



Comune di Edolo



Regione Lombardia

PROGETTO ESECUTIVO

Interventi di riduzione del rischio idrogeologico nelle
Valli di Dosso Mezzano e di San Clemente - Solivi

DATA

Maggio 2024

SCALA

-

TAV. N.

R2

RELAZIONE TECNICA

Committente :
COMUNE DI EDOLO

A G G I O R N A M E N T I		Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
	f					
	e					
	d					
	c					
	b					
	a					

Progettista e Direttore Lavori

Committente

Ing. CLAUDIA SERIOLI
Via Rossini n.33 - 25057
Sale Marasino (BS)
Partita I.V.A.: 02489820981
tel. 3401414015
serioli.claudia@gmail.com



COMUNE di EDOLO
Largo Mazzini, 1
25048 Edolo (BS)
tel. 0364/773011
fax 0364/71162
info@comune.edolo.bs.it

1. Premessa.....	2
2. Verifiche idrauliche e statiche.....	3
Verifica idraulica tombotto Valle San Clemente	4
Verifica idraulica e statica della briglia.....	5
Verifica statica per rifacimento muro di sostegno	7

1. Premessa

Gli interventi proposti nel presente Progetto di Fattibilità tecnica ed economica sono volti alla riduzione del rischio idrogeologico della porzione di versante denominato della “Costa” a monte dell’abitato di Edolo.

Il versante in esame è solcato da numerosi corsi d’acqua secondari che affluiscono nei corsi d’acqua principali Oglio ed Ogliolo di fondovalle.

A causa dell’abbandono colturale dei terreni limitrofi a tali corsi d’acqua la vegetazione arborea ed arbustiva si è accresciuta notevolmente andando ad occupare la sezione idraulica dei corsi d’acqua che in molti casi è collassata all’interno degli alvei provocando diffuse ostruzioni al deflusso, con conseguente danneggiamento e/o diminuzione della resa idraulica dei manufatti esistenti.

A peggiorare il quadro generale si riscontra una scarsa se non addirittura assenza di manutenzione dei solchi vallivi e dei manufatti idraulici esistenti lungo il tracciato dei corsi d’acqua, come briglie, soglie sfioranti, e lungo la viabilità del versante, come tombotti, canalette e griglie, condotte etc..

La conseguenza è il verificarsi di ostruzioni, piccoli franamenti, divagazioni d’alveo che comportano nell’insieme un incremento del rischio idrogeologico dell’intero versante, aggravato dal fatto che la maggior parte di questi corsi d’acqua nella parte terminale, prima dell’immissione nel corso d’acqua principale, attraversano il centro abitato di Edolo.

In considerazione di quanto sopra esposto si è ritenuto necessario prevenire il rischio idrogeologico mediante l’esecuzione di interventi volti a migliorare le condizioni di deflusso delle acque.

Questo per mezzo della realizzazione di manufatti che vadano a integrare e completare quelli già realizzati negli anni passati, ed operando una manutenzione e consolidamento di quelli esistenti.

Gli interventi sono descritti nella relazione generale e rappresentati nelle tavole grafiche allegate al progetto.

In questa relazione si riportano i risultati dei predimensionamenti dal punto di vista idraulico e strutturale delle opere principali ed uno specifico paragrafo dedicato al rispetto dei CAM.

2. Verifiche idrauliche e statiche

Nei paragrafi seguenti si riportano le verifiche idrauliche delle briglie, degli scatolari utilizzati per realizzare il tombotto della Valle di San Clemente e delle tubazioni necessarie per il tombotto della Valle Solivi

I dati di portata necessari per le verifiche sono stati estrapolati dalla Relazione Geologica a firma del Dott. Geol. Gilberto Zaina, allegata al presente Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica.

