Generalitat de Catalunya
Departament de Territori i Sostenibilitat
Direcció General d'Ordenació del Territori i Urbanisme

Ajuntament de Banyoles

PLA D'ORDENACIÓ URBANÍSTICA MUNICIPAL DE BANYOLES

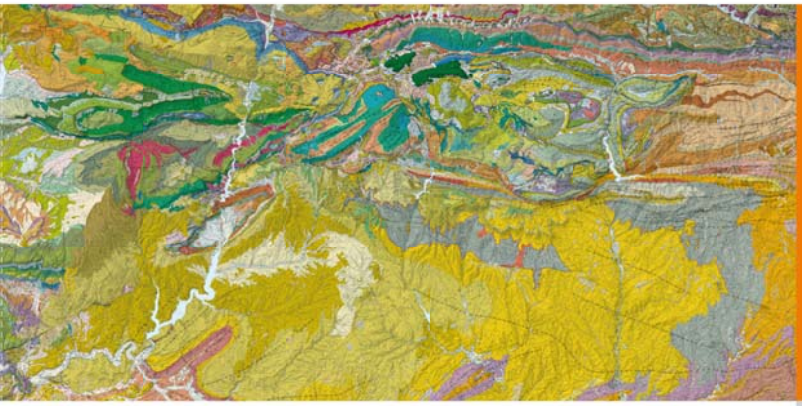
DOCUMENT D'AVANÇ DE PLANEJAMENT

juliol 2 014

III Memòria de l'ordenació

Annex 3 **Estudi d'inundabilitat preliminar**

IGC
Institut Geològic de Catalunya



Estudi d'inundabilitat del municipi de Banyoles

Codi: AP-008/2013

Març 2013

Generalitat de Catalunya

Índex

MEMÒRIA 4
1 INTRODUCCIÓ 5
1.1 OBJECTIUS 6
1.2 ÀMBIT D'ESTUDI 6
1.3 METODOLOGIA 7
1.3.1 Estany de Banyoles 7
1.3.2 Riera de les Arcades 7
2 RECOPILACIÓ HISTÒRICA D'INUNDACIONS ASSOCIADES A ASCENSOS DEL NIVELL D'AIGUA DE L'ESTANY DE BANYOLES 9
2.1 INTRODUCCIÓ 9
2.2 FONTS D'INFORMACIÓ 12
2.3 ANTECEDENTS HISTÒRICS 13
2.3.1 Inundacions de març de 1790 17
2.3.2 Inundacions de gener de 1898 19
2.3.3 Inundacions de desembre de 1932: 19
2.3.4 Inundacions de febrer de 1982: 21
2.4 REPRESENTACIÓ DE RESULTATS 23
3 ESTUDI D'INUNDABILITAT DE LA RIERA DE LES ARCADES 24
3.1 HIDROLOGIA SEGONS LA GUIA TÈCNICA 24
3.1.1 Aspectes bàsics 24
3.1.2 Pluja de projecte 24
3.1.3 Pèrdues de precipitació 27
3.1.4 Transformació pluja-escorrentiu i Mètode de propagació de avingudes 33
3.1.5 Cabals 33
3.2 HIDRÀULICA 34
3.2.1 Model digital del terreny 34
3.2.2 Cabals 35
3.2.3 Coeficient de rugositat 36
3.2.4 Tipus de modelització 38
3.2.5 Condicions de contorn 39
3.2.6 Estructures hidràuliques 39
3.2.7 Geometria de càlcul del model bidimensional 45
3.3 REPRESENTACIÓ DE RESULTATS DE LA MODELITZACIÓ 46
3.3.1 Aspectes generals 46
3.3.2 Observacions 46

3.3.3 Resultats de la modelització 47
4 CONCLUSIONS I RECOMANACIONS 50
4.1 RIERA DE LES ARCADES 50
4.2 ESTANY DE BANYOLES 55
4.3 CONSIDERACIONS GENERALS 57
PLÀNOLS 59
1 Zones inundables de la riera de les arcades 60
2 Zonificació de la inundabilitat de la riera de les arcades 61
3 Recopilació històrica d'inundacions associades a ascensos del nivell d'aigua de l'estany de Banyoles 62
ANNEXOS 71
1 Zonificació i reglament d'usos de l'espai fluvial segons el Reglament de la Llei d'Urbanisme. 72
1.1 Introducció 72
1.2 Proposta d'usos 72
1.3 Zona fluvial 72
1.4 Sistema hídric 73
1.5 Zona inundable 74
1.6 Règims especials 76
2 Taules de n composta per lleres 77
2.1 Valors del coeficient de manning de base (**nb**) per una llera recte, uniforme i materials naturals: 77
2.2 Valors del coeficient manning per factors que afecten la rugositat de les lleres (**n1**, **n2**, **n3**, **n4**): 78

MEMÒRIA

1 INTRODUCCIÓ

La necessitat d'efectuar un estudi d'inundabilitat al municipi de Banyoles, es planteja per motius de planejament urbanístic.

Les zones potencialment inundables dels cursos fluvials en estudi i les associades a la dinàmica de l'estany de Banyoles, es troben inclosos dins l'abast de prevenció contra inundacions INUNCAT (escala de treball 1:50000).

Les zones inundables de la riera de les Arcades o de Canaleta, anomenada Terri aigües avall del terme municipal de Banyoles, queden inclosos dins del PEFCAT del Baix Ter just fora de l'àmbit municipal de Banyoles però el tram que circula pel terme municipal de Banyoles queda fora de l'àmbit estudiat en aquest PEFCAT.

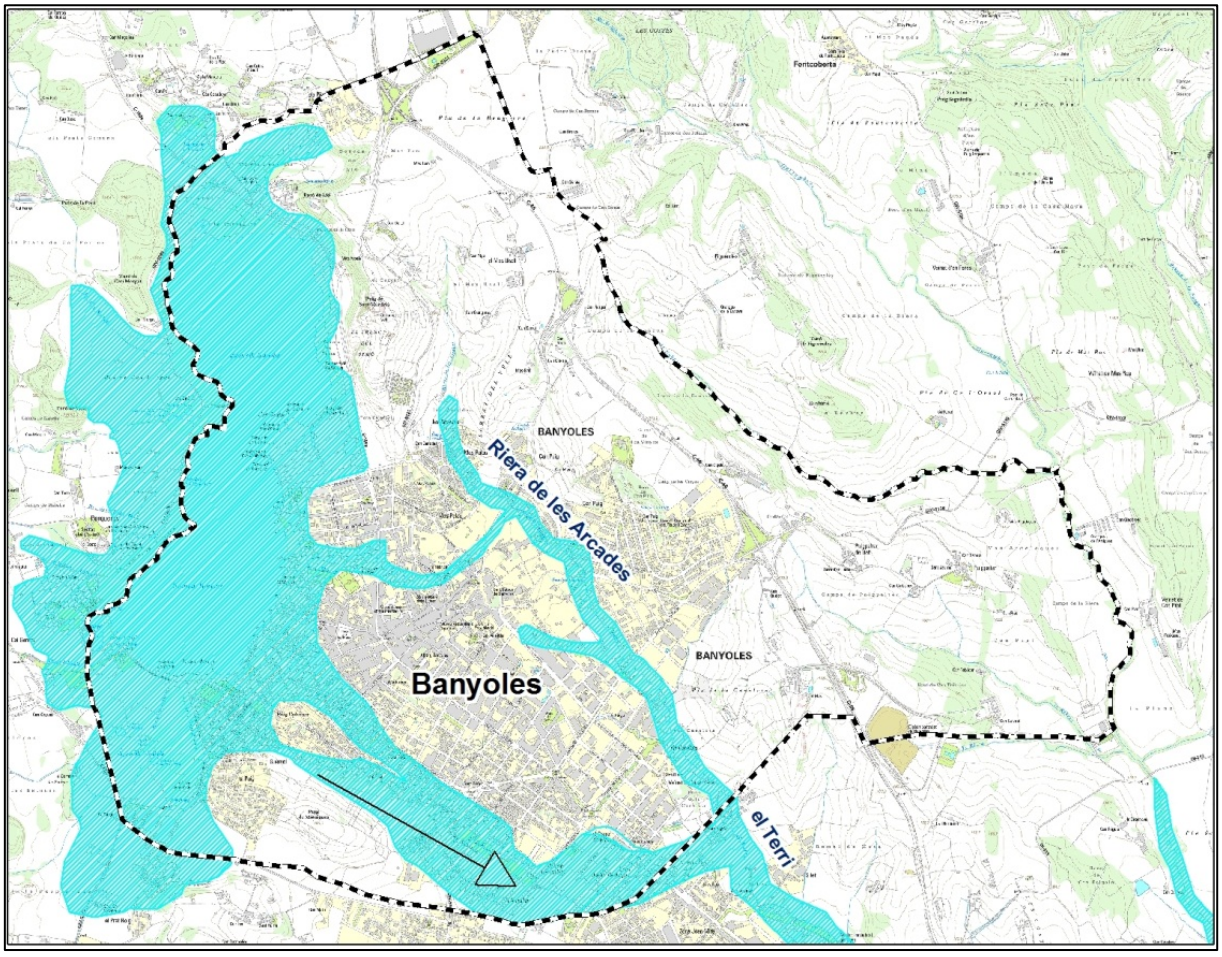


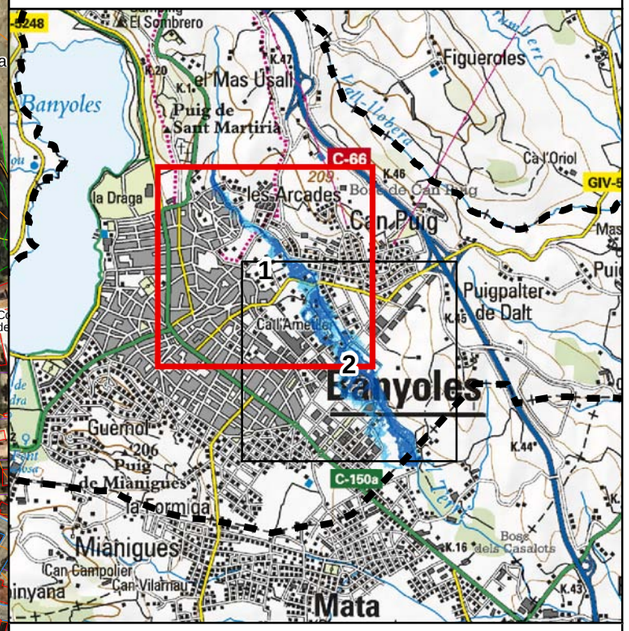
Figura 1. Zones potencialment inundables al municipi de Banyoles. INUNCAT.

Estudi d'inundabilitat al municipi de Banyoles

Març 2013

Tram:

Riera de les Arcades a la part nord del nucli urbà de Banyoles



Llegenda:

- Inundació per a T = 10 anys
- Inundació per a T = 100 anys
- Inundació per a T = 500 anys

Estudi d'inundabilitat realitzat utilitzant l'MDT de l'Institut Cartogràfic de Catalunya, format ràster: Terme Municipal de Banyoles, amb pas de malla d'2x2 m, vol LIDAR maig de 2010, Precisió de 15-30 cm en altimetria. Modificat segons Cartografia 1:1000 ICC (agost-desembre 2009)Representació gràfica dels resultats en el plànol adjunt sobre l'ortofoto de l'ICC a escala 1:2.500 versió 3 i base topogràfica 1:5000 dgn v2.0

N

Escala 1:5000

0 50 100 200 m

Originals en DIN-A3

IGC Institut Geològic de Catalunya

Estudi d'inundabilitat de la riera de les Arcades al municipi de Banyoles

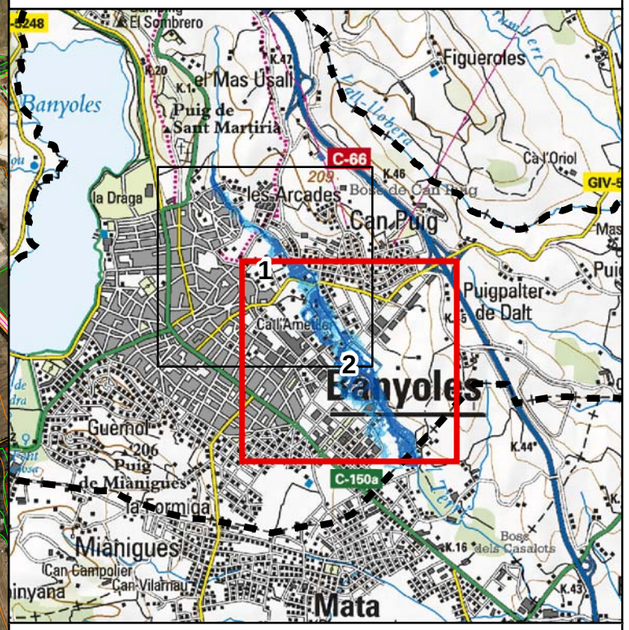
Plànol 1 - Zones inundables

Estudi d'inundabilitat al municipi de Banyoles

Març 2013

Tram:

Riera de les Arcades a la part sud del nucli urbà de Banyoles



Llegenda:

- Inundació per a T = 10 anys
- Inundació per a T = 100 anys
- Inundació per a T = 500 anys

Estudi d'inundabilitat realitzat utilitzant l'MDT de l'Institut Cartogràfic de Catalunya, format ràster: Terme Municipal de Banyoles, amb pas de malla d'2x2 m, vol LIDAR maig de 2010, Precisió de 15-30 cm en altimetria. Modificat segons Cartografia 1:1000 ICC (agost-desembre 2009)Representació gràfica dels resultats en el plànol adjunt sobre l'ortofoto de l'ICC a escala 1:2.500 versió 3 i base topogràfica 1:5000 dgn v2.0

N

Escala 1:5000

0 50 100 200 m

Originals en DIN-A3

IGC Institut Geològic de Catalunya

Estudi d'inundabilitat de la riera de les Arcades al municipi de Banyoles

Plànol 1 - Zones inundables

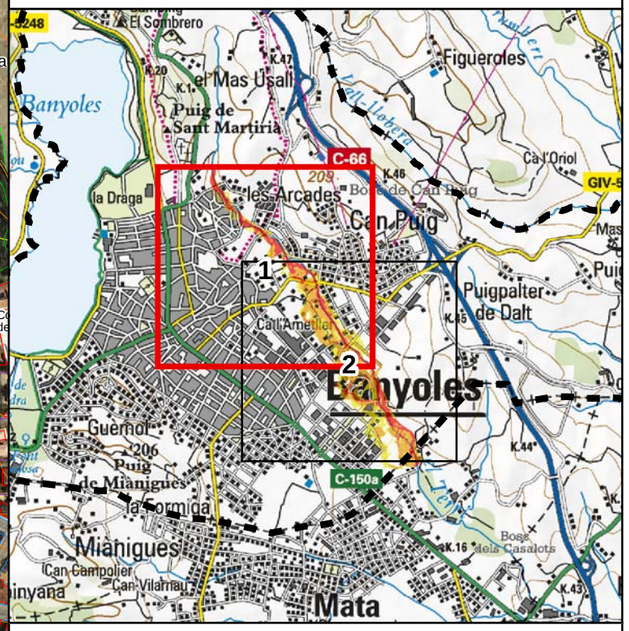
Full 2 de 2

Estudi d'inundabilitat al municipi de Banyoles

Març 2013

Tram:

Riera de les Arcades a la part nord del nucli urbà de Banyoles



Llegenda:

- Zona inundable amb perillositat lleu
- Zona inundable amb perillositat moderada
- Zona inundable amb perillositat greu

Estudi d'inundabilitat realitzat utilitzant l'MDT de l'Institut Cartogràfic de Catalunya, format ràster: Terme Municipal de Banyoles, amb pas de malla d'2x2 m, vol LIDAR maig de 2010, Precisió de 15-30 cm en altimetria. Modificat segons Cartografia 1:1000 ICC (agost-desembre 2009)Representació gràfica dels resultats en el plànol adjunt sobre l'ortofoto de l'ICC a escala 1:2.500 versió 3 i base topogràfica 1:5000 dgn v2.0

N

Escala 1:5000

0 50 100 200 m

Originals en DIN-A3

IGC Institut Geològic de Catalunya

Estudi d'inundabilitat de la riera de les Arcades al municipi de Banyoles

Plànol 2 - Classificació de les zones inundables per a T=500anys

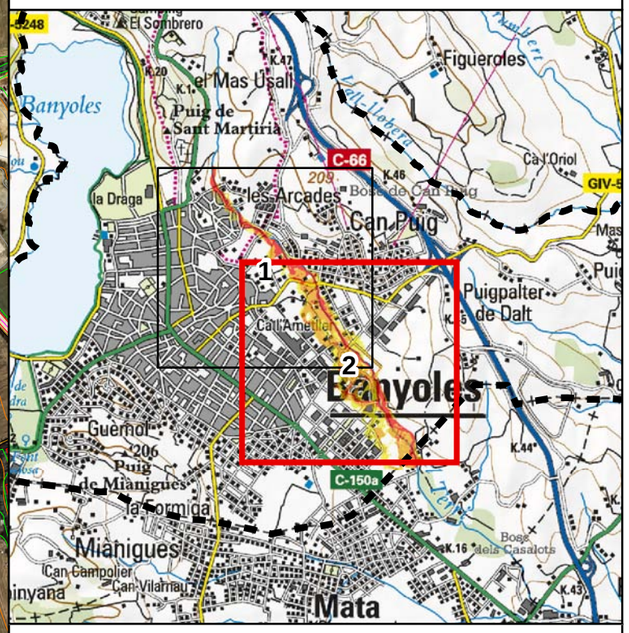
Full 1 de 2

Estudi d'inundabilitat al municipi de Banyoles

Març 2013

Tram:

Riera de les Arcades a la part sud del nucli urbà de Banyoles



Llegenda:

- Zona inundable amb perillositat lleu
- Zona inundable amb perillositat moderada
- Zona inundable amb perillositat greu

Estudi d'inundabilitat realitzat utilitzant l'MDT de l'Institut Cartogràfic de Catalunya, format ràster: Terme Municipal de Banyoles, amb pas de malla d'2x2 m, vol LIDAR maig de 2010, Precisió de 15-30 cm en altimetria. Modificat segons Cartografia 1:1000 ICC (agost-desembre 2009)Representació gràfica dels resultats en el plànol adjunt sobre l'ortofoto de l'ICC a escala 1:2.500 versió 3 i base topogràfica 1:5000 dgn v2.0

N

Escala 1:5000

0 50 100 200 m

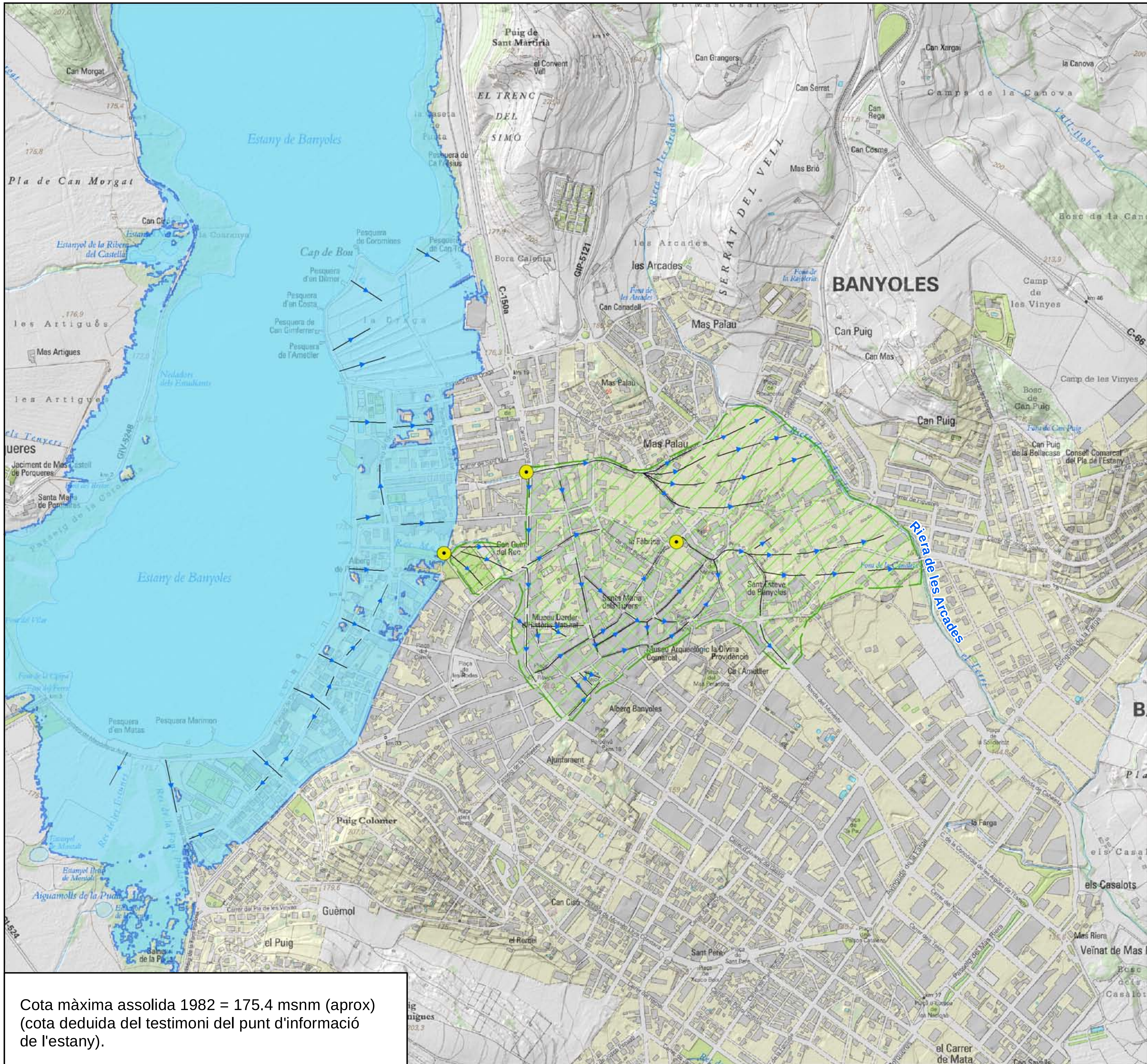
Originals en DIN-A3

IGC Institut Geològic de Catalunya

Estudi d'inundabilitat de la riera de les Arcades al municipi de Banyoles

Plànol 2 - Classificació de les zones inundables per a T=500anys

Full 2 de 2

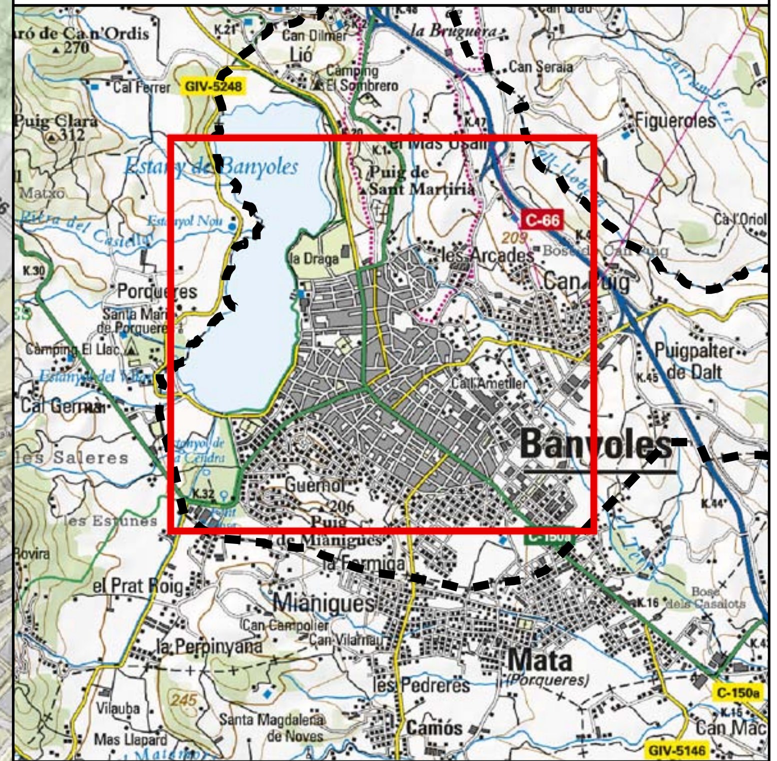


Cota màxima assolida 1982 = 175.4 msnm (aprox)
(cota deduida del testimoni del punt d'informació de l'estany).

