

PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO

EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)
 SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)
 COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)
 SACYR S.A.U. (MANDANTE)
 ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)
 A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

| | | | |
|--|---|--|---|
| <p>IL PROGETTISTA c.s.i.a. Prof. Ing. Lorenzo Domenichini Ordine Ingegneri di Roma N° 9585 Dott. Ing. E. Pagani Ordine Ingegneri Milano n° 15408</p>  | <p>IL CONTRAENTE GENERALE Project Manager (Ing. P.P. Marcheselli)</p> | <p>STRETTO DI MESSINA Direttore Generale e RUP Validazione (Ing. G. Fiammenghi)</p> | <p>STRETTO DI MESSINA Amministratore Delegato (Dott. P. Ciucci)</p> |
|--|---|--|---|

| | |
|---|--|
| <p><i>Unità Funzionale</i> GENERALE <i>Tipo di sistema</i> TECNICO <i>Raggruppamento di opere/attività</i> Analisi del Rischio <i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i> Generale <i>Titolo del documento</i> Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento</p> | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">GE0056_F0</div> |
|---|--|

| | |
|--------|---|
| CODICE | <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">C</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">G</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">3</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">4</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">0</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">0</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">P</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">R</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">X</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">D</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">G</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">T</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">C</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">R</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">5</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">G</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">0</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">1</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">F</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">0</div> </div> |
|--------|---|

| REV | DATA | DESCRIZIONE | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |
|-----|------------|------------------|----------|-------------|----------------|
| F0 | 20/06/2011 | EMISSIONE FINALE | F. Corsi | F. La Torre | L. Domenichini |
| | | | | | |
| | | | | | |

| | | | | |
|---|---|---|---------------------------|--|
|  |  | <p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p> | | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | <i>Codice documento</i> GE0056_F0.doc_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 | |

INDICE

| | |
|---|---|
| INDICE | 3 |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento..... | 5 |

| | | | | |
|---|---|---|---------------------------|--|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | <i>Codice documento</i> GE0056_F0.doc_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 | |

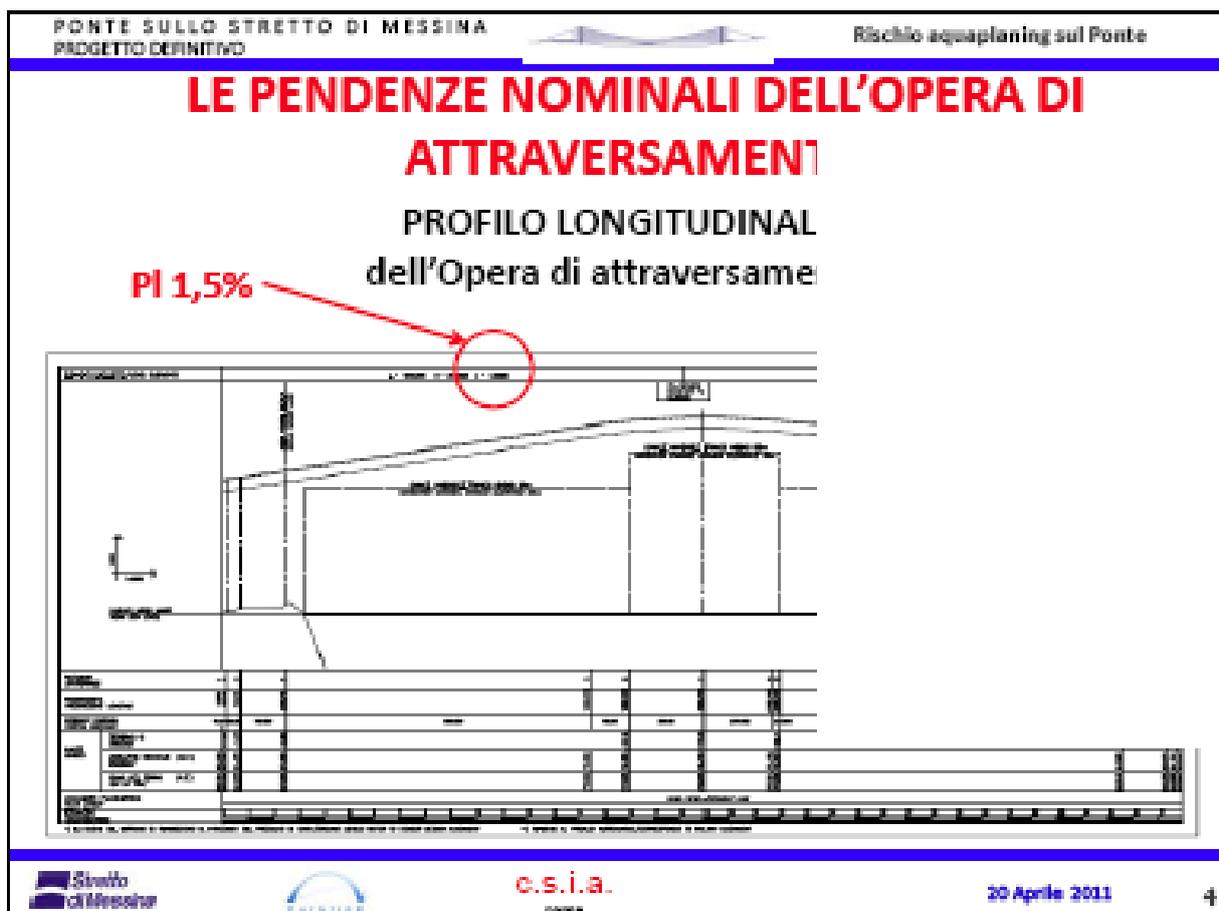
Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento

| | | |
|--|---|---|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <p style="color: red; font-weight: bold; font-size: 1.2em;"> Valutazione del rischio di innesco del fenomeno di aquaplaning sul Ponte </p> <p style="font-weight: bold; font-size: 1.1em;"> conseguente alla variazione delle pendenze trasversali o longitudinali a causa di condizioni di traffico (stradale e ferroviario) normali (in esercizio) o di emergenza. </p> | | |
|  |  | c.s.i.a. <small>consorzio</small> |
| 20 Aprile 2011 | | 2 |

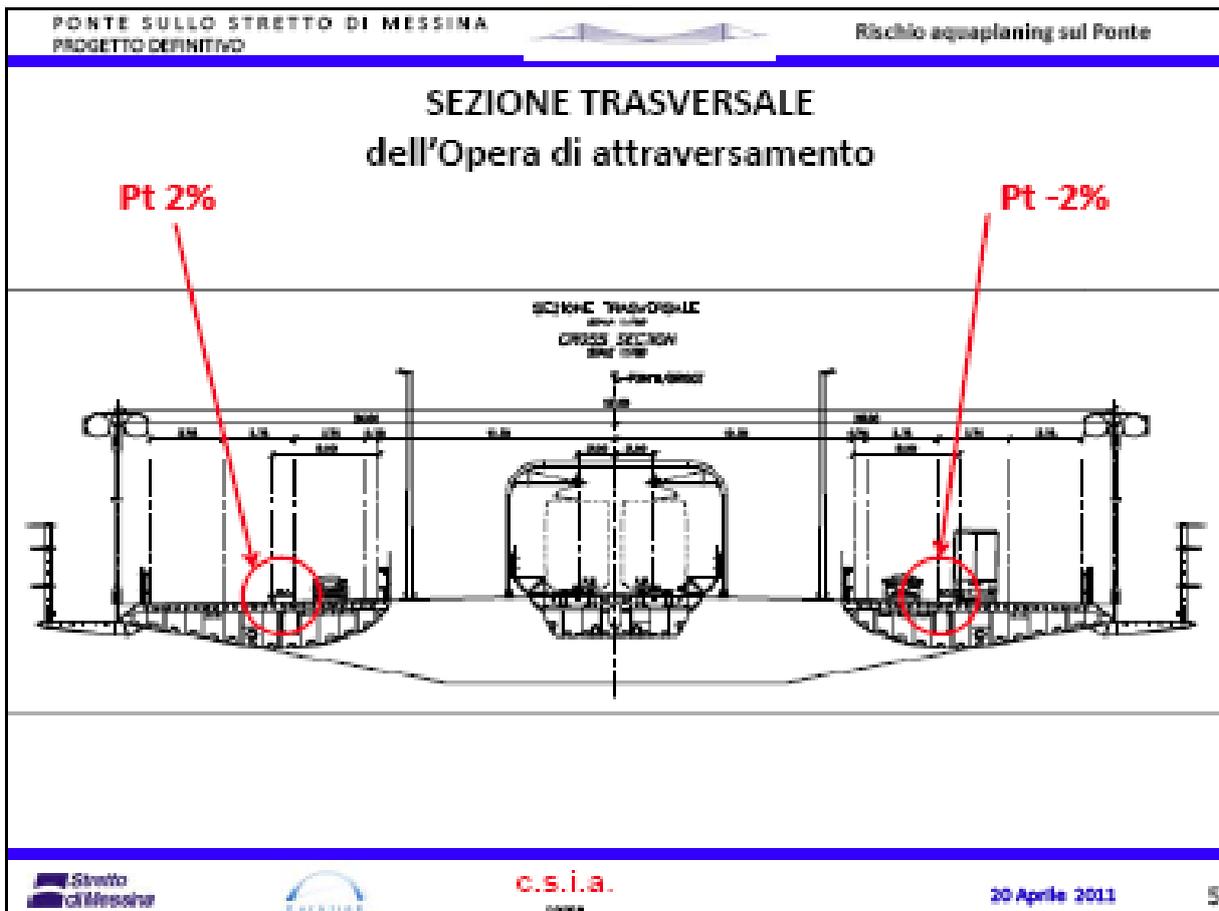
| | | | | |
|---|---|---|---------------------------|--|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | <i>Codice documento</i> GE0056_F0.doc_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 | |

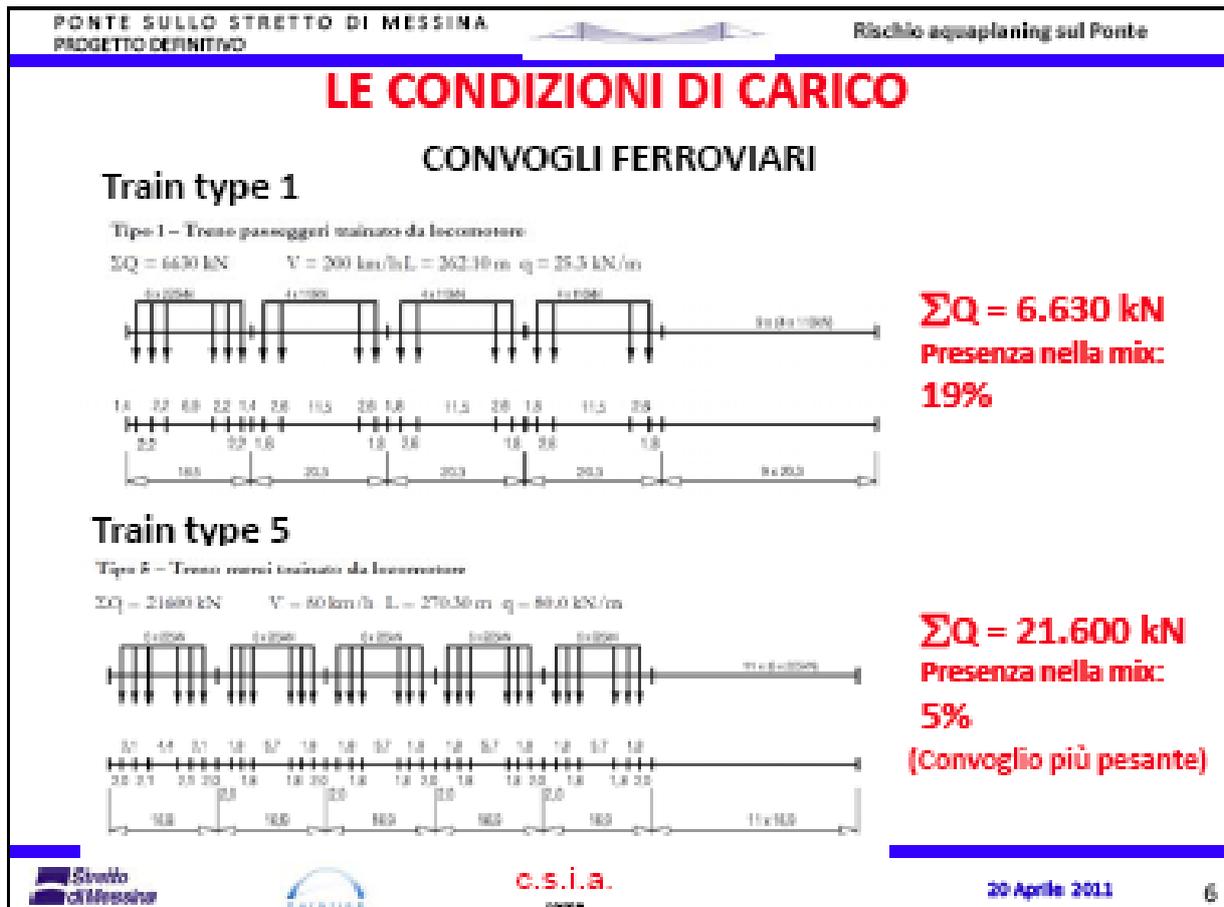
| | | |
|--|---|---|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <p>La problematica riguarda l'analisi delle condizioni di percorribilità del traffico autostradale sulle carreggiate del Ponte, nel caso in cui, per effetto delle deformazioni indotte dai carichi stradali e ferroviari, la pendenza trasversale dell'impalcato stradale si riduce e quella longitudinale aumenta provocando, di conseguenza, in concomitanza di fenomeni atmosferici in atto, un accumulo temporaneo di acqua.</p> | | |
|  |  | <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> c.s.i.a. 20 Aprile 2011 3 </div> |

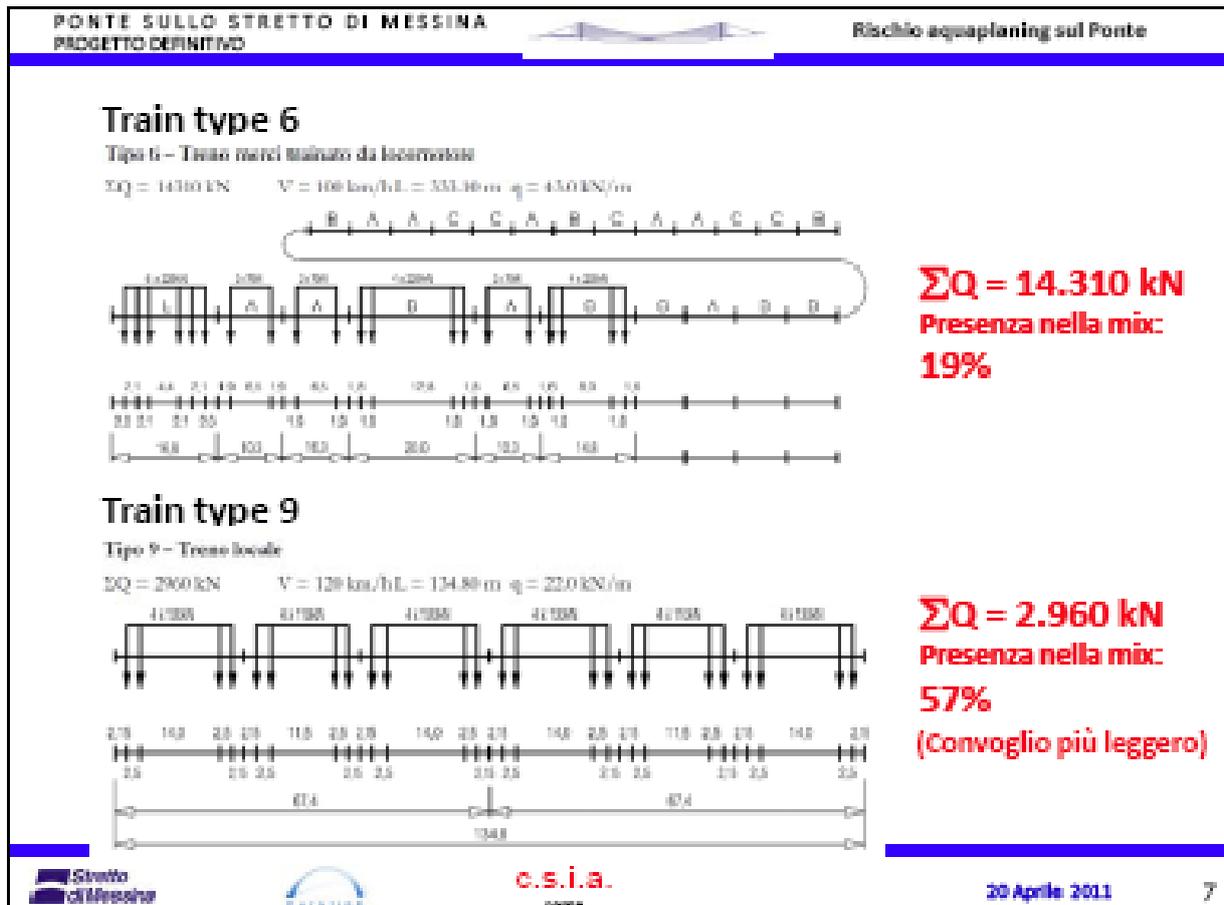
| | | | |
|---|---|---|----------------------------|
|  |  | <p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p> | |
| <p>Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento</p> | <p>Codice documento GE0056_F0.doc_F0</p> | <p>Rev F0</p> | <p>Data 20/06/2011</p> |



| | | | |
|---|---|---|--------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | Codice documento GE0056_F0.doc_F0 | Rev F0 | Data 20/06/2011 |







| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | <i>Codice documento</i> GE0056_F0.doc_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