Stima della portata di massima piena con $TR = 100$ anni

Per la stima della portata di massima piena attesa è stato adottato il modello afflussi-deflussi

Il valore della portata liquida conseguente ad un evento meteorico considerato critico con tempo di ritorno 100 anni risulta pari a :

Corso d'acqua	$Q_{L-TR100}$ (mc/s)
DOSSO MEZZANO	1.9
SAN CLEMENTE	3.0

Le caratteristiche torrentizie dei corsi d'acqua comportano che durante gli eventi di piena possano registrarsi fenomeni di trasporto solido legati alla movimentazione del materiale in alveo e ad apporti dei tributari. Ne consegue dunque che la portata critica attesa sia superiore alla portata liquida calcolata, e può essere calcolato considerando gli aumenti di volume legati alle concentrazioni detritiche massime possibili (sono esclusi pertanto i fenomeni di colata o debris flow):

Corso d'acqua	$Q_{L-TR100}$ (mc/s)	Q_c (mc/s)
DOSSO MEZZANO	1.9	2.2 - 3.0
SAN CLEMENTE	3.0	3.3 - 4.6

Pertanto per il tombotto con gli scatolari si è adottato, per la valle di San Clemente, la portata di 4,6 m³/s.

Per le tubazioni del tombotto della Valle Solivi, si è considerato che il bacino relativo è circa 1/3 del bacino della Valle San Clemente alla sua sezione di chiusura e pertanto sono state verificate con una portata liquida di 1 m³/s.

Per la verifica della gaveta si è fatto riferimento alla portata maggiore di 4,6 m³/s per entrambi i torrenti, a favore di sicurezza.

Verifica idraulica tombotto Valle San Clemente

La verifica delle sezioni dell'attraversamento per la portata di progetto è eseguita in condizioni di moto uniforme utilizzando formule di Chezy:

$$V = k_s \times R^{2/3} \times i^{0,5} \quad Q = V \times A$$

dove:

V	=	velocità fluido m/s
k _s	=	coefficiente di Strickler = 60
R	=	raggio idraulico
i	=	pendenza in mm
Q	=	portata scaricata /s
A	=	area bagnata in mq

Per quanto riguarda la verifica delle tubazioni per il tombotto della Valle Solivi si utilizza la medesima formula facendo riferimento alla sezione circolare di diametro interno 427 mm (tubazione in PEAD strutturato DN500) con una pendenza del 4%.

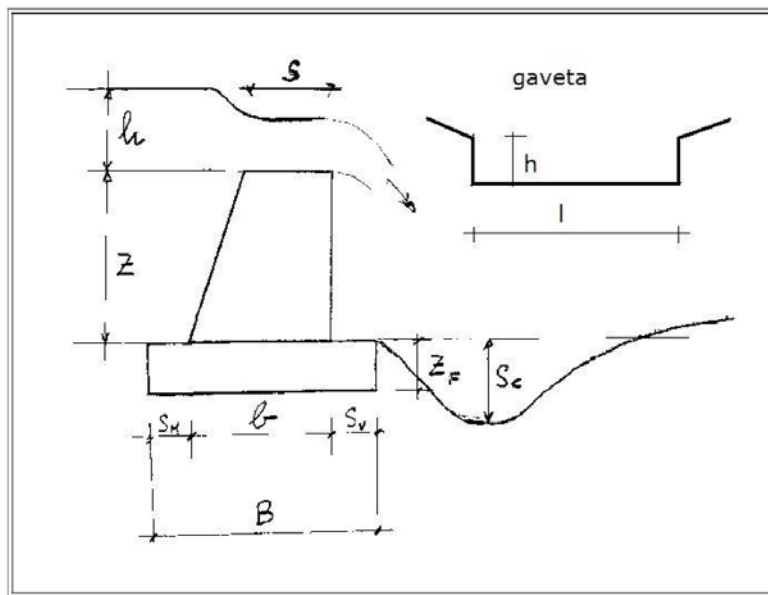
CANALE CIRCOLARE								
Dati canale:	Diametro=	0,427	metri					
	Area	0,1432007	mq					
	Pendenza canale=	0,04	m/m	in %	4			
	Coeff ScabrezzaG.-Strickler=	80						
	Portata di progetto=	0,5	mc/s					
% riempimento	gradi	rad.	Area defl.	Cont. Bagn.	R idr.	Portata (mc/s)	H riemp	Veloc m/s
5%	51,68	0,90	0,01	0,19	0,04	0,01	0,021	1,782
10%	73,74	1,29	0,01	0,27	0,05	0,03	0,043	2,232
15%	91,15	1,59	0,02	0,34	0,06	0,05	0,064	2,540
20%	106,26	1,85	0,03	0,40	0,07	0,08	0,085	2,778
25%	120,00	2,09	0,04	0,45	0,08	0,11	0,107	2,972
30%	132,84	2,32	0,04	0,50	0,09	0,13	0,128	3,136
35%	145,08	2,53	0,05	0,54	0,09	0,16	0,149	3,277
40%	156,93	2,74	0,06	0,58	0,10	0,19	0,171	3,400
45%	168,52	2,94	0,06	0,63	0,10	0,23	0,192	3,507
50%	180,00	3,14	0,07	0,67	0,11	0,26	0,214	3,601
55%	191,48	3,34	0,08	0,71	0,11	0,29	0,235	3,682
60%	203,07	3,54	0,09	0,76	0,11	0,32	0,256	3,752
65%	214,92	3,75	0,09	0,80	0,12	0,35	0,278	3,811
70%	227,16	3,96	0,10	0,85	0,12	0,39	0,299	3,858
75%	240,00	4,19	0,11	0,89	0,12	0,42	0,320	3,895
80%	253,74	4,43	0,11	0,95	0,12	0,45	0,342	3,918
85%	268,85	4,69	0,12	1,00	0,12	0,48	0,363	3,925
90%	286,26	5,00	0,13	1,07	0,12	0,50	0,384	3,910
95%	308,32	5,38	0,14	1,15	0,12	0,52	0,406	3,858
100%	360,00	6,28	0,14	1,34	0,11	0,52	0,427	3,601
La portata di progetto defluisce con i seguenti dati								
89%	282,53	4,93	0,13	1,05	0,12	0,50	0,380	3,916
Deflusso								

