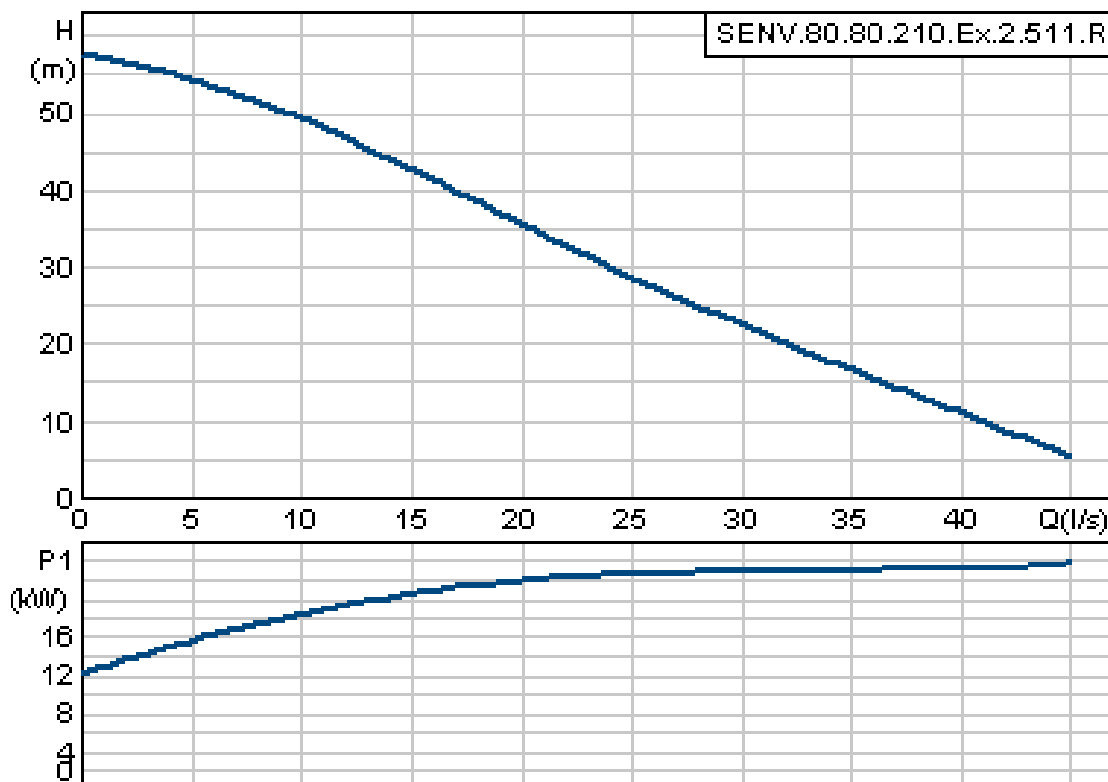


Fig. B.1. Corba característica de les bombes del model escollit.

B.3. Càlculs hidràulics pel col·lector de gravetat

Com a criteris bàsics pel dimensionament dels col·lectors de gravetat es prendran els següents:

- El diàmetre mínim serà de 300 mm.
- El grau màxim d'omplerta d'un col·lector no passarà del 75% de la seva secció útil.
- Es limitarà la velocitat màxima de circulació, que per aigües residuals serà de 3 m/s i per pluvials de 6 m/s.

Pel càlcul de la circulació dels interceptors - col·lectors del projecte s'utilitza la fórmula de Manning.



$$I = \frac{n^2 V^2}{R_h^{(4/3)}}$$

essent: I = pendent motriu o pèrdues de càrrega (m/m)
 n = coeficient de Manning adimensional ($n = 0.009$)
 V = velocitat (m/s)
 R_h = radi hidràulic de la secció (m)

Suposant que s'estableix un règim uniforme en els diferents trams de canonada s'obté que el pendent motriu és igual al pendent geomètric ($I = i$).