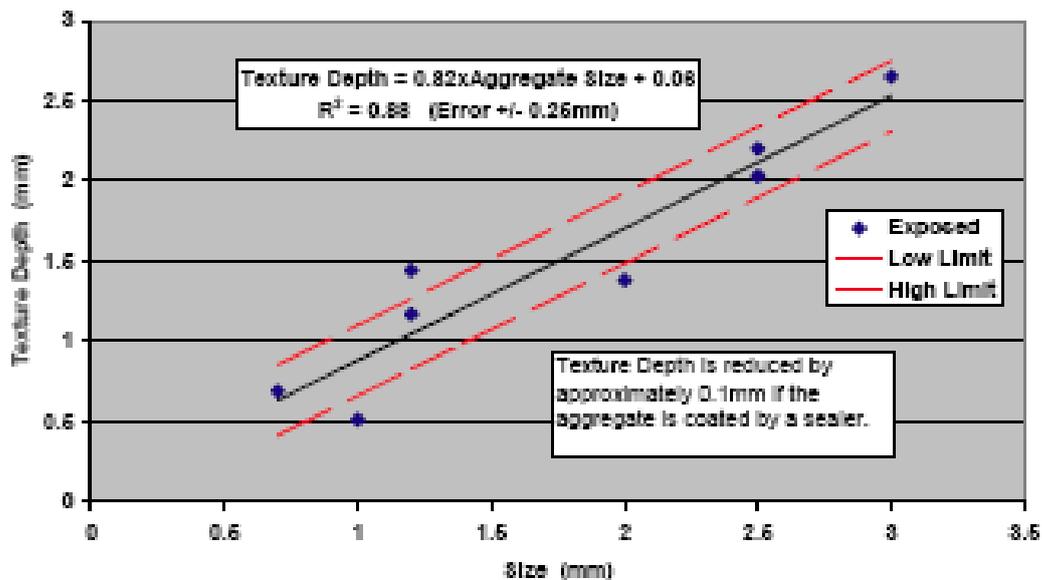
| | | |
|--|---|---|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <h2 style="margin: 0;">TRAFFICO STRADALE</h2> | | |
| <ol style="list-style-type: none"> <li style="margin-bottom: 15px;"> 1. <u>Regime di circolazione normale</u> Carico complessivo all'anno 2048 :< 4.000 kN sostanzialmente equilibrato tra le due carreggiate Per una carreggiata si può considerare 2.000 kN 2. <u>Blocco su una carreggiata per incidente</u> Code possibili all'anno 2048: in prossimità dell'incidente 480 m circa nelle sezioni di blocco intermedie (sezioni con semafori freccia/croce) 100 m circa Carico complessivo all'anno 2048 nella carreggiata bloccata: 6.000 kN circa Nell'altra carreggiata il traffico fluisce normalmente (carico d'esercizio circa 2.000 kN) oppure viene istituito un regime di circolazione bidirezionale (carico d'esercizio circa 4.000 kN) | | |
|  |  | c.s.i.a. <small>CONSULENZA</small> |
| | | 20 Aprile 2011 8 |

| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | <i>Codice documento</i> GE0056_F0.doc_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

| | | |
|--|---|--|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <h2 style="margin: 0;">TESSITURA DELLA PAVIMENTAZIONE DEL PONTE</h2> <p style="margin: 10px 0;"> Il requisito di tessitura della pavimentazione del ponte sarà: MPD= 0,8 – 1,8 mm valutata con la prova di altezza in sabbia (norma UNI EN ISO 13473-1) </p> <p style="margin: 10px 0;"> Il valore definitivo sarà definito a seguito dello studio delle miscele che sarà effettuato nel corso del PE </p> <p style="margin: 10px 0;"> Nelle valutazioni riguardanti lo spessore del velo idrico e la velocità di Aquaplaning si è fatto riferimento al valore minimo di MPD=0,8 mm corrispondente ad un valore di ETD pari a 0,84 (*) </p> <p style="margin: 10px 0;"> (*) $ETD=0,2+0,8MPD$ </p> | | |
| | |  |
|  |  | c.s.i.a. <small>CONSORZIO</small> |
| | | 20 Aprile 2011 9 |

Dati preliminari sul mix design dello strato d'usura della pavimentazione
sull'Opera di attraversamento

Texture Depth vs Aggregate Size
(100% coverage of aggregate)



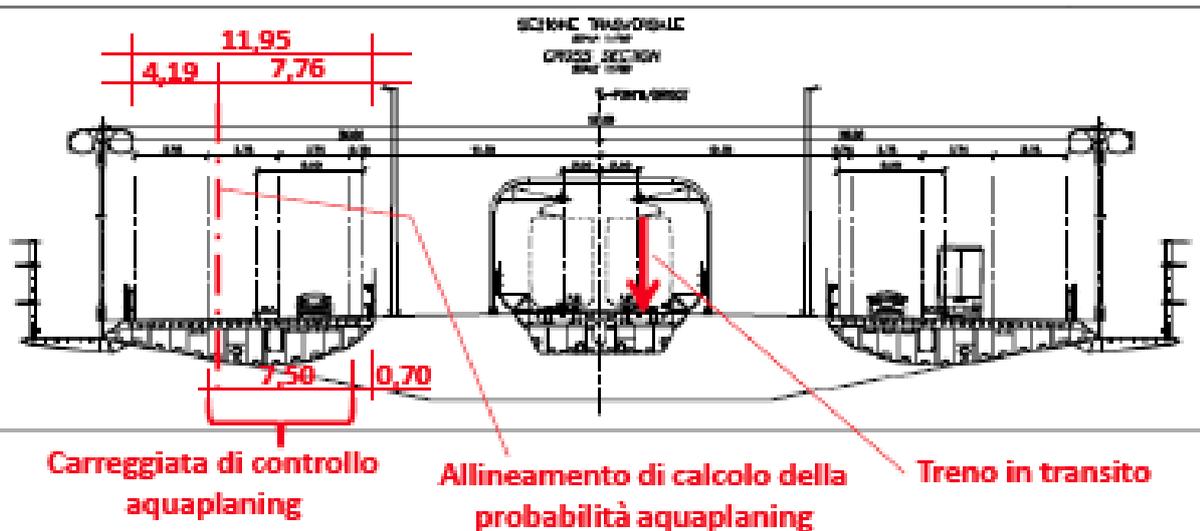
| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | <i>Codice documento</i> GE0056_F0.doc_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

| | | |
|--|---|---|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <h2 style="margin: 0;">SCENARI DI TRAFFICO POSSIBILI</h2> <ol style="list-style-type: none"> 1. Situazioni stazionarie: traffico (stradale o ferroviario) su un lato del Ponte bloccato con traffico stradale fluido sul lato opposto. Il blocco della circolazione su un lato del Ponte può essere dovuto a: <ol style="list-style-type: none"> a) guasto di un convoglio sul Ponte su uno dei due binari; b) ingorgo stradale su una delle due carreggiate a causa di un incidente grave sul Ponte o di rigurgito sul Ponte di code generate da un incidente all'esterno del Ponte; c) entrambe le situazioni 2. Situazioni quasi stazionarie: transito di un convoglio ferroviario a velocità normale su uno dei due binari mentre sulla carreggiata stradale affiancata il traffico stradale: <ol style="list-style-type: none"> a) Transito di un convoglio ferroviario con traffico stradale è fluido su entrambe le carreggiate (condizioni operative normali) b) Transito di un convoglio ferroviario con traffico stradale bloccato | | |
|  |  |  |
|  | | 20 Aprile 2011 11 |

LE CONDIZIONI DI CALCOLO

Carreggiata ME-SA

Carreggiata SA-ME



| | | | |
|---|---|---|--------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | Codice documento GE0056_F0.doc_F0 | Rev F0 | Data 20/06/2011 |

| | | | |
|--|---|---|--|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte | |
| <div data-bbox="751 775 842 864" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="285 898 1310 981"> PROBABILITA' DI ACCADIMENTO DEGLI SCENARI DI TRAFFICO CONSIDERATI </p> <p data-bbox="226 1077 1358 1350"> La probabilità è legata alla probabilità che un convoglio ferroviario si fermi lungo il Ponte a causa di un guasto o che il traffico stradale sia bloccato su una delle due carreggiate del ponte a causa di un incidente grave o che avvengano entrambe le situazioni contemporaneamente (CONDIZIONE STAZIONARIA) oppure alla probabilità di avere un treno in transito sul Ponte (CONDIZIONE QUASI STAZIONARIA) </p> | | | |
|  |  |  | 20 Aprile 2011 13 |

| | | | |
|---|---|---|--------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | Codice documento GE0056_F0.doc_F0 | Rev F0 | Data 20/06/2011 |

| | | |
|---|---|---------------------------------|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <h3 style="margin: 0;">FREQUENZA DI GUASTO DI UN CONVOGLIO FERROVIARIO CHE NE CAUSA LA FERMATA SUL PONTE</h3> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Frequenza guasti: $1,0 \times 10^{-6}$ (media nazionale) ▪ Numero giornaliero di convogli (bidirez): 120 ▪ Esposizione: $1,45 \times 10^5$ km percorsi/anno ▪ numero di guasti in un anno: 0,145 ▪ tempo di risoluzione del guasto al treno: 3 ore ▪ numero di ore di presenza di un treno fermo sul Ponte : 0,43 ore/anno <p style="text-align: center; color: red; font-weight: bold; margin: 10px 0;"> FREQUENZA CON CUI UN TRENO SI FERMA SUL PONTE : $4,95 \times 10^{-5}$ </p> <p style="text-align: center; color: red; font-weight: bold; margin: 0;"> Tempo di ritorno: ~ 20.000 anni </p> | | |
|  |  | c.s.i.a. <small>SAPE</small> |
| 20 Aprile 2011 | | 14 |

| | | | | |
|---|---|---|---------------------------|--|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | <i>Codice documento</i> GE0056_F0.doc_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 | |

| | | |
|---|---|--|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <h3 style="margin: 0;">FREQUANZA DI BLOCCO DELLA CARREGGIATA STRADALE PER INCIDENTE GRAVE</h3> <ul style="list-style-type: none"> • TGM_{bidir} medio nella vita utile: 25.000 veic/g • Lunghezza del Ponte (da giunto a giunto): 3,3 km • Tasso di incidentalità (valore medio): $2,20 \times 10^{-7}$ inc/veic x km • Numero di incidenti all'anno (2 carr.): 6,62 inc/anno • Tempo di risoluzione incidente: 2,5 ore • Probabilità che l'incidente produca il blocco totale della carr.: 0,12 • Numero di ore di blocco all'anno: 1,99 ore/anno <p style="text-align: center; color: red; font-weight: bold; margin-top: 20px;"> FREQUENZA CON CUI CHE LA CARREGGIATA STRADALE RISULTA BLOCCATA PER INCIDENTE: $2,27 \times 10^{-4}$ Tempo di ritorno: 4.400 anni </p> | | |
|  |  | c.s.i.a. <small>consorzio</small> |
| | | 20 Aprile 2011 15 |

| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | <i>Codice documento</i> GE0056_F0.doc_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

| | | |
|--|---|--|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <p>FREQUENZA CON CUI UN TRENO SI PUO' FERMARE SUL PONTE MENTRE LA CARREGGIATA ADIACENTE E' BLOCCATA DA UN INCIDENTE</p> <p>$2,27 \times 10^{-4} \times 4,95 \times 10^{-5} = 1,12 \times 10^{-8}$</p> <p>Tempo di ritorno: ~ 89.000.000 anni</p> <p>(scenario praticamente inesistente)</p> | | |
|  |  | c.s.i.a. <small>CONSULENZA</small> |

20 Aprile 2011

16

| | | | |
|---|---|---|----------------------------|
|  |  | <p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p> | |
| <p>Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento</p> | <p>Codice documento GE0056_F0.doc_F0</p> | <p>Rev F0</p> | <p>Data 20/06/2011</p> |

| | | |
|--|---|---|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <p align="center"> PROBABILITA' DI OCCUPAZIONE DEL PONTE DA PARTE DI UN TRENO IN TRANSITO </p> <p align="center"> Per $V_{\text{treno}} = 100 \text{ km/h}$ Lungh. ponte = 3,3 km Traffico ferroviario: 120 convogli/giorno Tempo di attraversamento del ponte da parte del treno = 0,033 ore Occupazione giornaliera del ponte da parte di un treno in transito = 3,96 ore </p> <p align="center"> Probabilità di presenza di un treno sul Ponte = 0,165 </p> | | |
|  |  | <p align="center"> c.s.i.a. <small>CONSORZIO</small> </p> <p align="right"> 20 Aprile 2011 17 </p> |

| | | | |
|---|---|---|--------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | Codice documento GE0056_F0.doc_F0 | Rev F0 | Data 20/06/2011 |

| | | |
|--|---|---|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <p style="text-align: center;">PROBABILITA' DI PRESENZA DI UN TRENO SUL PONTE E DI CONTEMPORANEO BLOCCO STRADALE SULLA CARREGGIATA ADIACENTE AL BINARIO SU CUI IL TRENO STA TRANSITANDO</p> <p> Probabilità di presenza di un treno su uno dei due binari del Ponte $= 0,165/2 = 0,0825$ </p> <p> Frequenza di blocco stradale sulla carreggiata adiacente al binario impegnato = $2,27 \times 10^{-4} / 2 = 1,14 \times 10^{-4}$ </p> <p style="text-align: center;">Frequenza composta su entrambi i lati del Ponte = $1,87 \times 10^{-5}$</p> <p style="text-align: center;">Tempo di ritorno ~ 53.000 anni</p> | | |
|  |  | c.s.i.a. <small>Consorzio Stretto di Messina</small> |

| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | <i>Codice documento</i> GE0056_F0.doc_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO | |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| | | | |
| <h1>RIEPILOGO</h1> | | | |
| SCENARIO DI TRAFFICO | FREQUENZA ANNUA | TEMPO DI RITORNO | NOTE |
| 1.a | $4,95 \times 10^{-5}$ | 20.000 anni | Scenario analizzato |
| 1.b | $2,27 \times 10^{-4}$ | 4.400 anni | Nel PE potrà essere valutato se genera condizioni più critiche di quella dello scenario 2,a |
| 1.c | $1,12 \times 10^{-6}$ | 89.000.000 anni | Situazione praticamente irrealistica |
| 2.a | 16,5% (*) | | Scenario analizzato |
| 2.b | $1,87 \times 10^{-5}$ | 53.000 anni | Scenario da eventualmente analizzare nel PE |
| | | | |
| (*) Percentuale di tempo di permanenza dei treni sul ponte | | | |
| | | | |
|  |  | c.s.i.a. <small>consorzio</small> | 20 Aprile 2011 19 |

| | | | |
|---|---|---|-----------------------------------|
|  |  | <p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p> | |
| <p>Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento</p> | <p><i>Codice documento</i> GE0056_F0.doc_F0</p> | <p><i>Rev</i> F0</p> | <p><i>Data</i> 20/06/2011</p> |