Si considera la posa di due tubazioni uguali. Ciascuna tubazione ha una portata di deflusso con un grado di riempimento dell' 89% di 0,5 mc/s con una velocità di 3,9 m/s, pertanto le due tubazioni possono scaricare 1 mc/s in totale.

La portata massima scaricabile dalle due tubazioni è 1,0108 m³/s con grado di riempimento dell'98%.

Verifica idraulica e statica della briglia

I parametri considerati nei calcoli di dimensionamento sono quelli rappresentati nella figura seguente:



La gaveta deve contenere la portata di progetto. Il suo dimensionamento richiede la scelta della geometria (rettangolare, trapezia, catenaria), della larghezza (l) e dell'altezza (h) considerando anche un adeguato franco. La profondità della gaveta nel caso di geometria rettangolare può essere calcolata con la formula:

$$h = 0.7 (Q/l)^{2/3}$$

La formula vale per gaveta rettangolare, per la gaveta trapezia essa è a favore di sicurezza.

Nel caso in esame $l = 4$ m

$$Q = 4,6 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h = 0,76 \text{ m}$$

La gaveta della briglia di progetto ha altezza $h = 1,45$ m, pertanto con un adeguato franco di sicurezza.

Per quanto riguarda il predimensionamento strutturale della briglia si allegano i calcoli effettuati:

DATI							
Forma gaveta	rettangolare						
Altezza briglia	z=	1,10	m				
D90	D90=	0,200	m				
Larghezza gaveta	L=	4	m				
Portata massima	Q=	4	m ³ /s				
Coeff. attrito opera-fondazione	fo-f=	0,70					
Coeff. attrito fondazione-terreno	ff-t=	0,40					
Peso spec. calcestruzzo	γc=	24000	N/m ²				
Peso spec. acqua	γα=	10000	N/m ²				
DIMENSIONAMENTO							
Altezza gaveta	h=	0,70	0,70	m			
Spessore coronamento	s=	0,81	0,80	m			
Spessore alla base (Romiti)	b=	0,71	0,70	m			
Spessore alla base (Zoli)	b=	0,75	0,70	m			
	c=	0,00	m		Sporto paramento di valle (0.00 --> paramento verticale)		
	A1=	6,31					
	A2=	10,32					
	A3=	-0,58					
	a=	-0,06	m		Sporto paramento di monte		
Spessore alla base (inserire il prescelto)	b=	0,80	m				
Altezza fondazione	zf,min=	0,45	0,45	m			
Sporto massimo fondazione	sf,max=	0,32	0,30	m			