Estudi d'inundabilitat al municipi de Banyoles

Març 2013

Inundacions històriques de l'estany de Banyoles
16 i 17 de febrer de 1982



Llegenda:

- Punt de desbordament de rec inventariats
- Línies de flux d'aigua extretes de la informació disponible
- Extensió màxima aproximada assolida per l'ascens del llac segons la informació disponible
- Envolvent de les zones inventariades per l'ajuntament afectades pels desbordaments dels recs de desguàs de l'estany

N

Escala 1:10000

0 50 100 200 m

Originals en DIN-A3

IGC Institut Geològic de Catalunya

Estudi d'inundabilitat de la riera de les Arcades al municipi de Banyoles

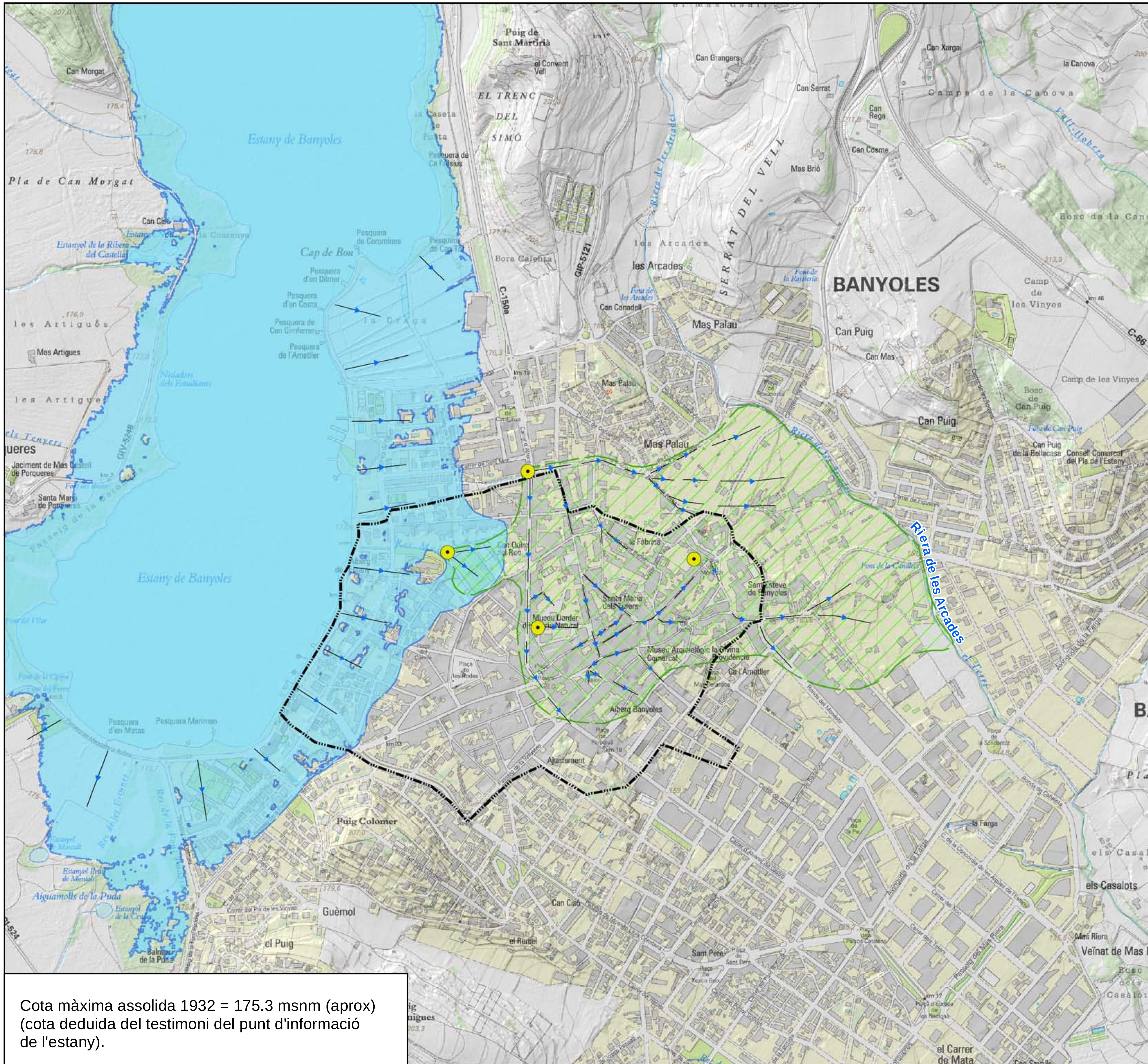
Plànol 3.
Recull històric. Any 1982

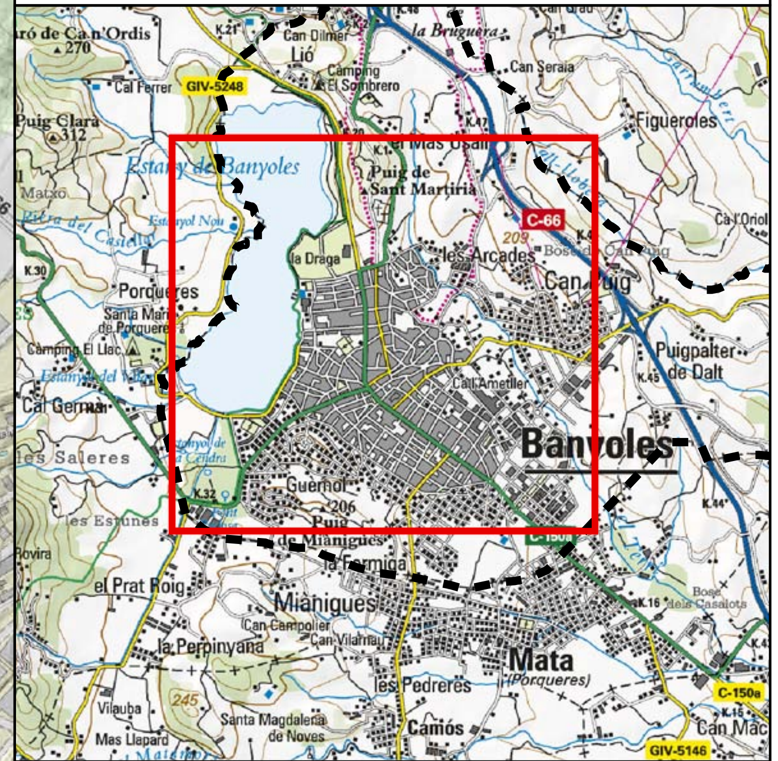
Full 1 de 4

Estudi d'inundabilitat al municipi de Banyoles

Març 2013

Inundacions històriques de l'estany de Banyoles
15 al 19 de desembre de 1932





Llegenda:

- Punt de desbordament de rec inventariat
- Línies de flux d'aigua extretes de la informació disponible
- Extensió màxima aproximada assolida per l'ascens del llac segons informació disponible
- Envolvent de les zones inventariades afectades pels desbordaments dels recs de desguàs de l'estany
- Límit aproximat del nucli urbà 1932

N

Escala 1:10000

0 50 100 200 m

Originals en DIN-A3

Cota màxima assolida 1932 = 175.3 msnm (aprox)
(cota deduida del testimoni del punt d'informació de l'estany).

IGC Institut Geològic de Catalunya

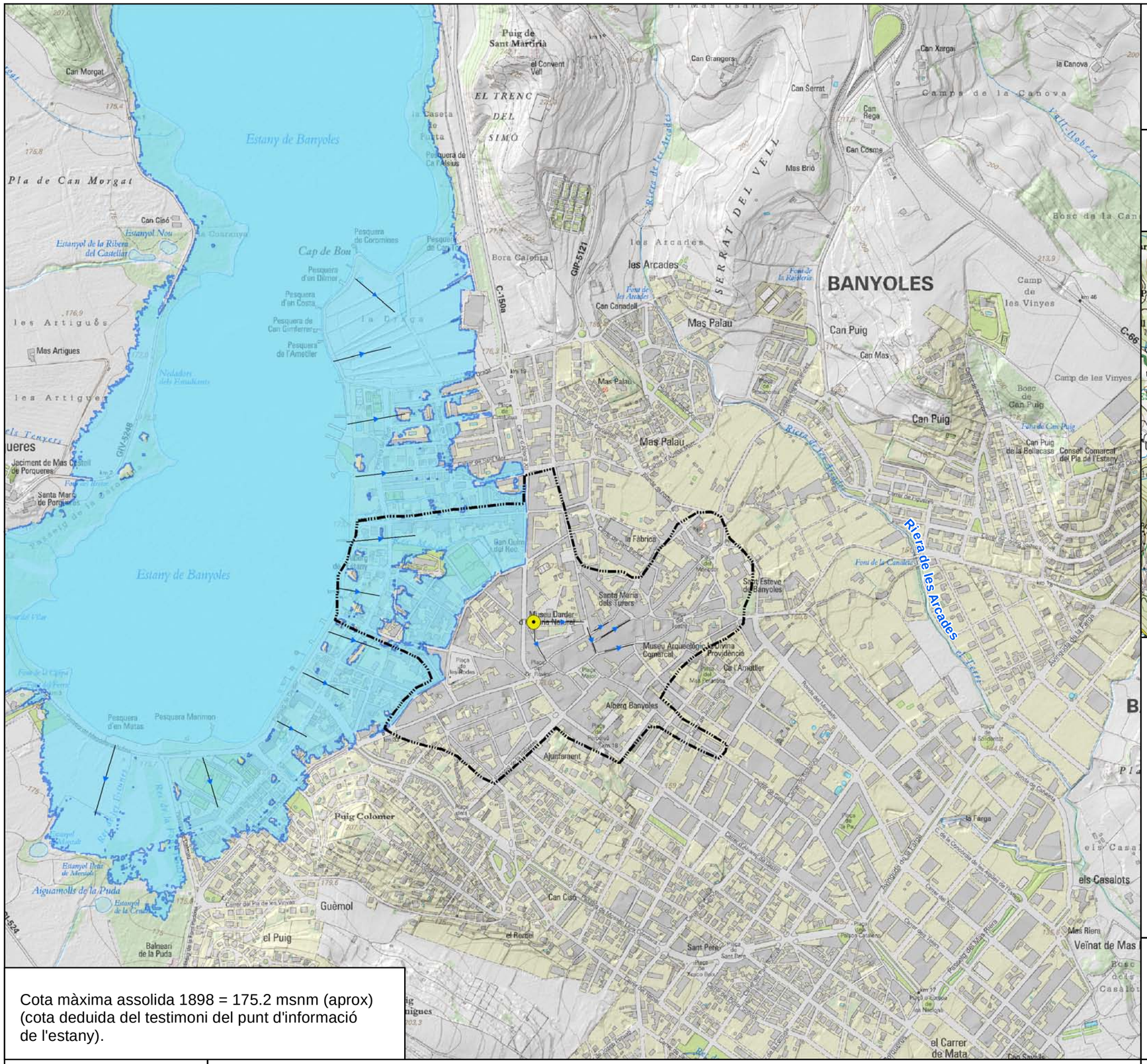
Estudi d'inundabilitat de la riera de les Arcades al municipi de Banyoles

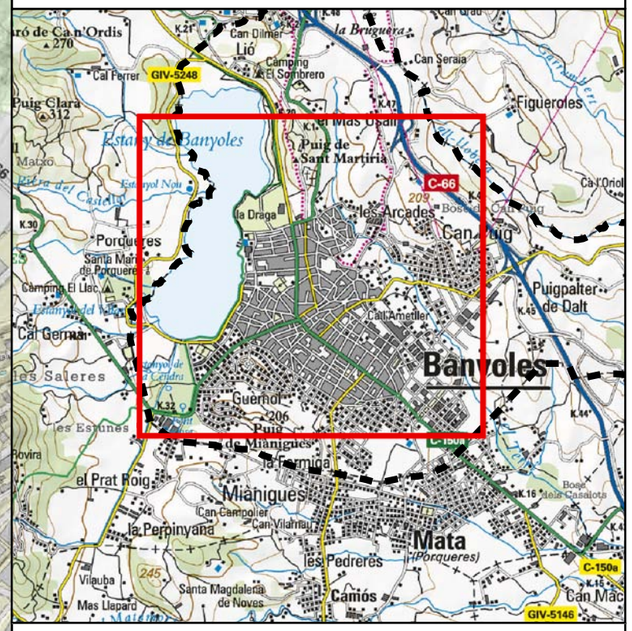
Plànol 3.
Recull històric. Any 1932

Estudi d'inundabilitat al municipi de Banyoles

Març 2013

Inundacions històriques de l'estany de Banyoles
13 al 17 de gener de 1898





Llegenda:

- Punt de desbordament de rec inventariat
- Línies de flux d'aigua extretes de la informació disponible
- Extensió màxima aproximada assolida per l'ascens del llac segons informació disponible
- Límit aproximat del nucli urbà 1898

Cota màxima assolida 1898 = 175.2 msnm (aprox)
(cota deduida del testimoni del punt d'informació de l'estany).

N

Escala 1:10000

0 50 100 200 m

Originals en DIN-A3

IGC Institut Geològic de Catalunya

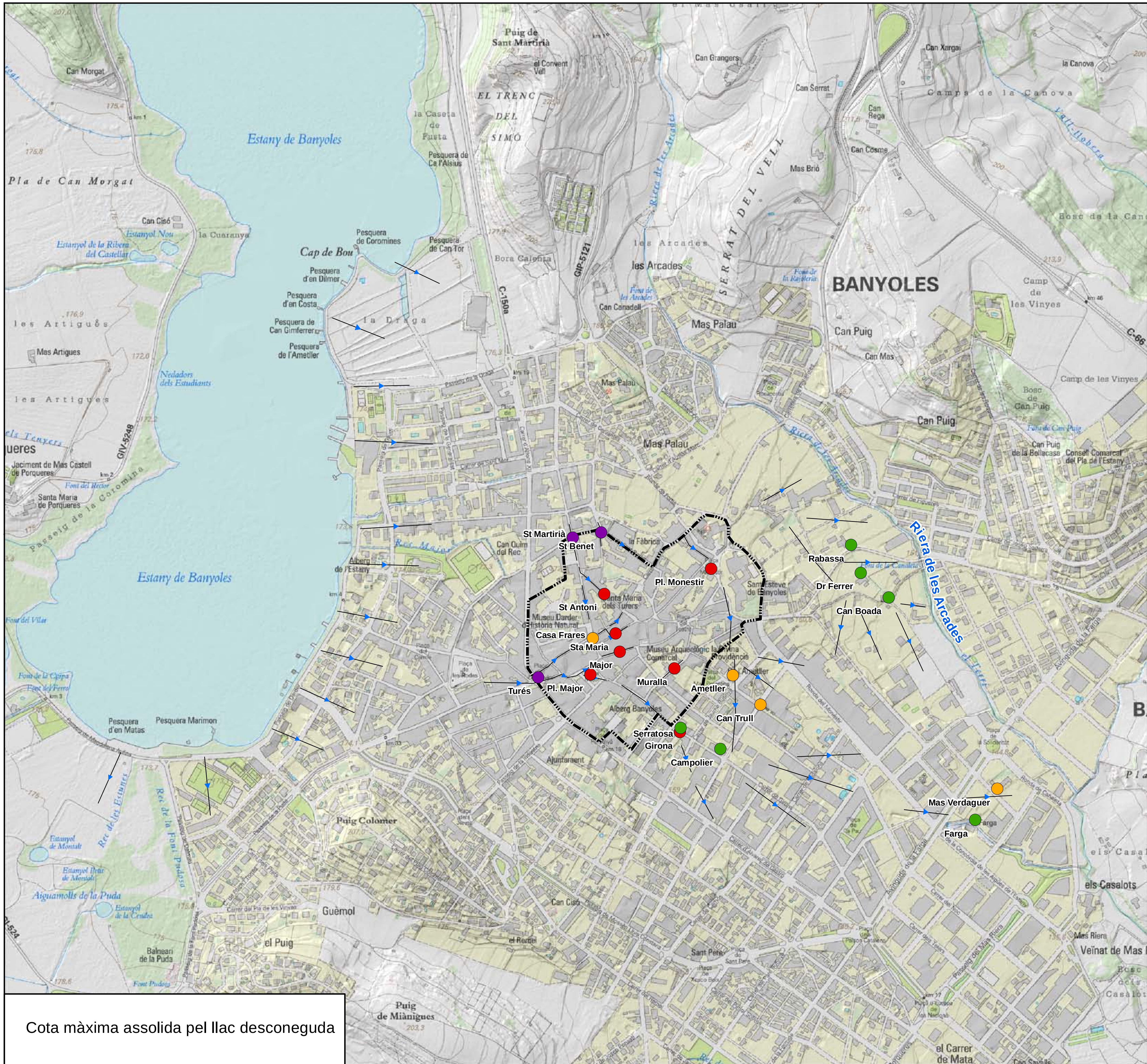
Estudi d'inundabilitat de la riera de les Arcades al municipi de Banyoles

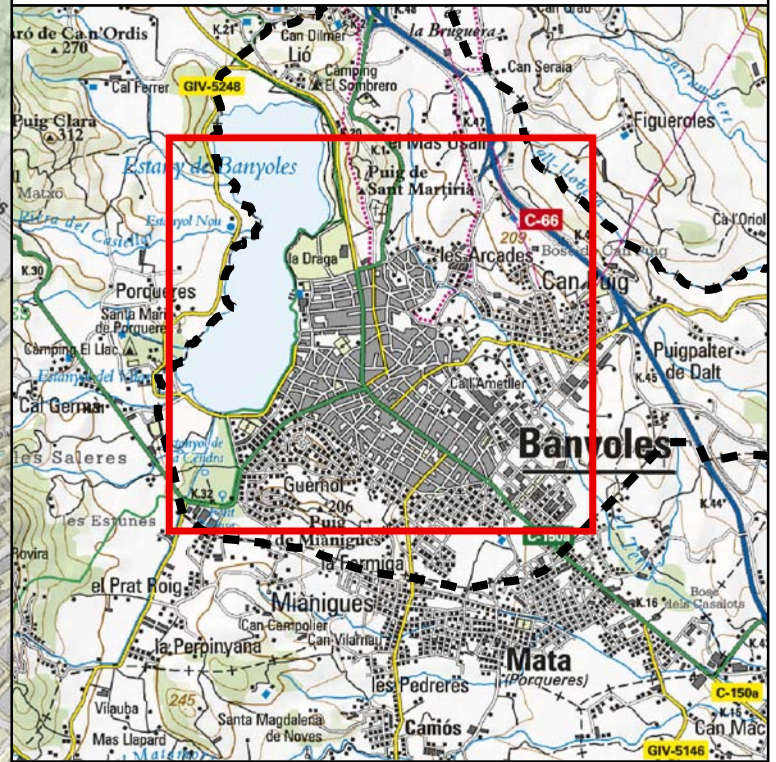
Plànol 3.
Recull històric. Any 1898

Estudi d'inundabilitat al municipi de Banyoles

Març 2013

Inundacions històriques de l'estany de Banyoles
20 al 25 de març de 1790





Cota màxima assolida pel llac desconeguda

Llegenda:

Punts amb afectacions inventariades

- Carrer
- Edifici
- Molí (situació aproximada)
- Portal
- Línies de flux d'aigua extretes de la informació disponible
- Límit aproximat del nucli urbà 1790

N

Escala 1:10000

0 50 100 200 m

Originals en DIN-A3

IGC Institut Geològic de Catalunya

Estudi d'inundabilitat de la riera de les Arcades al municipi de Banyoles

Plànol 3.
Recull històric. Any 1790

Full 4 de 4

1.1 OBJECTIUS

L'objectiu d'aquest estudi és determinar les zones inundables de la riera de les Arcades o Canaleta al seu pas pel terme municipal de Banyoles, en la franja delimitada per la línia de cota d'inundació de les avingudes de període de retorn (T) de 10, 100 i 500 anys, per tal de determinar possibles afectacions a determinades àrees del municipi, així com determinar la perillositat associada als cabals del període de retorn de 500 anys, tal i com requereix el reglament de la Llei d'urbanisme (decret 305/2006, del 28 de juliol, article 6).

Respecte a la inundabilitat associada a l'estany de Banyoles, l'objectiu del present treball és centra en recopilar informació històrica d'inundacions provocades per l'ascens del nivell de l'estany, plasmar aquesta informació en una sèrie de mapes, il·lustrant l'abast de les inundacions històriques recents més importants, i analitzar aquesta informació.

1.2 ÀMBIT D'ESTUDI

Les àrees estudiades pertanyen al curs fluvial de la riera de les Arcades o Canaleta, que circula pel terme municipal de Banyoles, que aigües avall del municipi passa a denominar-se riu Terri (Figura 2) i a l'estany de Banyoles.

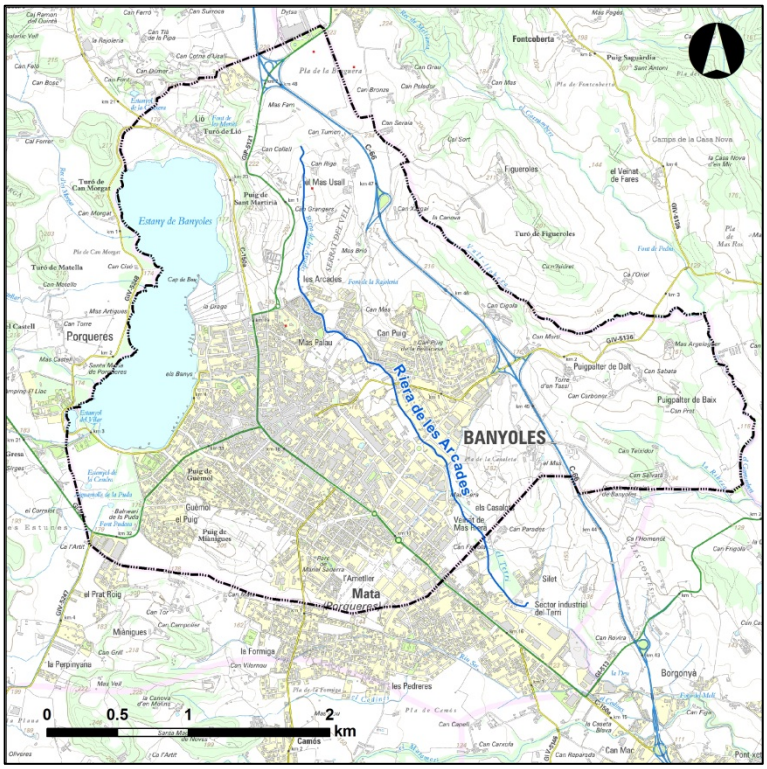


Figura 2. Situació del curs fluvial estudiat al terme municipal de Banyoles. Base topogràfica 1:25000 de l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC).

1.3 METODOLOGIA

1.3.1 Estany de Banyoles

A partir de l'anàlisi de la documentació històrica de la que s'ha pogut disposar, s'ha recopilat, per als esdeveniments més rellevants, el conjunt d'afectacions al nucli urbà de Banyoles, bàsicament referent a carrers i recs afectats durant les inundacions.

Aquesta informació s'ha referenciat en base a les cartografies actuals disponibles de l'Institut Cartogràfic de Catalunya, en entorn SIG, s´ha analitzat i sintetitzat, i s'han elaborat mapes per als esdeveniments dels anys 1790, 1898, 1932 i 1982, reflectint, en la mesura del possible, tant les afectacions per l'ascens de l'estany com les afectacions associades al comportament dels recs de desguàs del propi estany.

1.3.2 Riera de les Arcades

Per delimitar les zones inundables dels cursos fluvials és necessària la realització de càlculs hidrològics i hidràulics.

Els càlculs hidrològics s'efectuen per tal de determinar els cabals de cada subconca i període de retorn. Introduint els valors obtinguts al model hidràulic es pot simular el règim de funcionament de la xarxa fluvial.

Per realitzar els càlculs és necessari disposar d'un model digital del terreny en 3D i de la informació de les estructures hidràuliques (guals, ponts, motes...) que puguin interferir en les avingudes.

Segons les característiques geomorfològiques de cada curs, i la forma com es distribueixen els volums d'aigua en diferents escenaris d'inundació, s'adoptarà una simulació hidràulica unidimensional o bidimensional. Donades les característiques de la riera de les Arcades al seu pas pel terme municipal de Banyoles i després de les converses mantingudes amb tècnics de l'Agencia Catalana de l'Aigua, s'ha optat per modelitzar aquest curs mitjançant una simulació hidràulica bidimensional.

En la simulació bidimensional es genera una malla de càlcul triangular o quadrangular, a la que se li assignen les cotes de terreny i les característiques pròpies de la zona d'estudi. La modelització es du a terme utilitzant els hidrogrames de cabals d'avinguda, obtinguts a partir

de l'estudi hidrològic i es crea un model per a cada període de retorn estudiat. Les estructures hidràuliques s'avaluen incorporant-les dins la malla de càlcul.

Per tal de determinar la possibilitat de l'existència de material mobilitzable pels cursos fluvials (tant en suspensió com per transport de fons), es du a terme un anàlisi geomorfològic en base a les cartografies geològiques existents, fotografies aèries i reconeixement de camp.

Finalment, es grafiquen els resultats obtinguts en un entorn SIG, per tal d'obtenir els plànols dels límits inundables pels períodes de retorn de 10, 100 i 500 anys i les zones de perillositat pel període de retorn de 500 anys a escala 1.5.000. La metodologia s'explica amb més detall a l'apartat 3.1 per a la Hidrologia i a l'apartat 3.2 pel que fa a la Hidràulica.

2 RECOPILACIÓ HISTÒRICA D'INUNDACIONS ASSOCIADES A ASCENSOS DEL NIVELL D'AIGUA DE L'ESTANY DE BANYOLES

2.1 INTRODUCCIÓ

L'estany de Banyoles és un llac d'origen càrstic i tectònic, que forma part de la conca lacustre de Banyoles-Besalú, que representa la massa d'aigua continental més important de Catalunya. Aquesta és una zona deprimida entre els relleus de la Garrotxa i els turons de Sentenys –El Portell i abarca dues conques fluvials, la del riu Terri i la del riu Fluvià.

El llac es troba situat al contacte estructural entre els relleus prepirinencs de la Garrotxa i la depressió de l'Empordà. El límit entre aquestes dues unitats està format per un conjunt de falles de direcció N-NW/S-SE, que a la zona de l'estany de Banyoles, posen en contacte materials permeables d'on prové el principal aport d'aigua subterrània del llac, amb materials impermeables que ajuden l'ascens d'aquesta aigua.

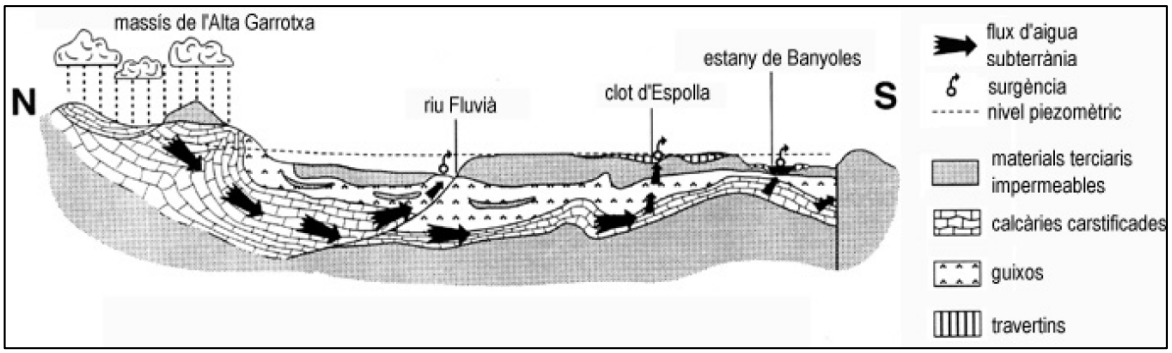


Figura 3. Esquema de funcionament hidràulic del sistema hidrogeològic associat a l'estany de Banyoles (Sanz, 1985)

L'aigua que omple l'estany és, majoritàriament, d'origen subterrani i es considera que prové de la infiltració en terrenys de la zona de l'Alta Garrotxa, a uns 25 km al nord-est (Figura 3). L'aigua ascendeix a la superfície dissolvent formacions de guixos i calcàries, provocant esfondraments i la creació de dolines.

L'estany, que presenta una forma característica de vuit, té una superfície aproximada de 112 ha, amb una longitud de 2150 metres i una amplada variable, màxima de 775 metres al lòbul nord i màxima de 620 al lòbul sud. La part més estreta té una amplada de 62 metres.

El fons de l'estany està format per un total de 6 cubetes amb profunditats màximes variables que oscil·len entre els 47 m etres i els 130 m etres, amb una pr ofunditat mitjana de 14.8 metres (segons diverses fonts d'informació).

L'estany també rep aports d'aigua superficials dels cursos fluvials que drenen els relleus més propers, provinents bàsicament del seu marge oest. Els principals cursos fluvials aportants són la riera de Lió, la riera de can Morgat, la riera Castellana, la riera dels Tanyers, la riera d'en Marquès, la riera del Vilar, la riera de les Tunes i la riera de la Font Pudosa.

Figura 4. Ortofotografia aèria de 25 cm de l'estany de Banyoles (ICC)

Tanmateix, el llac té un sistema de canals d'origen antròpic, anomenats recs, que serveixen per desguassar l'aigua del llac cap a la vall del riu Terri. Segons sembla, els primers recs van ser construïts per monjos benedictins al S IX. Al llarg de la història la xarxa s'ha anat ampliant fins a l'actual sistema de recs que s'entrellaça amb el sistema de drenatge urbà del municipi de Banyoles.

Els principals recs de sortida del llac són el rec de ca n'Hort, el rec de can Teixidor, el rec de la Figuera d'en Xo, el rec Major i el rec de Guèmol (Figura 5). També existeixen dos col·lectors subterranis que serveixen per buidar l'estany en casos de pluges molt intenses per tal d'evitar el seu desbordament.