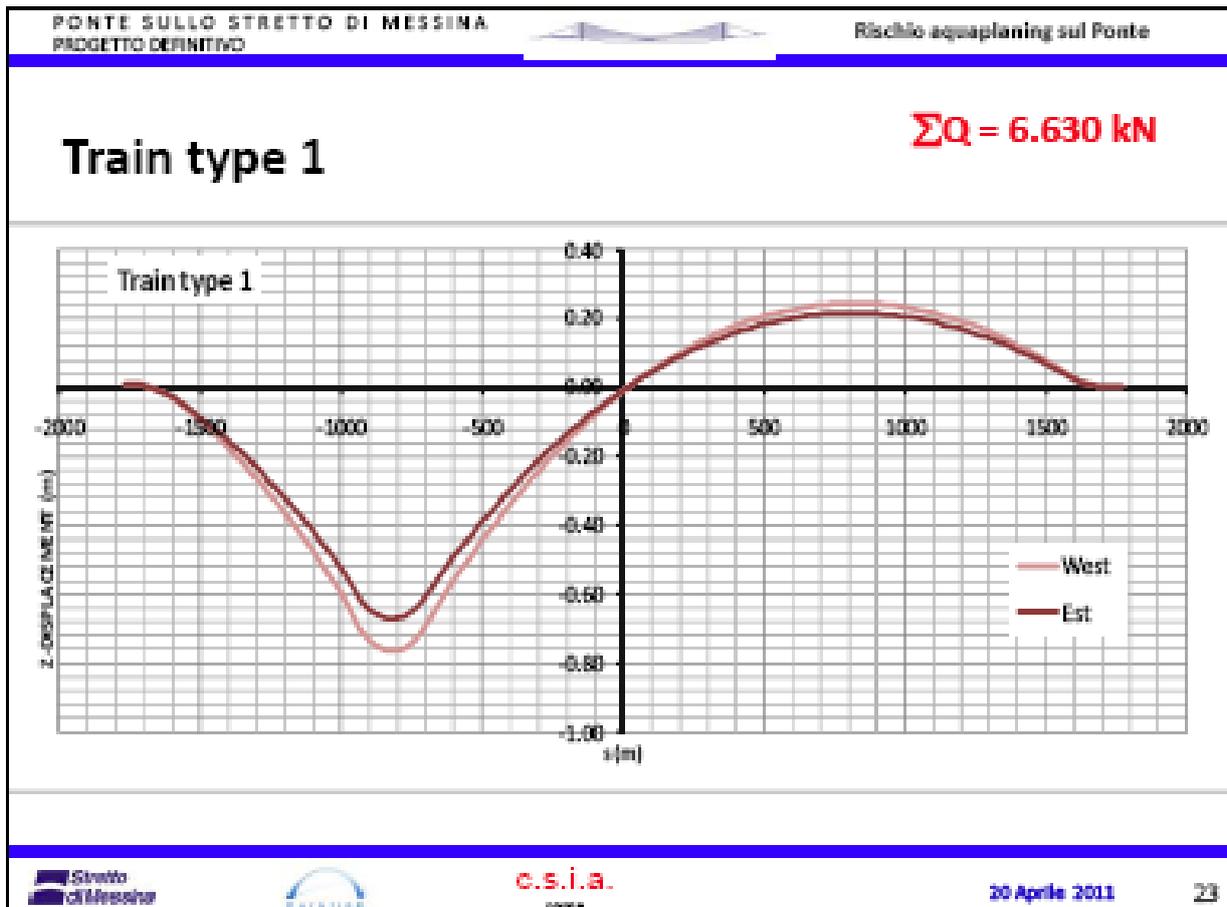
| | | |
|---|---|---|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <p data-bbox="750 761 845 862">2</p> <p data-bbox="430 974 1165 1220">CALCOLO DELLE VARIAZIONI DI PENDENZA (TRASVERSALE E LONGITUDINALE) INDOTTE DA UN CONVOGLIO FERROVIARIO IN TRANSITO O FERMO SUL PONTE NELLA POSIZIONE PIU' SFAVOREVOLE</p> | | |
|  |  | <p align="center">c.s.i.a.</p> <p align="right">20 Aprile 2011 20</p> |

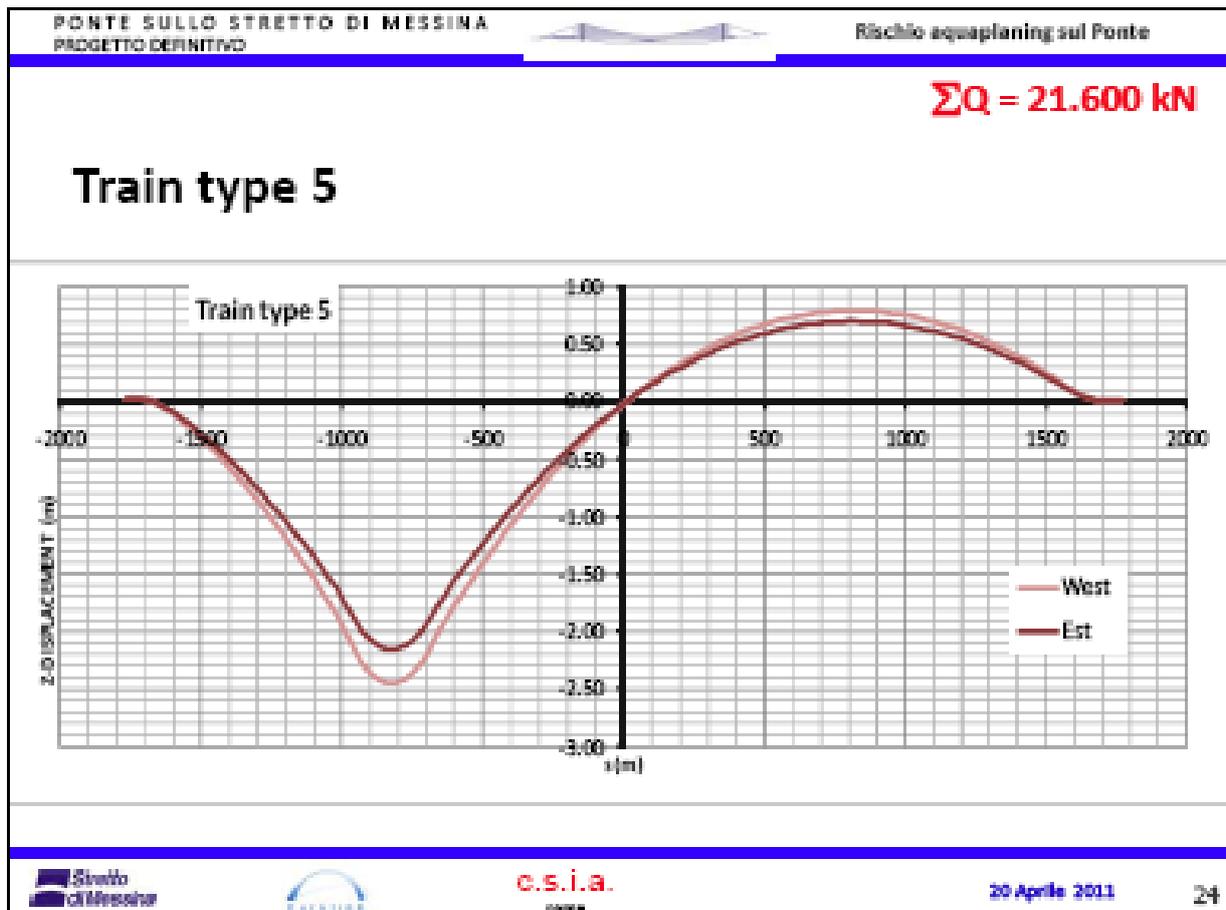
| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | <i>Codice documento</i> GE0056_F0.doc_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

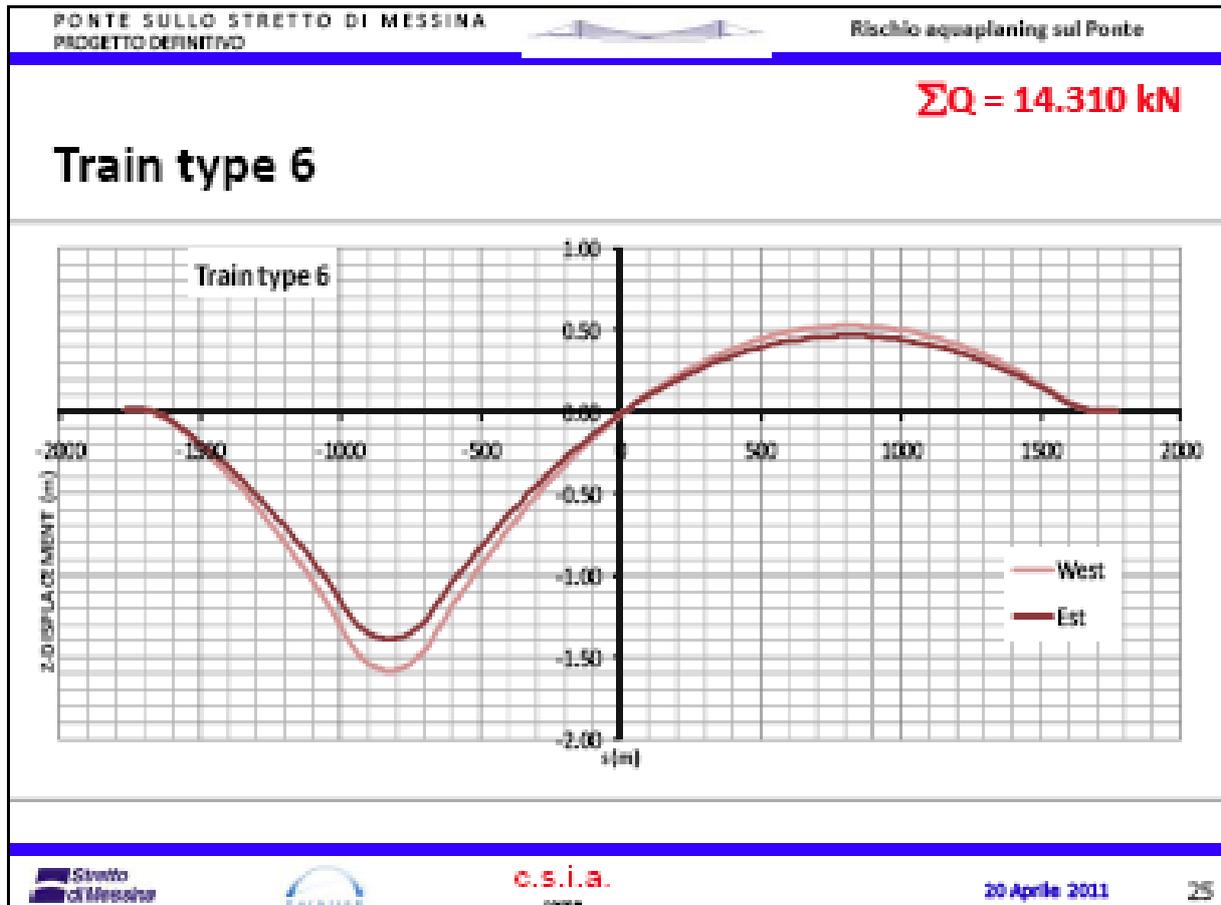
| | | |
|--|---|---|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <p>LA COMBINAZIONE DELLE CONDIZIONI DI CARICO dovute al passaggio o allo stazionamento di veicoli stradali e/o convogli ferroviari (singolarmente o insieme) PUO' PRODURRE LA PERDITA DELLE PENDENZE NOMINALI DELLA PIATTAFORMA STRADALE</p> <p>Dai valori riportati in precedenza riguardanti i carichi di traffico stradale e ferroviario risulta che le condizioni di carico più sbilanciato che si possono determinare sono rappresentate dal transito o dalla fermata per guasto di un convoglio ferroviario su un binario (2.900 – 21.600 kN) con traffico stradale bloccato sulla carreggiata adiacente al binario su cui transita o staziona il treno (6.000 kN) e traffico stradale fluido sulla carreggiata opposta (2.000 kN) (non si fa il caso di traffico sospeso sulla carreggiata non incidentata perché, in assenza di traffico cade il problema del rischio di aquaplaning).</p> <p>In un primo approccio al problema si è analizzato il caso di transito o stazionamento di un convoglio ferroviario su uno dei due binari e traffico stradale fluido su entrambe le carreggiate (scenari di traffico 1.a e 2.a).</p> <p>Ogni ulteriore approfondimento potrà essere sviluppato durante l'elaborazione del Progetto Esecutivo</p> | | |
|  |  | c.s.i.a. <small>CONSORZIO</small> |
| | | 20 Aprile 2011 |
| | | 21 |

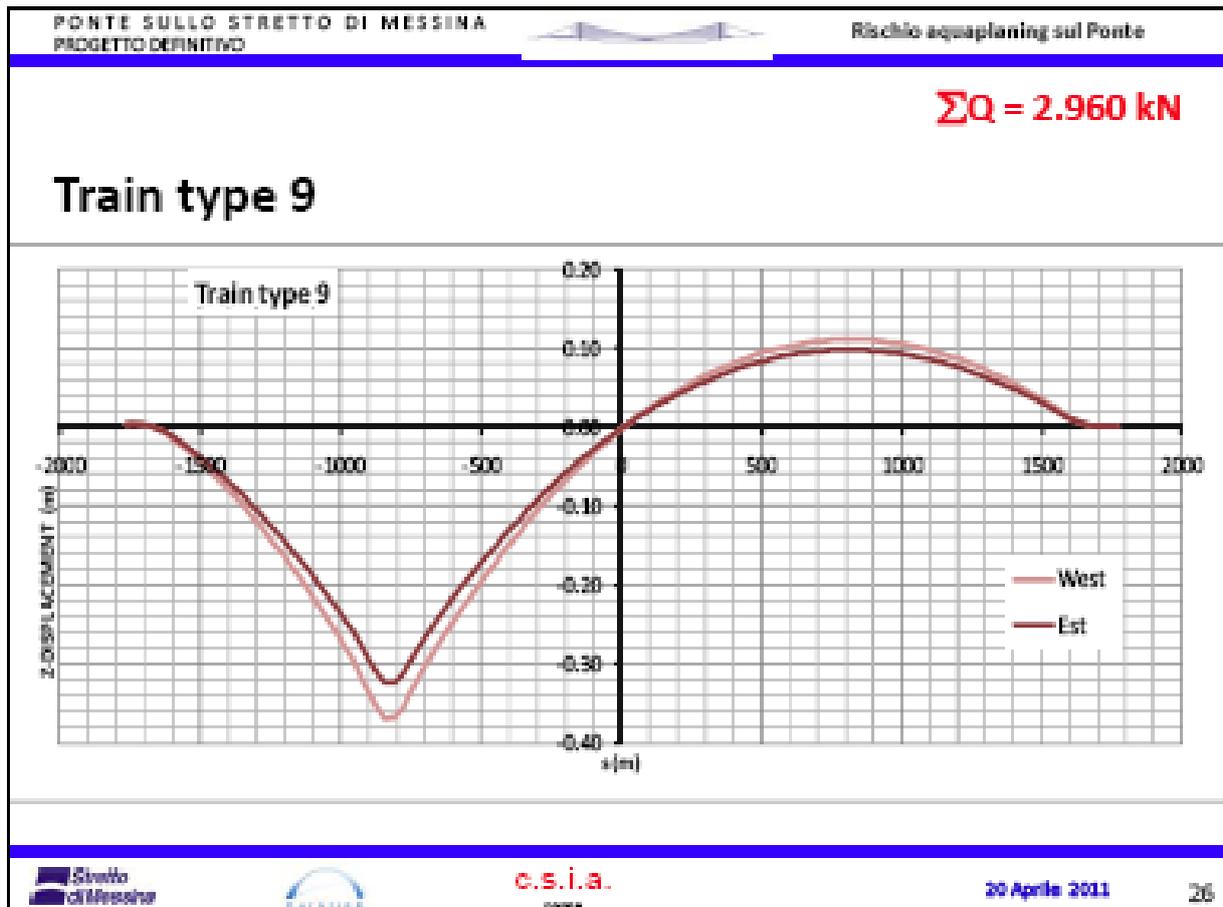
| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | <i>Codice documento</i> GE0056_F0.doc_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