VERIFICHE STATICHE									
Forze orizzontali									
	SO1=	7700,00	7700	N					
	SO2=	6050,00	6100	N					
Forze verticali									
	P1=	21120,00	21100	N					
	P2=	0,00	0	N					
	P3=	11880,00	11900	N					
	SV2=	0,00	0	N					
	SV1=	0,00	0	N					
	SV3=	5400,00	5400	N					
	P'=	3733,33	3700	N					
Calcolo momenti									
		FORZE		BRACCI		MOMENTI RIB.		MOMENTI STAB.	
		Orizz.	Vert.	Briglia	Briglia+Fond.	Briglia	Briglia+Fond.	Briglia	Briglia+Fond.
	Briglia								
	SO1	7700		0,55	1,00	4235	7700		
	SO2	6100		0,37	0,82	2237	4982		
	P1		21100	0,40	0,40			8440	8440
	P2		0	0,80	0,80			0	0
	SV2		0	0,80	0,80			0	0
	SV1		0	0,80	0,80			0	0
	P'		3700	0,40	0,40			1480	1480
	Totale	13800	24800			6472		9920	
	Briglia+Fond.								
	P3		11900		0,55				6545
	SV3		5400		0,95				5130
	Totale	13800	42100				12681.6667		21595

<i>Verifica corpo briglia</i>							
Ribaltamento	Coeff. sicurezza	1,5					
		1,53	OK				
Scorrimento	Coeff. sicurezza	1					
		1,26	OK				
Schiacciamento							
	u=	0,14	m	Sezione parzialmente compressa			
	e=	0,26	m	Sforzi di trazione a monte e di compressione a valle			
	σv=	0,09	MPa				
	σtt=	30999,94	MPa				
	Compress.max=	4,00	MPa	Compressione massima ammissibile per il calcestruzzo			
	Trazione max=	-0,05	MPa	Trazione massima ammissibile per il calcestruzzo			
			OK				
<i>Verifica briglia+fondazione</i>							
Ribaltamento	Coeff. sicurezza	1,5					
		1,70	OK				
Scorrimento	Coeff. sicurezza	1					
		1,22	OK				
Schiacciamento							
	u=	0,21	m	Sezione parzialmente compressa			
	e=	0,19	m	Sforzo di compressione sulla sezione parzializzata			
	σv=	0,13	MPa				
	Compress.max=	0,25	MPa	Compressione massima ammissibile per il terreno			
			OK				
SCAVO A VALLE							
Dist. impatto getto (Rand)	L1=	2,361720821	2,40	m			
Dist. impatto getto (D'Agostino)	L1=	2,03	2,00	m			
Profondità di scavo	S=	0,81	0,80	m			

Verifica statica per rifacimento muro di sostegno

Il muro viene calcolato come muro a gravità.

• . VERIFICHE PER IL MURO A GRAVITÀ O A GABBIONI

Sez. N. : Numero della sezione da verificare

Ele : Tipo di elemento verificato:

1 = PARAMENTO

4 = MENSOLA DI FONDAZIONE A VALLE

5 = MENSOLA DI FONDAZIONE A MONTE

6 = DENTE DI FONDAZIONE

Dist. : Distanza della sezione dalla sezione iniziale del tipo di elemento (estremo libero)

H : Altezza della sezione

B : Larghezza della sezione

Xg : Ascissa del baricentro della sezione

Yg : Altezza del baricentro della sezione. Ascisse e altezze si intendono misurate a partire dal punto più a valle della fondazione del muro, quello attorno a cui avviene l'ipotetica rotazione del ribaltamento

Cmb fle : Combinazione di carico più gravosa a presso-flessione. Un valore maggiore di 100 indica una combinazione del tipo A2

Nsdu : Sforzo normale di calcolo agente su 1 metro di muro relativo alla combinazione più gravosa a presso-flessione. Positivo se di compressione

e : Eccentricità dello sforzo normale. Positiva se verso sinistra (lembo più a valle)

Nrdu : Sforzo normale resistente ultimo di calcolo

Mrdu : Momento resistente ultimo di calcolo

Coef fles : Coefficiente di sicurezza relativo alla verifica a presso-flessione (rapporto tra il momento resistente ultimo e il momento agente)

Cmb tag : Combinazione di carico più gravosa a taglio. Un valore maggiore di 100 indica una combinazione del tipo A2

Vsdu : Sforzo di taglio agente su 1 metro di muro relativo alla combinazione più gravosa a taglio. Positivo se diretto verso sinistra (lembo più a valle)