Figura 5. Situació dels principals recs de desguàs de l'estany de Banyoles. Representació sobre ortofotografia aèria de 25 cm de l'ICC.

2.2 FONTS D'INFORMACIÓ

S'ha dut a terme una revisió d'informació històrica d'inundacions associades al sobreeiximent del llac i d'informació general del llac.

S'ha consultat la següent bibliografia:

- Revista de Banyoles. Núm. 606. 10 de Març de 1982.
- El Bagant. Núm. 12. Març 1982
- Zona Lacustre de l'estany de Banyoles. Revista el Pla de l'Estany. Núm. 60. Novembre 2008.
- PEFCAT Baix Ter. Recull d'avingudes històriques. ACA Juliol 2003.
- Avaluació preliminar del risc d'inundació al districte de conca fluvial de Catalunya. Agència Catalana de l'Aigua. Juny 2011.
    - Annex 4: Anàlisi de les inundacions històriques.
    - Apèndix 4A03: Llistat d'inundacions històriques a nivell de municipi
    - Apèndix 4A02: Llistat d'inundacions històriques a nivell de conca
- Estudi per a la identificació de Riscos Geològics a Banyoles (Pla de l'Estany). Institut Geològic de Catalunya. Març 2012.
- Sanz, M. (1985). Estudi hidrogeològic de la regió de Banyoles-Garrotxa Quaderns del Centre d'Estudis Comarcals de Banyoles. Quaderns 1980-1984.

També s'ha obtingut informació gràfica de l'esdeveniment de l'any 1932 del fons d'imatges del Pla de l'Estany.

S'ha consultat també la informació disponible a les següents pàgines web:

- www.meteobanyoles.com
- http://banyoles-recs-hortes.blogspot.com/2009/10/mapa-dels-recs-i-els-molins.html
- www.museusdebanyoles.cat/darder
- www.icc.cat (mapes topogràfics actuals i antics, ortofotografies actuals)

2.3 ANTECEDENTS HISTÒRICS

Un dels orígens de les zones potencialment inundables, al terme municipal de Banyoles, el trobem en la dinàmica pròpia de l'estany de Banyoles.

A partir del testimoni de les avingudes històriques que es troba al punt d'informació de l'estany (Figura 6) i la topografia 1:1000 disponible de les zones urbanes de Banyoles (ICC), s'ha deduït que el que es considera com a nivell de referència de l'estany es troba aproximadament a 174 msnm.

Es té coneixement que a l'entorn d'ascensos de 40 cm del nivell d'aigua, respecte el nivell que es considera com a cota zero o de referència, l'estany es desborda afectant en primer terme el passeig de circumval·lació de l'estany.

La ubicació del nucli urbà, en gran part topogràficament per sota el nivell mig de l'estany, fa que una extensió important de la zona urbana consolidada, sigui susceptible ser afectada per aquests desbordaments (Figura 8).

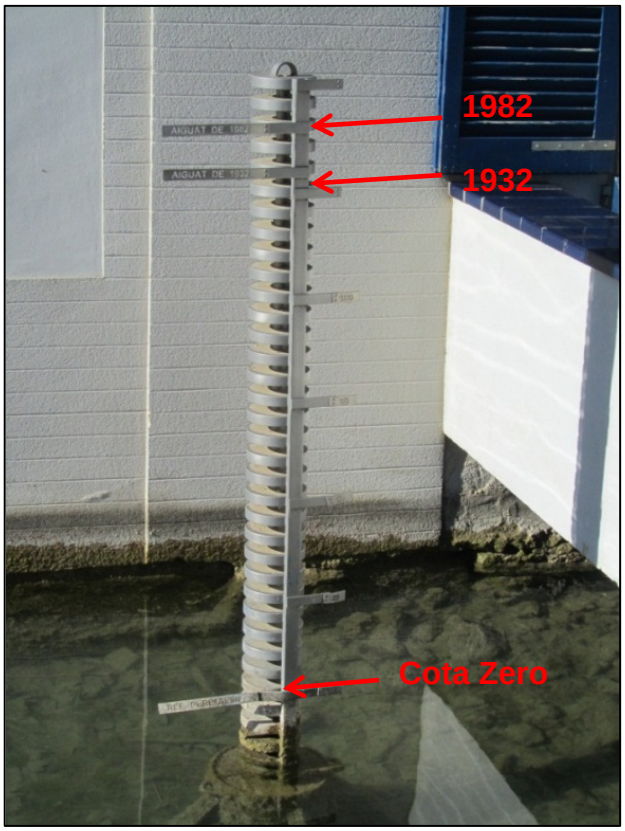


Figura 6. Testimoni dels nivells assolits per l'estany els anys 1932 i 1982 i del nivell de referència o cota zero.

Els dipòsits de travertins que es troben al subsòl de la plana de Banyoles, fan suposar que, prèviament a la construcció dels recs, davant d'ascensos extraordinaris del nivell del llac,

l'estany es buidava formant un s obreeixidor natural i inundant la plana esmentada en direcció a la vall del riu Terri (Figura 7). Aquest sobreeixidor es localitzaria entre el puig de Sant Martirià i el puig Colomer (Figura 8).

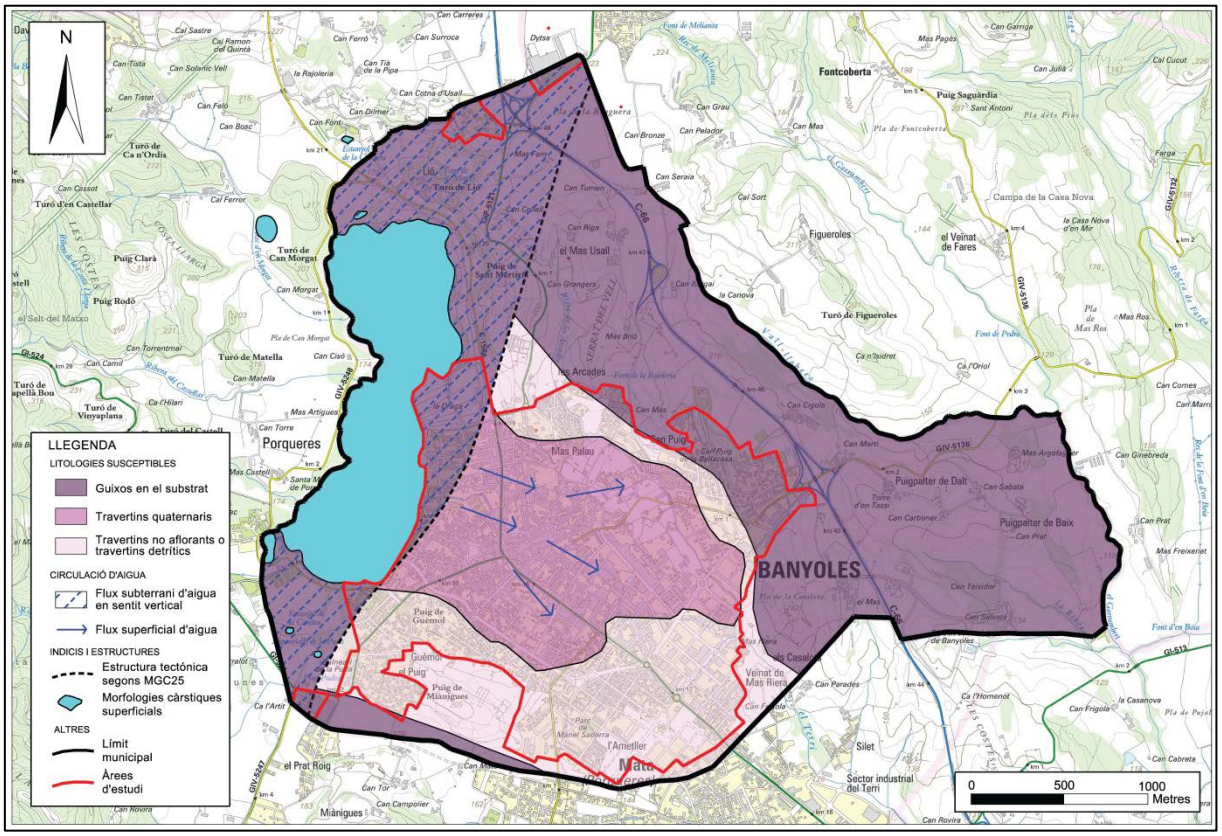


Figura 7. Esquema dels dipòsits de travertins al pla de Banyoles, figura extreta de l'estudi per a la identificació de Riscos Geològics de Banyoles (IGC, 2012).

De la informació que s'ha extret de la bibliografia, sembla ser que existiria una eix (mota) que condicionaria d'aquest sobreeixidor, que segons algunes fonts d'informació consultada, podria ser d'origen antròpic. Aquesta mota actuaria com a defens a del nucli antic de Banyoles davant d'ascensos pronunciats del llac.

El traçat d'aquesta mota o eix, s'iniciaria al creuament del passeig Dalmau amb el passeig de la Puda (o Fontpudosa), el recorregut continuaria pel carrer de la Puda, carrer de Guèmol, plaça de les Rodes, carrer del Canal i continuaria pel carrer Alfons XII fins el passeig de la Draga (Figura 8). Tot i que no s'ha pogut certificar aquesta informació, en els esdeveniments dels anys 1898, 1932 i 1982 (tal i com s'explica més endavant), l'extensió màxima del llac, cap a l'est en zona urbana, s'aproxima al límit definit per aquest eix.

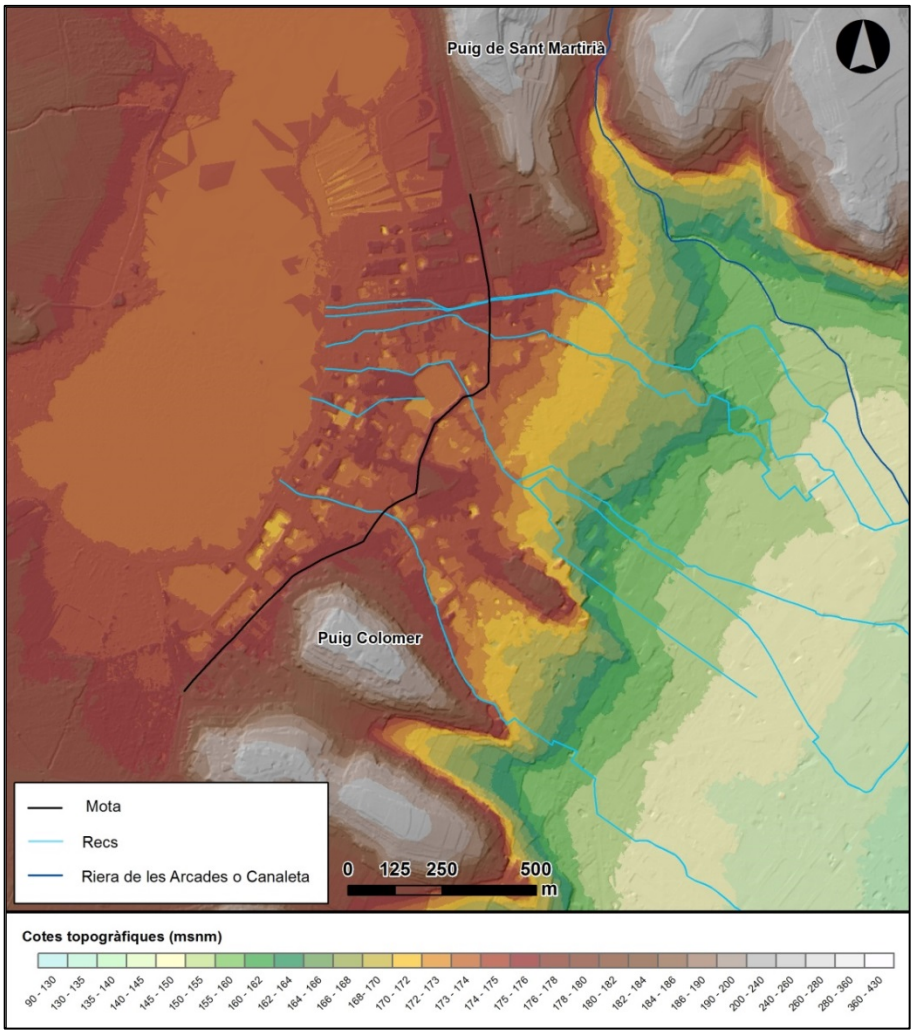


Figura 8. Model digital del terreny on es pot observar l'orografia de la zona del nucli urbà de Banyoles.

A partir de la informació analitzada, es dedueix que són dos els aspectes a tenir en compte respecte els ascensos importants del llac. Per una banda els ascensos del nivell del llac afecten a les zones de l'entorn més proper, doncs el llac augmenta la seva extensió guanyant terreny al seu voltant. Per altre banda, aquests ascensos fan augmentar el cabal d'aigua en el sistema de recs que surten del llac. En les inundacions més catastròfiques estudiades (anys 1790, 1898, 1932 i 1982), el comportament dels recs ha estat similar, desbordant en diferents punts i afectant zones importants de la trama urbana.

Així les afectacions al municipi de Banyoles, causades per els ascensos del llac, tenen una causa directa en l'ascens del nivell d'aigua i una causa indirecta en la falta de capacitat del sistema de recs que surt del llac davant d'esdeveniments extraordinaris. Tot i que l'efecte dels recs té el seu aspecte positiu, en el sentit que alleuja de volum d'aigua el llac i per tant en disminueix el seu potencial nivell màxim.

Segons la documentació analitzada (apartat 2.2), aquests són els esdeveniments més importants dels que es té constància (Taula 1):

Any	Mes	Ascens màxim*.	Observacions
1300	Es desconeix el mes i any exacte	Desconegut	Inundació esmentada a la crònica de la inundació de l'any 1790 de Salvador Trull.
1623	19-22 de Novembre	Desconegut	Desbordament del llac provocant molts danys.
1676	26 de Novembre	Desconegut	Informació referent a una làpida commemorativa de l'esdeveniment. Informació extret del número 606 de la Revista de Banyoles, març 1982.
1790	20-25 de Març	Desconegut	Crònica de l'època del pagès Salvador Trull, "Memòries Històriques". Consultada al número 606 de la Revista de Banyoles. Veure apartat 2.3.1
1843	Desconegut	Desconegut	Esmentat a la informació extreta de l'esdeveniment de 1898.
1866	Octubre	Desconegut	Informació extreta de la Revista de Banyoles. númeo 606. Març 1982
1898	13-17 de Gener	1.2 metres	Informació extreta de la Revista de Banyoles. Número 606. Març 1982. Veure apartat 2.3.2
1932	14-19 de Desembre	1.3 metres	Informació extreta de la Revista de Banyoles. Num 606. Març 1982 i del número 12 de la revista el Bagant de març de 1982. Veure apartat 2.3.3
1962	11-12 d'Octubre	Desconegut	Temporal de llevant, desbordament del llac i del Terri. Amplies zones afectades.
1963	Novembre	Desconegut	Gran quantitat de danys al nucli urbà.
1965	15-16 d'octubre	Desconegut	Abast de la inundació desconegut.
1969	4 d'abril	Desconegut	Sobreeiximent de l'estany, afectant la carretera de circumval·lació de l'estany a l'entorn del club nàutic de Banyoles
1971	21 de Setembre	Desconegut	Inundació important a Banyoles, però no queda clar si la inundació està associada a l'estany o al Terri
1982	16-17 de Febrer	1.4 metres	Informació extreta de la Revista de Banyoles. Num 606. Març 1982 i del número 12 de la revista el Bagant de març de 1982. Veure apartat 2.3.4
2002	13 d'abril	Desconegut	Desborda el rec Major a prop del camp de futbol
2005	19 d'Octubre	Desconegut	Desborda l'estany afectant part de la zona del parc de la Draga
2011	16 de Març	Desconegut	Desborda l'estany i alguns dels recs, afectant el passeig i la carretera de l'estany a prop del camp de futbol
2011	30 de Novembre	0.45 metres	Desborda l'estany

*Taula 1. Resum d'inundacions històriques de les que s'ha obtingut informació.*Ascens respecte cota de referència.*

De les inundacions dels anys 1790, 1898, 1932 i 1982 s'ha obtingut prou informació per detallar-la a continuació. Aquesta informació s'ha obtingut bàsicament al número 606 de la Revista de Banyoles (març de 1982) i al número 12 de la revista El Bagant (març de 1982).

2.3.1 **Inundacions de març de 1790**

En el número 606 de la "Revista de Banyoles" del 10 de març de 1982, es recull la crònica de l'aiguat de 1790, extreta de les "Memòries Històriques", llegat de Salvador Trull, pagès de Banyoles.

L'esdeveniment extraordinari comença el 20 de març, amb l'inici d'una llevantada. El matí del dimecres 24 de març, la ciutat es desperta inundada per el sobreeiximent del llac. Segons la crònica, la major part de la vila queda inundada.

El text recull l'evolució de la inundació tant a la zona urbana entre muralles, com les afectacions a molins, edificacions i horts fora muralles.

El flux d'aigua va entrar a la zona urbana pels portals de Sant Martirià, Sant Benet, dels Turés i dels Quartels.

El cronista comenta la gran quantitat d'aigua que entrava a algunes cases, com és el cas de les cases del carrer de Santa Maria; l'aigua que entrava a les cases per aquest carrer sortia pel carrer major.

La llista de carrers esmentats a la crònica es bastant llarga, segurament falten noms, doncs es comenta al text que les afectacions són generals al nucli urbà. Tant sols algunes cases del carrer major no es van veure afectades per la inundació al situar-se en un petit alt topogràfic.

Els carrers afectats van ser els de Sant Martirià, de Sant Antoni, dels Valls, del Mercadal, de Santa Maria, Major, de la Muralla, Girona, Masdevall, recte de Girona, Quatrecases, Sant Roc, de la Canal, la plaça Major i la plaça dels Turés,

També es fa esment de les afectacions al Monestir (possiblement el monestir de Sant Esteve), a l'Hospital, a l'Església de Santa Maria i el convent de Sant Maritirà.

Es fa un especial esment a les afectacions a la gran quantitat de molins que hi havia al llarg dels recs que sortien del llac. Al llarg del rec de ca n'Hort (d'en Rabassa a la crònica) es parla de les afectacions al molí de can Boada, del Doctor Ferrer de Girona i el molí d'en

Rabassa. EL desbordament del rec aigües amunt provoca, entre d'altres danys, una aturada de l'activitat dels molins.

Al llarg del rec Major, es menciona el Molí de Serratosa o el molí de Campolier.

El cronista fa esment de les seves terres i les de casa Ametller, comentant que el flux que els va afectar provenia del desbordament del rec de ca n'Hort a l'altura del molí fariner de Rabassa, la seva ubicació s'ha pogut deduir a partir de l'esquema de la Figura 9.

Concretament, al text, es fa esment dels recs de la Canal, d'en Rabassa (probablement és el que actualment s'anomena de ca n'Hort), de la Hera i Major.

Els edificis més allunyats del nucli urbà amb afectacions comentades al text són la Farga i Mas Verdaguer.

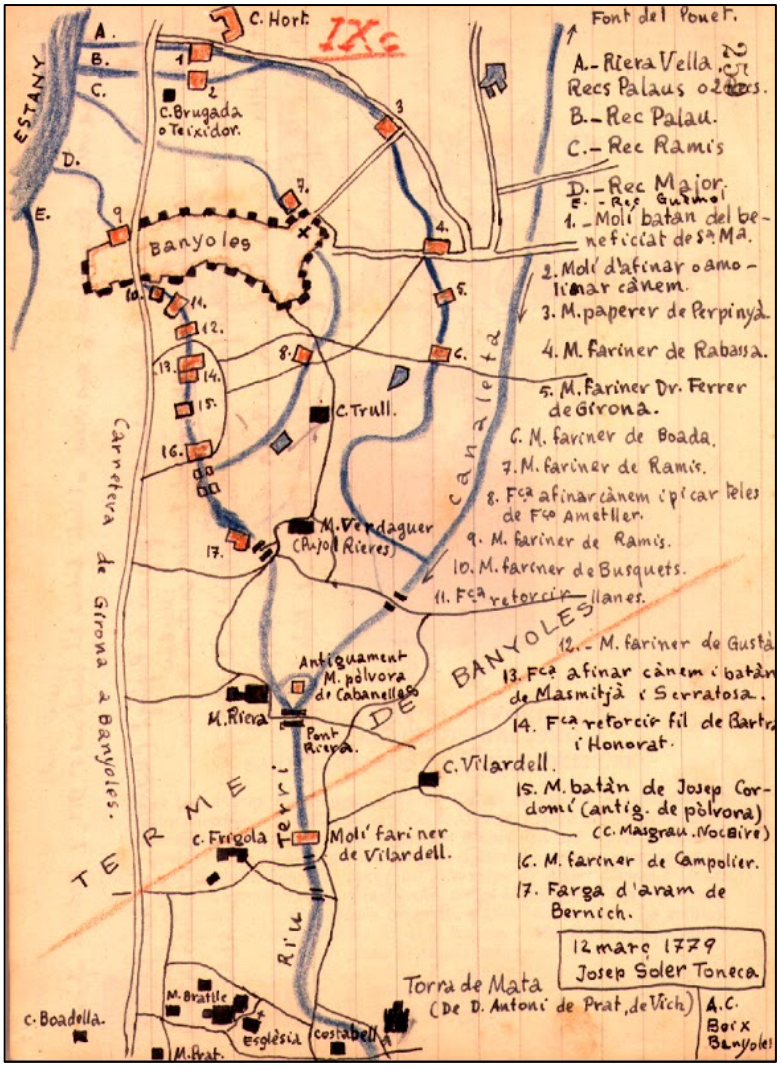


Figura 9. Esquema de la distribució dels recs i molins a Banyoles de l'any 1779 (Soler, 1779). Imatge obtinguda de la la web http://banyoles-recs-hortes.blogspot.com/2009/10/mapa-dels-recs-i-els-molins.html

Les destrosses provocades per l'aigua al nucli urbà i les zones d'horta, van comportar que l'aigua portes certa càrrega de materials, des de pedres de murs o material mobilitzat, sobretot aigües avall del nucli urbà.

2.3.2 **Inundacions de gener de 1898**

De la Revista de Banyoles, número 606 de març de 1982, també s'ha obtingut la informació referent a l'esdeveniment de gener de 1898. Es fa referència a un text de Pere Alsius anomenat *"Consideracions sobre'l temporal últim".*

Arran d'un temporal que va durar 5 dies el mes de gener, es va registrar un ascens de 81 centímetres del nivell de l'estany respecte la cota de sobreeiximent (1,2 metres respecte la cota de referència aproximadament). La matinada del 13 de gener es registrava l'ascens esmentat i el temporal cessava el dia 17 del mateix mes. La cota absoluta estimada assolida pel llac seria de 175,2 msnm aproximadament.

Les aigües del llac van sobrepassar el terraplè que conforma el passeig de llac, inundant la Draga i la Fontpudosa, l'aigua sobrepassava la el terraplè al llarg d'uns 1500 metres.

Els nous límits de l'estany, arran de l'ascens, eren la carrera d'Olot i la Fontpudosa i entre elles el barri de les Rodes. Al nucli urbà de Banyoles es registraven afectacions degut al desbordament del rec Major a l'atura de la Plaça Major (al text referida com *la Plassa*).

2.3.3 **Inundacions de desembre de 1932:**

Ben entrat el SXX, entre els dies 15 i 19 de desembre, es produeix un fort temporal de pluja, amb un total de 517,3 l/m².

Dia	Precipitació (l/m²)
14	5.9
15	186.6
16	67
17	88
18	59.6
19	92
20	1.8
21	16.5

Taula 2. Precipitacions associades a l'event de 1932.

El dia 15 començà la inundació, el dia 16 les afectacions arribaven al passeig de l'estany i alguns camps de conreu. El dia 17 s'arribava a l'ascens màxim del nivell de l'estany i es mantindré fins el dia 18. Les afectacions van arribar al nucli urbà

Observant fotografies de la inundació, del fons d'imatges del Pla de l'Estany, es pot estimar que pels carrers hauria arribat a circular el flux d'aigua amb calats de l'ordre d'entre 20 i 50 cm.

L'increment màxim del nivell de l'estany, respecte el nivell de referència, tal i com es pot observar al testimoni del punt d'informació de l'estany, va ser de 1 30 centímetres (cota absoluta 175,3 msnm aproximadament), assolida entre els dies 17 i 18 de desembre.

A continuació es mostren algunes imatges de l'esdeveniment, fotografies de Rafael Vilarrubias, obtingudes del Fons d'Imatges del Pla de l'Estany.

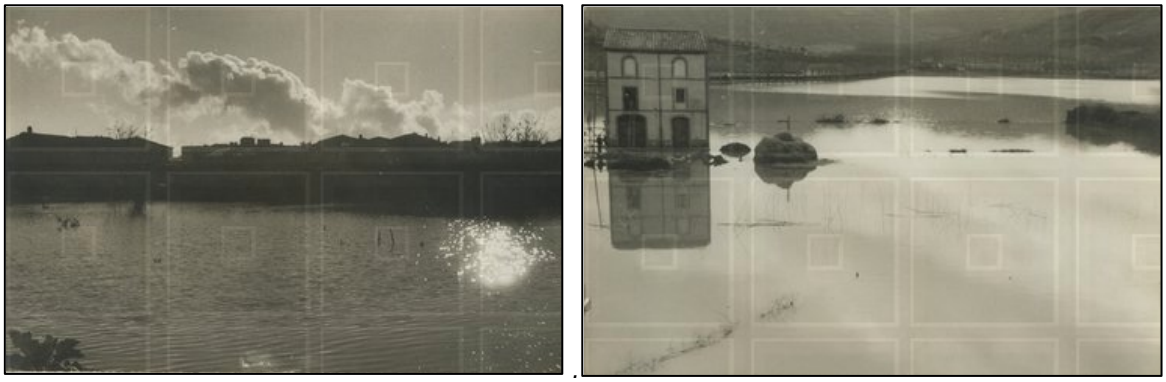


Figura 10. Imatges de l'estany de Banyoles. (Fons d'imatges del Pla de l'Estany).

De la crònica de la revista El Banyolí del 22 de desembre de 1932 (recollida al número 606 de la Revista de Banyoles i al número 12 del Bagant) se n'extreu la següent llista de carrers i places afectats: passeig de la Fontpudosa, Papaireria, carretera d'Olot, plaça de la font, passeig de la Draga, Sant Martirià, plaça Major, Sant Pere, Nou, Horta dels Frares, plaça del Monestir, ronda del Monestir, Mercadal, plaça dels Estudis, Colom, Alfons XII, Santa Maria, de les Rotes, plaça del Carme i Església.

Figura 11.A l'esquerra carretera d'entrada a Banyoles, a la dreta la plaça de les Olles (Fons d'imatges del Pla de l'Estany).