| | | |
|--|---|---|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <p>SPOSTAMENTI VERTICALI indotti da un convoglio ferroviario in transito o fermo, posizionato nel punto più critico (1/4 della luce del Ponte).</p> <p>I convogli ferroviari considerati sono: treni tipo 1 – 5 – 6 – 9</p> <p>Le deformazioni indotte sono rappresentate mediante il calcolo degli abbassamenti verticali dei due bordi estremi dell'impalcato del Ponte (valutazioni a cura di EDIN Srl).</p> | | |
|  |  |  |
| | | 20 Aprile 2011 |
| | | 22 |









| | | | |
|---|---|---|--------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | Codice documento GE0056_F0.doc_F0 | Rev F0 | Data 20/06/2011 |

| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|----------------------|---------------------|---------------------|------------|---------------------|--------------|-----|-----|-----|------|--------------|-----|-----|-----|------|--------------|-----|-----|-----|------|--------------|-----|-----|-----|------|
| <p>Dagli spostamenti verticali dei bordi dell'impalcato dell'Opera di attraversamento riportati nei diagrammi precedenti si è passati alla valutazione della</p> <p style="text-align: center;">variazione delle pendenze trasversali Pt e longitudinali Pl</p> <p>della carreggiata stradale più sfavorevole (quella più lontana dal binario caricato). Nella tabella che segue sono riportati i valori delle pendenze più critiche risultanti (max riduzione della Pt – max incremento della Pl) e le corrispondenti variazioni % rispetto ai valori nominali (Pt nom = 2,0% - Pl nom =1,5%)</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Condizione di carico</th> <th style="text-align: center;">Pl max (%)</th> <th style="text-align: center;">Pl max - Pl nom (%)</th> <th style="text-align: center;">Pt max (%)</th> <th style="text-align: center;">Pt max - Pt nom (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Train Type 1</td> <td style="text-align: center;">1,6</td> <td style="text-align: center;">0,1</td> <td style="text-align: center;">1,8</td> <td style="text-align: center;">-0,2</td> </tr> <tr> <td>Train Type 5</td> <td style="text-align: center;">1,9</td> <td style="text-align: center;">0,4</td> <td style="text-align: center;">1,4</td> <td style="text-align: center;">-0,6</td> </tr> <tr> <td>Train Type 6</td> <td style="text-align: center;">1,8</td> <td style="text-align: center;">0,3</td> <td style="text-align: center;">1,6</td> <td style="text-align: center;">-0,4</td> </tr> <tr> <td>Train Type 9</td> <td style="text-align: center;">1,6</td> <td style="text-align: center;">0,1</td> <td style="text-align: center;">1,9</td> <td style="text-align: center;">-0,1</td> </tr> </tbody> </table> | | | Condizione di carico | Pl max (%) | Pl max - Pl nom (%) | Pt max (%) | Pt max - Pt nom (%) | Train Type 1 | 1,6 | 0,1 | 1,8 | -0,2 | Train Type 5 | 1,9 | 0,4 | 1,4 | -0,6 | Train Type 6 | 1,8 | 0,3 | 1,6 | -0,4 | Train Type 9 | 1,6 | 0,1 | 1,9 | -0,1 |
| Condizione di carico | Pl max (%) | Pl max - Pl nom (%) | Pt max (%) | Pt max - Pt nom (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Train Type 1 | 1,6 | 0,1 | 1,8 | -0,2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Train Type 5 | 1,9 | 0,4 | 1,4 | -0,6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Train Type 6 | 1,8 | 0,3 | 1,6 | -0,4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Train Type 9 | 1,6 | 0,1 | 1,9 | -0,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>In presenza del treno più pesante (tipo 5), la pendenza trasversale non si riduce mai sotto il valore di 1,4% e quella longitudinale non supera mai il valore di 1,9%. I treni più leggeri (tipo 1 e 9) portano a variazioni delle pendenza trasversali e longitudinali dello 0,1 – 0,2 %</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  20 Aprile 2011 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | <i>Codice documento</i> GE0056_F0.doc_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

| | | |
|--|---|--|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <p style="text-align: center;"> Il transito o lo stazionamento di treni lungo l'Opera di attraversamento non produce quindi mai una situazione di inversione della pendenza trasversale della piattaforma stradale, che potrebbe essere particolarmente critica per il problema dell'aquaplaning. </p> <p style="text-align: center;"> L'eccentricità del carico provoca la riduzione delle pendenze trasversali (e l'aumento di quelle longitudinali) ma con valori contenuti entro al massimo (nel caso del treno più pesante) 0,5 - 0,6 punti percentuali. </p> | | |
|  |  | c.s.i.a. <small>CONSULENZA</small> |
| | | 20 Aprile 2011 28 |

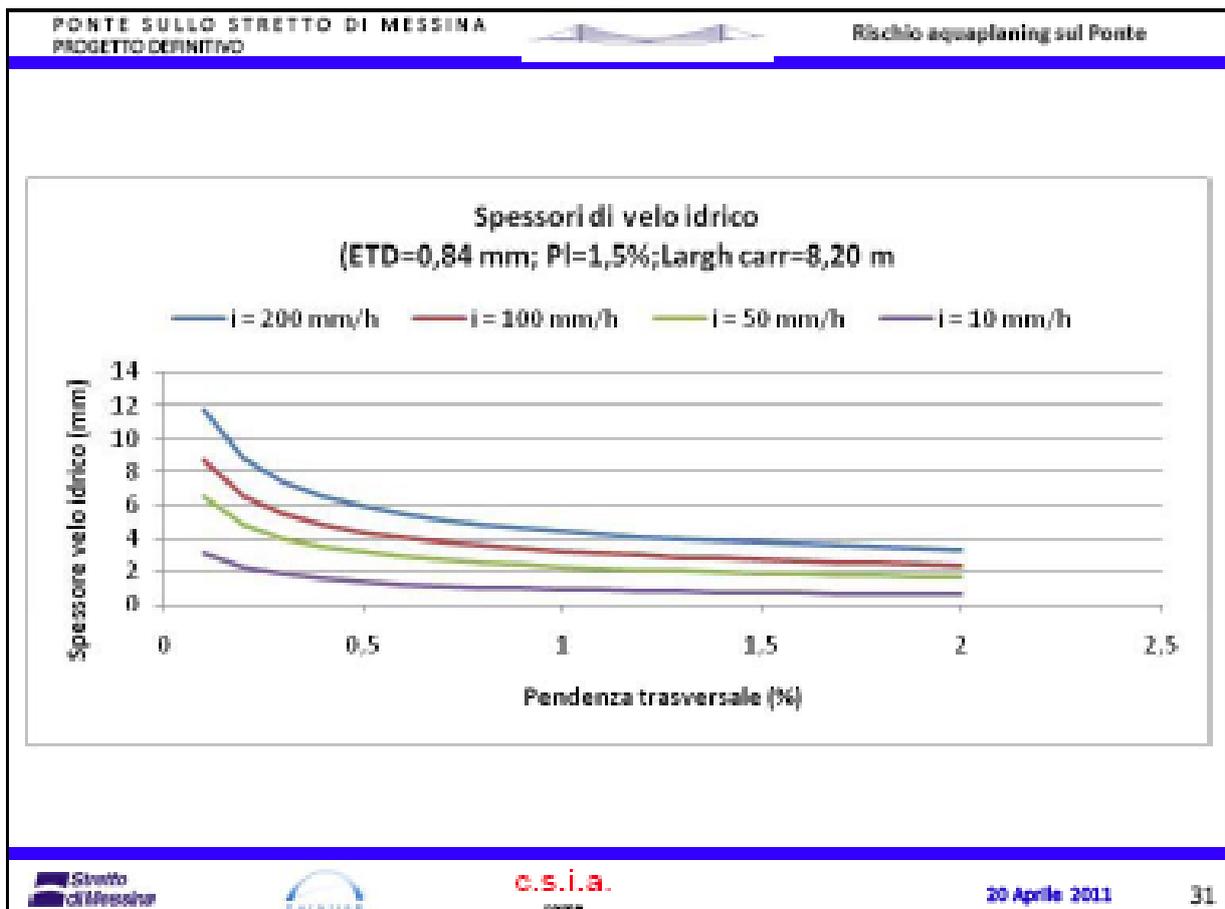
| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | <i>Codice documento</i> GE0056_F0.doc_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

| | | |
|--|---|--|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <div data-bbox="730 801 826 891" data-label="Text"> <p>③</p> </div> <div data-bbox="363 1014 1193 1059" data-label="Section-Header"> <p>CALCOLO DEGLI SPESSORI DI VELO IDRICO</p> </div> <div data-bbox="260 1126 1305 1406" data-label="Text"> <p>prodotti sulla carreggiata stradale più critica (quella opposta al binario su cui transita o staziona il treno – v. Dia 12) dai 4 tipi di convoglio ferroviario considerati (tipo 1 – 5 – 6 – 9).</p> </div> | | |
|  |  |  20 Aprile 2011 29 |

| | | | |
|---|---|---|--------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | Codice documento GE0056_F0.doc_F0 | Rev F0 | Data 20/06/2011 |

| | | |
|--|---|---------------------------------|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <p>Il velo idrico viene determinato in corsia di marcia (punto più critico, v. Dia 12).</p> <p>La determinazione degli spessori di velo idrico è stata sviluppata utilizzando il software DEFSTRAV sviluppato nel corso del progetto europeo VERT.</p> <p>Il DEFSTRAV utilizza per il calcolo dello spessore del velo idrico (WD) in funzione dell'intensità di pioggia (i), della pendenza geodetica del piano stradale (P_{geod}, composizione della Pt e della Pl), della tessitura della pavimentazione (MPD) e della lunghezza dei tubi di flusso (L), il modello:</p> $WD = 0,26 \times ETD^{0,4} \times \frac{(i \times L)^{0,4}}{P_{geod}^{0,3}} - ETD + 0,30$ <p>Essendo $ETD = 0,2 + 0,8 \times MPD$</p> | | |
|  |  | c.s.i.a. <small>IRSA</small> |
| 20 Aprile 2011 | | 30 |

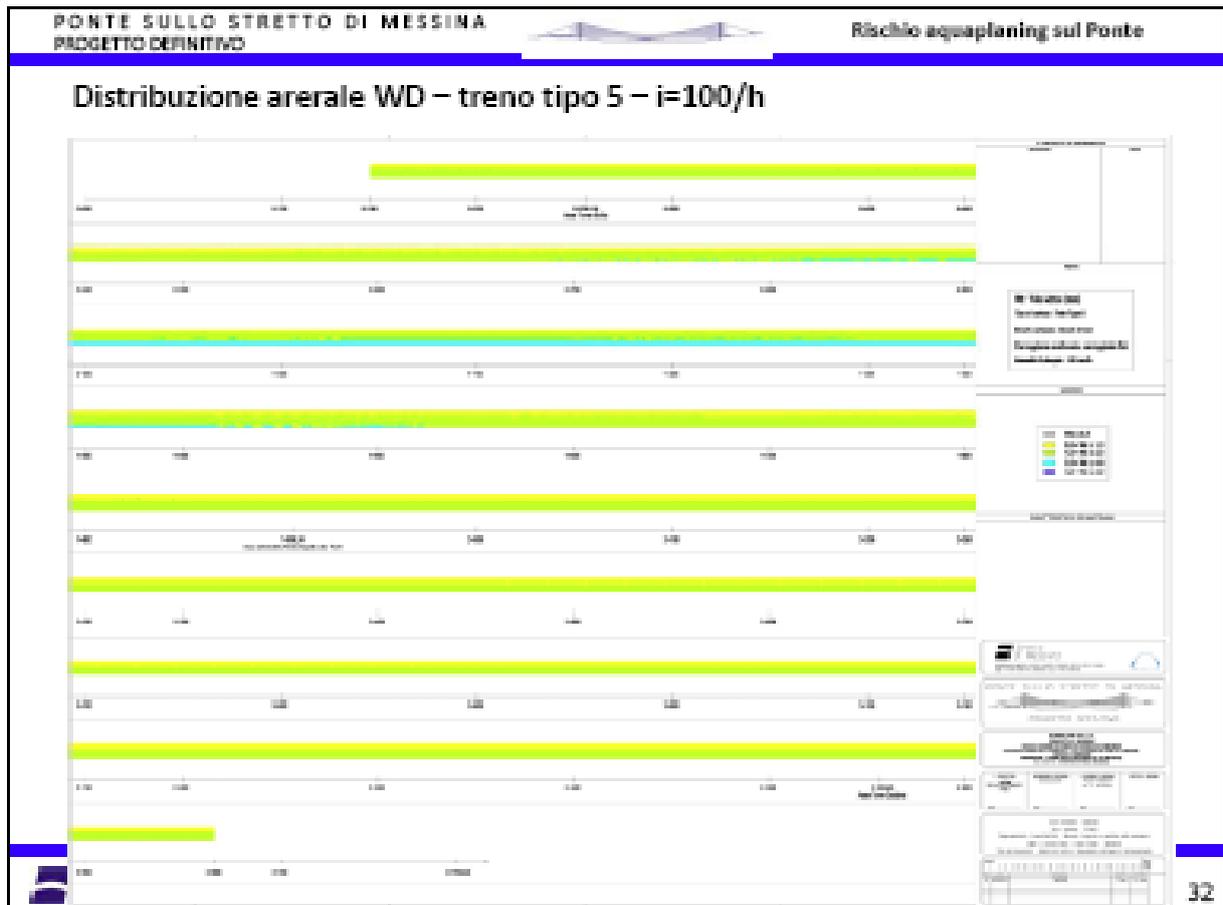
| | | | |
|---|---|---|--------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | Codice documento GE0056_F0.doc_F0 | Rev F0 | Data 20/06/2011 |