Així:

$$V = \frac{i^{1/2} R_h^{2/3}}{n} \quad \text{o bé} \quad Q = \frac{i^{1/2} A \cdot R_h^{2/3}}{n}$$

essent: Q = el cabal circulant (m³/s)
 A = superfície mullada

Utilitzarem les fórmules següents de la superfície mullada i del radi hidràulic respecte l'angle del sector de la circumferència del col·lector mullat:

$$A = \frac{3.14159 R^2 \text{ ang}}{360} - \frac{R^2 \text{ Sin}(\text{ang})}{2}$$

$$R_h = \frac{R - R \text{ Sin}(\text{ang})}{2 \text{ ang}}$$

essent: ang = angle del sector circular mullat
 R = radi geomètric del col·lector

de forma que :

$$V = \frac{1}{0.013} * \left(\frac{R - R \text{ Sin}(\text{ang})}{2 \text{ ang}} \right)^{(2/3)} * i^{1/2}$$

A continuació es presenten el quadre resum d'aquests càlculs, en aquests quadres es representen els valors resultants pels cabals de disseny. La canonada utilitzada és de polietilè amb un coeficient de Manning de 0,009, el diàmetre utilitzat és de 300 mm, i els pendents assajats són del 2,25%, 4% i el 9,8%, que corresponen als pendents del col·lector de gravetat en alta projectats (col·lector fins el bombejament i l'emissari de sortida d'aigua tractada).

Els cabals assajats són el cabal mig i el cabal de dilució. Els resultats que s'expressen a continuació són la velocitat de circulació de l'aigua i el calat dins de la canonada.



col·lector de gravetat diàmetre 300 mm, pendent del 2,25%				
	Q l/s	Q m³/h	V. m/s	Calat cm
QHM	5,58	20,1	1,27	3,386
QD	27,92	100,5	2,11	7,96

col·lector de gravetat diàmetre 300 mm, pendent del 4%				
	Q l/s	Q m³/h	V. m/s	Calat cm
QHM	5,58	20,1	1,58	3,01
QD	27,92	100,5	2,11	7,96

col·lector de gravetat diàmetre 300 mm, pendent del 10%				
	Q l/s	Q m³/h	V. m/s	Calat cm
QHM	5,58	20,1	2,1	2,33
QD	27,92	100,5	3,57	5,50



DIAMETRE: 0.2578 m

PENDENT: 2.25 %

C. MANNING: 0.009

ANGLES	CABAL (m3/h)	VEL (m/s)	CALAT (cm)
25	.109439	.2668266	.305544
30	.2394736	.3393055	.4392155
35	.4632066	.4153545	.5965876
40	.818342	.4944088	.7773609
45	1.348666	.5759875	.9811913
50	2.103496	.6596673	1.207691
55	3.136974	.7450674	1.456428
60	4.507209	.8318381	1.72693
65	6.275298	.9196545	2.018681
70	8.504259	1.008211	2.331127
75	11.25785	1.097221	2.663671
80	14.59938	1.186408	3.015683
85	18.59044	1.275512	3.38649
90	23.28966	1.364283	3.775388
95	28.75144	1.452482	4.181636
100	35.02478	1.539878	4.604461
105	42.15213	1.626254	5.043058
110	50.16835	1.711398	5.496592
115	59.09973	1.795111	5.9642
120	68.96318	1.877201	6.444992
125	79.7656	1.957485	6.938051
130	91.5032	2.035792	7.44244
135	104.1614	2.111959	7.9572
140	117.7143	2.185832	8.481349
145	132.125	2.257268	9.01389
150	147.3454	2.326133	9.553809
155	163.3171	2.392303	10.10008
160	179.9712	2.455667	10.65166
165	197.2295	2.51612	11.2075
170	215.0051	2.573571	11.76655
175	233.2036	2.627939	12.32773
180	251.7241	2.679151	12.88998
185	258.1227	2.727149	13.45224
190	276.7612	2.771882	14.01342
195	295.4066	2.813313	14.57247
200	313.9447	2.851416	15.12831
205	332.2612	2.886173	15.67989
210	350.2436	2.91758	16.22616
215	367.782	2.945642	16.76608
220	384.7711	2.970377	17.29862
225	401.1111	2.991811	17.82277
230	416.7089	3.009983	18.33753
235	431.4791	3.024942	18.84192
240	445.3457	3.036746	19.33498
245	458.2418	3.045465	19.81577
250	470.1114	3.051179	20.28338
255	480.909	3.053977	20.73692
260	490.6008	3.053955	21.17551
265	499.1645	3.051224	21.59834
270	506.5893	3.045897	22.00459
275	512.8761	3.038101	22.39349
280	518.037	3.027968	22.7643
285	522.0953	3.015638	23.11631
290	525.0842	3.001259	23.44886
295	527.0471	2.984985	23.7613
300	528.0363	2.966975	24.05305
305	528.1124	2.947396	24.32356
310	527.3431	2.926417	24.5723
315	525.8026	2.904213	24.7988