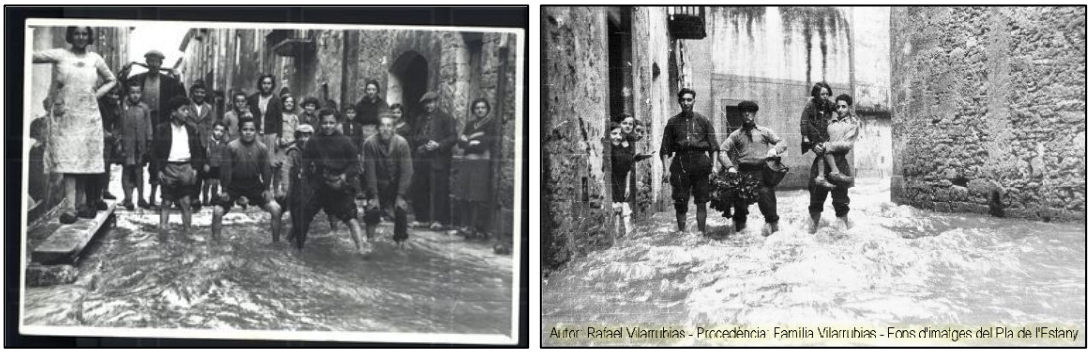


Figura 12.Diferents Imatges del carrer nou, es pot observar com l'aigua arriba als genolls. (Fons d'imatges del Pla de l'Estany).

Respecte el funcionament dels recs, es van produir desbordaments dels mateixos davant la falta de capacitat de desguàs, així doncs el rec Major sembla ser que va desbordar a l'alçada del camp de futbol vell.

El rec provinent de l'Horta dels Frares, que circulava soterrat per la plaça dels Estudi va rebentar a l'entrada de la mateixa plaça, l'aigua es va dirigir cap als carrers del Mercadal, Santa Maria i la Paireria.

També es van dur a terme actuacions en els recs, a les afores del nucli urbà, per millorar-ne la capacitat de desguàs; el dia 19 es rebentaven el rec Major i el rec de can'Hort (al text es comenta que s'actua sobre els 2 recs més importants). La informació obtinguda de la crònica de El Banyolí del desembre de 1932 s'ha plasmat al full 2 del plànol 3.

2.3.4 **Inundacions de febrer de 1982:**

Segon dels esdeveniments més importants del segle XX, amb afectacions importants al nucli urbà de Banyoles. Els dies 16 i 17 de febrer, s'esdevé un episodi curt i intens de pluges, 288 l/m², amb un pic de 170 l/m² en 20 hores. En aquest esdeveniment s'associa el sobreeiximent de l'estany a l'excés d'escorrentiu superficial.

L'ascens del nivell de l'estany afecta a l'entorn del propi i provoca desbordaments als canals de rec; el rec de ca n'Hort es va desbordar a l'alçada de la ronda de Fortià, el rec de la Figuera d'en Xó es va desbordar a prop del carrer Valls i el rec Major a prop del camp de futbol.

Figura 13. A l'esquerra imatge de l'entorn del carrer de la Barca, a la dreta passeig de circumval·lació del llac (Revista de Banyoles, número 606)

En tots els casos el flux va circular per la trama urbana, seguint diferents recorreguts fins arribar a la riera de les Arcades (o Canaleta). Es va estimar que la superfície afectada fou de 56 hectàrees.

L'ascens màxim va ser de 140 centímetres respecte el nivell zero (Figura 6), que representaria una cota absoluta aproximada de 175,4 msnm. El desbordament del llac es va produir la nit del 16 al 17 de febrer.

En aquest cas l'ampliació del perímetre de l'estany va incloure els següents carrers: passeig Mn Constans, passeig Darder, passeig Marià Vidal, la meitat del carrer de Sant Mer, la meitat del carrer de les Rotes, el carrer Prior Agustí, el carrer de la Barca fins el carrer Ponent, el carrer Pedreres, el passeig Constants fins nostra senyora del Colell, el carrer Winthuyen, el passeig Dalmau i el carrer Sardana. També quedaren anegades les zones de la Draga i la zona compresa entre l'estanyol del Vilar i l'estanyol de Montalt.

El desbordament del rec Major a l'atura del camp d'esports va afectar el carrer Alfons XII, el carrer Servites, el carrer del Mercadal, el carrer dels Valls, el carrer de santa Maria, la plaça del Teatre, el carrer Nou, el carrer Major, el carrer Escrivanies i el carrer d'Abaix, el carrer Born, el carrer Guimerà, la plaça Major.

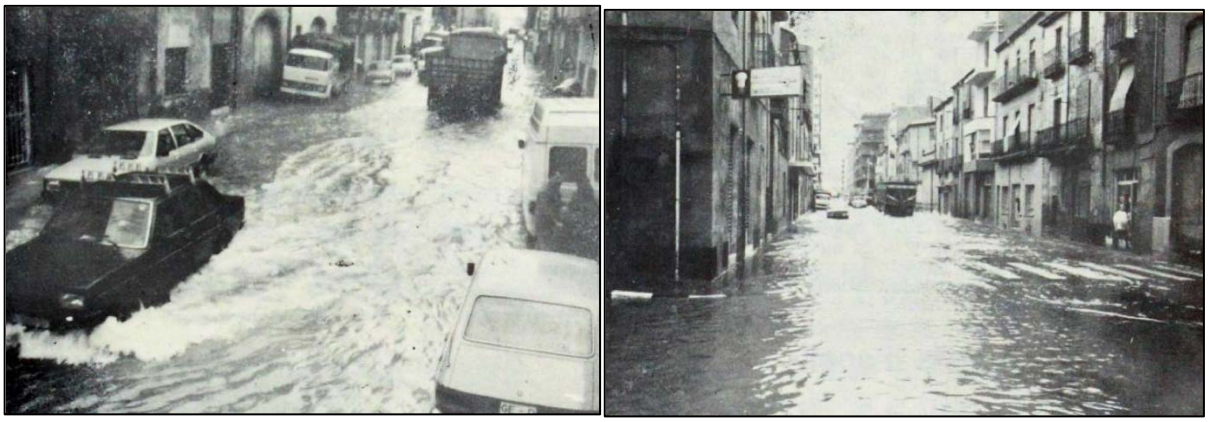


Figura 14. A l'esquerra imatge del carrer Alfons XII, a la dreta carrer Colom. (Revista de Banyoles número 606).

El desbordament del rec de la Figuera d'en Xo a l'altura del carrer dels Valls va afectar el carrer de Sant Roc, la ronda del Monestir, el carrer Nou, el carrer del Puig, el carrer d'Abaix i el carrer Empordà.

El desbordament del rec de can Hort a la confluència amb la ronda Fortià va afectar la ronda Fortià i el flux d'aigua es va dirigir cap al camí Fonda per seguir fins la riera de les Arcades o Canaleta.

2.4 REPRESENTACIÓ DE RESULTATS

A partir de l'anàlisi de les dades recopilades, respecte els inundacions dels anys 1790, 1898, 1932 i 1982, s'ha representat la informació en plànols a escala 1:10.000, sobre base del mapa topogràfic actual de l'Institut Cartogràfic de Catalunya. Aquest plànol es pot consultar a l'annex 2 de plànols, plànol 3.

S'ha representat, en la mesura del possible, per als esdeveniments dels anys 1898, 1932 i 1982, l'extensió màxima que hauria assolit el llac i per altra banda la ubicació dels punts de desbordament de recs de desguàs, així com les àrees que s'haurien vist afectades a causa d'aquests desbordaments.

Excepte per l'esdeveniment de 1982, s'ha delimitat aproximadament l'extensió del nucli urbà de l'època en que es produeix la inundació.

3 ESTUDI D'INUNDABILITAT DE LA RIERA DE LES ARCADES

3.1 HIDROLOGIA SEGONS LA GUIA TÈCNICA

3.1.1 Aspectes bàsics

D'acord amb la Guia Tècnica "Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local", editada per l'Agència Catalana de l'Aigua, per a la redacció dels estudis hidrològics es poden utilitzar dades recollides als "Mapes de precipitació màxima diària esperada a Catalunya per a diferents períodes de retorn", del Servei Meteorològic de Catalunya i dades recollides als mapes inclosos a la guia del Ministerio de Fomento (DGC, 1999), "Máximas lluvias diarias en la España peninsular".

Per a la realització de la hidrologia s'ha utilitzat el model digital del terreny Lidar de l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC). Es tracta d'una informació en format malla regular (ràster) amb un pas de malla de 5x5 metres.

3.1.2 Pluja de projecte

Per al càlcul dels valors de precipitació diària P_d es realitza un tractament estadístic de les sèries de pluges històriques obtingudes dels registres de les estacions meteorològiques properes. El tractament estadístic utilitza dades de mesures a punts concrets, les estacions meteorològiques. Si s'utilitzen els resultats del tractament estadístic per assignar un únic valor de precipitació P_d a una zona amb una certa extensió, i no a un punt, cal reduir els resultats del tractament estadístic aplicant un coeficient adimensional. Aquest coeficient és K_A, coeficient de simultaneïtat, que té l'expressió:

$$\text{si } S \leq 1\ \text{km}^2 \quad K_A = 1$$

$$\text{si } S > 1\ \text{km}^2 \quad K_A = 1 - \frac{\log S}{15}$$

On S és la superfície de la conca expressada en km². L'aplicació del coeficient de simultaneïtat està motivada perquè, sobre una zona extensa, la precipitació mitjana és menor quan més superfície té la zona. En aquest cas, per la definició de la pluja de projecte, la zona d'estudi s'ha considerat una sola conca objecte de treball (veure Figura 15), donada la separació dels cursos fluvials a estudiar i la orografia del terreny

La Taula 3 mostra els valors dels paràmetres hidromorfomètrics i el temps de concentració de la conca estudiada..

CONCA	Àrea (km^2)	K_A	Longitud *L* (m)	Cota màx. (m)	Cota mín. (m)	Pendent *j* (m/m)	Temps *Tc* (h)	Temps *Tlag* (min)
Riera de les Arcades	2.23	0.977	3448.5	233.72	139.08	0.027	1.52	28

Taula 3. Paràmetres hidromorfomètrics i temps de concentració per les conques definides per la determinació de la pluja de projecte.

A la Taula 4 es poden observar els valors de P_d segons la guia del Ministerio de Fomento (DGC, 1999), "Máximas lluvias diarias en l a España Peninsular" i segons les dades recollides en els "Mapes de precipitació màxima diària esperada a Catalunya per a diferents períodes de retorn", del Servei Meteorològic de Catalunya, i els valors de P'_d una vegada aplicat el coeficient de simultaneïtat K_A ($P'_d = P_d \times K_A$). Finalment, es mostra el valor de P'_d adoptat per cada període de retorn, que en aquest cas es correspon a les dades del Servei Meteorològic de Catalunya al considerar que s'adeqüen més a l'àmbit local d'estudi.

	Període de retorn	Pd		Pd' (=Pd x KA)		Pd' adoptada
		Guia del Servei Meteorològic de Catalunya	Guia Máximas lluvias diarias en la España Peninsular	Guia del Servei Meteorològic de Catalunya	Guia Máximas lluvias diarias en la España Peninsular	
Riera de les Arcades	T10	131	137	128	133.8	128
	T100	201	209	196.3	204.2	196.3
	T500	248	286	242.3	279.4	242.3

Taula 4. Precipitacions associades a cada període de retorn.

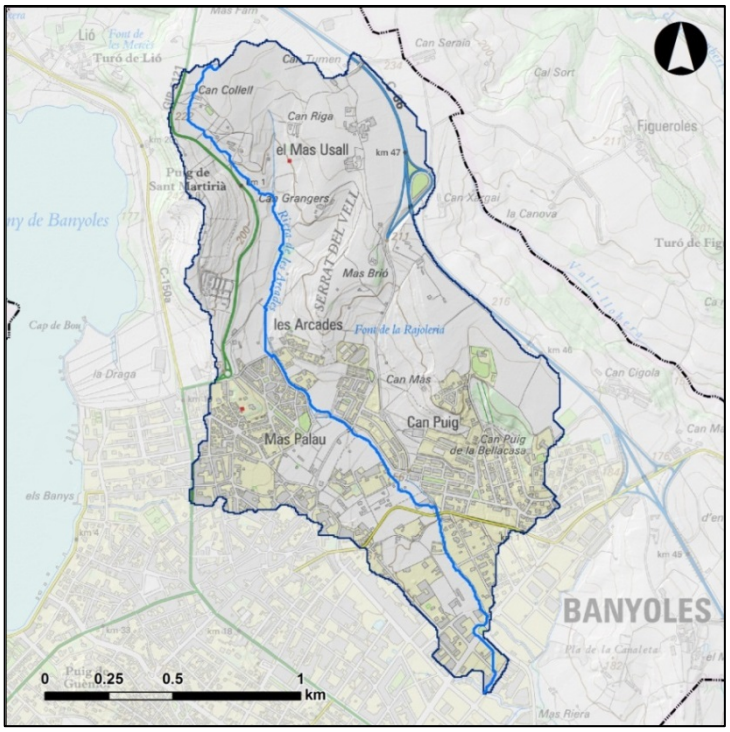


Figura 15. Situació de la conca en el terme municipal per a la determinació de la pluja de projecte. Base topogràfica 1:25000 (ICC).

Una vegada coneguda la precipitació diària P'_d (apartat 3.1.2) es calcula la intensitat de pluja corresponent a una durada de l'episodi de pluja igual a 24 hores (quan no es disposa de cap dada per a calibrar el model hidrològic, es recomana considerar una duració de la pluja de 24 hores, per ser més conservador), per a cada període de retorn. S'utilitzen les corbes intensitat – durada – freqüència, també anomenades corbes IDF proposades per Témez:

$$\frac{I}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d}\right)^{\frac{(28^{0.1} - D^{0.1})}{(28^{0.1} - 1)}}$$

On:

- I Intensitat de precipitació per a una durada efectiva de la pluja de durada $D = 24$ hores corresponent al període de retorn considerat, expressada en mm/h.
- I_1/I_d Quocient característic de la zona d'estudi, a Catalunya es pot considerar un valor mitjà de 11, d'acord amb MOPU (1990).
- I_d Intensitat mitjana diària per al període de retorn considerat, que és el volum de precipitació recollit en un dia natural, dividit per 24 (hores). S'expressa en mm/h.
- D Durada efectiva de la pluja igual a 24 hores.

Els cabals utilitzats per a la determinació de les zones inundables segons la terminologia de l'Agència Catalana de l'Aigua són el de T = 10 anys, T = 100 anys i T = 500 anys. La Taula 5 recull la intensitat de precipitació resultant, per als tres períodes de retorn.

	Període de retorn	Pd' adoptada	ID (Sintètica) (Tc=24 h)
Riera de les Arcades	10	128	44.2
	100	196.3	67.8
	500	242.3	83.6

Taula 5. Intensitat de disseny, associada a cada període de retorn.

El càlcul del hietograma de precipitació, un cop coneguda la P_d' i la corba IDF aplicable es realitza amb el mètode conegut com dels blocs alternats. Els hietogrames per a totes les conques i els diferents períodes de retorn es mostren a les figures següents.

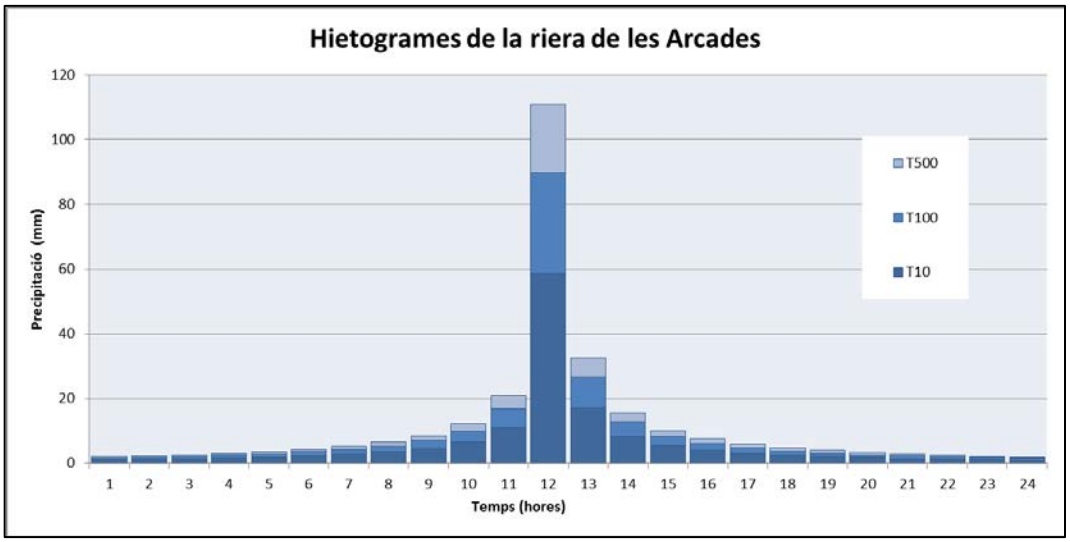


Figura 16. Hietogrames de pluja per a la conca del barranc innominat 1, T=10, T=100 i T=500 anys.

3.1.3 **Pèrdues de precipitació**

Per a la determinació de les pèrdues de precipitació la Guia Tècnica segueix el mètode desenvolupat pel Soil Conservation Service (SCS, depenent del Servei Geològic dels Estats Units, USGS). D'aquesta forma per a cada subconca es pondera el nombre de corba NC. El nombre de C orba pot variar entre 0 i 100, i s'estableix que l 'NC=100 correspon a una superfície totalment impermeable. El Soil Conservation Service (SCS), va tabular els NC segons l'ús del sòl, el pendent, les característiques hidrològiques i el grup de sòl.

La relació entre el P_0(llindar d'escorrentiu a partir del qual es produeix escorrentiu superficial) i l'NC utilitzada habitualment a la Península és la proposada per Témez:

$$P_0 = \frac{5000}{NC} - 50$$

On P_0 és el llindar d'escorrentiu en condicions d'humitat de tipus II, condicions d'humitat normals. S'expressa en mm, i *NC* el nombre de corba, és adimensional.

Segons el Mapa Geològic de Catalunya a escala 1:250.000 de l'Institut Geològic de Catalunya (Figura 17), la geologia de la conca està representada per materials quaternaris i miocen presenta bastanta varietat i està formada per materials del plistocè, eocè i miocè.

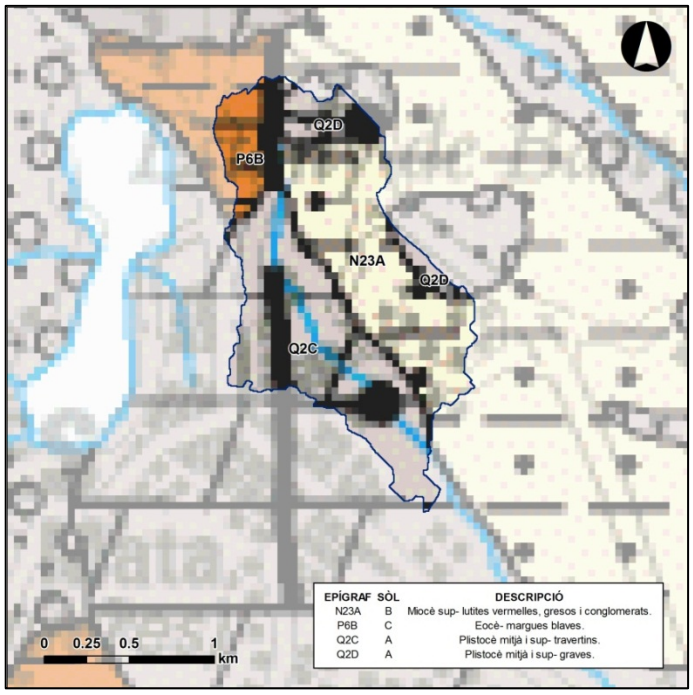


Figura 17. Geologia de les conques. Mapa geològic de Catalunya 1:250000 (Institut Geològic de Catalunya).

D'acord amb la Guia Tècnica de l'Agència Catalana de l'Aigua, les litologies del tipus Q2C i Q2D (travertins i graves del plistocè) s'inclouen dins el grup de sòls tipus A, les litologies del tipus N23A (lutites vermelles, gresos i conglomerats) s'inclouen dins el grup de sòl tipus B i les litologies del tipus P6B (margues blaves) s'inclouen dins el grup de sòl tipus C.

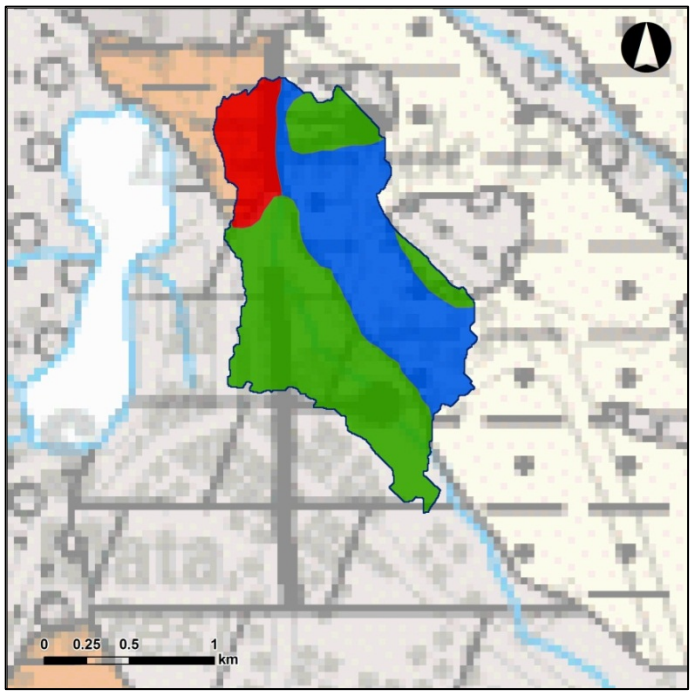


Figura 18. Zonificació segons grup de sòl.

Els sòls del grup A admeten més infiltració que els del grup C. La Figura 18 mostra la zonificació segons el grup de sòl. El grup A es representa amb color verd, el grup B amb color blau i el grup C amb color vermell.

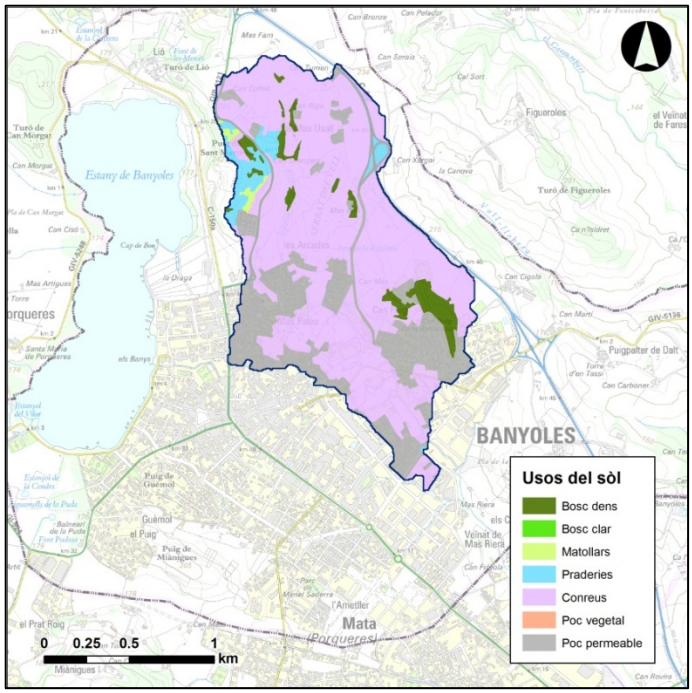


Figura 19. Zonificació segons els usos del sòl.

Els usos del sòl que podem trobar a la zona d'estudi són (en la major part) quatre, segons el mapa de cobertes del sòl de Catalunya, entre els quals predominen els conreus i les zones urbanes poc permeables, en menor mesura praderies i bosc dens. La Figura 19 mostra la zonificació segons els tipus de cobertura.

MCSC		Càlcul de cabals	
Ús	Codi	Ús	Codi
Boscos densos (no ribera)	1	Bosc dens	1
Boscos clars (no ribera)	6	Bosc clar	2
Matollars	7	Matollars	3
Prats i herbassars	9	Praderies	4
Roquissars	11	Poca infiltració	7
Sòls nus forestals	13	Poca infiltració	7
Aigües continentals	16	Poca infiltració	7
Conreus	17	Conreus	5
Zones urbanitzades	19	Poca infiltració	7
Vies de comunicació	21	Poca infiltració	7
Zones d'extracció minera	23	Poca infiltració	7

Taula 6. Equivalència entre els usos del sòl del mapa de cobertes del sòl i els sintetitzats.

La Figura 20 mostra la zonificació que resulta de recollir els criteris; ús de sòl (cobertura), grup del sòl (litologia aflorant) i subconca. El color és el del grup del sòl (blau, A; verd, B;

vermell, C), i la tonalitat segons l'ús del sòl: més fosc és menys escolament (més retenció i/o infiltració) i més clar és més escolament.

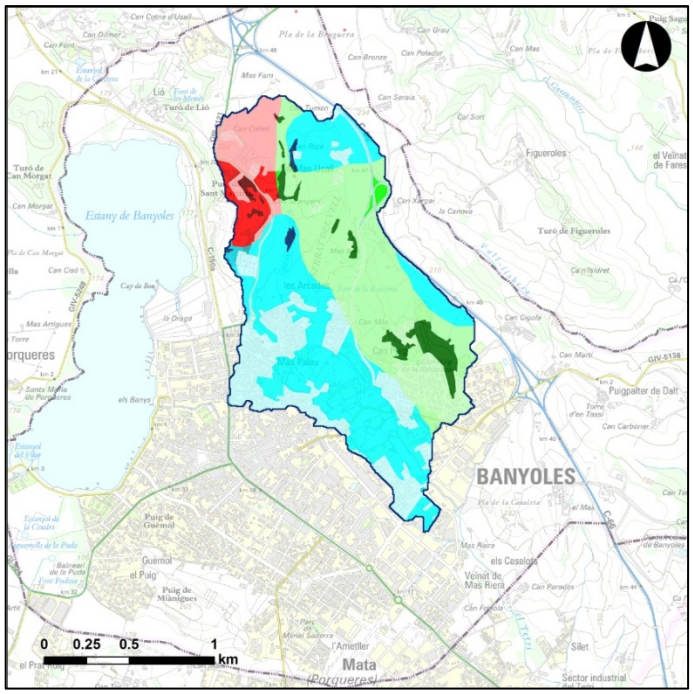


Figura 20. Zonificació que recull els tres criteris: ús de sòl, grup de sòl i subconca.

Per a cada grup de sòl i cada ús del sòl, la Taula 7 recull els valors adoptats del nombre de corba NC, en condicions d'humitat de tipus II (condicions normals).

Ús sòl	Grup sòl	Nombre de Corba NC	
		Estimació baixa	Estimació alta
Bosc dens	A	29	36
	B	43	52
	C	54	62
	D	60	68
Bosc clar	A	36	40
	B	52	60
	C	62	69
	D	68	76
Matollar	A	40	45
	B	60	68
	C	69	78
	D	76	83
Praderia	A	42	49
	B	60	68
	C	74	85
	D	79	85
Conreu	A	54	66
	B	68	77
	C	78	85
	D	82	89

Ús sòl	Grup sòl	Nombre de Corba NC	
		Estimació baixa	Estimació alta
Poc vegetat	A	71	77
	B	78	86
	C	82	89
	D	86	93
Poc permeable	A	91	96
	B	91	96
	C	91	96
	D	91	96

Taula 7. Valors del nombre de corba NC adoptats.