Vrdu : Sforzo di taglio resistente ultimo di calcolo

Coef tagl : Coefficiente di sicurezza relativo alla verifica a taglio (rapporto tra il taglio resistente ultimo e lo sforzo di taglio agente)

Verifica : Indicazione soddisfacimento delle verifiche di resistenza

GEOMETRIA MURO 1			
MURO A GRAVITA'			
Altezza del paramento	4.00	m	sezione orizzontale positivo verso monte sezione orizzontale
Spessore del muro in testa	50	cm	
Scostamento della testa del muro	15	cm	
Spessore del muro alla base	100	cm	

GEOMETRIA MURO 1		
FONDAZIONE DIRETTA		
Lunghezza della mensola di fondazione a valle:	40	cm
Lunghezza della mensola di fondazione a monte:	0	cm
Spessore minimo della mensola a valle:	50	cm
Spessore massimo della mensola a valle:	50	cm
Spessore minimo della mensola a monte:	0	cm
Spessore massimo della mensola a monte:	0	cm
Inclinazione del piano di posa della fondazione:	0	°
Sviluppo della fondazione:	1.0	m
Spessore del magrone:	0	cm

VERIFICHE STABILITA' MURO 1		
VERIFICA AL RIBALTAMENTO		
Combinazione di carico piu' svantaggiosa:	1	A1
Momento forze ribaltanti complessivo:	7147	Kgm/m
Momento stabilizzante forze peso e carichi:	9895	Kgm/m
Momento stabilizzante massimo dovuto ai tiranti:	0	Kgm/m
Coefficiente sicurezza minimo al ribaltamento:	1.38	----
LA VERIFICA RISULTA SODDISFATTA		

VERIFICHE STABILITA' MURO 1		
VERIFICA ALLO SCORRIMENTO		
Combinazione di carico piu' svantaggiosa:	1	A1
Risultante forze che attivano lo scorrimento:	4801	Kg/m
Risultante forze che si oppongono allo scorrimento:	4421	Kg/m
Forza dei tiranti che si oppone allo scorrimento:	0	Kg/m
Coefficiente sicurezza minimo allo scorrimento:	0.92	----
LA VERIFICA RISULTA NON SODDISFATTA		

Per ottenere la verifica allo scorrimento vengono inghisati 2 spezzoni Ø20 al m in roccia, che impediscono lo scorrimento del muro.

SOLLECITAZIONI MURO 1 - Tabella Combinazioni: A1							
SOLLECITAZIONI MURO							
Cmb N.r	Tipo di Elemento	Sez. N.ro	Distanza cm	Angolo °	N Kg	M Kgm	T Kg
1	PARAMENTO	1	0	0.0	0	0	0
		2	30	0.0	436	-4	105
		3	60	0.0	922	8	251
		4	90	0.0	1460	46	438
		5	120	0.0	2048	121	667

SOLLECITAZIONI MURO 1 - Tabella Combinazioni: A1

SOLLECITAZIONI MURO							
Cmb N.r	Tipo di Elemento	Sez. N.ro	Distanza cm	Angolo °	N Kg	M Kgm	T Kg
		6	150	0.0	2687	242	937
		7	180	0.0	3377	418	1249
		8	210	0.0	4117	661	1602
		9	240	0.0	4909	979	1997
		10	270	0.0	5751	1384	2433
		11	300	0.0	6644	1884	2910
		12	330	0.0	7588	2490	3429
		13	350	0.0	8245	2958	3798

SOLLECITAZIONI MURO 1 - Tabella Combinazioni: A1

SOLLECITAZIONI MURO							
Cmb N.r	Tipo di Elemento	Sez. N.ro	Distanza cm	Angolo °	N Kg	M Kgm	T Kg
2	PARAMENTO	1	0	0.0	0	0	0
		2	30	0.0	418	-3	86
		3	60	0.0	884	5	207
		4	90	0.0	1396	33	363
		5	120	0.0	1956	89	553
		6	150	0.0	2563	181	777
		7	180	0.0	3216	318	1036
		8	210	0.0	3917	506	1330
		9	240	0.0	4665	755	1658
		10	270	0.0	5460	1073	2020
		11	300	0.0	6302	1467	2418
		12	330	0.0	7191	1947	2849
		13	350	0.0	7810	2318	3156