Q mig

Q dilució



320	523.5704	2.880963	25.00263
325	520.7303	2.856847	25.1834
330	517.3695	2.832047	25.34078
335	513.5775	2.806748	25.47445
340	509.4452	2.781133	25.58417
345	505.064	2.755387	25.66972
350	500.5247	2.729689	25.73095
355	495.9172	2.70422	25.76773
360	491.3293	2.679154	25.78

DIAMETRE: 0.2578 m

PENDENT: 4 ‰

C. MANNING: 0.009

ANGLE §	CABAL (m ³ /h)	VEL (m/s)	CALAT (cm)	
25	.1459187	.3557689	.305544	
30	.3192982	.4524073	.4392155	
35	.6176088	.5538061	.5965876	
40	1.091123	.6592118	.7773609	
45	1.798221	.7679833	.9811913	
50	2.804662	.8795564	1.207691	
55	4.182632	.9934232	1.456428	
60	6.009612	1.109118	1.72693	
65	8.367064	1.226206	2.018681	
70	11.33901	1.344282	2.331127	
75	15.01047	1.462961	2.663671	
80	19.46584	1.581877	3.015683	Q mig
85	24.78725	1.700683	3.38649	
90	31.05287	1.819044	3.775388	
95	38.33525	1.936642	4.181636	
100	46.6997	2.053171	4.604461	
105	56.20284	2.168339	5.043058	
110	66.89112	2.281864	5.496592	
115	78.79963	2.393481	5.9642	
120	91.9509	2.502934	6.444992	
125	106.3541	2.609981	6.938051	Q dilució
130	122.0043	2.71439	7.44244	
135	138.8819	2.815945	7.9572	
140	156.9524	2.914443	8.481349	
145	176.1667	3.00969	9.01389	
150	196.4606	3.10151	9.553809	
155	217.7561	3.189738	10.10008	
160	239.9616	3.274223	10.65166	
165	262.9727	3.354827	11.2075	
170	286.6735	3.431428	11.76655	
175	310.9382	3.503918	12.32773	
180	335.632	3.572201	12.88998	
185	344.1635	3.636198	13.45224	
190	369.0149	3.695843	14.01342	
195	393.8755	3.751085	14.57247	
200	418.593	3.801888	15.12831	
205	443.0149	3.848231	15.67989	
210	466.9914	3.890107	16.22616	
215	490.376	3.927523	16.76608	
220	513.0281	3.960502	17.29862	
225	534.8148	3.989081	17.82277	
230	555.6118	4.01331	18.33753	
235	575.3055	4.033255	18.84192	
240	593.7942	4.048995	19.33498	
245	610.989	4.06062	19.81577	
250	626.8151	4.068239	20.28338	
255	641.212	4.071969	20.73692	
260	654.1343	4.07194	21.17551	