La delimitació de conques feta per a la determinació de les pèrdues de precipitació, i més endavant, per a la determinació de cabals, és la que es mostra a la Figura 15. Així doncs, atenent a l'ús del sòl, i al grup del sòl, la distribució de la superfície de les diferents conques es mostra a la Taula 8, en termes de superfície total i a la Taula 9, com distribució percentual.

Ús sòl	Grup sòl	Conca
		Arcades
Bosc dens	A	1.1
	B	-
	C	0.2
	D	0.8
Bosc clar	A	73
	B	-
	C	39.6
	D	7.9
Matollar	A	-
	B	-
	C	1.1
	D	58.6
Praderia	A	-
	B	16.3
	C	1.2
	D	-
Conreu	A	1.2
	B	6.3
	C	13.2
	D	-
Poc vegetat	A	2.1
	B	-
	C	-
	D	-
Poc permeable	A	-
	B	-
	C	-
	D	-

Taula 8. Distribució de la superfície segons grup i ús de sòl i subconca, en hectàrees.

Ús sòl	Grup sòl	Conca
		Arcades
Bosc dens	A	0.005
	B	-
	C	0.001
	D	0.004
Bosc clar	A	0.328
	B	-
	C	0.175
	D	0.035
Matollar	A	-
	B	-
	C	0.005
	D	0.263
Praderia	A	-
	B	0.073
	C	0.005
	D	-
Conreu	A	0.005
	B	0.025
	C	0.59
	D	-
Poc vegetat	A	0.009
	B	-
	C	-
	D	-
Poc permeable	A	-
	B	-
	C	-
	D	-

Taula 9. Distribució percentual de superfície segons grup de sòl i ús de sòl a cada conca.

Ponderant en superfície, els valors del nombre de corba per cada conca es mostren en la Taula 10.

	Estimació baixa		Estimació alta	
Subconca	CN	Po	CN	Po
Arcades	68.9	22.6	77.1	14.8

Taula 10. Valors del nombre de corba resultants.

3.1.4 Transformació pluja-escorrentiu i Mètode de propagació de avingudes

La hidrologia es modela amb el programa Hec-Hms, programa desenvolupat pels *"US Army Corps of Engineers"*. El mètode de transformació pluja escorrentiu que s'ha seguit és el mètode desenvolupat pel Soil Conservation Service (SCS), mètode que també recull la Guia Tècnica de l'ACA. L'SCS es basa en l'estudi del comportament de multitud de conques petites dels EEUU, s'obté un hidrograma adimensional, en el qual s'expressa la relació del cabal respecte al cabal punta, versus la relació entre el temps i el temps pic.

Quan es modelitza una conca dividint-la en subconques, és necessari propagar els hidrogrames d'avinguda obtinguts de la transformació pluja-escorrentiu, en les subconques que no tinguin el seu desguàs justament en el punt de sortida de la conca general. En aquest cas la propagació d'avingudes s'ha modelat amb el mètode de propagació agregada de Muskingum-Cunge. Aquest mètode està basat en el mètode de Muskingum, i és una tècnica de propagació no lineal, que considera la difusió d'un hidrograma basat en les propietats físiques de la llera i l'hidrograma d'aigües amunt.

3.1.5 Cabals

Els paràmetres geomètrics de la conca (paràmetres hidromorfomètrics) són; l'àrea de la conca S, la longitud del curs principal L, la cota màxima a la superfície de la conca, la cota mínima a la superfície de la conca, el desnivell i el pendent mitjà del curs principal j.

El temps de concentració T_c és el temps que transcorre entre la finalització de l'episodi de precipitació i la sortida de la darrera gota d'escorrentiu superficial. S'agafa com el temps que tarda una gota de pluja neta caiguda a l'extrem superior del curs principal a sortir pel punt de sortida. En tractar-se d'una conca, s'utilitza la fórmula proposada per J.R.Témez. El temps de concentració T_c s'expressa en hores.

$$T_c = 0.3 \times \left(\frac{L}{j^{0.25}}\right)^{0.76}$$

Pel temps de retard, t_{lag}, la Guia Tècnica proposa la següent formulació:

$$t_{lag} \approx 0{,}31\, T_c$$

La Taula 11 mostra els valors dels paràmetres hidromorfomètrics, el temps de concentració i el temps de retard de cada conca. Per calcular el recorregut de cada torrent es té en compte

el trajecte hidràulicament més allunyat dins la conca d'estudi, tot i que pel càlcul hidràulic el recorregut posteriorment a estudiar és limita més a les proximitats del nucli urbà d'estudi.

CONCA	Àrea (km^2)	K_A	Longitud *L* (m)	Cota màx. (m)	Cota mín. (m)	Pendent *j* (m/m)	Temps *Tc* (h)	Temps *Tlag* (min)
Riera de les Arcades	2.27	0.977	3448.47	233.72	139.08	0.027	1.52	28

Taula 11. Paràmetres hidromorfomètrics, temps de concentració i temps de retard.

La Taula 12 recull els cabals màxims dels hidrogrames anteriors resultants de l'aplicació del mètode de pèrdua de precipitació i mètode de transformació pluja escorrentiu, descrits en els apartats 3.1.3 i 3.1.4 respectivament, per a tres períodes de retorn.

3.2 HIDRÀULICA

3.2.1 Model digital del terreny

Per a la modelització hidràulica s'ha utilitzat el model digital del terreny Lidar de l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC). Es tracta d'una informació en format malla regular (ràster) amb un pas de malla 2x2 metres (precisió de 15-30 cm en altimetria). Alhora, s'ha tingut en compte també la cartografia topogràfica a escala 1:1000 i 1:5000 (Figura 21), de l'Institut Cartogràfic de Catalunya.

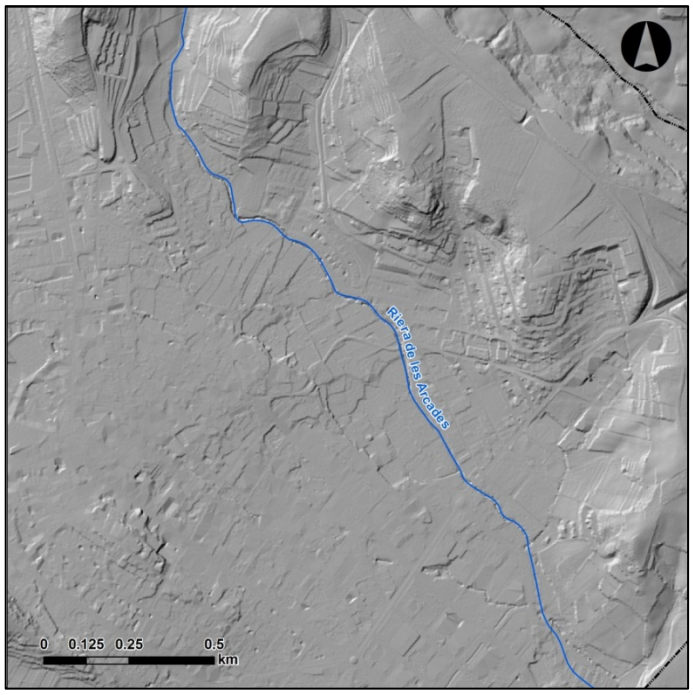


Figura 21. Model d'ombres obtingut a partir del MDT 2x2 utilitzat per a la modelitzacióhidràulica (vista parcial).

3.2.2 **Cabals**

Els cabals màxims dels hidrogrames utilitzats pels períodes de retorn de 10, 100 i 500 anys es resumeixen en la Taula 12, d'acord amb el que s'ha exposat al capítol 3 (Hidrologia segons la Guia tècnica de recomanacions per a la realització d'estudis d'inundabilitat d'àmbit local de l'Agència Catalana de l'Aigua) pels cursos fluvials estudiats.

Per al càlcul de cabals s'ha utilitzat l'estimació alta de CN (corba número), que pressuposa l'escenari menys favorable.

Cabal (m3/s)	Període de retorn		
Punt / Conca	T10	T100	T500
Riera de les Arcades	19.9	38.1	50.8

Taula 12. Cabals màxims (m³/s) utilitzats a la modelització.

La modelització bidimensional es realitza en règim no permanent, és a dir que s'utilitzen hidrogrames d'avinguda en el cas de la riera de les Arcades.

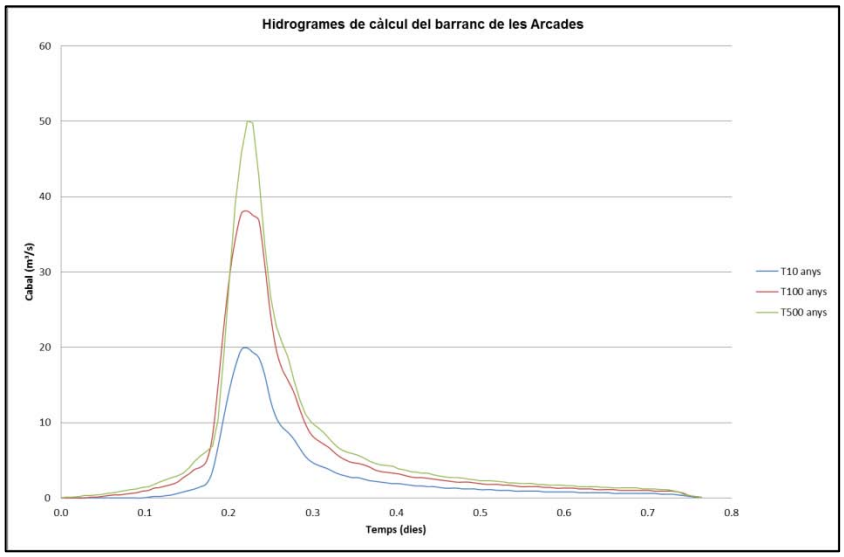


Figura 22. Hidrogrames de cabals d'avinguda (m³/s) utilitzats per a la modelització bidimensional del barranc de les Arcades.

A la Taula 12, es pot comprovar que el cabal màxim de dels hidrogrames en un punt, no es correspon exactament a la suma dels cabals màxims dels cursos aportants. Pel fet que aquests últims, en general, ocorren en temps diferents, donat que es tracten de conques de

diferents superfícies, amb diferents característiques de sòl i diferents característiques hidromorfomètriques.

3.2.3 **Coeficient de rugositat**

El nivell d'aigua en un tram de riu no depèn únicament de la secció transversal, el pendent i el cabal, doncs també depèn de la vegetació i altres factors que s'engloben en un paràmetre de rugositat de la llera (coeficient de Manning).

Per assignar aquest coeficient s'ha seguit diferents criteris diferenciant la llera del riu, de la plana d'inundació.

Els coeficients de Manning de la plana d'inundació s'han obtingut a partir del Mapa de Cobertes de Sòl de Catalunya del CREAF (Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals), assignant un valor de rugositat a cada tipus de coberta. Aquests valors es poden veure a la Taula 13.

Referència	Descripció	Manning
1	Boscos densos (no ribera)	0.09
6	Boscos clars (no ribera)	0.09
7	Matollars	0.06
9	Prats i herbassars	0.05
11	Roquissars	0.03
13	Sòls nus forestals	0.0.4
16	Aigües continentals	0.025
17	Conreus	0.05
19	Zones urbanitzades	0.15
21	Vies de comunicació	0.2
23	Zones d'extracció minera	0.1

Taula 13. Coeficients de rugositat de Manning utilitzats fora de la zona de la llera.

A la zona de la llera s'ha seguit el protocol de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) per a estudis de detall mig, amb n multiparamètrica, basats en l'estudi "*Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and FloodPlains"* del Servei Geològic dels Estats Units (USGS).

Es tenen en compte diferents paràmetres de la geometria de la llera i dels elements presents que puguin influir durant les avingudes.

$$n = (n_b + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \cdot m$$

on:

- n_b: valor de n per una llera recte, de seccions uniformes i materials naturals.
- n_1: factor de correcció per incorporar irregularitats de la superfície de la llera.
- n_2: factor de correcció per incorporar irregularitats en la forma i mida de la secció transversal.
- n_3: factor de correcció per incorporar obstruccions al flux.
- n_4: factor de correcció per incorporar l'efecte de vegetació.
- m: factor de correcció per incorporar l'efecte de la sinuositat en planta (meandres) de la llera.

Les taules per a l'obtenció dels valors es mostren a l'annex 2.

Els valors calculats de coeficient de Manning de la llera dels torrents de les conques d'estudi es mostren a continuació (veure fotografies de la llera a les figures 23 i 24).

Els valors dels paràmetres utilitzats i els seus resultats es mostren en la Taula 14.

	Riera de les Arcades
nb	0.025
n1	0.006
n2	-
n3	0.015
n4	0.01
m	1
Descripció	Llera estreta i relativament encaixada, poc sinuosa. Trams poc vegetats alternats amb trams força vegetats.
Pendent Mig	2.7 %
n	**0.056**

Taula 14. Coeficients de rugositat de Manning utilitzats a la zona de la llera, per als diferents cursos fluvials.

Figura 23. Vista de lallera de la riera de les Arcades.

Figura 24. Vista de la llera de la riera de les Arcades.

3.2.4 **Tipus de modelització**

Atenent a l es característiques geomorfològiques de la llera i especialment de la plana d'inundació , s'ha optat per realitzar una modelització bidimensional en règim no permanent, utilitzant els cabals de la Taula 12.

La modelització bidimensional s'ha dut a ter me amb el programari IBER v1.9, desenvolupat conjuntament pel Centre d'Estudis Hidrogràfics del CEDEX, el grup d'investigació FLUMEN

de la ETS d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports de Barcelona, de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), el grup d'Enginyeria de l'Aigua i el Media Ambient (GEAMA) de la Universitat de A Coruña (UDC) i el Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE) de la UPC.

El programari IBER és una eina de càlcul numèric, de flux d'aigua en làmina lliure i règim variable, que ha es tat desenvolupat per dur a terme estudis hidrodinàmics en g eometries irregulars, que integra les aproximacions en dues dimensions amb diferents possibilitats de connexió entre dominis.

IBER utilitza esquemes numèrics d'alta resolució, que permeten el càlcul de fluxos discontinus i que permeten treballar en dues dimensions, amb malles de càlcul irregulars no estructurades, formades per quadrilàters i/o triangles.

També implementa mecanismes per a considerar el mullat i assecat del domini d'estudi, la rugositat del terreny variable en l 'espai o l a presència d'estructures hidràuliques com a condició interna (comporta, sobreeixidor, comporta-sobreeixidor o culvert).

IBER compta amb un mòdul de transport de sediments que resol les equacions de transport per càrrega de fons i per càrrega en s uspensió. A més amb aquests mòduls calcula l'evolució de la cota del fons a causa de processos de sedimentació i erosió. Encara que en la versió actual es consideren granulometries uniformes.

3.2.5 **Condicions de contorn**

Aigües amunt s'han establert, d'una banda, el s cabals que corresponen a l 'inici del tram, resumits en la Taula 12. D'altra banda, es consideren les dades de calat de l'estudi del PEFCAT Baix Ter.

Aigües avall s'han considerat les condicions que proporcionen els resultats del PEFCAT del Baix Ter (ACA).

3.2.6 **Estructures hidràuliques**

S'han localitzat un total de 12 es tructures hidràuliques al llarg de l a zona estudiada, que inclouen 1 culvert i 11 ponts.

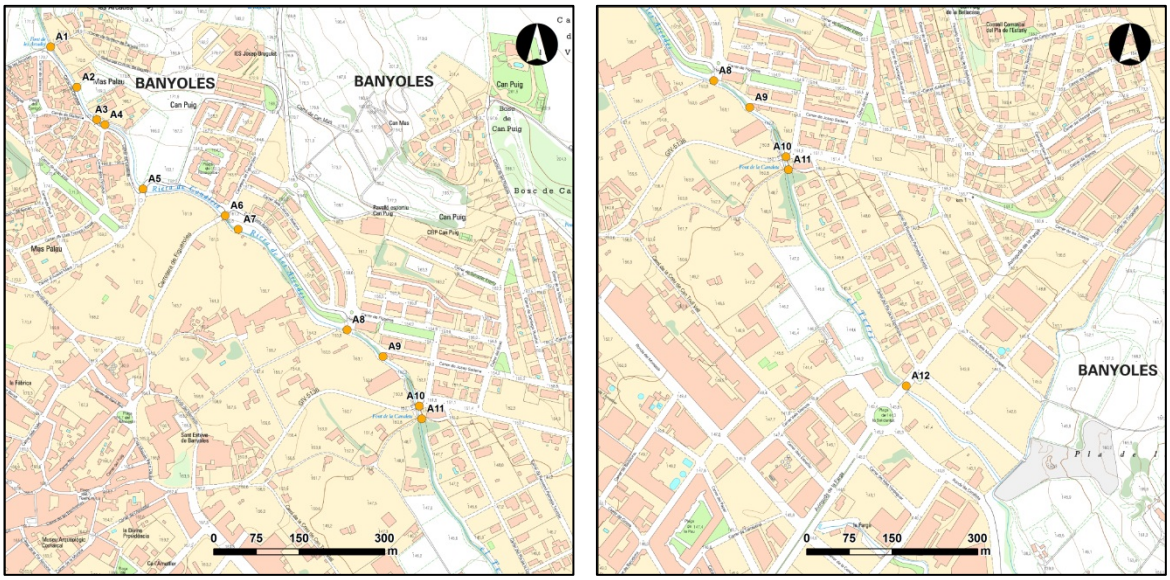


Figura 25. Localització de les estructures valorades a l'estudi. Base topogràfica 1:5000 de l'ICC.

A la figura anterior es mostra la situació de les estructures valorades a l'estudi i en la següent taula es descriu breument la seva localització.

Riu	Estructura	Localització
Riera de les Arcades	A01	Carrer de les Arcades
	A02	Accés a vivendes Mas Palau
	A03	Accés a vivendes final carrer de Mallorca
	A04	Accés a vivendes
	A05	Carrer d'Ausiàs Marc
	A06	Carretera de Figueroles
	A07	Accés a camps de cultiu.
	A08	Confluència carrer dels Agraris i carrer de Figueres.
	A09	Final del carrer de Josep Saderra
	A10	Carretera GIV-5136
	A11	Camí paral·lel a la carretera GIV-5136
	A12	Avinguda de la Farga

Taula 15. Localització de les estructures considerades en l'àmbit d'estudi.

De la Figura 26 a la Figura 37 es mostren les fotografies de les estructures hidràuliques localitzades i considerades en el càlcul hidràulic.

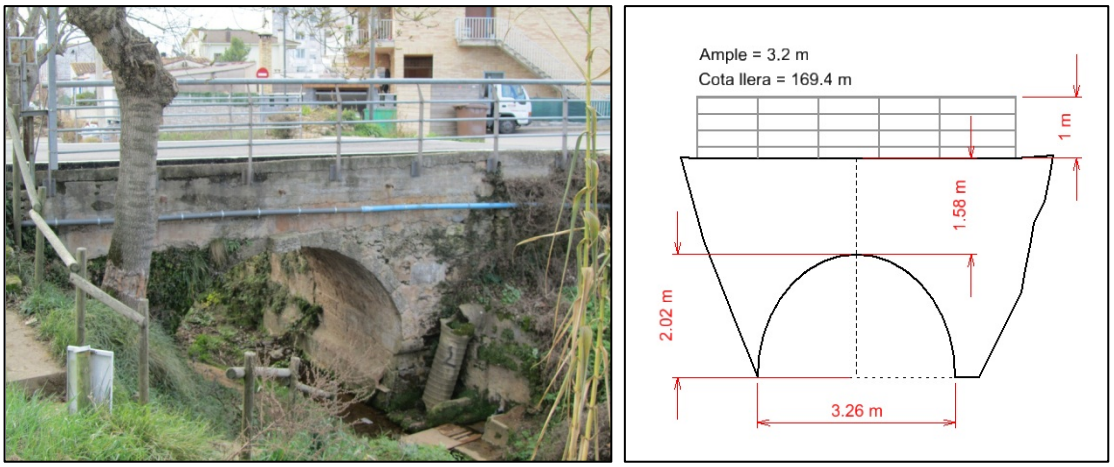


Figura 26. Estructura A01, pont del carrer de les Arcades.

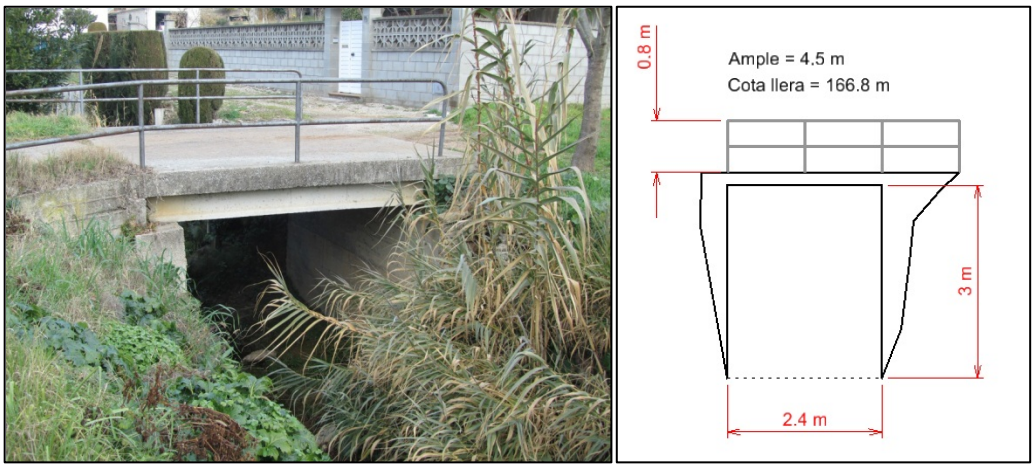


Figura 27. Estructura A02, pont d'accés a vivendes a la zona de mas Palau.

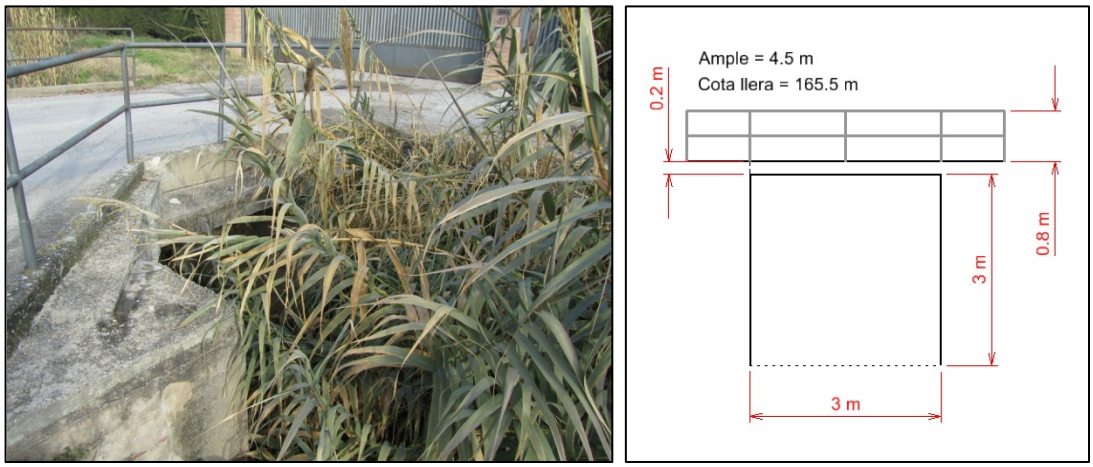


Figura 28. Estructura A03, pont d'accés a vivendes al fnial del carrer de Mallorca

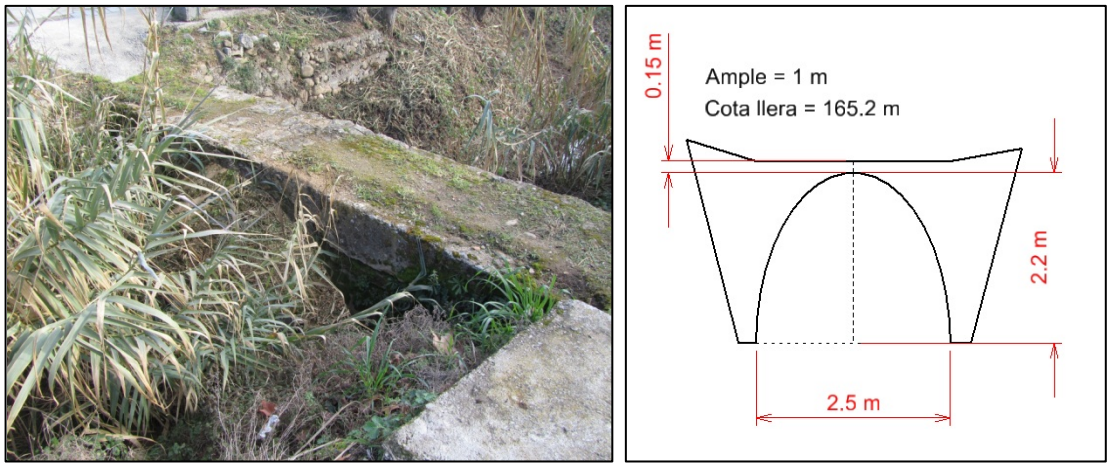


Figura 29. Estructura A04, pont de vianants, accés a vivendes.

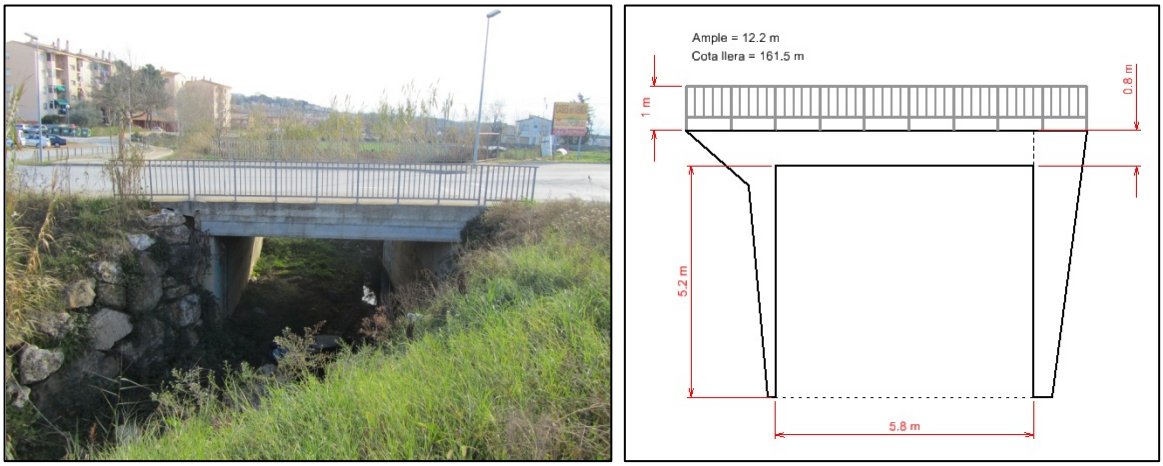


Figura 30. Estructura A05, pont del carrer d'Ausiàs Marc.