SOLLECITAZIONI MURO 1 - Tabella Combinazioni: Rare

SOLLECITAZIONI MURO							
Cmb N.r	Tipo di Elemento	Sez. N.ro	Distanza cm	Angolo °	N Kg	M Kgm	T Kg
1	PARAMENTO	1	0	0.0	0	0	0
		2	30	0.0	422	-5	72
		3	60	0.0	891	-3	176
		4	90	0.0	1406	14	311
		5	120	0.0	1968	52	479
		6	150	0.0	2578	119	678
		7	180	0.0	3233	223	909
		8	210	0.0	3936	371	1172
		9	240	0.0	4685	570	1467
		10	270	0.0	5482	827	1794
		11	300	0.0	6325	1151	2153
		12	330	0.0	7214	1549	2543
		13	350	0.0	7834	1858	2821

SOLLECITAZIONI MURO 1 - Tabella Combinazioni: Freq.

SOLLECITAZIONI MURO							
Cmb N.r	Tipo di Elemento	Sez. N.ro	Distanza cm	Angolo °	N Kg	M Kgm	T Kg
1	PARAMENTO	1	0	0.0	0	0	0
		2	30	0.0	422	-5	72
		3	60	0.0	891	-3	176
		4	90	0.0	1406	14	311
		5	120	0.0	1968	52	479
		6	150	0.0	2578	119	678
		7	180	0.0	3233	223	909
		8	210	0.0	3936	371	1172
		9	240	0.0	4685	570	1467
		10	270	0.0	5482	827	1794
		11	300	0.0	6325	1151	2153
		12	330	0.0	7214	1549	2543
		13	350	0.0	7834	1858	2821

SOLLECITAZIONI MURO 1 - Tabella Combinazioni: Perm.

SOLLECITAZIONI MURO							
Cmb N.r	Tipo di Elemento	Sez. N.ro	Distanza cm	Angolo °	N Kg	M Kgm	T Kg
1	PARAMENTO	1	0	0.0	0	0	0
		2	30	0.0	422	-5	72
		3	60	0.0	891	-3	176
		4	90	0.0	1406	14	311
		5	120	0.0	1968	52	479
		6	150	0.0	2578	119	678
		7	180	0.0	3233	223	909
		8	210	0.0	3936	371	1172
		9	240	0.0	4685	570	1467
		10	270	0.0	5482	827	1794
		11	300	0.0	6325	1151	2153
		12	330	0.0	7214	1549	2543
		13	350	0.0	7834	1858	2821

VERIFICHE MURO 1

VERIFICHE DI RESISTENZA MURO																		
Sez. N.	Ele	Dist. cm	H cm	B cm	Xg cm	Yg cm	Comb fles	Nsdu Kg	e cm	Nrdu Kg	Mrdu Kgm	Coef fles	Comb tagl	Vsdu Kg	Vrdu Kg	Coef tagl	Verifica	
1	1	0	50	100	130	400	1	0	0	0	0	1.00	1	0	0	1.00	OK	
2	1	30	54	100	127	370	1	436	1	436	119	29.32	1	105	15109	99.99	OK	
3	1	60	59	100	123	340	1	922	1	922	271	33.32	1	251	16081	64.17	OK	
4	1	90	63	100	120	310	1	1460	3	1460	461	9.92	1	438	17052	38.93	OK	
5	1	120	68	100	117	280	1	2048	6	2048	692	5.72	1	667	18024	27.03	OK	
6	1	150	72	100	113	250	1	2687	9	2687	967	4.00	1	937	18999	20.27	OK	
7	1	180	77	100	110	220	1	3377	12	3377	1289	3.08	1	1249	19976	15.99	OK	
8	1	210	81	100	107	190	1	4117	16	4117	1662	2.51	1	1602	20956	13.08	OK	
9	1	240	86	100	103	160	1	4909	20	4909	2088	2.13	1	1997	21940	10.99	OK	
10	1	270	90	100	100	130	1	5751	24	5751	2572	1.86	1	2433	22928	9.42	OK	
11	1	300	94	100	97	100	1	6644	28	6644	3116	1.65	1	2910	23922	8.22	OK	
12	1	330	99	100	93	70	1	7588	33	7588	3724	1.50	1	3429	24920	7.27	OK	
13	1	350	102	100	91	50	1	8245	36	8245	4166	1.41	1	3798	25589	6.74	OK	