265	665.5526	4.068298	21.59834
270	675.4524	4.061196	22.00459
275	683.8347	4.050801	22.39349
280	690.7161	4.037291	22.7643
285	696.127	4.020851	23.11631
290	700.1122	4.001678	23.44886
295	702.7294	3.979979	23.7613
300	704.0484	3.955966	24.05305
305	704.1498	3.929861	24.32356
310	703.1241	3.901889	24.5723
315	701.0701	3.872284	24.7988
320	698.0939	3.841284	25.00263
325	694.307	3.809129	25.1834
330	689.826	3.776063	25.34078
335	684.7701	3.742331	25.47445
340	679.2603	3.708178	25.58417
345	673.4186	3.673849	25.66972
350	667.3662	3.639585	25.73095
355	661.2229	3.605626	25.76773
360	655.1057	3.572205	25.78

DIAMETRE: 0.2578 m

PENDENT : 9.8 %

C. MANNING: 0.009

ANGLE S	CABAL (m ³ /h)	VEL (m/s)	CALAT (cm)	
20	.0873438	.4145054	.1958278	
25	.2283989	.5568663	.305544	
30	.4997807	.7081294	.4392155	
35	.9667107	.8668436	.5965876	
40	1.707877	1.03183	.7773609	
45	2.814661	1.202084	.9811913	
50	4.38999	1.376724	1.207691	
55	6.546855	1.554953	1.456428	
60	9.40653	1.736044	1.72693	
65	13.09653	1.919316	2.018681	
70	17.74836	2.104134	2.331127	Q mig
75	23.4951	2.289896	2.663671	
80	30.46887	2.47603	3.015683	
85	38.79819	2.66199	3.38649	
90	48.60544	2.847255	3.775388	
95	60.00416	3.031325	4.181636	
100	73.0966	3.213721	4.604461	
105	87.97137	3.393987	5.043058	
110	104.7012	3.571683	5.496592	Q dilució
115	123.3409	3.746391	5.9642	
120	143.9259	3.917712	6.444992	
125	166.4706	4.085266	6.938051	
130	190.9669	4.248692	7.44244	
135	217.3845	4.407652	7.9572	
140	245.6694	4.561824	8.481349	
145	275.7445	4.710911	9.01389	
150	307.5094	4.854631	9.553809	
155	340.8423	4.99273	10.10008	
160	375.5993	5.124969	10.65166	
165	411.6173	5.251135	11.2075	
170	448.7149	5.371035	11.76655	
175	486.6953	5.484499	12.32773	
180	525.3473	5.591379	12.88998	
185	538.7011	5.69155	13.45224	
190	577.5998	5.784909	14.01342	
195	616.5126	5.871377	14.57247	
200	655.2016	5.950896	15.12831	



205	693.4281	6.023435	15.67989
210	730.9573	6.088981	16.22616
215	767.5599	6.147546	16.76608
220	803.0161	6.199167	17.29862
225	837.1176	6.2439	17.82277
230	869.67	6.281825	18.33753
235	900.4955	6.313043	18.84192
240	929.435	6.337679	19.33498
245	956.3491	6.355876	19.81577
250	981.1208	6.367802	20.28338
255	1003.656	6.37364	20.73692
260	1023.882	6.373595	21.17551
265	1041.755	6.367894	21.59834
270	1057.25	6.356778	22.00459
275	1070.371	6.340507	22.39349
280	1081.142	6.319359	22.7643
285	1089.611	6.293627	23.11631
290	1095.849	6.263618	23.44886
295	1099.946	6.229653	23.7613
300	1102.01	6.192067	24.05305
305	1102.169	6.151205	24.32356
310	1100.563	6.107423	24.5723
315	1097.348	6.061084	24.7988
320	1092.69	6.012561	25.00263
325	1086.762	5.96223	25.1834
330	1079.748	5.910473	25.34078
335	1071.835	5.857674	25.47445
340	1063.21	5.804216	25.58417
345	1054.067	5.750483	25.66972
350	1044.593	5.696852	25.73095
355	1034.978	5.643698	25.76773
360	1025.403	5.591385	25.78



B.4. Càlculs mecànics dels col·lectors.