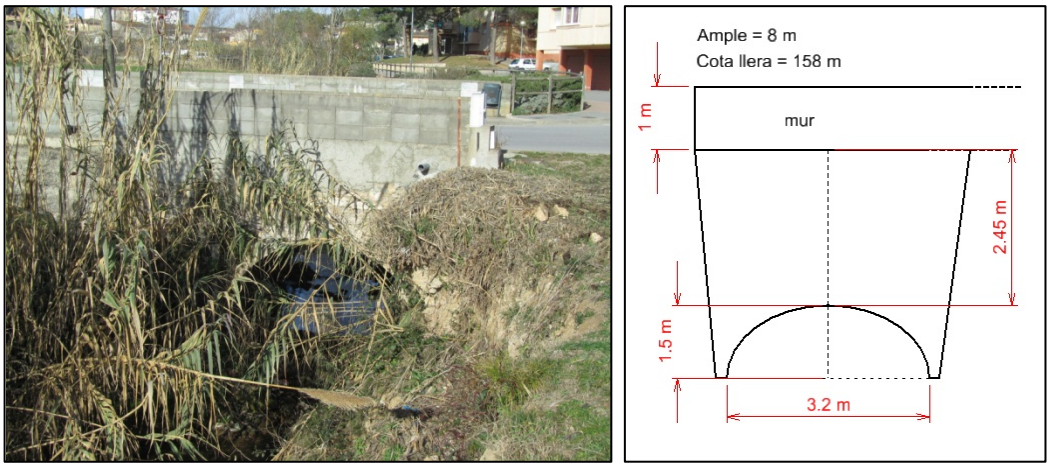


Figura 31. Estructura A06, pont de la carretera de Figueroles.

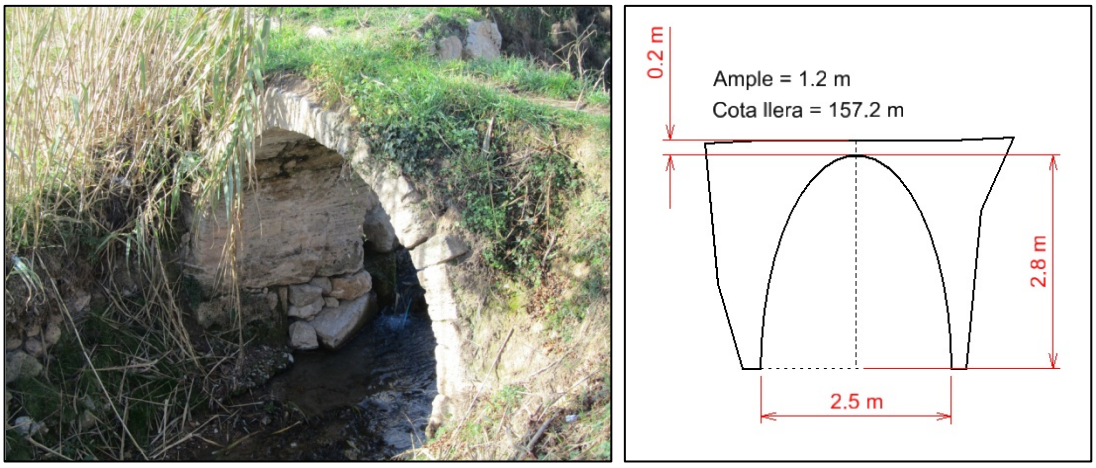


Figura 32. Estructura A07, pont de vianants.

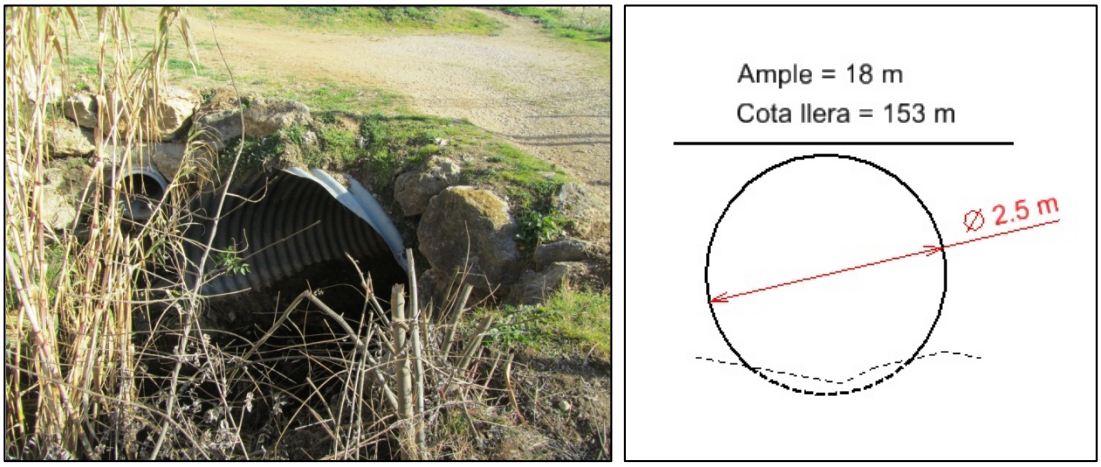


Figura 33. Estructura A08, culvert a prop del carrer de Figueres.

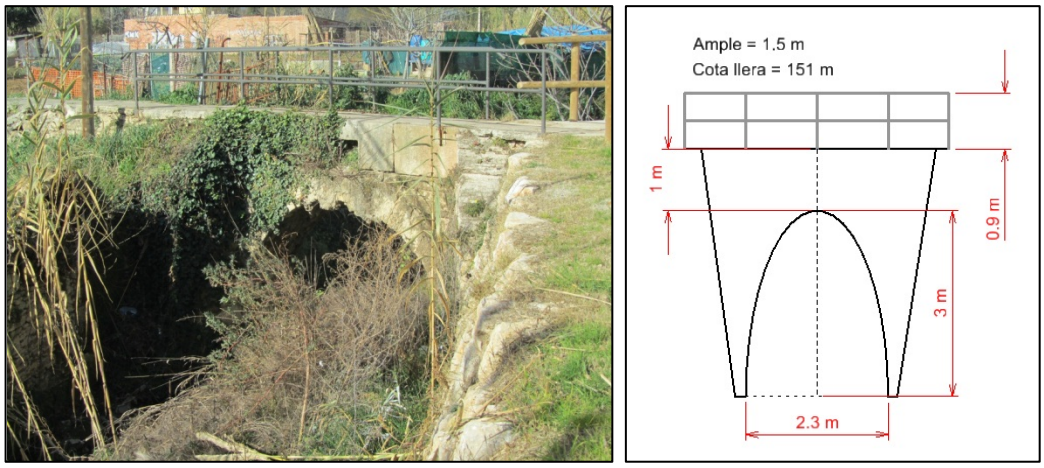


Figura 34. Estructura A09, pont de vianants al final del carrer de Josep Saderra.

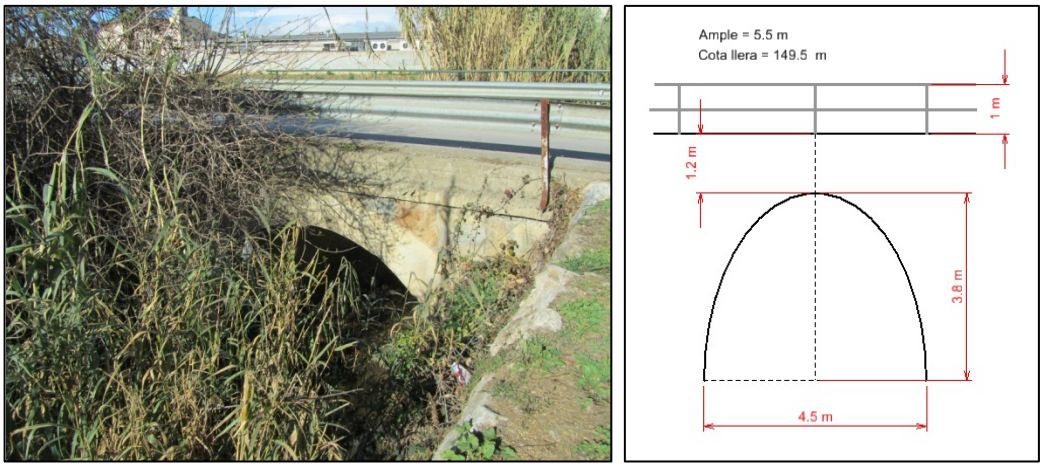


Figura 35. Estructura A10, pont sobre la carretera GIV-5136.

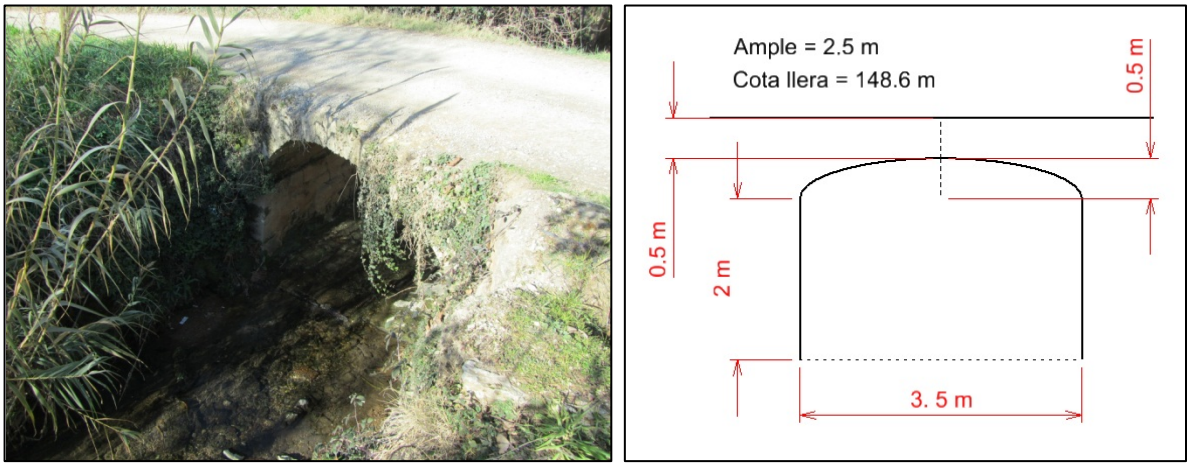


Figura 36. Estructura A11, pont sobre camí poroper a la font de la Canaleta.

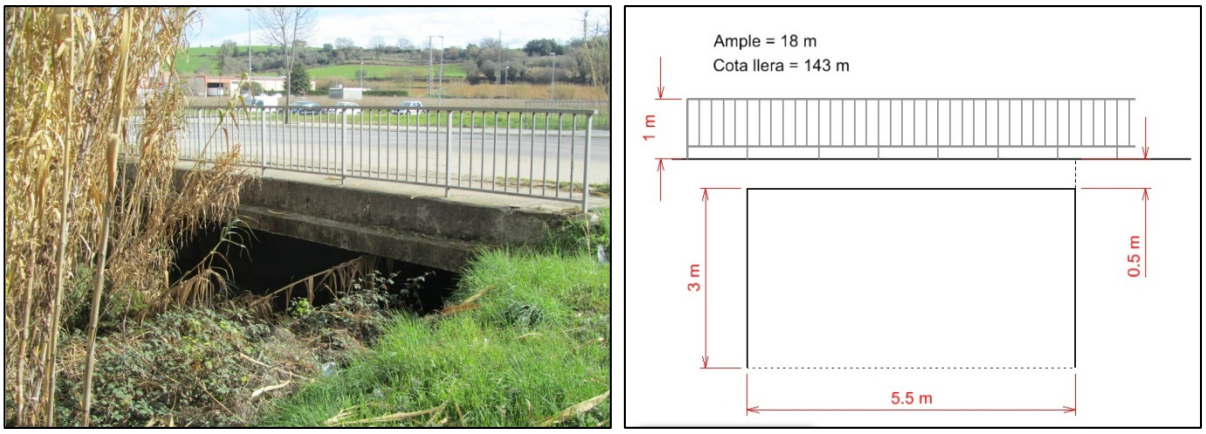


Figura 37. Estructura A12, pont sobre l'avinguda de la Farga.

3.2.7 Geometria de càlcul del model bidimensional

Per al model bidimensional, la zona de dispersió de cabals es cobreix amb una malla de càlcul de triangles equilàters. Per tal de poder establir al resolució necessària, s'han realitzat diverses iteracions, per tal d'ajustar el domini de càlcul a la l'esmentada zona de dispersió.

S'han utilitzat malles de càlcul estructurades obtingudes a partir d'un TIN, el qual s'ha obtingut a partir del MDT (veure apartat 4.1). La tolerància vertical és de 15 centímetres, i les mides màximes i mínimes dels elements 40 i 1 metres respectivament.

A la Taula 16 s'exposen les característiques de les malles (superfície del domini i nombre de triangles) per a cada model.

Conca / Model	Període de retorn	Superfície del domini (km²)	Nombre d'elements (triangles)
Riera de les Arcades	10/100/500	0.96	486233

Taula 16. Característiques de les malles de càlcul.

A la següent figura es pot observar una fragment de la malla de càlcul. Com es pot observar, s'han extret de la malla de càlcul aquells volums d'edificacions que s'ha considerat que poden arribar a ser una obstrucció important al flux.

Figura 38. Detall de la malla de càlcul triangularde la riera de les Arcades. Ortofotografies 1:2500 (ICC)

3.3 REPRESENTACIÓ DE RESULTATS DE LA MODELITZACIÓ

3.3.1 Aspectes generals

Per el curs d'estudi, la riera de les Arcades, s'obtenen malles en format ràster amb els valors de calats i cotes d'inundació per als períodes de retorn de 10, 100 i 500 anys. Per al període de retorn de 500 anys, cal afegir la informació de velocitats del flux per tal d'obtenir les perillositats associades. Els resultats s'han obtingut a partir de modelitzacions hidràuliques bidimensionals amb el programari Iber v1.9.

Aquests resultats de calats (Y) i velocitats (V), s'han processat per tal d'obtenir els mapes de perillositat per al període de retorn de 500 anys i els límits inundables corresponents pels períodes de retorn de 10, 100 i 500 anys.

Per l'obtenció de les cobertures finals s'ha utilitzat la metodologia definida per l'Agència Catalana de l'Aigua, en la qual es defineixen tres categories de perillositat: lleu, moderada i greu:

- Perillositat lleu ➔ $Y < 0.4$ m i $V < 0.4$ m/s ó $Y \times V < -8$ m²/s
- Perillositat moderada ➔ $Y \geq 0.4$ m i $V \geq 0.4$ m/s ó $Y \times V \geq -8$ m²/s
- Perillositat greu ➔ $Y \geq 1$ m i $V \geq 1$ m/s ó $Y \times V \geq 0.5$ m²/s

3.3.2 Observacions

Cal tenir en compte diverses consideracions a l'hora d'interpretar els resultats:

- El Model Digital del Terreny (MDT) disponible, de l'Institut Cartogràfic de Catalunya, està processat amb l'objectiu d'eliminar les edificacions, per tant, on hi ha edificacions s'ha considerat amb un coeficient de rugositat elevat, corresponent a zones urbanitzades.

  Tot i això, quan hi ha edificacions significatives que estiguin inserides en zones afectades per inundació, s'extreuen del model digital i per tant del mallat per a la modelització hidràulica. Això significa, que el volum ocupat per la edificació, es considera com un volum no inundable en el càlcul, tot i que si que és susceptible de ser afectat per la inundació real. El grau d'afectació per aquestes edificacions es pot estimar a partir dels resultats obtinguts en el model hidràulic (calats, velocitats i perillositats) per a les zones immediatament adjacents a aquestes estructures.

- En la modelització 2D, les estructures com ponts o desguassos d'entitat suficient, que faci suposar que puguin alterar el règim hidràulic de l'entorn, s'han modelitzat introduint l'estructura a la malla, com a condició interna, amb la opció de comporta-sobreeixidor i amb les dades corresponents als amidaments de l'estructura.
- Cal tenir en compte que els resultats obtinguts s'extreuen en base a unes hipòtesis de càlcul, que en cas de veure's modificades, podrien fer variar els resultats finals.
- La documentació completa referent a aquest estudi s'annexa en format digital mitjançant suport digital, que es lliura conjuntament amb el document imprès. Engloba els següents arxius: memòria, annexes i plànols, informació obtinguda a camp, els resultats dels models hidràulics, així com els arxius de treball generats al llarg de l'estudi. Alhora també es detalla la informació cartogràfica utilitzada per a la realització de l'estudi.

3.3.3 Resultats de la modelització

Tal i com s'ha comentat, s'ha dut a terme una modelització en dues dimensions; de la combinació de la informació de calats i velocitats resultants, s'obtenen tant els límits inundables per a cada període de retorn de 10, 100 i 500 anys (Figura 39), com els mapes de perillositats per al període de retorn de 500 anys (Figura 40).

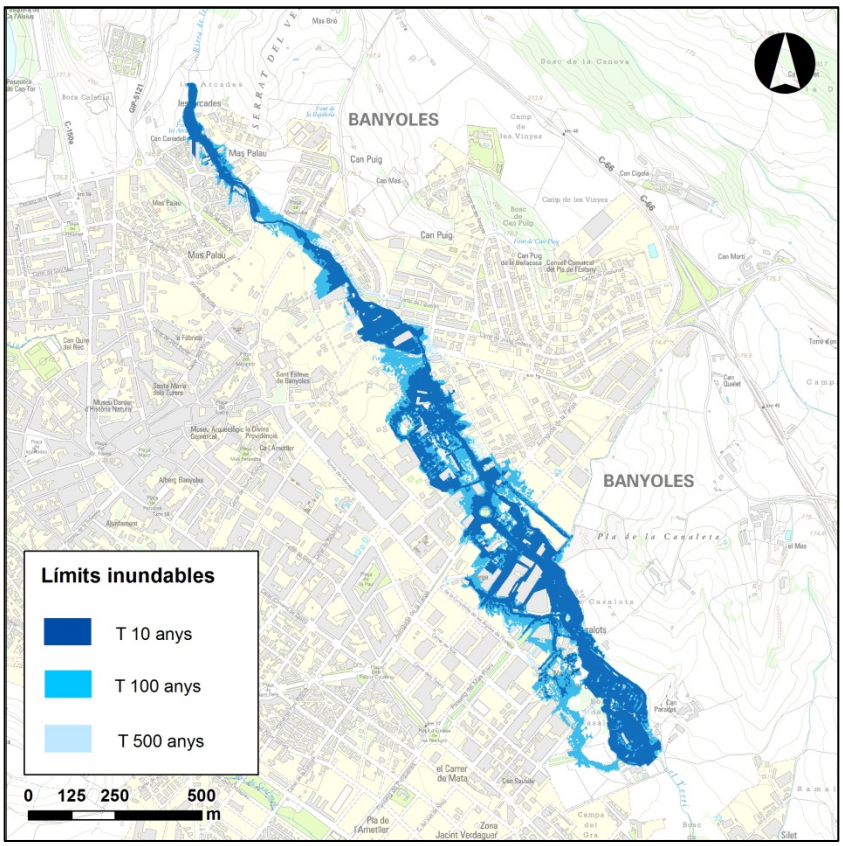


Figura 39. Esquema del mapa de zones inundables del municipi de Banyoles. Representació sobre mapa topogràfic 1:10000 de l'ICC.

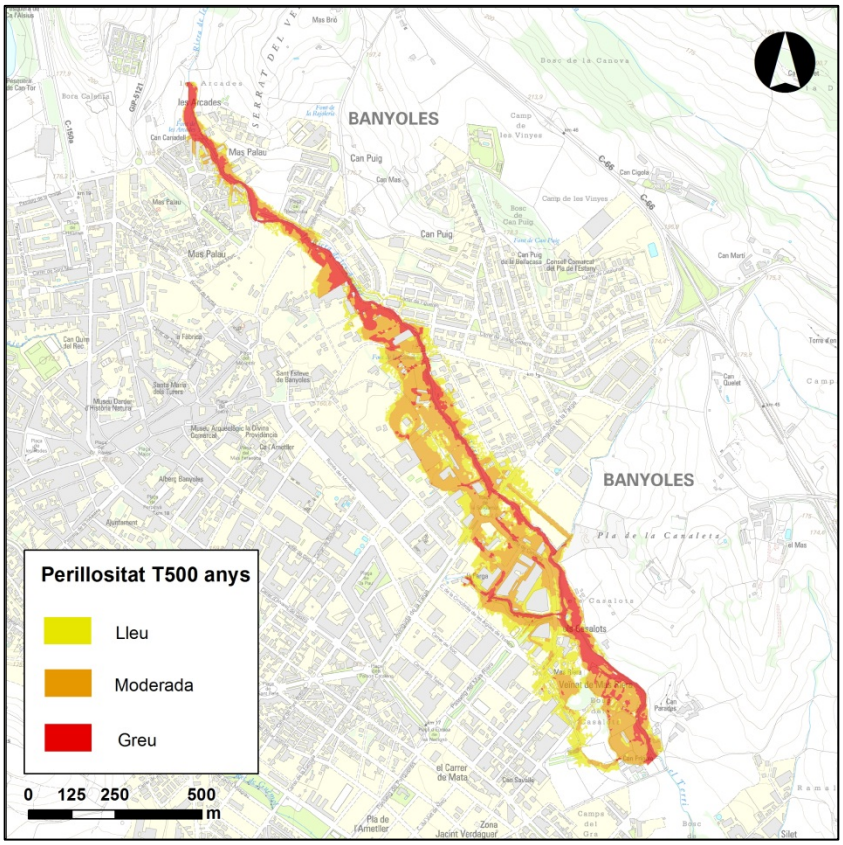


Figura 40. Esquema del mapa de perillositat del municipi del Banyoles, pel cabal associat al període de retorn de 500 anys. Representació sobre mapa topogràfic 1:10000 de l'ICC.

3.3.3.1 L'efecte dels ponts

A la Taula 17 es resumeixen les capacitats de les estructures hidràuliques deduïdes de la modelització hidràulica.

Riu	Estructura	Localització	Capacitat
Riera de les Arcades	A01	Carrer de les Arcades	Insuficient per a T=10 anys
	A02	Accés a vivendes Mas Palau	Insuficient per a T=10 anys
	A03	Accés a vivendes final carrer de Mallorca	Insuficient per a T=10 anys
	A04	Accés a vivendes	Insuficient per a T=10 anys

Riu	Estructura	Localització	Capacitat
	A05	Carrer d'Ausiàs Marc	Insuficient per a T=500 anys
	A06	Carretera de Figueroles	Insuficient per a T=10 anys
	A07	Accés a camps de cultiu.	Insuficient per a T=10 anys
	A08	Confluència carrer dels Agraris i carrer de Figueres.	Insuficient per a T=100 anys
	A09	Final del carrer de Josep Saderra	Insuficient per a T=100 anys
	A10	Carretera GIV-5136	Insuficient per a T=100 anys
	A11	Camí paral•lel a la carretera GIV-5136	Insuficient per a T=100 anys
	A12	Avinguda de la Farga	Insuficient per a T=100 anys

Taula 17. Condicions hidràuliques de les estructures hidràuliques consideraders en l'estudi.

4 CONCLUSIONS I RECOMANACIONS

4.1 RIERA DE LES ARCADES

A partir dels treballs realitzats, s'han delimitat les zones inundables per als períodes de retorn de 10, 100 i 500 anys, del curs fluvial objecte d'estudi, la riera de les Arcades o Canaleta (veure plànol 1 de l'annex 2).

Per al període de retorn de 500 anys també s'han elaborat els mapes de perillositat associada corresponents a la riera de les Arcades o Canaleta (veure plànol 2 de l'annex 2). Els resultats obtinguts es mostren als mapes a escala 1:5000 a l'annex de plànols.

Tal i com es comenta a l'apartat 3.3.2, en la modelització hidràulica de la riera de les Arcades, s'han extret els volums de tots els edificis que es troben dins l'àmbit de càlcul, al considerar-los com a possibles obstruccions al flux. D'aquesta manera, en les zones en que hi ha desbordaments de la llera, i per tant circulació de flux fora del canal natural, s'ha pogut modelitzar el comportament de l'aigua al llarg dels carrers afectats. El grau d'afectació dels edificis que es localitzen en zones inundables és el corresponent a les zones inundables adjacents.

A continuació es mostren alguns exemples d'afectacions d'edificacions, que han estat excloses de la malla de càlcul al considerar-les com a una obstrucció important al flux (Figura 41 i Figura 42).

Als edificis E1, es veu afectat parcialment a la façana nord i oest per al període de retorn de 10 anys, mentre que les afectacions per als períodes de retorn de 100 i 500 anys, les afectacions també arriben a la façana est.

Als edificis E2, es veu afectat per al període de retorn de 10 anys al sud i est, mentre que es veu afecta totalment per als períodes de retorn de 100 i 500 anys. La perillositat associada a T=500 anys és bàsicament moderada, excepte a la l'oest on és lleu.

Els edificis E3 gairebé no es veu afectat per al període de retorn de 10 anys, mentre que l'afectació és total per als períodes de 100 i 500 anys, amb una perillositat per a 500 anys associada moderada al nord, est i oest i lleu al sud.

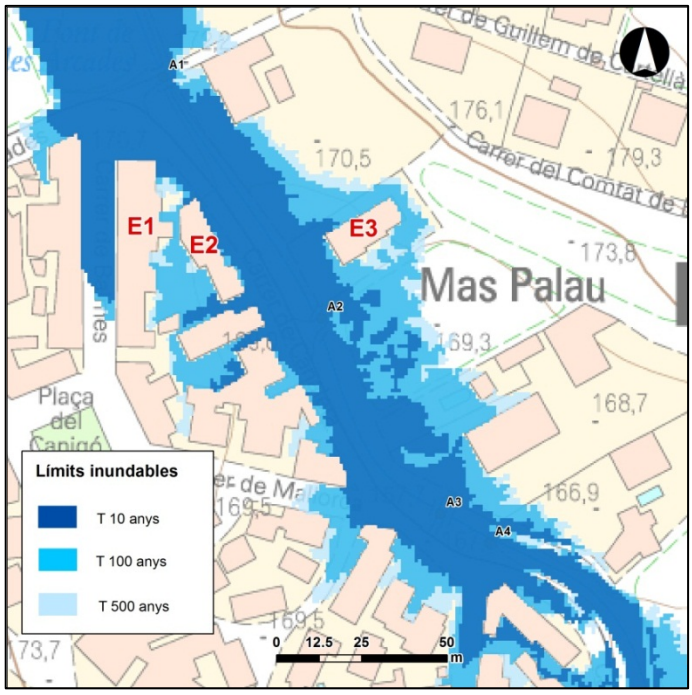


Figura 41. Detall dels límits inundables a la zona nord de Mas Palau. Representació sobre mapa topogràfic 1:5000 de l'ICC.