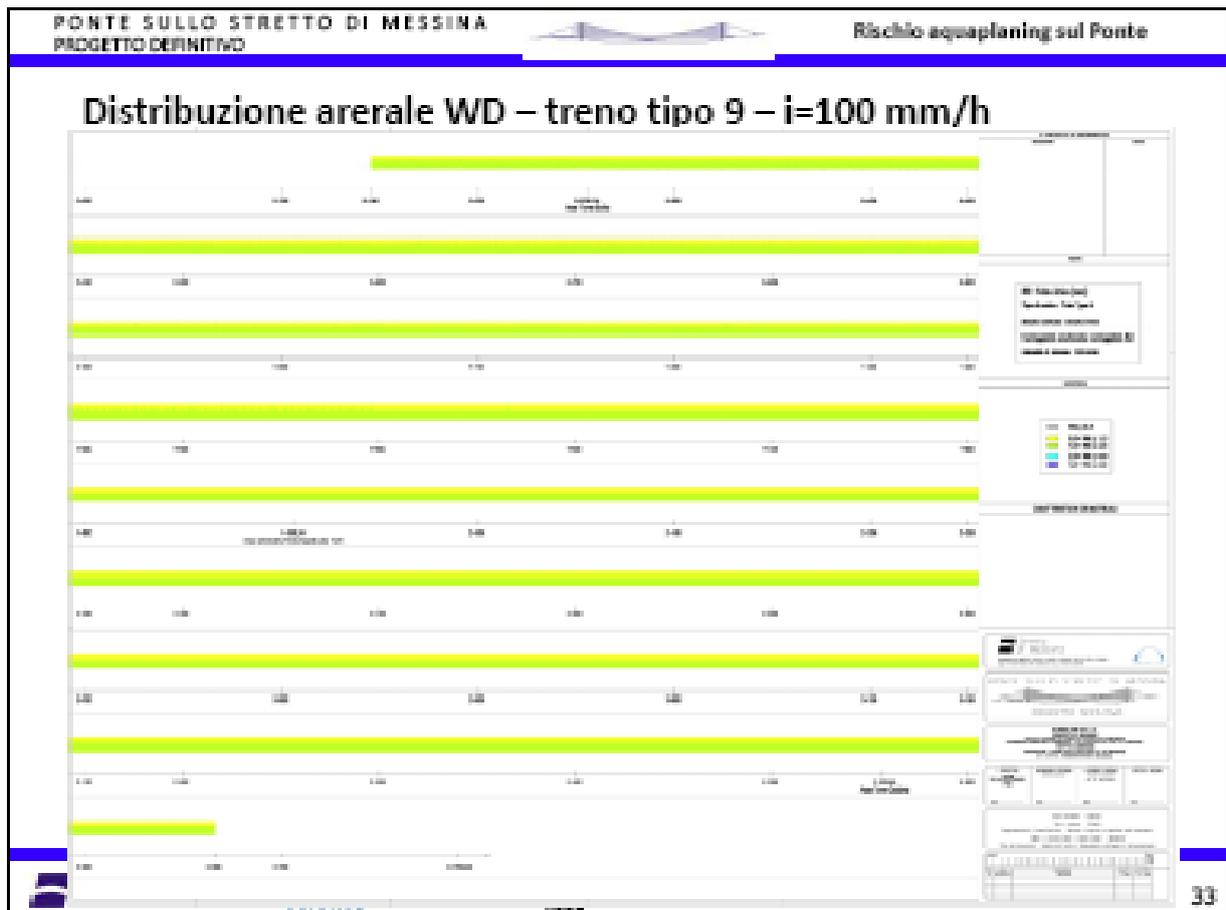


Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento

Codice documento
GE0056_F0.doc_F0

| Rev | Data |
|-----|------------|
| F0 | 20/06/2011 |





PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA
PROGETTO DEFINITIVO

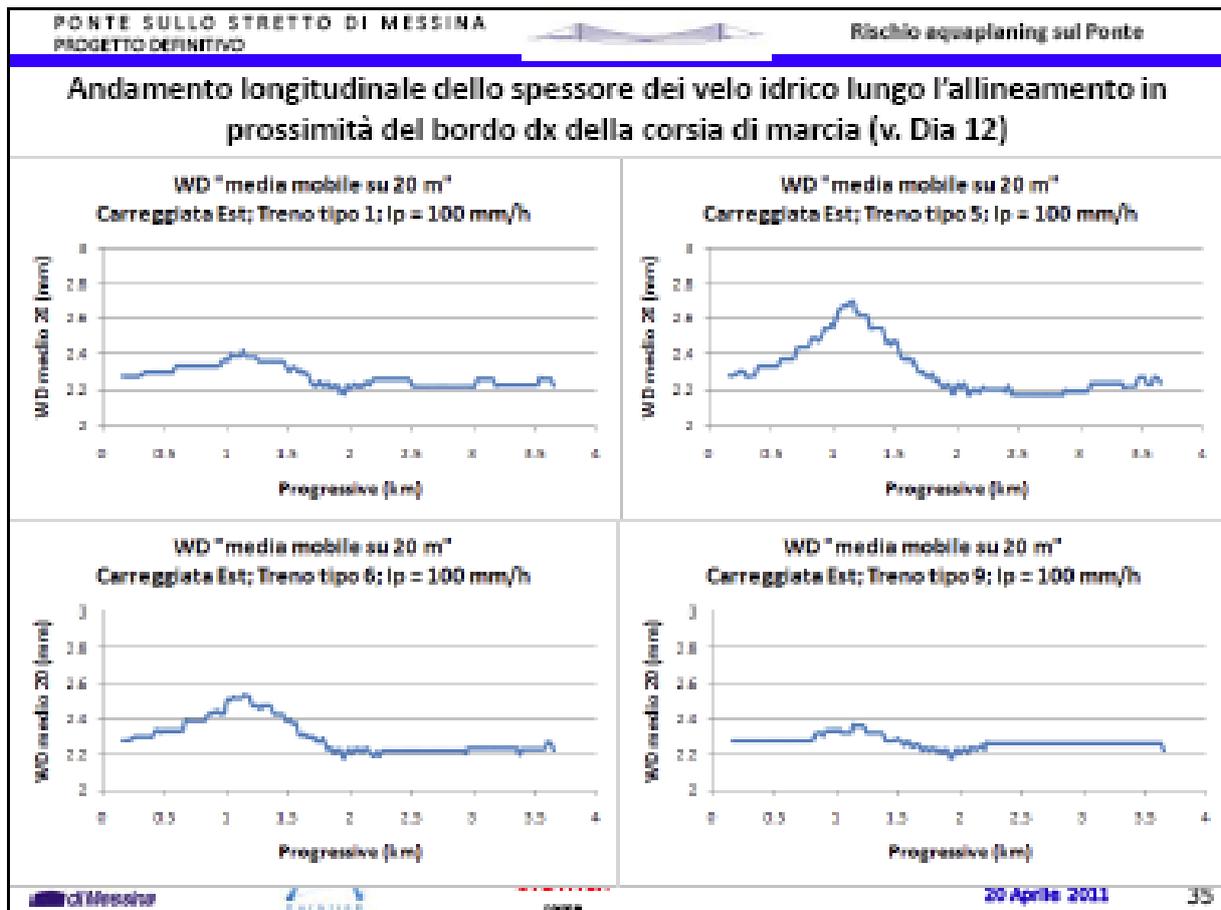


Rischio aquaplaning sul Ponte

Valore massimo dello spessore del velo idrico che si forma nella corsia di marcia normale (che è la più critica in quanto la più distante rispetto al colmo, anche se le velocità di transito dei veicoli potrebbero essere minori), nelle due carreggiate stradali del ponte, in presenza di ciascun tipo di treno considerato ed in funzione dell'intensità della pioggia, con riferimento ad un valore della macrotestitura della piano viabile di MPD=0,8 mm (v. Dia 9).

| CARRREGGIATA | CONDIZIONE DI CARICO | Spessore max del velo idrico in corsia di marcia (mm) | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 | 1550 | 1600 | 1650 | |
| | | mm/h | mm/h | mm/h | mm/h | mm/h | mm/h | mm/h | mm/h | mm/h | mm/h | mm/h | mm/h | mm/h |
| W - adiacente a binario caricato | 1 - treno tipo 1 | 0,61 | 0,97 | 1,24 | 1,44 | 1,64 | 1,84 | 1,96 | 2,08 | 2,21 | 2,34 | 2,39 | 2,41 | 4,10 |
| W - adiacente a binario caricato | 2 - treno tipo 5 | 0,62 | 0,99 | 1,26 | 1,46 | 1,67 | 1,88 | 1,99 | 2,13 | 2,26 | 2,38 | 2,43 | 2,46 | 4,16 |
| W - adiacente a binario caricato | 3 - treno tipo 6 | 0,61 | 0,98 | 1,25 | 1,45 | 1,66 | 1,87 | 1,98 | 2,11 | 2,24 | 2,36 | 2,39 | 2,41 | 4,14 |
| W - adiacente a binario caricato | 4 - treno tipo 9 | 0,61 | 0,97 | 1,24 | 1,44 | 1,64 | 1,84 | 1,96 | 2,08 | 2,21 | 2,34 | 2,39 | 2,41 | 4,10 |
| E - opposta rispetto al binario caricato | 1 - treno tipo 1 | 0,66 | 1,04 | 1,32 | 1,53 | 1,74 | 1,95 | 2,07 | 2,21 | 2,35 | 2,47 | 2,49 | 2,51 | 4,11 |
| E - opposta rispetto al binario caricato | 2 - treno tipo 5 | 0,70 | 1,10 | 1,39 | 1,73 | 1,97 | 2,18 | 2,33 | 2,48 | 2,63 | 2,77 | 2,82 | 2,84 | 4,17 |
| E - opposta rispetto al binario caricato | 3 - treno tipo 6 | 0,70 | 1,10 | 1,39 | 1,63 | 1,83 | 2,04 | 2,17 | 2,32 | 2,46 | 2,58 | 2,58 | 2,74 | 4,30 |
| E - opposta rispetto al binario caricato | 4 - treno tipo 9 | 0,66 | 1,02 | 1,29 | 1,51 | 1,70 | 1,92 | 2,03 | 2,17 | 2,30 | 2,42 | 2,47 | 2,50 | 4,21 |

In giallo è riportata la carreggiata su cui si formano i veli idrici più elevati (che è quella opposta rispetto al binario su cui transita il treno).
Gli spessori di velo idrico più elevati si possono formare al passaggio del treno tipo 5 (che è il più pesante)



| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | <i>Codice documento</i> GE0056_F0.doc_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

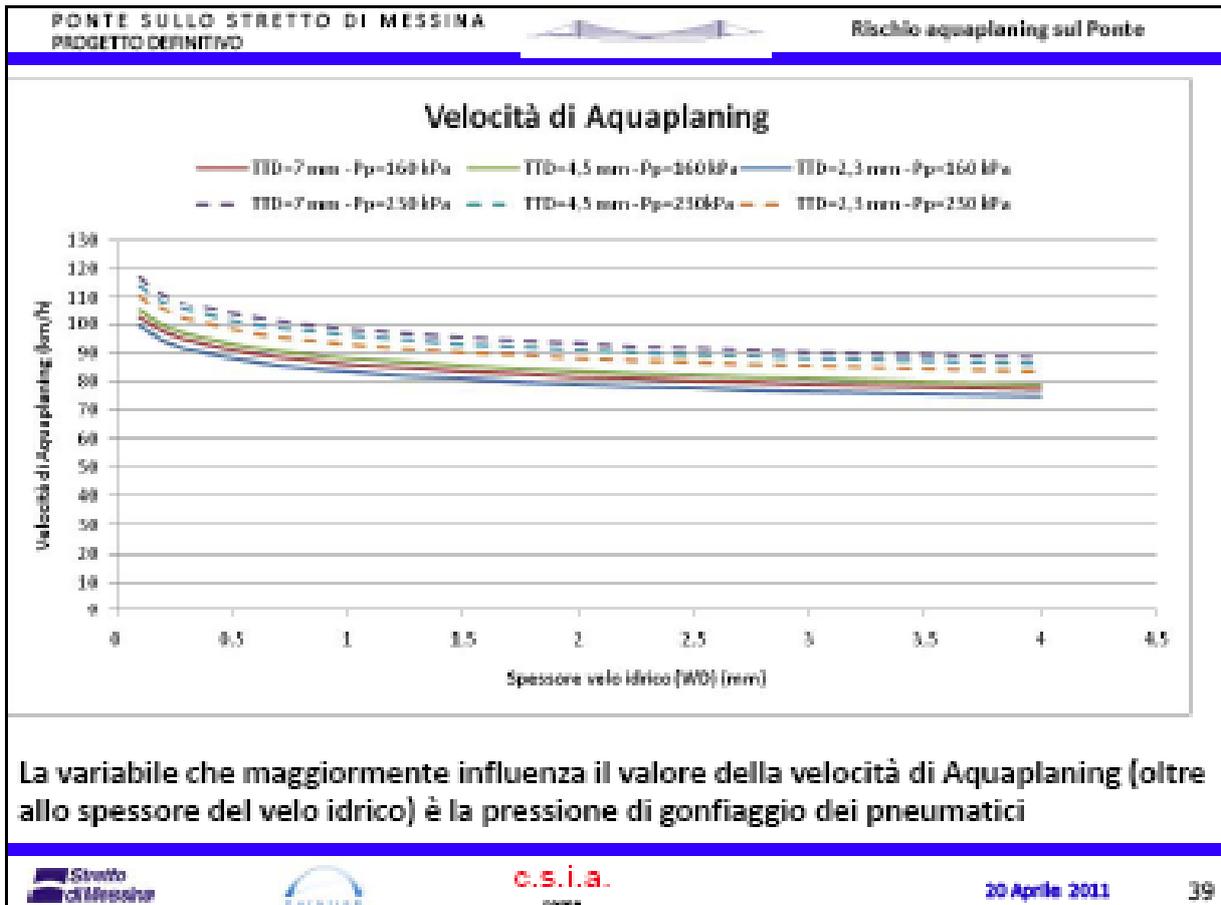
| | | |
|--|---|--|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <p>Lo spessore del velo idrico prodotto sulla piattaforma stradale da una pioggia di intensità 100 mm/h (elevatissima), in concomitanza della presenza (transito o stazionamento) di un treno, raggiunge il valore massimo di circa 2,8 mm al passaggio del treno tipo 5 (il più pesante). Il transito di treni tipo 1 o 9 (più leggeri) produce valori di WD non superiori a 2,5 mm</p> <p style="text-align: center;">NB</p> <p>lo spessore nominale prodotto dalla stessa pioggia (i=100 mm/h) sulla corsia di marcia del ponte indeformato (quindi con le pendenze nominali di 2,0% trasversale e di 1,5% longitudinale) è pari 2,28 mm</p> | | |
|  |  | c.s.i.a. <small>CONSULENZA</small> |
| 20 Aprile 2011 | | 36 |

| | | | |
|---|---|---|-----------------------------------|
|  |  | <p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p> | |
| <p>Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento</p> | <p><i>Codice documento</i> GE0056_F0.doc_F0</p> | <p><i>Rev</i> F0</p> | <p><i>Data</i> 20/06/2011</p> |

| | | |
|--|---|---|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <div data-bbox="750 784 845 884" style="font-size: 48px; color: red; margin: 0 auto;">④</div> <p data-bbox="223 1008 1372 1366" style="font-size: 24px; margin: 20px 0;"> CALCOLO DEL VALORE DELLA VELOCITA' DI AQUAPLANING In funzione dello spessore del velo idrico (WD) presente sulla carreggiata stradale per date caratteristiche dei pneumatici (in termini di pressione di gonfiaggio – Pp e di profondità di scolpitura - TTD) </p> | | |
|  |  | <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> c.s.i.a. 20 Aprile 2011 37 </div> |

| | | | |
|---|---|---|--------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | Codice documento GE0056_F0.doc_F0 | Rev F0 | Data 20/06/2011 |

| | | |
|--|---|--|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <p>Si adotta la formulazione di Gallaway che fornisce la velocità alla quale si può innescare il fenomeno dell'aquaplaning (V_{aq}) in funzione dello spessore del velo idrico (WD), della pressione di gonfiaggio dei pneumatici (P_p), della scolpitura dei pneumatici (TTD) e della tessitura della pavimentazione (ETD)</p> $V_{aq} = 0,9143 \times SD^{0,04} \times P_p^{0,3} \times (TTD + 0,794)^{0,06} \times A$ <p>Con: SD = percentuale di slip (nei calcoli si è assunto aquaplaning totale \Rightarrow SD=100%) A = termine funzione di WD e di ETD</p> | | |
|  |  |  20 Aprile 2011 38 |



| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | <i>Codice documento</i> GE0056_F0.doc_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

| | | |
|---|---|---|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <div style="font-size: 2em; color: red; margin-bottom: 10px;"> 5 </div> <p style="text-align: center; font-weight: bold; font-size: 1.2em;"> CALCOLO DELLA PROBABILITA' DI INNESCO DEL FENOMENO DELL'AQUAPLANING </p> <p style="text-align: center; font-weight: bold; font-size: 1.1em;"> in funzione della probabilità di formazione sulla pavimentazione di spessori di velo idrico di dato valore (funzione della probabilità con cui si possono avere piogge intense e brevi e della probabilità con cui si possono verificare situazioni di perdita delle pendenze trasversali e longitudinali) nonché della distribuzione di probabilità delle velocità attuate e delle caratteristiche (pressione di gonfiaggio e scolpitura) dei pneumatici della popolazione di utenti che possono circolare sul ponte </p> | | |
|  |  | <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> c.s.i.a. 20 Aprile 2011 40 </div> |