B.4.1. Càlcul mecànic de canonades soterrades de polietilè.

Les canonades soterrades estan sotmeses a l'empenta exercida per les terres i, ocasionalment, per la pressió hidrostàtica conseqüència del nivell freàtic.

L'empenta de les terres i pressions puntuals com, per exemple, les càrregues de trànsit, no són sol·licituds uniformement distribuïdes al perímetre de la canonada. Això provoca que la canonada perdi fàcilment la seva secció circular i que a les parets apareguin desalineacions de les línies de força i moments addicionals.

La canonada es deformarà al rebre esforços de compressió transversals derivats de les càrregues del terreny i de les sobrecàrregues del trànsit, produint-se un fenomen d'ovalització.

En el cas de les deformacions patides, per càrregues puntuals de trànsit, els materials viscoelàstics recuperen la forma original immediatament. No més en el cas de càrregues aplicades duran llargs terminis de temps les canonades pateixen deformacions no recuperables a la seva totalitat.

Aquestes deformacions comporten unes tensions a les parets del tub que han de comprovar-se en el seu estat límit.

Les tensions suportades per el material a curt i llarg termini varien com a conseqüència de la reducció del mòdul de deformació amb el pas del temps, per tant les canonades han de dimensionar-se en funció del temps de funcionament que s'hagi estimat per a la canonada.

Les canonades s'han de dimensionar per a suportar a més a més de la pressió interior:

- . Un valor màxim d'ovalització
- . Un valor màxim d'esforç tangencial
- . Una pressió crítica de col·lapsament

Aquest dimensionament està definit i detallat a l'Informe UNE 53331 IN; Criteris per a la comprovació dels tubs a utilitzar en conduccions amb i sense pressió sotmesos a càrregues externes.

B.4.1.1. Comprovació de la màxima ovalització

Amb la distribució de càrregues a la perifèrica del tub:

q_{vt} : Càrregues verticals totals (terreny, trànsit...)

q_h : Càrregues horitzontals

Es calcula la variació del diàmetre vertical ΔD_v .



L'equació que proporciona la deformació és:

$$\Delta D_v = |C_v| \frac{q_{vt} - q_h}{S_t} r_m$$

C_v : Factor de deformació vertical, funció de l'angle de recolzament de la canonada.

$$S_t : \text{Rigidesa circumferencial del tub} = \frac{E}{12} \left(\frac{e}{r_m} \right)^3$$

r_m : Radi mig

D'aquesta expressió es dedueix la deformació relativa, ovalització, a curt i llarg termini, en %.

$$S_v = \frac{\Delta D_v}{2r_m} \cdot 100$$

El valor admissible a llarg termini, δ_v , ha de ser inferior o igual al 5%.

Quant major sigui la rigidesa circumferencial de la canonada i major el mòdul d'elasticitat del sòl, menor serà l'ovalització i, per tant, el risc de fallades.

Per tant, el càlcul de resistència a l'ovalització es realitza tenint en compte únicament les càrregues de terra i restes de càrregues externes no hidrostàtiques.

B.4.1.2. Verificació del màxim esforç tangencial

Els esforços tangencials en clau, ronyons i base calculats ha de comparar-se amb el valor de l'esforç tangencial de disseny a flexió - tracció.

$$\sigma = \frac{N}{S} \pm \frac{M \cdot 100}{\omega} \alpha_k \cdot 10$$

N: És la suma de forces axials per unitat de longitud

S: És l'àrea de la secció longitudinal de la paret del tub per unitat de longitud.