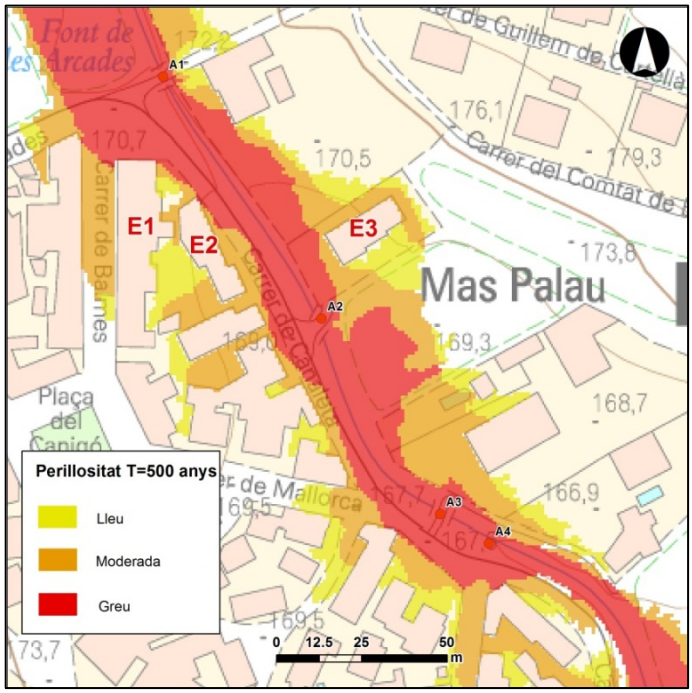


Figura 42. Detall del mapa de perillositats per a T=500 anys a la zona nord de Mas Palau. Representació sobre el mapa topogràfic escala 1:5000 de l'ICC.

En general i pels tres períodes de retorn estudiats, es detecten més afectacions al marge dret de la riera que al marge esquerra. Tan mateix, les zones afectades són majors aigües avall de la carretera GIV-5136.

A la zona de Mas Palau, es detecten afectacions per als tres períodes de retorn en diferent mesura, localitzades al carrer de Canaleta i a les cantonades del carrer de les Arcades, carrer de Balmes, carrer de Mallorca i un tram d'alguns metres al carrer dels Pirineus (Figura 43).

Les perillositats associades per a T 500 anys, en aquesta zona, són bàsicament de moderades a lleus (plànol 2, full 1).

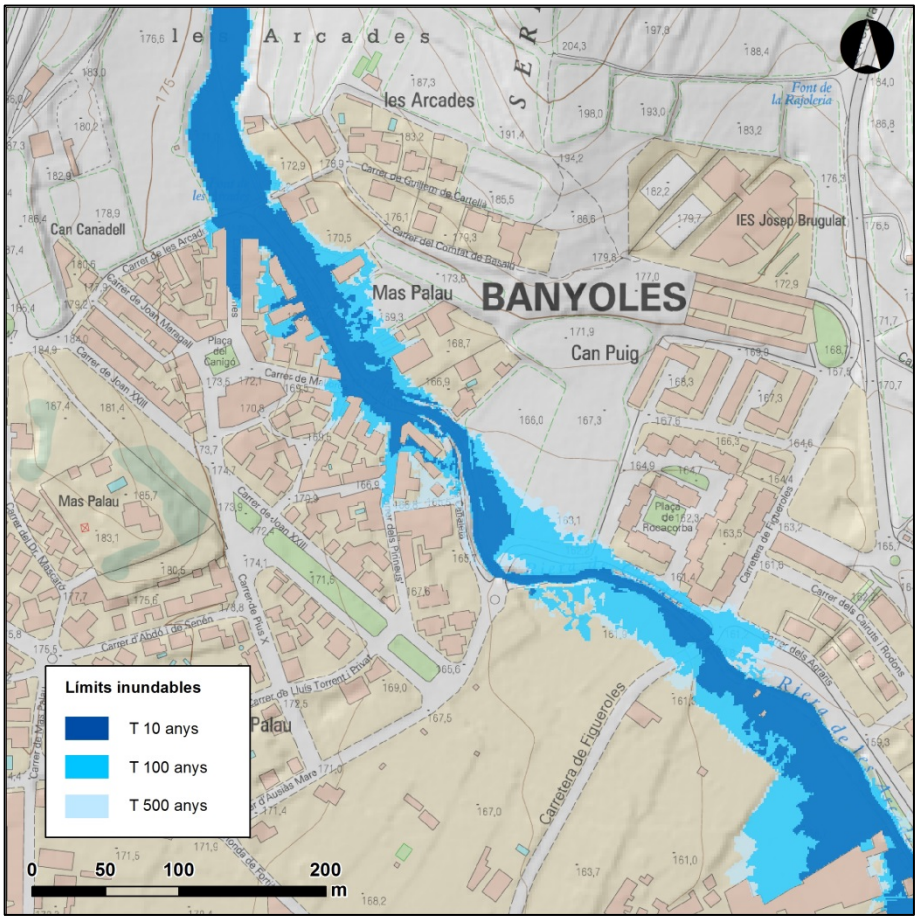


Figura 43. Detall de les zones inundables a la zona de Mas Palau. Representació sobre mapa topogràfic escala 1:5000 (ICC).

Entre el carrer d'Ausiàs Marc i la carretera GIV-5136, les modelitzacions mostren un desbordament de la riera per als tres períodes de retorn, amb afectacions bàsicament a horts de l'entorn de la llera. Al marge esquerra s'inunda la cruïlla del carrer de Figueroles amb el carrer dels Agraris per als períodes de 100 i 500 anys (la perillositat associada és de moderada a lleu).

Si que es veu afectat parcialment, per als tres períodes de retorn estudiats, l'edifici situat al marge dret de la riera, uns metres aigües amunt de la cruïlla del carrer dels Agraris amb el carrer de Figueres (Figura 44). La perillositat associada per als 500 anys és de greu a moderada.

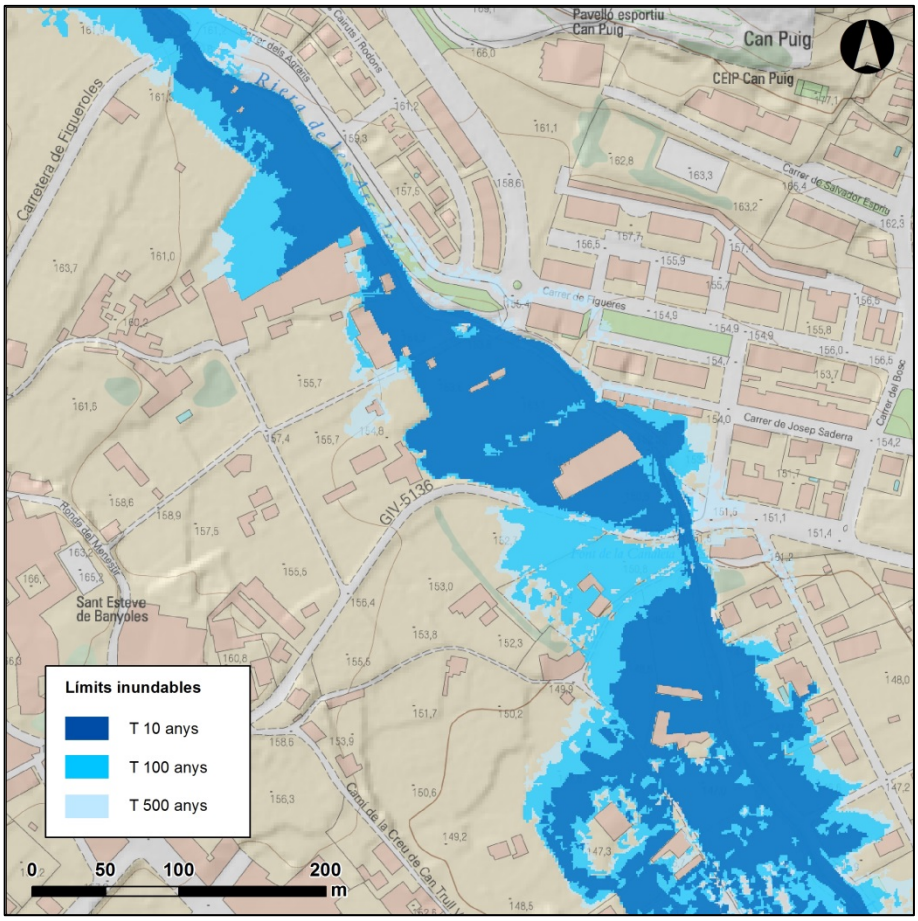


Figura 44. Detall de les zones inundables a l'entorn de la carretera GIC-5136. Representació sobre mapa topogràfic escala 1:5000 (ICC).

Aigües avall de la carretera GIV-5136, la zona d'afectació augmenta per als tres períodes de retorn, incloent horts i alguna edificació dispersa, amb perillositats associades per al període de retorn de 500 anys bàsicament moderada.

Es veuen afectades la plaça de la Solidaritat i els carrers de la Farga o de Mas Verdaguer, així com la ronda de Canaleta (Figura 45).

Les naus industrials de la zona dels Casalots es veuen afectades en diferent mesura per als tres períodes de retorn, amb perillositats per als 500 anys de moderades a lleus.

Per últim, el veïnat de Mas Riera es veu afectat bàsicament per als períodes de retorn de 100 i 500 anys, amb perillositats associades de lleus a moderades.

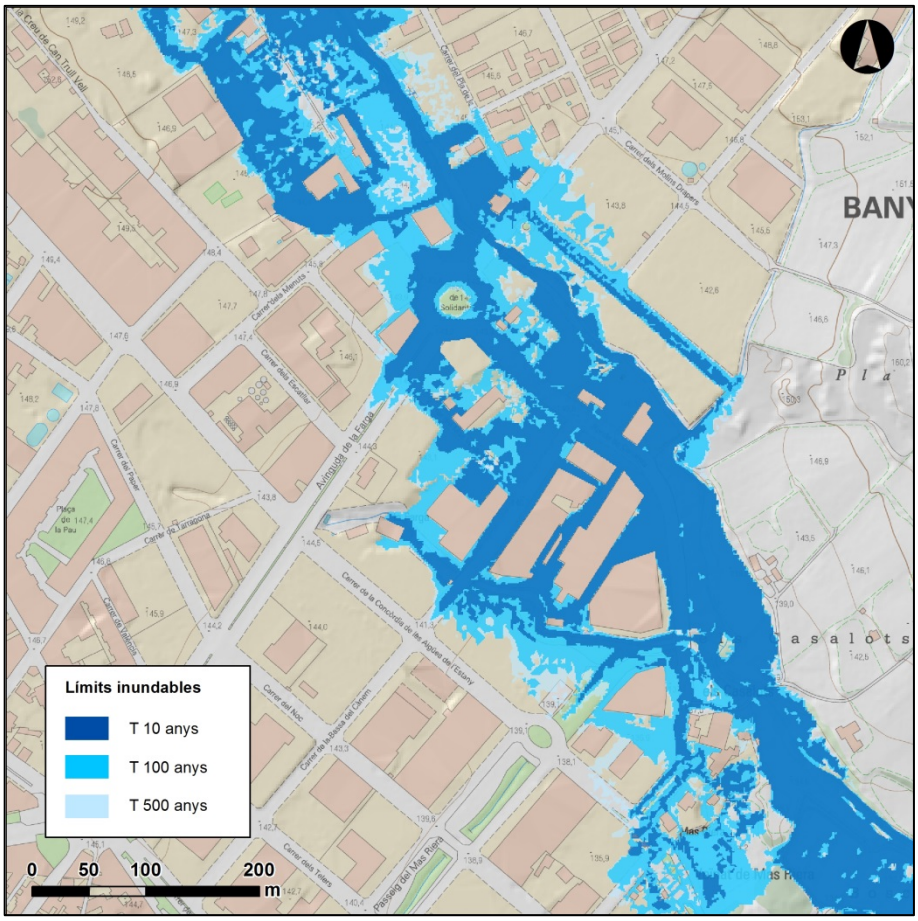


Figura 45. Detall de les zones inundables a l'entorn de la plaça de la solidaritat. Representació sobre mapa topogràfic escala 1:5000 (ICC).

Respecte les zones inundables per al període de retorn de 10 anys, cal destacar que les zones afectades de la plana d'inundació i carrers adjacents a la riera de les Arcades en tot l'àmbit d'estudi, presenten en molts casos calats d'inundació de l'ordre de 10 a 40 centímetres (Figura 46), en aquest sentit s'hauria de considerar el possible efecte que produiria el drenatge urbà, absorbint part d'aquesta aigua.

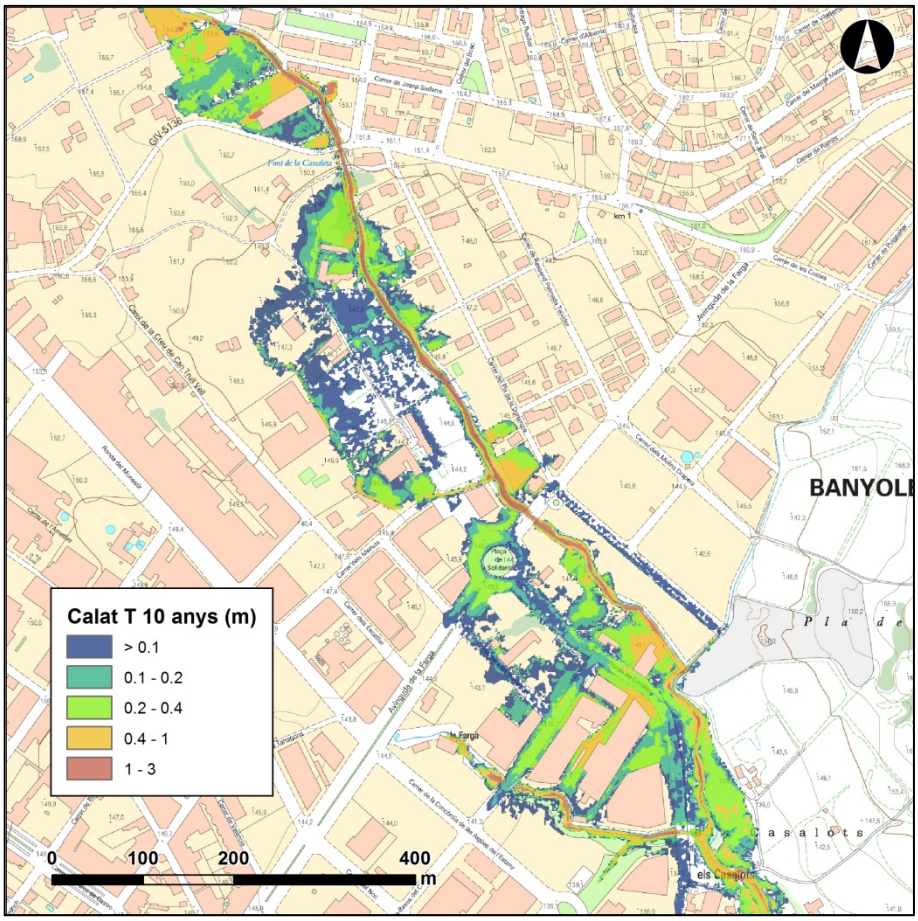


Figura 46. Calats d'nundació per al període retorn de 10 anys, de la riera de les Arcades.

4.2 ESTANY DE BANYOLES

Pel que fa a l'estany de Banyoles, s'ha plasmat la diferent informació històrica que s'ha pogut reunir dels anys 1790, 1898, 1932 i 1982 en diferents fulls del plànol 3, en base als mapes topogràfics actuals disponibles de l'ICC, a escala 1:10000.

Respecte la dinàmica de l'estany, a partir de la informació de la que s'ha pogut disposar dels esdeveniments dels anys 1790, 1898,1932 i 1982, s'ha pogut constatar que són dues les vessants problemàtiques que comporten els ascensos superiors als 40 centímetres respecte el nivell de referència o cota zero de l'estany (Figura 6).

Els ascensos de l'estany, superiors a aquests 40 centímetres, afecten per una banda l es zones més properes (com es el passeig de Lluís Maria Vidal, Darder i els edificis més propers) i per una altre banda afecten la dinàmica habitual de desguàs dels canals de rec.

La zona més susceptible de rebre afectacions per l'increment de superfície del llac, en casos similars als anys 1898, 1932 i 1982, amb ascensos del llac de més d'un metre (respecte la

cota zero de referència), és la compresa entre el passeig Darder, passeig de la Puda, carrer del Guèmol, carrer de la Llibertat (Alfons XII) i passeig de la Draga (Figura 47).

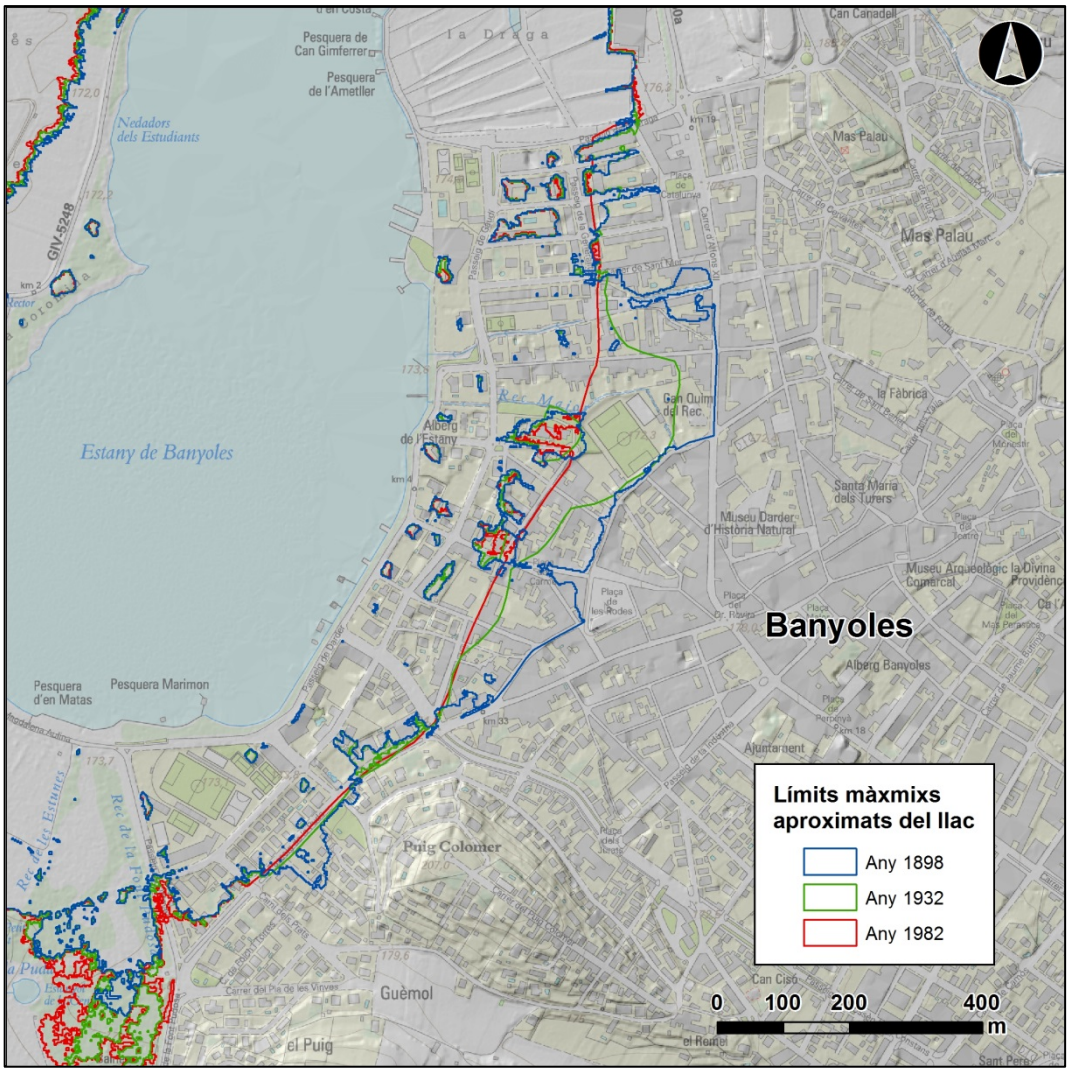


Figura 47. Comparativa de les extensions màximes aproximades del llac a la zona urbana de Banyoles, per els esdeveniments dels anys 1898, 1932 i 1982, obtingut de la informació disponible. Representació sobre mapa topogràfic escala 1:10000 (ICC).

Els ascensos de l 'estany, comporten intrínsecament un i ncrement del volum d'aigua desguassat pels canals de rec; en el cas de l'esdeveniment de 1982, el canal de rec de can Hort es va desborda a l'altura de la ronda de Fortià, el rec de la Figuera d'en Xo a prop del carrer Valls i el Canal Major es va desbordar a prop del camp d'esports.

Analitzat la informació històrica, es dedueix que aquests tres punts són susceptibles de presentar problemes de m anera recurrent, doncs també se'n fa es ment en el s esdeveniments anteriors.

Així doncs, part de les zones urbanes afectades en els quatre esdeveniments, tal i com es comenta a la informació disponible, estan directament associades a desbordaments de

canals de rec. Posteriorment el flux d'aigua desbordat circula per la trama urbana provocant diferents afectacions.

Les zones potencialment afectables per esdeveniments similars als ocorreguts als anys 1898, 1932 i 1982, amb ascensos de l'ordre de 120, 130 i 140 cm respectivament, són molt extenses degut a que la ciutat de Banyoles es troba en gran part topogràficament per sota el nivell del llac.

Al plànol 3 s'ha plasmat en diferents mapes la informació obtinguda dels esdeveniments històrics esmentats. A partir de la informació disponible, s'ha pogut delimitar aproximadament una estimació de l'extensió màxima assolida pel llac per les inundacions dels anys 1898, 1932 i 1982.

Respecte als canals de rec, caldria un estudi de més detall, per tal de determinar la capacitat actual de desguàs del sistema format pel conjunt de recs, així com per determinar quin és el seu estat actual de conservació, per tal d'acotar-ne el seu comportament davant eventuals ascensos de l'estany, equiparables, si més no, als esdeveniments dels anys 1790, 1898, 1932 i 1982.

4.3 CONSIDERACIONS GENERALS

Cal remarcar que, per tal d'assegurar que les estructures no perdin capacitat, cal un manteniment periòdic per eliminar els dipòsits que es puguin anar sedimentat al llarg del temps i objectes que puguin anar obstruint-les.

Aquesta recomanació de manteniment és extensible a tots els col·lectors del nucli urbà per tal d'assegurar que les capacitats es mantinguin en bones condicions i no suposin un problema en futures avingudes, així com en tot el traçat dels cursos fluvials.

La regulació dels usos admissibles, limitats i prohibits en les diferents zones en que es divideix l'espai fluvial o la zona inundable queden establerts en el "El Reglament de la Llei d'Urbanisme tal com es comenta en l'article 6 del Decret 305/2006 del 28 de juliol.

A l'annex 1 d'aquest treball es poden consultar els criteris de classificació de l'espai fluvial i els usos permesos per a cada tipus, segons el que defineix el Reglament de la Llei d'urbanisme (Decret 305/2006, de 18 de juliol).

Els mapes de perillositat per inundació per al període de retorn de 500 anys que corresponen a una probabilitat mitjana i baixa d'inundació respectivament han estat elaborats tal i com requereix el "Real Decreto de avaluación y gestión de riesgos de inundación" (Decret 305/2010, de 9 de juliol, capítol III).

D'acord amb el Pla INUNCAT, aprovat pel Govern de la Generalitat el 22 d'agost de 2006, els municipis que es troben en zones amb perill d'inundació molt alt, alt o mitjà, han d'elaborar un Pla d'actuació municipal per inundacions (PAM). Aquest pla és l'encarregat de definir les actuacions a dur a terme en el municipi en cas d'una emergència per inundació.

Barcelona, març del 2013.

Joan Sunyer Closas
Geòleg

Anna Martí Pérez
Enginyer de Forest

Vist i plau:
Pere Martínez i Figueras
Cap de l'Àrea d'Enginyeria Geològica

PLÀNOLS

1 Zones inundables de la riera de les arcades

Els resultats dels treballs efectuats en base als models realitzats a partir del model digital del terreny Lidar de pas de malla 2x2 i la cartografia 1.1000 es representen en plànols a escala 1:5000 de les zones inundables, per als períodes de retorn de 10, 100 i 500 anys, al municipi de Banyoles, per la riera de les Arcades o Canaleta.

- **Plànol 1**: Delimitació de la inundabilitat de la riera de les Arcades o Canaleta, per als períodes de retorn de 10, 100 i 500 anys.

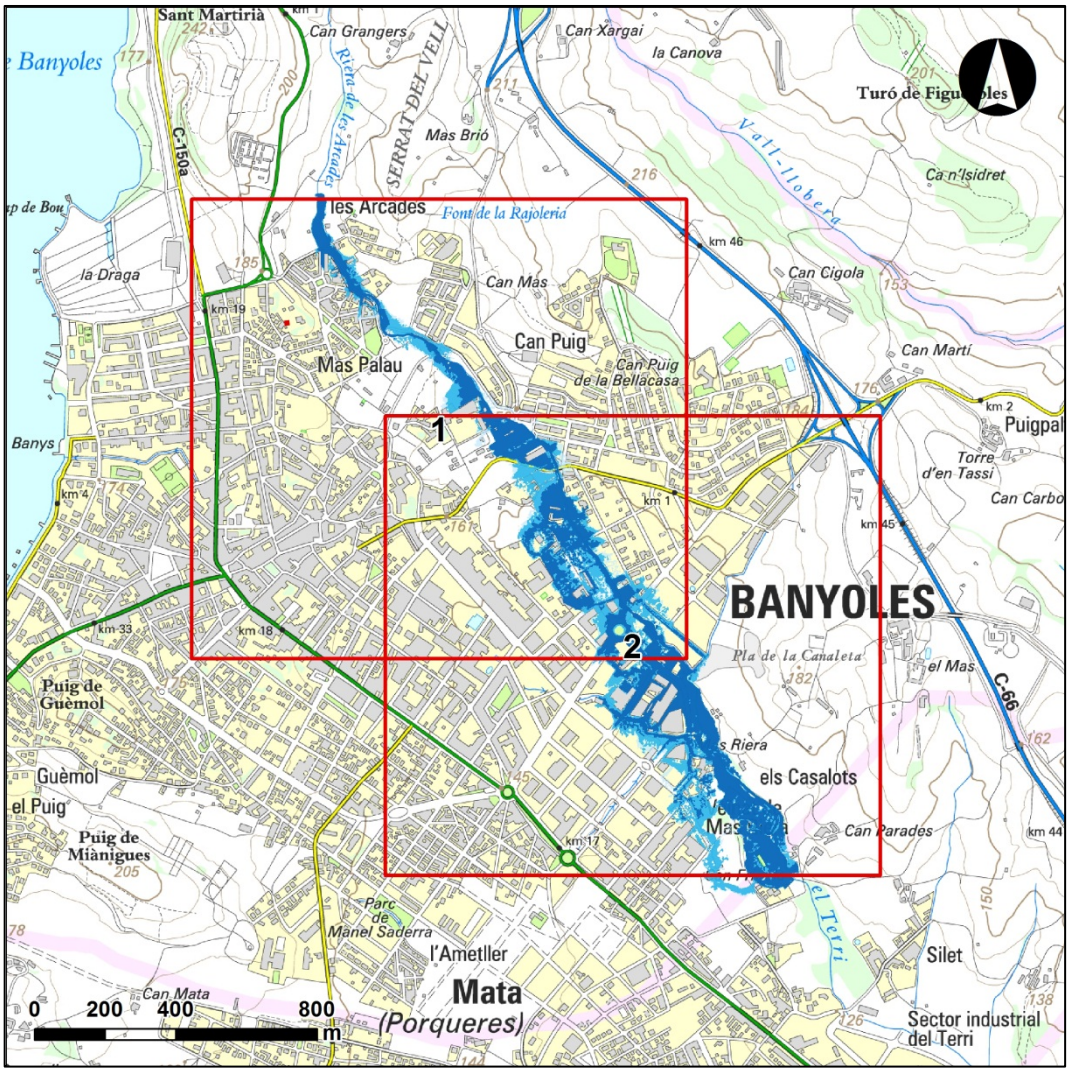


Figura 48. Esquema de distribució dels fulls del plànol 1: Delimitació de les zones inundables. Base topogràfica 1:25000 (ICC).