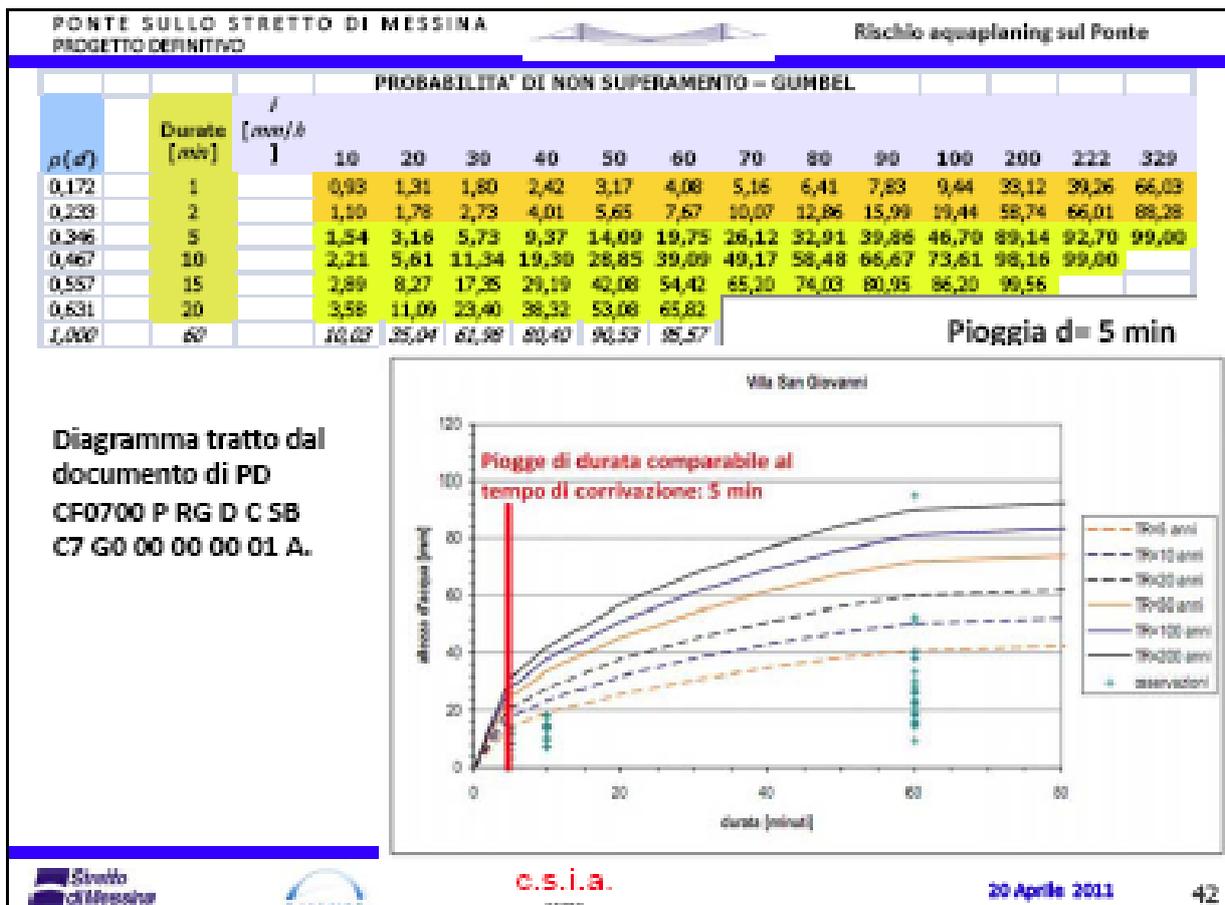
| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | <i>Codice documento</i> GE0056_F0.doc_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

| | | |
|--|---|--|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <div style="border: 2px solid red; border-radius: 50%; width: 40px; height: 40px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin: 0 auto; margin-bottom: 10px;"> 5.1 </div> <p style="text-align: center; font-weight: bold; margin-bottom: 10px;">PROBABILITA' DI PIOGGE BREVI E INTENSE</p> <p>La distribuzione di probabilità delle intensità di pioggia in funzione della durata non è disponibile negli studi idrologici allegati al PD del Ponte.</p> <p>Nel PD sono disponibili le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (LSPP) di Gumbel che riportano la distribuzione di probabilità di non superamento dei valori estremi di pioggia per $d < 1$ ora.</p> <p>Per gli scopi dell'analisi in esame, dovrebbero essere ricavate le PDF delle intensità medie di pioggia, complete e non solo degli estremi, per durate variabili.</p> <p>Essendo le durate di interesse piccole, sono necessarie serie storiche (quanti più anni possibile) pluviometriche campionate a non più di 5 minuti, la cui disponibilità è in generale molto limitata.</p> <p>In parziale alternativa (soprattutto se hanno interesse elevati tempi di ritorno) si possono derivare serie sintetiche di tali precipitazioni, utilizzando modelli stocastici di generazione. Naturalmente la stima dei relativi parametri deve essere fatta su base campionaria.</p> <p>C'è a tal proposito una vastissima letteratura scientifica.</p> <p>Per lo sviluppo dei calcoli del potenziale innesco di fenomeni di aquaplaning sul Ponte, si è pertanto fatto riferimento alla LSPP di Gumbel di Reggio Calabria.</p> <p>I risultati che si ottengono con un simile approccio risultano CAUTELATIVI</p> | | |
|  |  |  20 Aprile 2011 41 |

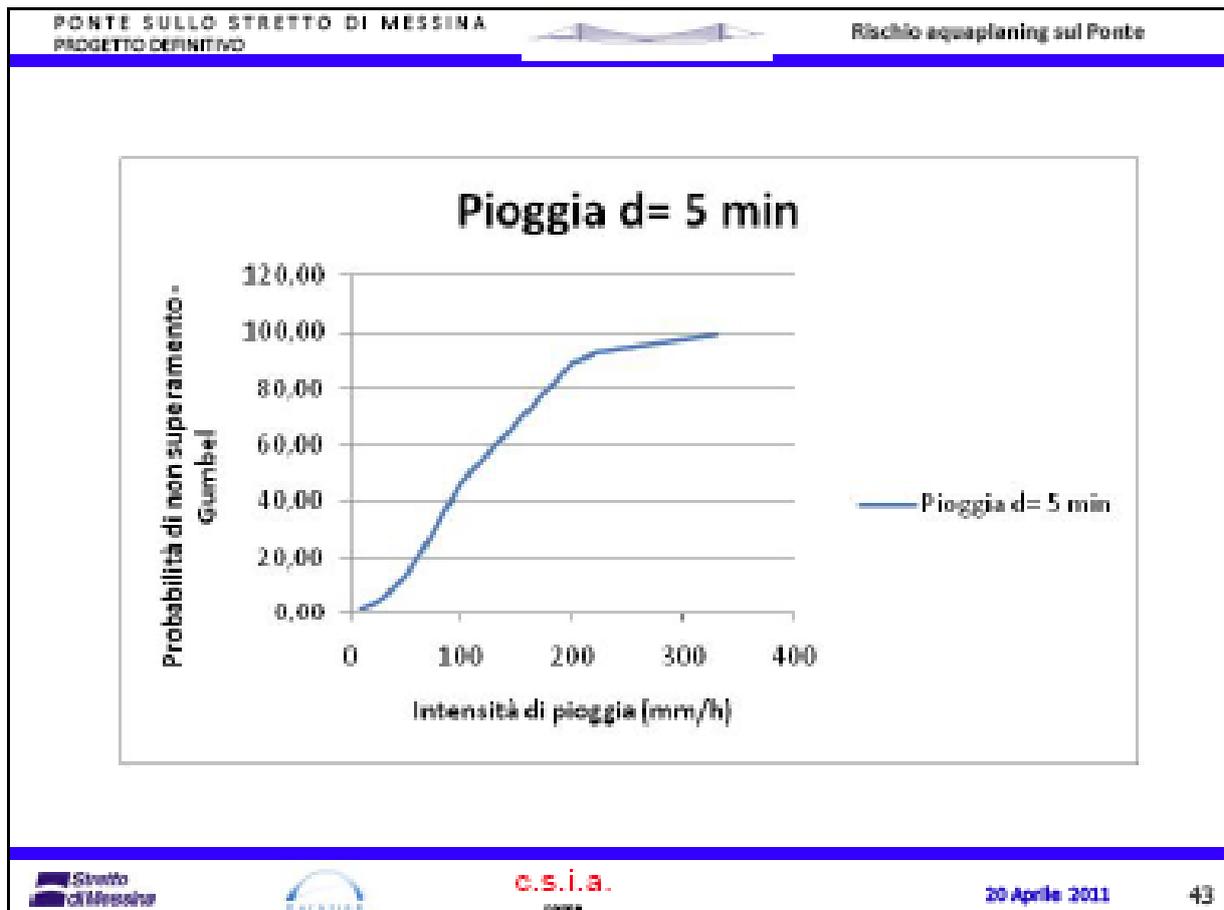
Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento

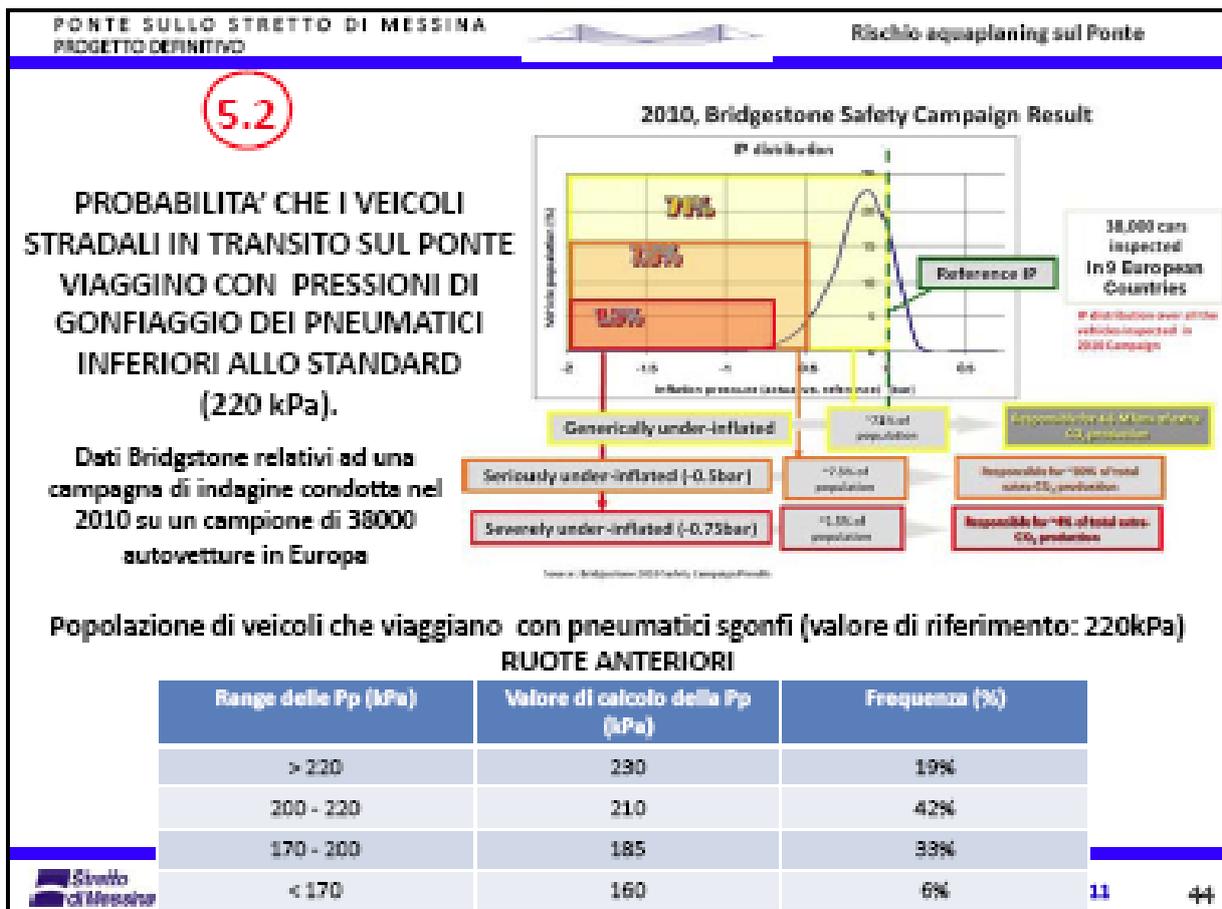
Codice documento
GE0056_F0.doc_F0

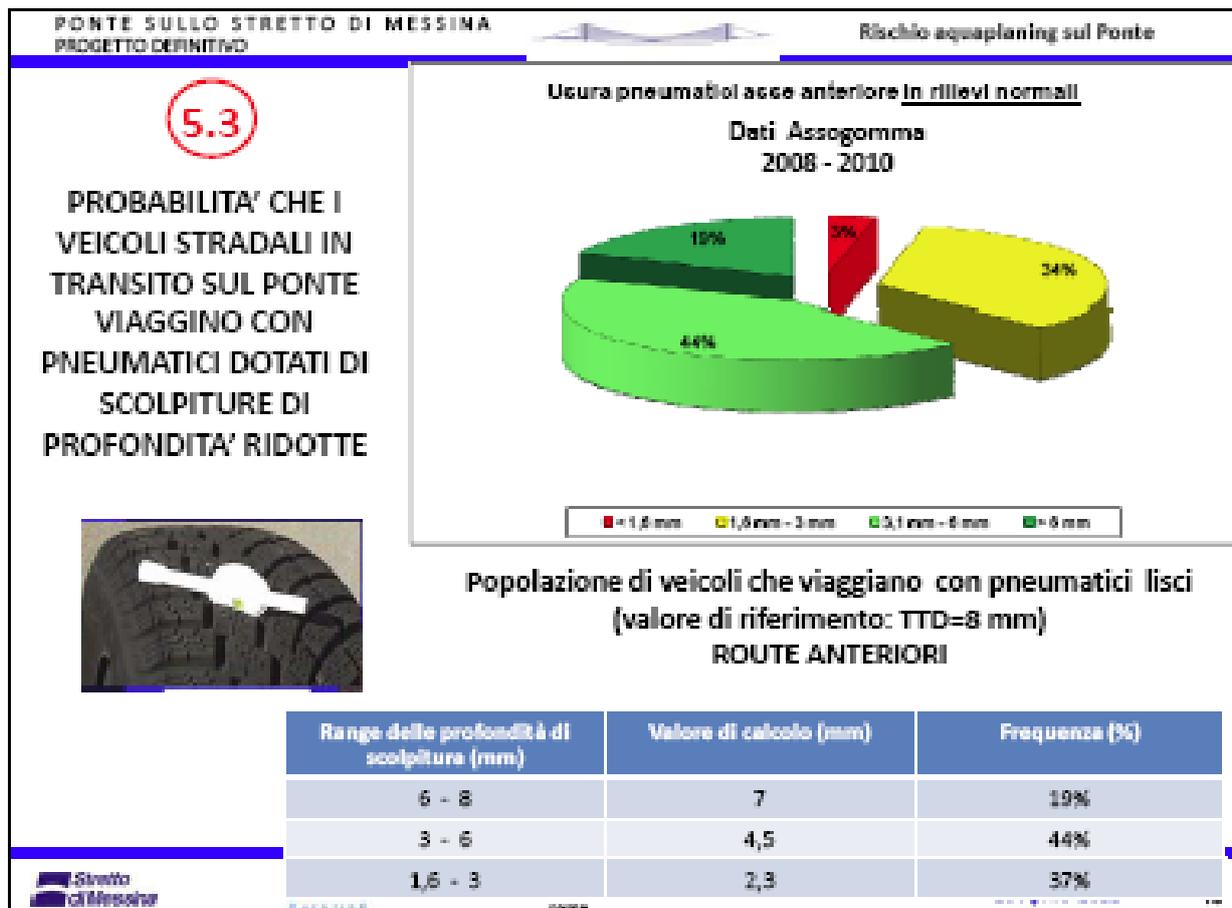
Rev F0
Data 20/06/2011



| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | <i>Codice documento</i> GE0056_F0.doc_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