M: És la suma de moments per unitat de longitud

ω : És el moment resistent de la secció $\omega = \frac{100e^2}{6}$

α_k : És un factor de correcció per curvatura, que té en compte les fibres perifèriques interiors i exteriors.



$$\alpha_{ki} = 1 + \frac{1}{3} \frac{e}{r_m}$$

$$\alpha_{ke} = 1 + \frac{1}{3} \frac{e}{r_m}$$

L'esforç tangencial obtingut es compara amb el valor de disseny a curt i llarg termini:

- Curt termini $\sigma_t = 30 \text{ N/mm}^2$
- Llarg termini $\sigma_t = 14,4 \text{ N/mm}^2$

La relació entre esforços ha de ser superior a un coeficient de seguretat de 2,5.

B.4.1.3. Comprovació de la pressió crítica de col·lapsat

Quant els tubs estan sotmesos a la càrrega crítica es produeix un aixafament de la seva generatriu superior.

La comprovació de l'estabilitat dimensional serveix per a determinar el marge de seguretat entre la càrrega crítica i la càrrega realment existent.

Es realitza tenint en compte les influències de la pressió del terreny, pressió exterior de l'aigua i acció simultània d'ambdós.

La pressió d'aixafament crítica del terreny es calcula segons l'equació:

$$Critq_v = 2\sqrt{S_t \cdot S_{sh}}$$

S_t : Rigidesa del tub

S_{sh} : Rigidesa horitzontal del reblert fins la clau del tub

El coeficient de seguretat a l'aixafament és:

$$\eta_1 = \frac{Critq_{vt}}{q_{vt}}$$

Aquest ha de ser major a 2,5 a curt i llarg termini.

La pressió d'aixafament crític de l'aigua exterior es calcula aplicant:

$$CritPe = \alpha_{\Delta} \cdot \alpha_t$$

On α_{Δ} és el coeficient de penetració funció de rm/e i la relació entre la rigidesa horitzontal de reblert st/ssh .

El coeficient de seguretat a l'aixafament per pressió hidrostàtica exterior és:



$$\eta_2 = \frac{CritPe}{Pe}$$

Pe: És la pressió exterior de l'aigua, o pressió hidrostàtica, que es calcula amb l'equació:

$$Pe = \gamma_a \left(Ha + \frac{Dn}{2} \right) 10^{-3}$$

γ_a : És el pes específic de l'aigua

Ha: És l'alçada del nivell freàtic sobre la clau del tub

Dn: És el diàmetre nominal del tub

L'acció simultània de pressió del sòl i de l'aigua externa ha de tenir un coeficient de seguretat π_3 major que 2,5 a curt i llarg termini.

$$\eta_3 = \frac{1}{\frac{q_{vt}}{Critq_{vz}} + \frac{Pe}{CritPe}}$$

Aplicant el programa de càlcul ASETub per canonades de polietilè es troben els següents resultats, que permeten el soterrament d'aquestes canonades a uns 4 m de fondària.

B.4.1.4. Canonada de gravetat.

• DADES

Característiques de la Canonada:

Diàmetre Nominal (mm).....300
 Pressió Nominal (atm).....6
 Pressió Interior (atm).....1
 Tipus de canonada.....PE50

Característiques de la rasa:

Profunditat de rasa (m).....1.5
 Terraplè sobre rasa (m).....0.5
 Amplada de rasa (m).....0.7
 Angle de talús de rasa (°).....80
 Altura freàtica (m).....1

Tipus de terreny.....No Cohesiú S'inclouen en aquest grup graves i sorres soltes.

Tipus de reblert.....No Cohesiú S'inclouen en aquest grup graves i sorres soltes.