2 Zonificació de la inundabilitat de la riera de les arcades

Els resultats dels treballs efectuats en base als models realitzats a partir del model digital del terreny Lidar de pas de malla 2x2 i la cartografia 1.1000 es representen en plànols a escala 1:5000 de la zonificació de la inundabilitat per al període de retorn de 500 anys, al municipi de Banyoles, per la riera de les Arcades o Canaleta.

- **Plànol 2**: Classificació de la perillositat de la riera de les Arcades, per al període de retorn de 500 anys.

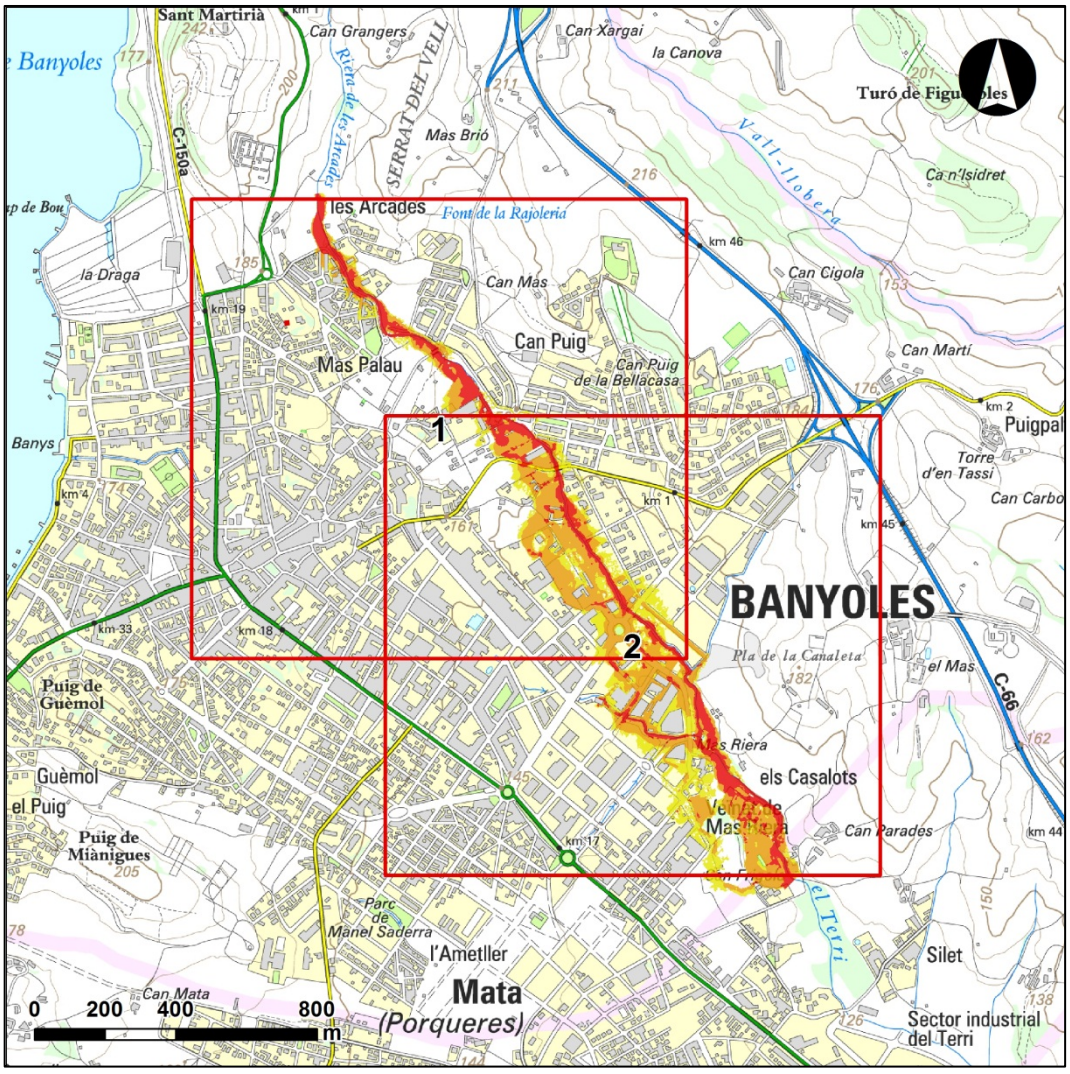


Figura 49. Esquema de distribució dels fulls del plànol 2: Classificació de les zones inundables per a T=500 anys. Base topogràfica 1:25000 (ICC).

3 Recopilació històrica d'inundacions associades a ascensos del nivell d'aigua de l'estany de Banyoles

Els resultats dels treballs efectuats en base a les dades històriques obtingudes de diferents fonts (veure apartat 2.2), respecte a les inundacions al municipi de Banyoles, causades per ascensos extraordinaris del nivell del llac de Banyoles, s'han representat en base a la cartografia actual disponible de l'ICC, a escala 1:10000.

- **Plànol 3**: Recull de l a informació històrica dels esdeveniments dels anys 1790, 1898, 1932 i 1982.

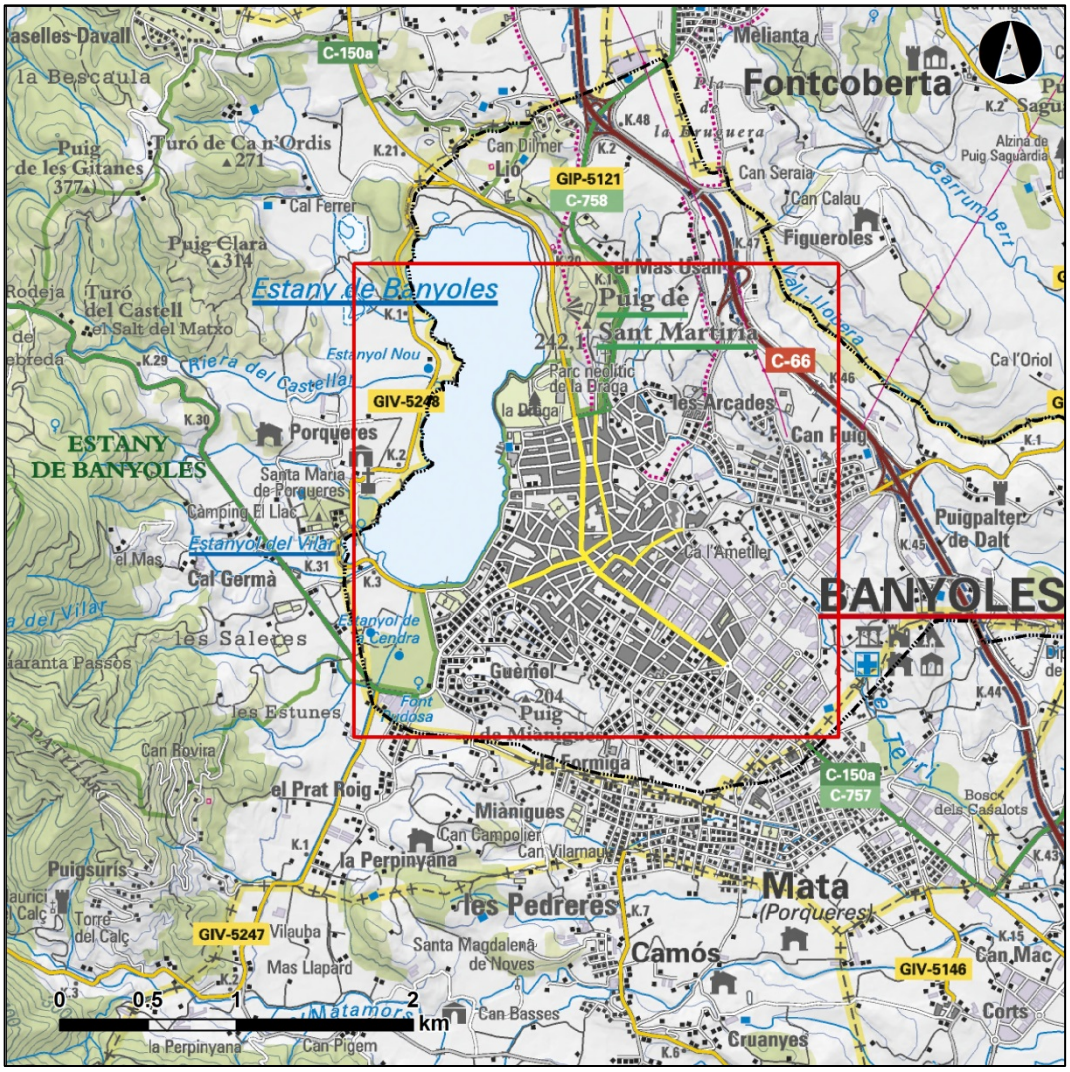


Figura 50. Esquema de distribució dels fulls del plànol 3: Recull històric d'iniundacions del llac de Banyoles. Base topogràfica 1:50000 (ICC).

ANNEXOS

1 Zonificació i reglament d'usos de l'espai fluvial segons el Reglament de la Llei d'Urbanisme.

Fonts documentals:

- Reglament de la Llei d'urbanisme (Decret 380/2006, de 18 de juliol) publicat al DOGC núm. 4682 – 24/07/2006.
- http://aca-web.gencat.cat (plana web oficial de l'Agència Catalana de l'Aigua).

1.1 Introducció

L'article 6 del Reglament de la Llei d'urbanisme (decret 305/2006) estableix la directriu de preservació front als riscs d'inundació

Als efectes de l'aplicació de la directriu de planejament que estableix l'article 9.2 de la Llei d'urbanisme dins la zona inundable, que està constituïda per la llera dels rius i rieres i per aquelles franges de terreny vinculades a la preservació del règim de corrents i de les planes d'inundació per episodis extraordinaris, s'ha de distingir la zona fluvial, la zona del sistema hídric i la zona inundable per episodis extraordinaris. (article 6.1).

La zonificació de l'espai fluvial esdevé la base de la regulació dels usos del sòl en els espais riberencs i perifluvials.

1.2 Proposta d'usos

La directriu de preservació davant dels riscos d'inundació establerta en l'article 6 del Reglament de la Llei d'urbanisme, aprovat pel Decret 305/2006, de 8 de juliol, en desenvolupament del que determina l'article 9.2 del text refós de la Llei d'urbanisme, aprovat pel Decret legislatiu 1/2005, de 26 de juliol, conté el règim d'usos admissibles, limitats i prohibits en les diferents zones en que es divideix l'espai fluvial o zona inundable.

Aquest règim d'usos parteix d'una concepció de l'espai fluvial en la seva integritat a partir de la identificació de les funcions de les diferents zones: el flux, l'acumulació i l'emmagatzematge d'aigua, el bosc de ribera i el corredor ecològic, etc. Recull també, els aspectes més rellevants que s'han tenir en compte i incorporar la funcionalitat hidràulica i ambiental d'aquests espais en la planificació del territori.

1.3 Zona fluvial

La zona fluvial és la zona de l'espai fluvial necessària per preservar el riu, entès en la seva concepció més comuna. Està constituïda per la llera (amb la presència continuada o no

d'aigua) i les riberes. La preservació de la zona fluvial s'adreça a la protecció de la qualitat de l'aigua i dels sistemes biològics associats, com també de la morfologia de la llera i les seves riberes. Per delimitar la zona fluvial, es pren com a referència la línia base sorgida de la delimitació de les crescudes màximes de **període de retorn de 10 anys.**

S'ha de clarificar que aquesta delimitació s'ha de completar tenint en compte els aspectes ambientals, la zona ecosistèmica del sistema ripari i els usos riberencs.

Règim d'usos

L'article 6.2. del Reglament de la Llei d'urbanisme ordena la qualificació dels terrenys inclosos en aquesta zona com a sistema hidràulic per part del planejament urbanístic, el qual no hi podrà admetre cap ús tret d'aquells previstos a la legislació sectorial d'aigües pel que fa al domini públic hidràulic. En conseqüència, només s'hi podran realitzar operacions per millorar-ne la funcionalitat hidràulica i ambiental i la instal·lació d'infraestructures transversals, sempre que en respectin la continuïtat ambiental i hidràulica, o canalitzades, sempre que en respectin la continuïtat hidràulica i morfodinàmica. En canvi, queda prohibit qualsevol tipus d'urbanització d'aquests terrenys, a més de les instal·lacions dedicades al transport de matèries perilloses, que suposin un risc de contaminació del medi ambient.

1.4 Sistema hídric

El sistema hídric és la zona de l'espai fluvial reservada a la preservació correcta i plena del règim de corrents en cas d'avinguda, pel fet que és una zona amb un risc elevat d'inundacions. És una zona imprescindible per al riu, ja que permet el pas del flux d'aigua en avinguda i, alhora, la relació mediambiental amb la resta d'elements naturals. La delimitació del sistema hídric pren com a referència la franja delimitada per la línia de cota d'inundació de l'avinguda de **període de retorn de 100 anys**, donant-li cert sentit i continuïtat.

Règim d'usos

L'article 6.3. del Reglament de la Llei d'urbanisme estableix la prohibició del planejament urbanístic d'admetre en el sistema hídric cap edificació o construcció nova ni cap ús o activitat que suposi una modificació sensible del perfil natural del terreny, que pugui representar un obstacle al flux d'aigua o l'alteració del règim de corrents en cas d'avinguda.

Així mateix, pel que fa als usos admesos, l'article 6.3. esmentat estableix la llista d'usos següent que el planejament urbanístic pot permetre en el sistema hídric sempre que es duguin a terme amb les condicions especificades:

- Els usos agraris, sense que es pugui admetre cap instal·lació o edificació, ni tampoc l'establiment d'hivernacles ni cap tipus de tancament de les parcel·les.

- Els parcs, els espais lliures, les zones enjardinades i els usos esportius a l'aire lliure, sense edificacions ni construccions de cap mena.
- Els estanyunatges i les estacions de bombament d'aigües residuals o potables.
- L'establiment longitudinal d'infraestructures de comunicació i transport, sempre que permeti la preservació del règim de corrents.
- La implantació d'infraestructures de serveis i canonades, degudament soterrades i protegides, i sempre que es preservi el règim de corrents i es garanteixi la no-afectabilitat a la qualitat de les aigües.
- Aquells altres usos previstos per la legislació aplicable en matèria de domini públic hidràulic.

El mateix article 6.3. habilita els plans d'ordenació urbanística municipal per incorporar els terrenys inclosos en el sistema hídric en sectors de sòl urbà no consolidat i de sòl urbanitzable, sempre que aquests terrenys es destinin a algun dels usos compatibles abans esmentats.

Només es podran destinar els terrenys inclosos en el sistema hídric a usos diferents dels relacionats en l'article 6.3. quan el planejament urbanístic, amb l'informe favorable de l'Administració hidràulica, prevegi l'execució de les obres necessàries per tal que les cotes definitives resultants de la urbanització compleixin les condicions de grau de risc d'inundació adequades per a la implantació de l'ordenació i usos establerts per l'indicat planejament. L'execució de les obres esmentades no ha de generar problemes d'inundabilitat a terrenys externs al sector i es considera com una càrrega d'urbanització dels àmbits d'actuació urbanística en els quals estiguin inclosos els terrenys.

1.5 Zona inundable

La zona inundable és la zona de l'espai fluvial, coincident amb la definició de la Llei d'aigües, que el riu arriba a ocupar esporàdicament coincidint amb avingudes extraordinàries. Tenint en compte el caràcter extemporani, la preservació de la zona inundable s'adreça a evitar danys importants si bé, i a diferència de les altres dues zones (al zona fluvial i el sistema hídric), és una zona de l'espai fluvial modificable per l'activitat humana, però sempre amb condicions. Per a la delimitació de la zona inundable es pren com a referència la línia de cota d'inundació de l'avinguda de **període de retorn de 500 anys.**

Règim d'usos

En darrer terme, l'article 6.4. del Reglament de la Llei d'urbanisme es refereix al règim d'usos del sòl dels terrenys situats en la zona inundable per episodis extraordinaris. Aquest règim

d'usos dependrà de si els terrenys es troben en una de les tres categories següents en funció dels paràmetres hidràulics disponibles de calat i velocitat de l'avinguda:

- Zona d'inundació greu: és aquell tipus de zona inundable per episodis extraordinaris que es dóna on les condicions hidràuliques presenten un calat superior o igual a 1 m, una velocitat més gran o igual a 1 m/s i el producte d'ambdós és superior o igual a 0,5 m²/s.
- Zona d'inundació moderada: s aquell tipus de zona inundable per episodis extraordinaris que es dóna on les condicions hidràuliques presenten un calat superior o igual a 0,4 m però inferior a 1 m, una velocitat superior o igual a 0,4 m/s però inferior a 1 m/s i el producte d'ambdós és més gran o igual a 0,08 m2/s però inferior a 0,5 m²/s.
- Zona d'inundació lleu: és aquell tipus de zona inundable per episodis extraordinaris que es dóna on les condicions hidràuliques presenten un calat inferior a 0,4 m, una velocitat més petita de 0,4 m/s i el producte d'ambdós és inferior a 0,08 m²/s.

En funció d'aquesta classificació, l'article 6.4. esmentat estableix el règim d'usos del sòl següent que haurà de quedar recollit en el planejament urbanístic:

- No pot admetre àrees d'acampada ni serveis de càmping, ni cap tipus d'edificació en la part de la zona inundable per episodis extraordinaris en què es produeixi la condició d'inundació greu.
- No pot admetre àrees d'acampada ni serveis de càmping, ni cap tipus d'edificació, amb excepció de les destinades a usos industrials i d'emmagatzematge, en la part de la zona inundable per episodis extraordinaris en què es produeixi la condició d'inundació moderada.
- No està subjecte a limitacions dels usos admissibles en la part de la zona inundable per episodis extraordinaris en què es produeixi la condició d'inundació lleu.

De la mateixa manera que estableix l'article 6.3. del Reglament de la Llei d'urbanisme en relació amb el règim d'usos del sòl en els terrenys situats en el sistema hídric, l'article 6.4. permet que el planejament urbanístic destini els terrenys situats en zona inundable per episodis extraordinaris a usos diferents dels relacionats en la primera part de l'article quan el planejament urbanístic, amb l'informe favorable de l'Administració hidràulica, prevegi l'execució de les obres necessàries per tal que les cotes definitives resultants de la urbanització compleixin les condicions de grau de risc d'inundació adequades per a la implantació de l'ordenació i usos establerts per l'indicat planejament. L'execució de les obres esmentades no ha de generar problemes d'inundabilitat a terrenys externs al sector i es considera com una càrrega d'urbanització dels àmbits d'actuació urbanística en els quals estiguin inclosos els terrenys.

1.6 Règims especials

La Directriu de prevenció davant dels riscos d'inundació de l'article 6 del Reglament de la Llei d'urbanisme estableix algunes especialitats sobre el règim d'usos del sòl en determinats terrenys situats en les diferents zones de l'espai fluvial.

Així, l'apartat 5 d'aquest article 6 exclou de l'aplicació del règim d'usos del sòl dels terrenys inclosos en les diferents zones de l'espai fluvial establert en els apartats 2, 3, i 4 **el sòl urbà i les edificacions o conjunts d'edificacions que siguin objecte de protecció pel seu valor històric, artístic, arquitectònic o industrial**. En aquests casos, el planejament urbanístic general, d'acord amb el que determini l'Administració hidràulica, ha de preveure les actuacions necessàries per a l'adopció de les mesures de protecció davant dels riscos d'inundació en els referits àmbits, i també la programació i l'execució de les obres corresponents. El planejament urbanístic general pot condicionar les actuacions de transformació dels usos o de reimplantació d'usos preexistents a l'execució, a càrrec de l'actuació i de les infraestructures necessàries que adeqüin el risc d'inundació a l'ordenació urbanística.

En el cas de **estanys, estanyunes, aiguamolls, embassaments, parcs fluvials i altres elements que poden comportar riscos d'inundació**, l'apartat 7 de l'article 6 del Reglament de la Llei d'urbanisme disposa que el planejament urbanístic ha de tenir en compte aquests riscos en establir l'ordenació d'usos del sòl d'acord amb els criteris previstos en els apartats anteriors del mateix article 6, amb les especificitats que determini l'Administració hidràulica.

2 Taules de n composta per lleres

Extretes de "Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and FloodPlains" del Servei Geològic dels Estats Units (USGS).

2.1 Valors del coeficient de manning de base (n_b) per una llera recte, uniforme i materials naturals:

Table 1. Base Values of Manning's *n*

Bed Material	Median Size of bed material (in millimeters)	Base *n* Value: Straight Uniform Channel[1]	Base *n* Value: Smooth Channel[2]
Sand Channels			
Sand[3]	0.2	0.012	--
	.3	.017	--
	.4	.020	--
	.5	.022	--
	.6	.023	--
	.8	.025	--
	1.0	.026	--
Stable Channels and Flood Plains			
Concrete	--	0.012-0.018	0.011
Rock Cut	--	--	.025
Firm Soil	--	0.025-0.032	.020
Coarse Sand	1-2	0.026-0.035	--
Fine Gravel	--	--	.024
Gravel	2-64	0.028-0.035	--
Coarse Gravel	--	--	.026
Cobble	64-256	0.030-0.050	--
Boulder	>256	0.040-0.070	--

[Modified from Aldridge & Garret, 1973, Table 1 --No data
1Benson & Dalrymple --No data
[2] For indicated material; Chow(1959)
[3] Only For Upper regime flow where grain roughness is predominant

The flow regime is governed by the size of the bed materials and the stream power, which is a measure of energy transfer. Stream power (SP) is computed by the formula

$$SP = \gamma R S_w V \qquad (4)$$

where:

SP = Stream Power, in newton-meters per second per square meter.
γ =specific weight of water, in Newtons per cubic meter
R=hydraulic radius, in meters
S_W = water surface slope, in meter per meter
V= mean velocity, in meters per second

The values in for sand channels are for upper regime flows and are based on extensive laboratory and field data obtained by the U.S. Geological Survey. When using these values, a check must be made to ensure that the stream power is large enough to produce upper regime flow (Fig. 2). Although the base *n* values given in for stable channels are from verification studies, the values have a wide range because the effects of bed roughness are extremely difficult to separate from the effects of other roughness factors. The choice of *n* values selected

2.2 Valors del coeficient manning per factors que afecten la rugositat de les lleres (n_1, n_2, n_3, n_4):

Table 2 . Adjustment Values for Factors that Affect the Roughness of a Channel
[modified from Aldridge and Garrett, 1973, Table 2]

Channel Conditions	*n* Value Adjustment[1]	Example
Degree of Irregularity (n_1)		
Smooth	0.000	Compares to the smoothest channel attainable in a given bed material.
Minor	0.001-0.005	Compares to carefully degraded channels in good condition but having slightly eroded or scoured side slopes.
Moderate	0.006-0.010	Compares to dredged channels having moderate to considerable bed roughness and moderately sloughed or eroded side slopes. s in rock.
Severe	0.011-0.020	Badly sloughed or scalloped banks of natural streams; badly eroded or sloughed sides of canals or drainage channels; unshaped, jagged, and irregular surfaces of channel

Variation in channel cross section (n_2)

Channel Conditions	*n* Value Adjustment[1]	Example
Gradual	0.000	Size and shape of channel cross sections change gradually.
Alternating occasionally	0.001-0.005	Large and small cross sections alternate occasionally, or the main flow occasionally shifts from side to side owing to changes in cross-sectional shape.
Alternating frequently	0.010-0.015	Large and small cross sections alternate frequently, or the main flow frequently shifts from side to side owing to changes in cross-sectional shape.

Effect of obstruction (n_3)

Channel Conditions	*n* Value Adjustment[1]	Example
Negligible	0.000-0.004	A few scattered obstructions, which include debris deposits, stumps, exposed roots, logs, piers, or isolated boulders, that occupy less than 5 percent of the cross-sectional area.
Minor	0.005-0.015	Obstructions occupy less than 15 percent of the cross-sectional area, and the spacing between obstructions is such that the sphere of influence around one obstruction does not extend to the sphere of influence around another obstruction. Smaller adjustments are used for curved smooth-surfaced objects than are used for sharp-edged angular objects.
Appreciable	0.020-0.030	Obstructions occupy from 15 percent to 50 percent of the cross-sectional area, or the space between obstructions is small enough to cause the effects of several obstructions to be additive, thereby blocking an equivalent part of a cross section.
Severe	0.040-0.050	Obstructions occupy more than 50 percent of the cross-sectional area, or the space between obstructions is small enough to cause turbulence across most of the cross section.

Amount of vegetation (n_4)

Channel Conditions	*n* Value Adjustment[1]	Example

Small	0.002-0.010	Dense growths of flexible turf grass, such as Bermuda, or weeds growing where the average depth of flow is at least two times the height of the vegetation; supple tree seedlings such as willow, cottonwood, arrowhead, or saltcedar growing where the average depth of flow is at least three times the height of the vegetation.
Medium	0.010-0.025	Turf grass growing where the average depth of flow is from one to two times the height of the vegetation; moderately dense stemy grass, weeds, or tree seedlings growing where the average depth of flow is from two to three times the height of the vegetation; brushy, moderately dense vegetation, similar to 1-to-2-year-old willow trees in the dormant season, growing along the banks, and no significant vegetation is evident along the channel bottoms where the hydraulic radius exceeds 0.61 meters.
Large	0.025-0.050	Turf grass growing where the average depth of flow is about equal to the height of the vegetation; 8-to-10-years-old willow or cottonwood trees intergrown with some weeds and brush (none of the vegetation in foliage) where the hydraulic radius exceeds0.60 m; bushy willows about 1 year old intergrown with some weeds along side slopes (all vegetation in full foliage), and no significant vegetation exists along channel bottoms where the hydraulic radius is greater than 0.61 meters.
Very Large	0.050-0.100	Turf grass growing where the average depth of flow is less than half the height of the vegetation; bushy willow trees about 1 year old intergrown with weeds along side slopes C all vegetation in full foliage), or dense cattails growing along channel bottom; trees intergrow with weeds and brush (all vegetation in full foliage).

(Degree of Meandering m) [1] [2] m

Channel Conditions	*n* Value Adjustment[1]	Example
Minor	1.00	Ratio of the channel length to valley length is 1.0 to 1.2.
Appreciable	1.15	Ratio of the channel length to valley length is 1.2 to 1.5.
Severe	1.30	Ratio of the channel length to valley length is greater than 1.5.

[1] Adjustments for degree of irregularity, variation in cross section, effect of obstructions, and vegetation are added to the base *n* value (Table 1) before multiplying by the adjustment for meander.

[2] Adjustment values apply to flow confined in channel and do not apply where downvalley flow crosses meanders.