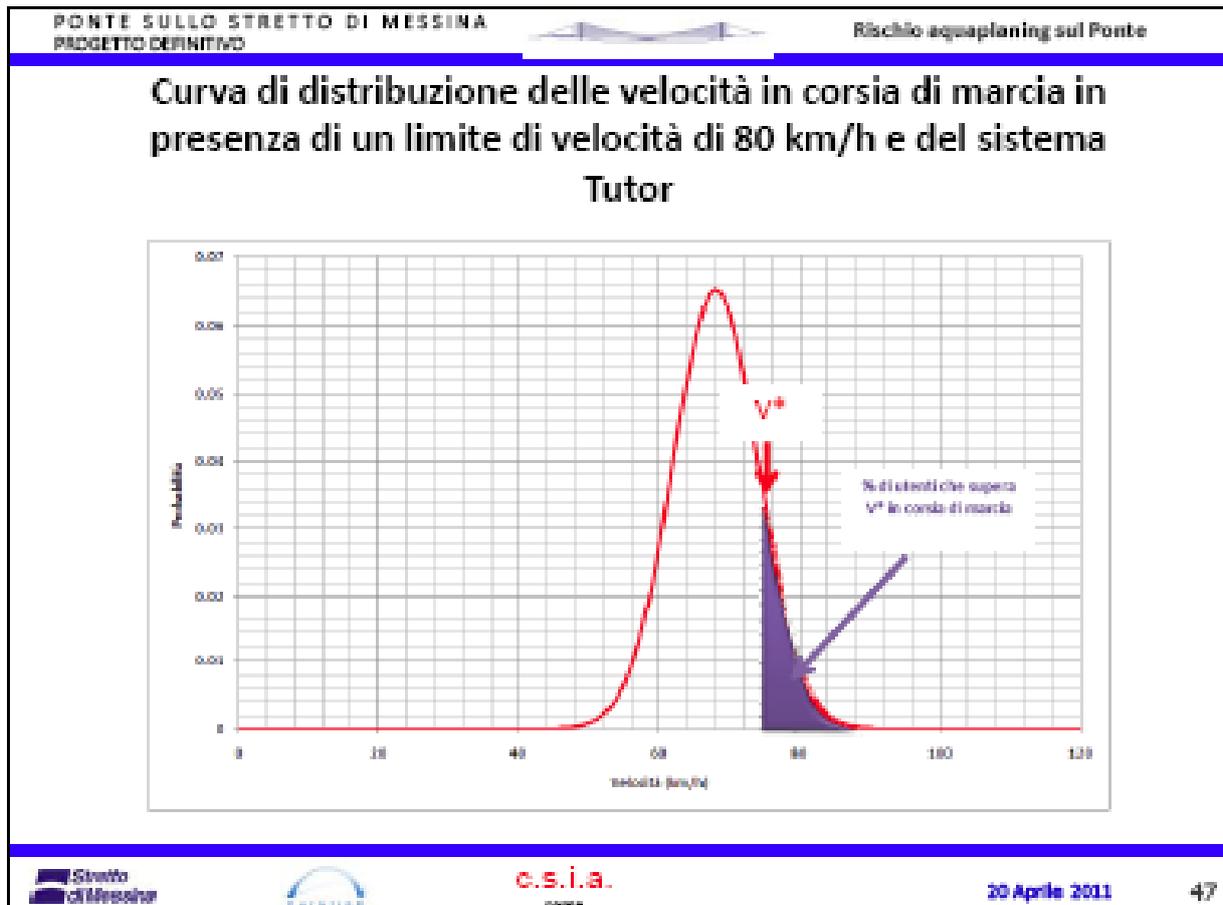






| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | <i>Codice documento</i> GE0056_F0.doc_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

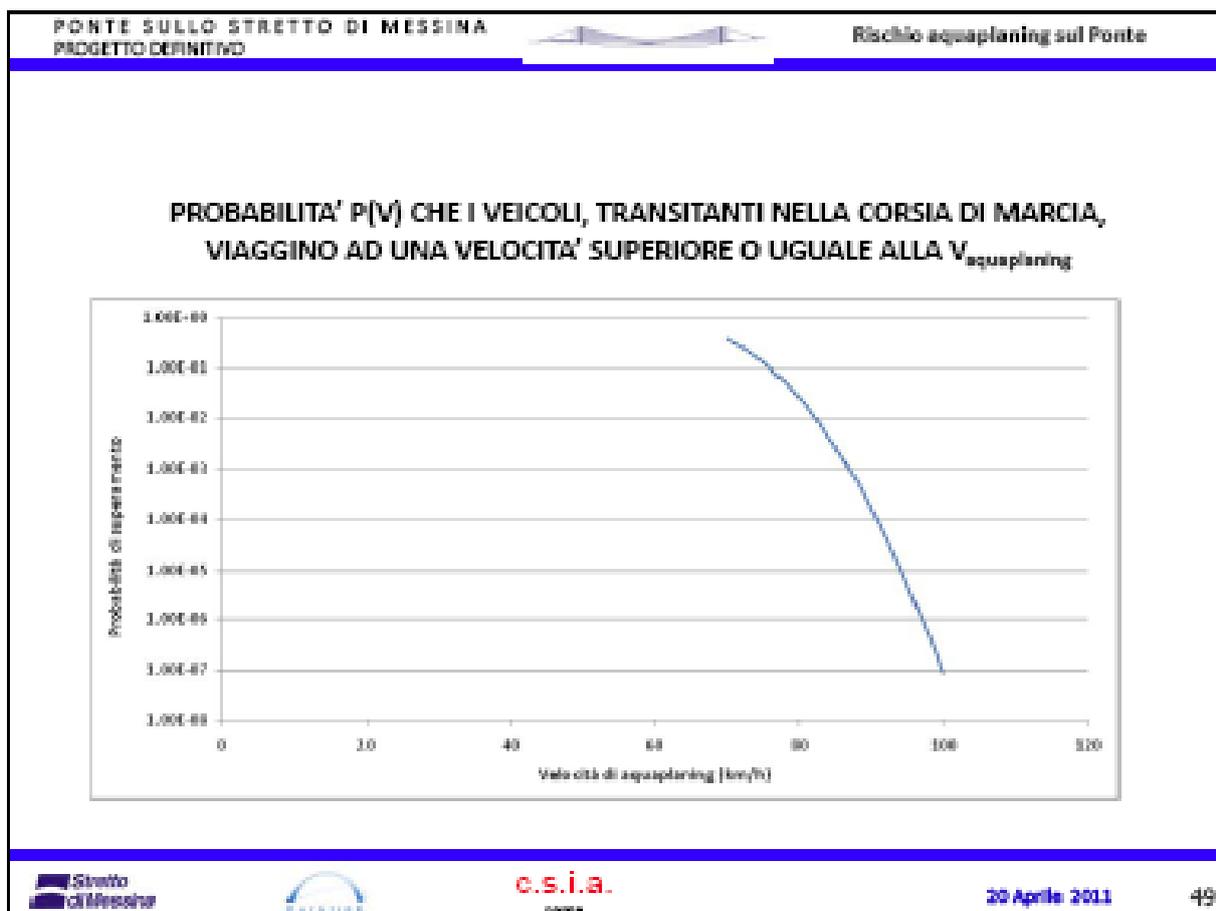
| | | |
|---|---|--|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <div style="border: 2px solid red; border-radius: 50%; width: 40px; height: 40px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-bottom: 20px;"> 5.4 </div> <p style="text-align: center; font-weight: bold; margin: 0;"> PROBABILITA' CHE I VEICOLI STRADALI IN TRANSITO SUL PONTE , CONSIDERATO IL REGIME DI CIRCOLAZIONE IMPOSTO (limite di velocità 80 km/h e presenza di un sistema di controllo e di sanzionamento delle velocità medie - tipo Tutor) VIAGGINO AD UNA VELOCITA' SUPERIORE AD UN VALORE DATO (V*) </p> | | |
|  |  | c.s.i.a. <small>CONSULENZA</small> |
| 20 Aprile 2011 | | 46 |



| | | | |
|---|---|---|--------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | Codice documento GE0056_F0.doc_F0 | Rev F0 | Data 20/06/2011 |

| | | |
|---|---|---|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <div style="border: 2px solid red; border-radius: 50%; width: 40px; height: 40px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin: 0 auto; margin-bottom: 20px;"> 5.5 </div> <p style="text-align: center; margin: 0;">Calcolo della</p> <p style="text-align: center; margin: 0;">PROBABILITA' CHE, CON UNA DATA GEOMETRIA DI IMPALCATO (P_t & P_l) ED UNA PIOGGIA DI DATA INTENSITA', SI ABBIA UNA DATA $V_{aquaplaning}$ CHE</p> <p style="text-align: center; margin: 0;">combinata con la</p> <p style="text-align: center; margin: 0;">PROBABILITA' $P(V)$ CHE I VEICOLI, TRANSITANTI NELLA CORSIA OVE SI HA IL WD CRITICO, VIAGGINO AD UNA VELOCITA' SUPERIORE O UGUALE ALLA $V_{aquaplaning}$ PORTI ALL'INNESCO DEL FENOMENO DI AQUAPLANING</p> | | |
|  |  | <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> c.s.i.a. 20 Aprile 2011 48 </div> |

| | | | |
|---|---|---|--------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | Codice documento GE0056_F0.doc_F0 | Rev F0 | Data 20/06/2011 |



| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | <i>Codice documento</i> GE0056_F0.doc_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

| | | |
|--|---|--|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <h2 style="margin: 0;">RISULTATI DELLE ANALISI</h2> <h3 style="margin: 10px 0 0 0; color: red;">CASO a) - Scenario 1.a</h3> <p style="margin: 10px 0 0 0;"> probabilità di innesco di fenomeni di aquaplaning nella carreggiata stradale e nella corsia più critica per quanto riguarda il fenomeno dell'aquaplaning, in occasione di un treno fermo sul Ponte di qualunque tipo (con probabilità proporzionale alla presenza % nella mix di traffico ferroviario di ciascun tipo di treno), in concomitanza di un evento piovoso di intensità qualunque, con veicoli che transitano con velocità superiori alla velocità di aquaplaning (secondo la curva di distribuzione riportata in precedenza) e con pneumatici di tutti i tipi (con la probabilità di avere pressioni di gonfiaggio e scolpiture anche ridotte, secondo le distribuzioni esposte in precedenza) </p> | | |
|  |  | c.s.i.a. <small>CONSULENZA</small> |
| 20 Aprile 2011 | | 50 |

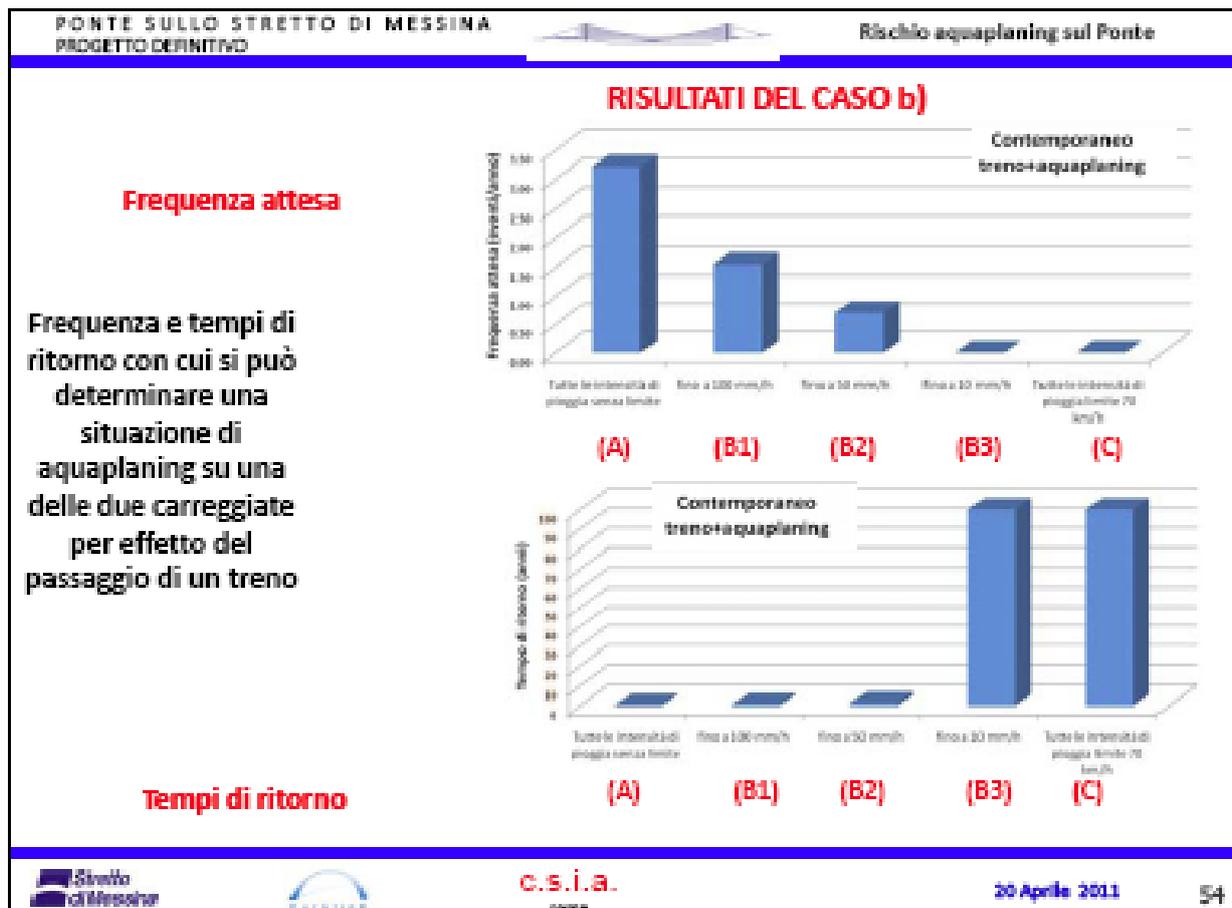


| | | | | |
|---|---|---|--------------------|--|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | Codice documento GE0056_F0.doc_F0 | Rev F0 | Data 20/06/2011 | |

| | | |
|---|---|--|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <p>Nei diagrammi precedenti (ed in quelli successivi) sono riportate le frequenze (ed i Tempi di ritorno) in diverse condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> A. considerando di mantenere operativa la circolazione sul Ponte indipendentemente dall'intensità di pioggia (NR: per intensità di 100 mm/h le condizioni di visibilità sono tali che i veicoli riducono spontaneamente la velocità – i tergicristalli non riescono a tenere pulito il parabrezza – di questo comportamento non si è tenuto conto) B. considerando di chiudere la circolazione stradale sul Ponte in presenza di un'intensità di pioggia superiore a 100 mm/h (B1) oppure di 50 mm/h (B2) oppure di 10 mm/h (B3) C. considerando, infine, di ridurre il limite di velocità imposto sul Ponte a 70 km/h quando piove con una intensità di pioggia oltre un certo limite <p>I risultati ottenuti evidenziano che la frequenza annua attesa con cui si possono verificare le condizioni di innesco del fenomeno di aquaplaning nelle condizioni esposte è inferiore a 1×10^{-5} (tempi di ritorno di 1.000 anni circa) anche nel caso di mantenere aperta la circolazione sul ponte in presenza di qualsiasi intensità di pioggia.</p> | | |
|  |  | c.s.i.a. <small>CONSULENZA</small> |
| | | 20 Aprile 2011 |
| | | 52 |

| | | | | |
|---|---|---|---------------------------|--|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | <i>Codice documento</i> GE0056_F0.doc_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 | |

| | | |
|--|---|---|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <p style="color: red; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">CASO b) - Scenario 2.a</p> <p> probabilità di innesco di fenomeni di aquaplaning nella carreggiata stradale e nella corsia più critica per quanto riguarda il fenomeno dell'aquaplaning, in occasione del transito di un treno sul Ponte di qualunque tipo (con probabilità proporzionale alla presenza % nella mix di traffico ferroviario di ciascun tipo di treno), in concomitanza di un evento piovoso di intensità qualunque, con veicoli che transitano con velocità superiori alla velocità di aquaplaning (secondo la curva di distribuzione riportata in precedenza) e con pneumatici di tutti i tipi (con la probabilità di avere pressioni di gonfiaggio e scolpiture anche ridotte, secondo le distribuzioni esposte in precedenza) </p> | | |
|  |  |  |
| | | 20 Aprile 2011 |
| | | 53 |