Compactat del reblert.....Posterior al tapat Equival a un Pròctor Normal del 95%



Sobrecàrregues:

Càrrega concentrada (tràfic) sobre canonada (T).....12

Càrrega repartida per unitat de superfície (T/m²).....0

Paviment:

Altura de capa de paviment (m).....0.25

Tipus de paviment.....aglomerat asfàltic

• CÀLCUL DE CÀRREGUES EXTERNES A LLARG TERMINI

RESULTATS

Deformació.... 0.37 < 5% Correcte

Esforços tangencials:

Clau..... 9.74 > 2.5 Correcte

Ronyó.... 11.73 > 2.5 Correcte

Base..... 6.15 > 2.5 Correcte

Pressió del terreny:

Coefficient de seguretat.... 66.56 > 2.5 Correcte

Pressió exterior de l'aigua:

Coefficient de seguretat.... 26.33 > 2.5 Correcte

Pressió simultània del terreny i de l'aigua externa:

Coefficient de seguretat..... 18.86 > 2.5 Correcte

• CÀLCUL DE CÀRREGUES EXTERNES A CURT TERMINI

RESULTATS

Deformació.... 0.15 < 5% Correcte

Esforços tangencials:

Clau.... 19.05 > 2.5 Correcte

Ronyó.... 23.17 > 2.5 Correcte

Base.... 12 .02 > 2.5 Correcte

Pressió del terreny:

Coefficient de seguretat.... 159.39 > 2.5 Correcte

Pressió exterior de l'aigua:

Coefficient de seguretat.... 127.25 > 2.5 Correcte

Pressió simultània del terreny i de l'aigua externa:

Coefficient de seguretat.... 70.76 > 2.5 Correcte

B.4.1.5. Canonada d'impulsió

• DADES

Característiques de la Canonada:



Diàmetre Nominal (mm)	160
Pressió Nominal (atm)	10
Pressió Interior (atm)	9
Tipus de canonada	PE100

Característiques de la rasa:

Profunditat de rasa (m)	1.5
Terraplè sobre rasa (m)	0.5
Ample de rasa (m)	0.7
Angle de talús de rasa (°)	80
Altura freàtica (m)	1

Tipus de terreny.....No Cohesiú S'inclouen en aquest grup graves i sorres soltes.

Tipus de reblert.....No Cohesiú S'inclouen en aquest grup graves i sorres soltes.

Compactat del reblert.....Posterior al tapat Equival a un Pròctor Modificat del 95%

Sobrecàrregues:

Càrrega concentrada (tràfic) sobre canonada (T).....	12
Càrrega repartida per unitat de superfície (T/m2).....	0

Paviment:

Altura de capa de paviment (m).....	0,25
Tipus de paviment.....	Aglomerat asfàltic

• CÀLCUL DE CÀRREGUES EXTERNES A CURT TERMINI RESULTATS

Deformació.... 0,3 < 5% Correcte

Esforços tangencials:

Clau....	4,55	> 2.5	Correcte
Ronyó....	5,27	> 2.5	Correcte
Base....	4,06	> 2.5	Correcte

Pressió del terreny:

Coefficient de seguretat.... 89,06 > 2.5 Correcte

Pressió exterior de l'aigua:

Coefficient de seguretat.... 129,74 > 2.5 Correcte

Pressió simultània del terreny i de l'aigua externa:

Coefficient de seguretat.... 52,81 > 2.5 Correcte

• CÀLCUL DE CÀRREGUES EXTERNES A LLARG TERMINI RESULTATS

Deformació.... 0,44 < 5% Correcte

Esforços tangencials:

Clau.... 3,22 > 2.5 Correcte



Ronyó.... 3,72 > 2.5 Correcte

Base.... 2,90 > 2.5 Correcte

Pressió del terreny:

Coeficient de seguretat.... 41,90 > 2.5 Correcte

Pressió exterior de l'aigua:

Coeficient de seguretat.... 33,20 > 2.5 Correcte

Pressió simultània del terreny i de l'aigua externa:

Coeficient de seguretat.... 18,53 > 2.5 Correcte