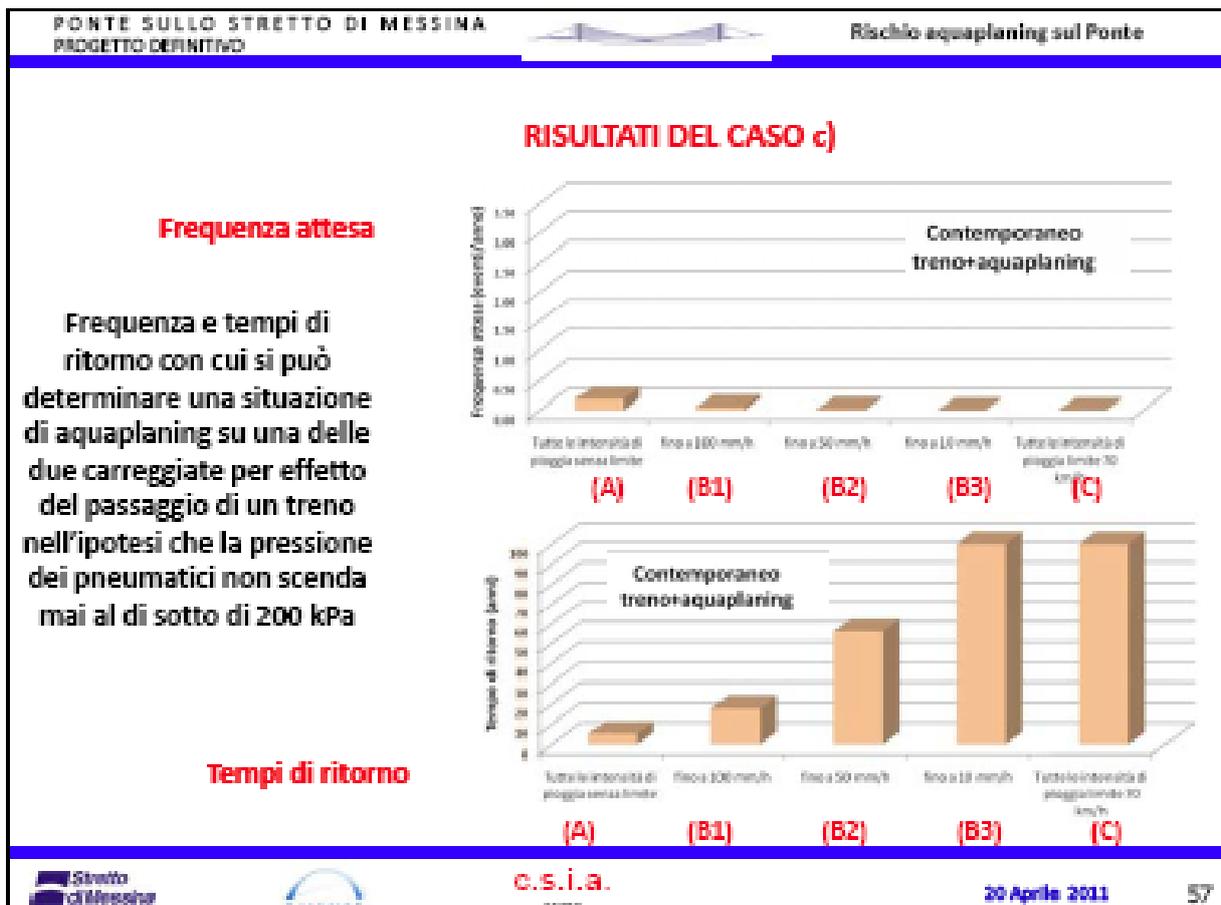


| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | <i>Codice documento</i> GE0056_F0.doc_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

| | | |
|--|---|--|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <p>In questo caso i risultati ottenuti evidenziano che la frequenza annua attesa con cui si possono verificare le condizioni di innesco del fenomeno di aquaplaning nelle condizioni esposte è pari a circa 3,2 eventi/anno (tempi di ritorno inferiori all'anno), che scende a 0,7 circa eventi/anno (tempi di ritorno di 1,4 anni), nell'ipotesi di chiudere la circolazione sul ponte con piogge superiori a 50 mm/h .</p> <p>La frequenza scende a 5×10^{-3} eventi/anno (tempi di ritorno di 200 anni) se si ipotizza di ridurre il limite di velocità in presenza di pioggia intensa a 70 km/h</p> | | |
|  |  | c.s.i.a. <small>CONSULENZA</small> |
| | | 20 Aprile 2011 |
| | | 55 |

| | | | | |
|---|---|---|--------------------|--|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | Codice documento GE0056_F0.doc_F0 | Rev F0 | Data 20/06/2011 | |

| | | |
|--|---|--|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <p style="color: red; margin-top: 0;">CASO c) - Scenario 2.a con controllo Pp (pressione di gonfiaggio dei pneumatici)</p> <p> probabilità di innesco di fenomeni di aquaplaning nella carreggiata stradale e nella corsia più critica per quanto riguarda il fenomeno dell'aquaplaning, in occasione del transito sul Ponte di un treno di qualunque tipo (con probabilità proporzionale alla presenza % nella mix di traffico ferroviario di ciascun tipo di treno), in concomitanza di un evento piovoso di intensità qualunque, con veicoli che transitano con velocità superiori alla velocità di aquaplaning (secondo la curva di distribuzione riportata in precedenza) e con pneumatici la cui pressione di gonfiaggio viene controllata da sistemi di autodiagnosi dei veicoli (situazione standard prevedibile al tempo di apertura al traffico del Ponte in considerazione del fatto che tale dispositivi sono già in dotazione di alcune vetture come "optional"). I valori di profondità di scolpitura sono invece mantenuti invariati rispetto alle distribuzioni esposte in precedenza. </p> <p style="text-align: center;"> (Si rammenta che la pressione di gonfiaggio dei pneumatici è l'elemento che maggiormente influenza il fenomeno dell'aquaplaning) </p> | | |
|  |  | c.s.i.a. <small>CONSULENZA</small> 20 Aprile 2011 56 |

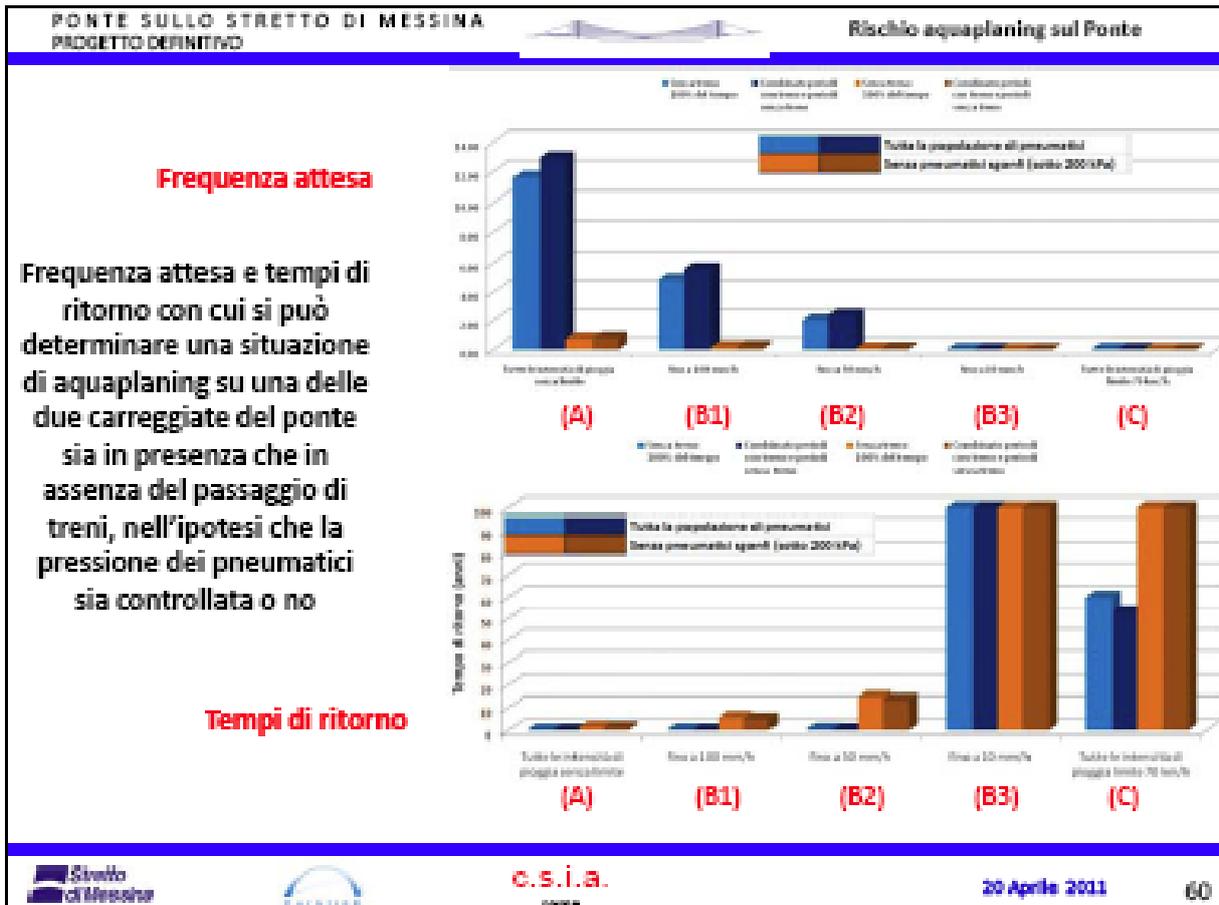


| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | <i>Codice documento</i> GE0056_F0.doc_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

| | | |
|---|---|--|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <p>Nel caso in cui si ipotizzi che la pressione dei pneumatici non scenda mai al disotto di 200 kPa (grazie alla presenza di sistemi di autodiagnosi nei veicoli) la frequenza annua attesa con cui si possono verificare le condizioni di innesco del fenomeno di aquaplaning nelle condizioni esposte è pari a circa 0,2 eventi/anno (tempi di ritorno di 5 anni circa) anche nell'ipotesi di mantenere la circolazione stradale sul Ponte sempre aperta, indipendentemente dall'intensità degli eventi piovosi in atto.</p> <p>La riduzione del limite di velocità a 70 km/h potrà incrementare il TR a oltre 3.000 anni</p> | | |
|  |  | c.s.i.a. <small>CONSORZIO</small> |
| | | 20 Aprile 2011 58 |

| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | <i>Codice documento</i> GE0056_F0.doc_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

| | | |
|--|---|---|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <p style="color: red; font-weight: bold; margin: 0;"> Per valutare la rilevanza del fenomeno è stata anche valutata la frequenza annua complessiva di possibili eventi di aquaplaning sia in presenza che in assenza del passaggio di treni, con pneumatici con o senza sistemi di autodiagnosi della pressione di gonfiaggio : </p> <p style="margin: 0;"> Questa condizione di calcolo è stata assunta per evidenziare che il passaggio di treni sul ponte incrementa solo di poco la tendenza al manifestarsi di fenomeni di aquaplaning in caso di pioggia intensa. </p> | | |
|  |  |  |
|  | | 20 Aprile 2011 |
| 59 | | |



| | | | | |
|---|---|---|---------------------------|--|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | <i>Codice documento</i> GE0056_F0.doc_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 | |

| | | |
|---|---|---|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <p>Dai risultati esposti risulta evidente che la frequenza attesa di situazioni che possono indurre fenomeni di aquaplaning sulle due carreggiate stradali del ponte è solo limitatamente influenzata dal passaggio di treni: infatti, senza tener conto del treno, la frequenza attesa è pari a 11,6 eventi/anno; il passaggio dei treni incrementa tale frequenza solo del 10% circa.</p> <p>Giova però ricordare che il rischio di aquaplaning si manifesta in qualche modo in tutte le infrastrutture stradali e che l'innescò di un fenomeno di aquaplaning non evolve quasi mai in incidenti. Molte situazioni di innescò di aquaplaning si risolvono senza neanche la consapevolezza del guidatore.</p> <p>Nel caso specifico in esame, l'esposizione al rischio di aquaplaning è incrementata dal valore di progetto adottato per la pendenza trasversale della carreggiata stradale (2% anziché 2,5% come prescritto dalla normativa) e potrà essere ridotta dall'adozione di un valore di macrotessitura della pavimentazione orientato verso i valori più alti di specifica.</p> | | |
|  |  |  |
|  | | 20 Aprile 2011 61 |

| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | <i>Codice documento</i> GE0056_F0.doc_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

| | | |
|--|---|---|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <h2 style="color: red; margin: 0;">CONCLUSIONI (1 di 4)</h2> | | |
| <ol style="list-style-type: none"> <li style="margin-bottom: 10px;"> 1. Il rischio di innesco del fenomeno di aquaplaning sul Ponte in conseguenza della variazione delle pendenze trasversali o longitudinali indotte dal traffico stradale e ferroviario, in condizioni di circolazione normali o di emergenza, è limitato. I fenomeni di variazione dell'assetto delle due carreggiate stradali conseguenti alla deformabilità sotto carico della struttura del ponte incrementano, nei casi analizzati, del 10% circa l'esposizione al rischio di aquaplaning a cui l'Opera di attraversamento stabile dello Stretto di Messina è comunque soggetta. Giova ricordare che il rischio di aquaplaning si manifesta in qualche modo in tutte le infrastrutture stradali e che l'innesco di un fenomeno di aquaplaning non evolve quasi mai in incidenti. Molte situazioni di innesco di aquaplaning si risolvono senza neanche la consapevolezza del guidatore. | | |
|  |  |  |
| | | 20 Aprile 2011 62 |

| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | <i>Codice documento</i> GE0056_F0.doc_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

| | | |
|--|---|--|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <h2 style="color: red; margin: 0;">CONCLUSIONI (2 di 4)</h2> <p style="margin: 10px 0 0 40px;">2. L'esposizione al rischio di aquaplaning sul ponte potrà essere ridotta dall'adozione di un valore di macrotestitura della pavimentazione orientato verso i valori più elevati di specifica;</p> <p style="margin: 10px 0 0 40px;">3. L'esposizione al rischio di aquaplaning potrà essere controllata efficacemente modificando il limite di velocità imposto sul ponte da 80 km/h (situazione corrente) a 70 km/h in presenza di piogge di forte intensità. Il valore dell'intensità di pioggia oltre il quale potrà essere prevista la riduzione del limite di velocità è compreso tra 10 e 50 mm/h e potrà essere valutato con maggiore precisione nel corso dell'elaborazione del PE;</p> | | |
|  |  | c.s.i.a. <small>CONSULENZA</small> |
| | | 20 Aprile 2011 63 |

| | | | |
|---|---|---|--------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | Codice documento GE0056_F0.doc_F0 | Rev F0 | Data 20/06/2011 |

| | | |
|---|---|---|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <h2 style="color: red; margin: 0;">CONCLUSIONI (segue 3 di 4)</h2> | | |
| <p>4. Al momento dell'entrata in esercizio del ponte è assai probabile che i veicoli stradali saranno equipaggiati di serie con sistemi di controllo in continuo della pressione di gonfiaggio dei pneumatici (mediante strumentazioni di autodiagnosi oggi previste solo come "optional"), che è il principale responsabile dell'innesco di condizioni di aquaplaning in presenza di elevati spessori di velo idrico sulla pavimentazione.</p> <p>Le valutazioni svolte dimostrano che, se tali sistemi potranno evitare che i veicoli viaggino con pneumatici con pressioni di gonfiaggio inferiori a 200 kPa (valore già più basso del valore medio delle pressioni di gonfiaggio richieste dalle case costruttrici per i pneumatici anteriori), la frequenza attesa di fenomeni di aquaplaning sul ponte anche in presenza di piogge di intensità rilevantissima (100 mm/h) potrà ridursi a 0,2 eventi attesi/anno (TR=5 anni) senza interventi specifici di regolazione della circolazione stradale. La riduzione del limite di velocità a 70 km/h potrà incrementare il TR a oltre 3.000 anni</p> | | |
|  |  |  20 Aprile 2011 64 |

| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| Analisi del rischio di aquaplaning sull'opera di attraversamento | <i>Codice documento</i> GE0056_F0.doc_F0 | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

| | | |
|---|---|---|
| PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA PROGETTO DEFINITIVO |  | Rischio aquaplaning sul Ponte |
| <h2 style="color: red;">CONCLUSIONI (segue 4 di 4)</h2> | | |
| <p>5. In occasione dello sviluppo del PE sarà opportuno indagare l'ulteriore scenario di traffico che prevede il transito di un convoglio ferroviario sul Ponte in occasione di un blocco della circolazione stradale sulla carreggiata adiacente al binario caricato (scenario di traffico 2.b). La frequenza di presentazione di questa situazione è molto bassa (v. Dia 19) ma questo scenario potrebbe presentare elementi di criticità superiori a quelli degli scenari analizzati in questa sede.</p> | | |
|  |  |  |
| | | 20 Aprile 2011 65 |